

С21.791

7-84

СВАРКА,  
ПАЙКА,  
СКЛЕЙКА  
И РЕЗКА  
МЕТАЛЛОВ  
И ПЛАСТМАСС

СПРАВОЧНИК

TECHNISCHE HOCHSCHULE KARL-MARX-STADT

Sektion Fertigungsprozeß und Fertigungsmittel

Wissenschaftsbereich Fügetechnik und Montage

---

# Tabellenbuch Schweiß- und Löttechnik

Wissensspeicher

Schweiß-, Löt-, Kleb- und thermische  
Trenntechnik von Metallen und Plasten

---

Herausgegeben von  
Prof. Dr.-Ing. habil. Alexis Neumann  
Doz. Dr. sc. techn. Erhardt Richter

Erarbeitet von einem Autorenkollektiv

3., stark bearbeitete Auflage



VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

621,791  
C-24

# СВАРКА, ПАЙКА, СКЛЕЙКА И РЕЗКА МЕТАЛЛОВ И ПЛАСТМАСС

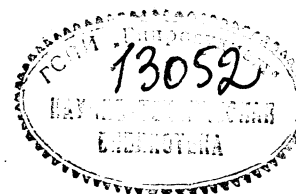
---

СПРАВОЧНИК

Издание третье,  
переработанное и дополненное

Под редакцией  
А. НОЙМАНА и Е. РИХТЕРА

Перевод с немецкого  
А.А. ШАРАПОВА и Е.И. ЧУДИНА  
под редакцией  
докт. техн. наук В.Н. ВОЛЧЕНКО



МОСКВА "МЕТАЛЛУРГИЯ" 1985



## Авторский коллектив

Доц. докт. техн. наук *Калиске Г.* (разделы 2; 4; 6.3; 7.3; 8); доц. докт. техн. наук *Климант В.* (раздел 6.1); докт.-инж. *Маттес К.-И.* (разделы 1.1.3; 1.1.4; 1.1.9; 1.3.1; 1.4.1; 1.4.2; 1.5.1); доц. докт. техн. наук *Рихтер Э.* (разделы 0; 1.0; 1.1.14; 1.5.5; 6.2; 7.1; 8); докт.-инж. *Шобер Д.* (разделы 1.5.3; 1.5.4; 1.2.12; 1.2.13; 1.2.14; 1.2.15; 1.2.16); докт.-инж. *Боруцки У.* (разделы 1.1.8; 1.1.12; 1.1.13); докт.-инж. *Бухгольц З.* (разделы 1.2.8; 1.2.9; 1.2.10; 1.3.2; 1.5.2); докт.-инж. *Ингенбранд Г.-Д.* (разделы 1.2.4; 1.2.5; 1.2.6; 1.2.7; 1.2.11); доц. докт.-инж. *Клюге Д.* (разделы 1.1.1; 1.1.2; 1.2.1; 1.2.2; 1.2.3; 5); докт. техн. наук проф. *Маронна Г.* (разделы 3.1.8; 3.1.9); докт.-инж. *Мюллер В.* (разделы 1.1.5; 1.1.6; 1.1.7; 1.1.10; 1.1.11; 1.3.1; 7.4); докт.-инж. *Шеель В.* (разделы 1.1.1.1; 1.2.8.1; 1.2.8.2; 1.2.15); докт.-инж. *Вольф Г.-И.* (раздел 3)

УДК 621.791 + 621.965 : (669.1/89 + 678.5/8) (083)

**Сварка, пайка, склейка и резка металлов и пластмасс.** 3-е изд.: Справ. изд./Под ред. Ноймана А., Рихтера Е.: Пер. с нем. М.: Металлургия, 1985. 480 с.

Третье издание (второе издание на русском языке; первое — в 1980 г.) значительно переработано и дополнено. Приведена информация о применении различных методов сварки, пайки, склеивания и резки металлов, а также сварки и склеивания пластмасс. Рассмотрены основные параметры процессов, конструктивное исполнение соединений, оптимальные режимы их обработки, рекомендуемые сварочные и присадочные материалы. Описано оборудование, используемое для указанных процессов.

Для инженерно-технических работников металлургической, машиностроительной, судостроительной, авиационной, химической, нефтяной, легкой и других отраслей промышленности. Ил. 239. Табл. 415. Библиогр. список: 192 назв.

## СВАРКА, ПАЙКА, СКЛЕЙКА И РЕЗКА МЕТАЛЛОВ И ПЛАСТМАСС

Справочник

Перевод с немецкого А. А. Шаропова и Е. И. Чудина

Редактор издательства Л. М. Гордон  
Художественный редактор Ю. И. Смурыгин  
Технический редактор Г. Б. Жарова  
Корректоры: Ю. И. Королева, Г. Ф. Лобанова

ИБ № 2806

Сдано в набор 07.12.84. Подписано в печать 13.03.85. Формат бумаги 60×90/16.  
Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая.  
Усл. печ. л. 30,00. Усл. кр.-отт. 30,00. Уч.-изд. л. 38,41. Тираж 45 700 экз.  
Зак. 309. Цена 2 р. 90 к. Изд. № 1068.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Металлургия»,  
119034, Москва, Г-34, 2-й Обыденский пер., д. 14

Ленинградская типография № 6 ордена Трудового Красного Знамени  
Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой  
Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР  
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.  
193144, г. Ленинград, ул. Монсеенко, 10.

С 270406000—096 68—85  
040 (01)—85

© VEB Verlag Technik, Berlin, 1979.  
© Перевод на русский язык, Издательство «Металлургия», 1985.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие к русскому изданию . . . . .	10
Предисловие к третьему изданию . . . . .	11
Предисловие ко второму изданию . . . . .	11
<b>0. ОБЗОР И КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ СОЕДИНЕНИЯ . . . . .</b>	<b>12</b>
<b>1. ТЕХНИКА СВАРКИ МЕТАЛЛОВ . . . . .</b>	<b>13</b>
<b>1.0. Обзор и классификация способов сварки металлов . . . . .</b>	<b>13</b>
<b>1.1. Сварка плавлением . . . . .</b>	<b>14</b>
1.1.1. Газовая сварка (G-) . . . . .	14
1.1.1.1. Газовая сварка миниатюрным пламенем . . . . .	23
1.1.1.2. Термитная сварка (AT-) . . . . .	24
1.1.1.3. Ручная дуговая сварка (E-) . . . . .	27
1.1.1.4. Сварка под флюсом (UP-) . . . . .	31
1.1.1.5. Дуговая сварка плавящимся электродом в активных защитных га- зах (MAG-) . . . . .	35
1.1.1.5.1. Сварка в углекислом газе . . . . .	35
1.1.1.5.2. Сварка в газовой смеси . . . . .	38
1.1.1.5.3. Дуговая сварка в защитном газе с принудительным формиро- ванием шва (EG-) . . . . .	40
1.1.1.6. Аргоно-дуговая сварка плавящимся электродом (MIG-) . . . . .	42
1.1.1.7. Аргоно-дуговая сварка неплавящимся электродом (WIG-) . . . . .	48
1.1.1.8. Сварка сжатой дугой (PI-) . . . . .	52
1.1.1.9. Электрошлаковая сварка (ES-) . . . . .	56
1.1.1.10. Дуговая сварка порошковой проволокой . . . . .	58
1.1.1.11. Сварка вращающейся дугой со вспомогательным электродом (MBL-H-) . . . . .	59
1.1.1.12. Электронно-лучевая сварка (ELs-) . . . . .	61
1.1.1.13. Лазерная сварка (La-) . . . . .	65
1.1.1.14. Наплавка (AS-) . . . . .	67
<b>1.2. Сварка давлением . . . . .</b>	<b>73</b>
1.2.1. Газопрессовая сварка (GP-) . . . . .	73
1.2.2. Термитно-прессовая сварка (ATP-) . . . . .	75
1.2.3. Сварка с расплавляемой промежуточной вставкой (Lö-) . . . . .	76
1.2.4. Дуго-прессовая сварка (LP-) . . . . .	77
1.2.4.1. Дуговая приварка болтов (LBo-) . . . . .	77
1.2.4.2. Сварка вращающейся дугой с давлением (MBL-P-) . . . . .	80
1.2.5. Ударная конденсаторная сварка (Pe-) . . . . .	83
1.2.5.1. Ударная конденсаторная сварка проволок . . . . .	83
1.2.5.2. Ударная конденсаторная приварка болтов . . . . .	86
1.2.6. Стыковая сварка оплавлением (WA-) . . . . .	87
1.2.7. Стыковая сварка давлением (WW-) . . . . .	92
1.2.8. Точечная контактная сварка (WP-) . . . . .	94
1.2.8.1. Прецизионная точечная контактная сварка . . . . .	101
1.2.8.2. Импульсная конденсаторная сварка . . . . .	102
1.2.9. Рельефная сварка (WB-) . . . . .	103
1.2.10. Шовная контактная сварка (WR-) . . . . .	106
1.2.11. Индукционная сварка (I-) . . . . .	108
1.2.11.1. Сварка вращающимся трансформатором (NF-) . . . . .	108
1.2.11.2. Сварка токами средней частоты (MF-) . . . . .	110
1.2.11.3. Сварка токами высокой частоты (HF-) . . . . .	111
1.2.12. Сварка трением (R-) . . . . .	113
1.2.13. Ультразвуковая сварка (US-) . . . . .	118
1.2.14. Диффузионная сварка (D-) . . . . .	121
1.2.15. Термокомпрессионная сварка (TC-) . . . . .	124

1.2.16. Холодная сварка (KP-)	125
1.2.17. Сварка взрывом (Ex-)	129
<b>1.3. Оборудование</b>	132
1.3.1. Оборудование для сварки плавлением	132
1.3.2. Оборудование для сварки давлением	151
<b>1.4. Присадочные материалы</b>	156
1.4.1. Сварка	156
1.4.2. Наплавка	174
<b>1.5. Классы исполнения</b>	176
1.5.1. Классы исполнения сварки плавлением	176
1.5.2. Классы исполнения соединений, выполненных точечной контактной сваркой	182
1.5.3. Классы исполнения соединений при стыковой сварке с давлением	182
1.5.4. Классы исполнения сварки трением	187
1.5.5. Размерные допуски сварных конструкций	190
<b>2. ТЕХНИКА СВАРКИ ПЛАСТМАСС</b>	191
<b>2.1. Обзор и классификация способов сварки термопластических материалов</b>	191
2.1.1. Сварка нагретым газом (HG-)	192
2.1.2. Сварка нагретым инструментом (HE-)	201
2.1.2.1. Сварка встык (HS-)	201
2.1.2.2. Сварка вращением фитингов и втулок (F-), сварка в выточку (N-)	204
2.1.2.3. Сварка тавровых и угловых соединений (AK-)	205
2.1.2.4. Сварка нагретой проволокой (HD-)	207
2.1.2.5. Сварка нагретым клином (HK-)	209
2.1.2.6. Сварка термоимпульсом (WI-)	212
2.1.2.7. Сварка контактно-тепловая прессованием (WK-)	215
2.1.3. Сварка оплавлением (AS-)	217
2.1.4. Экструзионная сварка (E-)	219
2.1.5. Сварка токами высокой частоты (HF-)	222
2.1.6. Индукционная сварка (I-)	225
2.1.7. Сварка трением (R-)	226
2.1.8. Ультразвуковая сварка (US-)	230
2.1.9. Сварка излучением (S-)	236
2.1.9.1. Сварка световым лучом (LS-)	236
2.1.9.2. Лазерная сварка (La-)	239
<b>2.2. Оборудование</b>	241
2.2.1. Сварка нагретым газом (HG-)	241
2.2.2. Сварка нагретым инструментом (HE-)	246
2.2.2.1. Сварка встык (HS-)	246
2.2.2.2. Сварка вращением фитингов и втулок (F-). Сварка в выточку (N-)	252
2.2.2.3. Сварка угловых и тавровых соединений (AK-)	254
2.2.2.4. Сварка нагретой проволокой (HD-)	254
2.2.2.5. Сварка нагретым клином (HK-)	254
2.2.2.6. Сварка термоимпульсом (WI-)	256
2.2.2.7. Сварка контактно-тепловая (WK-)	258
2.2.3. Сварка оплавлением (AS-)	258
2.2.4. Экструзионная сварка (E-)	260
2.2.5. Сварка токами высокой частоты (HF-)	260
2.2.6. Индукционная сварка (I-)	264
2.2.7. Ультразвуковая сварка (US-)	264
2.2.8. Сварка трением (R-)	265
2.2.9. Сварка излучением (S-)	269

2.2.9.1. Сварка световым лучом (LS-)	269
2.2.9.2. Лазерная сварка (La-)	270
<b>2.3. Присадочные материалы</b>	271
2.3.1. Сварка нагретым газом (HG-)	271
2.3.2. Сварка нагретым инструментом (HE-)	273
2.3.2.1. Сварка встык (HS-)	273
2.3.2.2. Сварка вращением фитингов и втулок (F-), сварка в выточку (N-)	273
2.3.2.3. Сварка тавровых и угловых соединений (AK-)	273
2.3.2.4. Сварка нагретой проволокой (HD-)	273
2.3.2.5. Сварка нагретым клином (HK-)	274
2.3.2.6. Сварка термоимпульсом (WI-)	274
2.3.2.7. Сварка контактно-тепловая (WK-)	274
2.3.3. Сварка оплавлением (AS-)	275
2.3.4. Экструзионная сварка (E-)	277
2.3.5. Сварка токами высокой частоты (HF-)	279
2.3.6. Индукционная сварка (I-)	279
2.3.7. Сварка трением (R-)	279
2.3.8. Ультразвуковая сварка (US-)	279
2.3.9. Сварка излучением (S-)	279
2.3.9.1. Сварка световым лучом (LS-)	280
2.3.9.2. Лазерная сварка (La-)	280
<b>2.4. Качество</b>	280
2.4.1. Сварка нагретым газом (HG-)	280
2.4.2. Сварка нагретым инструментом (HE-)	281
2.4.2.1. Сварка встык (HS-)	281
2.4.2.2. Сварка вращением фитингов и втулок (F-), сварка в выточку (N-)	282
2.4.2.3. Сварка тавровых и угловых соединений (AK-)	283
2.4.2.4. Сварка нагретой проволокой (HD-)	283
2.4.2.5. Сварка нагретым клином (HK-)	284
2.4.2.6. Сварка термоимпульсом (WI-)	284
2.4.2.7. Сварка контактно-тепловая (WK-)	285
2.4.3. Сварка оплавлением (AS-)	286
2.4.4. Экструзионная сварка (E-)	286
2.4.5. Сварка токами высокой частоты (HF-)	289
2.4.6. Индукционная сварка (I-)	289
2.4.7. Сварка трением (R-)	289
2.4.8. Ультразвуковая сварка (US-)	290
2.4.9. Сварка излучением (SS-)	290
2.4.9.1. Сварка световым лучом (LS-)	291
2.4.9.2. Лазерная сварка (La-)	291
<b>3. ТЕХНИКА ПАЙКИ</b>	291
<b>3.1. Обзор и классификация способов пайки</b>	291
3.1.1. Пайка электросопротивлением	291
3.1.2. Индукционная пайка	292
3.1.3. Пайка излучением	295
3.1.4. Пайка паяльником	296
3.1.5. Пайка в ванне	297
3.1.5.1. Пайка твердым припоем погружением	297
3.1.5.2. Пайка мягким припоем погружением	298
3.1.6. Пайка газовым пламенем	299
3.1.6.1. Пайка газовым пламенем ручная	299
3.1.6.2. Ленточная пайка газовым пламенем	300
3.1.7. Пайка в печи	301
3.1.7.1. Пайка в печи с контролируемой атмосферой	301
3.1.7.2. Пайка в вакуумной печи	302
3.1.8. Диффузионная пайка	303
3.1.9. Эвтектическая пайка	303



<b>3.2. Оборудование</b> . . . . .	305
3.2.1. Оборудование для пайки электросопротивлением	305
3.2.2. Оборудование для индукционной пайки	305
3.2.3. Оборудование для пайки излучением	306
3.2.4. Аппараты для пайки паяльником	307
3.2.4.1. Паяльники для ручной пайки	307
3.2.4.2. Машины для пайки упаковочных листов (оборудование для пайки консервных банок)	308
3.2.5. Оборудование для пайки погружением	308
3.2.6. Аппараты для пайки газовым пламенем	309
3.2.7. Оборудование для печной пайки	310
<b>3.3. Присадочные материалы</b> . . . . .	311
3.3.1. Стандарты	311
3.3.2. Мягкие припои для пайки тяжелых металлов	311
3.3.3. Флюсы для пайки тяжелых металлов мягкими припоями	313
3.3.4. Твердые припои для пайки тяжелых металлов	314
3.3.5. Флюсы для пайки тяжелых металлов твердыми припоями	317
3.3.6. Мягкие припои и флюсы для пайки легких металлов	318
3.3.7. Твердые припои для пайки легких металлов	319
3.3.8. Флюсы для пайки легких металлов твердыми припоями	319
3.3.9. Фасонные припои	321
<b>3.4. Качество и форма изделий</b> . . . . .	321
<b>3.5. Термины</b> . . . . .	327
<b>4. ТЕХНИКА СКЛЕИВАНИЯ</b> . . . . .	328
<b>4.1. Термины</b> . . . . .	328
<b>4.2. Склеивание пластмасс</b> . . . . .	329
4.2.1. Способы	329
4.2.2. Оборудование	340
4.2.3. Присадочные материалы	350
4.2.4. Качество	355
<b>4.3. Склеивание металлов</b> . . . . .	356
4.3.1. Способы	356
4.3.2. Оборудование	367
4.3.3. Присадочные материалы	369
4.3.4. Качество	373
<b>5. ТЕХНИКА ТЕРМИЧЕСКОЙ РЕЗКИ</b> . . . . .	375
<b>5.1. Кислородная резка</b> . . . . .	375
5.1.1. Нормальный вариант кислородной резки	375
5.1.2. Резка кислородом низкого давления	390
5.1.3. Резка в защитном газе	393
5.1.4. Прецизионная резка	396
5.1.5. Микролучевая кислородная резка	398
5.1.6. Скоростная кислородная резка (огневая строжка)	399
5.1.7. Кислородное колье	401
5.1.8. Резка с подачей железного порошка	402
5.1.9. Пакетная резка	405
5.1.10. Строжка канавок	406
5.1.11. Поверхностная строжка	407
<b>5.2. Дуговая резка</b> . . . . .	408
5.2.1. Плазменно-дуговая резка	408
5.2.2. Воздушно-дуговая резка	412

5.2.3. Скоростная плазменная резка	414
5.2.4. Кислородно-дуговая резка	415
5.2.5. Лазерная резка	416
<b>6. МАТЕРИАЛЫ</b> . . . . .	418
<b>6.1. Выбор материалов по TGL 12910</b> . . . . .	418
<b>6.2. Металлические материалы</b> . . . . .	421
<b>6.3. Пластмассы</b> . . . . .	434
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ПОСТАВЩИКОВ ОБОРУДОВАНИЯ И ТОРГОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ</b> . . . . .	440
<b>7.1. Сварка и термическая резка</b> . . . . .	440
<b>7.2. Пайка</b> . . . . .	443
<b>7.3. Склеивание</b> . . . . .	443
<b>7.4. Химические материалы, сварочные принадлежности</b> . . . . .	445
<b>8. ИНДЕКСЫ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ</b> . . . . .	446
<b>8.1. Условные обозначения</b> . . . . .	446
<b>8.2. Графическое обозначение</b> . . . . .	452
<b>8.3. Типы стыков, форма соединений и условные обозначения на чертежах</b>	454
8.3.1. Типы стыков и формы соединений	454
8.3.2. Условные обозначения на чертежах	465
<b>8.4. Положение шва при сварке</b> . . . . .	471
<b>Библиографический список</b> . . . . .	472

## ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Изготовление современных металлоконструкций в значительной мере связано со сварочным производством. Достаточно сказать, что при выплавке стали в основных промышленно развитых странах около 100 млн. т в год до 50 % этой стали используют в сварных конструкциях. На каждую тонну их массы приходится в среднем до 1 кг металла, переплавленного разными методами сварки.

Наряду со сваркой плавлением (дуговой, электроннолучевой) применяют контактную (стыковую, точечную, шовную) и диффузионную сварку, а также другие методы сварки металлов с давлением. Общее число разновидностей сварочных процессов составляет более ста, не считая пайки, резки и склеивания.

В последние годы появилось большое число изделий из полимерных материалов и других неметаллов, которые часто получают методом сварки, при этом особенно широко используют ультразвуковые методы.

В связи с этим книги по сварке и особенно справочники всегда находят достаточное число читателей. Для данного справочника это в основном средний технический персонал, занятый в машиностроении и металлургии. Внимание читателей привлекает переводная справочная литература стран — членов СЭВ, поскольку обмен технологией и аппаратурой между этими странами постоянно возрастает.

Предлагаемый справочник уже выдержал одно издание в нашей стране (1980 г.) и был хорошо принят читательской аудиторией. Третье его издание, вышедшее в ГДР, существенно дополнено новыми данными.

Ценность предлагаемого справочника состоит в первую очередь в оригинальности сведений по технологии и применяемой в ГДР аппаратуре для сварочных процессов. Другая оригинальная черта книги — сжатость изложения, достигаемая в основном подачей информации в виде технологических схем и таблиц, а также краткостью изложения рецептурных материалов. Сжатости книги способствует также отсутствие в ней описания теоретических положений, которые читатель может найти в учебниках и учебных пособиях. Книги по соответствующей тематике, изданные в СССР, указаны нами в примечаниях по тексту<sup>1</sup>. Проф. А. Нойман и возглавляемый им коллектив создавали предлагаемую читателям настольную книгу в течение многих лет и проверили ее при обучении молодых специалистов высшей технической школы в Карл-Маркс-Штадте. Следует ожидать, что и перевод третьего издания справочника также будет полезен не только производственникам и работникам проектных организаций, но и студентам советских техникумов.

Научный редактор  
проф. МВТУ им. Н. Э. Баумана  
докт. техн. наук В. Н. Волченко

<sup>1</sup> Кроме книг, указанных в примечаниях, см. также «Сварка в машиностроении», В 4-х тт. Под ред. чл.-кор. АН СССР Г. А. Николаева. Т. I и II. М.: Машиностроение, 1978.

## ПРЕДИСЛОВИЕ К ТРЕТЬЕМУ ИЗДАНИЮ

Положительная оценка, которую справочник нашел у читателя, свидетельствует о том, что он хорошо дополняет специальную литературу. Задача третьего издания — рассмотрение технологии получения сварных соединений с учетом достижений в электротехнике и электронике. Тенденция к миниатюризации была реализована применением ряда новых способов сварки и пайки. В области склеивания материалов также приняты новые направления, обеспечивающие развитие указанных отраслей промышленности. По мнению авторов, такой расширенный и углубленный подход к вопросам соединения материалов позволит работникам машиностроения, электротехники и электроники более рационально решать многие задачи соединения материалов и монтажа изделий.

Авторы

## ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Совершенствование технологии соединений в последнее время заметно способствовало прогрессу в области сварки, пайки и склеивания материалов, что выразилось прежде всего в резком увеличении объема использования перечисленных способов соединения материалов. Внедрению этих способов благоприятствовала, в частности, достаточно высокая степень их механизации, позволившая улучшить производственные условия и повысить качество соединений, решающим образом определяющее эксплуатационные параметры изделий, полученных различными способами соединения. Технико-экономическое обоснование выбора того или иного способа соединения является обязательным условием рационализации монтажных работ и повышения эффективности в этой отрасли производства.

Метод соединения элементов проектируемых конструкций определяют в конструкторском отделе и указывают на чертежах. Это решающим образом влияет на технологию монтажа.

Механизация процесса выполнения соединений при использовании соответствующего оборудования является условием непрерывного повышения производительности и рационализации монтажных работ.

Данный справочник предоставляет специалистам в области технологии сварки, пайки и склеивания необходимую информацию о возможностях использования различных способов соединений, а также основные параметры и рекомендации по выбору оборудования и присадочных материалов. В целях экономии места и для наиболее полного описания излагается только принципиальная сущность отдельных процессов и сведен до минимума пояснительный текст.

По этой причине справочник не может и не должен заменять специальную литературу по технологии выполнения соединений.

Справочник как книга, объединяющая накопленный опыт, и как вспомогательный материал полезен учащимся для углубления знаний в процессе обучения.

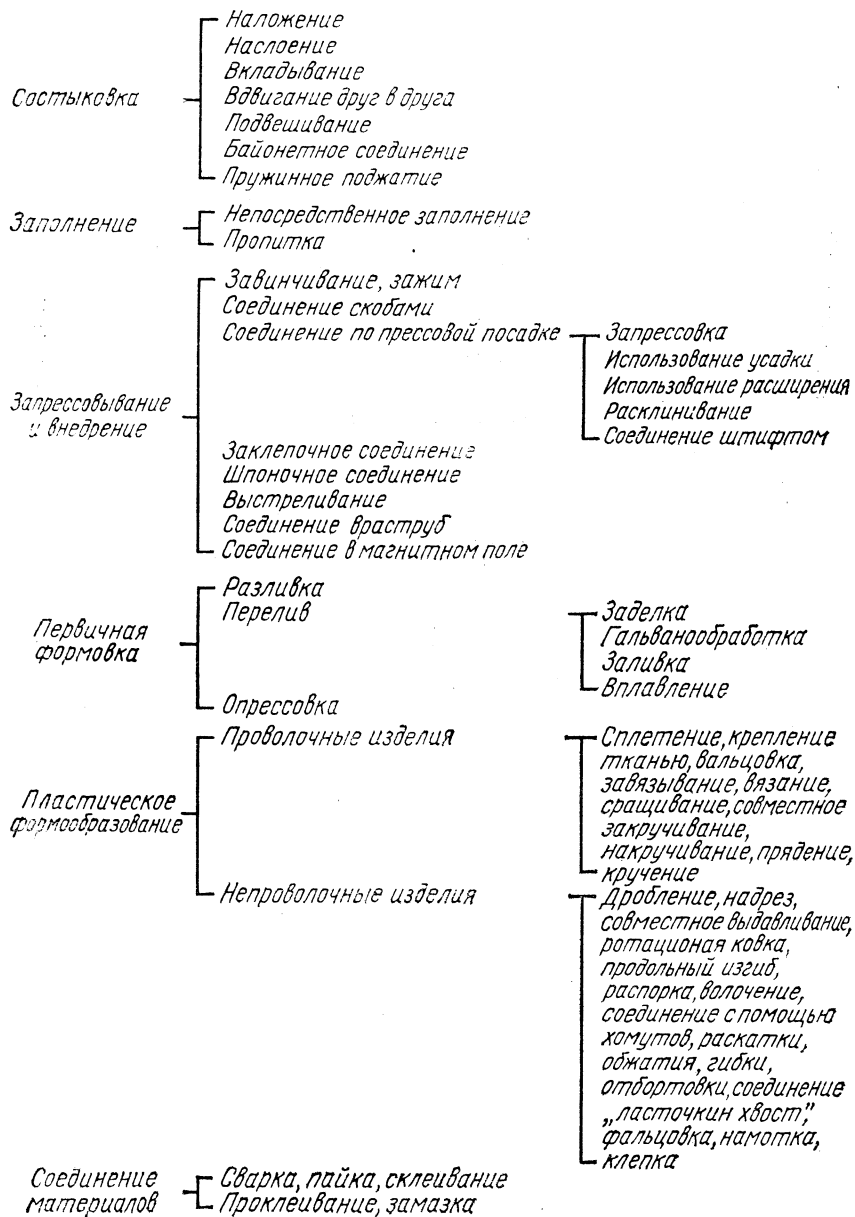
Авторы



# ОБЗОР И КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ СОЕДИНЕНИЯ

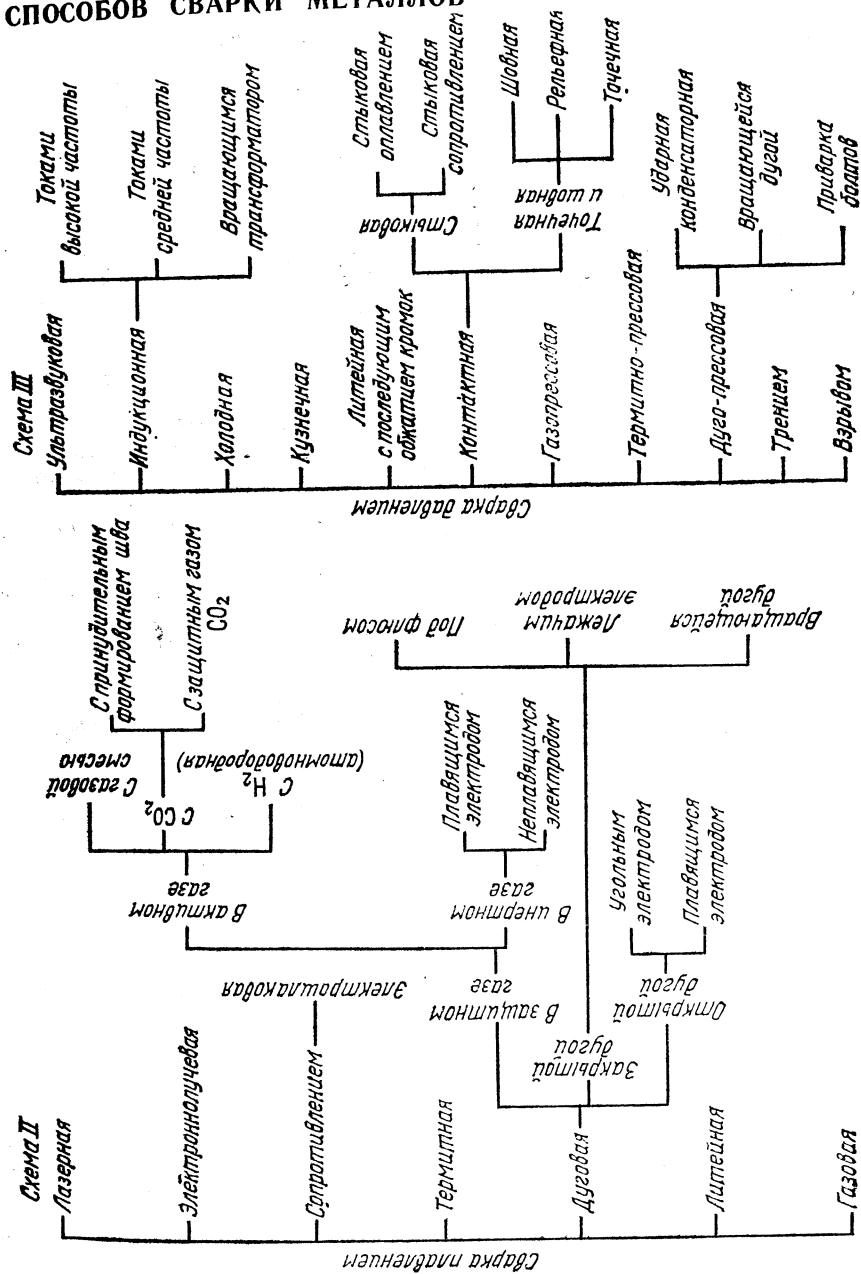
Схема I

Способы соединения по TGL 21639



# ТЕХНИКА СВАРКИ МЕТАЛЛОВ

## 1.0. ОБЗОР И КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ СВАРКИ МЕТАЛЛОВ



# 1.1. СВАРКА ПЛАВЛЕНИЕМ

## 1.1.1. ГАЗОВАЯ СВАРКА (G-)

### Принцип сварки

Расплавление металла при газовой сварке происходит под воздействием локализованного газо-кислородного или газо-воздушного пламени (рис. 1.1). Из различных температурных областей факела наибольший интерес представляет область, расположенная в зоне сварки (рис. 1.2) [1—3].

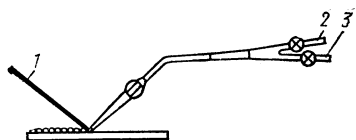


Рис. 1.1. Принцип сварки:  
1 — присадочный материал; 2 — кислород; 3 — горючий газ

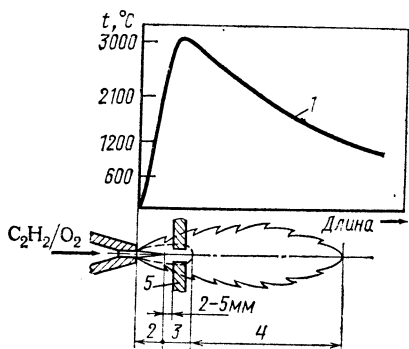


Рис. 1.2. Распределение температуры в пламени при газовой сварке:  
1 — температурная кривая пламени; 2 — ядро пламени и светящаяся оболочка; 3 — зона сварки; 4 — факел; 5 — изделие

### Границы применимости

Толщина свариваемых материалов: применение газовой сварки экономически целесообразно для материалов толщиной до 10 мм.

Группы материалов: углеродистые и легированные стали, стальное литье, серый чугун, цветные металлы.

Область использования: сварка тонкостенных металлических изделий, сельскохозяйственное и транспортное машиностроение, монтаж и ремонт трубопроводов.

Параметры: скорость плавления стали 0,2—0,5, алюминия 0,15—0,2 кг/ч. Выбор характеристики пламени: нейтральное пламя (соотношение горючий газ : кислород = 1 : 1) применяют при сварке стали, окислительное пламя (избыток кислорода) — при сварке латуни, восстановительное пламя (избыток горючего газа) — при сварке алюминия и алюминиевых сплавов.

Положение шва при сварке: нижнее, горизонтальное, горизонтальное на вертикальной поверхности, полупотолочное, потолочное, вертикальное (снизу вверх и сверху вниз).

Скорость сварки:

Толщина свариваемого материала $s$ , мм	0,2—0,5	2	6	10
Скорость сварки $v_s$ , см/мин	70	50	30	24

### Расход сварочных материалов.

Расход горючего газа (табл. 1.1): при толщине материала  $s = 1$  мм 100 л/ч ацетилена (из 1 кг карбида кальция получают 300 л ацетилена; для полного разложения 1 кг карбида кальция необходимо 10 л воды).

Расход сварочной проволоки при газовой сварке в зависимости от толщины металла (при V-образной разделке кромок с углом раскрытия  $50^\circ$ ):

Толщина свариваемого материала $s$ , мм	1	2	3	4	6	8	10
Расход проволоки $m_D$ , г/м	15	35	60	110	230	440	680

ГОРЮЧИЕ ГАЗЫ ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ

ТАБЛИЦА 1.1

Параметр	Ацетилен $C_2H_2$	Бытовой газ	Водород $H_2$	Пропан $C_3H_8$
Мощность пламени, кДж/(см <sup>2</sup> ·с)	45	13	14	11
Температура пламени при использовании кислорода, °С	3200	2000	2100	2750
Концентрация, обеспечивающая воспламенение, % (объемн.): на воздухе	2,8—82	6,5—35	4,1—75	2,1—9,5
в кислороде	2,8—93	—	4,5—95	3,0—45
Минимальная температура воспламенения в кислороде, °С	300	450	450	490
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1,171	0,680	0,090	2,004
Условия хранения	В стальном баллоне под давлением до 1,5 МПа	Отбор из городской сети	В стальном баллоне под давлением до 15 МПа	В стальном баллоне
Цвет маркировки баллона	Желтый	—	Красный	Красный

Максимально допустимый отбор газа из баллона: ацетилена 1000, кислорода 10000 л/ч из каждого баллона.

Рабочие давления, регулируемые манометром регулятора: для ацетилена 0,02 МПа, для кислорода 0,25—0,35 МПа.

Гранулометрия зерен карбида (по TGL 11649/01):

Группа	Размер зерен карбида, мм
Пылевидный	< 4
Мелкозернистый	4—7
	7—16
	16—25
Крупнозернистый	25—50
	50—80

Рекомендации по подготовке кромок — табл. 1.2.

### Оборудование

Для выполнения газовой сварки используют сварочные устройства, установки для выработки ацетилена, сварочную арматуру и вспомогательное оборудование (табл. 1.3—1.6).

Ориентировочные параметры, используемые при проектировании стальных трубопроводов для кислорода и ацетилена и установок для централизованного газоснабжения, а также для определения требуемых размеров распределительных устройств, приведены в литературе [6].






### Выбор основных присадочных материалов, термообработка

Для групп материалов, указанных в п. 1.1.1, выбор основных и присадочных материалов при сварке производится по табл. 1.7. Свойства (химический состав и параметры прочности) приведены в табл. 1.8. Параметры сварки стального литья



## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ СВАРИВАЕМЫХ КРОМОК ПРИ ГАЗОВОЙ СВАРКЕ

ТАБЛИЦА 1.2

Тип разделки кромок	Область применения	Исполнение
	Изделия массового производства, металлические листовые и объемные	Встык с отбортовкой кромок, $s$ до 2 мм. Преимущественно без присадочного материала
	Транспортное машиностроение, штампованные и вырубленные ножницами детали	Встык кромок, $s = 2 \div 5$ мм, $b = 2$ мм
	Монтаж трубопроводов, ремонтные работы	Встык с V-образной разделкой кромок, $s = 5 \div 10$ мм, $\alpha = 50^\circ$ , $b = 3$ мм
	Транспортное машиностроение	В торец, $s$ до 4 мм
	Ремонтные работы	В торец с V-образной разделкой кромок, $s > 3$ мм, $\alpha = 50^\circ$

соответствуют параметрам сварки стали. Сварку серого чугуна производят с предварительным подогревом или до  $250^\circ\text{C}$  («полугорячая сварка») или до  $600^\circ\text{C}$  (горячая сварка), скорость нагрева и охлаждения  $50^\circ\text{C}/\text{ч}$ . Присадочный материал — сварочный пруток из аманита (серого чугуна,  $\sigma_{\text{в}} = 300$  МПа, твердость HB 200, температура плавления  $1200^\circ\text{C}$ ) диаметром 4, 5, 6, 8, 10, 12 мм (изготовитель — предприятие Schweißtechnik, Айзенах). Наиболее интересными (в отношении газовой сварки цветных металлов) являются прежде всего алюминий и его сплавы. Присадочные материалы можно выбрать по TGL 14908, флюсы — по TGL 14709/02, F = LKI÷F = L65; подготовка соединений — по TGL 14906/01—05 [10].

## Техника сварки

В зависимости от толщины листов применяют «правую» или «левую» газовую сварку (см. схемы на рис. 1.3). Стрелки показывают направление подачи проволоки и движения газовой горелки.

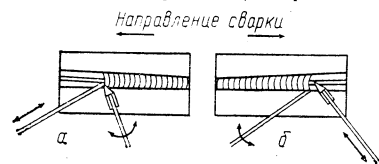


Рис. 1.3. Техника газовой сварки: а — левая сварка; б — правая сварка

*Левую сварку* применяют при сварке листов толщиной  $< 3$  мм. Движение горелки выполняют равномерно справа налево; сварочную проволоку подают вперед мелкими толчками.

*Преимущества:* способ сварки легко осваивается персоналом, присадочный материал вводят в зону сварки малыми толчками, поверхность шва мелкошугчатая.

*Недостатки:* высокий расход газа и длительность процесса сварки, механическая обработка шва может быть связана с большими трудностями.

*Правую сварку* применяют при сварке листов толщиной  $> 3$  мм. Высокотемпературную зону нагрева направляют в центр сварочной ванны, и сварочную горелку перемещают без колебаний слева направо. Сварочную проволоку вводят в зону сварки круговыми движениями.

## УСТРОЙСТВА ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ

Наименование	Рабочие	Параметры	Изготовитель
Универсальный автономный аппарат ZIS MWW 520	Ацетилен, пропан, водород	Сменные наконечники (типоразмер 1—8), $s = 0,5 \div 30$ мм	—
Аппарат для сварки и нагрева ZIS MWW 520	То же	Сменные наконечники (типоразмер 1—8), $s = 0,5 \div 30$ мм. Сопла для нагрева листов толщиной $s = 9 \div 14$ , $14 \div 20$ и $20 \div 30$ мм	—
Монтажный сварочный аппарат ZIS MWW 520	»	Сменные наконечники (типоразмер 3, 4, 5, 7, 8), $s = 2 \div 30$ мм. Сопла для нагрева листов, $s = 14 \div 20$ и $20 \div 30$ мм	—
Аппарат для сварки толстого металла ZIS MWW 520	»	Сварочная горелка, сменные наконечники (типоразмер 9, 10), $s = 30 \div 50$ и $50 \div 100$ мм. Горелка для подогрева, сопла для нагрева листов, $s = 30 \div 50$ и $50 \div 100$ мм	—
Монтажный сварочный наконечник ZIS MWW 520	»	Толщина свариваемых изделий $s = 2 \div 4$ , $4 \div 6$ , $6 \div 9$ мм. Угол наклона горелки $60$ и $90^\circ$	«Autogen», Галле, ГДР
Наконечник для нагрева ZIS MWW 520	Ацетилен, пропан, водород, природный газ	Наконечник для нагрева листов $s = 9 \div 14$ , $14 \div 20$ , $20 \div 30$ , $30 \div 50$ , $50 \div 100$ мм	То же
Малогобаритный аппарат для сварки и резки Mittelfein	Ацетилен, пропан, водород, бытовой газ	6 сменных наконечников для $s = 0,2 \div 0,5$ ; $0,5 \div 1,0$ , $1 \div 2$ , $2 \div 4$ , $4 \div 6$ ; $6 \div 9$ мм	«Rhöna»
Пламенная кислородно-флюсовая горелка ZIS 496	Ацетилен	4 сменных наконечника для сварки отбортованных кромок, мелких деталей, нелистовых изделий, крупных деталей	«Autogen-technik», Айзенах, ГДР
Высокопроизводительная горелка ZIS 31	Ацетилен	3 наконечника для нагрева и правки, $s = 6 \div 9$ , $9 \div 14$ , $14 \div 20$ мм	То же

ТАБЛИЦА 1.4

## УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АЦЕТИЛЕНА (ИЗГОТОВИТЕЛЬ ASUG)

Наименование	Гранулометрия карбона, мм	Параметры установки
Стационарная ацетиленовая установка высокого давления HES 75. Тип: одинарная, двойная, двоянная	4—50	Производительность при длительной работе $75 \text{ м}^3/\text{ч}$ ацетилена. Загрузка карбона $1000$ кг, расход газа от $0,01$ до $0,09$ МПа. Расход воды $2 \text{ м}^3/\text{ч}$

Наименование	Гранулометрия карбида, мм	Параметры установки
Стационарный ацетиленовый генератор высокого давления типа «карбид на воду» для мелкозернистого карбида HES 25	4—7	Производительность при длительной работе 25 м <sup>3</sup> /ч ацетилена. Загрузка карбида 200 кг
Ацетиленовый генератор высокого давления типа «карбид на воду» IHE 15	4—7	Производительность при длительной работе 5 тыс. л/ч ацетилена. Загрузка карбида 15 кг
Ацетиленовый генератор высокого давления. Тип: «Rekord 2,5 kg», «Rekord 5,0 kg»	50—80	«Rekord 2,5 kg» — производительность при длительной работе 1250 л/ч ацетилена. Загрузка карбида 2,5 кг. «Rekord 5,0 kg» — производительность при длительной работе 2500 л/ч ацетилена. Загрузка карбида 5,0 кг

Наименование	Назначение	Параметры	Изготовитель
<b>Устройство для защиты от обратного удара при использовании бытового газа</b>	Защита городской газовой сети от обратного удара пламени	Расход бытового газа 6 тыс. л/ч. Максимальное избыточное давление газа 0,0015; 0,005 МПа	Schweißtechnik, Айзенах, ГДР
<b>Редукторы DM3</b>	Одноступенчатый отбор пропана	Избыточное рабочее давление 0,05; 0,15; 0,25 МПа. Расход газа 1,5—4,0 кг/ч	Druckminderer, Альтенбург, ГДР
<b>для газовых баллонов, унифицированный, одноступенчатый</b>	Газы: кислород, азот, сжатый воздух, водород, пропан	Избыточное рабочее давление до 1,0 МПа (пропана — до 0,5 МПа). Расход газа до 25 м <sup>3</sup> /ч (пропана — до 5 м <sup>3</sup> /ч)	
<b>для газовых баллонов, унифицированный, одноступенчатый</b>	Газ: ацетилен, скобообразный присоединительный патрубков	Избыточное рабочее давление до 0,15 МПа. Расход газа до 5 м <sup>3</sup> /ч	
<b>для кольцевых трубопроводов, унифицированный, одноступенчатый</b>	Газ: сжатый воздух	Избыточное рабочее давление до 1,0 МПа. Расход газа до 80 м <sup>3</sup> /ч	
<b>для газовых баллонов, унифицированный, двухступенчатый</b>	Газы: кислород, азот, сжатый воздух, водород, пропан	Избыточное рабочее давление до 1,0 МПа (пропана — до 0,3 МПа). Расход газа до 40 м <sup>3</sup> /ч (пропана — до 6 м <sup>3</sup> /ч)	
<b>для газовых баллонов, унифицированный, двухступенчатый</b>	Газ: ацетилен; скобообразный присоединительный патрубок	Избыточное рабочее давление до 0,15 МПа. Расход газа до 5 м <sup>3</sup> /ч	
<b>Редукторы группа I</b>	Газы: кислород, азот, сжатый воздух, водород, пропан, ацетилен. Для распределительных стеллажей, высокопроизводительных горелок и установок централизованного снабжения газом	Избыточное рабочее давление до 3,0 МПа (пропана до 0,40 МПа, ацетилена до 0,15 МПа). Расход газа до 200 м <sup>3</sup> /ч (пропана и ацетилена до 40 м <sup>3</sup> /ч)	Großdruckminderer, Лейпциг, ГДР

ТАБЛИЦА 1.5  
ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ АРМАТУРА ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ<sup>1</sup>

Наименование	Назначение	Параметры		Изготовитель
		s, мм	Типоразмер	
Сварочное сопло	Сжигание газов: ацетилена пропана водорода (к универсальному аппарату ZIS MWW 520)	0,5—1	1	—
		1—2	2	
		2—4	3	
		4—6	4	
		6—9	5	
		9—14	6	
		14—20	7	
		20—30	8	
Сварочное сопло Kurz	Сжигание газов: ацетилена пропана водорода (к монтажному сварочному аппарату ZIS MWW 520)	30—50	9	—
		50—100	10	
		2—4	1	
		4—6	2	
		6—9	3	
Предохранительный водяной затвор высокого давления HSV 100	Защита установки получения ацетилена	Расход 10 м <sup>3</sup> /ч	ацетилена	ASUG
			То же, HSV 12	
Предохранительный сухой затвор высокого давления	Защита ацетиленовых распределительных устройств и трубопроводов	Расход ацетилена 12 м <sup>3</sup> /ч То же 3,5 м <sup>3</sup> /ч (максимум 6 м <sup>3</sup> /ч)	ацетилена	То же
			То же	



Наименование	Назначение	Параметры	Изготовитель
группа II	Газы: кислород, азот, сжатый воздух, водород, пропан, ацетилен. Для распределительных стеллажей и установок централизованного снабжения газом	Избыточное рабочее давление до 3,0 МПа (пропана — до 0,4 МПа, ацетилена — до 0,15 МПа). Расход газа до 400 м <sup>3</sup> /ч (пропана и ацетилена — до 80 м <sup>3</sup> /ч)	Großdruckminderer, Лейпциг, ГДР
группа III	Газы: кислород, азот, сжатый воздух, водород	Избыточное рабочее давление до 3,0 МПа. Расход газа до 1500 м <sup>3</sup> /ч	То же
группа IIIK	Для распределительных стеллажей и установок централизованного снабжения газом	Избыточное рабочее давление до 2,5 МПа. Расход газа до 400 м <sup>3</sup> /ч	»
группа IV	Газы: кислород, азот, сжатый воздух, водород. К установкам для выработки газа	Избыточное рабочее давление до 2,5 МПа. Расход газа до 3000 м <sup>3</sup> /ч	»
Газовые шланги	Шланг для кислорода (синий)  Шланг для горючего газа (красный)	Изготавливают из прорезиненной ткани, внутренний диаметр 6 мм  Изготавливают из прорезиненной ткани, внутренний диаметр 9 мм	»
Запорные вентили баллонов рассчитаны по давлению на универсальный сварочный уровень	Стальные баллоны	—	Löt
Хомут для зажима двух шлангов	Сварка труб	—	То же
Втулка для наращивания шлангов	К шлангам для кислорода и горючего газа	—	»
Шланговые патрубки:	То же	—	»
одинарный	Присоединение шлангов к системе питания:	—	»
двойной	кислородом ацетиленом, пропаном	—	»
Шланговая муфта	Для кислорода, ацетилена, пропана	—	»
Иглы для чистки сопла	Чистка сопла, удаление капель металла	—	»
Сверла для чистки сопла	—	—	»

Наименование	Назначение	Параметры	Изготовитель
Защитные свето-фильтры	Защита глаз сварщика, поглощение ультрафиолетового, светового и теплового излучения	—	—

<sup>1</sup> См. Некрасов Ю. А. Газы — заменители ацетилена. М.: Машиностроение, 1974.

ТАБЛИЦА 1.6  
ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ

Вспомогательное оборудование	Среда	Параметры	Изготовитель
Распределительный стеллаж I	Кислород, азот, сжатый воздух, водород, пропан, ацетилен, диоксид углерода	Распределительный стеллаж для 4—12 стальных баллонов	Autogen, Галле, ГДР
Распределительный стеллаж II		Распределительный стеллаж для 2×6, 2×8, 2×10, 2×12, 2×24 стальных баллонов	
Стандартные стальные баллоны для сжатого газа	Кислород, азот, сжатый воздух, ацетилен, диоксид углерода	Объем 40 л, масса без газа 70 кг	
Тележка для стеллажа	Кислород, азот, водород	Стеллаж для 20, 33, 54, 72 стальных баллонов	То же
Соединение баллонов	Кислород, водород, пропан, ацетилен		»
Транспортная тележка для баллонов: тип исполнения I	Два стальных баллона		Autogen-technik, Грэфендорф, ГДР
тип исполнения II	один стальной баллон, один газогенератор		
Быстродействующий клапан, один газ	Кислород, ацетилен	Расход 5200 м <sup>3</sup> /ч	Autogen
То же, смесь двух газов	Смеси: кислород—ацетилен, кислород—бытовой газ, кислород—водород	Расход кислорода 5200, ацетилена 2000 м <sup>3</sup> /ч	То же

ОСНОВНЫЕ И ПРИСАДОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ

ТАБЛИЦА 1.7

Присадочные материалы по TGL 7253	Основные материалы для газовой сварки		Присадочные материалы по TGL 7253	Основные материалы для газовой сварки	
	по TGL 7960 и TGL 9413	по TGL 14507 и TGL 14183		по TGL 7960 и TGL 9413	по TGL 14507 и TGL 14183
MbK10 (GI)	Сталь St34, St38, St42, St38S, St34h-2, St38h-2, St42h-2, St34b-2, St38b-2, St42b-2, St34-3, St38-3, St42-3, St35h, St35hb, St35b	Mu13, Mb13*, Mb16, сталь St35-5, St45-5	17MnNi4 (CIII) 9MnMo4.5 (GIV)	Сталь ** St50, St50-2, St52-3, St55 Сталь St35h, St35hb, St35b, St45hb, St45b, St55	Mu13, Mb13, Mb16, Mb19, 17Mn5, 15Mo3, St45-5, St3CrMo4.4 10CrMo9.10
9MnNi14 (GII)	Сталь St34, St38, St42, St38S, St34h-2, St38h-2, St42h-2, St34b-2, St38b-2, St42b-2, St34-3, St38-3, St42-3, St35h, St35hb, St35b	Mu13, Mb13*, Mb16, сталь St35-5, St45-5	9CrMo4.5 (GV) 7CrMo12.10 (GVI)	—	—

Примечание. Газовую сварку не рекомендуется применять для высоколегированных сталей (тепlostойких, нержавеющей, жаропрочных).

\* Возможно использование стали MnK12. \*\* Рельсовая сталь.

СВОЙСТВА ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ

ТАБЛИЦА 1.8

Присадочный материал (по TGL 7253)	Химический состав, % (по массе)										Свойства наплавленного материала				
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Сп. не более	Твердость НВ	$\sigma_{\text{в}}$ МПа	$\sigma_{\text{т}}$ МПа	$\delta_{\text{ж}}$ , %	$\sigma_{\text{н}}$ МДж/м <sup>2</sup>	
MbK10	0,07	0,07	0,5	0,035	0,035	0,035	—	≤ 0,3	0,25	110	370—420	250—300	16—20	≥ 0,3	
9MnNi4	0,06	0,07	0,9	0,03	0,03	0,03	—	0,4	—	150	430—520	280—340	15—22	≥ 0,6	
17MnNi4	0,14	0,20	1,2	0,03	0,03	0,03	—	0,6	—	150—190	500—600	400—500	14—20	≥ 0,6	
9MnMo4.5	0,21	0,35	1,1	0,025	0,025	0,025	0,4	0,8	0,25	—	450—550	—	20—25	≥ 0,5	
9CrMo4.5	0,06	0,10	0,9	0,025	0,025	1,0	0,6	—	0,25	—	500—600	—	20—25	≥ 0,4	
7CrMo12.10	0,13	0,18	1,2	0,025	0,025	2,8	0,9	—	0,25	—	600—650	—	16—20	≥ 0,6	
	0,07	0,15	1,0	0,02	0,02	3,2	1,1	—	—	—	—	—	—	—	
	0,12	0,30	0,8	0,02	0,02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	≤ 0,1	0,20	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	—	0,35	0,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

РАСХОД СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ГАЗОВОЙ СВАРКЕ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ В ПЕРЕСЧЕТЕ НА 1 м СВАРОЧНОГО ШВА

ТАБЛИЦА 1.9

Толщина листа, мм	1	1	2	3	4	5	6	15
Толщина присадочного материала, мм	—	2	2—3	3	4	5	8	8
Расход:								
присадочного материала, м	—	2,5	2,5	3	1,5—2,5	—	7	8
флюса, г	5	7,5	10	13	15	17	18	25
ацетилена, л	4	6	10	20	40	70	100	1000
кислорода, л	3	5	8	16	35	60	90	1000
Продолжительность сварки, мин/м	4,5	5	6	8	11	15	20	100

ТАБЛИЦА 1.10

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ГАЗОВОЙ ГОРЕЛКИ ПРИ ГАЗОВОЙ СВАРКЕ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

Толщина листа, мм	1	2	3	4—5	6—8	8—10	10—12	13—20
Номера насадки горелки	0,5	1	2—4	4—6	6—9	9—14	14—20	20—30
Расстояние между стенками, мм (сварка встык)	—	2	2	3	4	5	5	5

**Преимущества:** высокая производительность, высокая скорость сварки, безупречная обработка флангов в прикорневой части шва, возможность сварки во всех пространственных положениях шва, низкий расход газа и небольшие затраты времени на проведение операции, незначительная сварочная деформация.

**Недостатки:** трудность освоения (провар корня шва).

Ориентировочные параметры технологии выполнения швов при газовой сварке: скорость сварки и расход проволоки (см. с. 14); ориентировочные параметры газовой сварки алюминия и его сплавов (табл. 1.9 и 1.10).

**Форма разделки кромок:** при сварке стали — по TGL 14905/03; при сварке цветных металлов — по TGL 14906/03.

**Выбор технологического оборудования** — см. раздел 3.

**Сварка чугуна и стального литья** при ремонтных работах.

**Техника безопасности** — в соответствии с действующими правилами и инструкциями.

**Условия производства** — классы исполнения по TGL 11776.

При контроле качества выполняемых работ (по TGL 2847) следует обратить особое внимание на указания по проведению газовой сварки по классу исполнения АКIII и обслуживанию автогенных аппаратов.

#### 1.1.1.1. Газовая сварка миниатюрным пламенем

**Принцип сварки** — рис. 1.4.

Необходимые для получения пламени газы — кислород и водород — производят отдельно методом электрошлакового разложения водных растворов.

#### Границы применимости

**Размеры изделий:**  $s \leq 1,2$  мм,  $d \leq 1,5$  мм.

**Группы материалов:** металлы, стекло, керамика, пластмассы.

**Область использования:** мягкая пайка, твердая пайка, микро-сварка в электронике и в микротехнике.

Параметры: температура пламени не более 3400 °С, диаметр пламени: 0,75—1,2 мм, длина пламени до 15 мм; регулировка пламени: нейтральная (в обычных случаях), восстановительная, если газовая смесь перед сгоранием подается через метиловый спирт. Количество газа устанавливается током электролиза.

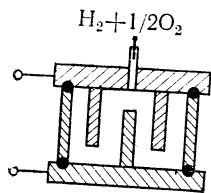


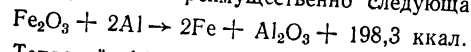
Рис. 1.4. Ванна для электролиза водных растворов

Для повышения температуры пламени необходимо обогащать газовый поток парами спирта. При этом температура пламени снижается до 2000 °С. Пламя при этом становится восстановительным.

### 1.1.2. ТЕРМИТНАЯ СВАРКА (АТ-)

#### Принцип сварки

При термитной сварке плавлением металл плавится под действием тепла, источником которого является расплав, формирующийся в результате химической реакции алюминиевого порошка с оксидом металла. Образующийся при этом оксид алюминия (шлак) служит защитой металла от атмосферного воздействия. Во время термитной сварки протекает преимущественно следующая экзотермическая реакция:



Тепловой эффект данной реакции является результатом высокого сродства алюминия к кислороду, которое выше, чем у большинства других металлов. Известны три варианта сварки (рис. 1.5), причем термитная сварка плавлением используется в вариантах с разливкой сверху и сбоку.

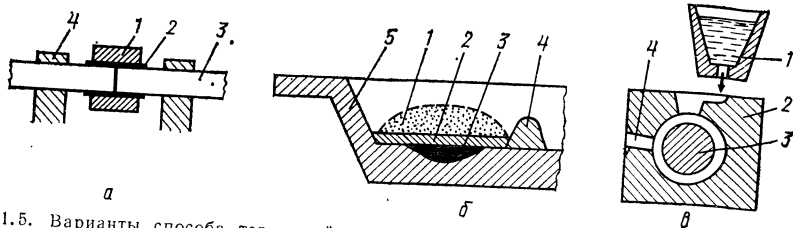


Рис. 1.5. Варианты способа термитной сварки плавлением:

а — термитно-муфельная сварка: 1 — корпус из стального листа; 2 — запал; 3 — свариваемое изделие (например, трос); 4 — зажимное приспособление с устройством для осадки; б — термитная наплавка: 1 — термитный присадочный материал (до сварки); 2 — шлак; 3 — расплав; 4 — ограничитель ванны (глиняный валик); 5 — изделие; в — термитная сварка плавлением: 1 — термитный присадочный материал (до сварки) в тигле со стопором; 2 — форма; 3 — изделие; 4 — отверстие для предварительного подогрева

#### Границы применимости

Размеры изделий: преимущественно профили любых типов и ремонтная сварка изделий с большими поперечными сечениями.

Группы материалов: стали с эквивалентом по углероду  $C_{\text{э}} < 1,2\%$ , стальное литье, серый чугун (чугун 20 с пластинчатым графитом, чугун 25 с пластинчатым графитом), алюминий.

Область использования: монтажная сварка рельсов, рельсовых соединений и катаных профилей; сварка арматурных сталей; сварка звеньев цепей;

ремонтная сварка осей, валов, станин из стали, стального литья, серого чугуна, муфельная сварка алюминиевых тросов.

Наплавка изнашиваемых (преимущественно при абразивном изнашивании) деталей, таких, как зубья землеройных машин, траки гусениц.

Параметры: температура реакции 2730 °С, температура термитной сварки 2000—2400 °С (температура шлака), критическая температура воспламенения 1300—1400 °С. Скорость плавления во многом зависит от объема свариваемого материала (например, до 2000 кг наплавляемого металла может быть нанесено за 30 с). Среднее время реакции 4—20 с.

Скорость сварки соответствует скорости разливки соответствующего «объема» расплавленного металла.

Положение шва при сварке: нижнее, горизонтальное, вертикальное (снизу вверх).

Особенности сварки: экономическая эффективность данного способа повышается с увеличением сечений соединяемых деталей (более 200 мм<sup>2</sup>) и с увеличением количества наплавляемого металла.

Основное время сварки составляет всего несколько секунд, но вспомогательное время достигает 80 мин.

Источник собственно сварочного тока не требуется.

При сварке профилей формируются высококачественные переходные области. Особенно пригоден данный способ сварки для монтажных работ и сварки на строительных площадках.

Подогрев осуществляют с помощью пропановой горелки.

#### Рекомендации по исполнению соединений

Сварка стыковых соединений без разделки кромок не требует специальной подготовки (см. табл. 8.3).

В зависимости от диаметра свариваемых соединений зазор между их торцами составляет 10—40 мм.

Сечение свариваемых тросов от 35 до 185 мм<sup>2</sup>. При наплавке следует ограждать наплавляемые поверхности (для этого используют глиняные формы).

#### Основные элементы устройства для термитной сварки

Тигель с донным сливом (материал: магнезит, защитная футеровка, хромовая руда, кварцевый песок).

Размер тигля зависит от поставленной задачи (следует учитывать возможность прорыва тигля при большом объеме наплавляемого материала).

Формы для сварки: одноразового пользования (материал: кварцевый песок, шамот); многократного пользования (графит, серый чугун, медь для серийной сварки).

Модель (набивная для каждого профиля).

Опока.

Поддерживающее и зажимное устройства применяют при использовании неразъемных и составных форм для сварки.

Специальные устройства: приемник для тигля, ломик для выпуска металла, кислородный резак, ползковый термометр, горелка для предварительного подогрева (пропан).

Инструменты: кузнечное зубило, плоская обжимка, шлифовальный круг, проволочная щетка.

Специальный запальник с ручным или электрическим управлением.

#### Оборудование

Сварочный аппарат имеет различную конфигурацию в зависимости от выполняемой задачи и состоит из нескольких основных элементов (см. выше).

Изготовитель: Chemische Werke Buna, Аммендорф, ГДР (в дальнейшем Вупа).

#### Выбор основных и присадочных материалов, термообработка

Для группы материалов (сталей с  $C_{\text{э}} < 1,2\%$ , стального литья, серого чугуна и алюминия) химический состав присадочных материалов определяют в зависимости от химического состава основного материала.

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕРМИТНОЙ СВАРКИ  
АРМАТУРНОЙ СТАЛИ

ТАБЛИЦА 1.11

Термитномуфельная сварка	Диаметр изделия, мм	Ширина зазора $b_{sp}$ , мм	Шифр холодильника	Масса термита, кг	Размер порции
Горизонтальный холодильник	18—22	10—22	H22	0,8	7510
	24—26	10—35	H25	0,9	1010
	28	10—35	H28	1,0	1301
Вертикальный холодильник	30—32	10—40	H32	1,5—2	1610
	16—20	10—30	V18	—	7010
	18—22	10—30	V22	0,8	8510
	24—26	15—35	V25	1,2	1210
	28	15—35	V28	1,3	1310
	30—32	20—40	V32	1,5	1510

Присадочный материал, состоящий из порошкообразного оксида металла и порошкообразного алюминия, расплавляют в тигле. Термитную смесь легируют присадкой ферросплава, карбидов, оксидов и чистых элементов; добавка их к шихте в количестве 20 % снижает температуру разливаемого металла и повышает выход присадочного материала до 50 %, остальные 50 % — шлак.

Присадочные материалы выбирают в зависимости от технологического варианта сварки и от характера износа поверхности при наплавке.

Изготовитель: Випа, Аммендорф, ГДР.  
Присадочные материалы поставляются в пакетах развесом с интервалом 0,5 кг в соответствии с TGL 3082.

Количество присадочного материала:  $m_{AT} = 12,8V_{ges}$ , где  $m_{AT}$  — масса наплавляемого материала, кг;  $V_{ges}$  — объем заполняемого пространства,  $dm^3$ .

Ориентировочные параметры для определения порции термита указаны в табл. 1.11.

#### Техника сварки

Зазор (мм) между свариваемыми кромками при сварке встык рассчитывают по формуле  $a = 0,75 \sqrt{As}$ , где  $a$  — зазор между свариваемыми кромками, мм;  $As$  — площадь стыкового соединения,  $mm^2$ .

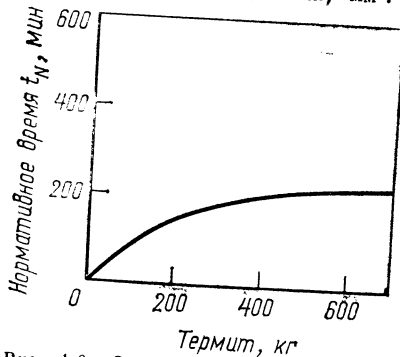


Рис. 1.6. Ориентировочные данные для определения нормативного времени  $t_n$  при ремонтной термитной сварке

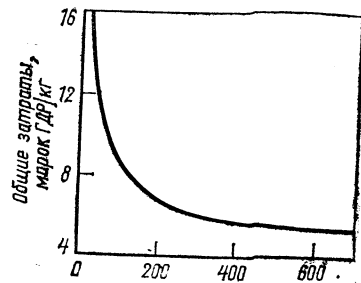


Рис. 1.7. Ориентировочные данные для определения общих затрат при ремонтной термитной сварке

Если высота падения расплавленного присадочного материала на дно зазора превышает 200 мм, то применяют сифонную разливку, в остальных случаях металл разливают сверху или сбоку.

Подогрев стыкового соединения: стали и стального литья — до 900 °С; серого чугуна — до 800 °С (конструктивно сложные отливки из серого чугуна требуют подогрева всей заготовки до 600 °С).  
Удаление сварочной формы — через 1,5—2,5 мин после окончания процесса сварки; обработка стыкового соединения (удаление графа) — в состоянии красного каления.

Ориентировочные параметры термитной сварки арматурной стали указаны в табл. 1.11.

Ориентировочные параметры нормативного времени  $t_n$  термитной сварки при ремонтных работах (рис. 1.6).

Ориентировочные данные для определения общих затрат при ремонтной термитной сварке (рис. 1.7).

### 1.1.3. РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА (Е-)

Принцип сварки (рис. 1.8)

Границы применимости

Размеры:  $s = 2 \div 10$  мм,  $a = 3 \div 10$  мм.

Группы материалов: конструкционные стали, низколегированные и высоколегированные стали, серый чугун.

Область использования: сварка и наплавка (во всех областях металлообрабатывающей промышленности).

Параметры: сварочный ток  $I_s \leq 50 \div 400$  А, напряжение дуги  $U_s = 15 \div 40$  В, скорость сварки  $v_s \leq 12$  см/мин.

Положение шва при сварке: нижнее, горизонтальное, горизонтальное на вертикальной поверхности, вертикальное (снизу вверх и сверху вниз), полупоточное, потолочное.

#### Оборудование

Источник питания — с крутопадающей статической внешней характеристикой. Род тока: постоянный и переменный.

Сварочные преобразователи: KW 320, KW 360, KW 400VC, KW 700VC, KM 600.

Сварочные выпрямители: RGA 160, RGA 250.1, KG 400VC, KG 400, KGM 1200.

Сварочные трансформаторы: KT 250, KT 500, FT 250, FT 315, «Junior», «Record», «Schweißboy».

Приспособления для сварки. Токосоводящие элементы: гибкий медный кабель, марка и сечение которого соответствуют токовой нагрузке (см. табл. 1.118), электрододержатель, зажим для присоединения провода к изделию, соединительная муфта для кабеля.

Защитный щиток с защитными светофильтрами:

Номер светофильтра	8	9	10
Диаметр сварочного электрода, мм	2,5	3,25	5

Инструмент: молоток для оббивки шлака, металлическая щетка, клещи, зубило, молоток, струбцина, резак для расплавки канавок, ручная шлифовальная машинка, калибр для замера углового шва.

#### Присадочные материалы

Голая проволока, голые и покрытые электроды по TGL 15792, TGL 15793 и TGL 7253 для сварки и наплавки. Выбор электродов — см. табл. 1.132—1.137 и п. 1.4.2.

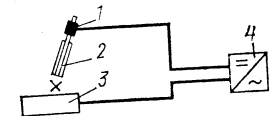


Рис. 1.8. Принцип сварки: 1 — электрододержатель с кабелем; 2 — обмотанный сварочный электрод; 3 — изделие с кабелем; 4 — источник питания



ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ НЕЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ

Положение шва при сварке	Толщина металла или катет шва, мм	Разделка кромок (см. табл. 8.4)	Диаметр сварочной проволоки d, мм	Угол разделки кромок α, град	Ширина зазора b <sub>сп</sub> , мм	Число проходов n	Сила сварочного тока I <sub>с</sub> , А	Скорость сварки v <sub>с</sub> , см/мин	Расход проволоки m <sub>D</sub> , кг/м
Нижнее	2	1	2,5	—	1	1	60—90	12	0,078
	3	1	3,25	—	1	1	120—140	12	0,086
	4	1	3,25	—	2	2	120—140	12	0,195
	5	1	3,25	—	2	2	120—140	12	0,228
	8	3	4,0	—	—	—	170—200	—	—
	8	3	3,25	60	1,5	3	120—140	12	0,88
	10	3	4,0	—	—	—	170—200	—	—
	10	3	3,25	60	2	3	120—140	12	1,33
	15	3	4,0	—	—	—	170—200	—	—
	15	3	3,25	60	2	4	120—140	12	2,17
	20	4	4,0	—	—	—	170—200	—	—
	20	4	5,0	12	8	9	170—200	12	2,46
	20	4	4,0	12	8	9	220—240	—	—
	25	4	6,0	12	8	12	240—280	12	3,06
	25	4	4,0	12	8	12	170—200	12	—
	25	4	5,0	12	8	15	220—240	12	4,15
	30	4	6,0	12	8	15	170—200	12	—
	30	4	4,0	12	8	15	220—240	12	—
	40	4	5,0	12	8	21	240—280	—	—
	40	4	6,0	12	8	21	170—200	—	—
50	4	5,0	12	8	29	220—240	—	—	
50	4	6,0	12	8	29	170—200	—	—	
50	4	4,0	12	8	29	220—240	—	—	
50	4	5,0	12	8	29	240—280	—	—	
Горизонтальное	3	19	3,25	—	—	1	130	12	0,68
	4	19	4,0	—	—	1	230	12	0,18
	5	19	4,0	—	—	2	190	12	0,31
	6	19	4,0	—	—	2	190	12	0,41
	6	19	5,0	—	—	—	230	12	1
	8	19	4,0	—	—	3	190	12	0,74
Вертикальное	3	3	3,25	60	1	1	120	12	0,18
	4	3	3,25	60	1	2	120	12	0,28
	5	3	3,25	60	1	2	120	10	0,37
	6	3	3,25	60	1,5	2	120	8	0,51
Вертикальное	8	3	3,25	60	1,5	3	120	12	0,85
	10	3	3,25	60	2	4	120	12	1,35
	15	3	4,0	60	2	7	170	12	2,28
	20	3	3,25	60	2	7	120	12	2,28
20	3	4,0	60	2	7	170	12	—	
20	3	3,25	60	2	7	120	12	—	

Электрод с покрытием на основе извести КВ1Х/Хs (Garant)

ТАБЛИЦА 1.12  
ФОРМА РАЗДЕЛКИ КРОМОК ДЛЯ СТАЛЬНЫХ ЛИСТОВ

Толщина металла s, мм	Разделка кромок (см. табл. 8.4)	Угол разделки или угол скоса кромок α, β, град	Ширина зазора b <sub>сп</sub> , мм	Высота приотпущения с, мм	Вид шва
≤3	2	—	0	—	Односторонний (рекомендуется подкладка)
2—5	1	—	0—2	—	Двусторонний
3—20	6	50—60	0—2	2—4	С вырубкой корня и наложением подварочного шва
5—20	10	45—60	0—3	0—2	Односторонний
	3	50—60	2—3	0—2	»
	3	50—60	0—2	0—2	Двусторонний (с подварочным швом)
12—40	5	50—60	1—3	0—2	Двусторонний
	11	45—60	0—2	0—2	»
10	11	45—60	0—2	2—4	»
15	4	8—12	4—8	—	Требуется подкладка
30	8	8—12	2—3	223	Односторонний
	13	15—20	0—3	2—3	»
4	9	8—12	0—3	2—4	Двусторонний
	14	15—20	1—2	2—3	»
4	15	—	—	—	Односторонний
4	16	50—60	—	—	»
1,5	17	50—90	—	—	»
3	18	50—90	—	—	Двусторонний

ТАБЛИЦА 1.13  
ФОРМА РАЗДЕЛКИ КРОМОК СТАЛЬНЫХ ТРУБ

Толщина металла s, мм	Разделка кромок (см. табл. 8.4)	Угол разделки или угол скоса кромок α, β, град	Ширина зазора b <sub>сп</sub> , мм	Высота приотпущения с, мм
≤3	1	—	≤3	—
3—16	3	50—60	2—3	—
≥12	8	8—12	2—3	2
	—*	8—12	2—4	4
	—	30	—	—

\* Комбинация V-образной и U-образной разделок.

ТАБЛИЦА 1.14  
ДОПУСК НА НОМИНАЛЬНЫЙ РАЗМЕР ШВА ДЛЯ ВСЕХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОЛОЖЕНИЙ (ПО TGL 11776)

Стыковые швы; верхний слой; ширина раскрытия кромок, мм	Усиление, мм	Подварочный шов при толщине металла s, мм	Усиление, мм	Угловой шов, величина катета α, мм	Усиление, мм
≤10	+1,5	<10	+1	<6	+1; -0,5
10—25	+2	>10	+2	>6	+2; -0,5
>25	+3	>10	+2	>6	+2; -0,5

Примечание. Ширина шва с разделкой кромок: ширина раскрытия кромок 2—3 мм; ширина шва без разделки кромок: зазор между свариваемыми кромками 3—5 мм.

Продолжение табл. 1.15

Положение шва при сварке	Толщина металла или катета шва, мм	Разделка кромок (см. табл. 8, 4)	Диаметр сварочной проволоки $d$ , мм	Угол разделки кромок $\alpha$ , град	Ширина зазора $b_{\text{зр}}$ , мм	Число проходов $n$	Сила сварочного тока $I_s$ , А	Скорость сварки $v_s$ , см/мин	Расход проволоки $m_D$ , кг/м	
Вертикальное Потолочное	20	3	3,25	60	2	12	120	12	4,23	
			4,0				170			
	3	3	3,25	60	1	1	130	12	0,19	
	4-5		3,25	60	1	2	130	12	0,35	
	6		3,25	60	1,5	2	130	10	0,55	
	8		3,25	60	1,5	3	130	12	0,92	
	10		3,25	12	8	4	130	12	1,19	
	15	4	3,25	12	8	6	130	12	1,87	
			4,0				180			
	20	4	3,25	12	8	9	130	12	2,95	
		4,0				180				
<i>Электрод с рутиловым покрытием (Тигрpf)</i>										
Нижнее	3	3	3,25	60	1-3	1	130	12		
	4	3	3,25	60	1-3	2	130	12		
	5	3	3,25	60	1-3	2	130	12		
			4,0				190			
	6	3	3,25	60	1-3	2	130	10		
			4,0				190			
	8	3	4,0	60	1-3	2	190	12		
	10	3	4,0	60	1-3	3	190	12		
			5,0				240			
	15	3	4,0	60	1-3	7	190	12		
Горизонтальное			5,0				240			
	3	19	3,25	—	—	1	130	12		
	4	19	4,0	—	—	1	190	12		
	5	19	5,0	—	—	1	240	12		
	6	19	5,0	—	—	1	240	12		
	8	19	5,0	—	—	2	240	12		
	3	3	3,25	60	2-3	1	120	12		
	4	3	3,25	60	2-3	1	120	12		
	5	3	3,25	60	2-3	2	120	12		
	6	3	3,25	60	2-3	2	120	10		
Вертикальное	8	3	3,25	60	2-3	2	120	12		
			4,0				150			
	10	3	3,25	60	2-3	2	120	10		
			4,0				150			
	15	3	3,25	60	2-3	4	120	12		
			5,0				190			
	Потолочное	3	3	3,25	60	1-3	1	120	12	
		4	3	3,25	60	1-3	2	120	12	
		5	3	3,25	60	1-3	2	120	12	
				4,0				150		
6		3	3,25	60	1-3	3	120	12		
			4,0				150			
8		3	3,25	60	1-3	5	120	12		
			4,0				150			
10		3	3,25	60	1-3	6	120	12		
			4,0				150			
15	3	3,25	60	1-3	10	120	12			
		4,0				150				

### Техника сварки

Сварщик при ручной дуговой сварке должен согласованно выполнять три движения: равномерно опускать плавящийся электрод для поддержания требуемой длины дуги; производить колебание электрода для формирования сварного шва; продвигать электрод вслед за перемещающейся сварочной ванной.

Квалификация электросварщика в соответствии с заданной работой и классом ее исполнения (по TGL 2847 и TGL 11776).

Форма разделки кромок.

Выбор формы разделки кромок (табл. 1.12—1.15) по TGL 14905 и TGL 14906.

Тип тока и полярность — по табл. 1.132.

### 1.1.4. СВАРКА ПОД ФЛЮСОМ (UP-)

Принцип сварки (рис. 1.9)

Технологические варианты сварки

Сварка под флюсом одним электродом.

Сварка под флюсом многоэлектродная: параллельно расположенными электродами; последовательными дугами; параллельными дугами; двухдуговая.

Сварка под флюсом ленточным электродом: одной лентой; параллельно расположенными лентами, двухдуговая.

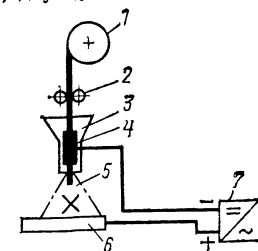


Рис. 1.9. Принцип сварки: 1 — катушка с электродной проволокой; 2 — механизированная подача электродной проволоки; 3 — лоток для флюса; 4 — контактный мундштук; 5 — флюс; 6 — изделие с кабелем; 7 — источник питания

### Границы применимости

Размеры:  $s = 2 \div 100$  мм;  $a = 3 \div 10$  мм;  $l \geq 1000$  мм.

Группы материалов: конструкционные стали общего назначения до марки St42, котельные стали, высоколегированные стали, никель и никелевые сплавы.

Область использования: сварка и наплавка в тяжелом, химическом и транспортном машиностроении и судостроении.

Параметры:  $I_s = 200 \div 2000$  А;  $U_s = 20 \div 50$  В;  $v_s = 15 \div 300$  см/мин.

Положение шва при сварке: горизонтальное, нижнее, горизонтальное на вертикальной поверхности.

### Оборудование

Источники питания: с крутопадающей статической внешней характеристикой для электродов  $d \geq 3$  мм и с пологой для электродов  $d < 3$  мм.

Род тока: постоянный и переменный.

Сварочные преобразователи: KW 510VC, KW 700VC, KW 1000.

Сварочные выпрямители: RGS 500, KG 1000.

Сварочные трансформаторы: KT 500.

Сварочные аппараты: UPKL, UT, BAW 1, BAW 3, BAW 7—BAW 10, BAW 13, ZIS 650, BAS-1 (см. табл. 1.108—1.110).

Сварочная оснастка: флюсовая подушка, медная подкладка, флюсоотсос, аппарат для намотки проволоки, молоток для оббивки шлака.

### Присадочные материалы

Сварочная проволока по TGL 7253,  $d = 2 \div 6$  мм, 15 — 80×0,5 — 1,0 мм.

Основной металл

Присадочный материал

Конструкционные стали общего назначения

10Mn4, 10Mn6, 10Mn8

Жаропрочные стали

9MnMo4.5, 11MnMo6.5, 7CrMoSi9.10, 12CrMoV10.5, X8CrMo6

Коррозионностойкие и кислото-стойкие стали  
Жаропрочные и окислостойкие стали

X3Cr14, X8CrTi18, X5CrNiNb20.10,  
X5CrNiMoNb19.11  
X8Cr9, X12CrNi25.4, X45WCr8.3,  
X12CrNiMn19.9

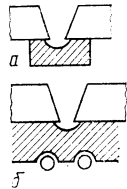
Сварочные флюсы: Pie 18 UP, Pie 38 USPS, Pie 40 UP, PCMn 33/100, SPCMn 40/360, SP 0.375.

Техника сварки

Защита сварочной ванны при сварке под флюсом:

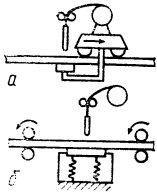
Медная подкладка

Принудительное формирование корня шва с помощью формирующей канавки. Медная подкладка *a* — неохлаждаемая; *b* — водоохлаждаемая



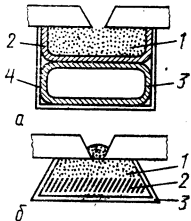
Скользящие башмаки

*a* — водоохлаждаемый медный башмак, связанный со сварочной головкой, перемещается вдоль шва под изделием; *b* — изделие перемещается между неподвижной сварочной головкой и медным башмаком



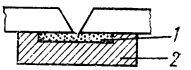
Флюсовая подкладка

*a* — флюсовая подушка; *1* — сварочный флюс; *2* — асбестовая ткань; *3* — воздушный шланг (пожарный рукав); *4* — стальная коробка (швеллер); *b* — метод «Kafo-flux»:  
*1* — флюс для формирования корня шва; *2* — тугоплавкий, жаропрочный материал; *3* — стальной короб с толщиной листа  $s = 1,6$  мм



Меднофлюсовая подкладка (метод FGB):

*1* — флюс; *2* — медная подкладка  $s_{Cu} \geq 20$  мм без водяного охлаждения



Коэффициенты формы шва:

	$\psi$	$\varphi$
Сварка	1,3—2	7—12
Наплавка	8—10	6—13

Определение формы шва — рис. 1.10.

Разделка кромок — табл. 1.16, параметры сварки — табл. 1.17—1.19.

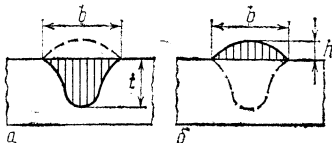


Рис. 1.10. Определение формы шва:  
*a* — форма проплавления  $\psi = b/t$ ;  
*b* — форма усилительного валика  
 $\varphi = b/h$

ФОРМА РАЗДЕЛКИ КРОМОК СТАЛЬНЫХ ЛИСТОВ

Толщина листа <i>s</i> , мм	Разделка кромок (см. табл. 8.4)	Угол разделки или скоса кромок $\alpha, \beta$ , град	Ширина зазора $b_{sp}$ , мм	Высота притупления <i>c</i> , мм	Примечание
2—15	1	—	0—4	—	Односторонний шов. Требуется подкладка
4—40	1	—	0—10	—	Двусторонний шов. Требуется подкладка
4—20	3	30—50	0—3	—	Требуется подкладка
12—50	6	30—80	0—4	4—20	С подваркой корня шва
16—50	5	30—80	1—3	—	Требуется подкладка
▽6	3	50—60	0—3	0—2	Требуется подкладка
▽16	12	30—50	0—4	4—10	—
▽20	5	50—60	0—4	4—10	—
▽30	11	8—12	8—25	—	Требуется подкладка
▽50	8	5—15	0—4	4—10	С подваркой корня шва
▽4	13	5—15	0—4	4—10	То же
	9	5—15	0—4	4—10	—
	14	5—15	0—4	4—10	—
	17	60—90	—	—	—
	18	60—90	—	—	—

ТАБЛИЦА 1.17

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ ОДНИМ ЭЛЕКТРОДОМ. ГРУППА МАТЕРИАЛОВ: КОНСТРУКЦИОННАЯ СТАЛЬ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Отношение толщины к катету шва $s/a$	Разделка кромок (см. табл. 8.4)	Диаметр <i>d</i> , мм	Угол разделки $\alpha$ , град	Ширина зазора $b_{sp}$ , мм	Число проходов $n_1$	Сварочный ток $I_s$ , А	Напряжение дуги $U_s$ , В	Скорость сварки $v_s$ , см/мин	Расход электродов $m_D$ , кг/м
2	1	2	—	—	1	250	27	80	—
4	1	2	—	—	1	270	29	55	0,22
5	1	2	—	—	1	320	35	53	0,26
6	1	2	—	—	2	400	36	50	0,29
8	1	2	—	—	3	480	39	45	0,46
10	1	2	—	—	3	500	42	40	0,62
15	1	4	—	—	3	800	40	30	—
20	1	4	—	—	6	750	38	30	1,99
						800	42		
25	1	5	—	—	2	900	36	25	2,32
						850	37		
30	1	5	—	—	2	950	36	25	—
						850	37	30	
35	6	4	60	—	5	900	36	20	4,1
						750	38	30	
40	6	4	60	—	6	900	36	20	5,34
						750	38	30	

Сварка в нижнем положении

2	1	2	—	—	1	250	27	80	—
4	1	2	—	—	1	270	29	55	0,22
5	1	2	—	—	1	320	35	53	0,26
6	1	2	—	—	2	400	36	50	0,29
8	1	2	—	—	3	480	39	45	0,46
10	1	2	—	—	3	500	42	40	0,62
15	1	4	—	—	3	800	40	30	—
20	1	4	—	—	6	750	38	30	1,99
						800	42		
25	1	5	—	—	2	900	36	25	2,32
						850	37		
30	1	5	—	—	2	950	36	25	—
						850	37	30	
35	6	4	60	—	5	900	36	20	4,1
						750	38	30	
40	6	4	60	—	6	900	36	20	5,34
						750	38	30	

Продолжение табл. 1.17

Отношение толщины к катету шва $s/a$	Расход кромок (см. табл. 8.4)	Диаметр $d$ , мм	Угол разделки $\alpha$ , град	Ширина зазора $b_{sp}$ , мм	Число проходов $n_1$	Сварочный ток $I_s$ , А	Напряжение дуги $U_s$ , В	Скорость сварки $v_s$ , см/мин	Расход электродов $m_D$ , кг/м
45	6	4	60	8	7	900 750	36 38	20 30	6,74
3	17	2	90	—	1	280	29	55	0,07
4	17	2	90	—	1	380	36	55	0,13
5	17	2	90	—	1	400	38	40	0,2
6	17	4	90	—	1	700	34	40	0,51
10	17	4	90	—	1	750	36	40	0,81
12	17	5	90	—	1	800	38	30	1,16

ТАБЛИЦА 1.18

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ПО СВАРКЕ ПОД ФЛЮСОМ ОДНИМ ЭЛЕКТРОДОМ  
ГРУППА МАТЕРИАЛОВ: ВЫСОКОЛЕГИРОВАННАЯ СТАЛЬ

Толщина материала $s$ , мм	Разделка кромок (см. табл. 8.4)	Диаметр $d$ , мм	Угол разделки $\alpha$ , град	Ширина зазора $b_{sp}$ , мм	Число проходов $n_1$	Сварочный ток $I_s$ , А	Напряжение дуги $U_s$ , В	Скорость сварки $v_{см}$ , см/мин
----------------------------	---------------------------------	------------------	-------------------------------	-----------------------------	----------------------	-------------------------	---------------------------	-----------------------------------

Сварка горизонтальных швов

3	17	2	90	—	1	350	27	50
4	17	3	90	—	1	380	27	50
5	17	2	90	—	1	380	29	40
6	17	2	90	—	2	350	26	35
8	17	2	90	—	2	320	28	20

Сварка в нижнем положении

6	1	4	—	0	1	500	32	75
8	1	4	—	1	1	700	34	50
10	1	4	—	1	2	650	34	60
12	1	4	—	2	2	700	34	40
15	1	4	—	3	2	800	36	30
20	3	4	60	2	4	400 550	32 37	36

ТАБЛИЦА 1.19

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ПО ДВУХЭЛЕКТРОДНОЙ СВАРКЕ ПОД ФЛЮСОМ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ.  
ГРУППА МАТЕРИАЛОВ: КОНСТРУКЦИОННАЯ СТАЛЬ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Толщина $s$ , мм	Разделка кромок (см. табл. 8.4)	Диаметр $d$ , мм	Угол разделки $\alpha$ , град	Ширина зазора $b_{sp}$ , мм	Число проходов $n_1$	Сварочный ток $I_s$ , А	Напряжение дуги $U_s$ , В	Скорость сварки $v_s$ , см/мин	Расход электродов $m_D$ , кг/м
Сварка в нижнем положении									
5	1	2×2,5	—	0	1	850	33	110	0,2
6	1	2×2,5	—	0	1	900	33	100	0,23
8	1	2×2,5	—	2	1	1000	33	95	0,47
10	1	2×2,5	—	0	2	1100 950	39 38	60 80	0,33

1.1.5. ДУГОВАЯ СВАРКА ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В АКТИВНЫХ ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ (MAG-)

1.1.5.1. Сварка в углекислом газе

Принцип сварки (рис. 1.11)

Границы применимости

Размеры:  $s = 1 \div 20$  мм;  $a = 2 \div 8$  мм.

Группы материалов: стали нелегированные и низколегированные, котельные и трубные, арматурные.

Область использования: транспортное машиностроение, производство стальных металлоконструкций, строительство трубопроводов, производство сосудов и приборостроение.

Параметры:  $I_s = 40 \div 500$  А (до 1000 А при сварке на больших токах);  $U_s = 16 \div 35$  В;  $v_s = 30 \div 100$  см/мин; диаметр электродов  $d_{Dr} = 0,8 \div 2,5$  мм (до 4 мм в особых случаях); защитный газ  $CO_2$ , смесь  $Ar + CO_2$ ; расход не более 20 л/мин.

Положение шва при сварке: во всех пространственных положениях.

Технологические варианты способа:

а. Сварка короткой дугой; применяется для металла  $0,8 \leq s \leq 3$  мм.  $I_s = 40 \div 200$  А,  $U_s = 16 \div 21$  В,  $d_{Dr} = 0,8 \div 1,2$  мм. Защитный газ: газовая смесь  $Ar + CO_2$ . Необходим сварочный выпрямитель с хорошими динамическими свойствами.

б. Сварка с узким зазором, применяемая для стальных листов толщиной от 20 до 60 мм;  $d_{Dr} = 2,0$  мм, свободный длинный конец проволоки. Защитный газ: газовая смесь  $Ar + CO_2$ . Шов без скоса кромок с керамической защитой ванны KER 790—70 ZIS 727. Стабилизация процесса сварки импульсной техникой со сварочным выпрямителем GSJ 400. Экономия присадочного материала до 50 % по сравнению с V-образным швом со скосом двух кромок при сварке листов большой толщины.

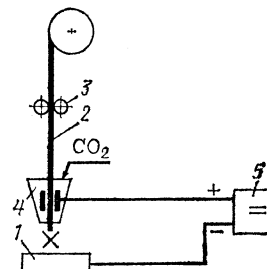


Рис. 1.11. Принцип сварки: 1 — изделие; 2 — электродная проволока; 3 — ролик механизма подачи электродной проволоки; 4 — газовое сопло; 5 — источник питания

ТАБЛИЦА 1.21

ФОРМА РАЗДЕЛКИ КРОМОК СТАЛЬНЫХ ТРУБ  
(ПО TGL 14905)

Толщина s, мм	Разделка кромок (см. табл. 8.3)	Угол разделки или скоса кромок $\alpha, \beta$ , град	Ширина зазора $b_{sp}$ , мм	Высота притупления с, мм
$\leq 4$	1	—	3	—
3—6	3	30—60	2—3	—
$> 12$	8	12—30	2—3	2

ТАБЛИЦА 1.22

РАБОЧИЕ ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ В CO<sub>2</sub>.  
ГРУППА МАТЕРИАЛОВ: УГЛЕРОДИСТЫЕ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫЕ  
СТАЛИ. СВАРКА В НИЖНЕМ ПОЛОЖЕНИИ

Толщина или катет шва, мм	Разделка кромок (см. табл. 8.3)	Диаметр $d_{Dr}$ , мм	Угол разделки $\alpha$ , град	Ширина зазора $b_{sp}$ , мм	Высота притупления с, мм	Число проходов $n$	Сварочный ток $I_s$ , А	Напряжение дуги $U_s$ , В	Скорость сварки $v_s$ , см/мин	Расход CO <sub>2</sub> , л/мин
---------------------------	---------------------------------	-----------------------	-------------------------------	-----------------------------	--------------------------	--------------------	-------------------------	---------------------------	--------------------------------	--------------------------------

## Механизированная сварка

1	1	0,8	—	—	—	1	60	18—19	30—40	8—10
1,5	1	0,8	—	—	—	1	90	18—19	30—40	8—10
2	1	1,2	—	1	—	1	120	18—19	33—36	8—10
2,5	1	1,2	—	1	—	1	150	18—19	33—36	10—12
3	1	1,2	—	1	—	1	180	20—21	33—36	12—16
4	1	1,2	—	2	—	1	180	20—21	33—36	12—16
5	1	1,6	—	2	—	1 и 2	180	23—24	33—36	16—18
8	3	1,6	30	2	—	1	180	21—23	26—33	16—18
						2	240	26—27	26—33	16—18
10	3	1,6	30	2	—	1	180	21—23	26—33	18—20
						2	280	29—30	30—36	18—20
12	3	1,6	30	2	—	1	230	22—24	26—33	18—20
						2	310	29—31	30—36	18—20
						3	310	29—31	30—36	18—20
12	6	1,6	70	1,5	6	1	340	28—30	26—33	18—22
						2	320	28—30	26—33	18—22
						3	320	28—30	26—33	18—22
16	5	1,6	70	2	6	1	400	30—32	26—33	18—22
						2	380	30—32	26—33	18—22
20	5	1,6	70	2	6	1 и 2	440	30—32	26—33	20—22
2	17	0,8	—	—	—	1	80	20—21	28—30	8—10
3	17	1,2	—	—	—	1	160	23—25	33—26	12—16
4	17	1,6	—	—	—	1	350	30—32	42—50	18—20
5	17	1,6	—	—	—	1	350	30—32	42—50	18—20
10	17	1,6	—	—	—	3	380	34—35	42—50	18—20

в. Сварка в среде CO<sub>2</sub> лентой. Применяется для листовой стали толщиной от 8 до 25 мм. Скорость сплавления — около 20 кг/ч. Защитный газ: CO<sub>2</sub> или газовая смесь CO<sub>2</sub> + Ar. Предварительная подготовка V-образного шва.

г. Комбинированная сварка CO<sub>2</sub> + флюс. Применяется для сварки стальных листов толщиной более 20 мм. Корень шва и промежуточные слои выполняются сваркой в среде CO<sub>2</sub> лентой, покровный слой — сваркой под флюсом.

д. Сварка в среде CO<sub>2</sub> двумя проволоками. Применяется для сварки стальных листов толщиной более 6 мм; проволоки при сварке располагаются поперек или вдоль шва.

Сборование (см. 1.3.1)

Источники питания: постоянный ток, пологая внешняя характеристика, для электродов диаметром  $d_{Dr} = 2,5$  мм, обратная полярность.

Сварочные выпрямители KGS 160, KGS 400, KG 400VC, KGS 630, KGS 1000, RGSa 315, RGSa 500, KGSM 250-2, G 700VC.

Присадочные материалы (см. 1.4.1).

Электроды для сварки в среде CO<sub>2</sub> того же состава, что и свариваемый материал,  $d_{Dr} = 0,8—2,5$  мм, равномерная проволока без перегибов. 10MnSi6; 10MnSi8 — сварка нелегированных и низколегированных, а также арматурных сталей; 20MnCrNi7; 30MnCrTi5 — наплавка; 12MnSiTi8 — сварка стали Н60-3, HS 60-3; 6MnSiCuNi5 — сварка слабокорродирующих сталей КТ 45-2, КТ 45-3, КТ 50-2, КТ 52-3.

Защитный газ: CO<sub>2</sub> по TGL 2968; аргон по TGL 12534.

Техника сварки

Квалификация сварщика по TGL 2847 в соответствии с заданной работой и классом ее исполнения по TGL 11776.

Ориентировочная токовая нагрузка сварочных проводов:

Диаметр d, мм	0,8	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0
Сварочный ток $I_s$ , А	50—120	90—220	140—360	200—500	450—750	500—850	650—950

Расстояние от сопла: при  $I_s = 50 \div 150$  А 7—14 мм; при  $I_s = 200 \div 500$  А 15—25 мм.

Разделка кромок — табл. 1.20, 1.21, параметры сварки — табл. 1.22.

ТАБЛИЦА 1.20

ФОРМА РАЗДЕЛКИ КРОМОК СТАЛЬНЫХ ЛИСТОВ  
(ПО TGL 14905)

Толщина s, мм	Разделка кромок (см. табл. 8.4)	Угол разделки или скоса кромок $\alpha, \beta$ , град	Ширина зазора $b_{sp}$ , мм	Высота притупления с, мм	Примечание
$\leq 6$	1	—	$\leq 1$	—	
6—12	1	—	1—2	—	Односторонняя сварка
3—20	3	20—40	1—2	—	Двусторонняя сварка
4—20	3	20—40	2—3	—	Односторонняя сварка
$> 20$	4	8—12	10—20	—	Двусторонняя сварка
20—40	5	30—50	1—3	—	Требуется подкладка
6—20	6	30—50	1—3	—	Двусторонняя сварка
20—60	7	30—50	1—3	5—12	С подваркой корня шва
$> 30$	8	8—12	0—1	5—10	Двусторонняя сварка
$> 30$	8	8—12	0—1	3—5	То же
					Односторонняя сварка



Толщина или катет шва, мм	Разделка кромок (см. табл. 8.3)	Диаметр $d_{Dr}$ , мм	Угол разделки $\alpha$ , град	Ширина зазора $b_{sr}$ , мм	Высота приотупления $c$ , мм	Число проходов $n_1$	Сварочный ток $I_s$ , А	Напряжение дуги $U_s$ , В	Скорость сварки $v_s$ , см/мин	Расход $Q_{CO_2}$ , л/мин
<i>Полуавтоматическая сварка</i>										
1	1	0,8	—	—	—	1	70	18—20	40	16
2	1	0,8	—	—	—	1	110	18—20	50	16
3	1	1,6	—	—	—	1	250	26	80	16
4	1	2,0	—	1	—	1	330—340	28—29	110	16
5	1	2,5	—	1	—	1	350—400	28—29	120	16
8	1	3,0	—	1	—	1	580—620	34—35	120	16
10	1	3,0	—	1	—	1	580—620	34—35	80	16
15	1	4,0	—	2	—	1	880—920	39—40	60	16
20	5	2—2,5	60—70	2	6	1 и 2	440—460	30—32	26—33	18
3	17	1,2	—	—	—	1	360	34	120	16
4	17	1,6	—	—	—	1	400	30	90	16
5	17	2,0	—	—	—	1	460	34	70	16
8	17	2,5	—	—	—	1	690	40	50	16
10	17	4	—	—	—	1	920	40	35	16

1.1.5.2. Сварка в газовой смеси

Принцип сварки (рис. 1.12)

Границы применимости

Размеры: металл толщиной  $s = 1 \div 20$  мм,  $a = 2 \div 8$  мм.

Группы материалов: низколегированные и высоколегированные стали, котельные и трубные стали.

Область использования: транспорт, приборостроение и изготовление емкостей, машиностроение, строительство трубопроводов.

Параметры:  $I_s = 40 \div 500$  А;  $U_s = 16 \div 35$  В;  $v_s = 30 \div 100$  см/мин; диаметр проволоки  $d_{Dr} = 0,8 \div 2,5$  мм; защитный газ: двухкомпонентная смесь  $Ar + CO_2$ , трехкомпонентная смесь  $Ar + CO_2 + O_2$ .

Положение шва при сварке: во всех пространственных положениях.

Технологические варианты способа: импульсная дуговая сварка плавящимся электродом в активных защитных газах, сварка плавящимся электродом с короткой дугой в активных защитных газах, наплавка плавящимся электродом в активных защитных газах.

Оборудование (см. 1.3.1)

Источники питания: постоянный ток, полая внешняя характеристика, на электродах — обратная полярность.

Сварочные выпрямители: KGS 160, KGS 400, KG 400VC, KGS 630, RGSa 315, RGSa 500, KGSM 250-2, G 700VC.

Сварочные преобразователи: KW 400VC, KW 700VC, Arcobil IV, MSH-k, MSK, MSH 6, MSH 7, MSH 9.

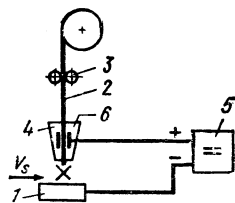


Рис. 1.12. Принцип сварки:

1 — изделие; 2 — проволока; 3 — механизированная подача электродной проволоки; 4 — газовое сопло; 5 — источник питания; 6 — газовая смесь

ВЛИЯНИЕ ГАЗОВЫХ КОМПОНЕНТОВ

Критерий	100 % $CO_2$	$CO_2/Ar$	100 % $Ar$
Перенос материала	В виде крупных капель с коротким замыканием	В виде мелких капель	Пылевидный перенос материала без короткого замыкания
Поверхность шва	Крупночешуйчатая	Чешуйчатая	В виде мелких чешуек
Образование брызг	Интенсивное	Незначительное	Отсутствует
Мощность наплавления	Максимальная	Уменьшается с ростом содержания аргона	Минимальная
Глубина провара	»	То же	»
Ширина шва	Минимальная	Увеличивается с ростом содержания аргона	Максимальная
Усиление шва	Максимальное	Уменьшается с ростом содержания аргона	Минимальное

Сварочные машины: MSH 6F, MSG 60, KSM 4, BAM 5-MS, BAS-1; сварочный автомат для сварки труб по окружности ZIS 453; сварочный аппарат для получения угловых швов ZIS 646.

Сварочные горелки: ручная сварочная горелка (см. табл. 1.112); механизированная сварочная горелка (см. табл. 1.113). Сварочные принадлежности (см. 1.3.1.4).

Присадочные материалы (см. 1.4.1). Проволока для сварки в углекислом газе: равномерная проволока без перегибов диаметром 0,8—2,5 мм.

10MnSi6; 10MnSi8 — сварка углеродистых и низколегированных сталей, арматурных сталей;

20MnCrNi7, 30MnCrTi5 — наплавка; 12MnSiTi8 — сварка стали Н 60-3, HS 60-3;

6MnSiCuNi5 — сварка коррозионно-стойких сталей, КТ 45-2, КТ 45-3, КТ 50-2, КТ 52-3.

Защитный газ: смесь газовых компонентов  $CO_2$ , аргона и кислорода из баллонов или аргоновых и углекислотных испарителей, соединенных со смесителями — рис. 1.13 (промышленное производство готовых газовых смесей в ГДР еще не освоено). Влияние газовых компонентов — табл. 1.23.

При использовании трехкомпонентной смеси  $Ar + CO_2 + O_2$  рекомендуется иметь долю кислорода не более 5 % (во избежание слишком высоких потерь с угаром и ошлакования).

Техника сварки

Квалификация сварщика для дуговой сварки плавящимся электродом в активных защитных газах по TGL 2847 в соответствии с заданной работой и классом ее исполнения по TGL 11776.

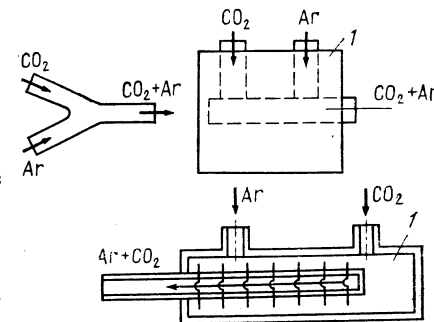


Рис. 1.13. Газовые смесители

ТАБЛИЦА 1.24  
ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ПО ТОКОВОЙ НАГРУЗКЕ  
СВАРОЧНЫХ ПРОВОДОВ

$d_{Dr}$ , мм	$I_s$ , А	$d_{Dr}$ , мм	$I_s$ , А	$d_{Dr}$ , мм	$I_s$ , А
0,8	50—120	2,0	200—500	3,0	500—850
1,2	90—220	2,5	450—750	4,0	650—950
1,6	140—360				

Расстояние от сопла: при  $I_s = 50 \div 150$  А 7—14 мм; при  $I_s = 150 \div 500$  А 15—25 мм.

Выбор газовой смеси: 20 %  $CO_2$  + 80 % Аг — для высоколегированных сталей; 22 % Са + 75 % Аг + 3 %  $O_2$  для низколегированных сталей; 60 %  $CO_2$  + 40 % Аг для углеродистых сталей.

Разделка кромок (см. табл. 1.20—1.24).

Сечение зоны провара — рис. 1.14.

### 1.1.5.3. Дуговая сварка в защитном газе с принудительным формированием шва (EG-)

Принцип сварки (рис. 1.15)

Границы применимости

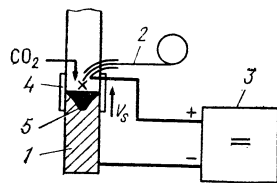
Размеры: сварка металла толщиной  $s = 10 \div 60$  мм, тавровых соединений с катетом шва  $a = 10 \div 16$  мм.



Рис. 1.14. Сечение зоны провара

Рис. 1.15. Принцип сварки:

1 — изделие; 2 — проволока; 3 — источник питания; 4 — формирование (ползун); 5 — металлическая ванна



Группы материалов: углеродистые и низколегированные стали. Область использования: судостроение, реакторостроение, производство сосудов, строительство доменных печей, крепь шахтного ствола.

Параметры: сила сварочного тока  $I_s = 400 \div 800$  А, напряжение дуги  $U_s = 30 \div 40$  В, скорость сварки  $v_s = 3 \div 15$  см/мин, диаметр сварочной проволоки  $d_{Dr} = 1,6 \div 2,5$  мм; защитный газ:  $CO_2$  или газовая смесь, расход газа  $Q \leq 20$  л/мин.

Положение шва при сварке: вертикальное, угол отклонения изделия от вертикали 15—20°.

Варианты сварки: одно- и двухэлектродная сварка с принудительным формированием шва: вертикальная сварка в  $CO_2$  без принудительного формирования шва.

Оборудование (см. 1.3.1).

Источники питания: постоянный ток, пологопадающая внешняя характеристика, обратная полярность.

Сварочные выпрямители: KGS 630 в специальном исполнении, KGS 1000 в специальном исполнении.

Сварочный преобразователь KW 700VC.

Сварочный аппарат: для сварки с принудительным формированием шва EG/1/ZIS 512.

ТАБЛИЦА 1.25

### ФОРМА РАЗДЕЛКИ КРОМОК ДЛЯ СВАРКИ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ В ЗАЩИТНОМ ГАЗЕ С ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ ФОРМИРОВАНИЕМ ШВА

Толщина металла $s$ , мм	Разделка кромок (см. табл. 8.4)	Угол разделки кромок $\alpha, \beta$ , град	Ширина зазора $b_{sp}$ , мм	Высота притупления $c$ , мм	Примечание
10—60	1	—	12—18	—	Использовать два формирующих ползуна
15—30	3	50	12—18	1—3	Необходима защита ванны
15—40	8	50	12—18	1—3	То же

Присадочные материалы (см. 1.4.1).

Сварочные проволоки для сварки в  $CO_2$ : 10MnSi6; 10MnSi8; 12MnSiTi8; 10NiMoSi4.4 (ZIS 614), в особенности для сварки сталей Н 52-3, HS 52-3, Н 55-3, Н 60-3. Защитный газ:  $CO_2$  (по TGL 2968).

### Техника сварки

Для сохранения постоянной ширины зазора в процессе сварки к обратной стороне свариваемых листов приваривают U-образные скобы.

Защита металлической ванны: предварительная заварка корня шва; остающаяся подкладка со стороны корня шва; перемещаемый водоохлаждаемый медный башмак.

В начале и в конце шва устанавливают соответственно заходную и выходную планки. При сварке металла толщиной до 25—30 мм произвольно частое прерывание процесса не сопровождается появлением дефектов.

Двухэлектродная сварка экономически эффективна для соединения механических деталей толщиной  $> 30$  мм. Формирование шва осуществляется принудительно.

ТАБЛИЦА 1.26

### РАБОЧИЕ ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ В ЗАЩИТНОМ ГАЗЕ С ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ ФОРМИРОВАНИЕМ ШВА

Толщина металла $s$ , мм	Разделка кромок (см. табл. 8.4)	Диаметр электрода $d_{Dr}$ , мм	Угол разделки кромок $\alpha, \beta$ , град	Ширина зазора $b_{sp}$ , мм	Сварочный ток $I_s$ , А	Напряжение дуги $U_s$ , В	Скорость сварки $v_s$ , см/мин
10	1	2,5	—	15	400	30	11,2
12	1	1,6	—	15	250	28	3,3
15	1	3	—	15	460	31	9,5
20	1	2,5	—	15	500	35	6,5
25	1	3,2	—	15	580	33	7,3
30	1	3,0	—	15	700	40	8,0
38	1	3,0	—	15	700	35	6,3
40	1	3,0	—	15	650	35	5,0
42	1	3,0	—	15	700	35	5,8
60	1	3,0	—	15	700	35	4,0
20	3	1,6	60	2—3	380	40	6,0

Группа материалов: углеродистые и низколегированные стали

Примечания: 1. Положение шва при сварке вертикальное. 2. Расход углекислого газа  $Q_{CO_2} = 18 \div 20$  л/мин.

ВЫБОР ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА

Группа материалов	Основной металл	Присадочный материал (проволока)
Стали: углеродистые и низколегированные	Сталь St38—St52, 15Mo3, 13CrMo4.4	10MnSi6, 10MnSi8, 9MnMoSi4.5, 9CrMoSi4.5
	высоколегированные	X10Cr13
	коррозионностойкие и кислотостойкие	X8CrMoTi17, X5CrNi18.10
жаропрочные и окислительностойкие	X8CrNiTi18.10, X10CrAl7, X15CrNiSi20.13, X20CrNiSi25.4	X8CrNiNb19.9, X12CrNi25.4, X12CrNi22.12, X12CrNi25.20
	Алюминиевые сплавы	A199,5 A199,8
AlMg3 AlMg3Si AlMg5Si		S-AlMg3; S-AlMg3Si; S-AlMg5
AlMgSi1 AlZnMg сплав AlCuMg сплав		S-AlSi5
AlSi литой сплав		
Медные сплавы		Бескислородная медь
	Кремниевые бронзы	S-CuSi
	Оловянистые бронзы	S-SnBz6, S-SnBz12
	Латунь	S-MS60, 2-SoMs
	Алюминиевая бронза	S-AlBz6, S-AlBz8
Медноникелевые сплавы		S-CuNi

ТАБЛИЦА 1.28

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ПО ТОКОВОЙ НАГРУЗКЕ  
СВАРОЧНЫХ ПРОВОДОВ

Присадочный материал	$I_s$ , А, для проволоки диаметром $d_{Dr}$ , мм			
	1,2	1,6	2,0	2,4
Легированная сталь	150—280	200—350	300—400	350—450
Алюминий . . . . .	120—200	160—260	180—300	200—320
Цветные металлы . . . . .	150—250	200—400	300—400	350—500

Примечание. Расстояние от сопла 15—25 мм.

тельно с помощью формирующего ползуна; скорость перемещения ползуна в вертикальном направлении должна соответствовать скорости формирования шва при равенстве скоростей перемещения формирующего ползуна и зеркала сварочной ванны.

Подготовка кромок и параметры сварки — табл. 1.25 и 1.26.

1.1.6. АРГОНО-ДУГОВАЯ СВАРКА  
ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ (MIG-)

Принцип сварки — рис. 1.16.

Границы применимости

Размеры:  $s = (1 - 3) \div 20$  мм;  $a = 3 \div 10$  мм.

Группы материалов: низколегированные и высоколегированные стали, алюминий, медь, никель и другие цветные металлы и их сплавы.

Область использования: приборостроение и изготовление емкостей, железнодорожный транспорт; судостроение и авиационная промышленность.

Параметры:  $I_s = 120 \div 150$  А;  $U_s = 20 \div 30$  В;  $v_s = 20 \div 150$  см/мин;  $d_{Dr} = 1,2 \div 2,5$  мм.

Защитный газ: аргон;  $Q \leq 20$  л/мин.

Положение шва при сварке: во всех пространственных положениях.

Варианты сварки: импульсная аргоно-дуговая сварка плавящимся электродом (сварка с наложением импульсов тока) для сварки тонколистового металла и для сварки в положениях, отличающихся от нижнего.  $s = 1 \div 4$  мм;  $I_s = 100 \div 250$  А;  $U_s = 20 \div 30$  В;  $v_s = 50 \div 300$  (400) см/мин;  $d_{Dr} = 1,2 \div 2$  мм;  $f = 50$  (или 100) Гц.

Получение импульсных постоянных токов путем параллельного соединения основного источника питания с источником подачи импульсов тока (например, RGSa 315c, RGI 250) или с помощью источника питания

GSJ 400. Амплитуда импульсов  $\hat{I}_{so} = (1,2 \div 1,3) I_{св. крит.}$ , где  $I_{св. крит.} = j d_{Dr}$  (где  $j$  — плотность тока;  $d_{Dr}$  — диаметр проволоки).

Оборудование (см. 1.3.1).

Источники питания: постоянный ток, полая внешняя характеристика, на электродах — обратная полярность.

Сварочные выпрямители: KGS 400, KG 400VC, KGS 630, RGSa 315, RGSa 500, G 700VC, KGSM 250-2, импульсные источники тока RGI 250 и RSI 400.

Сварочные преобразователи: KW 400VC, KW 700VC, Arcobil IV.

Сварочные аппараты: MSH 1-М, MSH 6 (кроме сварки алюминия), MSH 6F, MSH 7, MSH 9 (кроме сварки алюминия), MSG 60.

Сварочные машины: KSM-1 (кроме сварки алюминия), KSM 2, BA 5-MS/ZIS 379.

Сварочные горелки: ручные и автоматические сварочные горелки для дуговой сварки плавящимся электродом в активных защитных газах и аргоно-дуговой сварки плавящимся электродом. При сварке алюминия нужно использовать шланги из полихлорвинила.

Присадочные материалы

Проволока того же химического состава, что и свариваемый материал, диаметром 1,2—2,5 мм (табл. 1.27).

Защитный газ: аргон по TGL 12534. Газовая смесь из аргона +1 — 2% кислорода для предотвращения образования пор.

Техника сварки

Квалификация сварщика по TGL 2847 в соответствии с заданной работой и классом ее исполнения по TGL 11776.

Токовая нагрузка сварочных проводов — табл. 1.28.

ТАБЛИЦА 1.2.

ФОРМА РАЗДЕЛКИ КРОМОК ДЛЯ СВАРКИ  
ПЛАВЯЩИМ ЭЛЕКТРОДОМ В ИНЕРТНОМ ГАЗЕ

Толщина металла s, мм	Разделка кромок (см. табл. 8.4)	Угол разделки или скоса кромок $\alpha, \beta$ , град	Ширина зазора $b_{sp}$ , мм	Высота притупления с, мм	Вид шва
-----------------------	---------------------------------	---	-----------------------------	--------------------------	---------

## Группа материалов: легированная сталь

3-6	1	—	0-2	—	Односторонний То же Двусторонний
6-20	3	60-70	0-1	0-3	
8-20	5	40-50	1-2	—	

## Группа материалов: алюминий

3-6	1	—	0-2	—	Односторонний Двусторонний Односторонний
6-20	1	—	0-2	—	
6-20	3	60-70	0-2	0-3	
>10	4	30-40	2-4	—	*
8-20	8	8-12	0-2	1-3	Односторонний Двусторонний
10-20	5	60-70	0-2	—	

## Группа материалов: медные сплавы \*\*

3-6	1	—	0-1	—	Односторонний » »
3-5	3	15-30	1-3	—	
6-20	3	60-70	4-6	—	

\* Требуется подкладка. \*\* Сваривать только бескислородную медь; в противном случае происходит охрупчивание зоны термического влияния вследствие образования  $Cu_2O$ .

Подготовка кромок — табл. 1.29.

Загрязнения разделяемых кромок (жир, грязь, оксиды) должны быть удалены растворителями (но не трихлорэтиленом), травлением (химическое удаление пленки оксидов) или зачисткой металлической щеткой (механическое удаление пленки оксидов).

Защита сварочной ванны: медная подкладка, флюсовая подушка.

Предварительный подогрев: для алюминия толщиной  $s = 8 \div 10$  мм следует предварительно подогреть начало шва. При  $s = 15 \div 20$  мм следует предварительно подогреть примерно до  $150^\circ C$ , при  $s > 20$  мм — до  $200 - 250^\circ C$ .

Для меди толщиной  $s > 4$  мм следует обеспечить предварительный подогрев до  $600^\circ C$ .

Рабочие параметры сварки — табл. 1.30—1.32.

ТАБЛИЦА 1.30

РАБОЧИЕ ПАРАМЕТРЫ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ  
ПЛАВЯЩИМ ЭЛЕКТРОДОМ В ИНЕРТНОМ ГАЗЕ.  
СВАРКА В НИЖНЕМ ПОЛОЖЕНИИ

Толщина металла или катет шва, мм	Разделка кромок (см. табл. 8.4)	Диаметр электрода $d_{Dr}$ , мм	Угол разделки кромок $\alpha$ , град	Ширина зазора $b_{sp}$ , мм	Высота притупления с, мм	Число проходов $n_1$	Сварочный ток $I_s$ , А	Напряжение дуги $U_s$ , В	Скорость сварки $v_s$ , см/мин	Расход аргона $Q_{Ar}$ , л/мин
Группа материалов: легированные стали										
3	1	1,6	—	1,5-2	—	1	240	24	60-68	15-20
4	1	1,6	—	1,5	—	1	250	26	50	17
5	1	1,6	—	1,5	—	1	260	28	45	17
6	1	1,6	—	1,5	—	1	260	26	35	15-20
6,4	3	1,6	60-70	0-1	0-3	1-2	250-300	24-26	28	17
8	3	1,6	60-70	0-1	0-3	1	300	28-30	40	17
12	3	2,4	60-70	0-1	0-3	2	350	30-32	40	17
12,7	3	2,4	60-70	0-1	0-3	3-4	300-350	24-26	11	17
19	3	2,4	60-70	0-1	0-3	5-6	300-375	24-28	7	17
20	3	2,4	60-70	0-1	0-3	4-5	375	32-34	30	17
8	5	2,4	60	1-2	—	2	400	27	51	19-24
13	5	2,4	60	1-2	—	2	400-450	27-30	36	19-24
19	5	2,4	60	1-2	—	4	400-450	27-28	31-34	19-24
20	5	1,6	50	0-2	—	4	240-280	28-31	40	15
Группа материалов: алюминий										
3	1	1,6	—	0	—	1	140	30	103	15-20
4	1	1,6	—	0	—	1	160	22	59	15-20
5	1	1,6	—	1	—	1	160	22	49	15-20
6	1	1,6	—	2	—	1	200	24	39	15-20
8	1	2,0	—	1,5	—	1	220	24	50	15-20
						2	230	25	37	15-20
10	1	2,0	—	1,5	—	1	240	22	41	15-20
						2	280	26	36	15-20
12	1	3,0	—	3,0	—	1	260	27	36	15-20
						2	260	27	50	15-20
						3	240	27	33	15-20
15	1	2,4	—	2,0	—	1	240	24	33	15-20
						2	250	25	27	15-20
						3	250	25	23	15-20
20	1	2,0	—	3,0	—	1	280	26	31	15-20
						2	310	26	24	15-20
						3	310	26	30	15-20
						4	310	26	21	15-20
6	3	2,4	60	0-2	2	2	240	25	60	15
10	3	2,4	60	0-2	2	2	320	27	50	17
20	5	2,4	60	0-2	2-3	2	370	27	33	17
4	17	2,0	—	—	—	1	220-250	22-25	33	12
5	17	2,0	—	—	—	1	270-290	27-29	33	12
Группа материалов: медь										
4	1	1,6	—	1-2	—	1	226	16	60	15
4	1	1,6	—	3-4	—	1	210	30	32	15
3	3	1,6	30	1-2	—	1	220	26	60	15

Толщина металла или катет шва, мм	Разделка кромок (см. табл. 8.4)	Диаметр проволоки $d_{пр}$ , мм	Угол разделки кромок $\alpha$ , град	Ширина зазора $b_{сп}$ , мм	Высота приотупления $c$ , мм	Число проходов $n_1$	Сварочный ток $I_s$ , А	Напряжение дуги $U_s$ , В	Скорость сварки $v_s$ , см/мин	Расход аргона $Q_{Ar}$ , л/мин
4	3	1,6	30	3—4	—	1	210	30	32	15
5	3	1,6	30	3	—	1	300	34	48	15
8	3	1,6	70	3—4	—	1	300	35	27	15
10	3	1,6	60	5—6	—	1	350	28	38	15
						2	350	28	32	15
						3	350	28	23	15
12	3	1,8	60	5	—	1	340	35	35	15
						2	340	35	25	15
						3	340	35	16	15
15	3	1,6	60	6—5	—	1	320	35	25	15
						2	320	35	20	15
						3	320	35	15	15
20	3	1,6	60	5—6	—	1	350	35	27	15
						2	350	35	21	15
						3	350	35	19	15
						4	350	35	11	15

ТАБЛИЦА 1.31  
РАБОЧИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В ИНЕРТНОМ ГАЗЕ СВАРКА В НИЖНЕМ ПОЛОЖЕНИИ

Толщина металла $s$ , мм	Разделка кромок (см. табл. 8.4)	Диаметр проволоки $d_{пр}$ , мм	Угол разделки кромок $\alpha$ , град	Ширина зазора $b_{сп}$ , мм	Высота приотупления $c$ , мм	Число проходов $n_1$	Сварочный ток $I_s$ , А	Напряжение дуги $U_s$ , В	Скорость сварки $v_s$ , см/мин	Расход аргона $Q_{Ar}$ , л/мин
--------------------------	---------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------	------------------------------	----------------------	-------------------------	---------------------------	--------------------------------	--------------------------------

Группа материалов: легированные стали

1,5	1	1,0	—	—	—	1	150	21	80—90	10—15
2,0	1	1,0	—	0,5—1	—	1	150	22	52	10—15
3	1	1,6	—	1	—	1	240	24	48	10—15
4	1	1,6	—	1	—	1	380	25	50	10—15
6	1	1,6	—	1,5	—	1	260	26	35	10—15
6	3	1,6	60	1	—	1	240	24	35	10—15
						2	270	28	33	10—15
8	5	2,4	60	0—1	—	2	440—460	26	61	15—20
12,7	5	2,4	60	0—2	—	2	440—460	26	51	15—20
19	5	2,4	60	0—2	—	4	440—430	26	38	15—20

Группа материалов: алюминий

3	1	1,6	—	—	—	1	140	24	80	12
4	1	1,6	—	—	—	1	160	23	60	12
5	1	1,6	—	1	—	1	160	22	50	12

Толщина металла $s$ , мм	Разделка кромок (см. табл. 8.4)	Диаметр проволоки $d_{пр}$ , мм	Угол разделки кромок $\alpha$ , град	Ширина зазора $b_{сп}$ , мм	Высота приотупления $c$ , мм	Число проходов $n_1$	Сварочный ток $I_s$ , А	Напряжение дуги $U_s$ , В	Скорость сварки $v_s$ , см/мин	Расход аргона $Q_{Ar}$ , л/мин
6	1	1,6	—	1	—	1	200	24	39	12
8	1	2,0	—	1	—	1	200	24	50	11
						2	225	26	40	12
10	1	2,0	—	1,5	—	1	240	22	41	15—20
						2	280	26	36	15—20
12	1	2,0	—	3	—	1	250	25	44	15—20
						2	270	26	33	15—20
13	1	2,4	—	0—2	—	1	450	25	35—38	15—20
19	1	2,4	—	0—2	—	1	450	25	41	15—20
12	3	2,0	60	3	—	1	260	27	50	15—20
						2	260	27	33	15—20
						3	240	28	20	15—20
15	3	2,4	60	2	—	1	240	24	33	15—20
						2	250	25	27	15—20
						3	250	25	23	15—20
20	3	2,0	60	3	—	1	280	26	31	15—20
						2	310	26	24	15—20
						3	310	26	30	15—20
4	17	1,6	—	—	—	1	180—270	24—30	45—63	15—20
5	17	1,6	—	—	—	1	230—260	25—29	40—54	15—20
6	17	2,0	—	—	—	1	310	31	50	15—20
7	17	2,0	—	—	—	1	330—390	31—35	50—52	15—20

ТАБЛИЦА 1.32  
РАБОЧИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В ИНЕРТНОМ ГАЗЕ

Толщина металла или катет шва, мм	Разделка кромок (см. табл. 8.4)	Диаметр проволоки $d_{пр}$ , мм	Угол разделки кромок $\alpha$ , град	Ширина зазора $b_{сп}$ , мм	Высота приотупления $c$ , мм	Число проходов $n_1$	Сварочный ток $I_s$ , А	Напряжение дуги $U_s$ , В	Частота импульсов $f_i$ , Гц	Скорость сварки $v_s$ , см/мин	Расход аргона $Q_{Ar}$ , л/мин
2	1	1,6	—	—	—	1	110	20,5	100	110	15
	1	1,6	—	—	—	1	170	21	100	220	15
	1	1,6	—	—	—	1	110	18,5	50	120	15
3	1	1,6	—	—	—	1	130	21	100	74	15
	1	1,6	—	—	—	1	115	19,5	50	54	15
4	1	1,6	—	—	—	1	150	19,5	100	50	15
	1	1,6	—	—	—	1	150	20	50	52	15
	17	1,6	—	—	—	1	280	21	100	130	15

Примечание. Сварка в нижнем положении.

### 1.1.7. АРГОНО-ДУГОВАЯ СВАРКА НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ (WIG-)

Принцип сварки (рис. 1.17)

Границы применимости

Размеры: целесообразна сварка металла толщиной  $s = 1 \div 10$  мм и тавровые соединения с катетом шва  $a = 2 \div 8$  мм, а также заварка корня шва металла большей толщины.

Группы материалов: низколегированные и высоколегированные стали, алюминий, медь, никель и другие цветные металлы и их сплавы.

Область использования: изготовление сосудов и аппаратов, транспортное машиностроение, судостроение и авиационная промышленность, ремонтные работы.

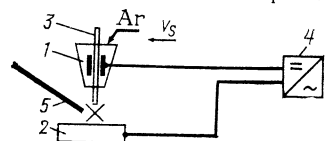


Рис. 1.17. Принцип сварки: 1 — газовое сопло; 2 — изделие; 3 — вольфрамовый электрод; 4 — источник питания; 5 — электродная проволока

Параметры:  $I_s = 10 \div 600$  А;  $U_s = 10 \div 30$  В;  $v_s = 10 \div 30$  (80) см/мин; диаметр электрода  $d_E = 0,5 \div 6,5$  мм. Сварку осуществляют с присадочным или без присадочного материала. Диаметр присадочной проволоки  $d_{Pr} = 2 \div 6$  мм. Защитный газ — аргон;  $Q \leq 12$  л/мин.

Положение шва при сварке: во всех пространственных положениях.

Варианты сварки: аргоно-дуговая и импульсная аргоно-дуговая сварка металлов и фольги толщиной от 0,3 до 1 мм; применение

микроплазменных горелок карандашного типа; сварка без присадочного материала; точечная сварка.

Оборудование (см. 1.3.1).

Источники питания: постоянного или переменного тока в зависимости от свариваемого материала, крутопадающая внешняя характеристика; при сварке на постоянном токе полярность прямая; возбуждение или стабилизация дуги с помощью импульсов напряжения высокой частоты от осциллятора.

Сварочные выпрямители: KG 400, KG 400VC, G 700C, KG 1000, RGA 250.1, G 400, ZIS 726 (для прецизионной аргоно-дуговой сварки неплавящимся электродом), RGA 250.1 с дополнительным управлением ZIS 835 (для импульсной аргоно-дуговой сварки неплавящимся электродом).

Сварочные преобразователи: KW 260, KW 280, KW 320, KW 360, KW 400VC, KW 510VC, KW 700VC.

Сварочные трансформаторы: KT 250, KT 500, FT 250, FT 360.

Сварочные машины: WSH-E, WSH III-M.

Сварочные горелки: горелки карандашного типа для аргоно-дуговой сварки неплавящимся электродом, ZIS 418, ZIS 424, ZIS 114, ручные сварочные горелки для аргоно-дуговой сварки неплавящимся электродом ZIS 530, ZIS 290, ZIS 224, ZIS 941F, ZIS 942F, ZIS 943.

Сварочные машины для аргоно-дуговой сварки неплавящимся электродом Schloma 100, Schloma 200, Schloma 300, Schloma 600, сварочные пистолеты для точечной аргоно-дуговой сварки неплавящимся электродом ZIS 311.

Оснастка: вспомогательный источник питания при использовании горелок для механизированной сварки или пистолета для точечной сварки; торированные вольфрамовые электроды; диаметр электродов выбирают в зависимости от силы сварочного тока. Длина электрода 175 мм.

Присадочные материалы (см. 1.4.1): проволока или электроды того же состава, что и основной металл; диаметр проволоки от 2 до 6 мм. Выбор присадочного материала производят в зависимости от основного металла, как указано в табл. 1.27.

Защитный газ: аргон по TGL 12534.

Техника сварки. Квалификация сварщика по TGL 2847 в соответствии с заданной работой и классом ее исполнения по TGL 11776.

Выбор рода тока при аргоно-дуговой сварке неплавящимся электродом:

Алюминий и алюминиевые сплавы

Магний и магниевые сплавы

Медь и медные сплавы

Никель и никелевые сплавы

Низколегированные и высоколегированные стали

Конструкционные стали

Переменный ток с наложением импульсов напряжения высокой частоты

То же

Постоянный ток, прямая полярность

То же

»

»

Разделка кромок (табл. 1.33). Загрязнения кромок (жир, грязь, оксиды) должны быть удалены растворителем (но не трихлорэтиленом), травлением (химическое удаление пленки оксидов) или зачисткой металлической щеткой (механическое удаление пленки оксидов).

Защита сварочной ванны: медная подкладка.

Предварительный подогрев: при сварке алюминия  $s \geq 8$  мм следует производить предварительный подогрев до  $150 \div 200$  °С; при сварке цветных металлов  $s \geq 4$  мм — до  $\approx 600$  °С.

Выполнение сварки. Чтобы обеспечить в начальный момент сварки надежное возбуждение дуги с помощью импульсов напряжения высокой частоты, вольфрамовый электрод следует разогреть путем соприкосновения его с медной подкладкой, защищающей сварочную ванну. Как правило, сварку выполняют справа налево. Горелку устанавливают с наклоном  $\sim 75^\circ$  к поверхности изделия. Присадочную проволоку подводят к сварочной ванне под углом  $\sim 15^\circ$  к поверхности изделия. Расстояние между электродом и изделием  $\sim 4$  мм. Острие электрода может выступать из газового сопла примерно на 3 мм.

Параметры сварки (табл. 1.34).

ТАБЛИЦА 1.33

ФОРМА РАЗДЕЛКИ КРОМК ДЛЯ АРГОНО-ДУГОВОЙ СВАРКИ НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ

Толщина металла $s$ , мм	Разделка кромок (см. табл. 8.3)	Угол разделки кромок $\alpha, \beta$ , град	Ширина зазора $b_{sp}$ , мм	Вид шва
<i>Алюминиевые материалы</i>				
1—5	1	—	0—1	Односторонний
6—10	3	60	1—3	»
<i>Легированные стали</i>				
1—4	1	—	0—3	Односторонний
5—7	1	—	0—3	Двусторонний
6—10	3	60	2—3	»
<i>Цветные металлы</i>				
1—4	1	—	0—1	Односторонний
4—6	1	—	0—1	Двусторонний
4—10	3	50—60	1—4	»
6	5	50—60	1—4	»

Примечания: 1. В зоне термического влияния упрочненные алюминиевые материалы достигают прочности основного металла. 2. Следует сваривать только бескислородную медь. В противном случае происходит охрупчивание зоны термического влияния вследствие образования  $\text{Si}_2\text{O}$ . При толщине металла  $s > 3$  мм следует использовать флюс.



РАБОЧИЕ ПАРАМЕТРЫ АРГОНО-ДУГОВОЙ СВАРКИ НЕПЛАВЛЯЮЩИМ ЭЛЕКТРОДОМ

ТАБЛИЦА 1.34

Толщина металла или катет шва, мм	Разделка кромок (см. табл. 8.3)	Диаметр проволоки $d_{Дг}$ , мм	Диаметр электрода $d_{Э}$ , мм	Угол разделки кромок $\alpha$ , град	Ширина зазора $b_{сп}$ , мм	Высота приуглубления $c$ , мм	Число проходов $n$	Сварочный ток $I_{св}$ , А	Напряжение дуги $U_{д}$ , В	Скорость сварки $v_{св}$ , см/мин	Расход аргона $Q_{Аг}$ , л/мин
<i>Группа материалов: алюминий</i>											
1	1	2	1,0	—	0	—	1	45—50	20—25	20	3—4
2	1	3	1,5	—	0	—	1	80—86	20—25	20	3—4
3	1	3	2,5	—	0	—	1	120—150	20—25	25	4—5
4	1	3	3,0	—	0	—	1	160—180	20—25	16	4—5
5	1	2	3,0	—	0	—	1	190—200	21—22	33	5—6
6	3	4	3,0	60	1	—	2	200—220	25—30	10	5—6
8	3	4	4,0	60	1	—	3	220—260	25—30	7	6—8
10	3	5	5,0	60	1	—	3—4	240—300	25—30	10	12
2	17	3	2,5	—	—	—	1	100	20—25	14	5
3	17	3	3	—	—	—	1	215	25—30	17	5
4	17	4	4	—	—	—	1	230	25—30	18	6—7
6	17	4	5	—	—	—	1	280	25—30	15	7
8	17	4	5	—	—	—	1	320	25—30	13	8
<i>Группа материалов: легированные стали</i>											
0,8	1	*	1,5	—	0	—	1	80	12	84	3—5
1,5	1	*	3,0	—	0	—	1	150	13,5	92	3
2,0	1	*	3,0	—	0	—	1	200	17	61	6
1,0	1	1,6	2,0	—	0	—	1	60	10—15	10—15	3
1,5	1	1,6	2,0	—	0,5	—	1	75	10—15	10—15	3—4

\* —

Продолжение табл. 1.34

Толщина металла или катет шва, мм	Разделка кромок (см. табл. 8.3)	Диаметр проволоки $d_{Дг}$ , мм	Диаметр электрода $d_{Э}$ , мм	Угол разделки кромок $\alpha$ , град	Ширина зазора $b_{сп}$ , мм	Высота приуглубления $c$ , мм	Число проходов $n$	Сварочный ток $I_{св}$ , А	Напряжение дуги $U_{д}$ , В	Скорость сварки $v_{св}$ , см/мин	Расход аргона $Q_{Аг}$ , л/мин
<i>Группа материалов: медь</i>											
2,0	1	2,0	3,0	—	1	—	1	105	10—15	20—25	3—4
2,5	1	3,0	3,0	—	1	—	1	115	10—15	20—25	3—4
3,0	1	4,0	3,0	—	2	—	1	135	10—15	20—25	3—5
4,0	1	4,0	4,0	—	3	—	1	165	10—15	15—20	3—5
5,0	1	4,0	4,0	—	3	—	2	195	10—15	15—20	4—5
6,0	3	4,0	5,0	60—70	2,5	—	2	220	10—15	15—20	4—5
8,0	3	4,0	5,0	60—70	2,5	—	2—3	240	10—15	15—20	4—6
<i>Группа материалов: медь</i>											
1	1	1,5	1,5	—	0	—	1	70—100	20—25	32	4
1,5	1	1,5	1,5	—	0	—	1	80—150	20—25	32	5
3,0	1	2	2	—	0	—	1	150—240	20—25	30	5
4,0	1	3	2	—	1	—	1	180—280	20—25	26	5
5,0	1	3	3	—	1	—	1—2	220—350	25—30	24	5
4	3	3	3	60	1	—	1	320	22	27	5
5	3	3	3	60	1	—	1	340	23	22	5
6	3	3	3	60	1	—	2	260—350	25—30	22	5
8	3	3	4	60	4	—	2	370	22	20	6
10	3	4	4	60	5	—	2	400	26	11—15	6
7	5	3	3	60	1	1	2	280—350	20	20	6
9	5	5	4	60	1	2	2	300—400	25—30	18	6
12	5	6	5	60	1	2	2	320—600	30—35	15—20	7

Примечание. Сварка в нижнем положении.

\* Без присадочного материала.



ПОДГОТОВКА СВАРИВАЕМЫХ КРОМОК  
ПРИ СВАРКЕ СЖАТОЙ ДУГОЙ

ТАБЛИЦА 1.37

Тип соединения	Собранные свариваемые кромки	Вид сварного соединения	Границы применимости
Встык			При $s = 0,08 \div 8$ мм без присадочного материала, $a < 0,15s$ , с присадочным материалом $a \approx 0,5s$
			При $s = 8 \div 12$ мм односторонняя двухслойная сварка; при $s > 12$ мм двусторонняя сварка
			Целесообразно применять при толщине металла $s \leq 0,1$ мм
Внахлестку			При $s_1 \neq s_2$ и $s_2 < 0,3$ ; $a = 2s_2$ , $b = s_2$ , $h = 2s_2$
			При $s = 0,2 \div 6$ мм; только для случая $s_1 = s_2$ или $s_1 : s_2$ не более 5 : 1; более толстый металл сверху
Угловое			$s_2 \geq 0,1$ мм; $a = 2s_2$ ; $b = s_2$
			$s_2 < 0,1$ мм
			$s_2 \approx 0,2 \div 5$ мм

ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАЗМАТРОНОВ

ТАБЛИЦА 1.38

Тип	Сварочный ток $I_s$ , А	Ширина прорезки $d$ , мм
MZP400	Не более 400	3—5
PBS *	» » 180	3 *
MP40	8—40	1,2—1,5
MP10	0,2—15	0,2—1,2

\* При определенных условиях возможно использование водорода.

УСТАНОВКА ДЛЯ СВАРКИ СЖАТОЙ ДУГОЙ

ТАБЛИЦА 1.39

Тип	Сварочный ток $I_s$ , А	Зарядное напряжение конденсатора $U_L$ , В	Присадочный материал	Отклонение дуги	Род тока, режим работы
PD400	80—180	—	Возможен	Возможно	Постоянный ток, прямая полярность
MPU-R1	1,5—3	—	—	—	Постоянный ток, прямая или обратная полярность, импульсный режим работы
ISA-G-24-2	0,1—2,4	75	—	—	Постоянный ток, прямая полярность
	Не более 24	125	—	—	Переменный ток

РАБОЧИЕ ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ СТЫКОВЫХ ШВОВ

ТАБЛИЦА 1.40

Толщина металла $s$ , мм	Сварочный ток $I_s$ , А	Напряжение дуги $U_s$ , В	Скорость сварки $v_s$ , см/мин	Диаметр проволоки $d_{Dr}$ , мм	Скорость подачи проволоки $v_D$ , м/мин	Расход плазмобразующего газа (аргона) $v_p$ , м³/мин	Расход защитного газа (аргон, водород) $v_{SG}$ , л/мин
Группа материалов: нержавеющая сталь							
0,1 *1	1,4	28	40	—	—	0,14	3,8/0,2
0,2	4,5	32	60	—	—	0,18	4,8/0,3
0,3	9,0	29	70	—	—	0,18	5,0/0,5
0,4	17,5	27	90	—	—	0,22	5,5/0,7
0,5	22	30	100	—	—	0,22	5,5/0,7
1,0	35	28	60	—	—	0,22	5,5/0,8
2,0	160	25	90	—	—	2,00	14/0,7
3,0	215	25	60	1,2	0,9	1,3	15/0
4,0	235	26	60	1,2	1,9	1,5	16,5/1,2
5,0	235	27	50	1,2	2,3	1,5	16,5/1,2
10 *2	235	25	40	—	—	1,0	14/0,7
	235	27	50	1,2	2,3	1,5	16,5/1,2
Группа материалов: углеродистая сталь *3							
0,1	1,9	27	20	—	—	0,1	4/0,2
0,2	5,60	28	55	—	—	0,18	4,8/0,4
0,3	13,6	28	90	—	—	0,20	5,1/0,6
0,4	25,6	30	130	—	—	0,25	5,4/0,7
0,5	41,9	32	130	—	—	0,25	5,6/0,9
0,8	75	21	60	1,0	1,1	1,1	6/0,6
1,0	89	22	55	1,0	0,6	1,2	6/0,8
2,0	123	20	37	1,0	1,7	1,7	5,8/0,6
2,5	125	25	35	1,0	1,1	1,1	5/1,0
3,0	135	25	30	1,0	1,2	1,1	6/1,2

\*1 При толщине металла  $s = 0,1 \div 8$  мм стыковое соединение без разделки кромок.  
\*2 При толщине металла  $s = 8 \div 12$  мм стыковое соединение с разделкой кромок. Высота притупления равна половине толщины металла. Двухпроходная сварка. \*3 Стыковое соединение без разделки кромок.

### 1.1.9. ЭЛЕКТРОШЛАКОВАЯ СВАРКА (ES-)

Принцип сварки — (рис. 1.19)

Технологические варианты способа: одноэлектродная сварка, многоэлектродная сварка, сварка ленточным электродом.

Область применения

Размеры: сварка металла  $s \geq 12$  мм.

Группы материалов: конструкционные стали общего назначения; жаропрочные стали.

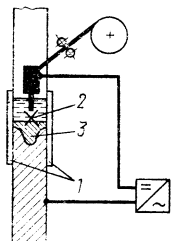


Рис. 1.19. Принцип сварки:  
1 — медный водоохлаждаемый формирова- тель; 2 — шлаковая ванна; 3 — металлическая ванна

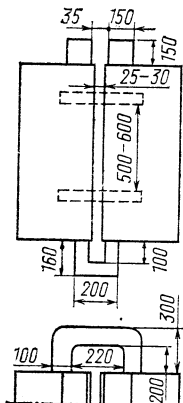


Рис. 1.20. Сборка деталей под сварку

Сфера использования: сварка и наплавка в химическом и транспортном машиностроении, судостроении.

Параметры:  $I_s = 200 \div 2000$  А,  $U_s = 25 \div 50$  В.

Положение шва при сварке: вертикальное (нижнее).

Оборудование

Источники питания: статическая пологопадающая (крутопадающая) характеристика, постоянный ток.

Сварочные преобразователи: KW 400VC, KW 510VC, KW 700VC.

Сварочные выпрямители: KG 400VC, RGS 500, KG 1000.

Сварочные трансформаторы: КТ 500.

Сварочные аппараты: ESKL, BA 12ES (см. табл. 1.109).

Присадочные материалы (см. табл. 1.143—1.145).

Диаметр проволоки от 2 до 6 мм (для наплавки — от 4 до 6 мм). Площадь поперечного сечения ленты и пластины выбирают с учетом толщины изделия и мощности источника питания. Сварочные проволоки подбирают по TGL 7253.

Выбор присадочного материала производят в зависимости от основного металла:

Основной металл	Присадочный материал
Конструкционные стали общего назначения	MbK10S, 10Mn4Al, 10Mn6Al, 10Mn8Al
Жаропрочные стали	9MnMo4.5, 11MnMoSi6.5, 12CrMoV10.5

Техника сварки (рис. 1.20).

Подготовка кромок (табл. 1.41).

Параметры сварки (табл. 1.42).

ТАБЛИЦА 1.41

ФОРМА РАЗДЕЛКИ КРОМОК ДЛЯ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКИ

Толщина металла $s$ , мм	Заходная планка					Выходная планка			Скоба для монтажной прихватки		
	ширина зазора $b_{sp}$ , мм	$B$ , мм	$L$ , мм	$b$ , мм	$t$ , мм	$B'$ , мм	$L'$ , мм	$b'$ , мм	число скоб	$S$ , мм	$h$ , мм
12	16—18	100	60	20	0	100	50	16—18	2	25	75
15	17—21	100	60	21	0	100	60	17—21	2	25	75
20	19—23	120	60	22	0	120	60	19—23	3	30	75
25	22—26	135	75	24	25	135	65	22—26	3	30	75
30	24—28	140	80	26	30	140	65	24—28	3	30	100
40	28—30	140	90	28	40	140	70	26—30	4	30	100
50	28—30	170	110	30	55	170	80	28—30	4	40	100
60	28—32	170	120	31	65	170	85	28—32	5	40	100
80	29—32	180	130	32	75	180	90	29—32	5	50	100
100	29—32	180	140	32	85	200	100	29—32	5	50	120
150	29—32	180	150	32	90	200	100	29—32	5	50	120

ТАБЛИЦА 1.42

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ПО ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКЕ СТЫКОВЫХ ШВОВ

Толщина металла $s$ , мм	Ширина зазора $b_{sp}$ , мм	Диаметр электрода $d_{Dr}$ , мм	Количество электродов	Сварочный ток $I_s$ , А	Напряжение дуги $U_s$ , В	Скорость сварки $v_s$ , м/ч	Расход электродов $m_D$ , кг/м
12	15	2	1	350	29	1,55	2,5
15	17	2	1	380	30	1,56	3,0
20	19	2	1	420	32	1,20	5,3
25	22	2,5	1	450	33	1,10	5,8
30	24	2,5	1	500	34	1,05	6,7
35	26	2,5	1	550	35	1,00	8,1
40	28	2,5	1	550	37	0,88	9,7
50	28	2,5	1	550	40	0,72	12,0
60	28	3	1	550	41	0,95	14,2
80	29	3	2	600	43	1,59	19,0
100	29	3	2	600	44	1,25	24,3
150	29	3	3	620	46	1,20	36,0
200	30	3	3 *	620	47	0,96	48,7
300	30	3	3 *	640	49	0,63	72,0
400	32	3	3 *	660	50	0,62	102,0

\* С колебательными движениями электродов.

### 1.1.10. ДУГОВАЯ СВАРКА ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ

Принцип сварки (рис. 1.21, 1.22).

Границы применимости

Размеры: сварка металла толщиной  $s = 5 \div 30$  мм.

Группы материалов: углеродистые и низколегированные стали, котельные и трубные стали, арматурные стали.

Область использования: стальные конструкции, мостостроение, краны и другие подъемные сооружения, трубопроводы, приборостроение и изготовление емкостей, судостроение.

Параметры:  $I_s = 150 \div 500$  А,  $U_s = 20 \div 32$  В,  $v_s = 30 \div 60$  см/мин.

Положение шва при сварке: нижнее, горизонтальное, горизонтальное на вертикальной поверхности, вертикальное (снизу вверх и сверху вниз).

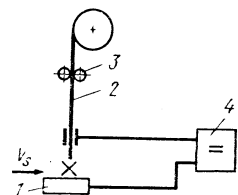


Рис. 1.21. Принцип сварки:  
1 — изделие; 2 — порошковая проволока; 3 — механизированная подача электродной проволоки; 4 — источник питания

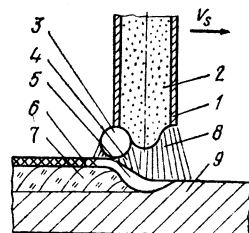


Рис. 1.22. Схема сварки:  
1 — оболочка; 2 — сердцевина; 3 — капля; 4 — дуга; 5 — металлическая ванна; 6 — шлак; 7 — шов; 8 — защитный газ; 9 — основной материал

Варианты сварки: дуговая сварка порошковой проволокой без дополнительной газовой защиты, дуговая сварка порошковой проволокой с дополнительной газовой защитой ( $CO_2$ ).

Оборудование (см. 1.3.1).

Источники питания: полого падающая статическая характеристика, постоянный ток (см. табл. 1.101—1.106).

Сварочные выпрямители: RGS 500, RGS 500.1, RGS 315, RGS 315.1, KG 400VC, G 700VC.

ТАБЛИЦА 1.43

ПОРОШКОВАЯ ПРОВОЛОКА ДЛЯ СВАРКИ  
БЕЗ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ГАЗОВОЙ ЗАЩИТЫ

Индекс проволоки *	Диаметр проволоки $d_{Dг}$ , мм	Положение шва при сварке
ПП-АН 1	2,8	Нижнее, горизонтальное
ПП-АН 3	3,0	То же
ПП-АН 7	2,0	»
ПП-АН 11	2,3	Вертикальное снизу вверх и сверху вниз
	2,0	Нижнее, горизонтальное
ПП-АН 17	2,0	Горизонтальное на вертикальной поверхности, вертикальное снизу вверх и сверху вниз
	2,4	Горизонтальное на вертикальной поверхности, вертикальное снизу вверх и сверху вниз
ПП-АН 19	3,0	Нижнее, горизонтальное
ПП-АН 19	2,3	Вертикальное снизу вверх и сверху вниз

\* Структура проволоки ПП-АН 1 — в виде трубки, остальных марок — двухслойная.

ТАБЛИЦА 1.44

ПАРАМЕТРЫ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ БЕЗ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ГАЗОВОЙ ЗАЩИТЫ  
ГРУППЫ МАТЕРИАЛОВ: УГЛЕРОДИСТЫЕ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ, ФОРМА РАЗДЕЛКИ КРОМОК: V, Y, X

Индекс проволоки	Диаметр проволоки $d_{Dг}$ , мм	Сварочный ток $I_s$ , А	Напряжение дуги $U_s$ , В	Скорость сварки $v_s$ , см/мин	Скорость наплавления $m_R$ , кг/ч
ПП-АН 1	2,8	200—350	24—28	30—40	2—5
ПП-АН 3	3,0	300—500	25—30	30—45	5—9
ПП-АН 7	2,0	150—300	20—26	30—40	4—6,5
ПП-АН 11	2,3	150—300	20—26	30—40	3,5—6
	2,0				
ПП-АН 17	3,0	350—600	28—32	30—50	7—12
ПП-АН 19	2,3	350—500	26—30	30—40	5—9
	3,0				

Сварочные аппараты: MSH-1M с редуктором BE-1 и роликовым механическим зубчатым колесом для подачи порошковой проволоки, аппарат ZIS 707 с двойным приводом роликов (зубчатыми колесами).

Сварочные горелки: RU 300, RU 400L3 (со специальным хоботом для сварки порошковой проволокой).

Можно также применять другое стандартное оборудование, но оно должно соответствовать специфическим условиям сварки порошковой проволокой.

Присадочные материалы (см. 1.4.1).

В СССР применяется порошковая проволока диаметром от 2,3 до 3,0 мм (табл. 1.43).

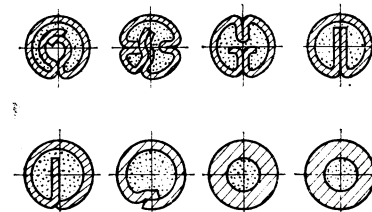


Рис. 1.23. Различные сечения порошковой проволоки

Техника сварки

Сварку порошковой проволокой выполняют на постоянном токе, электрод обратной полярности.

Для получения шва без пор достаточно подвергнуть порошковую проволоку перед сваркой термообработке по режиму: температура 250 °С, 2 ч.

Параметры сварки (табл. 1.44). Параметры  $I_s$ ,  $U_s$  зависят от структуры и диаметра проволоки, а также от состава порошка. Сечения порошковой проволоки — рис. 1.23.

### 1.1.11. СВАРКА ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ДУГОЙ СО ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ (МВЛ-Н-)

Принцип сварки (рис. 1.24).

Границы применимости

Размеры: сварка замкнутых швов стыкового соединения с отбортовкой двух кромок, угловые швы, швы торцовых соединений. Диаметр свариваемых деталей  $\leq 300$  мм; толщина металла  $\leq 2$  мм.

Группы материалов: углеродистые и высоколегированные стали, цветные металлы.

Область использования: промышленность, выпускающая изделия из тонкого листа; транспортные средства; приборостроение и производство емкостей.





## Выбор присадочного материала в зависимости от основного материала

Комбинация материалов	Присадочный материал
Никель—тантал	Платина
Молибден—сталь	Никель
Титан—хромоникелевая сталь	Ванадий
Цирконий—хромоникелевая сталь	Ванадий
Твердый сплав—сталь	Кобальт, никель
Медь—алюминий	Цинк, серебро
Латунь—свинец	Олово
Углеродистая сталь—низколегированная сталь	10MnSi8

## Область использования

Сварка с глубинным проплавлением: ракетостроение; авиационная промышленность; транспортное машиностроение — в основном производство редукторных шестерен, шарикоподшипников, маховиков; машиностроение (преимущественно инструментальное производство).

Сварка с присадочным материалом: изготовление деталей с узкими допусками по раскрою, при большой толщине листа производство емкостей для химической промышленности; строительство металлоконструкций (рис. 1.28).

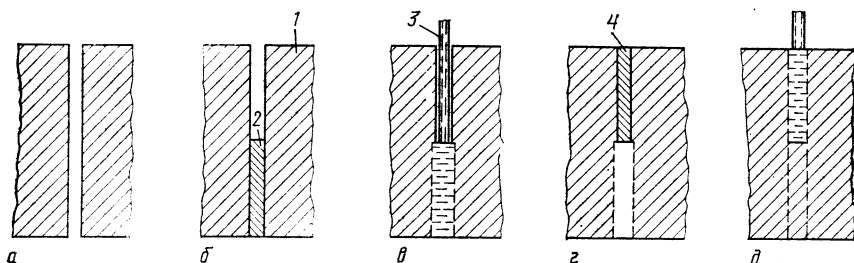


Рис. 1.28. Сварка в узкую разделку [1]:

а — подготовка кромок; б — установка первой прокладки; в — сварка первой прокладки; г — установка второй прокладки; д — сварка второй прокладки; 1 — основной материал; 2 — первая прокладка; 3 — электронный луч; 4 — вторая прокладка

Прецизионная сварка: изделия электронной техники; приборы для научного исследования; точные приборы, тонкостенные разрезные трубки.

Параметры: ускоряющее напряжение  $U_B = 1,5 \div 10$  кВ, мощность  $P_{Stp} = 0,5 \div 100$  кВт; удельная мощность  $P_F = 10^5 \div 10^7$  Вт/см<sup>2</sup>; диаметр луча  $d_F = 0,01 \div 1,0$  мм; скорость сварки  $v_s = 20 \div 500$  см/мин; разрежение  $10^{-3}$  Па.

## Рекомендации по выполнению соединений

Материалы толщиной до  $s = 80$  мм следует сваривать за один проход без присадочного материала в виде стыкового соединения без скоса кромок.

Для материалов толщиной  $s \leq 80$  мм следует применять сварку с узким зазором, используя присадочный материал (см. рис. 1.28).

При сварке с глубинным проплавлением электронный луч не должен доходить до свариваемого материала (во избежание образования пустот).

Следует выровнять между собой теплоотводящие сечения по обеим сторонам шва.

При сварке с кольцевыми швами, выполняемой на деталях с прецизионной точности размерами необходимо обеспечивать минимальные зазоры по стыку свариваемых кромок.

Возможна огневая резка и подрезка для материалов с допуском размера зазора до 2 мм при использовании присадочного материала. Типы соединений показаны в табл. 1.45.

## ТИПЫ КОЛЬЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Тип соединения	Случай использования	Подготовка	Пример
Стыковое	$s_1 = s_2$		
	$s_1 \neq s_2$		
Тавровое	Многорядное соединение		
	Опоры труб		
Угловое	Маховики и шестерни		
	Притертый клапан		
	Клапан с фольгой		

## Оборудование

При электроннолучевой сварке оборудование подразделяется по характеру использования на два типа: универсальные установки; специализированные машины и установки, рассчитанные на сварку изделий определенной формы и размеров.

Сварочные установки состоят из следующих блоков:

высоковольтный трансформатор 15—200 кВ постоянного тока максимальной мощностью 0,5—100 кВт;

электроннооптическая система с системами отклонения, модуляции и фокусировки электронного луча;

вакуумная система для получения высокого вакуума ( $1,3 \cdot 10^{-3} - 10^{-2}$  Па), среднего вакуума ( $1,3 \cdot 10^{-1} - 10$  Па) или устройства для вывода электронного луча в среду с атмосферным давлением;

контрольно-измерительные приборы и приборы управления для стабилизации и регулирования электронного луча, перемещения свариваемой детали и получения нужного вакуума.

## Выбор основного и присадочного материала

При электроннолучевой сварке обычно не используют присадочные материалы; их применяют только для регулирования качества металла шва, а также при больших зазорах по стыку свариваемых кромок (табл. 1.46).

ТАБЛИЦА 1.46

СВАРОЧНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЛУЧЕВОЙ СВАРКИ, ИЗГОТОВЛЯЕМЫЕ В ГДР

Тип машины	Ускоряющее напряжение, кВ	Максимальная мощность $P_{\text{max}}$ , кВт	Примечание
ESA 30/5	30	6	Плоскостное и угловое движение детали
ESB 80/200	80	0,2	Установка для прецизионной сварки и обработки
ESA 150/10	150	12,5	Плоскостное и угловое движение детали

#### Техника сварки

Для сварки в вакууме характерна следующая последовательность выполнения работ: размещение свариваемой детали в вакуумной камере; откачка воздуха из рабочей камеры до получения нужного уровня вакуума; набор рабочих параметров сварки (по табл. 1.46 и 1.47); сварка; разгерметизация вакуумной рабочей камеры; извлечение сваренной детали из рабочей камеры.

В табл. 1.47 представлены некоторые рабочие параметры сварки встык, соединения без разделки кромок и без присадочного материала.

ТАБЛИЦА 1.47

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОННОЛУЧЕВОЙ СВАРКИ

Толщина материала $s$ , мм	Ток пучка $I_s$ , мА	Ускоряющее напряжение $L_s$ , кВ	Скорость сварки $v_s$ , м/мин	Толщина материала $s$ , мм	Ток пучка $I_s$ , мА	Ускоряющее напряжение $L_s$ , кВ	Скорость сварки $v_s$ , м/мин
<i>Группа материалов: углеродистая сталь</i>				<i>Группа материалов: нержавеющая хромоникелевая сталь</i>			
0,1	1,6	25	0,4	0,1	1,4	25	0,2
0,2	2,0	25	0,6	0,2	2,8	25	0,4
0,3	4,7	25	0,8	0,3	6,0	25	0,8
0,4	6,5	25	1,0	0,4	9,0	25	1,1
0,5	14,7	25	1,2	0,5	12,3	25	1,5
1,0	12,0	25	0,5	1,0	8,0	25	0,6
2,0	24,0	25	0,6	2,0	15,0	25	0,6
3,0	35,0	25	0,6	3,0	24,0	25	0,6
4,0	47,0	25	0,6	4,0	30,0	25	0,6
5,0	58,0	25	0,6	5,0	38,0	25	0,6
10,0	115,0	25	0,6	10,0	76,0	25	0,6

Примечание. Стыковое соединение без разделки кромок, диаметр  $d_F = 0,8$  мм

### 1.1.13. ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА (La-)

Принцип сварки (рис. 1.29)

При лазерной сварке для оплавления свариваемых кромок используют световой пучок. Сконцентрированный световой луч характеризуется монохроматичностью, когерентностью, параллельностью и высокой плотностью энергии.

Благодаря этому можно наплавлять и сваривать материалы на весьма ограниченных участках. По типу лазеров и способу их использования различают импульсную сварку и сварку непрерывным лазерным лучом.

#### Границы применимости

Границы применимости определяются прежде всего типом лазеров и способом их использования.

Размеры — табл. 1.48.

Группы материалов: тугоплавкие материалы, имеющие высокую теплопроводность, например Au, Ag, Cu и Al; комбинированные биметаллы.

Основные комбинации свариваемых материалов показаны на рис. 1.30.

Область использования: приборы точной механики и электронное оборудование; детали часов; самолетостроение; обрабатываемые прецизионные детали большой толщины (например, кольца шарикоподшипников, колеса редукторов).

#### Параметры:

Рубиновый лазер:	
максимальная выходная энергия, Вт·с/импульс	100
длительность импульса, мс	0,5—10
скорость сварки $v_s$ max, см/мин	2,5
Лазер типа YAG:	
максимальная выходная мощность, кВт	1
скорость сварки $v_s$ max, см/мин	200
Газовый лазер (газ $CO_2$ ):	
максимальная выходная энергия, кВт	20 (60)

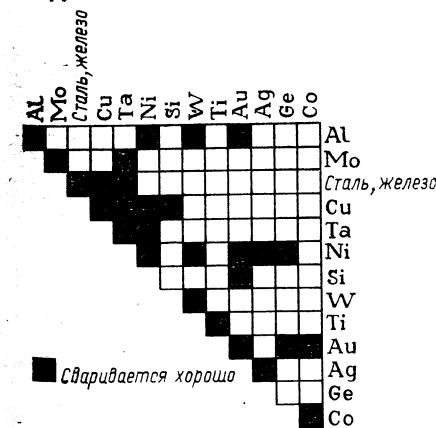


Рис. 1.30. Сочетания свариваемых материалов

#### Рекомендации по исполнению соединений

Швы лазерной сварки идентичны швам электроннолучевой сварки (см. табл. 1.46), поскольку при непрерывной лазерной сварке возможен эффект глубинного проплавления.

Изолированная проволока с лаковым покрытием сваривается при толщине слоя лака до  $0,2d$ . Сваренные внахлестку проволоки следует подравнять.

При прецизионной сварке необходимо выравнивать поперечные сечения свариваемых деталей.

#### Оборудование

Выбор оборудования определяется типом используемого лазера. Степень соответствия отдельных типов лазеров выполняемым с помощью сварки задачам показана в табл. 1.49.

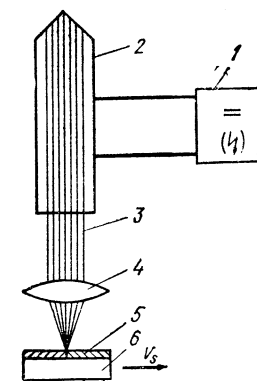


Рис. 1.29. Принцип сварки: 1 — источник питания; 2 — лазер; 3 — лазерный луч; 4 — лазерная оптика; 5 — изделие; 6 — манипулятор (устройство для перемещения свариваемого изделия)

ТАБЛИЦА 1.48  
ТОЛЩИНА СВАРИВАЕМЫХ ЛИСТОВ И ВЫХОДНАЯ МОЩНОСТЬ

Параметр	Технология сварки	Лазер	
		твердотельный	газовый
Выходная мощность	Непрерывная	0,01—0,1 кВт	1—60 кВт
Выходная энергия	Импульсная	1—100 Дж	
Максимальная толщина листа	Непрерывная	4,0 мм	20 (60) мм
	Импульсная	0,5 мм	

ТАБЛИЦА 1.49  
ПРИГОДНОСТЬ ЛАЗЕРОВ РАЗНЫХ ТИПОВ ДЛЯ СВАРКИ

Вид сварки	Твердотельный лазер		Лазер YAG	Газовый лазер (CO <sub>2</sub> )
	рубиновый	неодимовый		
Точечная . . . . .	×	×	×	(X)
Шовная точечная сварка . . . . .	×	×	×	(X)
Шовная (роликовая) сварка . . . . .	—	—	×	×
Сварка металлов . . . . .	×	×	×	×
Сварка неметаллов . . . . .	—	—	—	×

Обозначения: × — пригоден; (X) — пригоден при определенных условиях; — — непригоден.

ТАБЛИЦА 1.50  
СВАРОЧНЫЕ УСТАНОВКИ С ТВЕРДОТЕЛЬНЫМ ЛАЗЕРОМ

Тип лазера	Марка установки	Максимальная выходная энергия, Вт·с	Частота импульсов, мин <sup>-1</sup>	Страна-изготовитель
Рубидий	K-3	10	3	СССР
Рубин	УЛ-20	20	12	СССР
Рубин	LSB10/LK20N	100	2 *	ФРГ

\* Гц.

В СССР изготавливают сварочные машины из унифицированных блоков для сварки с использованием твердотельных лазеров, имеющие выходную энергию 0,7—20 Дж (табл. 1.50). В ГДР производят газовые лазеры (газ CO<sub>2</sub>) мощностью 100 и 200 Вт (табл. 1.51).

ТАБЛИЦА 1.51  
СВАРОЧНАЯ УСТАНОВКА ГДР С ГАЗОВЫМ ЛАЗЕРОМ (ГАЗ CO<sub>2</sub>)

Марка установки	Выходная мощность, Вт
FENA LGL 100	100
FENA LGL 200	200

#### Техника сварки

Химически активные материалы сваривают в среде защитного газа или под стеклянным колпаком.

Не следует превышать плотность мощности 10<sup>6</sup>—10<sup>7</sup> Вт/см<sup>2</sup>. Основные рабочие параметры сварки стыковых соединений без разделки

кромок приведены ниже. Рабочие параметры сварки встык хромоникелевой стали, импульсным твердотельным лазером:

Толщина s, мм . . . . .	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Выходная энергия W <sub>A</sub> , Дж . . . . .	2,3	4,5	6,7	9,0	11,2

Рабочие параметры сварки встык газовым (газ CO<sub>2</sub>) лазером (s — толщина; v<sub>с</sub> — скорость сварки; P<sub>A</sub> — выходная мощность):

s, мм	v <sub>с</sub> , см/мин	P <sub>A</sub> , кВт	s, мм	v <sub>с</sub> , см/мин	P <sub>A</sub> , кВт
Хромоникелевая сталь			3,0	250	4,0
0,1	250	0,2	4,0	100	3,0
0,2	110	0,2	5,0	60	1,2
0,3	60	0,2	10,0	60	5,0
0,4	30	0,2	20,0	130	20,0
0,5	20	0,2	Титан		
1,0	200	0,9	0,2	200	0,2
2,0	100	0,9	0,3	100	0,2

#### 1.1.14. НАПЛАВКА (AS-)

##### Определение

Наплавка представляет собой разновидность сварки, заключающуюся в локальном нанесении методом сварки материала на основное изделие для защиты его от коррозии и износа или для наращивания и увеличения его объема. Различаются следующие виды наплавки: восстановление материала, защита материала и плакирование.

Восстановление — наплавка слоя из того же или аналогичного основному металлу материала.

Защита (наплавка твердыми сплавами) — наплавка износостойкого (и жаростойкого) металла для повышения механической и термической стойкости основного металла.

Плакирование — наплавка коррозионностойкого или жаропрочного металла для защиты основного металла от химического или термического воздействия.

Износ — нежелательное изменение поверхности эксплуатируемого изделия вследствие отрыва мелких частиц под влиянием механического воздействия TGL0—50320.

Методы наплавки и металлизации распылением (табл. 1.52).

##### Выбор присадочных материалов и способов наплавки

Последовательность операций:

1. Определить цель нанесения покрытия: восстановление; защита; плакирование.
2. Определить тип легирующих добавок: по характеру износа (в соответствии с табл. 1.53) и по табл. 1.55.
3. Определить способ наплавки по табл. 1.54.
4. Определить присадочный материал с учетом операций 2 и 3 по 1.4.2.

3\*





ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ОТДЕЛЬНЫХ СПОСОБОВ  
НАПЛАВКИ ПО КРЕЧМАРУ

Способ наплавки	Преимущества	Недостатки
Газовая наплавка	С помощью специальной технологии можно получить минимальный провар основного материала; науглероживание наплавленного материала при использовании газового пламени с избытком газа; высокая моделирующая способность; меньшая опасность образования трещин из-за неизбежного прогрева материала; минимальная покупная стоимость сварочных приспособлений	Повышенная продолжительность процесса вследствие нагрева поверхности свариваемого изделия; высокая тепловая нагрузка; невысокие затраты мощности при плавлении; невысокая степень автоматизации
Ручная дуговая наплавка покрытыми электродами	Низкая покупная стоимость сварочных приспособлений	Относительно большой провар основного материала; невысокие затраты мощности при плавлении; невысокая степень автоматизации
Ручная дуговая наплавка с графитовым электродом и сварочными наставками	Минимальный провар основного материала; относительно высокая производительность наплавки; низкая покупная стоимость сварочных принадлежностей	Высокая тепловая нагрузка и невысокая степень механизации
Атомноводородная наплавка	Может быть получен минимальный провар основного материала; высокая моделирующая способность	Выгорание углерода; невысокая степень автоматизации; низкая мощность плавления
Дуговая наплавка неплавящимися электродами в инертном защитном газе	Можно получить относительно малый провар основного материала; высокая моделирующая способность; низкая покупная стоимость сварочных принадлежностей, возможна автоматизация	Низкие затраты мощности на плавление
Дуговая наплавка плавящимся электродом в инертном защитном газе	Средние затраты энергии на плавление; возможна высокая степень автоматизации	Повышение затрат мощности на плавление ограничено стоком шлаковой ванны
Наплавка в углекислом газе	Средние затраты энергии на плавление; возможна высокая степень автоматизации	Не рекомендуется для высоколегированных материалов
Наплавка под флюсом с проволокой	Высокие затраты энергии на плавление; возможна высокая степень механизации	Применяется только для изделий большого диаметра и с большой поверхностью; большой провар основного материала; иногда требуется защита сварочного флюса

Способ наплавки	Преимущества	Недостатки
Наплавка под флюсом ленточными электродами или сварка под флюсом несколькими последовательными электродами	Высокие затраты энергии на плавление; возможна высокая степень механизации	Применяется только для изделий большого диаметра и с большой поверхностью; большой провар основного материала; иногда требуется защита сварочного флюса
Наплавка под флюсом с использованием порошков	Высокие затраты энергии на плавление; возможна высокая степень механизации	Опасность неравномерного распределения легирующих элементов в сварном шве
Электрошлаковая наплавка	Высокие затраты энергии на плавление, возможна высокая степень механизации	Применяется, если необходим большой объем наплавки; требуется защита ванны расплавленного шлака. При использовании порошковых электродных проволок нужно иметь небольшую ванну расплавленного шлака
Наплавка сжатой дугой	Для тонких слоев наплавленного металла; минимальный провар основного материала; возможна высокая степень автоматизации	Большие затраты на оборудование; невозможны ручные работы
Плазменное распыление	Можно наносить материалы, не поддающиеся напылению другим способом	Высокая стоимость оборудования
Термитная наплавка	Очень короткий процесс наплавки; низкая покупная стоимость сварочных приспособлений	Значительная неровность поверхности наплавленного материала с дефектными местами; зачастую очень большое время на подготовительные работы; невысокая степень механизации
Металлизация распылением	Для тонких покрытий, паяных соединений; низкая покупная стоимость	Необходимы две рабочие операции: распыление материала и нанесение его на обрабатываемую поверхность; невысокая степень механизации
Газовое распыление	Отсутствует опасность корробления материала и воздействия на структуру; можно наносить любые материалы; затраты на оборудование невелики	Соединение между напыленным слоем и основным материалом не допускает ударных нагрузок
Электродуговое распыление	Отсутствует опасность корробления материала и воздействия на структуру; можно наносить любые материалы; более высокая степень сцепления	Более высокие затраты на оборудование

ТАБЛИЦА 1.53

## ВИДЫ ИЗНОСА

Контактирующий материал	Промежуточный материал	Вид износа	Схема
Металл/сплав То же Металл	Жидкий Газообразный Твердый	Износ при скольжении со смазкой Сухой износ при скольжении Абразивный износ при скольжении	
» » »	Жидкий Газообразный Твердый	Износ при качении со смазкой Сухой износ при качении Абразивный износ при качении	
Металл/сплав То же Металл	Жидкий Газообразный Твердый	Ударный износ со смазкой Сухой ударный износ Абразивный ударный износ	
Жидкость »	— —	Кавитационный износ Ударный износ под действием мелких капель	
Твердое тело, например сплав То же	Жидкая ** Газообразная **	Износ под действием струи Износ под действием продувки	
Жидкость Пар, газ	— —	Износ под действием струи Износ под действием продувки	

\* Основной материал — металл. \*\* Среда, обеспечивающая контакт.

Продолжение табл. 1.54

Способ	Качество поверхности *1	Провар основного материала, %	Требуемая высота наплавки, мм	Эффективная скорость наплавки, кг/ч
Наплавка под флюсом (лентой)	2—3	5—15	6	5—20
Наплавка под флюсом (легированный порошок)	2—3	30—50	10	3—8
Электрошлаковая наплавка (проволокой)	2—3	30 *2	30	15—30
Электрошлаковая наплавка (лентой)	3—4	30 *2	30	15—30
Электрошлаковая наплавка (пластиной)	3—4	30 *2	30	15—30
Наплавка сжатой дугой	1—2	5—20	0,5	15—30
Термитная наплавка	3—4	30 *2	10	
Металлизация распылением	1	0,1—2	0,5	
Газовое распыление	1—2	0	0,1—1,5	Нет данных
Электродуговое распыление	1—2	0—0,1	0,1—1,5	
Плазменное распыление	1—2	0—0,1	0,1—1,0	

\*1 Качество поверхности . . . . . 1  
Глубина неровностей, мм . . . . . 0,5 0,5—1,0 1—2 >2

\*2 Последовательная наплавка под флюсом  $\gamma = 10\%$ .

\*\* При электрошлаковой наплавке зависит от напряжения дуги  $U_s$ , при термитной наплавке — от объема ванны.

ТАБЛИЦА 1.54

## ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБОВ НАПЛАВКИ ПО КРЕЧМАРУ

Способ	Качество поверхности *1	Провар основного материала, %	Требуемая высота наплавки, мм	Эффективная скорость наплавки, кг/ч
Газовая наплавка . . . . .	2—4	2—20	3	0,15—0,3
Ручная дуговая наплавка с металлическим электродом . . . . .	3—4	20—35	6	0,5—1,8
Дуговая наплавка графитовым электродом . . . . .	1—3	5—20	2,5	Нет данных
Дуговая наплавка плавящимся электродом в активном защитном газе (атомноводородная наплавка) . . . . .	2	2—20	3	» »
Дуговая наплавка неплавящимся электродом в инертном защитном газе . . . . .	2—3	2—20	3	0,3—0,8
Дуговая наплавка плавящимся электродом в инертном защитном газе . . . . .	2—3	10—30	6	1,5—6
Наплавка в углекислом газе . . . . .	2—4	30—50	6	1,5—6
Наплавка под флюсом (проволокой) . . . . .	2—3	30—50 *2	10	3—8

ТАБЛИЦА 1.55

## ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЛЕГИРУЮЩИХ ДОБАВОК

Свойства	Примеры использования	Материал
—	Рельсы, рабочие колеса, неподвижные и скользящие детали подшипников, уголки цепного барабана, звенья цепей	Углеродистая и низколегированная сталь
Т	Валки, штампы, ножницы, прессштемпели, прессформы, зубья ковшей экскаваторов, молотковые мельницы, режущие инструменты по дереву и металлу	Жаропрочная сталь
С	Режущие инструменты (резцы, фрезы), гильотинные ножи	Быстрорежущая сталь
Ж	Детали вентилялей, плунжеры, детали печей, валки, прессформы, режущие инструменты, уплотнительные поверхности на арматуре, затворы доменных печей	Хромистая сталь
Н	Дробильные плиты, болты, рельсовые разветвления, шаровые и молотковые мельницы	Высокомарганцовистая сталь
Г	Разводные стрелки, рельсы, детали паровых турбин	Хромоникельмарганцовистая сталь
Н, Р	Плакирование днищ котлов, арматуры химической промышленности, жаропрочные валки рольгангов, поршни высокого давления	Нержавеющая хромоникелевая сталь

Свойства	Примеры использования	Материал
Т	Уплотнительные поверхности арматуры для подачи пара и газа, била угольных мельниц, зубья ковшей экскаваторов, детали смесителей, кромки ковшей, брикетные прессы, прессовые шнеки	Сплав Cr—C—Fe
Н К Т	Арматура для подачи пара и кислот, седла клапанов, валы насосов, ножи для листовых ножниц, штампы холодной штамповки, листовые штампы, зубья ковшей экскаваторов	Стеллит Cr—W—Co
—	Покртия прессовых шнеков, мелющие колеса, пескоструйные сопла	Карбид металла (твердый сплав)
К	Буровые коронки	Сплав Ni—Cr—В
Н К, Т К	Валы насосов, седла клапанов, шаблоны, стеклянные формы	Никелевый сплав
	Защита арматуры до рабочей температуры 1200 °С, штампы, ножи горячей резки, инструменты горячей обработки	Бронза

Обозначения: Т — теплоустойчивая; С — с сохранением режущих свойств; Ж — жаростойкая; Н — нержавеющая; Г — нагартованная; К — коррозионноустойчивая.

Материал	Ориентировочный химический состав, % (по массе)			
	C	Mn	Si	Cr
Углеродистая и низколегированная сталь . . . . .	0,06—1	0,5—2	3,5	0,3—7,5
Жаропрочная сталь . . . . .	0,25—0,8	2	0,3	4
Быстрорежущая сталь . . . . .	0,9—1,6	0,3	—	4,5—5
Хромистая сталь . . . . .	2,5	1,5	2	3—30
Высокомарганцовистая сталь	0,7—1	12—14	—	—
Хромоникельмарганцовистая аустенитная сталь . . . . .	0,15	6	—	19
Нержавеющая хромоникелевая сталь . . . . .	0,06—0,15	1,5	0,7—2,1	18—25
Сплав Cr—C—Fe . . . . .	2,35—4,5	1,3	1	17—36
Стеллит Cr—W—Co . . . . .	1—3	1	1—2,5	(12) 25—32
Карбид металла (твердый сплав) . . . . .	2—4,5 4—4,5	10 —	1,5 —	13 3
Сплав Ni—Cr—В . . . . .	0,7	1	4	16
Никелевый сплав . . . . .	0,1	—	0,2	14
Бронза . . . . .	Al—8	2,5— 9,00	—	—

Материал	Ориентировочный химический состав, % (по массе)			
	Ni	Mo	W	Co
Углеродистая и низколегированная сталь . . . . .	0,4	0,8	—	—
Жаропрочная сталь . . . . .	—	0,6 (до 7)	1,3—10	—
Быстрорежущая сталь . . . . .	—	2,5—6	8—16,5	2,5—15
Хромистая сталь . . . . .	6	0,7 (до 4)	—	—
Высокомарганцовистая сталь	3—3,5	—	—	—
Хромоникельмарганцовистая аустенитная сталь . . . . .	9	—	—	—
Нержавеющая хромоникелевая сталь . . . . .	9—22	4	—	2
Сплав Cr—C—Fe . . . . .	6	—	—	—
Стеллит Cr—W—Co . . . . .	22	—	(0) 4—25	(0) 33—65
Карбид металла (твердый сплав) . . . . .	—	20	47—55	—
	—	2	90—95	—
Сплав Ni—Cr—В . . . . .	70	—	—	—
Никелевый сплав . . . . .	60—70	10—28	17	—
Бронза . . . . .	2,5—5,5	—	—	—
			Остальное Cu	

## 1.2. СВАРКА ДАВЛЕНИЕМ<sup>1-4</sup>

### 1.2.1. ГАЗОПРЕССОВАЯ СВАРКА (GP-)

#### Принцип сварки

Изделия нагревают в месте стыка с помощью газокислородного пламени до появления расплавленного металла (при сварке стали температура разогрева немного выше линии солидуса) и соединяют с применением сжимающего усилия. Образуется сварочный грат (рис. 1.31).

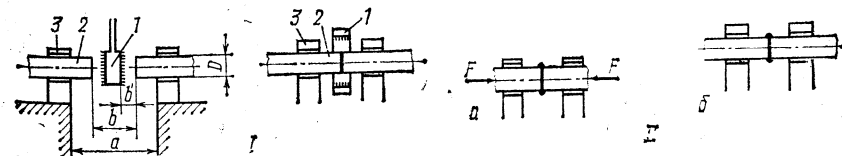


Рис. 1.31. Принцип сварки: а — открытая сварка; б — закрытая сварка; 1 — перед сваркой; 1' — после сварки; 1 — двухпламенная горелка или кольцевая горелка; 2 — свариваемое изделие; 3 — зажимы

Границы применимости [1, 2, 3, 6].

Параметры: арматурные стали по TGL 101—054 (TGL 12530), прутком диаметром 10—40 мм, сортовой профиль высотой до 200 мм.

<sup>1</sup> См. также Гельман А. С. Основы сварки давлением. М.: Машиностроение, 1970. 312 с. с ил. Прим. ред.

<sup>2</sup> См. также Кочергин К. А. Сварка давлением. Л.: Машиностроение, 1972. 216 с. с ил. Прим. ред.

<sup>3</sup> См. также Казаков Н. Ф. Диффузионная сварка материалов. М.: Машиностроение, 1976. 213 с. с ил. Прим. ред.

<sup>4</sup> См. также Вилль В. И. Сварка металлов трением. М.—Л.: Машиностроение, 1970. 176 с. с ил. Прим. ред.

ТАБЛИЦА 1.55

## ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ

Диаметр изделия $D$ , мм	Зазор между изделием и горелкой $b'$ , мм	Усилие $F$ , МПа	Диаметр изделия $D$ , мм	Зазор между изделием и горелкой $b'$ , мм	Усилие $F$ , МПа
10	8	15	22	14	115
14	11	70	26	15,5	140
18	13	90	30	16,5	160

Группы материалов: свариваемые стали, преимущественно арматурные.

Области использования: арматурные стали в строительстве и трубы в металлообрабатывающей промышленности; железнодорожный транспорт, сварка встык железнодорожных рельсов, монтажная сварка.

Виды горелок: плоская горелка для газовой сварки, кольцевая горелка для газовой сварки при нормальном регулировании пламени (горючий газ : кислород = 1 : 1, возможно до 1,2).

Параметры регулирования — см. Техника сварки.

Давление сжатого воздуха, подведенного для зажима и осадки изделий 0,6 МПа. Ориентировочные значения параметров по эксплуатации горелки для газовой сварки — см. 1.1.1.

Положение шва при сварке — во всех пространственных положениях.

## Рекомендации по выполнению соединений

Необходимо иметь гладкий срез (автогенная резка) свариваемых торцовых поверхностей деталей. Тип соединения — встык без разделки кромок. Зазор между свариваемыми кромками — в зависимости от диаметра деталей.

## Оборудование

Горелка для торцового нагрева, кольцевая горелка, машина газопрессовой сварки ZIS-G-0,1; свариваемое сечение 75—1300 мм<sup>2</sup>; масса 350 кг; размер 1200×500×1000 мм; максимальное расстояние между зажимными колодками 160 мм.

## Выбор основных и присадочных материалов, термообработка

Присадочные материалы не используются.

Дополнительная термообработка не требуется.

## Техника сварки

Температура сварки 1200—1250 °С.

Ориентировочная величина зазора между деталями:

Диаметр изделия $D$ , мм	10—15	16—24	25—40
Зазор $b$ , мм	38	60	90

Ориентировочные параметры сварки арматурной стали приведены в табл. 1.56.

По сравнению с ручной дуговой сваркой газопрессовая сварка экономически более эффективна при диаметре изделий  $D < 22$  мм.

Сварка полых профилей требует раскрытия с учетом образования наплыва при обжатии.

## 1.2.2. ТЕРМИТНО-ПРЕССОВАЯ СВАРКА (АТР-)

## Принцип сварки

При термитно-прессовой сварке тепло непосредственно передается жидким теплоносителем. Оно образуется при химическом взаимодействии алюминиевого порошка и оксида металла с образованием оксида алюминия (шлака) и металла. Шлак или специальный флюс с высокой температурой плавления сливают из тигля раньше теплоносителя, что предотвращает непосредственный контакт между теплоносителем и свариваемым металлом. Нагревающиеся до температуры сварки детали соединяются под давлением (рис. 1.32).

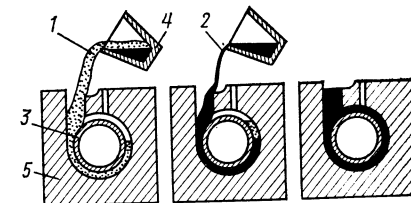


Рис. 1.32. Принцип сварки:

1 — шлак; 2 — жидкий расплав; 3 — свариваемое изделие; 4 — наклонный тигель; 5 — форма

## Границы применимости

Размеры: трубные профили и стыки рельсов любого сечения.

Группы материалов: стали с эквивалентом по углероду  $C_{\text{э}} < 1,2\%$ .

Области использования: монтаж труб, сварка рельсов верхнего строения пути железнодорожного транспорта.

Параметры: температура реакции 2730 °С, температура термитной сварки 2000—2400 °С (шлак), 1300 °С (расплавленное железо), скорость плавления при термитно-прессовой сварке (стыковой) 12—15 кг/ч.

Скорость сварки соответствует скорости разлива расплавов для сварки.

Продолжительность сварки рельсового стыка (включая предварительные и окончательные работы) 40 мин.

Разделка кромок при стыковом соединении без скоса кромок, гладкий срез, торцовые поверхности зачищены до металлического блеска.

Положение шва при сварке: нижнее.

## Оборудование

Оборудование термитно-прессовой сварки — см. 1.1.2. Дополнительно применяется зажимное устройство для обжатия заготовки после нагрева.

## Выбор основных и присадочных материалов, термообработка

Присадочные материалы для группы сталей с  $C_{\text{э}} < 1,2\%$  выбирают по химическому составу, который полностью совпадает с химическим составом основного материала.

Смеси для термитной сварки, их приготовление, параметры упаковки и ориентировочные значения расхода смесей — см. 1.1.2.

## Техника сварки

Зазор между изделиями при сварке встык (соединение без разделки кромок) рассчитывают по формуле  $a = 0,75 \sqrt{A_s}$ , где  $a$  — зазор между изделиями, мм;  $A_s$  — площадь стыкового соединения, мм<sup>2</sup>.

Температура предварительного подогрева стыкового соединения 900 °С.

Удаление сварочной формы примерно через 2,5 мин после окончания процесса сварки. Обработка стыкового соединения (удаление грата) в состоянии красного каления.



### 1.2.3. СВАРКА С РАСПЛАВЛЯЕМОЙ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ВСТАВКОЙ (Lö-)

#### Принцип сварки

Для данного способа сварки используют промежуточную вставку из третьего металла, которая после нагрева газокислородным пламенем в зоне соединения полностью растворяется в основном материале. Это осуществляется путем химического растворения твердого основного материала в жидком металле промежуточной вставки (рис. 1.33).

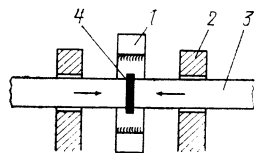


Рис. 1.33. Принцип сварки: 1 — переносная кольцевая горелка; 2 — зажимное и центрирующее устройство (с помощью пружины); 3 — изделие (труба); 4 — промежуточная вставка

#### Границы применимости

Размеры: трубы  $1/8''$  и  $3/8''$ .

Группы материалов: трубные стали St35, St45-5, 15Mo3.

Область использования: техническое оснащение зданий, строительных площадок, проводка труб, монтаж нагревательного оборудования.

Параметры: присадочный материал плавится и растворяется начиная с  $1000^\circ\text{C}$ .

Формы исполнения вставок: кольца, полосы, листы, профили, вставки из порошков и паст.

Усилие зажимного и центрирующего устройства 5—10 МПа.

Общая продолжительность сварки одного стыкового соединения  $t_s = 2 \div 3$  мин в зависимости от монтажных условий.

Продолжительность нагрева 30—50 с.

Нагрузка при гидравлических испытаниях (контроль плотности) — 200—250 МПа.

Временное сопротивление стыкового соединения при растяжении 300—350 МПа; угол загиба  $90^\circ$ ; ширина шва 0,2—0,5 мм.

Положение шва при сварке — нижнее.

#### Рекомендации по исполнению соединений

Характер соединения — встык; форма разделки кромок — без скоса кромки (см. табл. 8.3); подготовка кромок — порезка на пиле; кислородная резка не применяется; расстояние между торцовыми поверхностями 30 мм.

#### Оборудование

В ГДР разработано следующее оборудование для сварки с расплавленной промежуточной вставкой:

Обозначение	Параметр
LSG2/ZIS760	Диаметр труб $3/8''$ — $3/4''$ , максимальная длина шва 6 мм
Откидная кольцевая горелка	Ацетилен+кислород; пропан+кислород

#### Выбор основных и присадочных материалов, термообработка

Основной материал: трубные стали, преимущественно сталь St35.

Присадочный материал: порошковые смеси мелкого, равномерно распределенного железа.

Материал расплавленной вставки: сплав марганца и сварочный флюс, доля железа 85—90 %.

Изготовитель: предприятия Eisen und Hüttenwerke и Chemiehandel, отделение сварочных принадлежностей, Галле, ГДР.

Расплавленная вставка имеет преимущественно кольцевую форму.

#### Термообработка

Не требуется.

76

#### Техника сварки

Трубы размером  $20 \times 2$ — $30 \times 3$  мм из стали St35.

Укладка труб в сварочный аппарат LSG2/ZIS 760 (см. рис. 1.33).

Установка расплавленной вставки (размеры вставки соответствуют размерам

труб). Зажатие труб. Нагрев с помощью кольцевой горелки, пока одна труба не соединится с другой.

Окончание сварки. Не требуется никаких ручных работ; отсутствует сварочная ванна при монтаже трубопроводов; устраняется стесненное положение при сварке.

Нормативное время газовой сварки труб  $1/2''$   $t_N = 6,5$  мин.

Нормативное время сварки с расплавленной промежуточной вставкой труб  $1/2''$   $t_N = 3,0$  мин.

### 1.2.4. ДУГО-ПРЕССОВАЯ СВАРКА (LP-)

#### 1.2.4.1. Дуговая приварка болтов (LBo-)

Принцип сварки (рис. 1.34, 1.35).

#### Границы применимости

Размеры: диаметр болтов  $d$ , мм: для сталей 4—16 (20); для цветных металлов 4—10; длина болтов  $l = 15 \div 100$  мм ( $\geq 100$ ).

Группы материалов: углеродистые и низколегированные стали при использовании подкладного флюсового кольца; углеродистые; низколегированные и высоколегированные стали; легкие и тяжелые металлы при приварке болтов в защитном газе.

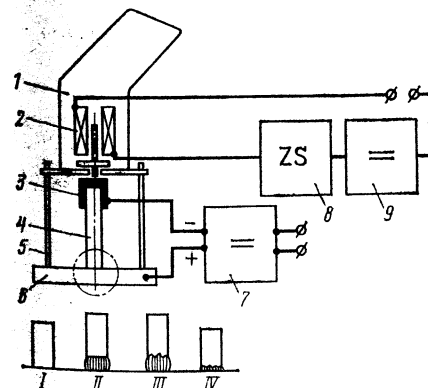


Рис. 1.34. Приварка болтов в защитном газе:

1 — пистолет для приварки болтов; 2 — подъемный электромагнит; 3 — цанга; 4 — болт; 5 — опорные штифты; 6 — плита; 7 — источник питания; 8 — реле времени; 9 — источник постоянного тока для подъемного электромагнита; I — пуск; II — воспламенение; III — горение; IV — приварка

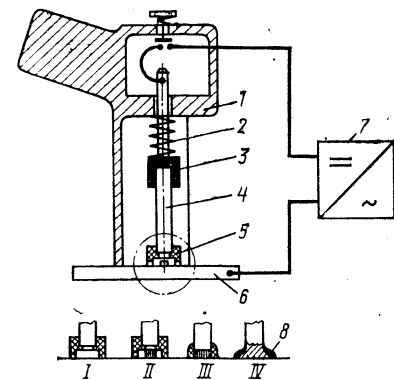


Рис. 1.35. Приварка болтов с подкладным флюсовым кольцом:

1 — пистолет для приварки болтов; 2 — пружина; 3 — цанга; 4 — болт; 5 — подкладное флюсовое кольцо; 6 — плита; 7 — источник питания; 8 — шлак; I — пуск; II — нагрев сопротивлением и воспламенение; III — горение; IV — приварка с помощью пружины

Область использования: приварка болтов и штифтов с резьбой в судостроительной промышленности, транспортном машиностроении и вагоностроении, строительстве стальных конструкций и строительстве общего типа; для оснащения болтами сосудов и трубопроводов в химическом приборостроении; для жесткого крепления при производстве светильников.

Параметры:  $I_s = 150 \div 1000$  А,  $t_s = 0,1 \div 1$  с,  $t_s \approx 1-3$  с (флюсовая кольцевая подкладка).

77

ТАБЛИЦА 1.57

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИВАРКИ БОЛТОВ

Состав оборудования и его индексы	Питание	Сварочный ток $I_s$ , А	Диаметр $d$ , мм	Продолжительность сварки $t_s$ , с	Примечание
Аппарат для приварки болтов BSR с подкладным флюсовым кольцом	220/380 В прибор управления/источник тока (постоянный/переменный ток)	До 1000	До 20	—	Mansfeld (Г) KG 1000 ** KGTV 1000 KW 510V, KW 700V
Пистолет для приварки болтов в защитном газе: ZIS 180-I *	Вода	До 1000	До 10	0,1—1,0	RGS 500 KG 1000
ZIS 180-II *	(3 л/мин)	До 1000	До 20	—	KW 510V
Аппарат ручной дуговой сварки неплавящимся электродом в инертном защитном газе WSH III-M	220 В, вода	—	—	—	Принадлежности: редукционный клапан для $CO_2$ или аргона
Датчик времени для дуговой точечной сварки ZIS 206	220 В	—	—	—	—

\* Масса (со шлангом длиной 4 м) 4 кг. \*\* Параметры используемых источников питания — см. 1.3.1.

## Рекомендации по исполнению соединений

Требуется ровно обработать торцовую поверхность болта; на болте выполняется небольшую фаску для флюсовой кольцевой подкладки.

## Оборудование

Пистолет для приварки болтов в защитном газе ZIS 180-I ( $d < 10$  мм), ZIS 180-II ( $d > 10$  мм), Kjellberg BSR для приварки болтов с флюсовой кольцевой подкладкой (и в защитном газе) — табл. 1.57.

Многоцелевой аппарат дуговой сварки неплавящимся электродом в инертном защитном газе типа WSH III-M (основной аппарат с датчиком времени точечной сварки).

Датчик времени дуговой точечной сварки ZIS 206.

Редукционный клапан (с нагревательным патроном) защитного газа (аргон и углекислого газа).




Источники питания: для приварки болтов в защитном газе KW 510V, KW 700V, KW 1000, KG 700V; для приварки болтов флюсовой кольцевой подкладкой источники постоянного тока KTN 510, KIDV 1000.

ВЫБОР ПРИСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

ТАБЛИЦА 1.58

Основной материал (труба или плита)	Болт	Присадочный материал
Углеродистая и низколегированная сталь	St34b-2	Подкладное флюсовое кольцо, изготовитель Kjellberg
Высоколегированная сталь (10CrMo9.10)	St38b-2	Подкладное флюсовое кольцо
Углеродистая сталь	10MnSi5	Защитный газ $CO_2$
Высоколегированная сталь (X8CrNiTi18.10)	Сталь того же класса	Защитный газ аргон
Цветные металлы (алюминий, медь, латунь)	То же	То же

ТАБЛИЦА 1.59  
РАБОЧИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРИВАРКИ БОЛТОВ

Форма стыка	Размер $d$ , мм	Сварочный ток $I_s$ , А	Продолжительность сварки $t_s$ , с	Подача, мм	Напряжение $U_L$ , В	Расход газа $Q$ , л/мин		
Материал болта 10MnSi5								
	4	200	0,4	2,5—3,0	56	Защитный газ $CO_2$ , 14—16		
	6	250	0,5					
	8	300—320	0,6					
	10	400—420	0,8					
	12	500—550	1,0					
	6	400	0,3				2,5—3,0	56
8	550	0,4						
10	700	0,5						
12	900	0,6						
6	250—300	1,5—2,0	—	—	Защитный газ аргон, 8—10			
8	300—350	1,5—2,0	—	—				
10	350—500	0,6—2,5	—	—				
12	500	1,0—3,0	—	—				
Высоколегированная сталь								
	4	150—250 *1	—	—	—	—		
	6	200—300 *2	—	—	—	—		
Конструкционная сталь обычного типа								
	8	250—350 *3	—	—	—	—		
	10	300—400	—	—	—	—		
	12	450—550	—	—	—	—		
	14	550—650	—	—	—	—		
	16	600—700	—	—	—	—		

\*1 Минимальная толщина стенок свариваемых труб  $s = 2,5$  мм

\*2 Минимальная толщина стенок свариваемых труб  $s = 3,0$  мм

\*3 Минимальная толщина стенок свариваемых труб  $s = 4,5$  мм.

Стали St35; St45-5; 15Mo3; 13CrMo4.4; 10CrMo9.10

### Основные и присадочные материалы

При использовании флюсовых кольцевых подкладок, изготовитель Kjellberg: сталь St35h, St35-5, St45-5, St45b для труб и сталь St34b-2 для болтов, сталь — 15МнЗ, 13CrMo4.4, 10CrMo9.10 для труб и сталь St38b-2 для болтов; используется защитный газ (аргон, CO<sub>2</sub> или газовая смесь); материал труб или плит аналогичен материалу для болтов; то же самое относится к использованию цветных металлов. Выбор присадочного материала — по табл. 1.58.

Примечание! индекс h — полуспокойная сталь; b — спокойная сталь.

### Техника сварки

Приварку болтов в защитном газе осуществляют на постоянном токе с подключением минуса источника питания к болту; при использовании флюсовых кольцевых подкладок применяют сварку на постоянном и переменном токе (табл. 1.59).

Воспроизводимость качества определяется рядом факторов, которые влияют на образование дуги и на процесс движения. Рекомендуется проверка качества путем выборочных проб.

Наиболее часто используют испытание на ударный изгиб (изгиб на 90° на концы), испытание на растяжение и металлографическое исследование.

Возможные дефекты: поры, неплотное соединение, трещины, охрупчивание.

### 1.2.4.2. Сварка вращающейся дугой с давлением (MBL-P-)

Принцип сварки (рис. 1.36, 1.37)

### Границы применимости

Размеры: диаметр труб  $d = 8 \div 9$  (114) мм, толщина стенок  $s = 1,5$  мм.

Группы материалов: углеродистые и низколегированные трубные стали (полуспокойные, спокойные) с содержанием углерода  $\leq 0,45\%$ ; теплоустойчивые стали; высоколегированные хромоникелевые стали.

Область использования: водопроводные системы и нагревательные трубопроводы для оборудования строящихся зданий, а также для выполнения работ на монтажной площадке и в мастерских.

Трубопроводы гидравлических систем (номинальное давление 16 МПа).

Трубопроводы для теплообменников электростанций [7].

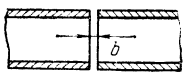
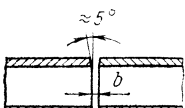
Стыковые соединения обычных и фасонных труб.

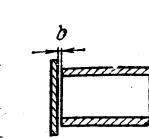
Производство транспортного оборудования (осей, валов, распорок).

Массовое производство элементов трубопроводов и сварка обрезков труб в отдельную трубу [8].

Параметры: сварочный ток  $I_s = 80 \div 1000$  А; продолжительность сварки без программы по току  $t_s = 0,5 \div 1,5$  с; с программой по току  $t_s = 5 \div 15$  с; сварка сложных сечений и хромоникелевых сталей  $t_s = 15 \div 25$  с; удельное давление при обжатии  $p_{St} = 30 \div 100$  МПа (для обычных трубных сталей),  $p_{St} = 200 \div 300$  МПа (для хромоникелевых сталей). Дуга вращается вдоль ребра стыкового соединения со скоростью  $v_R$  от 8 м/с в начале сварки до 100 м/с.

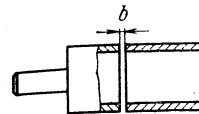
Рекомендации по исполнению соединений:

Форма соединения	Применение	Рекомендации по исполнению соединений и размеры
	Обычные и фасонные трубы при стыковом соединении	Механически ровно обработать стыковые поверхности; удалить грат на поверхностях реза; параллельность стыкуемых кромок — не более 0,2 мм
	Обычные и фасонные трубы из хромоникелевой стали при стыковом соединении	Механически ровно обработать стыкуемые кромки и сделать небольшую фаску; угол фаски 2-3°



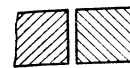
Соединение трубы с плитой

Механически обработать торцовую поверхность трубы; максимальный диаметр трубы  $d_{max} = 32$  мм; максимальная толщина плиты  $s_{max} = 3$  мм



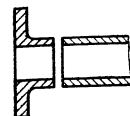
Соединение трубы с заглушкой (цапфой вала) или донной плитой трубы

Механически ровно обработать стыкуемые кромки; смещение стыковых поверхностей должно быть незначительным



Соединение сплошных сечений (круглых и фасонных заготовок)

Механически обработать стыкуемые кромки; смещение осей должно быть минимальным! Ширина зазора — около 3 мм



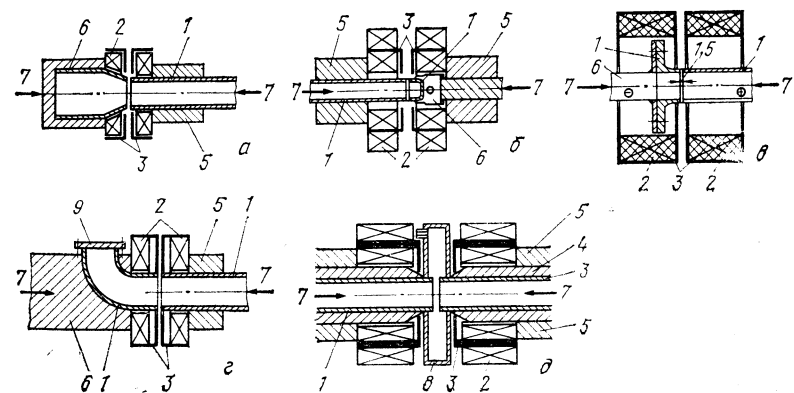
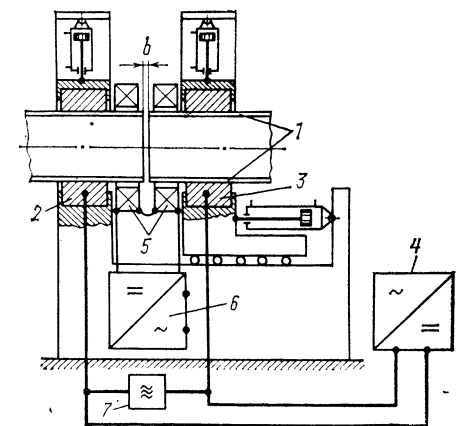
Приварка фланца к трубе

Обработать ровно стыковые поверхности трубы и фланца; смещение стыкуемых поверхностей должно быть незначительным; ширина зазора  $b = 1,5 \pm 0,2$  мм; диаметр трубы — от 32 до 80 мм

Рис. 1.36. Схема сварки вращающейся дугой:

1 — изделие; 2 — зажимные колодки (жесткие); 3 — зажимные колодки (допускающие возможность обжатия); 4 — основной источник питания; 5 — магнитная катушка; 6 — источник питания магнитной катушки; 7 — аппарат для зажигания дуги

Рис. 1.37. Расположение магнитных катушек при различных формах соединений: а — уменьшение диаметра трубы; б — соединение труба-труба; в — соединение трубы с фланцем; г — соединение труба-колесо трубы; д — стыковое соединение труб из высоколегированной хромоникелевой аустенитной стали; 1 — свариваемое изделие (труба, труба уменьшенного диаметра, фланец, колесо трубы); 2 — магнитная катушка (раздельная); 3 — фокусирующая диафрагма; 4 — фокусирующая планка; 5 — зажимная планка; 6 — зажимное устройство; 7 — ручная подача; 8 — камера с защитным газом; 9 — вспомогательная опора



Состав оборудования и его индексы	Питание	Параметры	Примечание
Ручной сварочный аппарат для сварки давлением вращающейся дугой УДК-204 с встроенным источником питания для сварки стыковых соединений труб при монтажных работах	380 В; сжатый воздух номинальное давление 0,63 МПа (ND 6,3)	Трубы 1/2"—3/4"; усилие обжатия $F_{St} = 18$ кН, сварочный ток $I_s = 260$ А; продолжительность сварки $t_s = 3$ с; масса $m = 8,5$ кг; зажим вручную; обжатие пневматическое	Изготовитель — СССР; используется на расстоянии до 75 м; максимальная высота грата до 1,5 мм
Сварочный аппарат для сварки давлением вращающейся дугой ZIS 786 с отдельным источником питания для мастерских, используемый при монтажных работах; отдельно сварочный выпрямитель KG 400 или G 400, гидравлическая система [9, 10]	380 В; сжатый воздух номинальное давление 0,63 МПа	Трубы 8×1,5—35×3 мм; усилие обжатия 25 кН; сварочный ток $I_s = 80 \div 400$ А; продолжительность сварки $t_s = 0,5-6$ с; зажим, вручную или с помощью гидравлической системы	Применяется для предварительного монтажа труб в мастерских
Сварочный аппарат для сварки давлением стыковых соединений вращающейся дугой MBL-S6,3 — ZIS 900 с отдельным сварочным выпрямителем	380 В; 110 кВА	Трубы диаметром 17—90 мм; усилие обжатия $F_{St} = 6,3$ кН; усилие зажима $F_{Sp} = 100$ кН; скорость обжатия 15—20 см/с; сечение $A_{max} = 1000$ мм <sup>2</sup>	Предприятие LEW; для стационарного выполнения соединений труб и сварки обрезков труб

Оборудование

Ручной сварочный аппарат для сварки давлением вращающейся дугой УДК-204 (СССР), сварочный аппарат для сварки давлением вращающейся дугой ZIS 786/W1 (для соединений труба—труба), сварочный аппарат для сварки давлением вращающейся дугой ZIS 786/W2 (для сварки соединений труба—труба и приварка таких деталей, как фланцы), сварочный аппарат ZIS 786 с двойной головкой (для сварки часто заменяемых труб; на выбор устанавливается сварочная головка либо W1, либо W2), сварочный аппарат для сварки давлением стыковых соединений вращающейся дугой MBL-S6,3 ZIS 900 в виде стационарной машины серийного производства с гидравлическим приводом и сварочным выпрямителем KG 1000 (изготовитель LEW).

Остальные данные приведены в табл. 1.60.

Источники питания для электрической дуги KG 400, KG 1000, G 400, KG 700VC с крутопадающей внешней характеристикой (остальные параметры — по табл. 1.60).

Магнитные катушки: универсальные катушки относятся к основному оборудованию сварочных аппаратов и машин; специальные катушки (определенной формы с фокусирующими диафрагмами и планками) изготавливаются отдельно со специальной намоткой.

Возбуждение от отдельного источника питания или с помощью тока электрической дуги (входящей в цепь сварочного тока).

Электрическая дуга зажигается напряжением высокой частоты.

Основные и присадочные материалы

Преимущественно используются стали St35 (полуспокойная и спокойная), St35-5; St45-5; 15Mo3; 13CrMo4.4; 10GrMo9.10; X8CrNiTi18.10 и X8CrNiMoTi18.11.

Присадочный материал не используется.

РАБОЧИЕ ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ДУГОЙ С ДАВЛЕНИЕМ

Стыковое соединение	Сварочный ток $I_s$ , А	Продолжительность сварки $t_s$ , с	Усилие обжатия $F_{St}$ , МПа	Примечание
<i>Труба—труба</i>				
Размеры, мм 30×4 57×3 108×4 114×4	400	6	60—100	
	350	4,5		
	450—650	7,5—8,2		
	900×950			
<i>Труба—труба из аустенитной хромоникелевой стали</i>				
Размеры, мм 32×2 44×2,5	150/450	—	≥200	Стыковые поверхности с фаской (угол около 2,5°)
<i>Труба—фланец</i>				
$D_{усл} = 32$ мм	350	1,5	60—80	Ширина зазора $b = 1,5$ мм
$D_{усл} = 80$ мм	650	9		

Техника сварки

1. Качество. Сварка давлением вращающейся дугой применяется для следующих целей:

- сварка труб;
- предварительная приварка фланцев к трубам;
- соединение труб из аустенитных хромоникелевых сталей.

Для этого используются рекомендации относительно материалов и технологии сварки HV 4-9/69 и информация Центрального института сварки ГДР M622—77. Шов получается гладким, без надразов; он меньше, чем при стыковой сварке оплавлением (высота грата менее 2/3 толщины стенки).

Структура: мелкозернистый феррит и перлит с видманштеттовой и переходной структурой. Нет заметного повышения твердости в сварном соединении.

При гарантированном соблюдении допусков по смещению параллельных стыковых поверхностей (менее 0,2 мм) получается качество шва ≥0,8 (класс исполнения II). При большей величине смещения гарантируется класс исполнения III.

Сварка с программой по току (подогрев—плавление—обжатие) значительно повышает качество соединения.

2. Параметры сварки. Оптимальные по всем показателям параметры сварки давлением вращающейся дугой пока не определены. В табл. 1.61 приведены грубо ориентировочные данные, которые нужно корректировать в зависимости от условий выполнения сварки.

1.2.5. УДАРНАЯ КОНДЕНСАТОРНАЯ СВАРКА (Pe-)

1.2.5.1. Ударная конденсаторная сварка проволоки

Принцип сварки (рис. 1.38)

Границы применимости

Размеры: диаметр проволоки  $d = (0,1) 0,2 \div 2,5$  мм.

Группы материалов: высоколегированные стали, углеродистые стали с гальваническим покрытием, цветные металлы и сплавы цветных металлов всех типов (легкие и тяжелые металлы).

Область использования: производство электрических схемных элементов — соединения проводов на коробках конденсаторов и пружинные контакты реле; массовое производство цокольных штифтов для электронно-лучевых трубок и ламп специального назначения; монтажная сварка схемных проводов для технической службы связи; производство точных приборов, а также изготовление печатных плат и сборки схем.

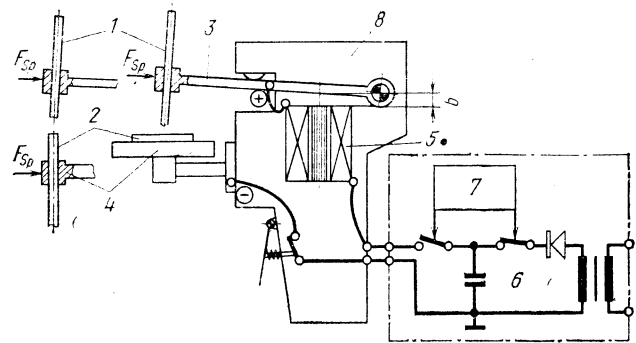


Рис. 1.38. Принцип ударной конденсаторной сварки с магнитным ускорением: 1 — привариваемая проволока; 2 — листовая (проволочная) прокладка; 3 — рычажное ударное устройство с зажимом; 4 — жесткая подкладка с зажимом; 5 — магнитная катушка (катушка-ускоритель); 6 — узел подзарядки конденсатора; 7 — блок управления; 8 — корпус аппарата

Параметры: энергия сварки  $W = 0,3 \div 30$  Вт·с.; продолжительность сварки  $t_s = 0,2 \div 1,5$  мс, скорость удара  $0,5 - 2,0$  м/с; емкость конденсатора  $C = 500 \div 50\,000$  мкФ; напряжение заряда  $U_1 = 20 \div 160$  В.

Рекомендации по исполнению соединений при ударной конденсаторной сварке:

Форма соединений	Использование сварки	Ориентировочные данные о форме и размерах
	Наплавка проволоки на лист (контакты, коробки конденсаторов, печатные платы)	Клинообразная форма проволоки; угол скоса кромок $\alpha = 55 \div 85^\circ$ ; $d = 0,2 \div 1,2$ (2,5) мм; $s = 0,1 \div 0,5$ (5) мм
	Стыковая сварка проволоки (цокольных штифтов ламп, стеклянных трубопроводов, спаев для терморпар)	Клинообразные концы свариваемых проволок; угол скоса кромок $\alpha = 55 \div 85^\circ$ ; $d = 0,2 \div 1,2$ (2,5) мм; $d : D = 1 : 10$ (100)

#### Оборудование

Ручной аппарат ударной конденсаторной сварки INT, разработанный Институтом техники связи (Берлин), с пистолетом универсального применения при стыковой сварке соединений проволока—лист и проволока—проволока; рассчитан на сварку проволоки диаметром 0,8 мм; питание 220 В; 10 А; параметры:  $U_1 = 30 \div 80$  В;  $C = 670 \div 7000$  мкФ; продолжительность сварки  $1,0 \div 1,5$  мс;  $d_{max} = 0,8$  мм;  $d_{min} = 0,1$  мм. Специальные машины для сварки цокольных штифтов (вариант целевого назначения).

#### Основные и присадочные материалы

Алюминий и его сплавы, медь и ее сплавы, никель и его сплавы.

Молибден, вольфрам, тантал, серебро, платина, высоколегированная сталь, нелегированная сталь с гальваническим покрытием, цветные металлы с гальваническим покрытием (преимущественно для нужд электротехники и электроники).

ТАБЛИЦА 1.62

#### РАБОЧИЕ ПАРАМЕТРЫ УДАРНОЙ КОНДЕНСАТОРНОЙ СВАРКИ\*

Форма стыкового соединения	Размер $d$ , мм	Напряжение заряда $U_1$ , В	Емкость $C$ , мкф	Зазор $b$ , мм	Примечание
	0,3	50	800	0,25	Al 99,99R
	0,5	60	2000	0,25	
	0,8	75	6000	0,50	
	0,2	40	1300	0,3	
	0,4	60	2500	0,4	Ni 99
	0,6	70	4500	0,5	
	0,3	30	3300	0,3	
	0,5	55	4500	0,4	
	0,7	65	6500	0,5	Медь, нейзильбер

\* Данные определены с помощью сварочного аппарата для стыковых соединений, разработанного Институтом техники связи в Берлине [2].

ТАБЛИЦА 1.63

#### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ УДАРНОЙ КОНДЕНСАТОРНОЙ СВАРКИ НЕЖЕЛЕЗНЫХ МЕТАЛЛОВ И КОМБИНАЦИЙ МАТЕРИАЛОВ

Материал привариваемой проволоки	Основной материал	Рабочие параметры подбирают с учетом следующего материала
Никель	Алюминий	Алюминий (несколько выше)
Алюминий	Никель	Алюминий
Никель	Тантал	Никель
Алюминий	»	Алюминий (только геометрическое замыкание)
Медь	Никель	Медь
»	Нейзильбер	»
»	Покрытый латунию стальной лист	»
Никель	Нейзильбер	Никель
	Покрытый латунию с 10—18% цинка стальной лист	

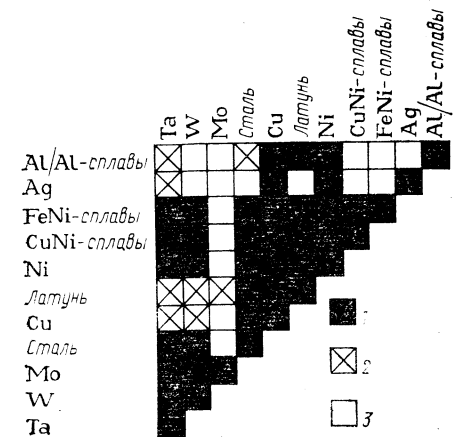
Присадочные материалы не используются.

Данный метод сварки применяют и для комбинаций материалов при соблюдении следующего принципа: рабочие параметры сварочного режима (табл. 1.62, 1.63; рис. 1.39) подбирают применительно к материалу с более низкой температурой плавления.

#### Техника сварки

Компоненты с сильно отличающимися температурами плавления могут быть сварены недостаточно надежно (только

Рис. 1.39. Сочетания свариваемых основных материалов: 1 — свариваются; 2 — свариваются при определенных условиях; 3 — не свариваются или нет данных



геометрическая сплошность соединения с тугоплавким компонентом). Необходимо строго соблюдать юстировку по оси!

При сварке обеспечиваются высокие пределы прочности в условиях статической нагрузки (80—100 %  $\sigma_B$  основного материала).

Воспроизводимость результатов сварки зависит от следующих условий:  
 точности выдержки рабочих параметров;  
 точности формы и чистоты концов проволоки;  
 юстировки стыкуемых изделий в аппарате.

Необходимо осуществлять постоянный контроль за качеством сварки. В месте сварки имеется шероховатый обжимной грат и зачастую черный налет. Для декоративного исполнения и при динамической нагрузке места сварки следует защитить клеевой смазкой.

### 1.2.5.2. Ударная конденсаторная приварка болтов

Принцип присарки (рис. 1.40).

Границы применимости

Размеры: диаметр болтов  $d = 3 \div 8$  мм; максимальная длина болтов  $l = 120$  мм.

Группы материалов: углеродистые и низколегированные стали; низкоуглеродистые стали; высоколегированные хромоникелевые стали; цветные металлы (алюминий) и сплавы цветных металлов (медные и алюминиевые сплавы).

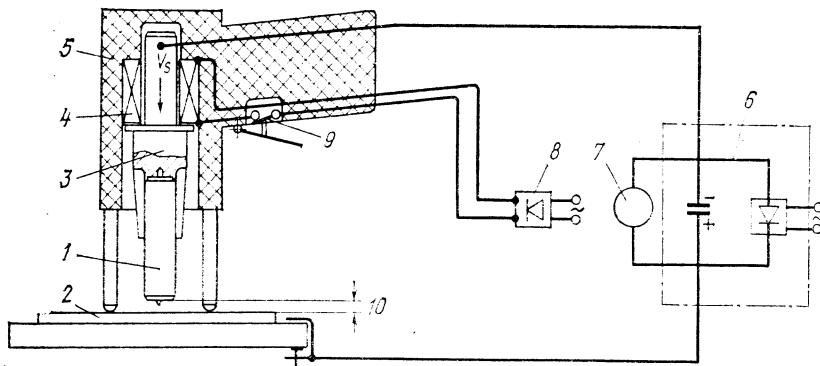


Рис. 1.40. Ударная конденсаторная сварка болтов:

1 — болт (с острым концом); 2 — подкладка; 3 — зажим; 4 — магнит или пружина для выполнения удара; 5 — ручной сварочный пистолет; 6 — зарядная часть конденсатора; 7 — прибор зарядного напряжения; 8 — источник питания магнитной катушки; 9 — размыкатель; 10 — уровень болта

Область использования: автомобилестроение и вагоностроение, судостроение и строительство конструкций, тяжелое машиностроение и химическое приборостроение для приварки болтов с резьбой, для крепления листов, труб, теплообменников и химической аппаратуры.

Параметры: напряжение заряда  $U_L = 20 \div 100$  В; емкость конденсатора  $C = 60$  Ф; плотность тока  $i = 10^6$  А/мм<sup>2</sup> (в зоне острого конца); продолжительность сварки  $t_s = 5 \div 6$  мс; производительность 10—15 болтов/мин.

Рекомендации по исполнению соединений

Конфигурация конца болта определяется материалом и диаметром болта и его параметры нужно определять непосредственным измерением.

ТАБЛИЦА 1.64

### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УДАРНОЙ КОНТАКТНОЙ ПРИВАРКИ БОЛТОВ

Индекс	Параметры питания			Параметры сварки	Изготовитель
	напряжение	частота	мощность		
Аппарат для приварки болтов ISA-3-33	220 В	50 Гц	1,5 кВА	Напряжение заряда $U_L = 20 \div 100$ В, емкость конденсатора $C = 60$ Ф; $d_{\min} = 3$ мм, $d_{\max} = 8$ мм; размеры: $450 \times 335 \times 300$ мм; масса $m = 38$ кг, масса пистолета 1,5 кг	НРБ

Оборудование (табл. 1.64).

Основные и присадочные материалы

Присадочные материалы не используются.

Свариваемые материалы и их комбинации представлены на рис. 1.41.

Техника сварки

Для сварки каких-либо материалов при данном диаметре болта и толщине подкладки нужно знать только напряжение заряда и точно определить расстояние между болтом и подкладкой; слишком высокое напряжение заряда приводит к образованию брызг и вызывает появление пустот в зоне плавления. Для устранения пустот, газовых пузырей и в целом для получения высококачественного соединения нужно очистить свариваемые компоненты от окалины, жира и других загрязнений.

Качество

Временное сопротивление разрыву при данном виде сварки, Н:

Диаметр болта, мм	4	6	8
Низкоуглеродистая сталь	200	— 450	1000
Высоколегированная хромоникелевая сталь	350	800	1450
Al99,5	50	130	230

Слишком быстрое выполнение сварки и быстрое охлаждение способствуют образованию крупнозернистой структуры в месте сварки и в зоне термического влияния, что вызывает образование пор.

### 1.2.6. СТЫКОВАЯ СВАРКА ОПЛАВЛЕНИЕМ (WA-)

Принцип сварки (рис. 1.42).

Границы применимости

Размеры: сечение свариваемых изделий  $A_s = 10 \div 40\,000$  (80 000) мм<sup>2</sup>.

Группы материалов: углеродистые, низколегированные и высоколегированные стали с содержанием углерода не более 0,22 %; легированные стали

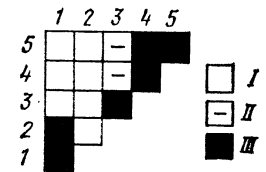


Рис. 1.41. Свариваемость материалов болта и подкладки: I — не свариваются; II — нет данных; III — свариваются хорошо; 1 — алюминий (99,5 %); 2 — алюминий; 3 — латунь 63 — латунь 70; 4 — высоколегированная хромоникелевая сталь; 5 — низкоуглеродистая сталь

с содержанием углерода до 0,6 % (инструментальные стали, стали для буровых штур, подшипниковые стали, арматурные стали, стали для цепей); алюминий и его сплавы, медь и ее сплавы; стальное литье.

Нельзя сваривать высоколегированные стали, содержащие алюминий и кремний. Нельзя также использовать данный способ для сварки чугуна.

Область использования: стыковые и косые швы при сварке квадратных, круглых, прямоугольных и многоугольных сечений, сортового проката, легченного строительного профиля и труб в машиностроении, при монтаже стальных конструкций и для работ на железной дороге; сварка встык при наращивании пружин горячекатаных заготовок для прокатного стана. Сварка встык полос для получения ободов и круглых звеньев для изготовления цепей.

Параметры: сварочный ток  $I_s = 15 \div 50$  кА; номинальная мощность  $P_N = 80 \div 800$  кВА; усилие обжатия  $F_{St} = 32 \div 500$  кН; усилие зажима  $F_{Sp} = 63 \div 1000$  кН.

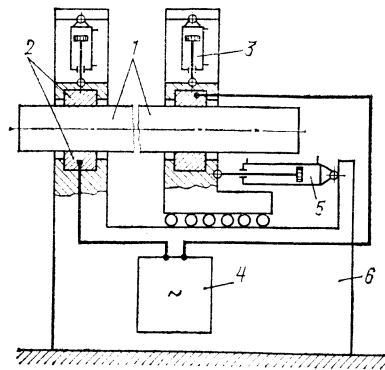


Рис. 1.42. Принцип сварки:  
1 — свариваемые заготовки; 2 — зажимные колодки; 3 — привод; 4 — сварочный трансформатор; 5 — устройство для подачи и обжатия; 6 — станция

	Сталь	Алюминий
Удельное давление при обжатии $p_{St}$ , МПа	20—120	120—200
Скорость обжатия $v_{St}$ , мм/с	25—300	150—500
Плотность тока, А/мм <sup>2</sup>	2,5—15	80—130

Рекомендации по исполнению соединений

Форма соединения	Применение	Ориентировочные размеры
	Сварка плоских изделий разного сечения	Длина выступа: $l' = 2l + l_s$ мм, где $l$ — припуск по длине, мм; $l_s$ — длина обжатия, мм
	Сварка неодинаковых круглых и профильных изделий разного сечения	Длина выступа $l' = 2l + 0,1(D_m - D_s)$ мм, где $D_m$ — больший диаметр, мм; $D_s$ — диаметр привариваемого изделия, мм; $l$ — припуск по длине; $l = f(A_s)$
	Сварка торцов труб и сплошных деталей	Длина выступа $l' = 2l + 0,2s$ мм, где $l$ — припуск по длине, мм; $s$ — толщина стенки, мм.

Оборудование (табл. 1.65)

Автоматические машины для стыковой сварки оплавлением UMA8, UMA25, UMAK50, UMAK 100, изготовитель LEW.

Машины с ручным управлением для стыковой сварки оплавлением SU32h, изготовитель LEW.

Серия автоматических машин для стыковой сварки оплавлением в виде сборных аппаратов из унифицированных узлов специального назначения.

ТАБЛИЦА 1.65

МАШИНЫ ДЛЯ СТЫКОВОЙ СВАРКИ ОПЛАВЛЕНИЕМ [10]

Индекс оборудования	Мощность питания P, кВА	Количество охлаждающей воды, л/ч	Масса машины, т	Номинальное свариваемое сечение (сталь) A <sub>s</sub> , мм	Номинальный сварочный ток I <sub>s</sub> , кА	Номинальная мощность P <sub>s</sub> , кВА	Усилие обжатия F <sub>St</sub> , кН	Усиление зажима F <sub>Sp</sub> , кН	Размеры свариваемых деталей	Количество операций сварки в 1 ч (при номинальной мощности)	Изготовитель
SU3,2h (с ручным управлением)	90	450	1,9	3 000	—	65	30	40	Легированная сталь 2400 мм <sup>2</sup> ; Cu, латунь, Al 300 мм <sup>2</sup>	10	LEW
UMA8	130	650	5,0	4 000	16	100	30—50	110	Заготовки нагреть до 1100 °С	11	LEW
UMA25	300	1000	9,5	10 000	31,5	270	80—200	280		300 *1, 300 *2, 4,15 *3, 6,3 *4	9
UMAK50	450	2500	30	20 000	38	420	200—500	750	400, 400, 6,25; 8,0	4,5	LEW
UMAK100	650	4000	57	40 000	54	650	300—1000	1500	530, 530, 9,4; 10,0	3	LEW
SAM50	1200	7000	20	6 400	40	465	500	700	200 *5, 4,0 *6, 8,0 *7, 2,25 *8	4,5	LEW
SF12,5	400	1200	4,0	1 250	31,5	315	125	250	200 *7, 2,25 *8	200	LEW
SF25	650	2000	10,0	2 500	40	500	250	500	400, 400, 6,25; 8,0	100	LEW
SF50	1300	3000	25,0	5 000	50	1000	500	1000	530, 530, 9,4; 10,0	50	LEW
SG6,3	250	800	2,8	630	25	200	630	100		300	LEW
SG25	650	2000	7,5	2 500	40	500	250	400		100	LEW
SR25	650	1500	8,5	2 500	40	500	250	500		100	LEW
SU16,3	135	800	3,0	3 200	20	125	100	100		25	LEW
SU25	320	2000	9,0	10 000	31,5	315	250	400		12	LEW
SU50	510	3000	20	18 000	40	500	500	800		6	LEW
MSGU-500	500 *9	1500	11	8 000	40	—	250	400	240; 19		СССР

\*1 Минимальный диаметр кольца. \*2 Максимальная ширина изделия. \*3 \*1 и \*2 при толщине изделия s. \*4 Максимальная толщина изделия. \*5 Максимальный диаметр трубы. \*6 \* При толщине стенки s. \*7 Максимальная толщина стенки трубы s. \*8 Минимальная толщина стенки трубы s. \*9 Сжатый воздух, номинальное давление 6,3 МПа.



Универсальные машины стыковой сварки оплавлением для различных неразвитых поперечных сечений (валы, оси, рельсы, инструменты) SU 6,3, SU 32h, SU 50, изготовитель LEV.

Машины стыковой сварки оплавлением для самых различных профильных и косых сварных соединений: изготовитель — LEV (SF 6,3, SG 25 и аналогичные машины для ободов и других кольцевых изделий: SF 12,5, SF 25, SF 50).

Машины стыковой сварки для труб и других полых сечений с большой поверхностью: изготовитель — LEW—SR 25,

Основные и присадочные материалы

Присадочный материал не применяют

Техника сварки (рис. 1.43)

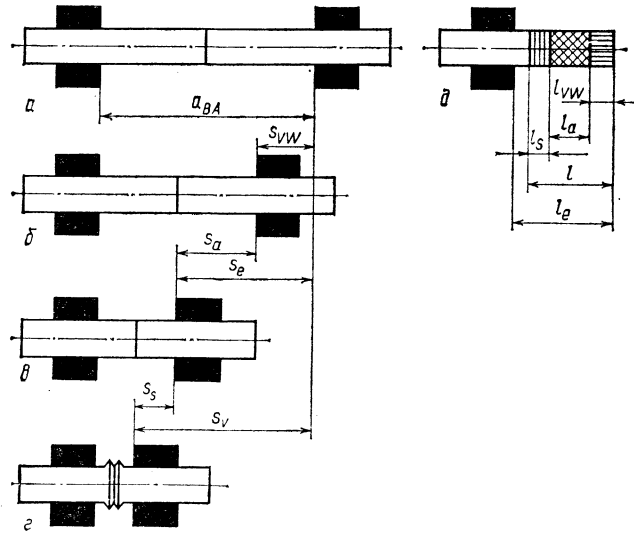


Рис. 1.43. Технология и параметры стыковой сварки оплавлением:

*a* — зажим; *b* — предварительный нагрев; *c* — накаливание; *e* — обжатие; *d* — распределение тепловых потерь по длине деталей (представлено только для одной из сваренных деталей);  $a_{BA}$  — расстояние между колодками (двойная длина зажима);  $s_{VW}$  — длина зоны предварительного нагрева;  $s_a$  — длина зоны накаливания;  $s_e$  — длина зоны регулировки;  $s_s$  — длина зоны обжатия;  $s_v$  — длина зоны тепловых потерь ( $s_{VW} + s_a + s_s$ );  $l_a$  — тепловые потери по длине при накаливании;  $l_e$  — вылет;  $l_{VW}$  — тепловые потери по длине (при предварительном нагреве);  $l_s$  — тепловые потери по длине при обжатии;  $l$  — припуск на длину (половина длины потерь)

Расчетное определение основных параметров сварки (для углеродистых и низколегированных сталей):

$$\text{сварочный ток } I_s = A_s^{0,43} / 1,4 \text{ кА;}$$

$$\text{расстояние между колодками } a_{BA} = 3,55 A_s^{0,41} \text{ мм;}$$

$$\text{усилие обжатия } F_{St} = A_s^{1,24} / 188 \text{ кН;}$$

$$\text{длина обжатия } s_s = A_s^{0,21} 1,08 \text{ мм.}$$

Рабочие параметры стыковой сварки оплавлением приведены в табл. 1.66.

ТАБЛИЦА 1.66

РАБОЧИЕ ПАРАМЕТРЫ СТЫКОВОЙ СВАРКИ ОПЛАВЛЕНИЕМ ДЛЯ СТАЛЬНЫХ ЗАГОТОВОК НЕРАЗВИТОГО СЕЧЕНИЯ И ОТКРЫТЫХ ДЛИН

Сечение $A_s$ , мм	Расстояние между колодками $a$ , мм	Длина регулировки $s_e$ , мм	Сварочный ток $I_s$ , кА	Усилие, кН		Длина, мм		Припуск на длину $l$ , мм	Продолжительность сварки $t_s$ , с
				обжатия $F_{St}$	зажима $F_{Sp}$	обжатия $s_s$	потерь $s_p$		
10	9	3	1,9	0,7	0,11	1,5	4,4	2,2	2,0
50	17	4	3,7	0,45	0,67	2,1	6,0	3,0	6,5
100	22	5	5,0	1,0	1,5	2,4	7,4	3,7	11,0
160	27	6	6,1	1,75	2,7	2,7	8,6	4,3	15,5
200	30	6	6,7	2,2	3,3	2,8	8,8	4,4	18,0
250	33	7	7,4	2,85	4,3	2,9	9,6	4,8	21,0
300	35	7	8,0	3,5	5,3	3,0	10,0	5,0	24,0
400	40	8	9,0	4,9	7,4	3,2	11,2	5,6	30,0
500	44	8	10,0	6,3	9,5	3,4	11,4	5,7	35,0
800	53	9	12,0	1,1	16,5	3,8	12,8	6,4	50,0
1 000	58	10	13	14	21	4,0	14,0	7,0	60,0
1 200	62	10	15	17	26	4,2	15,2	7,6	68
1 600	70	11	17	24	36	4,4	16,4	8,2	83
2 000	78	11	19	31	47	4,6	17,6	8,8	97
2 500	85	12	20	40	60	4,8	18,8	9,4	115
3 000	92	12	22	50	75	5,0	20,0	10,0	130
5 000	116	17	27	88	133	5,6	22,6	11,3	190
6 000	125	18	29	110	165	5,9	23,8	11,9	220
8 000	141	20	33	150	225	6,2	26,2	13,1	270
10 000	155	22	36	200	300	6,5	28,4	14,2	320
12 000	167	24	39	250	380	6,8	30,8	15,4	360
16 000	190	26	45	350	530	7,2	33,2	16,6	450
20 000	210	28	50	450	680	7,6	35,6	17,8	530
30 000	250	32	59	700	1050	8,4	40,4	20,2	705
40 000	280	35	66	960	1440	8,8	43,8	21,9	870
80 000	380	44	90	2100	3150	10,3	54,2	27,1	1460
413 *1	20	14	60	—	—	4,0	18,0	—	1,9
487 *2	20	14	61	—	—	4,0	18,0	—	2,1

\*1 Профили оконных рам № 06585/R; АІМgS10.5, сварочная машина SG25, изготовитель LEW. \*2 Профили оконных рам № 06626/R; АІМgS10.5, сварочная машина SG25, изготовитель LEW. \*1 и \*2: Поперечные сечения большой площади и закрытые длины (грамм).

### Свариваемые сечения и формы соединений:

Свариваемое сечение, форма соединения

Схема

Соответствие с рабочими параметрами (см. табл. 1.66)

Неразвитые поперечные сечения



Соответствует  $a : b < 1$

$$a : b < 1,5$$

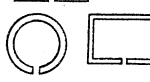
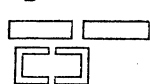
Свариваемое сечение пересчитать на эффективное поперечное сечение  $a : b > 1,5$

Поперечные сечения с большой поверхностью  
Открытые длины  
Закрытые длины

$$a : b > 1,5$$



Соответствует  
Рабочие параметры пересчитать на соответствующее эффективное поперечное сечение



Рекомендации по технике сварки. При сварке трубопроводов следует продувать формирующий газ или сжатый воздух, если нельзя уменьшить ширину в свету.

При определении длины зажима  $l_e$  основными параметрами являются свариваемое сечение и материал. При сварке различных материалов для получения равномерного прогрева изделие с более высокими электропроводными и теплопроводными свойствами (например, из углеродистой стали) следует зажимать на более протяженном участке по сравнению со вторым изделием (например, из высоколегированной стали).

Контроль качества. Внешний вид места сварки характеризуется шероховатым двухслойным гратом. При правильном выборе параметров сварки сечение проваривается полностью. Обязателен контроль за соблюдением параметров сварки. Основными дефектами являются пережог и окислные включения. Следует учитывать, что для обнаружения дефектов рентгеноструктурный анализ менее надежен, чем ультразвуковой контроль.

Коэффициенты для расчета надежности шва колеблются от 0,7 до 1,0.

Испытание на растяжение и угол загиба для определения параметров деформируемости. Образец для испытаний на растяжение  $l_0 \approx 4d_0$ ,  $A_0/A = 0,8$  (см. ТГЛ 0-50 123 с исправлениями).

Статистический контроль качества. В частности, коэффициент надежности шва в условиях статического нагружения равен 1, если  $\sigma_b$  и  $\sigma_r$  равны прочностным параметрам основного материала, а  $\Delta s$  и  $\psi$  составляют 75% пластических параметров основного материала. Рекомендуется статистический контроль качества.

### 1.2.7. СТЫКОВАЯ СВАРКА ДАВЛЕНИЕМ (WW-)

Принцип сварки (рис. 1.44, 1.45)

Границы применимости

Размеры: для простых круглых заготовок свариваемое сечение  $A_s = 0,03 \div 150$  (200)  $\text{мм}^2$ ; для полос ширина  $b = 1 \div 40$  мм, толщина  $s = 1 \div 3$  мм.

Группы материалов: углеродистые, низколегированные и высоколегированные стали; легкие и тяжелые металлы и их сплавы (алюминий, медь, никель, благородные металлы).

Область использования: сварка встык проволоки при производстве и обработке проволоки; сварка цепей (максимальный диаметр звена 16 мм);

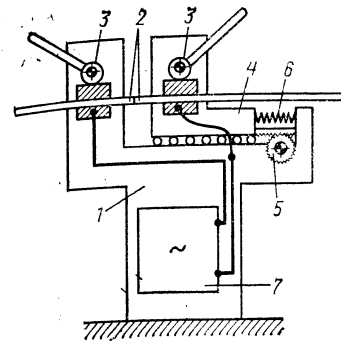


Рис. 1.44. Схема сварки:

1 — станция; 2 — изделие (проволока); 3 — эксцентриковый зажим; 4 — суппорт для обжатия; 5 — механизм подачи при обжатии; 6 — блок обеспечения контактного давления; 7 — сварочный трансформатор

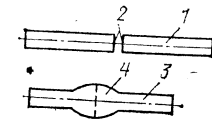


Рис. 1.45. Процесс сварки:

1 — заготовки перед сваркой; 2 — плоскопараллельные стыковые поверхности; 3 — после сварки; 4 — утолщение в результате сварки

ТАБЛИЦА 1.67

### МАШИНЫ ДЛЯ СТЫКОВОЙ СВАРКИ

Индекс оборудования	Питание	Параметр $P_{\text{н}}$ , кВт	Диаметр $d$ (мм) и другие параметры	Примечание
---------------------	---------	-------------------------------	-------------------------------------	------------

#### Машина для стыковой сварки проволоки

DSTA	380 В, 1,2 кВт	0,6	Сталь 0,3—1,8 Медь 0,3—1,5 Латунь 0,3—1,7 Алюминий 0,4—1,6	Изготовитель — ESW
DSTB	380 В, 10 кВт	2,4	Сталь 1,8—9,0 Медь 1,5—6,0 Латунь 1,7—8,0 Алюминий 1,6—7,0	То же
DSTC	380 В, 20 кВт	6,3	Сталь 4,0—14,0 Медь 4,0—10,0 Латунь 4,0—12,0 Алюминий 4,0—11,0	Изготовитель — ESW
МСТ-3 [3]	Вода: 1 л/мин 380 В	3,0 (20% ПВ)	Сталь 0,8—3,5 Медь 0,8—2,0 Латунь 0,8—2,5	Изготовитель — СССР. Усилие зажима $F_{\text{сп}} = 200—750$ Н Усилие обжатия $F_{\text{ст}} = 6—180$ Н

#### Машины для стыковой сварки полос

BSG10	220 В, 1,9 кВт	1,2 (10% ПВ)	Ширина полос $b = 1 \div 10$ мм; свариваемое сечение $A_s = 8 \text{ мм}^2$ ; время сварки $t_s = 30$ с	Изготовитель — ESFA. Масса $m = 14$ кг
BSG16	220 В, 3,5 кВт	1,5 (10% ПВ)	$b = 1 \div 16$ мм, $A_s = 12 \text{ мм}^2$ , $t_s = 30$ с	То же, 18 кг
BSG32/40	380 В, 9,5 кВт	8,0 (10% ПВ)	$b = 12 \div 40$ мм, $A_s = 35 \text{ мм}^2$ , $t_s = 90$ с	То же, 75 кг

ТАБЛИЦА 1.63  
РАБОЧИЕ ПАРАМЕТРЫ СТЫКОВОЙ СВАРКИ  
ДАВЛЕНИЕМ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Стык		Технологические параметры				Примечание
$d$ , мм	$A_s$ , мм <sup>2</sup>	мощность $P_s$ , кВА	длина обжатия $l_s$ , мм	продолжительность сварки $t_s$ , м	Число операций сварки в 1 ч	
0,3	0,07	0,3	—	—	—	Стыковая сварка стальной проволоки
1,8	2,5	0,6	—	—	—	
4,0	13,0	1,3	—	—	—	
6,0	28	2	1,5	2,5	400	
8,0	50	3	1,7	4,0	375	
10,0	67	4	1,8	5,5	350	
12,0	113	5	2,0	7,5	250	
16,0	201	8	2,5	10,0	150	

сварка встык полотен ленточных пил, полос из стали любой марки и из цветных металлов.

Диапазон параметров: плотность тока  $i = 40 \div 50$  А/мм<sup>2</sup>, удельное давление при обжатии  $p_{st} = 10 \div 30$  МПа.

#### Рекомендации по выполнению соединений

Свариваемые торцовые поверхности следует обрезать ровно и параллельно друг другу, после чего очистить от загрязнений (контакт должен быть обеспечен по всей торцовой поверхности).

#### Оборудование (табл. 1.67).

#### Основной и присадочный материалы

Стыковая сварка давлением осуществляется без присадочного материала. Наиболее часто применяемые материалы для стыковой сварки: низколегированные и высоколегированные стали; алюминий и его сплавы; медь; CuNi; CuNiFe; CuCrI; латуни; олово; оловянистая бронза; нейзильбер; никель и его сплавы; платина; платинородиевые сплавы; сплавы с золотом; сплавы с серебром.

#### Техника сварки (табл. 1.68).

Следует придавать большое значение чистоте и ровности торцовых свариваемых поверхностей; несоблюдение этих требований непосредственно влияет на качество сварки.

В швах могут быть оксидные включения и загрязнения, которые не влияют на прочность при статической нагрузке, но сильно снижают прочность при динамической нагрузке. Образующееся утолщение трудно поддается механической обработке.

### 1.2.8. ТОЧЕЧНАЯ КОНТАКТНАЯ СВАРКА (WP-)

#### Принцип сварки (рис. 1.46).

#### Границы применимости

Размеры: толщина  $s = 0,4 \div 4$  (8) мм, диаметр  $D = 3 \div 10$  (20) мм.

Группы материалов: низколегированные и легированные стали, цветные металлы, тугоплавкие металлы (рис. 1.47, 1.48).

Область использования: транспортное машиностроение; вагоностроение; серийная продукция листообработывающей сферы производства; строительная промышленность; приборостроение.

Параметры: сварочный ток  $I_s = 1 \div 100$  кА, напряжение дуги  $U_s = 0,5 \div 10$  В; время сварки  $t_s = 0,04 \div 2$  с; усилие  $F_e = 500 \div 10000$  Н.

#### Оборудование

Источники питания: трансформаторы, рассчитанные на большую силу тока ЭМВ5/6,3 (2) Н, ЭМВ5/10 (2) Н, ЭМВ6,3/12,5 (2) Н, ЭМВ20/10-5 (производство LEW) — см. табл. 1.121.

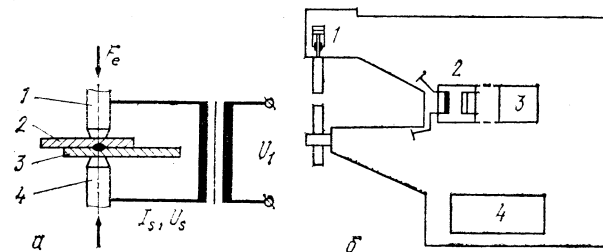


Рис. 1.46. Принцип сварки:

а — принцип (1, 4 — электроды; 2, 3 — заготовки); б — схема (1 — гидравлический цилиндр с блоком управления; 2 — сварочный трансформатор; 3 — электронное управление; 4 — гидравлическая система для обеспечения прижатия)

Сварочные машины: машины для точечной сварки с педальным управлением (см. табл. 1.122), машины для точечной сварки с пневматическим управлением (см. табл. 1.123), машины для точечной сварки с гидравлическим управлением (см. табл. 1.124), многоточечные машины МР 4/50, МР 6/50, МР 10/50.

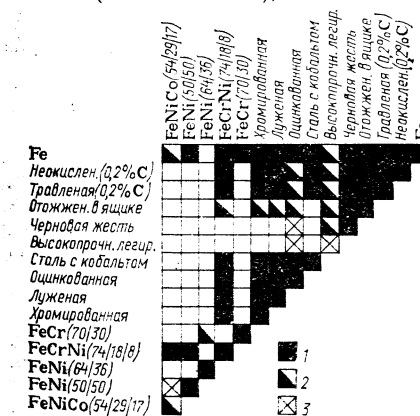


Рис. 1.47. Сочетания сталей для точечной контактной сварки:

1 — свариваются хорошо; 2 — свариваются при определенных условиях; 3 — свариваются плохо или нет данных

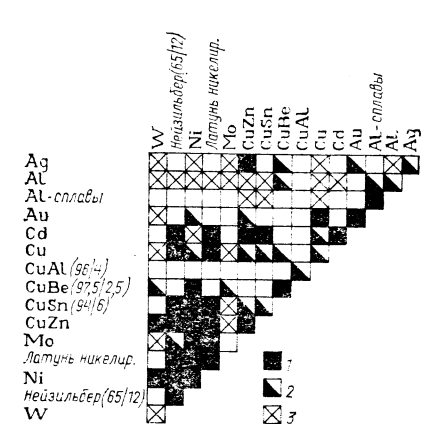


Рис. 1.48. Сочетания нежелезных металлов для точечной контактной сварки [1]:

1 — свариваются хорошо; 2 — свариваются при определенных условиях; 3 — свариваются плохо или нет данных

Инструменты для точечной сварки: переносные сварочные клещи PSZ 10; стационарные (подвесные) клещи для точечной сварки GS 300 I, KS 150/II, H IV, ZIS 581, ZIS 582, сварочные клещи со встроенным трансформатором TZ 10—ZIS 877, TZ 20—ZIS 800.

Управление: аналоговая система управления ES 15 для клещей PSZ 10; цифровые системы управления, разработанные Центральным институтом сварки в Галле «Eltros I» с вставляемым блоком управления мощностью ESL 1, ESL 2 и вставляемым блоком регулирования времени ESZ 4, ESZ 5, а также «Eltros II» с вставляемым блоком управления; комбинации см. далее в табл. 1.129.

ТАБЛИЦА 1.69

МАТЕРИАЛ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ			
Материал	Твердость HV	Электропроводность $\mu\text{Ом}\cdot\text{мм}^2$	Свариваемый материал
Электролитическая медь	80—110	56	Латунь, алюминий, сталь, молибден
CuCrI	120	45	
CuCrZr	135	35	
CuCrTi	135	38	
Вольфрам	450	17	
Молибден	—	—	Cu, Au, Pt, Ag, Zn, Sn, Ni, Sn, Zn

Техника сварки

Подготовка свариваемых деталей. Свариваемые детали должны быть очищены от ржавчины, окислы, краски и жира, поверхность их должна быть по возможности гладкой. Царапины при зачистке и поверхностные риски создают неблагоприятные условия для сварки.

Способы подготовки свариваемых деталей. Для обезжиривающей обработки рекомендуются трихлорэтилен, РЗ, мультон.

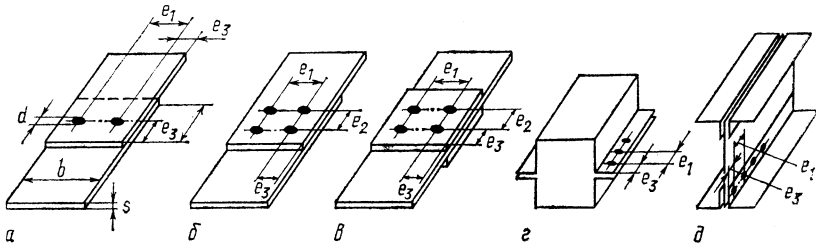


Рис. 1.49. Соединения, получаемые точечной сваркой

Механическое удаление пленки оксидов: стальные щетки, кварцевый песок. Химическое удаление пленки оксидов: соляная, серная, фосфорная кислоты. Поверхность стальных деталей во избежание попадания частиц ржавчины может быть защищена специальным лаком для точечной сварки (например, форгаломом).

Если условия точечной сварки очень жесткие, то на свариваемые поверхности наносят пасты для точечной сварки (например, циринопласт) с помощью шпателя, кисточки или пневмораспылителя. При использовании способов сварки плавлением основная часть этой пасты сгорает под действием пламени или дуги.

Формы сварочных конструкций (рис. 1.49). Соотношение толщин изделий при точечной сварке должно быть менее 3 : 1. В других случаях следует применять двухточечную сварку.

Параметры для управления аппаратами: при выборе параметров следует учитывать факторы, обусловленные способом сварки и типом машины. Такие параметры, как сварочный ток, продолжительность сварки, усилие на электродах, должны соответствовать материалам и размерам изделия с учетом факторов, зависящих от типа аппарата.

Выбор параметров для стали и алюминия — по приближенным формулам (табл. 1.70) или по данным изготовителей машин в соответствии с требованиями, предъявляемыми к качеству (табл. 1.71—1.78).

ТАБЛИЦА 1.70

ПРИБЛИЖЕННЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ОРИЕНТИРОВОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМА ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ

Материал	Диаметр $d$ , мм	Сварочный ток $I_s$ , кА	Время $t$ , период	Усилие, Н	
				$F_e$	$F_p$
Углеродистая сталь . .	$5-5,5\sqrt{s}$	$9,5s$	$8s$	2000s	5000s
Высоколегированная сталь . . . . .	$3,5-4,5\sqrt{s}$	$8\sqrt{s}$	$5\sqrt{s}$	4000s	6500s
Алюминий . . . . .	$10-11\sqrt{s}$	$30\sqrt{s}$	$7\sqrt{s}$	2500s	1500s

Примечание.  $s$  — толщина свариваемых материалов.

ТАБЛИЦА 1.71

ТОЧЕЧНАЯ СВАРКА НЕЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ  $C \leq 0,2\%$ , ГРУППА КАЧЕСТВА 1

Толщина $s$ , мм	Диаметр $d$ , мм	Усилие $F_e$ , кН	Время $t_s$ , периоды	Сварочный ток $I_s$ , кА	Длина $l_u$ , мм
0,4	4	1,0	4	5	8
0,6	5	1,5	6	7	10
0,8	6	2,0	7	8	11
1,0	6	2,5	8	9	13
1,6	8	4,0	12	12	16
2,0	8	5,0	15	14	18
2,6	10	6,5	18	17	20
3,0	10	7,5	21	19	22

ТАБЛИЦА 1.72

ТОЧЕЧНАЯ СВАРКА ОЦИНКОВАННЫХ СТАЛЬНЫХ ЛИСТОВ

Толщина $s$ , мм	Диаметр $d$ , мм	Усилие $F_e$ , кН	Продолжительность сварки $t_s$ , периоды	Сварочный ток $I_s$ , кА	Катет шва $a$ , мм	Длина $l$ , мм
0,55	4,8	1,4	7	8,8	10	11
0,75	4,8	1,8	8	10,5	13	11
0,88	4,3	2,8	10	11,0	—	15
1,00	4,8	2,8	12	12,5	—	15
1,25	5,6	3,8	15	14,0	—	15
1,50	6,3	5,0	19	15,5	—	19
2,00	8	6,2	27	13,8	—	24
2,25	8	5,9	20	20,0	—	—
2,75	8,8	9,9	46	18,0	46	21
3,10	10,3	11,3	52	20,4	51	22

ТАБЛИЦА 1.73  
ИМПУЛЬСНАЯ ТОЧЕЧНАЯ СВАРКА ТОЛСТЫХ ЛИСТОВ  
ИЗ СТАЛИ, СОДЕРЖАЩЕЙ  $C \leq 0,2 \%$

Толщина $s$ , мм	Диаметр $d$ , мм	Усилие $F_e$ , кН	Число импульсов * для форми- рования сварной точки	Количество точек на длине, мм		Сварочный ток $I_s$ , кА
				25—50	50—100	
3+3	11	8,0	3	5	4	18
3+4	11	8,0	3	5	4	18
3+5	11	8,0	3	5	4	18
3+6	11	8,0	3	5	4	18
4+4	12	8,5	5	15	10	19
4+5	12	8,5	5	15	10	19
4+6	12	8,5	5	15	10	19
4+7	12	8,5	5	15	10	19
5+5	14	9,0	6	20	14	20
5+6	14	9,0	6	20	14	20
5+7	14	9,0	6	20	14	20
5+8	14	9,0	6	20	14	20
6+6	14	10,0	12	24	18	21
6+7	14	10,0	12	24	18	21
6+8	14	10,0	12	24	18	21
6+8	16	11,0	15	30	23	24

\* 17 периодов под током и 4 периода без тока.

ТАБЛИЦА 1.74  
ТОЧЕЧНАЯ СВАРКА НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ ( $C \leq 0,2 \%$ )

Толщина $s$ , мм	Диаметр $d$ , мм	Усилие $F_e$ , кН	Продолжи- тельность сварки $t_s$ , периоды	Сварочный ток $I_s$ , кА, при $\sigma_B$ , МПа	
				<100,	>100
0,4	3	1,6	4	2,8	2,5
0,6	4	2,4	5	4,1	3,6
0,8	4	3,2	6	5,2	4,7
1,0	6	4,0	7	6,6	5,7
1,6	6	6,4	10	10,1	8,6
2,0	8	8,0	12	12,4	10,4
2,6	10	10,4	15	16,0	13,1
3,0	10	12,0	17	18,0	15,0

ТАБЛИЦА 1.75  
ИМПУЛЬСНАЯ ТОЧЕЧНАЯ СВАРКА НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ  
( $C \leq 0,2 \%$ )

Толщина $s$ , мм	Диаметр $d$ , мм	Усилие $F_e$ , кН	Число импульсов *	Сварочный ток $I_s$ , кА, при $\sigma_B$ , МПа	
				<100	>100
3,5	13	15	4	20,0	17,0
4	13	18	4	21,0	17,5
4,5	13	21	5	21,5	18,0
5	16	24	5	22,0	19,0
5,5	16	27	6	22,2	19,5
6	16	30	7	22,5	19,5
6,5	16	33	7	23,0	20,0

\* 12 периодов под током и 5 без тока.

ТАБЛИЦА 1.76  
СВАРКА ВКРЕСТ ПРОВОЛОК ИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ  
( $C \leq 0,2 \%$ )

Провар, %	Диаметр $d$ , мм	Усилие $F_e$ , кН	Продолжи- тельность сварки $t_s$ , периоды	Сварочный ток $I_s$ (кА) проволоки	
				холодного вскачивания	горячего вскачивания
15	3	0,45	8	1,7	1,75
15	6	2,4	17	4,3	4,5
15	8	3,8	25	6,1	6,6
15	10	5,35	36	7,9	8,5
30	3	1,0	8	2,5	2,6
30	6	3,8	17	6,2	6,4
30	8	68,0	25	9,1	9,5
30	10	10,3	36	12,1	12,5
50	3	1,4	8	3,1	3,2
50	6	5,1	17	8,0	8,5
50	8	9,4	25	11,5	12,1
50	10	15,2	36	15,3	15,9

ТАБЛИЦА 1.77  
ТОЧЕЧНАЯ СВАРКА АЛЮМИНИЯ, ГРУППА КАЧЕСТВА 1

Толщина $s$ , мм	Диаметр $d$ , мм	Параметр $R$ , мм	Усилие $F_e$ , кН	Время сварки $t_s$ , период	Сварочный ток $I_s$ , кА	Длина $l$ , мм
0,5	13	50	2,25	6	27	12
1,0	13	50	2,70	7	31	20
1,5	13	75	3,20	8	35	26
2,0	13	75	3,90	9	39	32
2,5	16	100	4,70	10	44	38
3,0	16	100	5,60	11	49	44
3,5	16	100	6,60	12	55	50

ТАБЛИЦА 1.78  
СОЧЕТАНИЯ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА И ЭЛЕКТРОДА

Основной материал	Материал электрода
Алюминий, платина, хромоникелевые сплавы, магний Сплав аллюко, латунь (желтая), бронза, константан, медь, золото, иридий, железо, ковар Молибден, монель (Cu-Ni) Никель и никелевые сплавы Сталь; нержавеющая сталь	CuCr1, Cu-Ni Сплав Elmet H3 (80 % W, 20 % Cu или Ag) 100 % W Бериллий—медь Никель—серебро Сплав Elme U (Cu + 5 + 7 % Ag + 1 + 2 % Cd) Сплав Blombit (Cu + 2 % Ag) Молибден
Тантал, вольфрам Латунь (красная), медь, серебро, осмий	

Для листов с поверхностным покрытием требуется специальная технология сварки.

Оцинкованные листы следует сваривать методом точечной сварки при силе сварочного тока 30—50 % и при более коротком времени сварки по сравнению со сваркой листов с неокисленной поверхностью.

Продолжительность длительного воздействия составляет более 10 периодов. При точечной импульсной сварке достигается прогрев в середине соединения. Необходимо добиваться очень хорошего охлаждения электродов. В качестве материала для электродов наиболее подходят CuCr1 и CuCrTi.

Листы с кадмиевым покрытием следует сваривать способом точечной сварки при повышенной (на 20 %) силе сварочного тока и более продолжительной (на 70 %) сварке. Материал для электродов CuCr1.

На листах с фосфатным покрытием последнее не должно превышать 0,05 мм. Покрытие толщиной 0,13 мм создает полную изоляцию; такой слой следует удалить. Необходимо подготовить выпуклые электроды.

Листы, покрытые пастой, сваривают способом точечной сварки по специальной технологии.

Такие параметры, как сварочный ток, усилие на электродах и продолжительность сварки, подбирают по ориентировочным значениям, определенным на листовых образцах. Эти параметры варьируют вплоть до исчезновения капель между листами, до обеспечения удовлетворительного качества сварки последовательными пробам на выборочных образцах и до подбора усилия сжатия электродов в требуемых пределах. Не всегда можно использовать измерительные приборы для обеспечения заданной величины тока, усилия и времени сварки.

Дефекты точечной сварки: несвариваемость, плохое соединение; слишком большое сварное ядро; слишком сильное сжатие электродов; наличие поверхностных дефектов вследствие изменения химического состава и наличия брызг; выкрашивание сварного ядра; капли между листами.

Надежное качество при точечной сварке обеспечивают подбором минимального усилия среза сварной точки в зависимости от толщины листа, диаметра электродов и размеров сварной точки. При дополнительных требованиях к оборудованию для точечной сварки, к местам контроля и к квалификации сварщика (ZIS-P-308-73) определяют условия изготовления и контроля в целом для трех классов по качеству исполнения (TGL 11776/02).

### 1.2.8.1. Прецизионная точечная контактная сварка

Принцип сварки (рис. 1.50).

Границы применимости

Размеры: толщина  $s = 0,005 \div 0,5$  мм; диаметр  $d = 0,006 \div 1,5$  мм.

Группа материалов: металлы.

Область использования: микроминиатюрная техника, электротехника, электроника.

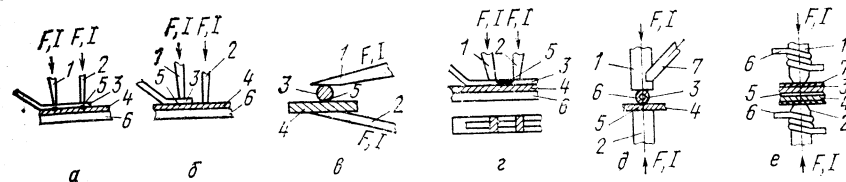


Рис. 1.50. Принцип сварки:

а — серийная сварка; б — шаговая сварка; в — шпунтовая сварка; г — сварка в разделку; д — трехэлектродная сварка; е — сварка изолированной проволокой с нагревательным элементом: 1, 2 — электроды; 3, 4 — изделие; 5 — место стыка; 6 — изолятор, несущий материал; 7 — обмотка нагревателя; 7 — вспомогательный электрод; изоляция

Параметры: сварочный ток  $I_s$  = до 100 кА, напряжение сварки  $U_s$  = до 4 В, продолжительность сварки  $t_s = 0,001 \div 2$  с; усилие  $F_e = 1$  кН.

#### Оборудование

Сварочная машина ГР 5-20 (для шовной сварки и сварки с противоположащим электродом).

Сварочная машина FSK 3101 (для сварки с противоположащим электродом, для сварки с параллельным зазором на постоянном и переменном токе). Оба типа машин производятся в ГДР.

Контакт III A (для сварки с параллельным зазором проволоки диаметром 100 мкм). Производство СССР.

Материал электродов — см. табл. 1.69.

#### Техника сварки

Вводимое в свариваемые материалы тепло, необходимое для выполнения соединения, зависит от теплофизических свойств соединяемых изделий (эффект Пельтье), а также от времени подачи теплового потока (продолжительности сварки), т. е. в целом термическим к. п. д. На практике согласование этих параметров осуществляется путем выбора соответствующего типа тока и варьирования продолжительности сварки.

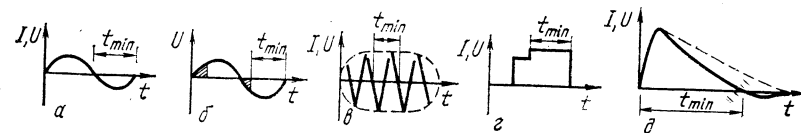
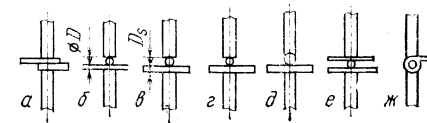


Рис. 1.51. Краткая характеристика типов тока:

а — синусоидальный переменный ток (50 Гц), диаграмма тока или напряжения; б — синусоидальный переменный ток с усеченной фазой (50 Гц), диаграмма напряжения; в — переменный ток повышенной частоты (250 Гц), диаграмма тока или напряжения; г — импульсный постоянный ток, диаграмма тока или напряжения; д — импульсный постоянный ток при разрядке конденсатора, диаграмма тока или напряжения

Рис. 1.52. Примеры использования точечной сварки мелких деталей:

а — лист—лист; б — короткая проволока; в — проволока—фольга; г — проволока—лист; д — фигурный электрод; е — прокладка; ж — спиральный сердечник



Краткая характеристика типов тока представлена на рис. 1.51.  
 Принцип использования точечной сварки для соединения мелких деталей — см. рис. 1.52.

### 1.2.8.2. Импульсная конденсаторная сварка

Принцип сварки (рис. 1.53).

Границы применимости

Размеры: для точечной сварки толщина  $s < 0,5$  мм; для рельефной сварки толщина  $s > 0,5$  мм.

Шовная сварка, сварка желобчатых листов, серийная сварка, коаксиальная сварка, параллельная сварка [9].

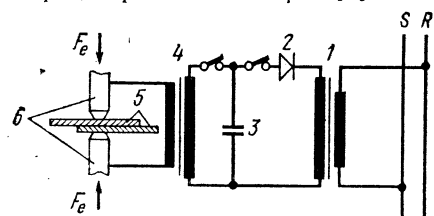


Рис. 1.53. Импульсная конденсаторная сварка:

1 — трансформатор сети; 2 — выпрямитель; 3 — конденсатор; 4 — импульсный трансформатор; 5 — изделие; 6 — электроды

Группы материалов: преимущественно цветные металлы, специальные материалы и комбинации металлов, например, меди и алюминия с серебром, меди с никелем и алюминием; никель, медь, латунь и медноникелевые сплавы со



Рис. 1.54. Сочетания свариваемых материалов:

1 — свариваются хорошо; 2 — не свариваются или нет данных; 3 — цирконий; 4 — цинк; 5 — титан; 6 — тантал; 7 — сталь; 8 — серебро; 9 — платина; 10 — хромоникелевые сплавы; 11 — ниобий; 12 — никель; 13 — никелин; 14 — нейзильбер; 15 — монель; 16 — медь; 17 — манганин; 18 — магниевые сплавы; 19 — латунь; 20 — константан; 21 — ковар; 22 — инвар; 23 — золото; 24 — бронза; 25 — алюминий

сталью и коваром, никель и медь с танталом; вольфрам с вольфрамом, железом, сталью, танталом и молибденом (рис. 1.54).

Область использования: электротехника, электроника, в частности, производство транзисторов и трубок для соединения цветных и благородных металлов; сварка контактов при производстве приборов включения и выключения; стыковая сварка проволок между собой, проволок на фольге.

ТАБЛИЦА 1.79

### ПРИМЕРЫ ВЫБОРА РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ СВАРКИ

Тип соединения	Материал	Толщина изделия	Напряжение $U$ , кВ	Емкость $C$ , мкФ	Усиление $F_e$ , Н	Мощность $W$ , Вт·с
	Латунь/сталь (оцинкованная)	0,2+1,0	3—3,3	40	350	—
	Латунь/латунь	0,3+0,3	3,4	40	500	250
	Медная проволока/стальной лист	$\varnothing 0,5 \div \div 0,8+1,0$	3,0	40	250	180
	WM 50/биметалл	$\varnothing 0,5+ \div 0,5 \div 0,8$	—	—	—	70—120
	Медная проволока/FeNi42	$\varnothing 1,0+0,1$	—	—	120	80
	Медная проволока/латунный лист	$\varnothing 0,6+0,2$	1,7	28	240	29

Параметры: мощность  $W = 1/2 U_{1a}^2 \cdot C \cdot 10^{-6}$  Вт·с, напряжение  $U_{1a} = 0,1 \div 0,7$  кВ для конденсаторных батарей низкого напряжения; 2,5—4,2 кВ для конденсаторных батарей высокого напряжения; продолжительность сварки  $t_s = 0,001 \div 0,1$  с; скорость сварки: 20—30 точек ряда в минуту.

Оборудование — см. 1.3.2, табл. 1.128.

#### Материал электродов

Для свариваемых материалов, обладающих высокой электропроводностью и теплопроводностью, используют электроды с повышенным электросопротивлением и наоборот. Форма электродов должна соответствовать условиям и задачам сварки.

#### Техника сварки

Выбор параметров сварки — типа тока, комбинации материалов, машин с соответствующими характеристиками — по табл. 1.79. Качество сварки заметно зависит от продолжительности сварки и параметров питания.

Для получения оптимальных соотношений между контактными поверхностями и силой тока нужно по возможности привести в соответствие форму электродов и профиль свариваемого изделия. Качество сварного соединения зависит также от величины контактирующих поверхностей.

Необходимо точно определить взаимное положение изделий и устранить возможность их смещения под давлением электрода.

### 1.2.9. РЕЛЬЕФНАЯ СВАРКА (WB-)

Принцип сварки (рис. 1.55)

Границы применимости

Размеры: толщина  $s = 0,5 \div 5$  мм.

Группы материалов: углеродистые и легированные стали, цветные металлы (см. 1.2.8. Точечная контактная сварка).

Область использования: сварка мелких деталей и деталей сложной формы в транспортном машиностроении; серийное производство, потребляющее листовую продукцию; приборостроение.



Параметры: сварочный ток  $I_s = 5 \div 100$  кА, усилие  $F_e = 0,5 \div 40$  кН, продолжительность сварки  $t_s = 3 \div 50$  периодов.

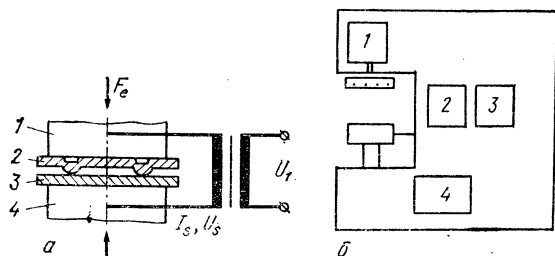


Рис. 1.55. Принцип сварки: а — принцип (1, 4 — электроды; 2 — заготовка с рельефом; 3 — заготовка без рельефа); б — схема (1 — гидравлический цилиндр с блоком управления; 2 — сварочный трансформатор; 3 — электронное управление; 4 — гидравлическая система для обеспечения прижатия)

#### Оборудование

Источники питания следует рассчитывать на большой ток трансформатора до 850 кВА (встроенные в машины).

Сварочные машины: В 30s, В 80, РВ 80; производятся машины с большой электродной поверхностью или со специальным инструментом.

Материал электродов — см. 1.2.8 (табл. 1.67).

#### Техника сварки

Подготовка свариваемого изделия. Зоны сварки predetermined соответствующей формой свариваемого изделия; после придания им соответствующего рельефа они должны быть очищены от ржавчины, окислы, пленки оксидов, краски и жира. Обезжиривающую обработку, травление и механическую чистку выполняют так же, как и при точечной сварке.

Форму рельефа выбирают в соответствии с материалом изделия (рис. 1.56). При различной толщине свариваемых изделий рельеф следует выполнять на более толстой детали. Размеры рельефа подбирают с учетом размеров более тонкой детали (рис. 1.57).

Если методом рельефной сварки соединяют разнородные материалы, то рельеф выполняют на поверхности более тугоплавкого материала или на свариваемом изделии с более высокой проводимостью. Выбор параметров сварки определяется материалом, числом, формой и размером элементов рельефа (табл. 1.80—1.82). Для обеспечения высокого качества сварки необходимо выполнять те же требования, что и при точечной сварке.

ТАБЛИЦА 1.80  
ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ  
СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ С КРУГЛЫМ РЕЛЬЕФОМ ПО ДАННЫМ ЧЕХА

Толщина s, мм	Диаметр рельефа d <sub>1</sub> , мм	Высота рельефа h, мм	Усилие F <sub>e</sub> , Н	Продолжительность сварки t <sub>s</sub> , периоды	Сварочный ток I <sub>s</sub> , кА
0,5	2,0	0,50	470	3—5	4,0
1,0	3,0	0,75	1050	6—10	5,5
1,5	3,5	0,85	1450	10—15	7,0
2,0	4,0	1,00	1900	14—20	8,0
2,5	4,5	1,10	2400	16—25	9,0
3,0	5,0	1,25	3000	20—30	10,0
3,5	5,5	1,40	3600	24—35	11,0
4,0	6,0	1,50	4250	27—40	12,0
4,5	6,5	1,60	5000	30—45	13,0
5,0	7,0	1,75	5800	34—50	14,0

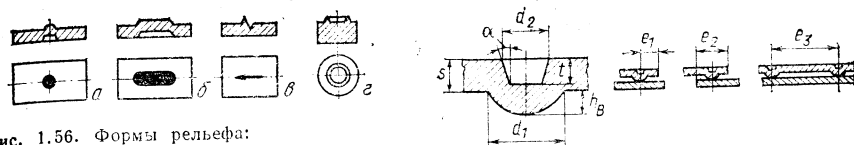


Рис. 1.56. Формы рельефа: а — круглый рельеф; б — продольный рельеф; в — острый рельеф; г — кольцевой рельеф

Рис. 1.57. Размеры рельефа [1]

ТАБЛИЦА 1.81  
ФОРМЫ И РАЗМЕРЫ РЕЛЬЕФА ПРИ СВАРКЕ СТАЛИ  
(C ≤ 0,2 %) С НЕОКИСЛЕННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Толщина s, мм	Высота рельефа h, мм	Допустимое отклонение, мм	Диаметр рельефа, мм		Угол скоса кромок α, град	Глубина l, мм	e <sub>1</sub> , мм	e <sub>2</sub> , мм	e <sub>3</sub> , мм
			d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>					
0,5	0,5	0,1 *	2,4	1,8	15	0,60	2,5	5	
0,75	0,6		2,8	1,9		0,7	3,0	6	
1,0	0,8	-0,2 *	3,3	2,2	15	0,9	3,5	7	12
1,25	1,0		3,5	2,3		1,2	4,0	8	
1,5	1,1		4,0	2,5		1,4	4,5	9	
2,0	1,2		4,5	2,8		1,6	5,0	10	
2,5	1,2	-0,3 **	4,8	3,4	20	1,7	5,5	11	20
3,0	1,3		5,0	3,8		1,9	6,0	12	
3,5	1,4		5,5	4,0		2,1	6,5	13	
4,0	1,5		6,0	4,6		2,2	7,0	14	

\* Максимальный допуск по размеру h 0,1 мм. \*\* Максимальный допуск по размеру h 0,2 мм.

ТАБЛИЦА 1.82  
РАЗМЕРЫ РЕЛЬЕФА ДЛЯ ОЦИНКОВАННЫХ КАДМИРОВАННЫХ И ХРОМИРОВАННЫХ СТАЛЬНЫХ ЛИСТОВ (C ≤ 0,2 %)

Толщина s, мм	Поверхность	Высота рельефа h, мм	Диаметр рельефа, мм		Угол скоса α, град
			d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	
0,7	Оцинкованная	0,6	2,8	2,0	15
	Оцинкованная				
	Кадмированная/хромированная				
1,0	Кадмированная/хромированная	0,8	3,3	2,2	15
	Оцинкованная				
1,25	Кадмированная/хромированная	1,0	4,4	2,4	15
	Оцинкованная				
1,5	Оцинкованная	1,25	4,4	2,5	15
	Кадмированная/хромированная				
2,0	Оцинкованная	1,3	5,0	2,3	15
	Кадмированная/хромированная				

\* Угол скоса α = 15°.

## 1.2.10. ШОВНАЯ КОНТАКТНАЯ СВАРКА (WR-)

Принцип сварки (рис. 1.58)

Область применения

Размеры: толщина  $s = 0,5 \div 3,5$  мм.

Группы материалов: нелегированные и легированные стали, цветные металлы, тугоплавкие металлы.

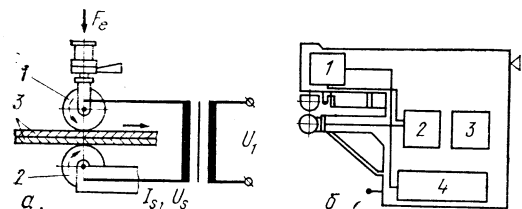


Рис. 1.58. Принцип сварки:  
а — принцип (1, 2 — роликовые электроды; 3 — свариваемая деталь); б — схема (1 — гидравлический цилиндр с блоком управления; 2 — сварочный трансформатор; 3 — электронное управление; 4 — гидравлическая система для обеспечения прижатия)

Область использования: производство, потребляющее листовую продукцию, в частности производство сосудов небольшой емкости, вагоностроение и автомобильная промышленность, изготовление консервных банок и производство массовой продукции, трубное производство, самолетостроение.

Параметры: сварочный ток  $I_s = 40 \div 50$  кА, напряжение дуги  $U_s = 0,5 \div 10$  В, скорость сварки  $v_s = 0,4 \div 5$  м/мин, усилие  $F_e = 0,5 \div 10$  кН.

Оборудование

Источники питания: должны быть рассчитаны на большой ток трансформатора, как и для точечной контактной сварки.

Сварочные машины: по положению роликовых электродов подразделяются на машины для продольной сварки, для кольцевой сварки, с перемещением плиты, для сварки полых тел, допель-машины, машины для сварки труб, например N 80. UN 60Pa.

Клещи для шовной сварки (производство Робур, Циттау, Баркас, ГДР).

Управление: четырехвременное, пятивременное и цифровое «Eltros I», «Eltros II».

Материал электрода — см. 1.2.8. (см. табл. 1.67).

Техника сварки

Подготовка свариваемого изделия. Свариваемые изделия должны быть очищены от ржавчины, окислы, краски и жира и иметь гладкую поверхность. Обезжиривающую обработку, травление и механическую чистку выполняют,

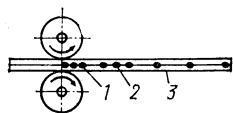


Рис. 1.59. Виды швов:  
1 — плотный шов ( $e \leq 3$  мм); 2 — редкий шов ( $e < 10$  мм); 3 — шов, выполненный прихватками ( $e = 30-50$  мм)

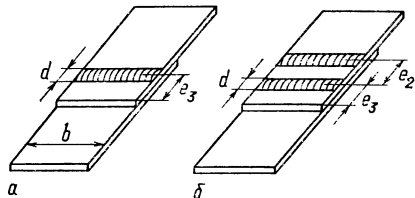


Рис. 1.60. Соединения роликовой сварки:  
а — одношовное; б — двухшовное

как и при точечной контактной сварке. Шовная сварка обеспечивает формирование непрерывного шва, расчетной длины шва и шва, выполненного прихватками (рис. 1.59).

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ШОВНОЙ СВАРКИ НЕЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ ( $C \leq 0,2\%$ ) В ГАЗОВОЙ АТМОСФЕРЕ И ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Толщина $s$ , мм	Диаметр ролика, мм	Усилие $F_e$ , кН	Продолжительность сварки, периоды		Сварочный ток $I_s$ , кА	Скорость сварки $v_s$ , см/мин	Длина $l$ , мм
			$t_s$	$t_p$			
0,4	5	2,20	2	1	10	210	10
0,6	5	2,70	2	2	12	190	11
0,8	6	3,30	3	2	13,5	180	12
1,0	6	3,85	3	2	15	175	13
1,2	8	4,50	3	2	16	170	14
1,6	8	5,60	4	3	17,5	155	16
2,0	10	6,70	5	4	19	145	18
2,6	12	8,40	7	5	21	125	20
3,0	13	9,50	8	6	22	120	22
3,2	13	10,00	9	6	22,5	115	22

Соединения шовной сварки см. рис. 1.60

Различают два вида шовной сварки: с непрерывной подачей тока и прерывистой сварку. Необходимо согласовать между собой продолжительность сварки и скорость сварки.

Расстояние между точками шва  $e$ , мм:  $e = 1000v_s/2f \cdot 60$ , где скорость сварки  $v_s = d_R$  м/мин ( $v$  — скорость подачи, м/мин;  $f$  — промышленная частота тока, Гц;  $d_R$  — диаметр ролика, м;  $n$  — число оборотов ролика в 1 мин).

Ориентировочные параметры шовной сварки углеродистых сталей, легированных сталей и алюминия приведены в табл. 1.83—1.85.

ТАБЛИЦА 1.84

ШОВНАЯ СВАРКА АЛЮМИНИЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ (ПЛОТНЫЙ ШОВ)

Толщина $s$ , мм	Усилие $F_e$ , Н	Продолжительность сварки, периоды		Сварочный ток $I_s$ , кА	Скорость сварки $v_s$ , см/мин	Ширина $b_R$ , мм
		$t_s$	$t_p$			
0,25	1900	1	2	10,5	100	2
0,5	2400	2	2	24	100	2,5
1,0	3400	3	4	32	90	3,5
1,5	4300	4	6	37,5	80	4,5
2,0	4900	5	10	40,5	50	5,5
2,5	5400	7	12	42,5	50	6,5
3,0	5900	8	16	44,5	50	7,5
3,5	6250	10	20	46	40	8,5

ТАБЛИЦА 1.85

## ШОВНАЯ СВАРКА НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ (ПЛОТНЫЙ ШОВ)

Толщина $s$ , мм	Диаметр ролика, мм	Усилие $F_e$ , кН	Продолжи- тельность сварки, периоды		Сварочный ток $I_s$ , кА	Скорость сварки $v_s$ , см/мин	Длина $l$ , мм
			$t_s$	$t_p$			
0,4	10	2,8	3	2	7,0	110	8
0,6	13	3,7	3	3	9,0	100	9
0,8	13	4,6	3	3	11,0	110	10
1,0	16	5,5	3	4	13,0	90	11
1,2	16	6,4	4	4	14,3	85	12
1,4	16	7,3	4	4	15,5	90	13
1,6	20	8,2	4	5	16,5	80	14
1,8	20	9,1	4	5	17,3	85	15
2,0	20	10,0	4	6	17,9	85	16
2,2	20	10,9	4	6	18,4	90	17
2,4	20	11,8	5	6	18,8	80	18
2,6	25	12,7	5	6	19,1	85	19
2,8	25	13,6	5	6	19,4	90	20
3,0	25	14,5	6	6	19,7	80	21
3,2	25	15,4	6	6	20,0	85	22

## 1.2.11. ИНДУКЦИОННАЯ СВАРКА (I-)

## 1.2.11.1. Сварка вращающимся трансформатором (NF-)

Принцип сварки (рис. 1.61)

Границы применимости

Размеры: диаметр трубы  $d = 8 \div 500$  мм.

Толщина листа: толщина стенок трубы  $s = 0,5 \div 3$  (15 мм).

Группы материалов: нелегированные и низколегированные трубные стали.

Область использования: изготовление сварных прецизионных стальных труб, труб с резьбой, водопроводных труб и труб теплообменных аппаратов, а также профильных труб из полосовой стали.

Параметры: сварочный ток  $I_s = 30 \div 200$  кА; скорость сварки  $v_s = 8 \div 70$  м/мин; мощность сварки  $P_s = 100 \div 2000$  кВА; частота  $f = 50 \div 400$  (900) Гц.

Рекомендации по исполнению сварных соединений: стыкуемые кромки трубы должны быть прямыми и чистыми (протравленными или обработанными пескоструйным способом), параметры стыка должны обеспечивать плотное стыковое соединение.

Оборудование

Укомплектованные линии трубного производства с одноцелевыми установками для сварки вращающимся трансформатором, рассчитанными на определенный размер труб. Для наиболее плотного прижатия роликовые электроды должны быть точно калиброваны в соответствии с внешним размером труб.

Сварочное оборудование линий трубного производства — машины одноцелевого назначения и нестандартные универсальные установки.

Для роликовых электродов используют материалы CuCrI, CuCrTi и CuCrZr.

Рис. 1.61. Сварка вращающимся трансформатором труб с пазом:

1 — сварочный трансформатор (вращающийся трансформатор); 2 — охлаждение; 3 — изоляция; 4 — роликовые электроды; 5 — сварочный шов; 6 — боковые нажимные ролики; 7 — стол; 8 — труба с пазом; 9 — сваренная часть трубы

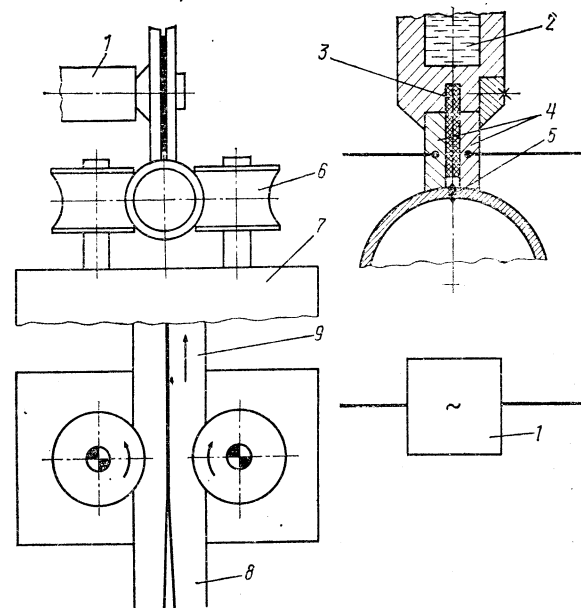


ТАБЛИЦА 1.86

## РАБОЧИЕ ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ ТРУБ ВРАЩАЮЩИМСЯ ТРАНСФОРМАТОРОМ

Толщина $s$ , мм	Сварочный ток $I_s$ , кА	Частота, Гц		Мощность сварки $P_s$ , кВА	Скорость сварки * $v_s$ , м/мин
		изменяемая	неизменяемая		

## Прецизионные стальные трубы

1,00	20	750	400	170	100
1,50		500			55
2,00		375			30

## Трубы с резьбой

2,5	90	300	150	650	80
3,0		250			60
4,0		187			45
5,0		150			30

## Водопроводные трубы

6,0	160	125	120	1200	55
8,0		94			30
10,0		75			20
12,0		62,5			20
14,0		47			15
16,0					10

\* Рабочие параметры для неизменяемой частоты.

### Основные и присадочные материалы

Сварка вращающимся трансформатором выполняется без присадочного материала. Используются основные материалы соответствуют TGL 9413, TGL 14183 и TGL 7143. Стали марок St 35u, St35b, St42b, St35-3, St52-3, St35-5, St45-5, 15Mo3, 13CrMo4.4, 10CrMo9.10, X10CrNiTi18.10 (индекс «u» — кипящая, b — спокойная).

### Техника сварки

Параметры сварки — табл. 1.86.

Скорость сварки зависит от толщины стенки трубы и расстояния между прихватками (измеряемой длины полупериода), которого следует придерживаться для обеспечения достаточной плотности трубы (однако не менее расстояния между свариваемыми точками):  $(0,2) 0,5-2,0s$ , где  $s$  — толщина стенки трубы.

При частоте  $f = 50$  Гц задают скорость, равную 100 свариваемым точкам в секунду, так что предельная скорость сварки трубы с толщиной стенки 3 мм  $v_s \approx 20$  м/мин. Скорость сварки можно повысить при увеличении частоты и сохранении расстояния между прихватками. В связи с этим используют повышенные неизменяемые и изменяемые частоты. Диапазоны частот неизменяемых 50, 100, 150, 300 и 400 Гц, изменяемых 50—900 Гц. Выбор частоты осуществляют по формуле  $f = 750/s$ , где  $s$  — толщина стенки, мм.

После сварки готовые стальные трубы подвергают термообработке. Образующийся внутри и снаружи грат удаляют из нагретой зоны сварного шва с помощью горячей резки. Обусловленный перегревом в зоне сварного шва укрупнение зерен устраняют отжигом.

После сварки готовые стальные трубы подвергают термообработке.

Образующийся внутри и снаружи грат удаляют из нагретой зоны сварного шва с помощью горячей резки. Обусловленный перегревом в зоне сварного шва укрупнение зерен устраняют отжигом.

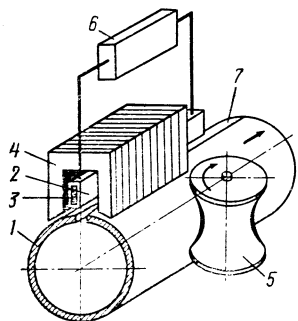


Рис. 1.62. Сварка труб со стержневым индуктором:

1 — несваренная часть трубы; 2 — токопроводящая шина; 3 — охлаждающий канал; 4 — магнитное ядро; 5 — пара нажимных роликов; 6 — индукционный генератор; 7 — сваренная часть трубы

Параметры: частота  $f = 1-10$  кГц; мощность генератора  $P = 100-800$  кВА; скорость сварки  $v_s = 6-60$  м/мин; удельная нагрузка при стыковании  $P = 20-40$  Н/мм<sup>2</sup>; удельный расход энергии  $\omega = 25-50$  кВт·ч/т металла трубы (при толщине  $s = 3-6$  мм и скорости сварки  $v_s = 13-28$  м/мин).

Рекомендации по исполнению соединений: края полосы нужно обрабатывать до металлического блеска (допускается прокатная окалина), но на них не должно быть заметных неровностей.

Оборудование: линии трубного производства в виде установок одноцелевого назначения.

### Основные и присадочные материалы

Сварку выполняют без присадочного материала.

В качестве основного материала используют все легированные трубные стали.

### Техника сварки

Ориентировочные параметры — табл. 1.87.

<sup>1</sup> Benkowsky G.; Induktionserwärmung. Berlin: VEB Verlag Technik, 1973.

ТАБЛИЦА 1.87

### ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ СТАЛЬНЫХ ТРУБ ТОКАМИ СРЕДНЕЙ ЧАСТОТЫ

Толщина $s$ , мм	Мощность $P^*$ , кВА	Скорость сварки $v_s^*$ , м/мин	Толщина $s$ , мм	Мощность $P^*$ , кВА	Скорость сварки $v_s^*$ , м/мин
2	100	20	6	200	10
	200	28		400	15
4	100	10	8	600	20
	200	18		600	10
	400	24		800	17

\* К. п. д. преобразования энергии  $\approx 70\%$ .

Применяемая частота в зависимости от толщины стенки при сварке стальным труб:

Частота, кГц	8—10	4	2	1
Толщина стенки, мм	1,5—3,5	2,5—5,5	4,5—9	6,5—13

В результате большого удельного давления образуется значительный грат, который следует удалить из зоны сварки. При последовательном расположении стержневых индукторов одинаковой или различной мощности можно проводить предварительный и окончательный нагрев, а также сварку труб с большой толщиной стенок.

С помощью сварки изготавливают высококачественные стальные трубы в соответствии с условиями поставки на сварные стальные трубы.

### 1.2.11.3. Сварка токами высокой частоты (HF-)

Принцип сварки (рис. 1.63—1.65).

#### Границы применимости

Размеры: диаметр труб  $D = 10-1000$  мм, толщина листа или толщина стенок труб  $s = 0,5-15$  мм.

Группы материалов: низкоуглеродистые и высокоуглеродистые трубные стали; инструментальные и

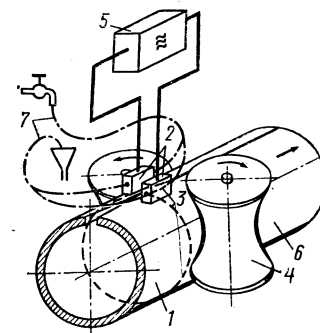


Рис. 1.63. Сварка токами высокой частоты с контактными электродами:

1 — несваренная часть трубы; 2 — скользящий контакт тока высокой частоты; 3 — зона токопрохождения на трубе; 4 — пара нажимных роликов; 5 — генератор высокой частоты; 6 — свариваемая труба; 7 — охлаждение водой

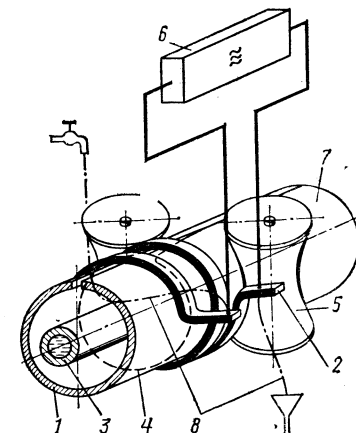


Рис. 1.64. Сварка токами высокой частоты кольцевым индуктором (метод «Induweld»):

1 — шлицевая труба; 2 — кольцевой индуктор; 3 — магнитный сердечник (используется при малом диаметре труб); 4 — зона токопрохождения; 5 — пара нажимных роликов; 6 — генератор высокой частоты; 7 — сваренная часть трубы; 8 — охлаждение водой

марганцовистые стали; нержавеющие и кислотостойкие стали с содержанием хрома не более 12 %; цветные металлы — медь, латунь, бронза, алюминий и его сплавы, цирконий и монель-металл.

Область использования: сварка труб и полых профилей с продольным швом (профильные трубы, открытые и закрытые листовые профили любого вида); сварка труб со спиральным швом; наплавка продольных и спиральных ребер на трубы (трубы теплообменников); сварка встык труб и профилей; продольная сварка встык катаных полос.

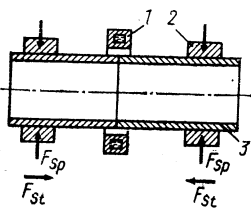


Рис. 1.65. Стыковая сварка труб с кольцевым индуктором под действием сжимающего усилия:

1 — кольцевой индуктор; 2 — зажимные колодки; 3 — труба/профильная заготовка

Параметры: частота  $f = 450$  кГц; сварочный ток  $I_s = 100 \div 2000$  А; потребляемая мощность  $P_s = 25 \div 280$  кВт; мощность генератора высокой частоты  $P = 50 \div 560$  кВА; скорость сварки стальных изделий  $v_s = 10 \div 100$  (120) м/мин; цветных металлов,  $v_s = 8 \div 80$  м/мин. См. также табл. 1.88.

Рекомендации по исполнению соединений: горячекатаную полосовую сталь сваривают без предварительной обработки.

ТАБЛИЦА 1.88

РАБОЧИЕ ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ ТРУБ ИЗ СТАЛИ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ С КОНТАКТНЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Толщина $s$ , мм	Мощность $P_s$ , кВт	Скорость сварки $v_s$ , м/мин	Толщина $s$ , мм	Мощность $P_s$ , кВт	Скорость сварки $v_s$ , м/мин
<i>Трубы из стали</i>			10	280	18
1	25	20	12	280	15
	60	50	15	280	10
	140	100	4,65 *	60	10
2	60	30	9,6 **	140	—
	140	65	<i>Трубы из алюминия</i>		
3	60	18	0,5	25	28
	140	40	1,0	60	90
	280	80		25	20
4	60	10	60	55	<i>Трубы из меди — латуни</i>
	140	30	1,5	60	
	280	58	2,0	60	
5	140	20	0,8	60	50
	280	45		1,0	60
6	140	15	1,5	60	15
	280	36	2,0	60	8
8	140	8			
	280	25			

\* 0,23 % С, 0,46 % Мп;  $D = 115$  мм. \*\* 0,16 % С, 0,36 % Мп;  $D = 406$  мм.

## Оборудование

Используют только укомплектованные линии для производства труб и заготовок и унифицированные узлы для производства черновых заготовок и листов; генераторы высокой частоты мощностью 25, 60, 140, 280 кВт (в целом для индукционного нагрева). Водоохлаждаемые контакты из вольфрама и кольцевые индукторы собственного производства.

## Основные и присадочные материалы

Сварка выполняется без присадочных материалов.

При применении охватывающего (кольцевого) индуктора отсутствует износ контактирующих поверхностей. Электрический режим регулируют изменением силы тока в индукторе, числа обмоток и частоты.

## Техника сварки

При локальном кратковременном поверхностном нагреве происходят структурные изменения на поверхности, такие как расслоение, укрупнение зерна и взаимодействие с атмосферой, приводящие к ухудшению качества поверхности. Образуется небольшая грат, который удаляется механической обработкой после сварки. При использовании контактных электродов возможен локальный пережог материала, обнаруживаемый при визуальном контроле. Это происходит вследствие несовершенной передачи тока и неправильного выбора параметров сварки.

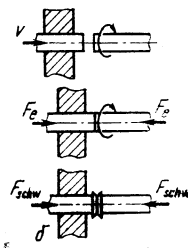


Рис. 1.66. Принцип сварки: а — схема; б — эскиз ( $F_{Schw}$  — давление при сварке)

## 1.2.12. СВАРКА ТРЕНИЕМ (R-)

Принцип сварки (рис. 1.66)

Сварка трением — соединение однородных или разнородных металлов прижатием свариваемых поверхностей друг к другу с одновременным развитием трения скольжения.

## Границы применимости

Размеры: диаметр сплошных изделий  $D = 5 \div 100$  мм, диаметр труб  $D$  до 400 мм. Группы материалов: см. рис. 1.67.

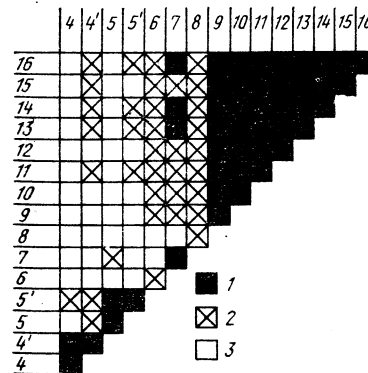


Рис. 1.67. Сочетания материалов при сварке трением:

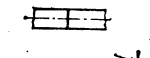
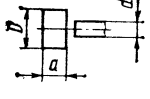
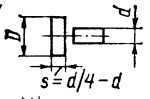
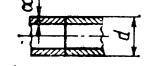
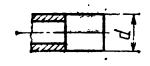

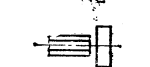
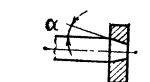
1 — свариваются хорошо; 2 — свариваются в определенных условиях; 3 — свариваются плохо или нет данных; 4 — медные сплавы; 4' — медь; 5 — алюминиевые сплавы; 5' — алюминий; 6 — быстрорежущая сталь; 7 — аустенитная хромоникелевая сталь; 8 — мартенситная хромистая сталь; 9 — легированная улучшаемая сталь с  $>0,35$  % С; 10 — то же,  $<0,35$  % С; 11 — легированная цементуемая сталь; 12 — углеродистая улучшаемая сталь с  $>0,35$  % С; 13 — то же,  $<0,35$  % С; 14 — углеродистая цементуемая сталь; 15 — конструкционная сталь с  $>0,35$  % С; 16 — то же,  $<0,35$  % С

Область использования: производство валов, инструментов, фланцев, винтов, колец, ступиц, осей, болтов.

Параметры: сварка обычным методом — давление при нагреве  $p_e = 10 \div 200$  МПа, давление при сварке  $p_s = 20 \div 400$  МПа, скорость вращения  $n = 300 \div$

ТАБЛИЦА 1.89

## ПРИМЕРЫ ИСПОЛНЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ ТРЕНИЕМ

Форма соединения	Применение	Особенности подготовки свариваемых кромок
	Пруток — пруток $a > d$	Непараллельность торцовых поверхностей $< 3^\circ$
	Различные поперечные сечения $s = d/4 \div d$	$D/d \leq 3$ $D/d > 3$
	Шайба — пруток $s = d/4 - d$	При $D \leq 120$ мм $s/d = 0,25 \div 1$ ; при $D \geq 120$ мм $d \geq 25$ мм
	Труба — труба	$10 < d \leq 30$ мм; $s \geq 3$ мм $30 < d \leq 50$ мм; $s \geq 5$ мм $50 < d \leq 400$ мм; $s \geq 10$ мм
	Труба — пруток	Для углеродистых и низколегированных сталей $d/6$
	Труба — пруток	Для сочетаний материалов
	Труба — плита	Для углеродистых сталей Для сочетаний материалов и легированных сталей
	Коническое соединение	Угол скоса $\alpha \approx 10^\circ$

$\div 3000$  об/мин, продолжительность нагрева  $t_e = 1 \div 100$  с, продолжительность сварки  $t_s = 1 \div 10$  с. Наплавка — давление  $p_e = 3 \div 8$  МПа, скорость вращения  $n = 1000 - 2500$  об/мин.

Сварка трением маховиков —  $p_e = p_s = 20 \div 300$  МПа,  $n = 900 - 5400$  об/мин, продолжительность нагрева  $t_e = 0,125 \div 2$  с.

Исполнение соединений — табл. 1.89.

При использовании наружных кольцевых индукторов не наблюдается износа в отличие от случаев применения контактных электродов. Параметры тока определяются силой тока в индукторе, числом витков и частотой.

ТАБЛИЦА 1.90

## МАШИНЫ ДЛЯ СВАРКИ ТРЕНИЕМ (НАПРЯЖЕНИЕ 220/380 В)

Индекс оборудования	Диаметр свариваемых деталей $d^*$ , мм	Усилие $F_{max}$ , кН	Скорость вращения $n$ , об/мин	Мощность $P$ , кВт	Изготовитель, примечание
MCT-0201	8—18	25	2000	5,5	СССР
MCT-2001-1	16—36	200	1000	22	СССР, Гомель
MCT-2001	16—50	200	750	40	СССР
MCT-4001	32—70	400	1000	75	СССР, Краматорск
MCT-12001	45—100	1200	500	160	СССР, Краматорск
MCT-12002	Al 120	1200	300	200	Специальные машины для трубопроводов из стали и алюминия
MCT-12003	Сталь 180		300		Специальные машины для труб
MCT-12003	73—168	1200	600	1600	Специальные машины для труб
ZTb-10	10—30	45	1450	13	ПНР, Гливице
ZT3-22	15—45	200	750	16	То же
			1000	22	
			1500	27	
M801	10—36	100	Не более 2400	11	ВНР, сварка маховиков
SchR100	32—90	1000	408	100	ГДР, AWL, GUK
RSА39	15—39	220	1000	22	ГДР, Werkö
RSM50	30—60	200	500—1500	30	ГДР, Weimar-Werk
FW15	5—15	14	2750	5,5	Япония, Тойода
			5500		
FW30	10—30	54	750—3000	11	То же
FW60	20—60	170	500—2000	22	»
FS-O/H	6—20	30	2250	6	Великобритания, Steelweld
			3000		
			4500		
FS-4/H	30—100	500	500	75	То же
			660		
			1000		
RS15003	20—40	150	500	32	ФРГ, КУКА
			1000		

\* Данные для углеродистых и низколегированных сталей.

## Оборудование (табл. 1.90)

## Выбор основных и присадочных материалов, термообработка

При сварке присадочные материалы не используют, при наплавке применяют стеллит, сормайт. Режим термообработки выбирают в соответствии с требованиями, предъявляемыми к свариваемым материалам (аналогично стыковой сварке оплавлением; см. 1.2.6).

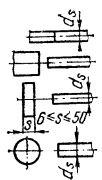
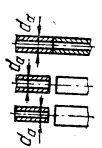
## Техника сварки

Управление процессом сварки трением по времени  $t_e$  или по длине трения.

Подготовка торцовых поверхностей с помощью заправки, токарной обработки, обрезки абразивным кругом и отрубки (непараллельность торцовых поверхностей  $< 3^\circ$ ) или использование деталей, полученных обработкой давлением.

ТАБЛИЦА 1.91

ДАВЛЕНИЕ ПРИ НАГРЕВЕ ( $p_e$ ) И СВАРКЕ ( $p_s$ )

Сечение	$p_e$ , МПа, при $n$ , об/мин	
	1000	400
Сплошное 	30 ( $d_s = 15 \div 40$ мм)	50 ( $d_s = 35 \div 100$ )
Полое 	20—30 ( $d_a = 15 \div 50$ )	50 ( $d_a = 40 \div 160$ )

Примечание 1. При диаметре  $d_s >$  более 35 мм нужно выбрать повышенное значение  $p_e$  ( $p_e = 80 \div 120$  МПа) для следующих групп материалов: магнитные хромистые стали, аустенитные стали, быстрорежущие стали, а также комбинации этих сталей с улучшаемыми сталями. 2. Во всех случаях  $p_s = 2p_e$ .

При сварке трением материалов с большой разницей в пластических свойствах следует уменьшить пластическую деформацию более мягкого материала за счет обжимной обоймы.

Тонкостенные трубы и детали специальной формы обрабатываются с использованием специального зажимного устройства.

#### Пример выбора рабочих параметров

1. Определение параметров давления при нагреве и сварке табл. 1.91, рис. 1.68.
2. Определение продолжительности нагрева  $t_e$  для групп материалов — табл. 1.92 и рис. 1.69.
3. Определение величины сокращения  $\Delta l$  — по рис. 1.70.

Схема выбора рабочих параметров сварки обстоятельно описана в работе [5]. После эмпирического подбора оптимальных рабочих параметров и соблюдения их при сварке получают высококачественные сварные соединения при весьма высокой воспроизводимости свойств.

Предел прочности при растяжении сварного шва превышает предел прочности основного материала.

Угол загиба  $180^\circ$  при достаточно высокой вязкости основного материала без образования трещин в шве.

Контроль качества может быть сведен к наблюдению за рабочими параметрами сварки (см. 1.5).

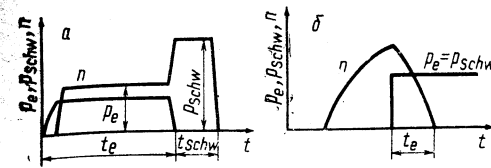


Рис. 1.68. Программа давление — время ( $p_{Schw}$  — давление сварки) а — обычная сварка трением; б — сварка трением маховиков

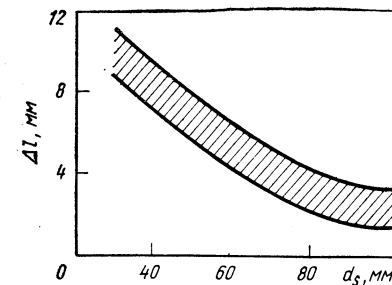


Рис. 1.70. Уменьшение длины  $\Delta l = f(d_s)$  для сплошных сечений (фрагмент):  
 $p_e$  — давление при нагреве:  $p_e = 50$  МПа;  
 $p_{Schw}$  — давление при сварке:  $p_{Schw} = 2p_e$ ;  
 $t_{Schw}$  — продолжительность сварки:  $t_{Schw} = 3$  с = const;  $n = 400$  об/мин

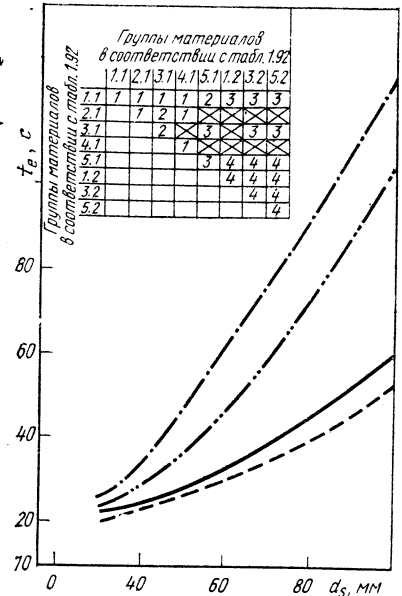


Рис. 1.69. Продолжительность нагрева;  $t_e = f(d_s)$  для сплошных сечений (фрагмент):  
 $p_e$  — давление при нагреве, равное 50 МПа (const);  $p_{Schw}$  — давление при сварке:  $p_{Schw} = 2p_e$ ;  $t_{Schw}$  — продолжительность сварки;  $t_{Schw} = 3$  с = const;  $n = 400$  об/мин

ТАБЛИЦА 1.92  
ГРУППЫ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СВАРКИ ТРЕНИЕМ  
СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Стали	Материал с $C \leq 0,35\%$	Материал с $C > 0,35\%$
Конструкционные	St34; St38u-2*; St38b-2*; St42u-2*; St50-2; H52-3; St35; StA-I; StA-III; KT45-2	St60-2; St70-2
Углеродистые цементуемые	CK10; C15	—
Углеродистые улучшаемые	C25; C35	C45; C55; C60
Легированные цементуемые	16MnCr5; 18CrNi8; 20MnCr5; 20MoCr5; 22MoCr5	—
Легированные улучшаемые	25CrMo4; 30CrMo4; 34CrMo4; 34Cr4	37MnSi5; 30Cr4; 42MnV7; 50CrV4
Магнитные хромистые стали	X20Cr13; X22CrNi17	X35CrMo17
Аустенитные хромоникелевые стали	X8CrNiTi18.10; X8CrNiMoTi18.11; X10CrNiWVTi18.9; E1617	—
Быстрорежущие стали	—	X82WMo6.5; X85WMoCo6.5.5

\* Индекс «u» — кипящая, «b» — спокойная.



### 1.2.13. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СВАРКА (US)

Принцип сварки (рис. 1.71)

При ультразвуковой сварке колебательные движения ультразвуковой частоты разрушают неровности поверхности и окисленный слой, а также частицы, внедряющиеся в металлическую поверхность. Благодаря колебательному процессу и небольшому механическому усилию обеспечивается течение металла без внешнего подвода тепла.

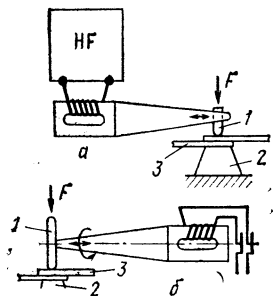


Рис. 1.71. Принцип сварки: а — точечная сварка; б — шовная сварка; 1 — наконечник волновода; 2 — опора; 3 — заготовка

#### Границы применимости

Размеры: толщина  $s = 0,005 \pm 3,0$  мм (алюминий); диаметр  $D = 0,01 \div 0,5$  мм.

Группы материалов: см. рис. 1.72.

Область использования: производство полупроводников, соединение весьма тонких фольг и проволоки, производство конденсаторов, микроприборов и микроэлементов для электроники, приборов точной механики и оптики, производство реакторов, автомобильная промышленность, производство полупроводниковых элементов, производство упаковочных материалов.

Параметры: частота  $f = 4 \div 100$  кГц; скорость сварки  $v_s = 2 \div 15$  м/мин; мощность  $P = 20 \div 8000$  Вт (50 кВт); продолжительность сварки  $t_G = 0,1 \div 3$  с; усилие  $F = 5 \div 4000$  Н; толщина изделия  $A = 5 \div 35$  мкм.

Рекомендации по исполнению соединений: выбор формы волновода — в соответствии со свариваемой деталью (табл. 1.93).

Al-сплавы	Be-сплавы	Cu, латунь	Ge	Au	Сталь, железо	Mg-сплавы	Mo-сплавы	Ni-сплавы	Pd-сплавы	Pt-сплавы	Si	Ag-сплавы	Ta-сплавы	Sn	Ti-сплавы	Nb-сплавы	W-сплавы	U	Zr-сплавы	V	Стекло	
■																						
	■																					
		■																				
			■																			
				■																		
					■																	
						■																
							■															
								■														
									■													
										■												
											■											
												■										
													■									
														■								
															■							
																■						
																	■					
																		■				
																			■			
																				■		
																					■	
																						■

■ свариваются хорошо

Рис. 1.72. Сочетания свариваемых материалов

ТАБЛИЦА 1.93

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ВОЛНОВОДА И ОПОРЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОРМЫ СОЕДИНЕНИЯ

Форма соединения	Рекомендации по выбору формы волновода и шабота
Два параллельных провода	8
Два провода с перемычками	
Провод на листе	
Многопроводочная проводка на листе	
Лист на листе	
Тавровый профиль на листе	
Тавровый профиль на трубе	

Примечание. Верхняя свариваемая деталь должна колебаться вместе с волноводом.

#### Оборудование

Сварочная установка DB10 для ультразвуковой сварки проволоки в несерийном производстве.

Механическая сварочная установка DB20 для ультразвуковой сварки цоколей.

Механизированная сварочная установка DB30 для ультразвуковой сварки полос гребчатого типа.

Автоматическая сварочная установка SB834/31 для ультразвуковой сварки полос гребчатого типа.

Автоматическая сварочная установка SB834/33 для ультразвуковой сварки цоколей.

Кроме того, поставляется ряд сварочных машин, собираемых из стандартных узлов:

- сварочная установка PDB 41 для промышленного производства;
- сварочные установки LDB 70 и LSB 65 для лабораторного оборудования;
- сварочная установка ВН с ручной подачей рубленой проволоки для гребенок;
- сварочная установка радиального типа RDB 50.

Источники питания: генераторы высокой частоты в интервале 4–100 кГц и мощностью 0,02–8 кВт.

Материал волновода: инструментальная сталь С 100V1, углеродистая, высоколегированная сталь, монель-металл (медноникелевый сплав).

Материал опоры: углеродистая сталь, высоколегированная сталь, вольфрам.

Выбор основного и присадочного материала

Особых ограничений нет.

#### Техника сварки

Свариваемые части необходимо перед сваркой подвергнуть обезжиривающей обработке; анодированные слои и аналогичные покрытия, а также покрытие из пластмассы удалять не нужно.

ТАБЛИЦА 1.94  
ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ  
ПРИ  $f = 15$  кГц

Материал, форма соединения	Технологические параметры		
	толщина листа s (диаметр проволоки), мм	мощность P, Вт	продолжительность сварки, $t_s$ , с
Провод:			
из алюминия и золота на металлизированных подложках . . . . .	0,18—1,25	20	—
из алюминия . . . . .	0,1	100	—
из чистого алюминия . . . . .	0,3	100	—
из золота, никеля, меди	0,05	100	—
Алюминий на алюминий . . . . .	2×0,5	500—600	—
Нержавеющая сталь . . . . .	2×0,2	500—600	—
	2×0,5	2000	—
Медь . . . . .	2×0,2	500—600	—
	2×1,0	2000	—
Ковар (Fe—Ni—Co) . . . . .	2×0,2	500—600	—
Алюминий на сталь . . . . .	2×0,2	500—600	—
Высоколегированная сталь с ниобием * . . . . .	—	—	1
Молибден * . . . . .	—	—	2
Чистый алюминий . . . . .	2×2,5	2000	<6
AlMg3 . . . . .	2×1,0	2000	
Циркалой . . . . .	2×0,5	2000	
Латунь . . . . .	2×0,5	2000	
Бериллий . . . . .	0,25	2000	
	0,45	4000	
Сплавы алюминия . . . . .	2×2,5	4000	
Сплавы меди . . . . .	2×2,5	4000	
Железо и сталь . . . . .	2×1,5	4000	
Шовная сварка, чистый алюминий	2×0,1	250	
	2×0,005—0,2	600	
	2×0,5	2000	

Примечание. Ультразвуковую сварку применяют при изготовлении контактов.

\* Толщина A = 0,03 мм.

Требуется обеспечить соответствие между природой свариваемого материала и условиями сварки.

Параметры сварки — табл. 1.94.

Слишком продолжительное время сварки (5 с) способствует усталостному разрушению свариваемого материала или разрыву полученного соединения. Оптимальное время сварки ограничено весьма узкими пределами из-за необходимости получения высоких прочностных свойств соединения. Расстояния между точками при точечной ультразвуковой сварке следует выбирать в зависимости от акустической проводимости; слишком малые расстояния могут вызвать разрыв соседней точки.

При сварке тонких деталей, мягких материалов, при невысокой мощности сварки следует выбирать минимальное механическое усилие. При сварке толстых изделий, твердых материалов, при высокой мощности сварки применяется значительное механическое усилие.

Не сваривают крестообразные соединения проводов.

#### 1.2.14. ДИФФУЗИОННАЯ СВАРКА (D-)

Принцип сварки (рис. 1.73)

Диффузионной сваркой соединяют материалы в твердом состоянии. Соединение происходит благодаря диффузии материалов при незначительной макродеформации. Диффузионные процессы развиваются в течение определенного времени под давлением и воздействием теплоты.

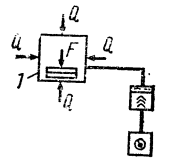


Рис. 1.73. Принцип сварки (I — изделие)

#### Границы применимости

Размеры: соединения с большой поверхностью, детали с резко переменными сечениями и с сильно отличающимися температурами плавления.

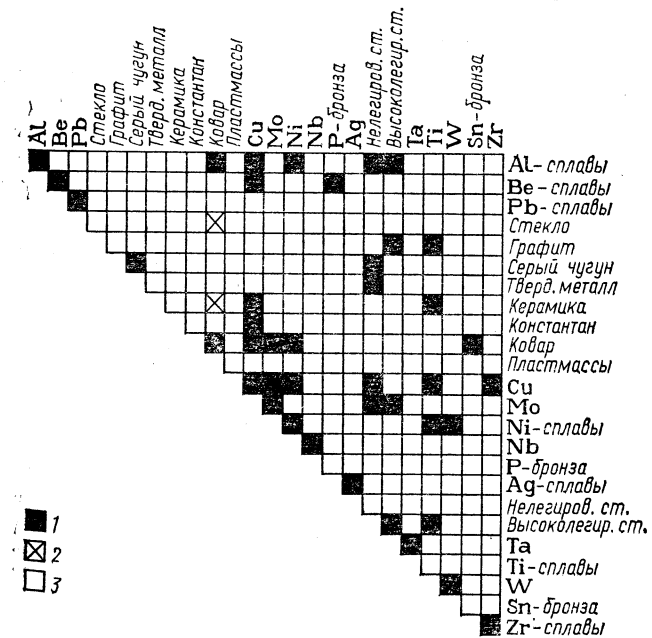


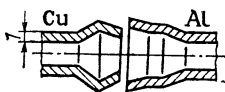
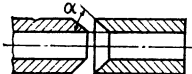

Рис. 1.74. Сочетания свариваемых материалов:  
1 — свариваются хорошо; 2 — свариваются при определенных условиях; 3 — не свариваются или нет данных

Группы материалов (рис. 1.74): одинаковые свариваемые материалы, одинаковые свариваемые материалы с тонкой промежуточной прокладкой из другого материала (диффузионная пайка), различные свариваемые материалы, различные материалы с тонкой промежуточной прокладкой (см. рис. 1.74).

УСТАНОВКИ ДЛЯ ДИФфуЗИОННОЙ СВАРКИ  
(ИЗГОТОВИТЕЛЬ — СССР)

Область использования: изготовление тормозных деталей, инструментов, мембранных коробок, деталей пуансона и матрицы, отдельных деталей для электровакуумных и электронных приборов.

Параметры: вакуум  $p_v = 10^{-1} \div 10^{-4}$  Па, давление обжатия  $p_{st} = 5 \div 25$  МПа, температура  $T_A = (0,7 \div 0,8) T_S$ , продолжительность  $t_G = 5 \div 120$  мин.  
Рекомендации по исполнению соединений:

Форма соединений	Применение	Примечания
Соединения: внахлестку или стыковые соединения	Изготовление реакторов	Полный металлический контакт обоих соединяемых компонентов
	Изготовление охладителей	Вариант подготовки соединения внахлестку (защищено патентом) с помощью холодной деформации
Тонкостенные трубы	Изготовление вакуумных приборов	Подготовка конуса $\alpha \approx 30^\circ$
	Комбинации материалов	Надежное соединение получают при геометрическом замыкании; размер соединяемых поверхностей увеличен; при разрушении не наблюдается разделение соединенных частей диффузионной зоны
	Сплавы алюминия, высоколегированные стали	

## Оборудование (табл. 1.95)

Установки для диффузионной сварки состоят из следующих узлов: вакуумная камера, вакуумные насосы, зажимные устройства, система сжатия, приборы для нагрева деталей, КИП и приборы управления.

Источники питания: индукторы высокой частоты, нагрев электронным лучом, нагрев сопротивлением и т. д.

Выбор основных и присадочных материалов.

Допускается сварка через промежуточную прокладку для ускорения процесса диффузии и для устранения образования хрупких интерметаллических фаз.

Материалы, свариваемые через прокладки	Прокладка
Молибден—молибден	Титан
Mo + 0,5 % Ti—Mo + 0,5 % Ti	»
Вольфрам—вольфрам	Ниобий
Ниобий—ниобий	Цирконий
Тантал—тантал	»
Высоколегированная сталь—высоколегированная сталь	Бериллий
Высоколегированная сталь—высоколегированная сталь	Никель—бериллий
Титан—медь	Молибден
Титан—медь	Ниобий
Молибден—высоколегированная сталь	Никель
Циркаллой—циркаллой	Медь
Бериллий—медь	Золото
Бериллий—медь	Серебро—медь
Бериллий—медь	Серебро—медь—индий
Алюминий—ковар	Медь

## Техника сварки (табл. 1.96)

Индекс оборудования	Мощность питания, кВт	Тип нагрева	$T_A, ^\circ\text{C}$	Параметры	Производительность, шт/ч
А306.08	6	Высокочастотный	До 1300	$h = 180$ мм, $d = 120$ мм	—
СДВУ-4	60	То же	300—1200	—	100
СДВУ-4М	60	»	300—1200	—	400 *
СДВУ-5К	20	Сопротивлением	300—1200	$d = 100$ мм	10—15
СДВУ-6М	—	Высокочастотный	До 300	Размеры камеры: $250 \times 250 \times 280$ мм	—
СДВУ-7	150	Индуктивный	—	$l = 340$ мм, $l = 35$ мм	140—150
СДВУ-9	207	Высокочастотный	700—1200	Максимальная поверхность сварки $100 \text{ см}^2$	150—800
СДВУ-12	20	Высокочастотный	400—1000	То же, $18 \text{ см}^2$	30
СДВУ-15	60	То же	До 2000	$300 \times 250 \times 400$ мм	—
СДВУ-25	340	»	700—1200	Максимальная поверхность сварки $100 \text{ см}^2$	150

\* В смену.

ТАБЛИЦА 1.96

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДИФфуЗИОННОЙ СВАРКИ  
ИЛИ ДИФфуЗИОННОЙ ПАЙКИ

Свариваемые материалы			Технологические параметры		
I	II	прокладка	температура $T_A, ^\circ\text{C}$	нагрузка $P_{St}, \text{МПа}$	время $t_G, \text{мин}$
Медь	Молибден	—	900	7,5	10
»	Сталь	—	900	5	10
»	Никель	—	900	15	20
»	Медь	—	800—850	5—7	15—20
Титан	Никель	—	800	10	10
»	Медь	Молибден	950	5	30
»	»	Ниобий	950	5	30
»	»	—	800	5	30
Молибден	Молибден	Титан	915	7000	20
»	Сталь	—	1200	5	10
Вольфрам	Вольфрам	Ниобий	925	7000	20
Ковар	Ковар	—	1000—1110	25—20	20—25
Сталь	Чугун	—	850—950	15	5—7
»	Алюминий	—	500	7,5	30
»	»	—	550	5	10

Примечание. Подготовка поверхности: необходимо обеспечить безупречное качество и ровность поверхности, удаление газообразных, жидких или органических субстанций.

## 1.2.15. ТЕРМОКОМПРЕССИОННАЯ СВАРКА (ТС-)

Принцип сварки (рис. 1.75)

При термокомпрессионной сварке соединяемые детали прижимаются друг к другу сварочным инструментом специальной формы при температуре, не доходящей до точки плавления материалов свариваемых деталей. Благодаря постоянному подводу тепла поддерживается неизменная температура свариваемых деталей, в то же время прикладываемая нагрузка вызывает пластическую деформацию и обеспечивает соединение деталей на атомарном уровне.

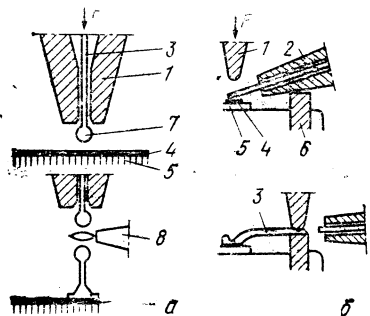


Рис. 1.75. Принцип сварки:  
а — сварка с игольчатой головкой; б — сварка с резцом; 1 — сварочный инструмент (капилляр или клин); 2 — подача проволоки; 3 — проволока; 4 — амортизирующий слой; 5 — полупроводниковая пластинка; 6 — стойка; 7 — шарик; 8 — водородный факел.

(инструмент); продолжительность сварки  $t = 400 \div 1000$  мс на выполнение одной перемычки.

**Оборудование** (табл. 1.97).

Сварочные машины для термокомпрессионной сварки.

Ручные: PDB 41 (ГДР), EM-439 (СССР).

Автоматические: ADB-TC 3121 (ГДР), V-290R (ЧССР), EM-490 (СССР).

**Материалы и инструменты:** капилляры из стекла и карбида вольфрама, стальные резы.

**Выбор основных и присадочных материалов**

Выбор основных и присадочных материалов не требуется.

**Техника сварки**

Условия термокомпрессионной сварки:

1. Параметры нагрузки, температуры и продолжительности сварки должны обеспечить достаточное пластическое течение металла в зону контакта, в результате чего разрушается пленка примесей на контактной поверхности.

2. Рабочая температура должна быть ниже минимальной эвтектической температуры применяемой комбинации материалов, но выше температуры рекристаллизации свариваемых материалов.

3. Деформация соединяемых деталей должна быть достаточной в месте соединения, но в то же время поперечное сечение изделий, например, проволоки, не должно уменьшаться более чем на 50 %.

4. При выполнении соединения между проволокой и слоем металла размер соединительной поверхности должен превышать поперечное сечение проволоки.

5. Во избежание концентрации напряжений радиусы сварочных инструментов должны быть как минимум такими же, как у свариваемой проволоки.

Тепло может быть подведено к месту сварки нагревом инструмента, удерживающего свариваемые детали, нагревом сварочного инструмента или одновременным нагревом обоих инструментов.

Для образования соединения можно использовать механические колебания.

## МАШИНЫ ДЛЯ ТЕРМОКОМПРЕССИОННОЙ СВАРКИ

Ручные сварочные установки

Оборудование	PDB-41	EM-439	479
Изготовитель	Elektromat, ГДР	СССР	Kulicke und Soffa, ГДР
Производительность, операций/ч	2500	1000	—
Свариваемые детали	Ламповые цоколи	Гребенка	Ламповые цоколи
Опорная часть	Гребенка	20 полос	Гребенка
Емкость магазина	180 цоколей на 30 гребенок	на каждый магазин 18—50	—
Диаметр обрабатываемой проволоки, мкм	18—50	18—50	18—50

Сварочные автоматы

Оборудование	ADB-TC 3121	V-290R	EM-490
Изготовитель	Elektromat, ГДР	Tesla	СССР
Программа позиционирования	Корректируется	Неизменная	Корректируется
Корректировка	Электронная	Без корректировки	Электронная
Допустимые размерные отклонения положения проволоки	$\Delta x \pm 0,5$ мм; $\Delta y \pm 0,5$ мм; $\pm 5^\circ$	$\Delta x \pm 0,5$ мм; $\Delta y \pm 0,5$ мм; $\pm 0,4^\circ$	$\Delta x \pm 0,5$ мм; $\Delta y \pm 0,5$ мм; $\pm 5^\circ$
Допустимые отклонения положения гребенки	$\Delta r \pm 100$ мкм	$\Delta r \pm 90$ мкм	$\Delta r \pm 100$ мкм
Управление	Двухручный манипулятор $x/y/\rho$ , световой крест под микроскопом	Двухручный манипулятор $x/y/\rho$ , три винтовых позиционера, микроскоп	Двухручный манипулятор $x/y/\rho$ , световой крест под микроскопом
Программирование	Свободное программирование штекерной панелью	Перфокарта	Свободное программирование штекерной панелью

## 1.2.16. ХОЛОДНАЯ СВАРКА (КР-)

Принцип сварки (рис. 1.76)

Холодная сварка представляет собой соединение однородных или неоднородных металлов при температуре ниже минимальной температуры рекристаллизации; сварка происходит благодаря пластической деформации свариваемых металлов в зоне стыка под действием механического усилия.

Границы применимости

Размер поперечных сечений: 1—1000 мм<sup>2</sup>.

Группы материалов: металлы и комбинации металлов с высокой деформируемостью в холодном состоянии и с возможно более высоким различием по твердости между металлом и оксидами металла (рис. 1.77).

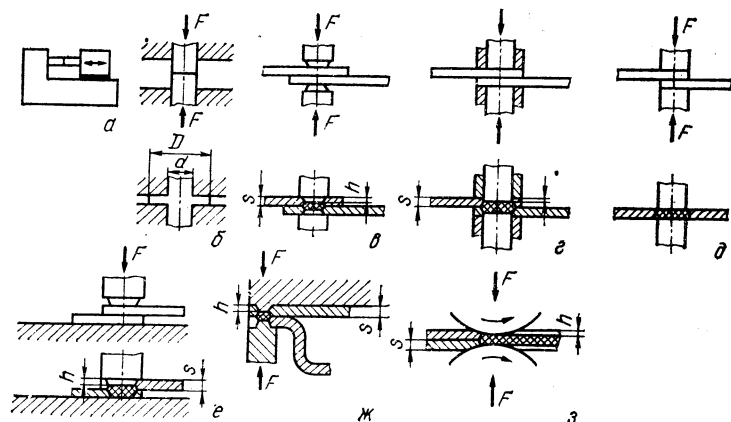


Рис. 1.76. Принцип и схема сварки: а — принцип; б — сварка встык; в—е — сварка внахлестку; ж, з — шовная сварка

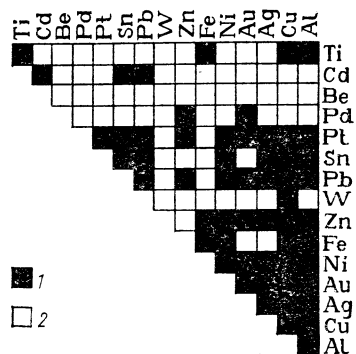


Рис. 1.77. Сочетания свариваемых материалов: 1 — свариваются хорошо; 2 — не свариваются или нет данных

Область использования: изготовление контактов на пластинках, медных контактов на алюминиевых шинах, производство медных и алюминиевых шин, кабельных наконечников, точечная приварка медных листов к алюминиевым коммутационным элементам и к кабельным наконечникам.

Параметры.

Стыковая сварка: относительное утолщение, %:

$$\epsilon_s = 100 (D^2 - d^2)/d^2,$$

где  $D$  — диаметр утолщения, образующегося при осадке;  $d$  — диаметр провода.

Параметр  $\epsilon_s$  зависит от материала (степени его чистоты и деформации при растяжении, а также от прочностных свойств); для алюминия  $\epsilon_s > 150\%$ , для меди  $\epsilon_s > 175\%$ ; свободная длина при осадке  $0,8d$ .

Сварка внахлестку: уменьшение толщины, %:  $\epsilon_a = 100h/s$ , где  $h$  — глубина проникновения пуансона, мм;  $s$  — толщина листа, мм.

$\epsilon_a \approx 60 \div 90\%$ : при оптимальном уменьшении толщины разрушение происходит в основном материале, зона сварки имеет максимальное сопротивление срезу.

Если  $\epsilon_a$  завышен, то разрушение произойдет в наиболее слабом поперечном сечении; если  $\epsilon_a$  занижен, то разрушение произойдет в месте сварки.

Рекомендации по исполнению холодной сварки:

Формы соединений	Границы применимости	Ориентировочные данные по исполнению соединений
<p>Стыковая холодная сварка</p>	Электротехника (соединение материалов с различной твердостью)	<p>а — различная свободная длина при осадке; б — кольцевая выемка на свободной длине при осадке более твердого материала</p>
<p>Холодная сварка внахлестку</p>		<p>а — перед сваркой; б — после сварки</p>

Оборудование (табл. 1.98)

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ХОЛОДНОЙ СВАРКИ

ТАБЛИЦА 1.98

Индекс оборудования	Максимальное сечение, мм <sup>2</sup>	Максимальное усилие сварки, кН	Примечание
<i>Клещи для стыковой сварки</i>			
KSI	Al + Al 1,5; 2,5; 4; 6	—	Werkzeugunion, ГДР
KSII	Cu + Cu 1,5; 2,5; 4	—	Штейнбах — Халленберг, ГДР
KSIV	Cu + Cu; Al + Cu; Al + Al; 1,5	—	
KSV	Cu + Cu 2,5; 4; Cu + Al 2,5; 4; 6; Al + Al 2,5; 4; 6; 10	—	
<i>Установки для холодной сварки</i>			
Hykage 5	Cu + Cu 16; Al + Cu 20; Al + Al 36	50	Предприятие по производству спецоборудования для электротехники Sondermaschinenwerk der Elektrotechnik, ГДР
Hykage 3,3F	Cu + Cu 11; Al + Cu 13,5; Al + Al 25	33	
Hykage 19,8	Cu + Cu 66; Al + Cu 80; Al + Al 150	198	

Индекс оборудование	Максимальное сечение, мм <sup>2</sup>	Максимальное усиление сварки, кН	Примечание
<i>Машины для холодной сварки</i>			
WLS-40	Al + Al 400 Cu + Cu 150 Al + Cu 250	—	С дополнительным оборудованием, дисковыми пилами и щетками, ZEZ, Прага, ЧССР
СПЗ-70	Al + Al 78,5 Cu + Cu 26,5 Al + Cu 26,5	70	Круглые, секторные и сегментные профили, резка и чистка на машине. ЦНИИТмаш, София, НРБ
СПЗ-300	Al + Al 375 Cu + Cu 120 Al + Cu 120	300	Резка на ножницах, чистка проволочными щетками. ЦНИИТмаш, София, НРБ
СПЗ-350	Cu + Cu 80; 85; 100; для ремонта медных проводов	—	Подвижная сварочная головка, после сварки испытание на растяжение усилием 20 кН. ЦНИИТмаш, София, НРБ
МСХС-0,8	Al + Al 7 Cu + Cu 4 Al + Cu 4	8	ВНИИЭСО, Ленинград, СССР
МСХС-5-3	Al + Al 30 Cu + Cu 20 Al + Cu 20	50	
МСХС-20-3	Al + Al 200 Al + Cu <sub>отож</sub> 120 Cu + Cu 100	200	
МСХС-120-2	Al + Al 1500 Cu + Cu 1000 Al + Cu 1000	1200	
Сварочный полуавтомат для холодной стыковой сварки МХСК-1	Заварка конденсаторов диам. до 50 мм	—	СССР

При сварке алюминиевых и медных деталей с поперечным сечением до 10 мм<sup>2</sup> пользуются ручными клещами KSI, II, III, IV (ГДР).

При сварке поперечных сечений большого размера используют устройства, управляемые пневматически или пневмогидравлически, оборудованные соответствующими инструментами для стыковой, точечной и шовной сварки: Нукэге 5, Нукэге 3,3F, Нукэге 19,8 (ГДР); WLS-40 (ЧССР); СПЗ-70, СПЗ-300, СПЗ-350 (НРБ).

#### Выбор основных и присадочных материалов

Выбор основных и присадочных материалов не требуется.

#### Техника сварки

Сварка гладких и чистых поверхностей металла с помощью приложенного сжимающего усилия, которое способно вызвать явно выраженное течение металла.

Ориентировочные параметры холодной сварки — см. табл. 1.99.

Подготовка поверхности. Жировые пятна, грязь и оксидную пленку удаляют:

щеточными машинами с вращающейся проволочной щеткой (окружная скорость ~1000 м/мин);

#### ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ХОЛОДНОЙ СВАРКИ

Материал	Увеличение поверхности $\epsilon_s, \%$	Увеличение толщины $\epsilon_{\delta}, \%$	Нагрузка P, МПа
<i>Стыковая сварка</i>			
Al 99,5	225	—	180
Электротехническая медь	260	—	450
Серебро 1000, отожженное	178	—	310
Серебро 835, отожженное	340	—	820
Al твердый — электротехническая медь отожженная	450	—	300
Серебро 1000, отожженное — электротехническая медь отожженная	300	—	360
<i>Сварка внахлестку</i>			
Al 99,5	—	65	260
Электротехническая медь	—	68	520

обработкой напильником;  
 обрезкой на пиле (для меди);  
 обрезкой (достаточно для алюминия);  
 огневой обработкой жировых пятен и наслоений (нагрев в течение 30 мин при 450 °С с доступом воздуха).

#### 1.2.17. СВАРКА ВЗРЫВОМ (Ex-)

Принцип сварки (рис. 1.78)

При сварке взрывом свариваемые детали, в большинстве случаев имеющие большие поверхности, расположены параллельно или под углом друг к другу; ударная взрывная волна метает детали друг к другу и обеспечивает их сварку.

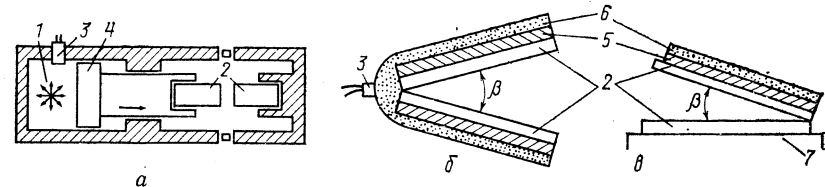


Рис. 1.78. Принцип сварки:

а — сварка с помощью продуктов выгорающего заряда; б — детонирующая сварка по Пирони; в — детонирующая сварка по Дэвенпорту; 1 — взрывная камера; 2 — свариваемые детали; 3 — запальное устройство; 4 — передаточный поршень; 5 — поглощающий слой; 6 — взрывчатое вещество; 7 — стальная подкладка

#### Границы применимости

Размеры: толщина  $s = 0,5 \div 25$  мм, диаметр  $d = 6$  мм (стыковая сварка).

Материал: углеродистые и высоколегированные стали, алюминий, медь, никель и их сплавы, тугоплавкие материалы, материалы для реакторов (титан, цирконий), спеченные материалы, пластмассы.

Область использования: лакирование листов, внешнее и внутреннее покрытие емкостей, трубные соединения в самолето- и ракетостроении, производство реакторов и химическое приборостроение.

ПРИМЕРЫ СВАРКИ ВЗРЫВОМ

Параметры: скорость сварки  $v_s = 400 \div 900$  мм/с; нагружение при взрыве  $p = 100 \div 1000$  МПа; увеличение поверхности  $\eta_w = 200\%$ ; температура  $T = 800 \div 900$  °С; масса взрывчатого вещества от 20 г до 4,5 кг (последние три параметра для стыковой сварки проволоки).

Рекомендации по исполнению соединений;

Форма соединений	Границы применимости	Условия исполнения соединений
	Соединение поверхностей листов	Сталь: Двусторонний слой взрывчатого вещества: $\beta_{st} = 7 \div 50^\circ$ ; односторонний слой взрывчатого вещества: $\beta_{st} = 1 \div 20^\circ$ ; алюминий: $\beta_{Al} = 10^\circ$
	Облицовка емкостей	Алюминий: $\beta_{Al} = 1 \div 2^\circ$
	Самолето- и ракетостроение	Совмещение труб с допустимым смещением 0,18 мм; необходимый объем воздуха получается при нанесении гофр, канавок или при травлении поверхности

Примечание. 1 — соединение по Пирсону; 2, 3 — то же, по Дэвенпорту.

Оборудование

Специальное оборудование не изготавливают; применяют только простейшие установки из элементов простой конструкции.

Взрывчатые вещества: выгорающие ( $p \leq 100$  МПа), например черный порох, бездымный порох (велокс); детонирующие ( $p \leq 30$  МПа), например тринитротолуол, тетрил, ниперит с динамитом РЕТН, динамит, гексоген;

форма и заряд взрывчатого вещества: заряд наносит плоским желатинообразным слоем либо в виде патронов или с применением капсуля-детонатора.

Кроме того, необходимы капсули-воспламенители (по всей поверхности листа), запальники, массивные плоские фундаментные плиты, держатели для загнваемых листов.

Выбор основных и присадочных материалов

Особых требований к свариваемым материалам не предъявляют.

Техника сварки

Дистанционные методы (см. рис. 1.78, а). Заряд взрывчатого вещества находится на определенном расстоянии от свариваемых деталей, перенос энергии осуществляется с помощью промежуточного тела.

Контактные методы (см. рис. 1.78, б и в). Заряд взрывчатого вещества находится непосредственно на свариваемых деталях, отделенный от них только переходным слоем.

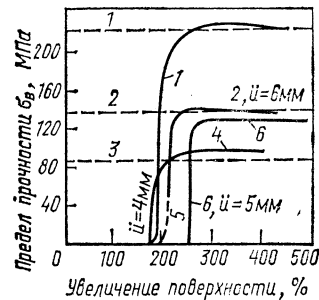


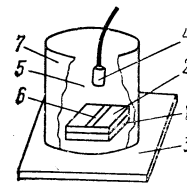
Рис. 1.79. Временное сопротивление головной части изделия и необходимое увеличение поверхности при оптимально выступающей части образца (диаметр  $d = 6$  мм): 1 — электротехническая медь; 2 — алюминий (твердый); 3 — алюминий (мягкий); 4 — алюминий (мягкий) + электротехническая медь; 5 — электротехническая медь (RT)

Стыковая сварка проволоки: условия сварки — обеспечение заданного формоизменения материала, обусловленного его пластической деформацией.

Примеры сварки взрывом (табл. 1.100).

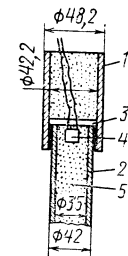
Характеристика стыка, форма соединения	Материал	Промежуточная среда	Зазор между свариваемыми деталями, мм	Нагрузка $p$ , МПа	Количество взрывчатого вещества, г
--	----------	---------------------	---------------------------------------	--------------------	------------------------------------

Лист — лист  $50 \times 50$ ,  $s = 1,6$



Алюминиевый сплав	Вода в картонной емкости $24 \times 24$ см: 1, 2 — свариваемые детали; 3 — стальная плита; 4 — заряд взрывчатого вещества; 5 — вода; 6 — канавка; 7 — картонная емкость	0,13—0,38	300—500	Циклотриметилтринитрамин, 25
-------------------	---	-----------	---------	------------------------------

Труба — труба



Нержавеющая сталь Алюминиевый сплав	Трубы заполнены водой: 1, 2 — свариваемые детали; 3 — уплотнение; 4 — заряд взрывчатого вещества; 5 — вода	Травление для получения люфта 0,18 мм	700	Тетрил, 25
--	--	---------------------------------------	-----	------------

Степень изменения формы (%) определяют как увеличение поверхности  $\eta_w = (A_w - A_0)/A_0$ , где  $A_w$  — площадь утолщения при сварке, мм<sup>2</sup>;  $A_0$  — площадь недеформированного материала, мм<sup>2</sup>.

Сварку взрывом применяют в том случае, если вследствие ряда технологических причин исключено использование обычных способов сварки, при сварке небольшого количества деталей, а также при решении специальных задач.

Сварка взрывом поверхностей листов: условия сварки — максимальная температура свариваемых материалов не должна превышать  $T_s = 2700$  °С. требуемый объем воздуха  $= 1,25 \div 4,00$  см<sup>3</sup>/дм<sup>2</sup>, нагрузка при взрыве  $p = 300 \div 500$  МПа.

Ориентировочная формула для расчета количества заряда  $L$ :  $L = m_{ВЛ} r$ , где  $m_{ВЛ}$  — масса листа;  $r$  — коэффициент, учитывающий особенности сочетания материалов (табл. 1.101).

ТАБЛИЦА 1.101  
КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ РАСЧЕТА МАССЫ ЗАРЯДА

Сочетания материалов	$r$
Хромоникелевая сталь/конструкционная сталь	1—1,2
Титан/сталь	2,2—2,5
Медь/сталь	0,9—1
Алюминий/сталь	0,8—1



### 1.3. ОБОРУДОВАНИЕ

#### 1.3.1. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ

Источники питания (табл. 1.102)

Регулирование длины дуги при сварке (табл. 1.103).

а. Регулирование  $\Delta U$ . Применяют при ручной дуговой сварке, при дуговой сварке неплавящимся электродом в инертном защитном газе, сварке под флюсом и электрошлаковой наплавке (рис. 1.80—1.82).

Принцип действия. Величина  $l$  постоянно изменяется при оплавлении материала и движении электрода. Для обеспечения высокого качества шва наиболее эффективны источники питания с крутопадающими внешними характеристиками, которые

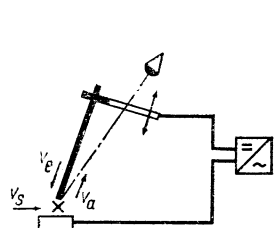


Рис. 1.80. Принцип регулирования вручную при ручной дуговой сварке: ( $v_e$  — скорость подачи электрода;  $v_a$  — скорость оплавления)

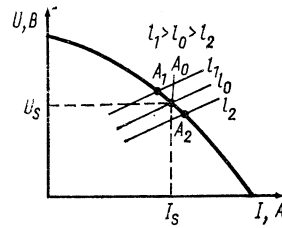


Рис. 1.81. Режим сварки с регулированием вручную ( $A_0$  — стационарный режим;  $l$  — длина дуги)

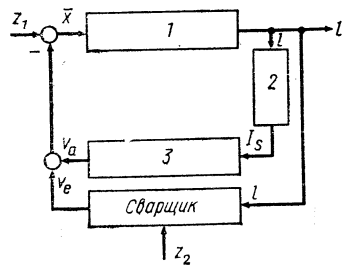


Рис. 1.82. Диаграмма регулируемого цикла при регулировании вручную:  
● — точка разветвления; ○ — суммирование; z — помеха;  $x = z_1 - (v_a + v_e)$ ;  $l$  — длина дуги; 2 — источник питания; 3 — плавящийся электрод

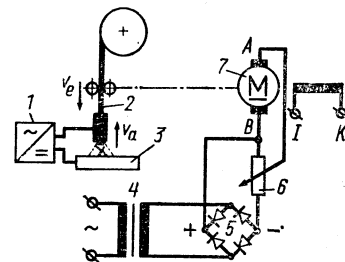


Рис. 1.83. Принципиальная схема регулирования  $\Delta l$  при постоянной  $v_{Dr}$ :  
1 — источник питания сварочным током; 2 — электрод; 3 — заготовка; 4 — вспомогательный трансформатор; 5 — управляющий выпрямитель; 6 — потенциометр; 7 — двигатель привода подачи проволоки

позволяют, например, при увеличении длины дуги лишь незначительно уменьшать сварочный ток, в результате чего скорость плавления меняется незначительно. Поскольку внутреннее регулирование (использующее эффект саморегулирования) проявляется слабо, можно вручную регулировать скорость подачи электрода для поддержания постоянной длины дуги. Качество ручного регулирования решающим образом зависит от степени подготовки и опыта сварщика.

б. Регулирование  $\Delta l$  (внутреннее регулирование) применяют при дуговой сварке плавящимся электродом в инертном защитном газе, сварке под флюсом тонких проволок, дуговой сварке плавящимся электродом в активном защитном газе и при электрошлаковой сварке (рис. 1.83—1.85).

Тип источников питания	ПВ (%) при номинальном токе, А										
	63	100	125	160	250	315	400	500	630	1000	1250
Сварочные преобразователи	—	—	—	—	60	60	60	—	100	—	—
Сварочные выпрямители (пологая внешняя характеристика)	—	60	—	60	—	80	—	80	80	100	—
Сварочные выпрямители типа ВС (крутопадающая и пологая внешняя характеристика)	—	—	—	—	—	—	60	—	—	—	—
Сварочные выпрямители (крутопадающая внешняя характеристика)	35	—	—	60	60	—	60	—	—	100	—
Сварочные трансформаторы	35	25	35	35—60	60	60	—	60	—	100	—
Многопостовые сварочные выпрямители	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100

Принцип действия.

Величина  $v_e = \text{const}$ , подача проволоки постоянная.

Помеха  $z_1 \rightarrow l + \Delta l \rightarrow A_1 \rightarrow I_s - \Delta I_s \rightarrow v_a - \Delta v_a \rightarrow A_0$ ; помеха  $z_2 \rightarrow l - \Delta l \rightarrow A_2 \rightarrow I_s + \Delta I_s \rightarrow v_a + \Delta v_a \rightarrow A_0$ , где  $\Delta l$ ,  $\Delta I_s$ ,  $\Delta v_a$  — изменения длины дуги сварочного тока и скорости плавления соответственно;  $A_0$  — рабочий режим.

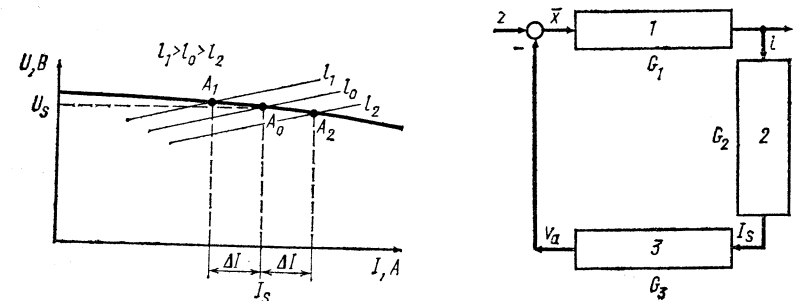


Рис. 1.84. Режим сварки с регулированием  $\Delta l$

Рис. 1.85. Диаграмма регулируемого цикла при регулировании  $\Delta l$ :

● — точка разветвления; ○ — суммирование; z — помеха;  $\bar{x} = x - v_e$ ; G — передаточная функция;  $l$  — длина дуги; 2 — источник питания, дуга; 3 — плавящийся электрод

Общее статическое и динамическое состояние цикла регулирования при возникновении помехи выражается обобщенной передаточной функцией  $G_z = G_1(1 + G_1 G_2 G_3)$ .

в. Регулирование  $\Delta U$  (внешнее регулирование) применяют при сварке под флюсом толстой проволоки, при дуговой сварке плавящимся электродом в активном защитном газе.

ТАБЛИЦА 1.103

СТАТИЧЕСКИЕ ВНЕШНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ТИП РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ

Тип сварки	Статическая характеристика источника питания *	Регулирование длины дуги	Подача электрода в сварочном аппарате
Ручная дуговая сварка	Крутопадающая	Вручную	—
Сварка под флюсом одной проволокой; диаметр электрода $d_s$ , мм:	Пологая	Регулирование $\Delta I$	Постоянная
		» $\Delta U$	Зависит от $U_s$
$\leq 2,5$	Крутопадающая	» $\Delta U$	То же
$> 2,5$		» $\Delta U$	»
Сварка под флюсом пучком электродов	То же	» $\Delta U$	»
Сварка под флюсом ленточным электродом	»	» $\Delta U$	»
Дуговая сварка плавящимся электродом в активном защитном газе:	Пологая	Регулирование $\Delta I$	Постоянная
		» $\Delta U$	Зависит от $U_s$
$d_s \leq 2,5$ мм	Крутопадающая	» $\Delta I$	Постоянная
$d_s > 2,5$ мм		» $\Delta U$	»
Дуговая сварка плавящимся электродом в инертном защитном газе	Пологая	» $\Delta I$	Постоянная
Дуговая сварка неплавящимся электродом в инертном защитном газе	Крутопадающая	Вручную	—
Полуавтоматическая дуговая сварка неплавящимся электродом в инертном газе	То же	—	Постоянная для электрода, подводящего без тока
Сварка сжатой дугой	»	—	То же
Дуговая сварка в защитном газе с принудительным формированием шва:	Пологая	Регулирование $\Delta I$	Постоянная
		» $\Delta U$	Зависит от $U_s$
$d_s \leq 2,5$ мм	Крутопадающая	» $\Delta U$	Постоянная
$d_s > 2,5$		» $\Delta U$	»
Электрошлаковая сварка	Пологая	Регулирование $\Delta I$	Постоянная
Сварка вращающейся дугой	Крутопадающая	—	—

\* Пологий наклон статической внешней характеристики источника питания в режиме 1—4 В/100 А; крутопадающий наклон статической характеристики в режиме более 4 В/100 А.

Принцип действия.  $v_e = f(U_s)$ . Скорость подачи электрода зависит от напряжения дуги  $U_s$ .  
Помеха

$$z_1 \rightarrow l + \Delta l - A_1 \begin{cases} \rightarrow U_s + \Delta U_s \rightarrow v_e + \Delta v_e \\ \rightarrow I_s - \Delta I_s \rightarrow v_a - \Delta v_a \end{cases} \rightarrow A_0;$$

Помеха

$$z_2 \rightarrow l - \Delta l - A_2 \begin{cases} \rightarrow U_s - \Delta U_s \rightarrow v_e - \Delta v_e \\ \rightarrow I_s + \Delta I_s \rightarrow v_a + \Delta v_a \end{cases} \rightarrow A_0,$$

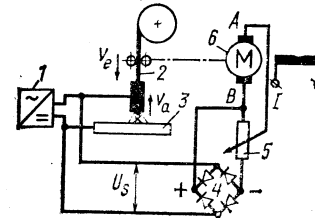


Рис. 1.86. Принципиальная схема регулирования  $\Delta U$  при  $v_{Dr} = f(U_s)$ : 1 — источник питания сварочным током; 2 — электрод; 3 — заготовка; 4 — управляющий выпрямитель; 5 — потенциометр; 6 — двигатель привода подачи проволоки

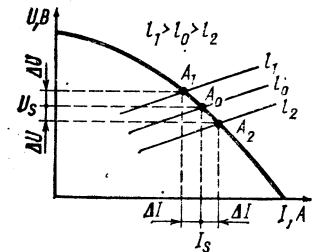


Рис. 1.87. Режим сварки с регулированием  $\Delta U$

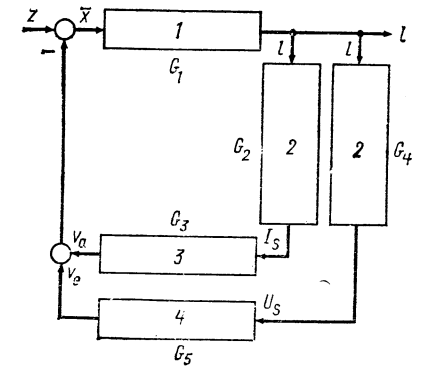


Рис. 1.88. Диаграмма регулируемого цикла при регулировании  $\Delta U$ :

● — точка разветвления; ○ — суммирование; z — помеха;  $\bar{x} = x - (v_a + v_e)$ ; G — передаточная функция; l — длина дуги; 2 — источник питания, дуга; 3 — плавящийся электрод; 4 — механизм подачи электродной проволоки

Общее статическое и динамическое состояние цикла регулирования при возникновении помехи выражается обобщенной передаточной функцией

$$G_z = G_1 / [1 + G_1(G_2G_3 + G_4G_5)].$$

Регулирование  $\Delta U$  является двойным; если внешнее регулирование осуществляется подачей электрода, зависящей от напряжения дуги, то внутреннее регулирование осуществляется благодаря эффекту саморегулирования вследствие плавления электрода. Интенсивность их развития ослабляется с ростом наклона статической внешней характеристики источника питания (табл. 1.104), а также с увеличением толщины проволоки.

Сварочные преобразователи, выпрямители и трансформаторы (однопостовые) — табл. 1.105—1.107.

Многопостовые сварочные выпрямители и преобразователи (изготовитель — Mansfeld):

Тип выпрямителя	KGM 1200	KGMS 250-2	KM 600
Напряжение трехфазного переменного тока, В	220/380	380/500	220/380/440/500
Мощность питания $P_A$ при ПВ=100 %, кВА	85	18	40
Мощность сварки при ПВ=100 %			

$I_{\max}, A/U_s, B$ . . . . .	1200/60	220—25 *1	600/55
Номинальное вторичное напряжение $U_L, B$ . . . . .	60	38	55
Пределы регулирования тока, A . . . . .	50—350 *2	30—250 *3	50—350 *2
Количество сварочных постов, шт. . . . .	До 20	2 *4	5—6
Масса $m, кг$ . . . . .	720	310	690

\*1 Два источника питания, работающих независимо друг от друга. \*2 Реостатом КР 350 или КРС 360. \*3 Пологая внешняя характеристика. \*4 Дуговая сварка плавящимся электродом в инертном и активном защитном газе.

Сварочные аппараты (табл. 1.108—1.110).  
Сварочные горелки (табл. 1.111—1.117).

**Принадлежности**

Сварочные кабели (табл. 1.118)

Для присоединения сварочных аппаратов и сварочных горелок к источникам питания применяют кабели типа NSchG по TGL 11204, ПРГД, ПРГДО и АПРГДО по ГОСТ 6731—68 с номинальным поперечным сечением 25; 35; 50; 70; 95 и 120 мм.

Для расчета требуемого сечения кабеля используют следующие равенства:  
а) при общей длине не более 20 м:

$$A = I_s (\text{ПВ}) G^{-1} \sqrt{\text{ПВ}/100}; \text{ПВ} = [t_{\text{в}}/(t_{\text{в}} + t_{\text{р}})] 100,$$

где  $A$  — сечение кабеля, мм<sup>2</sup>;  $I_s (\text{ПВ})$  — сварочный ток при данной продолжительности включения;  $G$  — плотность тока, А/мм<sup>2</sup> ( $G = 4 \div 7$  А/мм<sup>2</sup> для температуры окружающей среды не более 20 °С); ПВ — относительная продолжительность включения, %;  $t_{\text{в}}$  — время под током, мин;  $t_{\text{р}}$  — время без тока, мин.

По TGL 200—3081 относительная продолжительность включения стандартизована на уровне 15; 25; 35; 60; 80 и 100 %. Для ручной сварки ПВ = 60 %, так как  $t_{\text{в}} = 3$  мин и  $t_{\text{р}} = 2$  мин характеризуют режим работы ручной сварки;

б) при общей длине более 20 м  $A_p (I_s/U_s)$ , где  $A$  — расчетное сечение, мм<sup>2</sup>;  $\rho$  — удельное сопротивление электропроводного материала, Ом·мм<sup>2</sup>/м: при 20 °С

ТАБЛИЦА 1.104

СРАВНЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ТИПОВ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ

Технико-экономические показатели	Источники постоянного тока		Источник переменного тока (трансформатор)
	преобразователь	выпрямитель	
Затраты на изготовление, %	100	75	50
Масса, %	100	60	50
Обслуживание	Трудоемкое	Нетрудоемкое	Нетрудоемкое
К. п. д.	0,45—0,65	0,5—0,75	0,6—0,8
cos φ	0,7—0,9	0,5—0,75	0,3—0,6
Потери холостого хода, кВА	1,6—3,2	0,3—0,8	0,4—0,9
Нагрузка сети	Трехфазная симметричная	Трехфазная симметричная	Однофазная несимметричная
Уровень шума	Высокий	Низкий	Низкий
Чувствительность к перегрузкам	Нечувствительны	Средней чувствительности	Нечувствительны
Падение мощности (%) при колебании напряжения сети 8 %	10—15	16—28	18—35

ТАБЛИЦА 1.105

ОДНОПОСТОВЫЕ СВАРОЧНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ (ИЗГОТОВИТЕЛЬ Mansfeld)

Тип	Напряжение двигателя трехфазного тока $U, B$	Мощность двигателя при ПВ, %		Скорость вращения л. об/мин	Сварочный генератор		Вторичное напряжение $U_L, B$	Пределы регулирования сварочного тока, A, при характеристиках			Масса $m, кг$	
		пот. кВА, при ПВ, %	100		$I_s \text{ max.}$ (ПВ = 55 %)	$A/U_s$ в (ПВ = 100 %)		крутопадающей				пологой
								55	I	II		
KW 260	—	8,5	2850	280/30	210/26	72	100—200	50—130	—	290		
KW 280	—	15,5	1450	280/30	210/25	72	150—280	45—170	30—70	440		
KW 320	—	17	2900	320/32	260/30	77	100—320	30—130	—	270		
KW 360	—	22	1450	380/35	280/30	90	200—380	60—240	—	645		
KW 400VC	220—380—400/500 переключением	22	2850	400/34	300/32	95/42	150—400	50—200	—	400		
KW 510	—	32	1450	500/40	400/40	90	200—500	80—270	—	645		
KW 510C	—	32	1450	500/40	400/40	90/42	200—500	80—270	—	645		
KW 700VC	—	42	1450	700/44 *	600/44	95/43	300—700	150—300	100—200	950		
KW 1000	—	60	1450	1000/40	850/44	98	200—1000	150—250	—	1150		
PM 600	220/380	147	1450	600/180 *	500/200	150/250	—	—	—	130		
Argobil III	Дизель	30	3000	375/35 *	500/32	95	130—375	50—200	—	750		

\* ПВ = 70 %.

ОДНОПОСТОВЫЕ СВАРОЧНЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ

ТАБЛИЦА 1.106

Тип	Питание от сети		Параметры режимов		Вторичное напряжение $U_L$ , В	Пределы регулирования сварочного тока (А) при характеристике		Масса $m$ , кг	Изготовитель
	напряжения переменного тока, В	мощность $P_A$ при режимах	режимов			круто-падающей	пологой		
			ручной сварки	длительной работы					
KGS 160	220/380	Для 60 % ПВ 5,3   3,5	Для 60 % ПВ 160/22   120/20	Для 60 % ПВ 1000/48	18—28	—	50—160	65	Mansfeld (с прибором присоединения к сети)
KGS 400	380	Для 60 % ПВ 26   18	Для 60 % ПВ 400/38   310/30	Для 60 % ПВ 1000/48	16—52	—	30—400	290	Mansfeld
KG 400	220/380	Для 60 % ПВ 26   19	Для 60 % ПВ 400/36   310/32	Для 60 % ПВ 1000/48	75	70—400	—	350	MNEI (с прибором присоединения к сети)
KG 400VC	220/380	Для 60 % ПВ 23   18	Для 60 % ПВ 400/34   310/30	Для 60 % ПВ 1000/48	17—72	100—350	40—400	300	Mansfeld
KGS 630	380/500	Для 80 % ПВ 42   38	Для 80 % ПВ 630/44   560/42	Для 80 % ПВ 1000/48	65	—	100—630	520	Mansfeld
KGS 1000	380	72	1000/48	1000/48	66—90	300—1000	300—1000	580	Mansfeld
KG 1000	380	87	1000/48	1000/48	69	35—250	—	640	Трансформатор
KGa 250.1	220/380	15,3	250/30   190	Для 60 % ПВ 315/29   280/	17—42	—	30—315	185	Трансформатор
RGSa 315	220/380	11,2	315/29   280/	Для 80 % ПВ 500/40/450/	18—56	—	40—500	265	Трансформатор с автоматикой свободного стоянки
RGSa 500.1	380	23	500/40/450/	Для 80 % ПВ 315/17	23—46	—	0—315	180	Трансформатор, импульсный источник питания (50 и 100 импульсов в секунду)
RG1 250	380	13,1	Для 60 % ПВ 315/17	Для 60 % ПВ 315/17	72	0—5/0—50	—	50	Источники тока для дуговой сварки неплавящимся электродом в инертном газе
ZIS 726	380	6	Для 35 % ПВ 50/15	Для 35 % ПВ 50/15					

Продолжение табл. 1.106

Тип	Питание от сети		Параметры режимов		Вторичное напряжение $U_L$ , В	Пределы регулирования сварочного тока (А) при характеристике		Масса $m$ , кг	Изготовитель
	напряжения переменного тока, В	мощность $P_A$ при режимах	режимов			круто-падающей	пологой		
			ручной сварки	длительной работы					
G 700VC	380	42	Для 80 % ПВ 700/44	Для 80 % ПВ 700/44	36—62	80—700	80—700	375	Mansfeld, дистанционный регулятор, тиристорный выпрямитель, сеть 48 В переменного тока
G 400	380	26	Для 35 % ПВ 450/38	Для 35 % ПВ 450/38	75	30—450	—	245	Mansfeld, переключатель на нормальный и импульсный режим; оборуудуется прибором MNEI
GSI 400	380	13	Для 60 % ПВ 400/34	Для 60 % ПВ 400/34	46	—	40—400	290	Mansfeld, переключатель на нормальный и импульсный режим; оборуудуется прибором MNEI
KSM 4	220/380	19	Для 60 % ПВ 400/34	Для 60 % ПВ 400/34	37—72	100—350	40—400	340	Mansfeld, машина компактной сварки, включающая ручной сварочный аппарат MSH 6F и сварочный выпрямитель KG 400VC, $dDr = 0,8 \pm 2,0$ мм, $VDr = 1,5 \pm 19,0$ м/мин
КОМПАКТА 315.1	220/380	10,7	Для 80 % ПВ 315/	Для 80 % ПВ 315/	17—42	50—315	50—315	200	Trafo Reichenbach, машина компактной сварки с аппаратом MSG 60, сварочным выпрямителем RGSa 315.1 и рамой для баллонов

## ОДНОПОСТОВЫЕ СВАРОЧНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Тип	Питание		Мощность $P_A$ при ручной сварке	Параметры режимов		Вторичное напряжение $U_L, В$	Пределы регулировки сварочного тока при крутильных, А	η	Масса $m, кг$	Возможность регулировки	Изготовитель
	напряжение первичного тока, В	при ручной сварке		ручной сварки: ток $I_s$ max, А	длительной работы: напряжение $U_s, В$						
КТ 250	280/380	Для 60 % ПВ 12/9	250/30	180/27	70	50—250	0,78	185	Регулируемый	Mansfeld	
КТ 500	220/380	Для 60 % ПВ 22/18	500/40	340/34	70	90—500	0,8	250	Сердечник	Mansfeld	
FT 250	220/380	Для 60 % ПВ 10	250/30	180/	70	65—250	0,8	194	Подмагниченный дроссель постоянного тока	Трафо, Дрезден	
FT 350	220/380	Для 45 % ПВ 15	350/34	215/	63	70—315	0,3				
Schweiß-boy N	380	4	Для 35 % ПВ 220/22	115/	67	15—50/ 50—200	0,3	125	Регулируемый сердечник	Трафо, Дрезден	
Junior II	220	1,22	125/24		64	50—125		30	Плавное переключение	То же, диаметр электрода 1,5—3,25 мм	

## Продолжение табл. 1.107

Тип	Питание		Параметры режимов		Вторичное напряжение $U_L, В$	Пределы регулировки сварочного тока при крутильных, А	η	Масса $m, кг$	Возможность регулировки	Изготовитель
	напряжение первичного тока, В	при ручной сварке	ручной сварки: ток $I_s$ max, А	длительной работы: напряжение $U_s, В$						
Rekord-Kombi	220 или 380	4,4	Для 35 % ПВ 130/24		65—69	30—130	0,3	60	Десять ступеней переключения ступеней напруги	Трафо, Дрезден диаметр электрода до 3,25 мм; диаметр электрода до 4,0 мм; термозащита
Benjamin KST 4/H	220	2,0	Для 25 % ПВ 180/2		55	55—180		22	Пять ступеней переключения	WEA, диаметр электрода до 2,0 мм
Benjamin KST 4/F	220	3,25	Для 35 % ПВ 140/22		53	60—140		22	Пять ступеней переключения	WEA, диаметр электрода до 3,25 мм

СВАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ (ИЗГОТОВИТЕЛЬ — Mansfeld)

ТАБЛИЦА 1.103

Тип	Питание от сети		количество охлаждающих воды, л/ч	Параметры сварки				Примечание	
	напряжение, В	мощность, кВт		диаметр $d_{Dr}$ , мм	сварочный ток $I_s$ , А	скорость подачи проволоки $v_{Dr}$ , м/мин	скорость сварки $v_s$ , см/мин		
MSH-1-M	220~	0,5	—	0,8—2,4	500	1,5—12	—	— — — — — — — — — — — — — — —	
MSH-4	40=	—	—	0,8—1,0	160	2,5—8	—		
MSH-K	220~	0,5	—	0,6—1,2	190	2—17,5	—		
MSH-6	42=	0,25	—	0,8—1,6	400	1,7—13,6	—		
MSH-9	40=	—	—	0,8—1,6	300	2,3—14,5	—		
MSH-7	42=	0,25	48—90	0,8—2,4	630	0,9—12,5	—		
MSG2-A	42=	—	—	0,8—1,6	300	1,2—13,8	—		
MSG2-D	42=	—	—	0,8—1,6	300	1,2—13,8	—		
MSG2-T	42=	—	—	0,8—1,6	300	1,2—13,8	—		
WSH-E	220~	0,1	48—90	—	500	—	—		
WSHIII-M	220~	—	48—90	—	600	—	—		
MSK	220~	0,25	—	0,6—1,2	180	—2—17,5	30—230		Подвижный Аппарат с поворотной стойкой Переносный  Шовная, точечная сварка, приварка болтов Перемещение по высоте 120 мм; поперечное перемещение 160 мм Перемещение по высоте 80 мм; поперечное перемещение 90 мм Перемещение по высоте 120 мм; поперечное перемещение 70 мм Частота качания 2—90 с <sup>-1</sup> , амплитуда качания 50 мм; аппарат для труб с $D_{усл}$ = 500÷1600 мм. Герметичный аппарат. Аппарат поворотной сварки
UPKL-MIG	220~	—	48—90	0,9—2,5	500	8	20—100		
UT	220~	—	48—90	2—6	800	12	20—170		
ZIS 453 ZIS 453C ZIS 4530	220~	—	—	0,8—1,2	200	2—7	3—20		
<b>БЛМ</b>	220~	0,6	90—160	≤4	1000	0,35—12	16—480	Перемещение по высоте поворотной стойки 200 мм; сварочная головка 120 мм; поперечное перемещение 80 мм  — Продолжительность сварки 0,5—25 с Перемещение по высоте 240 мм; скорость подачи $v = 0,2 \div 1,2$ м/мин; поперечное перемещение 200 мм; скорость подачи $v = 0,3$ м/мин Многоцелевой аппарат для сварки под флюсом и сварки плавящимся электродом в активных защитных газах. Перемещение по высоте: 150 мм; поперечное перемещение ±25 мм; тиристорный привод Многоцелевой аппарат для сварки плавящимся электродом в активных защитных газах, аргоно-дуговой сварки и сварки под флюсом, а также для электродугового наплавки металлов; механизм подачи проволоки с тиристорным управлением Система для ручной сварки в активных защитных газах по варианту MSG 60/1 в виде переносного аппарата (кагушка проволоки 9 кг), по варианту MSG 60/2 с моталкой (кагушка для проволоки 15 кг), по варианту MSG 60/3 с тележкой; механизм подачи проволоки с тиристорным управлением	
ZIS 650 MBL-H ZIS 721	220~ 380~	0,6 20	—	1,2—3,25	800 800	0,4—12	35—350		
BAS-I	160=	0,3	—	Лента 15X1	1000	≤25	25—1300		
ZIS 845	220	—	—	—	0,14—12 (со стандартным приводом BE 01.260/0,5—25 (с приводом BAS ZIS 673)	—	10—200		
MSH 6F	220 через защитный трансформатор	—	48—90	0,8—2,4	500	1,7—20	—		
MSG 60	220	—	—	0,8—1,6	400	1,5—13,8	—		

ТАБЛИЦА 1.109

СВАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ ИЗ СБОРНЫХ УЗЛОВ  
ДЛЯ ПОЛУАВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ  
ПЛАВЛЕНИЕМ

Тип аппарата	Область использования	Диаметр проволоки или размер полосы, мм
ВАМ 1-UP	Сварка одной проволокой под флюсом с наплавлением стыковых или угловых швов в горизонтальном или нижнем положении; используется как перемещаемый аппарат на напольных или подвесных линиях сварки	$d_{Dr} = 2 \div 6$
ВАМ 3-UPG	Сварка под флюсом с шарнирным рычагом для наплавления угловых швов при $a = 3 \div 6$ мм, преимущественно в горизонтальном положении на напольных или подвесных линиях сварки	$d_{Dr} = 2 \div 2,5$
ВАМ 4-UPDG	Сварка под флюсом с двойным шарнирным рычагом для наплавления двух параллельных угловых швов в горизонтальном или нижнем положении; используется как перемещаемый аппарат на подвесных линиях сварки	$d_{Dr} = 2 \times 2 \div 2,5$
ВАМ 5-MS	Сварка металлов одной проволокой в активных защитных газах с наплавлением стыковых и угловых швов в горизонтальном или нижнем положении; водоохлаждаемое устройство используется как перемещаемый аппарат на напольных или подвесных линиях сварки	$d_{Dr} = 1,2 \div 2,5$
ВАМ 6-MSDG	Сварка металлов в активных защитных газах с двойным шарнирным рычагом двух параллельных угловых швов в горизонтальном или нижнем положении; водоохлаждаемое устройство используется как перемещаемый аппарат на подвесных линиях сварки	$d_{Dr} = 2 \times 1,2 \div 2,5$
ВАМ 7-UPP	Сварка под флюсом параллельными электродами с наплавлением стыковых швов в горизонтальном или нижнем положении; применяется как перемещаемый аппарат на напольных или подвесных линиях сварки; две проволоки на расстоянии 8 мм плавятся от общего источника питания	$d_{Dr} = 2 \times 2 \div 3$
ВАМ 8-UPT	Сварка тандем под флюсом двумя сварочными головками с наплавлением стыковых швов в нижнем положении со следующими вариантами: а) первая головка — одна проволока для сварки под флюсом; вторая головка — одна проволока для сварки под флюсом; б) первая головка — сварка металлов одной проволокой в активных защитных газах; вторая головка — одна проволока для сварки под флюсом	$d_{Dr} = 2 \div 6$ (сварочная головка для сварки под флюсом) $d_{Dr} = 1,6 \div 3$ (сварочная головка для сварки в углекислом газе)

Продолжение табл. 1.109

Тип аппарата	Область использования	Диаметр проволоки или размер полосы, мм
ВАМ 10-UPBa	Наплавка полос под флюсом для больших поверхностей при нижнем положении шва; применяется как перемещаемое устройство на напольных и подвесных линиях сварки	Полоса $\leq 80 \times 2$
ВАМ 12-Es	Электрошлаковая вертикальная сварка деталей толщиной $s \leq 50$ мм	$d_{Dr} = 2 \div 3,25$
ВАМ 13-Bd	Сварка полос под флюсом с наплавлением угловых швов при $a = 14$ мм в нижнем положении; используется как перемещаемый аппарат на подвесных линиях сварки	Полоса $15 \times 1$
BAS-1	Сварочный аппарат из сборных узлов для сварки под флюсом и дуговой сварки плавящимся электродом в активных защитных газах с одной или двумя сварочными проволоками (двойной проволокой или двумя полосами)	$d_{Dr} = 2 \times 2 \div 4$ ; две полосы $15 \times 1$ мм
ZIS 650	Система из сборных узлов для создания специальных машин дуговой сварки деталей размером $l \times b \times h = 5000 \times 1000 \times 1000$ мм	—

ТАБЛИЦА 1.110

## СВАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ ZIS650 ИЗ СБОРНЫХ УЗЛОВ

Группы узлов	Вид оборудования	Функция
Конструктивные элементы для выполнения активных операций	Привод, подвод горелки, регулирование горелки	Обеспечение вращательного движения и передача движения
Конструктивные элементы для выполнения пассивных операций	Стойки, столы, консоли	Несущая часть оборудования, выполняющего активные механические действия, электрооборудования и заготовок
Прочее оборудование	Механизмы для подачи проволоки, сварочные горелки, моталки для проволоки, рамы для баллонов	Поддержка и передача присадного материала, опорные устройства для баллонов
Конструктивные элементы электрооборудования	Элементы управления, сетевые приборы, система управления приводом, выключатели, вставные блоки программ и реле времени	Управление началом и окончанием сварки, а также самим процессом сварки



ЭЛЕКТРОДОДЕРЖАТЕЛИ (ИЗГОТОВИТЕЛЬ — ПРЕДПРИЯТИЕ Plast, ГДР)

ТАБЛИЦА 1.111

Электрододержатель	Тип	Диаметр электрода $d_e$ , мм	Сварочный ток $I_s$ max, А	Сварочный кабель		Масса $m$ , кг
				поперечное сечение, мм	максимальная длина, мм	
Со сжимающейся пружиной	160	2—3,25	160	35	205	0,25
	170	2—5	250	50	237	0,47
	187	4—6	350	70	263	0,54
С плоской пружиной	170 *	4—6	400	70	298	0,54
	174 **	4—6	400	70	302	0,62

\* Неизолированный. \*\* Изолированный.

ТАБЛИЦА 1.113

ГОРЕЛКИ ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В АКТИВНОМ И ИНЕРТНОМ ЗАЩИТНОМ ГАЗАХ (ИЗГОТОВИТЕЛЬ — Plast)

Тип	Сварочный ток $I_s$ max, А	Диаметр электрода, мм
Горелка без принудительного охлаждения AZ15/ZIS 714	315	1,0—1,6
Горелка с принудительным охлаждением A600F/ZIS 793	630	≤2,5

Примечание. Горелки для механизированной сварки, составленные из унифицированных узлов, имеют различную мощность и предназначены для работы в сочетании с унифицированными элементами сварочных автоматов или с устройствами собственного изготовления. При использовании зажимных элементов для вольфрамовых электродов горелка применяется также для ручной дуговой сварки неплавящимся электродом в инертном защитном газе.

ТАБЛИЦА 1.114

ГОРЕЛКИ ДЛЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В АКТИВНОМ И ИНЕРТНОМ ЗАЩИТНОМ ГАЗЕ \*

ТАБЛИЦА 1.112

ГОРЕЛКИ ДЛЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В ИНЕРТНОМ ЗАЩИТНОМ ГАЗЕ

Тип	Сварочный ток $I_s$ max, А, при 60 % ПВ; сварка		Длина кабеля, м	Вставная спираль *3, диаметр стальной проволоки, мм	Шланг		Масса $m$ , кг	Количество охлаждающей воды, л/мин
	в CO <sub>2</sub>	в Ar			диаметр стальной проволоки, мм	диаметр алюминиевой проволоки *2, мм		
RU 125	125	100	2/3	0,6—1,0	0,8—1,0	—	1,7/2,2	—
RU 160	160	125	2/3	0,8—1,0	0,8—1,0	—	1,8/2,3	—
RU 250	250	200	2/3/4	0,8—1,4 (1,6) *4	1,2—1,4 (1,6)	—	2,8/3,7/4,6	—
RU 315	315	250	3/4	0,8—1,6	1,2—1,6	1,2—1,6	3,8/4,7	—
RU 400	400	330	3/4	1,2—2,0	1,2—2,0	1,2—2,0	4,6/6,0	—
PU 315	315	250	3/4	0,8—2,0	1,7—1,6 (2,0)	1,2—1,6	3,7/4,6	—
RU 400F	400	350	3	1,2—1,6	1,2—2,0	1,2—2,0	3,7	1,5—2
PU 400F	400	350	3/4	1,2—2,0	1,2—2,0	1,2—2,0	3,2/3,9	1,5—2
RU 630F	630	500	4	1,2—2,5	1,2—2,0	—	3,8/4,5	1,5—2

Примечание. Благодаря использованию вставной спирали для скользящих шлангов в полном кабеле можно использовать горелку для различных целей (при сварке стали, цветных металлов и алюминия).

\*1 Изготовитель — предприятие Plast, ГДР. \*2 Для проволоки из Al99,5 рекомендуется использовать кабель длиной не более 2 м. \*3 При  $d_{Dr} > 2$  мм вставная спираль не используется. \*4 Цифры в скобках только для определенных условий.

Примечание. Изготовитель — предприятие Vlema, Шлейц, ГДР (в последнее время не производится).

ТАБЛИЦА 1.115

КАРАНДАШНЫЕ ГОРЕЛКИ ДЛЯ СВАРКИ НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В ИНЕРТНОМ ЗАЩИТНОМ ГАЗЕ (ОХЛАЖДЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЕ)

Тип	Сварочный ток $I_s$ max (для ручной сварки), А	Диаметр электрода $d_e$ , мм	Длина кабеля, м	Масса $m$ , кг
ZIS 418	10	0,5—1	3	0,18
ZIS 424	50	0,5—2	4	0,27
ZIS 114	80	1—2	4	0,87

Примечание. Изготовитель — предприятие Metall, Гаале, ГДР

ТАБЛИЦА 1.116

ГОРЕЛКИ ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ  
НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В ИНЕРТНОМ ЗАЩИТНОМ ГАЗЕ\*

Тип	Сварочный ток $I_s$ max, А	Диаметр электрода $d_e$ , мм	Длина кабеля, м	Масса $m$ , кг
Schloma 100/ZIS 425	100	1,5—2,5	4	0,57
Schloma 200/ZIS 291	200	1,5—3,0	4	0,73

\* Охлаждение водяное, расход воды 0,5—6,0 л/мин, давление 0,25—0,6 МПа. Изготовитель — предприятие Schloma, ГДР.

ТАБЛИЦА 1.117

ТОРИРОВАННЫЕ ВОЛЬФРАМОВЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ СВАРКИ  
НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В ИНЕРТНОМ ЗАЩИТНОМ ГАЗЕ

Диаметр электрода $d_e$ , мм	Вид токовой нагрузки, А		
	переменный ток без сглаживающего конденсатора	переменный ток со сглаживающим конденсатором	постоянный ток прямой полярности
0,5	2—12	2—10	2—20
1,0	10—60	10—45	10—80
1,5/1,6	40—120	30—70	50—140
2,0	40—150	40—100	100—200
2,4/2,5	100—200	50—130	150—260
3,0/3,2	150—260	60—160	200—360
4,0	250—400	150—250	350—500
4,8/5,0	250—440	150—300	400—600
6,4/6,5	300—550	200—400	450—600

<sup>1</sup> С так называемой дежурной дугой. Прим. ред.

ТАБЛИЦА 1.118

ДОПУСТИМАЯ СИЛА ТОКА СВАРОЧНЫХ КАБЕЛЕЙ  
NSchG ПРИ ОДИНОЧНОЙ ПРОКЛАДКЕ

Номинальное сечение $A$ , мм <sup>2</sup>	Допустимая сила тока, А		Номинальное сечение $A$ , мм <sup>2</sup>	Допустимая сила тока, А	
	100 % ПВ	60 % ПВ		100 % ПВ	60 % ПВ
35	190	245	120	425	550
50	240	310	150	480	620
70	300	385			

для Al  $\rho = 0,030$ , для Cu  $\rho = 0,018$ , для стали  $\rho = 0,128$ ;  $l$  — длина электропроводного материала (в прямом и обратном направлении), м;  $I_s$  — сварочный ток, А;  $U_k$  — падение напряжения в кабеле, В ( $U \leq 3$  В при экономически оправданном потреблении энергии).

Соединители сварочных кабелей (табл. 1.119)

Омические сопротивления (1.120)

Приборы для измерения сварочного тока и напряжения дуги

Для измерения постоянного тока большой величины в электрическую цепь сварки включается соответствующий шунт (шунтирующее сопротивление  $R_{Sh} = 10^{-2} \div \pm 10^{-3}$  Ом), по которому проходит сварочный ток  $I_s$  (рис. 1.89).

Образуется вследствие включения шунта  $U_{Sh} = I_s R_{Sh}$  падение напряжения измеряют параллельно включенным вольтметром (милливольтметром со шкалой в амперах или милливольттах).

Типовой ряд шунтирующих сопротивлений: номинальный ток 10, 15, 25, 40, 60, 100, 150, 250, 400, 600, 1000 А.

Номинальное падение напряжения 60 или 150 мВ.

Изготовитель — предприятие EAW, Берлин.

На рис. 1.90 представлена схема измерения сварочного тока и напряжения дуги  $U_s$  при сварке переменным током.

Для измерения переменного тока большой величины в электрическую цепь сварки с первичной стороны включается соответствующий трансформатор тока (трансформатор с номинальной силой тока на вторичной стороне 5 или 1 А). С помощью амперметра на вторичной стороне измеряется ток с учетом переводных коэффициентов.

Типовой ряд трансформаторов тока TGL 16813.

Изготовитель — предприятие Transformatoren- und Röntgenwerk, Дрезден, ГДР.

ТАБЛИЦА 1.119

## ТИПЫ СОЕДИНЕНИЙ И МУФТ СВАРОЧНЫХ КАБЕЛЕЙ\*

Наименование	Максимальное сечение кабеля, мм <sup>2</sup>	Сварочный ток $I_s$ max для ручной сварки, А
Кабельный соединитель KND 300K	70	300
Быстросействующая муфта сварочного кабеля KND 300SK/1	70	350
Муфта для машины KND 300MK	95	350
То же, KND 500MK	95	500
То же, F33	95	500

\* Изготовитель — предприятие Plast, ГДР.

ТАБЛИЦА 1.120

ОМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ (0,03—0,12 Ом)  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ КАЖДОГО ПОСТА  
ПРИ МНОГОПОСТОВОЙ СВАРКЕ (ИЗГОТОВИТЕЛЬ — Mansfeld)

Тип	Сварочный ток $I_s$ max, А	Пределы регулирования сварочного тока $I_s$ , А	Размеры $l \times t \times h$ , мм	Масса $m$ , кг
KRS 360	Для ПВ = 80 % 360	6—360 (регулирование с большим числом ступеней)	670×380×565	40
KR 350	Для ПВ = 60 % 350	50—350 (20 ступеней)	570×350×380	33

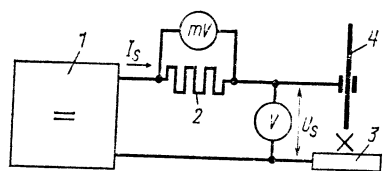


Рис. 1.89. Измерение сварочного тока  $I_s$  и напряжения  $U_s$  при сварке на постоянном токе:  
1 — источник питания; 2 — шунт; 3 — заготовка; 4 — электрод

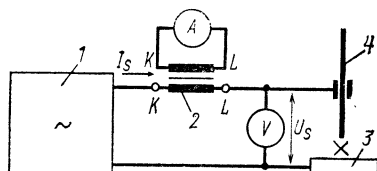


Рис. 1.90. Измерение сварочного тока  $I_s$  и напряжения  $U_s$  при сварке на переменном токе:  
1 — источник питания; 2 — трансформатор тока; 3 — заготовка; 4 — электрод

Номинальный ток первичной стороны: 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 750, 1000 А.

Редукционные клапаны для газовых баллонов.

Изготовитель — Feinmechanische Werke, Галле, ГДР.

Одно- или двухходовой редукционный клапан без расходомера или с расходомером (ротаметром), дифференцированным по виду газа; вариант с блокировкой против самопроизвольного выпуска газа (для защиты от замерзания редукционный клапан снабжен патроном с электрическим подогревом).

Емкость газовых баллонов (по TGL 0—4664): 5, 10, 20, 40 л.

#### Оборудование сварочных постов

Предохранительные щиты и маски, шлакоудалитель прямой или изогнутой формы, соединительный зажим сварочного кабеля, шаблоны угловых швов, спецодежда, предохранительные очки (с откидными и неоткидными стеклами), защитные стекла для предохранения глаз от поражения брызгами шлака или расплавленного металла.

### 1.3.2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СВАРКИ ДАВЛЕНИЕМ (табл. 1.121—1.130)

ТАБЛИЦА 1.121

ТРАНСФОРМАТОРЫ, РАССЧИТАННЫЕ НА БОЛЬШУЮ СИЛУ ТОКА

Технические параметры	EMW 5/6,3H	EMW 5/10H	EMW 6,3/12,5/2/H
Номинальная мощность $P_a$ (50 % ПВ), кВА	63	100	160
Напряжение сети $U_{Netz}$ , В	380	380	380
Напряжение $U_L$ (последовательно/параллельно), В	14/7	20/10	25/12,5
Ток $I_{2h}$ (последовательно/параллельно), кА	5/10	5/10	6,3/12,5

ТАБЛИЦА 1.122

МАШИНЫ ДЛЯ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ (С ПЕДАЛЬНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ)

Технические параметры	FPL 2/10 (ESA)	FP 5/20 (ESA)	TP 8 (ESA)	P 10F (ESW)	POUTL III (ESW)
Мощность привода $P_{An}$ , кВА	3,5	5,5	5,5	30	25
Ток $I_{2h}$ , кА	3,8	5	3,8	13	11
Усилие $F_e$ , Н	400	150	300	2250	1800
Размеры, мм:					
$L_A$	40—95	80	160	500	500
$S_{Si}$	0,05—2	0,8	0,1—0,75	0,5—1,5 (3,0)	0,5—1,5 (4,0)
Класс исполнения по TGL 11776/02	—	—	—	2	2

ТАБЛИЦА 1.123

МАШИНЫ ДЛЯ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ (С ПНЕВМАТИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ)\*

Технические параметры	P 200Pn (ESA)	P 10Pn (ESW)	UN 60Pn (ESA)	P 32Pn (ESW)	P 50-2Pn (ESW)
Мощность привода $P_{An}$ , кВА	19	35	48	50	90
Ток $I_{2h}$ , кА	12,5	13	17	17	22
Усилие $F_e$ , Н	19 500	2000	4000	4200	5000
Размеры, мм:					
$L_A$	400	500	600 (1000)	800	630
$S_{Si}$	0,5—2	0,5—2	0,5—3 (5)	0,8—3 (4)	0,8—3

\* Класс исполнения по TGL 11776/02 — 1.

ТАБЛИЦА 1.124

МАШИНЫ ДЛЯ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ (С МАСЛЯНОГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ) \*, \*\*

Технические параметры	P 50	P 50 (мод. 1)	P 40	PB 80	PB 80	P 1250—000—10
Мощность $P_A$ , кВА	135	220	300	480	480	330
Ток $I_{2h}$ , кА	32	36	50	40	55	55
Усилие $F_e$ , Н	8000	8000	10 000	7500	7500	13 000
Размеры, мм:						
$L_A$	630	630	800	500	500	400
$s_{St}$	0,8—4,5	0,8—4,5	0,8—5,0	1—4,5	1—4,5	1—6,0

\* Класс исполнения по TGL 11776/02 — 1. \*\* Изготовитель — предприятие LEW.

ТАБЛИЦА 1.125

СВАРОЧНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ

Технические параметры	PSZ 10 (FF) *1	KS 150/11 (ESW) *2	H/IV (ESW) *2	GS 300/1 (ESW) *2	PZ 500 (LEW) *3
Мощность $P_A$ , кВА	9	—	—	—	120
Ток $I_{2h}$ , кА	4,5	5/10	5/10	5/10	15
Усилие $F_e$ , Н	—	2500	2500	2500	5000
Размеры, мм:					
$L_A$	140—370	150	250	300	1200
$a_A$	50—255	80	105	195	300
$s_{St}$	2	0,5—2	0,5—2	0,5—2	0,5—4

\*1 Ручное усилие, ограничитель времени сварки ES 15. \*2 Пневматическое усилие; трансформатор высокого тока EMW 5/10Pn, цифровое управление времени Eltros. \*3 Пневмогидравлическое усилие.

Продолжение табл. 1.125

Технические параметры	ZIS 580	ZIS 581	ZIS 582	TZ 10 ZIS 877 (ESW)	TZ 20 ZIS 800 (ESW)
	(изготовитель Mansfeld)				
Мощность $P_{An}$ , кВА	—	—	—	24	38
Ток $I_{2h}$ , кА	12,5	10	10	10	17
Усилие $F_e$ , Н	2000	2000	2000	3000	5000
Размеры, мм:					
$L_A$	160	320	500	160	200
$a_A$	80	160	200	125	160
$s_{St}$	0,8—1,5	0,5—1,5	0,5—1,5	0,5—2 Ø 1—10	0,5—3 Ø 5—16

Примечание. Пневмогидравлический редуктор давления ZIS 579, трансформатор высокого тока серии EMW; цифровое управление Eltros.

ТАБЛИЦА 1.126

МАШИНЫ ДЛЯ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ \*

Технические параметры	B 30s	B 630Hy	B 80	B 80.1	PB 80	PB 80	B 750
Мощность $P_{An}$ , кВА	270	30	480	480	480	480	2500
Ток $I_{2h}$ , кА	45	23	80	50	55	85	250
Усилие $F_e$ , Н	1800—12000	6000	32 000	32 000	17 000	17 000	250 000
Размеры, мм:							
$L$	250	150	250	250	300	300	150
$s_{St}$	1,5—4	0,5—2,5	2,5—4	2,5—4	2—4	2—4	— **
Привод	Электро-механический	Масляногидравлический					

\* Изготовитель — LEW. \*\* Максимальное сечение сварки 2500 мм<sup>2</sup>.

ТАБЛИЦА 1.127

МАШИНЫ ДЛЯ ШОВНОЙ СВАРКИ

Технические параметры	FPN/20 (ESA)	UN 60Pn (ESA)	NQ 1000—320—16 (LEW)	N 80 (LEW)	BSA 001 (LEW)	BSA 002 (LEW)
Мощность $P_{An}$ , кВА	5,5	48	80	100	350	160
Ток $I_{2h}$ , кА	5	17/13	25	25	35	25
Усилие $F_e$ , Н	150	4000—2800	10 000	10 000	2500—16 000	2500—16 000
Размеры, мм:						
$L_A$	80	600—1000	320	800	—	—
$s_{St}$	0,5	1,5	2	0,4—2,5	0,3—1,0	—
Скорость сварки $v_s$ , м/мин	0,2—2,4	0,42—5,16	0,8—4	0,8—4	1—6	—

ТАБЛИЦА 1.129  
БЛОКИ УПРАВЛЕНИЯ МАШИН ДЛЯ ТОЧЕЧНОЙ, КОНТАКТНОЙ,  
РЕЛЬЕФНОЙ И ШОВНОЙ СВАРКИ

Параметры	EZ4-1 (четырёх- временной асинхрон- ный датчик тактов)	ESZ4 (четырёх- временное управление)	ESZ4N (син- хронное)	ESZ5 (пятивре- менное син- хронное управление)	Eltros II (1+1)-вре- менное ти- ристорное управление
Напряжение сети $U_1$ , В . . . . .	220	380	380	380	380
Время, периоды: сварки $t_s$ . . . . .	2-75	1-10*	1-10*	1-10*	1-99**
под током $t_{Str}$ . . . . .	2-100	1-10*	1-10*	1-10*	1-99**
без тока $t_p$ . . . . .	—	12-50**	12-50**	12-50**	1-99**
Продолжительность длительного воз- действия, периоды, $t_{NH}$ . . . . .	2-50	12-50**	12-50	12-50**	1-99**
Продолжительность прерывания, перио- ды, $t_{OH}$ . . . . .	5-10	12-50**	12-50	12-50**	1-99**
Число импуль- сов $n_i$ . . . . .	—	—	—	1-7	1-9
Включение на пер- вичной стороне . . . . .	Механиче- ская защи- та, тири- сторная за- щита TNS 150	Вставляемый блок управления мощ- ностью ESL 1 или ESL 2. Управление током игнитронами 25-100% (постоян- ное), тиристорами 1- 100% (постоянное)		Как для ESZ 4	Тиристорное управление мощностью со смеще- нием фазы от 10 до 180° (вариан- ты по табл. 1.130) Отдельная точка, ряд точек (шов)
Переключение . . . . .	Отдельная точка, ряд точек	Отдельная точка, ряд точек	Шов	Отдельная точка, ряд точек, шов	Отдельная точка, ряд точек (шов)

\* Десять ступеней. \*\* Многоступенчатое.

№ по- пор.	Управление по времени <i>a</i>	Управление мощ- ностью <i>b</i>	Параметры питания при 50% ПВ <i>c</i>	Предварительный нагрев, окончательный нагрев <i>d</i>
5	По пяти параметрам времени	Два регулирова- ния сварочного то- ка, из них одно с увеличенным тока	Тиристорная ступень 400 А + + воздушное охлаждение	То же, окончательный
6	По двум параметрам времени с тремя програм- мами	Три регулирова- ния сварочного то- ка, из них одно с увеличенным тока	То же, 600 А	Предварительный нагрев с многосигнальным регули- рованием, окончательный нагрев с одноимпульсным регулированием
7	По четырем параметрам времени с двумя програм- мами		Тиристорная ступень 200 А + + водяное охлаждение	Предварительный нагрев с одноимпульсным регули- рованием, окончательный нагрев с многосигнальным регулированием
8	По 8 пара- метрам времени		То же, 400 А	Предварительный и оконча- тельный нагрев с многосиг- нальным регулированием
9	По 11 пара- метрам времени		Игнитронная ступень 700 А	—

ТАБЛИЦА 1.130

МАШИНЫ ИМПУЛЬСНОЙ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ  
ПРОИЗВОДСТВА ГДР

Технические параметры	ZIS 255* (ESPA)	ZIS 294 (ESPA)	ZIS 295 (ESPA)
Напряжение сети, В . . . . .	220	220	220
Максимальная энергия конденсатора, Вт·с . . . . .	73,5	250	2000
Напряжение заряда, В . . . . .	3500	3200	1200-4000
Емкость, мФ . . . . .	8, 12	20, 32, 42, 52	96, 148, 200, 254, 304
Максимальный пиковый ток, кА . . . . .	5,5	9	35
Число операций последовательной свар- ки, мин <sup>-1</sup> . . . . .	30	65	6-60
Максимальное усилие $F_z$ , Н . . . . .	0-150	100-1100	500-3500
Подача электрода, мм . . . . .	0-20	10-30	10-40

\* ZIS 255 в виде вставляемого узла в машине прецизионной точечной сварки FPN 5/20.

ТАБЛИЦА 1.129

КОМБИНАЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ТИРИСТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ  
Eltros II (ИНДЕКСЫ a-b-c-d)

№ по- пор.	Управление по времени <i>a</i>	Управление мощ- ностью <i>b</i>	Параметры питания при 50% ПВ <i>c</i>	Предварительный нагрев, окончательный нагрев <i>d</i>
1	По одному параметру времени	Одно регулирова- ние сварочного то- ка	Тиристорная ступень 150 А	Нагрев с одноимпульсным регулированием предвари- тельный
2	По двум параметрам времени	Два регулирова- ния сварочного тока	То же, 300 А	То же, окончательный
3	По трем параметрам времени	Три регулирова- ния сварочного то- ка	То же, 500 А	То же, предварительный и окончательный
4	По четырем параметрам времени	Одно регулирова- ние сварочного то- ка с увеличением тока	Симисторная ступень 80 А	Нагрев с многосигнальным регулированием, предвари- тельный

# 1.4. ПРИСАДОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

## 1.4.1. СВАРКА

### 1. Электроды (табл. 1.131).

*Ручная дуговая сварка.* Технические требования и условия поставки по TGL 15792

#### Применяемые электроды

Электроды, образующие средние и крупные капли (типа Lloyd, Gařant) при заварке корня шва и труднодоступных зон стыка.

Электроды, образующие мелкие капли: для заполнения зазора и «косметических» швов.

Обеспечивается повышенная производительность сварки, мелкочешуйчатая поверхность валика; шов характеризуется высокой длительной прочностью.

Для сварки жестких конструкций, изделий из высоколегированных и томасовских сталей применяют электроды марки В (с покрытием на основе извести), которые обеспечивают повышенные прочностные свойства и не способствуют образованию трещин.

Для обеспечения высокой производительности сварки применяют электроды типа А и В с выходом сварного материала более 150 %.

При сварке высоколегированных сталей следует особенно тщательно придерживаться следующего порядка работы.

Сварку можно выполнять в том случае, если:

имеется документ, подтверждающий допуск к сварочным работам;

квалификация сварщика достаточна;

имеется сертификат на основные и присадочные материалы;

имеется точное описание схемы сварки (с указанием основного и присадочного материала, типа сварки, класса исполнения, подготовки и обработки шва, термообработки) и описание технологии сварки.

**Предварительная термообработка.** Аустенитные стали не подвергают предварительной обработке. Нержавеющие и кислотостойкие хромистые стали при сварке следует медленно нагреть до 150—250 °С и выдержать при этой температуре.

**Термообработка.** Стабилизированные аустенитные стали толщиной не более 25 мм подвергают отпуску для снятия напряжений, если есть опасность коррозионного растрескивания под нагрузкой или при назначении узких допусков.

Стали толщиной > 25 мм подвергают отпуску для снятия напряжений с нагревом до 900—920 °С (длительность нагрева выбирают из расчета 1—1,5 ч на каждые

ТАБЛИЦА 1.131  
РАЗМЕРЫ ЭЛЕКТРОДОВ

Диаметр $d_e$ , мм	Длина $l_e$ , мм, для сварки металлов	
	углеродистых	легированных
1,6	200, 250	200, 250
2,0		
2,5	250, 350	200, 250
3,25	350, 450	350
4,0		
4,5	350, 450	350, 450
5,0		
6,0		

### 1. Тип электрода

Индекс	Тип электрода (покрытие)
A	Кислое
AR	На основе рутиловой кислоты
B	Основное
B (R)	Основное, содержащее неосновные компоненты
C	На основе целлюлозы
R	Толстое рутиловое *
RR	Очень толстое рутиловое
RR (B)	Очень толстое основное рутиловое

\* Толстое покрытие — менее 150 % диаметра сердечника, очень толстое покрытие — более 150 % диаметра сердечника.

### 2. Показатели прочности, относительное удлинение и ударная вязкость

Индекс	Временное сопротивление $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение $\delta_5$ , %	Температура ударных испытаний ( $A_{K/S2} \geq 28 \text{ Дж}$ ), °С	Индекс	Временное сопротивление $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение $\delta_5$ , %	Температура ударных испытаний ( $A_{K/S2} \geq 28 \text{ Дж}$ ), °С
43 0	430—550	—	—	51 0	>510—650	—	—
43 1		20	+20	51 1		18	+20
43 2		22	0	51 2		18	0
43 3		24	-20	51 3		20	-20
43 4		24	-20	51 4		20	-20
43 5		24	-40	51 5		20	-20

### 3. Характеристика положения шва при сварке

Индекс	Положение шва при сварке
1	Нижнее, горизонтальное, горизонтальное на вертикальной поверхности, потолочное, вертикальное снизу вверх и сверху вниз
2	Нижнее, горизонтальное, горизонтальное на вертикальной поверхности, потолочное, вертикальное снизу вверх
3	Стыковой и угловой швы — нижнее, угловой шов — горизонтальное, угловой шов — горизонтальное на вертикальной поверхности
4	Нижнее, угловой шов — горизонтальное
5	Как 3, и вертикально сверху вниз

### 4. Параметры электрического тока

Индекс	Постоянный ток, рекомендуемая полярность	Переменный ток, номинальное напряжение холостого хода при 50 Гц, В	Индекс	Постоянный ток, рекомендуемая полярность	Переменный ток, номинальное напряжение холостого хода при 50 Гц, В
0	+	—	5	—	70
1	+ или —	50	6	+	70
2	—	50	7	+ или —	80
3	+	50	8	—	80
4	+ или —	70	9	+	80

## ПРИМЕР МАРКИРОВКИ ЭЛЕКТРОДОВ

Электрод	Маркировка электрода				Тип оболочки	Выход (от 110 %)	Положение шва	Параметры тока сварки	Низкое содержание $H_2$ в шве	Диаметр	Длина
	Электрод с оболочкой	Временное сопротивление	Относительное удлинение	Ударная вязкость							
Электрод для сварки углеродистых и низколегированных сталей, а также сталей с повышенной прочностью по TGL 15793/02	Е	4	3	4	В	160	4	6	(Н) —	4x450	TGL 15793
Электрод для сварки высоколегированных и теплостойких сталей, а также нержавеющей, кислотоустойчивых и жаропрочных	Е	Тип оболочки	Легирование	Содержание	Диаметр	Длина					TGL 15793
				1-го элемента							
Электрод для низколегированных и теплостойких сталей, а также для сталей, устойчивых против действия воды под давлением по TGL 15753/02	Е	Тип оболочки	Легирование	% Сг	Диаметр	Длина					TGL 15793
				1 —							

ТАБЛИЦА 1.134

ЭЛЕКТРОДЫ, ИСПОЛЗУЕМЫЕ ДЛЯ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ СВАРКИ УГЛЕРОДИСТОЙ И НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ И СТАЛЬНОГО ЛИТЬЯ

Марка	Индекс по TGL 15793	Окраска	Диаметр проволоки $d_{Dr}$ , мм	Сварочный ток $I_s$ , А	Расход, кг/ч
Tempo	E 43 0A 15	Нет	3,25—6,0	110—250	0,6—1,5
Exponent	E 43 0B 20	Серебряная	3,25—5,0	100—240	1,1—2,2
Anker	E 43 2R 12	Белая	2,0—6,0	50—290	0,95—2,75
Lloyd	E 43 2R 12	Зеленая	3,25—4,0	100—180	1,0—1,45
Titan	E 43 4RR B 22	Красная	2,0—6,0	50—360	0,75—2,9
Trumpf	E 43 3A 42	Зеленая	3,25—5,0	130—280	1,05—2,9
Kontakt	E 43 2RR150 42	Красная	3,25—6,0	130—400	1,5—5,5
Komplex	E 51 4RR B 22	Серая	2,5—6,0	70—360	0,8—3,0
Garant	E 43 4B 110 20 (H)	Синяя	2,5—6,0	60—360	1,1—3,5
Garant K	E 51 5B 110 20 (H)	Синяя/голубая	3,25—5,0	120—270	1,1—2,6
Empor	E 43 4B 110 26 (H)	Коричневая	3,25—5,0	120—260	1,15—2,75
Rasant	E 43 4B 160 46	Голубая	3,25—6,0	140—380	1,6—4,6
Perfekt	E 43 4B 16 (H)	Белая	3,25—4,0	120—220	1,15—1,95
Exakt	E 51 4B 20 (H)	Фиолетовая	3,25—5,0	120—350	1,15—3,45
Impuls	E 51 5B 110 26 (H)	Желтая	3,25—6,0	120—340	1,25—3,55
Korrex	E 51 4B 110 10 (H)	Синяя/белая	3,25—5,0	120—260	1,1—2,6
Cromo 05	E B/CrMoV	Фиолетовая/фиолетовая	3,25—6,0	100—310	1,0—3,15
Cromo 1Kb	E B/CrMol	Фиолетовая/желтая	3,25—6,0	100—310	1,0—3,15

ТАБЛИЦА 1.135

ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ ПРИ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ СВАРКЕ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ, НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ И СТАЛЬНОГО ЛИТЬЯ

Марка электрода	Основной материал	Положение шва при сварке	Тип тока, полярность	Примечание
Tempo	St34, St38, St42, стальное литье GS-40	Все	≠/—	Сварка тонких листов, прихватка, ремонтные работы, исправление неудачной подгонки; малое количество шлама
Anker	St34, St38, St42, H45-2, H52-3, C10, C15	Все	≠/—	Универсальный электрод; при плохой подготовке шва и большом зазоре $b_{Sp}$ хорошее перемикание
Lloyd	St34, St38, St42, H52-3, C15, C10	Все	≠/—	Особенно пригоден для сварки при вертикальном сверху вниз положении шва
Titan	St34, St38, St42, H45-2, H52-3, Mb13, Mb16, Mb19, 17Mn4, St35, St45, C10, C15	Нижнее, горизонтальное, горизонтальное на вертикальной поверхности, вертикальное снизу вверх, потолочное	≠/—	Мелкочешуйчатый шов, переходы без надреза; сварка тонких листов



Марка электрода	Основной материал	Положение шва при сварке	Тип тока, полярность	Примечание
Trumpf	St34, St38, St42, H45-2, H52-3, C10, C15	Нижнее, горизонтальное	≠/-	Возможна очень высокая скорость сварки
Kontakt	St34, St38, St42, H45-2, H52-3, Mb13, Mb16, Mb19	То же	≠/-	Простое управление сваркой; пригоден также для контактных соединений при выполнении угловых швов
Komplex	H45-2, H52-3, Mb19, 15Mo3	Нижнее, горизонтальное, горизонтальное на вертикальной поверхности, вертикальное снизу вверх, потолочное	≠/-	Строительство трубопроводов, котлов и прочих крупных емкостей, заварка корней шва на трубных сталях X60, X65, X70; мелкочешуйчатый шов
Garant	St34, St38, St42, St50, H45-2, H52-3, H55-3, H60-3, Mb13, Mb16, Mb19, 17Mn4, 19Mn5, C10, C15, C20, C25, C35, стальное литье GS-40, GS-45	Все	≠/+	Универсальный электрод, надежная сварка даже при высоком содержании P, S и C в сталях; используют только сухие электроды
Garant K	St34, St38, St42, St50, H45-2, H52-3, H55-3, H60-3, Mb13, Mb16, Mb19, 17Mn4, 19Mn5, C20, StA-I, StA-III, X60, X65, X70	»	≠/+	Производство стальных конструкций, судостроение; высокая вязкость при низких температурах
Empor	St34, St38, St42, St50, H45-2, H52-3, H55-3, H60-3, Mb13, Mb16, Mb19, 17Mn4, St35, St45, C10, C15, C25, C35	Вертикальное снизу вверх	≠/+	Производство емкостей, специальный электрод для вертикальных швов снизу вверх; используют только сухие электроды
Rasant	St34, St38, St42, St50, H45-2, H52-3, H55-3, H60-3, Mb19, Mb16, Mb19, 17Mn4, StA-I, StA-III, стальное литье GS-40, GS-45	Все	≠/+	Электроды с высоким содержанием железного порошка; мелкочешуйчатый шов; электроды малого диаметра при определенных условиях пригодны для принудительных положений; используют только сухие электроды

Марка электрода	Основной материал	Положение шва при сварке	Тип тока, полярность	Примечание
Perfekt	St34, St38, St42, St50, H45-2, H52-3, H55-3, H60-3, Mb13, Mb16, Mb19, 17Mn4, St35, St45	Вертикальное сверху вниз	≠/+	Особенно пригоден для швов сверху вниз; высокая ударная вязкость; используют только сухие электроды; короткая дуга
Exakt	St34, St38, St42, St50, H45-2, H52-3, H55-3, H60-3, Mb13, Mb16, Mb19, 17Mn4, 19Mn5, StT-III, StT-IV	Нижнее, горизонтальное, горизонтальное на вертикальные поверхности, вертикальное снизу вверх, потолочное	≠/+	Особенно пригоден для сварки котельных листов, в том числе из томасовской стали; используют только сухие электроды; короткая дуга
Impuls	St50, St60, St70, H45-2, H52-3, H55-3, H60-3, 17Mn4, 19Mn5, 15Mo3, St55, C15, C10, C25, C35, C45, StT-III, StT-IV, стальное литье GS-40, GS-45, GS-50	Все	≠/-	Специальный электрод для сталей с временным сопротивлением до 700 МПа, наплавленный материал $\leq 0,4\%$ Mo, теплостойкий, как сталь 15Mo3 до 500 °C; используют только сухие электроды; короткая дуга
Korrex	St34, St38, St42, St50, K T45-2, K T50-2, K T52-3 H45-2, H52-3	Все	≠/+	Производство стальных конструкций, трубопроводов, сельскохозяйственное машиностроение, вагоностроение; наплавленный материал содержит никель и медь для повышения коррозионной стойкости; гладкий шов; используют только сухие электроды

ТАБЛИЦА 1.135

## НИЗКОЛЕГИРОВАННЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ ПО TGL 15793/03

Марка электрода	Основной материал	Окраска
E RR/Mo	15Mo3	Зеленый/красный
E B/Mo		Зеленый/синий
E B/CrMoV	24CrMoV5.5	Зеленый/серебряный/серебряный
E RR/CrMo1	13CrMo4.4	Зеленый/красный/красный
E B/CrMo1	13CrMo4.4	Зеленый/синий/синий
E RR/CrMo2	10CrMo9.10	Зеленый/белый/белый
E B/CrMo2		Зеленый/коричневый/коричневый
E RR/CrMo5	12CrMo10.5	Зеленый/фиолетовый
E B/CrMo5		Зеленый/серебряный/серебряный

ТАБЛИЦА 1.137

ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ ПО TGL 15793/04  
(СОЧЕТАНИЕ СО СТАЛЯМИ В СООТВЕТСТВИИ  
С ХИМИЧЕСКИМ СОСТАВОМ ИЛИ ПО ДИАГРАММЕ ШЕФФЛЕРА)

Марка электрода	Особые свойства чистого наплавленного материала	Окраска
E B (R) Cr13	Окалиностойкий до 600 °С	Серебряный/зеленый
E B (R) CrNi17.1	» » 900 °С	Коричневый/красный
E R (B) CrNi25.4	» » 1000 °С	Серебряный/черный
E R (B) Cr30	» » 1200 °С	Серебряный/черный
E B (R)/CrNiNb19.9	Коррозионностойкий, теплостойкий, окалинностойкий до 800 °С	Розовый/зеленый
E B (R) CrNiMn19.11.3	Коррозионностойкий	Розовый/белый
E B (R)/CrNiMn19.9.6	Устойчивый против наклепа, окалинностойкий до 700 °С	Розовый/коричневый
E B (R)/CrNiNb23.12	Коррозионностойкий, окалинностойкий до 950 °С	Розовый/черный
E R (B)/CrNi25.20	Окалиностойкий до 1200 °С	Розовый/серебряный/серебряный
E B (R)/CrNi29.9	То же	Розовый/зеленый/зеленый
E B (R)/CrNiNb19.10	Коррозионностойкий, теплостойкий, окалинностойкий до 800 °С, δ-феррит менее 6 %	Розовый/синий

ТАБЛИЦА 1.138

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАПЛАВЛЕННОГО МАТЕРИАЛА  
И СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРИ СВАРКЕ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ

Марка проволоки	Временное сопротивление, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, Н·см/см²	
			чистого наплавленного материала	сварного соединения
ПП-АН1	520—560	18—24	40—80/—	80—120/—
ПП-АН3	520—550	24—30	140—170/50—80	160—190/70—100
ПП-АН7	510—540	25—29	130—160/50—70	140—160/70—90
ПП-АН11	530—560	24—30	100—130/50—80	150—180/90—110
ПП-АН17	540—580	20—24	80—100/30—60	120—150/50—80
ПП-АН19	620—650	22—25	110—150/50—70	190—230/120—150

Примечание. В числителе при +20 °С, в знаменателе при —20 °С.

ТАБЛИЦА 1.139

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ГАЗОВ  
В НАПЛАВЛЕННОМ МАТЕРИАЛЕ ПРИ СВАРКЕ ПОРОШКОВОЙ  
ПРОВОЛОКОЙ

Марка проволоки	Содержание основных компонентов, %			Содержание газов, см³/100 г металла		
	C	Mn	Si	(N)	(O)	(H)
ПП-АН1	0,06—0,10	0,6—0,8	0,07—0,15	0,03—0,04	0,06—0,10	20—30
ПП-АН3	0,07—0,12	0,7—1,3	0,20—0,45	0,015—0,03	0,04—0,06	4,5—7,0
ПП-АН7	0,04—0,13	0,8—1,3	0,2—0,5	0,01—0,025	0,04—0,06	4,0—6,0
ПП-АН11	0,09—0,14	0,9—1,5	0,25—0,5	0,01—0,025	0,03—0,04	3,0—5,0
ПП-АН17	0,08—0,12	0,8—1,5	0,2—0,5	0,02—0,035	0,03—0,05	4,0—6,0
ПП-АН19	0,09—0,13	1,4—1,6	0,3—0,55	0,01—0,02	0,03—0,04	3,0—4,0

ТАБЛИЦА 1.140

СВАРОЧНЫЕ ПРУТКИ И ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ СВАРКИ ЧУГУНА

Основной материал	Присадочный материал	Примечание
Чугун с шаровидным графитом GGG38—GGG70	Сварочные прутки из чугуна с шаровидным графитом GGG Сварочные электроды из чугуна с шаровидным графитом GGG Сварочные электроды	Присадочные материалы соответствуют основному металлу
Чугун с пластинчатым графитом GGL12—GGL26	(Стальная стержневая проволока, покрытие C + Si) Электроды из чистого никеля Электроды из ферроникеля Электроды из монель-металла	Присадочные материалы не совпадают с основным металлом

ТАБЛИЦА 1.141

СВОЙСТВА ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СВАРКИ ЧУГУНА

Присадочный материал	Содержание, % (по массе)				
	C	Si	Mn	P	S
Чугун с пластинчатым графитом GGL	3,0—3,6	2,8—3,6	0,5—0,8	0,6	0,1
Чугун с шаровидным графитом GGG	3,2—3,5	2,2—2,5	0,5—1,0	0,12	0,03
Чистый никель	—	—	—	—	—
Ферроникель	—	—	—	—	—
Монель-металл	—	—	—	—	—

Присадочный материал	Содержание, % (по массе)				Прочность, МПа	
	Mg	Ni	Cu	Fe	σ <sub>B</sub>	σ <sub>T</sub>
Чугун с пластинчатым графитом GGL	—	—	—	—	200	—
Чугун с шаровидным графитом GGG	0,04—0,08	—	—	—	400	350
Чистый никель	—	< 99	—	Ост.	—	—
Ферроникель	—	45—50	—	50—55	—	—
Монель-металл	—	Ост.	30—32	1	—	—

25 мм толщины) с последующим охлаждением на воздухе до 500—550 °С, после чего продолжают охлаждение в печи.

Диффузионный отжиг по режиму: нагрев до 1020—1070 °С (длительность нагрева выбирают из расчета 1 ч на каждые 25 мм толщины); при толщине ≤ 2 мм — охлаждение на воздухе, при толщине > 2 мм — охлаждение в воде.

Хромистые стали феррито-перлитного класса.

Режим отжига: нагрев до 750—800 °С, охлаждение в течение 1 ч на воздухе, затем закалка с отпуском.

Аустенитные, ферритные и феррито-перлитные хромистые стали прихватывают электродами 2,5 мм (места прихватки 40×s).

Следует обеспечить надлежащую ширину зазора; поверхности листов должны быть защищены от брызг асбестом.

Дугу следует держать короткой, стремиться к формированию плоского усиления шва, корень шва хорошо проваривать (по возможности с валиком).

При длине прихваток < 30 мм их поверхность следует зачистить.

Вывод кратера следует выполнять хорошо и хорошо заглавливать при замене электрода. Ширина качания электрода (1,5—2)D, где D — диаметр электрода.

Конструкции вблизи шва не должны нагреваться выше 250 °С. Шлак следует тщательно обить молотком, изготовленным из аустенитной стали. Места сварки следует защищать от воздействия воздуха и влаги.

Маркировку швов выполняют только резиновым штемпелем. При зачистке используют шлифовальные круги из электрокорунда повышенной чистоты; следует избегать при этом местного нагрева.

Цвета побежалости и окалину удаляют после сварки травлением.

Сварка под флюсом и электрошлаковая сварка (табл. 1.142—1.148)

ТАБЛИЦА 1.142

ПРИСАДОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СВАРКИ  
ПОД ФЛЮСОМ (СФ) И ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКИ (ЭС)

Присадочный материал	Способ сварки	Присадочный материал	Способ сварки
<i>Углеродистые и низколегированные стали</i>		9MnNi4	СФ
		10MnCrNi7	СФ
		30MnCrTi5	СФ
		50MnCrTi4	СФ
		70MnCrTi8	СФ
		<i>Теплостойкие стали</i>	
MuK10S	СФ		
MuK9	СФ		
MbK10S	СФ, ЭС		
10Mn4	СФ, ЭС		
10Mn4A1	ЭС		
8Mn6A1	ЭС		
10Mn6	СФ		
10Mn6A1	ЭС	9MnMo4.5	СФ, ЭС
10Mn8	СФ	11MnMo6.5	СФ
10Mn8A1	ЭС	11MnMoSi6.5	ЭС
6MnCuNi5	СФ, ЭС	9CrMo4.5	СФ, ЭС
10NiMoV5.4	СФ, ЭС	7CrMo9.10	СФ, ЭС
13Mn12	СФ	12CrMo10.5	СФ, ЭС
17MnTi6	СФ	20WCrV17.10	СФ

Продолжение табл. 1.142

Присадочный материал	Способ сварки	Присадочный материал	Способ сварки
<i>Коррозионностойкие и кислотостойкие стали</i>		<i>Жаропрочные и окалиностойкие стали</i>	
X8CrMo6	СФ		
X4Cr14	СФ		
X8CrTi18	СФ	X8Cr9	СФ
X5CrNi19.9	СФ	X8Cr15	СФ
X2CrNi20.10	СФ	X8Cr30	СФ
X5CrNiNb20.10	СФ	X12CrNi25.4	СФ
X5CrNiMo19.11	СФ	X8CrNi30.10	СФ
X2CrNiMo19.13	СФ		
X5CrNiMoNb19.11	СФ		
X2CrNi25.13	СФ		
X5CrNiNb25.13	СФ		

ТАБЛИЦА 1.143

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
ДЛЯ СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ И ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКИ

Присадочный материал	Содержание, % (по массе)			
	C	Si	Mn	P (не более)
MbK10	0,07—0,12	0,10—0,20	0,50—0,70	0,035
MbK10S	0,07—0,12	0,15—0,25	0,50—0,70	0,030
MuK9	0,06—0,12	≤ 0,06	0,40—0,65	0,030
Присадочный материал	Содержание, % (по массе)			
	S (не более)	Cr	Ni	Cu
MbK10	0,035	0,20	0,30	0,25
MbK10S	0,030	0,20	0,30	0,25
MuK9	0,030	0,30	0,30	0,25

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
ДЛЯ СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ И ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКИ

Марка	Содержание, % (по массе)											
	C	Si	Mn	P (не более)	S (не более)	Al	Cr	Ni	Ti	Mo	V	Cu
10Mn8	0,06—0,12	0,15—0,25	1,70—2,10	0,030	0,030	—	0,20	≤0,30	—	—	—	≤0,25
10Mn8Al	0,06—0,12	0,05—0,15	1,70—2,10	0,030	0,030	0,03	0,20	≤0,30	—	—	—	≤0,25
6Mn5CrNi5	≤0,08	0,55—0,75	1,20—1,40	0,030	0,025	—	—	0,50—0,60	—	—	—	—
10NiMoV5.4	0,08—0,12	0,20—0,35	1,10—1,30	0,020	0,020	—	—	1,10—1,30	—	—	0,05—0,15	—
13Mn12	0,10—0,15	0,15—0,25	2,90—3,20	0,030	0,030	—	≤0,20	≤0,30	0,15—0,30	—	—	—
17MnTi6	0,14—0,21	0,20—0,35	1,20—1,50	0,030	0,030	0,10	≤0,20	≤0,30	—	—	—	0,25
9MnNi4	0,06—0,12	0,07—0,15	0,90—1,20	0,030	0,030	—	≤0,20	0,40—0,60	—	—	—	0,25
30MnCrTi5	0,25—0,35	0,15—0,35	1,00—1,30	0,030	0,030	0,10	0,80—1,00	0,30	0,15—0,30	—	—	—
50MnCrTi4	0,45—0,55	0,15—0,35	0,90—1,20	0,030	0,030	0,10	0,80—1,00	0,30	0,15—0,30	—	—	—
70MnCrTi8	0,65—0,75	0,15—0,35	1,80—2,20	0,030	0,030	0,10	0,90—1,20	0,30	0,15—0,30	—	—	—

ТАБЛИЦА 1.145

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
ДЛЯ СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ И ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКИ ТЕПЛОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ

Марка	Содержание, % (по массе)									
	C	Si	Mn	P (не более)	S (не более)	Cr	Mo	Ni (не более)	Cu	
9MnMo4.5	0,06—0,13	0,10—0,18	0,90—1,20	0,025	0,025	≤0,20	0,40—0,60	0,30	0,25	
9MnMoSi4.5	0,07—0,12	0,55—0,75	1,00—1,40	0,020	0,020	—	0,40—0,60	0,30	0,25	
11MnMo6.5	0,08—0,14	0,10—0,20	1,40—1,60	0,025	0,025	—	0,40—0,60	0,30	0,25	
11MnMoSi6.5	0,08—0,14	0,20—0,35	1,40—1,60	0,025	0,025	—	0,40—0,60	0,30	0,25	
9CrMo4.5	0,07—0,12	0,15—0,30	0,60—0,80	0,025	0,025	1,00—1,30	0,40—0,60	0,30	0,25	

ТАБЛИЦА 1.146

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СВАРКИ  
ПОД ФЛЮСОМ КОРРОЗИОНСТОЙКИХ И КИСЛОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ

Марка	Содержание, % (по массе)									
	C (не более)	Si (не более)	Mn	P (не более)	S (не более)	Cr	Mo	Ni	Wb	Ti
X6Cr14	0,08	0,70	0,30—0,70	0,030	0,030	13,0—15,50	—	≤0,60	—	—
X8Cr18	0,10	0,60	0,40—0,70	0,025	0,020	17,00—18,50	—	—	—	—
X8CrTi18	0,10	0,80	0,30—0,70	0,025	0,020	16,50—18,50	—	≤0,60	—	0,45—0,7
X5CrNi19	0,07	0,50	1,00—1,50	0,025	0,015	18,50—19,50	—	9,00—10,00	—	—
X2CrNi20.10	0,03	0,50	1,50—2,00	0,025	0,015	19,50—20,50	—	10,00—11,0	—	—
X5CrNiNb20.10	0,07	0,70	1,00—1,50	0,025	0,015	19,50—20,50	—	9,50—10,50	≥12×C	—
X5CrNiMo19.11	0,07	0,50	1,00—1,50	0,025	0,015	18,50—19,50	2,00—2,50	10,00—11,00	≤1,00	—

ТАБЛИЦА 1.147

СОЧЕТАНИЯ ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СВАРОЧНЫХ ФЛЮСОВ

Марка стали	Временное сопротивление σ <sub>в</sub> , МПа	Свариваемость	Марка проволоки для флюса		Примечание
			Диаметр	Свойства	
St33	330—500	○	Р18 УР диаметр <3 мм	Р18 УР диаметр 3—6 мм	Р18 УР, Р18 УР (стекловидный), Р18 УР диаметр 2—6 мм
St34u/St34b	340—420	●	МБК10s/МуК10	10Mn6/10Mn4	МБК10s/МуК10

Обычные конструкционные стали по TGL 7960

Группа качества I

Сварной шов ненадежный, образуются дефекты; химический состав не гарантируется

Марка стали	Временное сопротивление $\sigma_B$ , МПа	Свариваемость	Марка проволоки для флюса			Примечание	
			Рис 18 UP диаметр < 3 мм	Рис 18 UP диаметр 3—6 мм	Рис 40 UP, Рис 38 UPS, Рис 38 UP (стекловолоконный), Рис 28 ES диаметр 2—6 мм		
St38u/St38b	380—470	●	Мб К10s/Му К10	10Мп6/10Мп4	Мб К10s/Му К10	Хорошо сваривается до содержания 0,23 % С в стали Сваривается только электродом типа Кб (с покрытием на основе извести) Под флюсом пока не сваривается То же	
St42u/St42b	420—520	●	—	10Мп6/10Мп4	Мб К10s/Му К10		
St50	500—620	○	—	10Мп6	10Мп4		
St60	600—720	×	—	—	—		
St70	700—850	×	—	—	—		
<i>Группа качества 2</i>							
St34u—2/b—2	340—420	●	Мб К10s/Му К10	10Мп6/10Мп4	Мб К10s/Му К10		Хорошо сваривается до содержания 0,23 % С в стали Сваривается только электродом типа Кб Под флюсом не свариваются То же
St38u—2/b—2	380—470	●	Мб К10s/Му К10	10Мп6/10Мп4	Мб К10s/Му К10		
St42u—2/b—2	420—520	●	10Мп4	10Мп6/10Мп4	Мб К10s/Му К10		
St50—2	500—620	○	—	10Мп6	10Мп4		
St60—2	600—720	×	—	—	—		
St70—2	700—850	×	—	—	—		
<i>Группа качества 3</i>							
St34—3/4	340—420	●	Мб К10s	10Мп4	Мб К10s	Хорошо сваривается до содержания 0,23 % С в стали Сваривается только электродом типа Кб Под флюсом не свариваются То же	
St38—3/4	380—470	●	Мб К10s	10Мп4	Мб К10s		
St42—3/4	420—520	●	10Мп4	10Мп4	Мб К10s		
St50—3	520—620	●	10Мп6	10Мп6/10Мп8	10Мп4/10Мп6		
St60—3	600—720	×	—	—	—		
St70—3	700—850	×	—	—	—		
St70—3	700—850	×	—	—	—		

*Судостроительные стали по техническим условиям DSRK 1959*

Ia—Ib	410—520	●	—	10Мп4	Мб К10s/Му К10	Хорошо сваривается до содержания 0,23 % С в стали
IIa—IIb	410—520	●	—	10Мп4	Мб К10s/Му К10	
III	410—520	●	—	10Мп4	Мб К10s/Му К10	
IV	450—700	○	—	*	*	
V	560—680	○	—	*	*	В зависимости от химического состава То же

*Котельные стали по TGL 14507*

Mu9E	330—420	●	Мб К10s	Мб К10s	Му К10	Хорошо сваривается до содержания 0,23 % С в стали
Mu13	350—440	●	Мб К10s	10Мп4	Му К10	
Mb13	350—440	●	Мб К10s	10Мп4	Му К10	
Mb16	410—500	●	Мб К10s	10Мп4	Му К10	
Mb19	440—530	●	10Мп4	10Мп4	Му К10	
17Mп4	470—560	●	10Мп4	10Мп6	10Мп4	
19Mп5	520—620	●	10Мп6	10Мп6/10Мп8	10Мп4/10Мп6	
St35	350—450	●	—	10Мп4	Му К10	
St45	350—550	●	—	10Мп4	Му К10	
St52—3	520—620	●	—	10Мп6/10Мп8	10Мп4/10Мп6	

*Трубные стали по TGL 9413, TGL 14183*

St35	350—450	●	—	10Мп4	Му К10	Хорошо сваривается до содержания 0,23 % С в стали
St45	350—550	●	—	10Мп4	Му К10	
St52—3	520—620	●	—	10Мп6/10Мп8	10Мп4/10Мп6	
St35—5	350—450	●	—	10Мп4	Му К10	
St45—5	450—550	●	—	10Мп4	Му К10	

Обозначения: ● — сваривается; ○ — не сваривается при определенных условиях; × — не сваривается.

\* Проволоку выбирают с учетом расчетного состава стали.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СВАРКИ  
ПОД ФЛЮСОМ ЖАРПРОЧНЫХ И ОКАЛИНОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ

ТАБЛИЦА 1.148

Марка	Содержание, % (по массе)						
	C (не более)	Si	Mn	P (не более)	S (не более)	Cr	Ni
X8Cr9	0,10	0,70—1,00	0,30—0,70	0,030	0,030	8,00—10,00	—
X8Cr15	0,10	1,20—1,50	0,30—0,60	0,030	0,030	13,50—15,50	≤0,50
X8Cr30	0,10	0,30—0,70	0,40—0,70	0,030	0,025	29,00—31,00	0,70—1,00
X12CrNi25,4	0,15	1,00—1,50	0,80—1,50	0,030	0,020	25,00—27,00	3,50—4,50

Сварка в углекислом газе (табл. 1.149, 1.150)

## МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧИСТОГО СВАРНОГО ШВА

ТАБЛИЦА 1.149

Марка	$\sigma_{T1}$ МПа	$\sigma_{B1}$ МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$\alpha_{H'}$ Н·см/см <sup>2</sup>	Марка	$\sigma_{T1}$ МПа	$\sigma_{B1}$ МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$\alpha_{H'}$ Н·см/см <sup>2</sup>
10MnSi6	380	504	34,3	71,4	145	30MnCrTi5	427	561	27,6	67,1	106
10MnSi8	388	512	35,1	73,8	148	12MnSiTi8	470—540	600—650	26—33	70—75	140—170
20MnCrNi7	365	467	34,3	67,8	134	6MnSiCuNi5	360—400	520—550	20—28	69—70	100—130

ТАБЛИЦА 1.150

## ОРИЕНТИРОВАННЫЙ СОСТАВ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ СВАРКИ В УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ

Марка	Содержание, % (по массе)									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Ti	Al	Cu
10MnSi6	0,06—0,1	0,6—0,8	1,4—1,7	<0,03	<0,03	—	—	—	—	—
10MnSi8	0,06—0,12	0,8—1,0	1,7—2,1	<0,03	<0,03	—	—	—	—	—
20MnCrNi7	0,15—0,25	0,3—0,5	1,4—1,8	<0,03	<0,03	0,3—0,5	0,2—0,4	—	—	—
30MnCrTi5	0,25—0,35	0,15—0,35	1,0—1,3	<0,03	<0,03	0,8—1,0	0,15	0,15—0,3	0,1	—
12MnSiTi8	0,08—0,12	0,8—1,0	1,7—2,1	<0,03	<0,03	—	—	0,05—0,1	—	—
6MnSiCuNi5	≤0,08	0,55—0,75	1,2—1,4	<0,03	<0,03	—	0,5—0,6	—	—	0,4—0,5

Дуговая сварка плавящимся и неплавящимся электродом в инертном защитном газе (табл. 1.151—1.154)

ТАБЛИЦА 1.151

## ОРИЕНТИРОВАННЫЙ СОСТАВ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СВАРОЧНЫХ ПРОВОЛОК

Марка	Содержание, % (по массе)					
	C	Si	Mn	P (не более)	S (не более)	Cr
9MnMoSi4,5	0,06—0,13	0,25—0,40	0,9—1,2	0,025	0,025	—
9CrMoSi4,5	0,07—0,12	0,30—0,45	0,60—0,80	0,025	0,025	1,0—1,3

ТАБЛИЦА 1.152

## ОРИЕНТИРОВАННЫЙ СОСТАВ ВЫСОКЛЕГИРОВАННОЙ СВАРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ

Марка	Содержание, % (по массе)							
	C	Si	Mn	P (не более)	S (не более)	Cr	Mo	Nb
X8CrNiNb19,9	<0,1	0,3—0,8	1,2—1,7	0,025	0,018	18,5—20,3	—	9,0—10,5
X8CrNiMoNb19,10	<0,1	0,3—0,8	1,0—1,5	0,030	0,020	18,0—20,0	2,0—2,5	9,5—11,5
X5CrNi19,9	0,06	0,5—1,0	1,0—2,0	0,025	0,018	18,0—20,0	—	10,0—10,0
X12CrNi25,20	0,15	0,0—1,2	1,8—2,5	0,030	0,020	24,0—26,0	—	10,0—21,0
X12CrNi25,4	0,15	1,0—1,5	0,8—1,3	0,030	0,020	25,0—27,0	—	3,5—4,5

ТАБЛИЦА 1.153

## ОРИЕНТИРОВАННЫЙ СОСТАВ АЛЮМИНИЕВОЙ СВАРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ

Марка	Содержание, % (по массе)									
	Al	Mg	Ti	Mn	Cr	Si	Cu	Fe		
S-Al99,5	99,5	—	—	—	—	—	0,05	0,4		
S-Al99,5Ti	99,5	—	0,1—0,2	—	—	—	0,05	0,4		
S-AlMg3	Основа	2,6—3,3	<0,2	<0,4	<0,30	—	0,05	0,4		
S-AlMg3Si	»	2,3—5,5	<0,2	0,3—0,9	<0,30	0,5—0,8	0,10	0,5		
S-AlMg5	»	4,3—5,5	<0,2	<0,6	<0,30	—	0,05	0,4		
S-AlMg5Si	»	4,3—4,9	<0,2	0,2—0,5	<0,30	0,6—1,1	0,05	0,4		
S-AlSi5	»	—	<0,2	—	—	4,5—5,5	0,05	0,4		
S-AlSi12	»	—	<0,2	0,5	—	11,0—13,5	0,03	0,4		

ТАБЛИЦА 1.154

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЙ СОСТАВ СВАРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ  
ДЛЯ МЕДНЫХ СПЛАВОВ

Марка	Содержание, % (по массе)							
	Cu	Ag	P	Mn	Ni	Si	Fe	Pb
S-CuAg	99,5	0,5—1,2	0,02—0,08	—	0,4	—	0,03	0,01
S-CuSn	98,0	—	0,02—0,05	0,1—0,5	<0,5	0,1—0,5	—	—

Дуговая сварка плавящимся электродом в активном защитном газе

Ориентировочный химический состав сварочной проволоки 10NiMoSi4.4 для дуговой сварки плавящимся электродом в активном защитном газе (содержание, %): 0,11C; 0,68 Si; 1,40 Mn; 0,017 P; 1,22 Ni; 0,39 Mo; 0,09 Y.

Механические свойства чистого сварного соединения:

Предел текучести $\sigma_T$ , МПа . . . . .	570—580
Временное сопротивление $\sigma_B$ , МПа . . . . .	650—660
Относительное удлинение $\delta_5$ , % . . . . .	25
Относительное сужение $\psi$ , % . . . . .	65
Ударная вязкость $a_n$ , Н·см/см <sup>2</sup> . . . . .	45—65

## 2. Флюсы и сварочные порошки

Сварочный флюс	Область применения
Nicosil розовый	Альпака, бронза, латунь, никель, серебро, пластинки из твердого металла
Алюминиевый сварочный флюс Universal	Al, AlMg2, AlMgMn, E-AlMgSi, AlMgSi0,5dek, AlMgSi1, GAlSi(Cu), GAlSi5Cu1, GAlSi9(Cu), GAlSi5Mg, GAlSi6Cu3, GAlCuSi, GAlSi5Cu2, GAlSi5Cu2Zn
Nicosil IB	Al высокой чистоты, Al, AlMn, AlMg1, AlMg2, AlMgMn, E-AlMgSi, AlMg3, AlMg3Si, AlMgSi0,5dek, AlMgSi1, AlZnMg3, C
Nicosil нейтральн.	Al высокой чистоты, Al, AlMn, AlMg1, AlMg2, AlMgMn, E-AlMgSi, AlMgSi0,5dek, AlMgSi1, GAlSi(Cu), GAlSi5Cu1, GAlSi9(Cu), GAlSi5Mg, GAlSi6Cu3, GAlCuSi, GAlSi5Cu2, GAlSi5Cu2Zn
Nicosil III	Al высокой чистоты, Al, AlMn, AlMg1, AlMg2, AlMg3, AlMg5, AlMgMn, AlMg3Si, E-AlMgSi, AlMgSi0,5dek, AlMgSi1, AlZnMg3
Afusol Flux	Al высокой чистоты
Afusol Flux NH	Al высокой чистоты

Afusol Flux № 955

Al, AlMn, AlMg1, AlMg2, AlMgMn, E-AlMgSi, AlMgSi0,5dek, AlMgSi1, GAlSi(Cu), GAlSi5Cu1, GAlSi9(Cu), GAlSi5Mg, GAlSi6Cu3, GAlCuSi, GAlSi5Cu2, GAlSi5Cu2Zn

Aloxan № 438

Al, AlMn, AlMg1, AlMg2, AlMgMn, E-AlMgSi, AlMgSi0,5dek, AlMgSi1, GAlSi, GAlSi(Cu), GAlSiMg, GAlSiMg(Cu), GAlSi5Cu1, GAlSi9(Cu), GAlSi5Mg, GAlSi6Cu3, GAlCuSi, GAlSi5Cu2, GAlSi5Cu2Zn

Aloxan NH № 439

Al, AlMn, AlMg1, AlMg2, AlMgMn, E-AlMgSi, AlMgSi0,5dek, AlMgSi1, GAlSi, GAlSi(Cu), GAlSiMg, GAlSiMg(Cu), GAlSi5Cu, GAlSi9(Cu), GAlSi5Mg, GAlSi6Cu3, GAlCuSi, GAlSi5Cu2, GAlSi5Cu2Zn

Nicosil нейтральн.

AlMn  
AlMg3, AlMg5, AlMg3Si, AlZnMg3, GAlMg3, GAlMg3(Cu), GAlMg5

Nicosil Mg

GAlSi(Cu), GAlSi5Cu1, GAlMgMn, GAlMg3, GAlMg3(Cu), GAlMg5, GAlSi5Mg, GAlSi6Cu3, GAlCuSi, GAlSi5Cu2, GAlSi5Cu2Zn

Nicosil IIG

Сварочный флюс 431

Бронза, чугун

Nicosil Mg

Сплав на основе магния+«электрон»

Homogena

Чугун

Nicosil серый

Чугун, стальное литье

Саксонский флюс № 9

Чугун, медь, латунь

Nicosil зеленый

Медь, латунь

Nicosil Kupfer schweißpaste

Медь

Brasol A № 414

Медь, латунь

Geriad MS

Латунь

Auval III

Серебро

Саксонский флюс № 12

Стальное литье, пластинки из твердого сплава

Сварочный флюс № 433

Высоколегированные стали, стальное литье

Nicosil концентр.

Цинк

Zinkit № 426

Цинк

ТАБЛИЦА 1.155

СВАРОЧНЫЕ ФЛЮСЫ ДЛЯ СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ  
И ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКИ

Индекс	Максимальный ток I, А		Гранулометрия, мм	Индекс	Максимальный ток I, А		Гранулометрия, мм
	переменный	постоянный			переменный	постоянный	
Pie OES	600	600	0,4—2	Pie 40UP	800	1000	0,3—2,5
Pie 18UP	800	1000	0,1—0,5	SPC Mn 33/100	900	1100	0,25—3
			0,3—1,6	SPC Mn 40360	1000	1100	0,25—3
			0,3—2,5	SPC Mn 75/200	900	1100	0,25—3
Pie 28ES	600	600	0,3—2,5	Pie 18UPACr10	800	1100	0,3—2,5
Pie 38UPS	—	1300	0—1				
			0,5—5				

Примечание. Пояснение индекса сварочного флюса:  
Индекс по заводским условиям Pie 18UP: Pie — изготовитель (Piesteriz); 18—18 % (содержание MnO); UP — для сварки под флюсом (unter Plus); SPC Mn 33/100: SP — спеченный флюс (изготовитель Neuglas); C — науглероженный; Mn 33/100 — мольная доля MnO (0,33).



ТАБЛИЦА 1.156

## СВАРОЧНЫЕ ГАЗЫ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ

Газ	Емкость баллона, л	Объем газа при 0 °С		Масса 1 м <sup>3</sup> , кг
		м <sup>3</sup>	л	
Аргон Ar	40	6	6 000	1,784
Углекислый газ CO <sub>2</sub>	40,2	15,17	15 174	1,977
Кислород O <sub>2</sub>	40	6	6 000	1,43
Водород H <sub>2</sub>	40	6	6 000	0,09
Азот N <sub>2</sub>	40	6	6 000	1,256

Газ	Стандарт	Окраска баллона	Резьба на вентиле баллона
Аргон Ar	TGL 1254	Серая	Левая, длина $w = 21,8 \times 1/14^2$
Углекислый газ CO <sub>2</sub>	TGL 2968—56	Серая с белой буквой	Правая, длина $w = 21,8 \times 1/14^2$
Кислород O <sub>2</sub>	TGL 2902	Голубая	Правая, R = 3/4"
Водород H <sub>2</sub>	TGL 7592	Красная	Левая, длина $w = 21,8 \times 1/14$
Азот N <sub>2</sub>	TGL 2903—56	Зеленая	Правая, длина $w = 24,32 \times 1/14$

## 1.4.2. НАПЛАВКА

Сварочные электроды (табл. 1.157)

ТАБЛИЦА 1.157

## СВАРОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ НАПЛАВКИ

Индекс	Тип сварочного электрода				Номер типа
	легирующая группа	твердость HB/HRC	свойства сварного шва *	металлургический тип	
E 1-200/Fü/1	1	200	—	Fü	1
E 9/200ezB/24	9	200	ez	B	24
E 4-60 (65w)/s 60/11	4	60 (65w) **	s	A	11
E 10-65/rszA/29	10	65	rsz	A	29

\* г — нержавеющей; с — коррозионностойкий; z — жаропрочный (600—1200 °С); t — окалиностойкий; e — эрозияностойкий (стойкий против кавитации); s — стойкий против затупления; k — поддается наклепу; n — немагнитный.

\*\* В скобках — твердость после термообработки.

Стадии закалки: 150—500 HB, ступенчатого с 50 HB; 40—70 HRC, ступенчатого с 5 HRC.

Термическая обработка: «w» — сварочный материал после закалки и отпуска.

## ЛЕГИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ НАПЛАВКИ

Группа легирования	Возможное легирование шва	Основные области использования и свойства наплавленного материала
1	Углеродистые или низколегированные стали до 0,4 % С, и суммарно не более 5 % легирующих элементов (Cr, Mn, Mo, Ni)	Восстановление изношенных деталей машин и транспортных средств всех видов, рельсов, муфт, валов, осей, колес, транспортных гусениц; среднее сопротивление изнашиванию
2	Как и 1, но для материалов с содержанием углерода более 0,4 %	То же
3	Легирование W, Cr, Mo, Ni, V и Co	Инструменты для работы при повышенных температурах, штампы, ножницы, манипуляторы, валки, матрицы, оправки прессов, отличающиеся повышенной твердостью при высоких температурах
4	Легирование, как в группе 3	Режущие инструменты, фрезы, строгальные резцы, оправки, ножи для ножниц, резцы, шпиндельные бабки, волоочильные кольца; свойства аналогичны быстрорежущей стали
5	Легирование 5—30 % Cr, низкое содержание углерода — до 0,3 %	Детали вентиляей, плунжеры, элементы печей, ферритные хромистые стали, нержавеющей стали с 13 % Cr, жаропрочные стали; стали, стойкие против воздействия газов, содержащих серу
6	Легирование более 5 % Cr, более высокое содержание С (~0,2—1,0 %)	Режущие инструменты, ножи для ножниц, вентили, арматура; свойства аналогичны группе 5
7	Аустенитные марганцовистые стали (11—18 % Mn), >0,5 % С; ≤3 % Ni	Плиты, колодки дробилок, зубья черпаков, рельсы, болты, специально изготовленные для работы в условиях повышенного изнашивания под воздействием давления и при вращении, подверженные наклепу при повышенном давлении
9	Хромоникельмарганцовистые аустенитные стали	Рельсы, острия (стрелочные), крестовины, детали водяных турбин; наплаваемый материал не намагничивается; нержавеющей
9	Хромоникелевая аустенитная сталь	Мягкие наплавленные слои всех видов с нержавеющей и кислотостойкими свойствами, используемые при кавитационных нагрузках; наплаваемый материал может иметь склонность к наклепу, отличается высокой пластичностью
10	1,0—5 % С до 35 % Cr (Co, Mo, W, B, Ni, V)	Угольная промышленность, горнорудная промышленность, металлургия. Резка в холодном состоянии, холодная прокатка, волочение; высокая стойкость против изнашивания при повышенном трении, относительно высокая коррозионная стойкость и теплостойкость
20	На основе Co (Cr, W, Mo, Ni)	Арматура, седла клапанов, конические детали двигателей и паровых машин, валы насосов; высокая теплостойкость до 600 °С, высокое сопротивление изнашиванию, коррозии, эрозии и окислению

Группа легирования	Возможное легирование шва	Основные области использования и свойства наплавляемого материала
21	На карбидной основе	Для инструментов, используемых для работы в скальных местностях, таких, как буровые коронки, червячные системы для керамической промышленности; очень высокая износостойкость Насосы для цемента, червячные передачи, вентили, валы и т. д.; преимущественно для износостойких деталей, работающих в условиях трения металл—металл; высокая теплостойкость до 500 °С, коррозионная стойкость Контактные поверхности вентилях, ножи для ножниц горячей резки, фигурная резка; для работы в условиях особо агрессивных сред до 900 °С; высокая режущая способность при горячей резке
22	На основе Ni (Cr, B)	
23	На основе Ni (Mo, Cr)	

ТАБЛИЦА 1.159

ПОРОШКОВАЯ ПРОВОЛОКА ДЛЯ НАПЛАВКИ ПОД ФЛЮСОМ

Тип	Материал	Область применения
П250 П400	30MnCrTi5 70MnCrTi8.4	Ободы колес, бандаж Колеса крановых тележек, звенья цепей, уголки многоугольных профилей, направляющие планки Детали для мукомольного производства, для щековых дробилок Ножи, седла клапанов Валки горячей прокатки, штампы
PMС	X70MnNi3.4	
PCCr25 PWA11	X230CrV25 X30CrV10.3	

## 1.5. КЛАССЫ ИСПОЛНЕНИЯ

### 1.5.1. КЛАССЫ ИСПОЛНЕНИЯ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ

#### Общие понятия

Классы исполнения (АК) определяют основные требования к конструкциям, технологии производства и испытаниям выполненных сварных швов. Их обозначают индексами IA, IB, IIA, IIB и III; максимальные требования отмечают индексом АКIA.

#### Выбор сварных соединений в зависимости от класса исполнения

Выбор типа сварных соединений (стыковое соединение или угловой шов) зависит от класса исполнения и особенно от технологии сварки, а также от методов испытаний; данные представлены в табл. 1.160.

Для определения допустимых или предельных нагрузок и коэффициентов надежности сварных соединений следует использовать параметры, приведенные в предписаниях и зафиксированные специальными отраслевыми документами.

ТАБЛИЦА 1.160

#### ХАРАКТЕРИСТИКА КЛАССОВ ИСПОЛНЕНИЯ СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Классы исполнения стыковых соединений	Проверка квалификации сварщика	III	IIB	IIA	IB	IA	Места швов с трещинами следует обработать перед повторной сваркой	Места соединений при сварке прихватками	Выводные планки для вывода кратера шва	Подварочный шов	
											Проверка приемочных испытаний основ знаний по TGL 2847, лист 2
							Места швов с трещинами следует обработать перед повторной сваркой	Бездефектные места соединений перед повторной сваркой не обрабатываются		Не требуются	Не требуется, допустима односторонняя сварка, поперечное сечение должно быть полностью проварено

Классы исполнения стыковых соединений	II	IIA	IIA	IB	IA
Максимальные подрезы	7 % толщины шва, но не более 1,5 мм	5 % толщины шва, но не более 1 мм	При циклическом нагружении не более 0,5 мм, но без механической обработки	5 % при циклическом нагружении 3 % толщины шва, не более 0,5 мм	3 %
Неразрушающие методы испытаний	Не требуются	Частично могут быть использованы балл 2	При циклическом нагружении усиления шва механически обрабатываются для удаления надрезов	В зоне растяжений по данным диаграммы балл 2	
Пространственное положение шва при сварке	Все пространственные положения			Преимущественно ниже, при прочих положениях и циклическом нагружении обработать грубо шероховатую поверхность шва	Все пространственные положения
Усиление шва	Оставить в пределах допусков				Обработать со снятием усилением
Маркировка	Допустима маркировка инструментом				Не допускается маркировка стальным инструментом, подверженным циклическому нагружению

Введение дополнительных символов, а также указания на пространственное положение шва при сварке или на вид неразрушающих методов испытаний может оказаться обязательным, если указанный класс исполнения однозначно определяет технологию выполнения сварочных работ и испытания сварных соединений.

#### Квалификация сварщика

Сварочные работы по классу исполнения АК1 в соответствии со стандартом TGL 11776 для чувствительных к закалочному эффекту сталей, например 19Mn5, 24CrMoV5, X20Cr13, требуют проверки квалификации сварщика по разряду VIII или RIII в соответствии с TGL 2847, лист 3; аналогичные сварочные работы на высоколегированных, не подверженных структурным превращениям сталей — по разряду BIV или RIV.

Для сварочных работ на этих сталях по классу исполнения АКII и АКIII достаточна представленная в табл. 1.160 проверка квалификации сварщика по работам на углеродистых сталях, дополненная указаниями по работе на легированных сталях.

Сварка подвергаемых периодическому контролю паровых котлов и сосудов высокого давления по классу исполнения АКIIA требует проверки знаний по разряду VII или RII.

#### Подготовка стыков под сварку прихватками

Сварщик, выполняющий прихватки, должен быть проверен на знание принципиальных основ сварки. Стыки под прихватки по классу исполнения АКIA и IB должны быть перед началом работ подготовлены к сварке.

Проверка знаний не обязательна:

если сварщик, выполняющий работу, уже имеет высокую квалификацию и способен самостоятельно контролировать качество работы и обеспечить отсутствие дефектов в местах соединений при сварке прихватками;

соединяемые прихватками кромки при соответствующей технологии полностью переплавляются в ходе сварочного прохода, например при сварке под флюсом; при наложении подварочного шва корень шва без разделки полностью расплавляется;

корневая часть стыка для сварки подварочного шва подготовлена так, что дефекты сварки в прихватках могут быть удалены.

Трещины в прихватках должны быть обработаны перед сваркой независимо от класса исполнения.

#### Пространственное положение шва при сварке

Если нельзя избежать сварки в вынужденном пространственном положении, то эффект надреза шва, обусловленный неравномерным шероховатым строением его поверхности, следует устранить шлифовкой головки шва.

Подварочный шов. Сварка на подкладке или на флюсовой подушке равнозначна наложению подварочного шва. При классах исполнения АКIA и IB, а также при сварке барабанов парогенераторов следует механически обработать поверхность подкладки.

Для статически нагруженных сварных соединений корневой шов, полученный сваркой в углекислом газе или сваркой неплавящимся электродом в инертном газе, а также газовой сваркой, равнозначен сварке подварочного шва.

Подрезы. Для соединений, подверженных динамической нагрузке, по классу исполнения АК1 и II требуется зашлифовка подрезов. Если при этом ослабление сечения по сравнению с толщиной шва более чем 3 % (более 0,5 мм при классах исполнения АКIA и IB и более 1,0 мм при классах исполнения АКIIA и IIB), то следует надлежащим образом снова выполнить сварку подрезов и сделать перешлифовку. Если возникает необходимость вышлифовать подрезы, то нужно следить за тем, чтобы направление шлифовки было параллельно направлению нагрузки.

Для статически и динамически нагруженных сварных соединений по классу исполнения АКIII подрезы допускаются, если они не превышают следующие размеры по сравнению с толщиной шва:

Класс исполнения . . . . .	AKIV	AKIIA и IIB	AKIII
Допустимый размер подреза: % . . . . .	5	5	7
не более, мм . . . . .	0,5	1,0	1,5

Более глубокие подрезы следует надлежащим образом зашлифовать.

При наложении подрезов друг на друга (например, для швов с X-образной разделкой или двойных угловых швов) приведенные выше данные следует относить к суммарным величинам.

Переходы на угловых швах. В угловых швах, ориентированных перпендикулярно направлению усилия, следует шлифовать переходы швов параллельно направлению усилия. В угловых швах, ориентированных в направлении усилия, следует зашлифовывать переходы на углах швов параллельно направлению усилия.

### Неразрушающие методы контроля

Вместо рентгеновского контроля по TGL 10646 можно применять ультразвуковой контроль по TGL 15003.

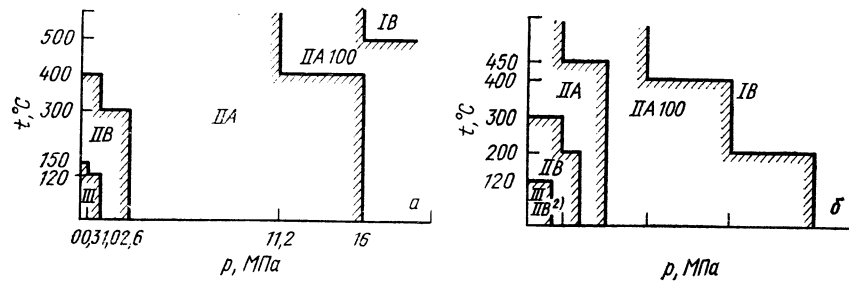


Рис. 1.91. Соответствие классов исполнения по расчетному давлению, расчетной температуре и номинальной ширине в среде группы I:  
а —  $NW \leq 150$  или  $d_1 \leq 150$ ; б —  $NW > 150$  или  $d_1 > 150$ ; 1 — для жидкой среды  $NW \leq 1000$ ; 2 — для газообразной и жидкой среды  $NW > 1000$

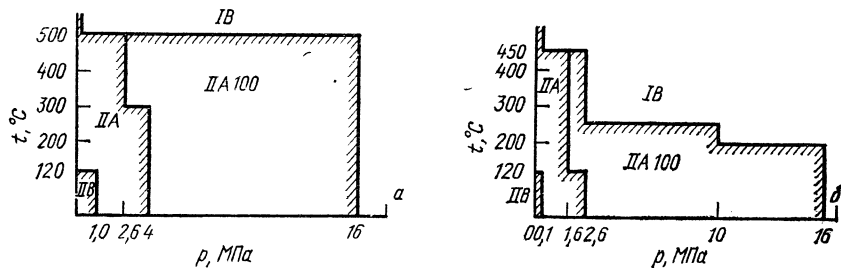


Рис. 1.92. Соответствие классов исполнения по расчетному давлению, расчетной температуре и номинальной ширине в среде группы II:  
а —  $NW \leq 150$  или  $d_1 \leq 150$ ; б —  $NW > 150$  или  $d_1 > 150$

Время проведения неразрушающего контроля и обработка результатов должны быть определены условиями технологии.

Соответствие классов исполнения условиям эксплуатации для групп свариваемых конструкций наглядно представлено на рис. 1.91, 1.92 и 1.93.

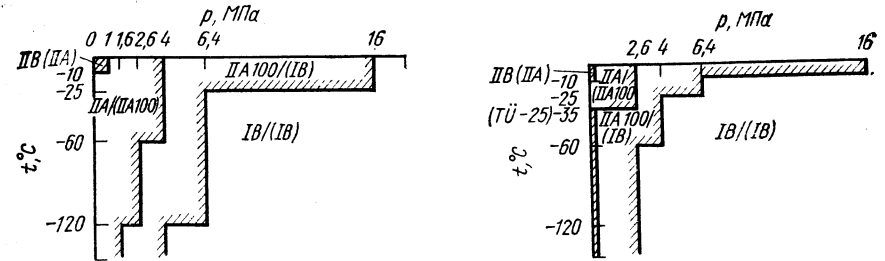


Рис. 1.93. Соответствие классов исполнения по расчетному давлению, расчетной температуре и номинальной ширине в среде групп I/II при динамической нагрузке:  
а —  $NW \leq 150$  или  $d_1 \leq 150$ ; б —  $NW > 150$  или  $d_1 > 150$

ТАБЛИЦА 1.161

### ИСПЫТАНИЕ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРИ СВАРКЕ ВСТЫК

Класс исполнения по TGL 11776	Испытание сварного соединения		Эффективность шва	
	объем испытаний, %	с примечанием по TGL 10646/01 15003/11	при растяжении	при сжатии
IA	100	2	1,0	1,0
IIB	—	—	—	—
II A100	100	3	0,9	1,0
IIA	10	3	0,8	1,0
II B	10	4	0,8	1,0
III	—	—	—	—

Примечание. При использовании параметра эффективности шва для оценки классов исполнения угловых швов следует учитывать отраслевые стандарты.

ТАБЛИЦА 1.162

### КЛАССЫ ТРУБ ПО TGL 27603/02

Классы труб	Классы исполнения при сварке			Классы труб	Классы исполнения при сварке		
	продольный шов	кольцевой шов	спиральный (винтовой) шов		продольный шов	кольцевой шов	спиральный (винтовой) шов
A B C	I B II A100 IIA	IIA100 IIA100 IIA	IIA100 IIA	G E	IIA	IIB III	—

ТАБЛИЦА 1.163  
ИСПРАВЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ СВАРКИ И ОБЪЕМ КОНТРОЛЯ  
ПРИ СВАРКЕ (КЛАССЫ ИСПОЛНЕНИЯ IА И IВ)

Число направлений	Объем контроля
Более 8 при условном проходе $NW \leq 150$ в случае кольцевых швов и более 6 при условном проходе $NW > 150$ в случае продольных швов Всего более восьми всех проконтролированных кольцевых швов и более 6 проконтролированных продольных швов	10 % Определить причины появления дефектов и дальнейший контроль проводить в том же объеме. При этом преимущественно контролировать работу сварщиков, которые повинны в появлении дефектов (желательный контроль 100 %). Выявить трещины (например, на плакированных сталях или сталях, подверженных трещинообразованию). Объем контроля 20 %; повторное выявление трещин, если они обнаружены, объем контроля при этом 100 %

ТАБЛИЦА 1.164  
ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СРЕД  
ПО ГРУППАМ I И II

Группа	Среда
I	Не горит, не ядовита, не оказывает разъедающего воздействия (например, водяные пары, $CO_2$ )
II	Горит, ядовита, оказывает разъедающее воздействие (например, нефть, бензин, бензол, хлор, кислород)

### 1.5.2. КЛАССЫ ИСПОЛНЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ТОЧЕЧНОЙ КОНТАКТНОЙ СВАРКОЙ

#### Основные понятия

Классы исполнения сварки определяют минимальные требования, предъявляемые к процессу выполнения и контроля сварных соединений листов толщиной 0,5—0,6 мм из углеродистых сталей с содержанием углерода не более 0,20 % (классы исполнения 1—3).

#### Соответствие сварных соединений классам исполнения

Условия выполнения и испытания соединений методом точечной контактной сварки и особенно факторы, учитываемые конструкцией, технологией и методом контроля, представлены в табл. 1.165. Допустимые напряжения, критические напряжения и необходимая надежность, а также расстояния между отдельными точками и кромками указаны в отраслевых предписаниях. Классы исполнения для автомобилестроения приведены в TGL 39-856.

ТАБЛИЦА 1.165  
УСЛОВИЯ КОНТРОЛЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ  
МЕТОДОМ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ СОПРОТИВЛЕНИЕМ (WP)

Классы исполнения		
1	2	3

#### Общие требования

Очень высокое качество  
Сварка без брызг, без трещин в ядре сварной точки; допускаются отдельные поры диаметром  $d_{p\max} = 0,5s_{\min} - 0,2$ , но не более 2,0 мм, очень высокое качество поверхности сварной точки

$$\begin{aligned} e_t &\leq 0,1s_{\min} \\ d_w &\leq 1,5d_L \\ d_L &= 2s+3 \end{aligned}$$

Высокое качество  
Допускаются:  
— небольшие брызги;  
— мелкие трещины в центре сварной точки вертикально к поверхности листа (максимальная длина трещины  $0,2d_L$ );  
— поры, общее сечение которых составляет 4 % площади соединяемой зоны  
— высокое качество поверхности сварной точки

$$\begin{aligned} e_t &\leq 0,2s_{\min} \\ d_w &\leq 2,0d_L \\ d_L &= 2s+2 \end{aligned}$$

Удовлетворительное качество  
Допускаются:  
— небольшие брызги;  
— мелкие трещины в центре сварной точки вертикально к поверхности листа (максимальная длина трещины  $0,3d_L$ );  
— поры, общее сечение которых составляет 8 % площади соединяемой зоны

$$\begin{aligned} e_t &\leq 0,2s_{\min} \\ d_w &\leq 2,5d_L \\ d_L &= 2s+2 \end{aligned}$$

#### Оборудование

Машина точечной сварки с синхронным управлением  
Машина точечной сварки с асинхронным управлением,  
ручные и pedalные сварочные аппараты

#### Испытания

Неразрушающий контроль  
Исследование макроструктуры

#### Квалификация сварщика

WP2

WP2

WP1

Примечания. 1.  $d_L$  — максимальный диаметр сварной точки. 2. Во всех случаях диаметр конуса электрода  $d_E = d_L + 1,0$ , для  $s \leq 3$  и  $d_E = d_L$  для  $s = 3,5 \div 6,0$ . 3. Во всех случаях испытания на растяжение и срез по TGL 14912, лист 08; предварительные испытания по TGL 14912, лист 11. 4. Квалификация сварщика по пособию R 308-73.

#### Качество поверхности листов

Поверхность соединяемых изделий не должна иметь в зоне сварки окалины, ржавчины, следов краски и жировых пятен. Допускается наличие антикоррозионной защиты при выполнении точечной сварки и легкий налет масла. В случае оцинкованных листов или листов с нанесенным слоем фосфата железа толщина слоя не должна превышать 3 мкм.

#### Испытания

Объем и способ испытаний устанавливаются исполнителем сварочных работ в зависимости от конструкции, технологии и метода контроля; в некоторых случаях требуется согласование с заказчиком. Если испытания свариваемых изделий невозможны, то используют рабочие образцы из того же материала.

МИНИМАЛЬНЫЕ УСИЛИЯ РАСТЯЖЕНИЯ И СРЕЗА  
В ТОЧКЕ РАБОЧИХ ОБРАЗЦОВ БЕЛЫХ ЛИСТОВ ( $\sigma_B > 340$  МПа)

Толщина s, мм	Сварочный аппарат WP1				Сварочный аппарат WP2				Сварочный аппарат WP3							
	$d = 2s + 3$		$d = 2s + 4$		$d = 2s + 2$		$d = 2s + 4$		$d = 2s + 2$		$d = 2s + 3$		$d = 2s + 4$			
	d, мм	$F_s$ мин, кН	d, мм	$F_s$ мин, кН	d, мм	$F_s$ мин, кН	d, мм	$F_s$ мин, кН	d, мм	$F_s$ мин, кН	d, мм	$F_s$ мин, кН	d, мм	$F_s$ мин, кН		
	0,5	4	2,2	5	2,5	3	1,8	4	2,0	5	2,2	3	1,6	4	1,8	5
1,0	5	4,9	6	5,4	4	4,0	5	4,5	6	4,9	4	3,6	5	4,0	6	4,4
1,5	6	8,8	7	9,5	5	7,0	6	8,0	7	8,5	5	6,3	6	7,0	7	7,6
2,0	7	14,0	8	15,0	6	11,0	7	12,5	8	13,5	6	10,0	7	11,0	8	12,0
2,5	8	18,5	9	20,0	7	16,0	8	16,5	9	18,0	7	13,5	8	15,0	9	16,0
3,0	9	23,0	10	25,5	8	18,0	9	21,0	10	23,0	8	16,0	9	18,5	10	20,9
3,5	10	29,0	11	32,0	9	23,0	10	26,0	11	29,0	9	20,0	10	23,0	11	26,0
4,0	11	35,0	12	38,5	10	28,0	11	31,0	12	34,5	10	25,0	11	28,0	12	31,0
4,5	12	40,0	13	43,0	11	33,0	12	36,0	13	38,0	11	30,0	12	32,0	13	35,0
5,0	13	45,0	14	48,0	12	38,0	13	40,0	14	42,0	12	34,0	13	36,0	14	38,0
5,5	14	55,0	15	58,0	13	45,0	14	49,0	15	52,0	13	40,0	14	44,0	15	47,0
6,0	15	65,0	16	70,0	14	52,0	15	58,0	16	63,0	14	47,0	15	52,0	16	57,5

Рабочие образцы должны быть получены при тех же условиях сварки, что и изделие: одинаковые настройка сварочных аппаратов, размеры электродов, параметры сварки и подача листа.

Параметры прочности образцов для испытаний на растяжение и срез, получаемые из рабочих образцов, размер которых определяется по TGL 14912, лист 08, указаны в табл. 1.166.

Можно сваривать отдельные образцы и испытывать их на сопротивление срезу в местах точечной сварки с отклонением по TGL 14912, лист 08, если в изделии расстояние между точками сварки не меньше указанного в табл. 1.166. Для расчетов устанавливают критические усилия в точках сварки по параметрам, указанным в методическом пособии Центрального института сварки ГДР RO 1-73, лист 2.

Для оценки точек сварки, склонности материала к сварке и для проверки параметров регулирования сварочного аппарата (для листов толщиной до 3 мм) выполняется опытная сварка в соответствии с TGL 14912/11.

Металлографические исследования выполняют для оценки структуры, а также с целью обнаружения трещин и пор. При этом высота ядра сварной точки должна составлять 55—80 % толщины свариваемого изделия, а также достигать диаметра ядра, приведенного в табл. 1.166. Распространение зоны термического влияния, доля трещин и пор ограничиваются в зависимости от класса исполнения по табл. 1.165.

Рентгеновские испытания используют для обнаружения пор, трещин и брызг в зоне между свариваемыми листами.

С помощью визуального контроля устанавливают грубые внешние дефекты, проплавления и вмятины от электродов. Размер этих дефектов также определяется классом исполнения.

По согласованию могут быть применены и другие методы контроля качества сварки. Обязательному согласованию подлежат: методы и качество соединения двух листов, толщины листов и применения электродов с ровной рабочей поверхностью. При разной толщине листов используют соотношение  $s_{max} : s_{min} \geq 3 : 1$ .

s, мм	$e_1$ , мм	b, мм	s, мм	$e_1$ , мм	b, мм	s, мм	$e_1$ , мм	b, мм
0,5	20	30	2,0	35	30	3,5	60	35
1,0	25	30	2,5	40	35	4,0	70	40
1,5	30	30	3,0	50	35	5,0	90	40
						6,0	120	40

\* s — толщина листа;  $e_1$  — разделение точек.

### 1.5.3. КЛАССЫ ИСПОЛНЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СТЫКОВОЙ СВАРКЕ С ДАВЛЕНИЕМ

Предлагаемые рекомендации относятся к выполнению соединений стыковой сваркой на изделиях сплошного сечения, трубах и фасонных профилях из сталей, изготавливаемых способами, в которых используется нагрев и обжатие с усилением  $f_{st} \geq 10$  МПа (например, стыковая сварка оплавлением, сварка вращающейся дугой со вспомогательным электродом стыковая контактная сварка, газопрессовая сварка).

#### Основные понятия

Классы исполнений определяют минимальные требования по выполнению и испытанию соединений, полученных стыковой сваркой давлением. Оценка производится по классам 1.1, 1.2, 2.1, 2.2 и 3.

#### Соответствие условий сварки классам исполнения

Условия выполнения и испытания соединений, получаемых стыковой сваркой давлением, и особенно факторы, связанные с конструкцией, технологией и методом технического контроля, представлены в табл. 1.168.

Определение соответствующего класса исполнения — в соответствии с отдельными этапами технической производственной программы.

Технологические условия производства (см. табл. 1.168).

Участок зажимных колодок — чистый, сварка вращающейся дугой в случае тавровых соединений только в соответствии с классами исполнения 2.2 и 3.

Каждому классу должны соответствовать определенные параметры качества и количество допустимых дефектов [4].

#### Испытание соединений

Первичные испытания для классов исполнения от 1.1 до 2.2 — по информационному листку Центрального института сварки М626-76. Производственный контроль качества — с использованием методов испытаний, указанных в табл. 1.169.

Оценка прочностных свойств — по информационному листку Центрального института сварки М 621-76 и М 627-76.

Исследование структуры — по информационному листку Центрального института сварки М 619-76.

Неразрушающие методы контроля: следует удалить сварочный грат на наружной поверхности изделия; использовать магнитный и ультразвуковой контроль (специальная методика испытаний по TGL 15003, лист 11).

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Класс исполнения	Δs, мм	Подготовка поверхности к сварке	Обработка грата и углощения при обжатии	Параметры сварки
1.1	0,08s, но не более 1 мм	Сварка вращающейся дугой со вспомогательным электродом: порезка пиллой с токарной обработкой, обработка кромок для удаления грата, стыковая сварка оплавлением, поверхность после резки пиллой и огневой резки должна соответствовать классу 2 по TGL 14902, максимальная непараллельность поверхностей свариваемых изделий 1,5°	Требуется обработка; максимально допустимое превышение высоты утолщения 0,5 мм	Параметры сварки в соответствии с конструкцией элементов и материалы определяются по результатам первичных испытаний или по испытаниям на соответствие уровню допусков по информационному листку Центрального института сварки М 625-76
	0,15s, но не более 2 мм			
2.1	0,15s, но не более 3 мм	Как для класса исполнения 1.1, максимальная непараллельность поверхностей свариваемых изделий = 2,5°, для стыковой сварки оплавлением допустима также сварка сечений после резки пиллой	В соответствии с назначением. В случае использования класса «соединений W» по информационному листку Центрального института сварки М 625-76 обработка утолщения, вызываемого обжатием, не допустима	Ориентировочные параметры, относящиеся к сечению свариваемых изделий и группам материалов
	0,2s, но не более 4 мм			
3	—	Приближительная параллельность поверхностей	В соответствии с назначением	

ТАБЛИЦА 1.169

## КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Класс исполнения	Испытание на растяжение	Испытание на загиб или складкообразование	Структура	Технологический контроль	Неразрушающий контроль	Внешний осмотр
1.1	×	×	×	×	× * и после пластической деформации	×
1.2	×	×	×	×	×	×
2.1	×	×	×	×	—	×
2.2	—	×	—	—	—	×
3	—	—	—	—	—	×

Примечание. × — объем контроля, определяется ответственным за выполнение работ; — — контроль не требуется.

## 1.5.4. КЛАССЫ ИСПОЛНЕНИЯ СВАРКИ ТРЕНИЕМ

## Основные понятия

Классы исполнения определяют минимальные требования по выполнению и испытанию соединений, получаемых сваркой трением, установлены классы 1—3.

## Критерии выбора классов исполнения при сварке трением

Класс исполнения 1. К этому классу относятся элементы конструкций, наиболее важные с точки зрения состояния и функций всего узла или его основных групп.

Разрушение этих элементов может привести к аварийному состоянию узла в целом и представляет опасность для людей и окружающей среды.

Класс исполнения 2. К этому классу относятся элементы конструкций, надежность которых определяет состояние отдельных групп узла. Разрушение этих элементов может привести к аварийному состоянию отдельных групп и значительно их повреждению.

Класс исполнения 3. К этому классу относятся второстепенные элементы конструкций, разрушение которых вызывает небольшие повреждения узла.

Если имеются отклонения размеров стыкуемых деталей, то можно, учитывая их назначение по согласованию с заказчиком принимать более низкий класс исполнения. Допустимые или критические напряжения, а также требуемую степень надежности следует оговаривать в отраслевых предписаниях по расчету отдельных позиций в зависимости от классов исполнения сварки и используемых материалов.

## Соответствие условий сварки трением классам исполнения

Условия выполнения и испытания сварных соединений при сварке трением и особенно факторы, связанные с конструкцией и методом контроля, представлены в табл. 1.170.

## Качество подготовки соединений

Подготовка стыкуемых поверхностей обычно сводится к выполнению вертикальных резов. В табл. 1.171 приведены допустимые отклонения при взаимном положении соединяемых изделий.

При каких-либо конструктивных особенностях стыкуемых соединений (например, конусные соединения) следует учитывать рекомендации, указанные в работе [8].

## Технология контроля

Для конструктивных элементов особой формы, групп материалов и сочетаний различных материалов, технологическая программа испытаний которых не приведена в работе [8], следует определить рабочие параметры, относящиеся к данному конструктивному элементу, а также прочностные свойства.



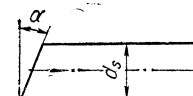
## УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ И ИСПЫТАНИЯ

## СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Класс исполнения	Качество соединения	Качество подготовки соединений	УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ И ИСПЫТАНИЯ			СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ				
			Оборудование	Технология	Облой	Стыкуемое сечение	Межцентровое отклонение	Глубина отпечатка	Квалификация сварщика	Условия испытаний
1	Статическая нагрузка: 1,0. Динамическая нагрузка: 1,0	a	Машины для сварки трением с автоматически воспроизводимой программой <i>давление — время</i>	Определение $p_e, p_{Sch}, t_e, \Delta l$ для $n = 400$ об/мин или $n = 1000$ об/мин	Механическое удаление до получения исходного сечения	100 % исходного сечения	$\leq 0,3$	0 (обработать)	По TGL 2847/27 (проект)	100 % УЗК при соответствующей форме деталей или 100 %-ный контроль программы <i>давление — время</i> и $\Delta l$ приборами автоматического контроля; при особых условиях сдачи продукции — дополнительные механические испытания Минимум 10 % УЗК при соответствующей форме деталей или 100 %-ный автоматический или ручной контроль $\Delta l$ ; при особых условиях сдачи продукции — дополнительные механические испытания (см. 3.6). Визуальный контроль и выборочный ручной контроль $\Delta l$ (5 %) (см. 3.6)
2	Статическая нагрузка: 1,0. Динамическая нагрузка: 0,9	a			Можно оставить; должна быть равномерная форма облоя Можно оставить	$> 100$ % исходного сечения	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$ (см. 3.5)		
3	Статическая нагрузка: 0,9. Динамическая нагрузка: 0,8	b				$\geq 90$ % исходного сечения	$\leq 0,5$	$\leq 1,0$ (см. 3.5)		

ТАБЛИЦА 1.171

## КАЧЕСТВО ПОДГОТОВКИ СОЕДИНЕНИЙ

Группа качества	Способы механической подготовки поверхности	Допустимые отклонения при совместном положении	Подготовка поверхности																
a	Токарная обработка; фрезерование; строгание; распилка; абразивное отрезание	<table border="1"> <tr> <td><math>d</math>, мм</td> <td>5—20</td> <td>20—40</td> <td>40—60</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td><math>1^\circ 30'</math></td> <td><math>1^\circ 20'</math></td> <td><math>1^\circ 10'</math></td> </tr> <tr> <td><math>d</math>, мм</td> <td>60—80</td> <td>80—100</td> <td><math>&gt; 100</math></td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td><math>50'</math></td> <td><math>40'</math></td> <td><math>30'</math></td> </tr> </table> 	$d$ , мм	5—20	20—40	40—60	$\alpha$	$1^\circ 30'$	$1^\circ 20'$	$1^\circ 10'$	$d$ , мм	60—80	80—100	$> 100$	$\alpha$	$50'$	$40'$	$30'$	Поверхности для зажима и сварки должны быть зачищены от органических и неорганических загрязнений (масло, жир, грязь, ржавчина и окалина)
$d$ , мм	5—20	20—40	40—60																
$\alpha$	$1^\circ 30'$	$1^\circ 20'$	$1^\circ 10'$																
$d$ , мм	60—80	80—100	$> 100$																
$\alpha$	$50'$	$40'$	$30'$																
b	Распилка; абразивное отрезание; разделка для обработки резанием; термическая разделка *, **	<table border="1"> <tr> <td><math>d</math>, мм</td> <td>5—20</td> <td>20—40</td> <td>40—60</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td><math>3^\circ 30'</math></td> <td><math>3^\circ</math></td> <td><math>&gt; 100</math></td> </tr> <tr> <td><math>d</math>, мм</td> <td>60—80</td> <td>80—100</td> <td><math>&gt; 100</math></td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td><math>1^\circ 40'</math></td> <td><math>1^\circ 20'</math></td> <td><math>1^\circ</math></td> </tr> </table>	$d$ , мм	5—20	20—40	40—60	$\alpha$	$3^\circ 30'$	$3^\circ$	$> 100$	$d$ , мм	60—80	80—100	$> 100$	$\alpha$	$1^\circ 40'$	$1^\circ 20'$	$1^\circ$	Поверхности для зажима и сварки должны быть очищены от крупных органических и неорганических загрязнений
$d$ , мм	5—20	20—40	40—60																
$\alpha$	$3^\circ 30'$	$3^\circ$	$> 100$																
$d$ , мм	60—80	80—100	$> 100$																
$\alpha$	$1^\circ 40'$	$1^\circ 20'$	$1^\circ$																

\* При соблюдении класса 2 качества поверхности огневой резки по TGL 14902. \*\* Не для материалов, чувствительных к закалке.

## Сечение соединяемых изделий

Исходное сечение диаметром  $d_s$  обычно увеличивается при сварке трением, поэтому сечение сварного соединения составляло более 100 % исходного. В разделе 3.6 приведены допустимые стандартные размерные отклонения.

## Межцентровое отклонение

Параметр «межцентровое отклонение» следует оговаривать только при сварке трением готовых деталей. При сварке трением исходных заготовок с соответствующими наружными размерами это требование обычно не учитывают.

## Глубина отпечатков при зажиме

При сварке конструктивных элементов по классам исполнения 2 и 3 глубина отпечатков остается без изменения (см. табл. 1.170). При сварке конструкций, подвергающихся дальнейшей механической обработке, это требование не учитывается.

## Условия испытаний

## Ультразвуковой контроль

Класс исполнения 1:

— при диаметре стыкуемых изделий  $d_s = 50$  мм не должно быть никаких несплошностей;

— при диаметре стыкуемых изделий  $d_s > 50$  мм в наружной зоне допустимы несплошности, во внутренней зоне допускаются несплошности размером не более 1 % диаметра  $d_s$  исходного сечения (рис. 1.94).

Класс исполнения 2:

— при диаметре стыкуемых изделий  $d_s = 50$  мм допускаются несплошности размером до 1% диаметра  $d_s$  исходного сечения (рис. 1.94);

— при диаметре стыкуемых изделий  $d_s > 50$  мм в наружной зоне допускаются несплошности размером до 1%, а во внутренней зоне до 3% диаметра  $d_s$  исходного сечения.

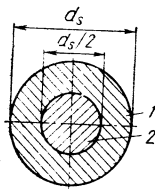


Рис. 1.94. Разделение сечений свариваемых изделий на наружную и внутреннюю зону; 1 — наружная зона; 2 — внутренняя зона

Для особых условий поставки можно установить УЗК в объеме 10% выпускаемой продукции при классе исполнения 2 в соответствии с отраслевыми предписаниями.

#### Контроль $\Delta l$ .

Используется программа усилие—время, которая должна обеспечивать следующие допуски: усилие при нагреве  $p_e \pm 5\%$ , при сварке  $p_{Schw} \pm 5\%$ ; продолжительность нагрева  $t_e \pm 10\%$ , но не более  $\pm 1$  с, продолжительность сварки  $t_s \pm 10\%$ .

Частота регистрации программы, определяющей продолжительность операций сварки и режимы усилий, устанавливается совместно с организациями технического контроля.

Разрабатывая документы на регистрацию программы необходимо учитывать, что усилие при нагреве  $p_e$  не уменьшается до момента наложения усилия сварки  $p_{Schw}$  и что усилие сварки  $p_{Schw}$  достигает установленного значения в течение первой трети общего времени сварки  $t_s$ .

Уменьшение длины  $\Delta l$  предусмотрено технологией. Этот параметр также устанавливают совместно с организациями технического контроля, учитывая форму конструктивного элемента, его подготовку к сварке, диаметр стыкуемых поверхностей с плюсовыми допусками, а также материал.

Прежде всего следует обращать внимание на неравномерность грата, образующегося при обжатии, на отпечатки при зажиме, угловые отклонения и осевое смещение.

### 1.5.5. РАЗМЕРНЫЕ ДОПУСКИ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ (табл. 1.172 и 1.173)

ДОПУСТИМЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ПО ДЛИНЕ ТАБЛИЦА 1.172

Классы точности	Интервал номинальных размеров, мм						
	30—120	120—315	315—1000	1000—2000	2000—4000	4000—8000	8000—12000
A	$\pm 1$	$\pm 1$	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 4$	$\pm 5$	$\pm 6$
B	$\pm 2$	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 4$	$\pm 6$	$\pm 8$	$\pm 10$
C	$\pm 3$	$\pm 4$	$\pm 6$	$\pm 8$	$\pm 11$	$\pm 14$	$\pm 18$
D	$\pm 4$	$\pm 7$	$\pm 9$	$\pm 12$	$\pm 16$	$\pm 21$	$\pm 27$

ДОПУСТИМЫЕ УГЛОВЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ТАБЛИЦА 1.173

Классы точности	Интервал номинальных размеров (длина короткого плеча), мм					
	< 315	мм/м	315—1000	мм/м	> 1000	мм/м
A	$\pm 20'$	$\pm 6$	$\pm 15'$	$\pm 4,5$	$\pm 10'$	$\pm 3$
B	$\pm 45'$	$\pm 13$	$\pm 30'$	$\pm 9$	$\pm 20'$	$\pm 6$
C	$\pm 1^\circ$	$\pm 18$	$\pm 45'$	$\pm 13$	$\pm 30'$	$\pm 9$
D	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 26$	$\pm 1^\circ 15'$	$\pm 22$	$\pm 1^\circ$	$\pm 18$

Классы точности (B, C, D) для ряда отраслей производства и некоторых видов продукции:

Покрyтия	B, C, D
Общее машиностроение	B, C, D
Производство емкостей:	
— напорные сосуды	B, C
— ненапорные сосуды	B, C
— строительство крупных котлов, баков, цистерн, реакторов	B, C
Листовые оболочки	B, C, D
Строительство подъемных механизмов	B, C
Автомобилестроение (грузовые машины, специальный транспорт)	B, C
Прессы:	
— станина, ползун, стол	B, (C)
— наружные элементы	C, (B)
— зубчатые колеса	B
Рельсовый транспорт	B
Судостроение	C, D
Стальные конструкции	B, C

## 2

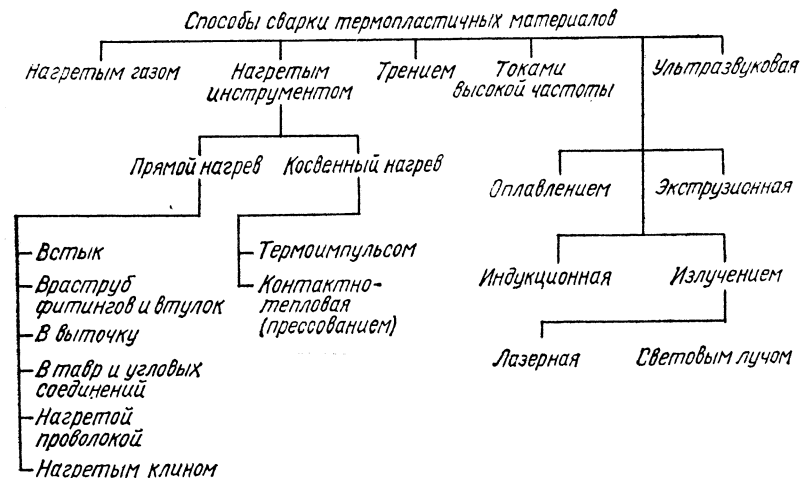
### ТЕХНИКА СВАРКИ ПЛАСТМАСС<sup>1</sup>

Сварка пластмасс представляет собой соединение термопластических материалов одинакового или различного типа с применением тепла и давления или без давления, а также с применением или без применения добавок из такого же или отличного от них материала.

Сварка происходит в пределах термопластичного состояния материала. При этом свободно перемещающиеся молекулярные цепи связываются в поверхностях контакта соединяемых деталей. Сварной шов охлаждается под давлением и в свободном состоянии.

### 2.1. ОБЗОР И КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ СВАРКИ ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Схема IV



<sup>1</sup> См. также Волков С. С., Орлов Ю. Н., Астахова Р. Н. Сварка и склеивание пластмасс. М.: «Машиностроение», 1972. 128 с. с ил.; Тростянская Е. Б., Комаров Г. В., Шишкин В. А. Сварка пластмасс. М.: «Машиностроение», 1967. 251 с. с ил. (Прим. ред.)

### 2.1.1. СВАРКА НАГРЕТЫМ ГАЗОМ (НГ-)

Принцип сварки — рис. 2.1.

Область применения

Положение шва при сварке: нижнее, горизонтальное, вертикальное (снизу вверх), вертикальное (сверху вниз), горизонтальное на вертикальной поверхности, потолочное; горелка с быстросваривающим соплом; предпочтительнее нижнее и горизонтальное положение шва.

Изделия: толщина  $s = 1,5 \div 20$  (30) мм; панели, трубы, гидроизоляционные детали, покрытия для полов, фасонные детали.

Материалы: твердый поливинилхлорид, мягкий поливинилхлорид, твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полиоксиметилен, полиметилметакрилат, полиамиды, полиизобутилен, поликарбонат.

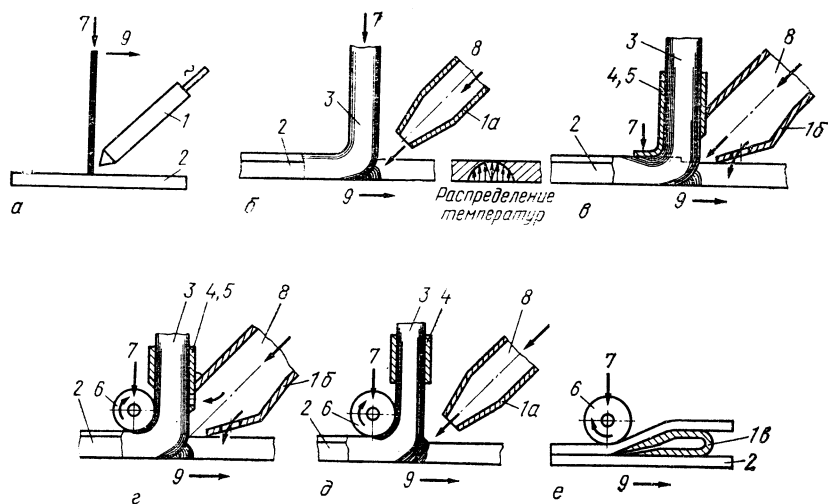


Рис. 2.1. Принцип сварки:

*a* — ручная сварка горелкой со стандартным соплом для твердых термопластических масс; *b* — ручная сварка горелкой с быстросваривающим соплом для твердых термопластических материалов; *c* — механизированная сварка твердых термопластических материалов; *d* — ручная сварка горелкой со стандартным соплом для мягких термопластических материалов; *e* — ручная и машинная сварка горелкой со щелевым соплом для мягких термопластических материалов; *1a* — стандартное сопло; *1б* — быстросваривающее сопло; *1e* — щелевое сопло; 2 — свариваемая деталь; 3 — присадочный пруток; 4 — направляющие для подачи присадочного материала; 5 — предварительный подогрев; 6 — нажимной ролик; 7 — усилие; 8 — нагретый газ; 9 — направление сварки

Скорость сварки  $v_s = 7 \div 25$  см/мин (ручная сварка сварочным аппаратом со стандартным соплом);  $v_s = 25 \div 100$  см/мин (ручная сварка сварочным аппаратом с быстросваривающим соплом или механическая сварка).

Расход газа: нагретый газ (нагретый воздух) 700—2400 л/ч (для сварочного аппарата со стандартным соплом), 1000—3000 л/ч для сварочного аппарата с быстросваривающим соплом.

Избыточное давление нагретого газа 0,03—0,06 МПа.

Для нагреваемых газом сварочных аппаратов дополнительно: расход ацетилена 36, водорода 120 л/ч.

Указания по конфигурации соединений табл. 2.1.

ТАБЛИЦА 2.1

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО КОНФИГУРАЦИИ СОЕДИНЕНИЙ  
ПРИ СВАРКЕ НАГРЕТЫМ ГАЗОМ

Форма соединения (см. табл. 8, б)	Материал	Геометрические характеристики соединений			
		толщина $s$ , мм	ширина зазора $b$ , мм	Угол раскрытия кромок $\alpha$ , град	перекрытые кромок $c$ , мм
1	2	3	4	5	6

#### Панели, трубы, профили, фасонные детали

1	Твердый поливинилхлорид, ударно-вязкий поливинилхлорид . . .	2—5	0,5—1,0	60	—
		(для ручной сварки с круглым присадочным пруток)			
2	Твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен . . . . . Полипропилен, полиоксиметилен . . . . . Полиметилметакрилат (не 2) . . . Полиамиды, поликарбонаты . . . Мягкий поливинилхлорид . . .	2—5	0,5—1,0	50—60	—
		(для треугольного прутка и для строенного прутка)			
4	Твердый поливинилхлорид, ударно-вязкий поливинилхлорид . . . Твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен . . . . . Полипропилен, полиоксиметилен . . . . . Полиметилметакрилат . . . . . Полиамиды, поликарбонат . . . . . Мягкий поливинилхлорид (если нельзя обеспечить X-образную разделку кромок, то допустима V-образная разделка кромок)	5—20 (30)	0,5—1,0	60	—
		5—10	0,5—1,0	60—70	—
3	Мягкий поливинилхлорид . . . . . Полиизобутилен . . . . .	1,5—2	0,5—1,0	50—60	10
		При укладке встык плоских прутков с $h = s$			
3	Мягкий поливинилхлорид . . . . . Полиизобутилен . . . . .	1,5—2	0,5—1,0	50—60	25—30
		При укладке встык профильных прутков с $h = 2 \div 2,5$ мм			

#### Гидроизоляционные детали

3	Мягкий поливинилхлорид . . . . .	1,5—2	0,5—1,0	50—60	10
3	Полиизобутилен . . . . .	1,5—2	0,5—1,0	50—60	25—30

#### Панели, профили

1	Твердый поливинилхлорид, ударно-вязкий поливинилхлорид, твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полиоксиметилен, полиамиды, поликарбонаты (используется при формировании тавровых соединений и соединений вкрест и при невозможности V-образной или X-образной разделки кромок)	2—20 (30)	0,5—1,0	45	—
---	--	-----------	---------	----	---

1	2	3	4	5	6
12	Твердый поливинилхлорид, ударно-вязкий поливинилхлорид, твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полиоксиметилен, полиамиды, поликарбонаты (используется при соединениях втавр и вкрест и когда невозможны V-образная или X-образная разделка кромок) . . .	2—20 (30)	0,5—1,0	45	—
9	Твердый поливинилхлорид, ударно-вязкий поливинилхлорид, твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полиоксиметилен, полиамиды, поликарбонат (по возможности следует избегать и применять только в особых случаях) . . . . .	2—5	—	—	—
10	Твердый поливинилхлорид, ударно-вязкий поливинилхлорид, твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полиоксиметилен, полиамиды, поликарбонат (по возможности следует избегать и применять только в особых случаях) . . . . .	2—5	—	—	—
9	Твердый поливинилхлорид, ударно-вязкий поливинилхлорид, твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полиоксиметилен, полиамиды, поликарбонат . . . . .	2—20 (30)	0,5—1,0	45	—
16	Твердый поливинилхлорид, ударно-вязкий поливинилхлорид, твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полиоксиметилен, полиамиды, поликарбонат (если возможно, то следует избегать; предпочтительнее изменять конструкцию) . . . . .	2—20 (30)	0,5—1,0	60—70	—
22	Твердый поливинилхлорид, ударно-вязкий поливинилхлорид, твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полиоксиметилен, полиамиды, поликарбонат (по возможности следует избегать) . . . . .	2—20 (30)	—	—	15—20

Гидроизоляционные детали

7	Мягкий поливинилхлорид, мягкий полиэтилен, полиизобутилен (сваривать щелевым соплом без присадочных материалов) . . . . .	1,5—2,0	0,5	—	15—20
---	---	---------	-----	---	-------

1	2	3	4	5	6
21	Мягкий поливинилхлорид, мягкий полиэтилен, полиизобутилен, (сваривать щелевым соплом без присадочных материалов) . . . . .	1,5—2	—	—	15—20
23	Мягкий поливинилхлорид, мягкий полиэтилен, полиизобутилен (сваривать щелевым соплом без присадочных материалов) . . . . .	1,5—2	—	—	15—20
24	Мягкий поливинилхлорид, мягкий полиэтилен, полиизобутилен (сваривать щелевым соплом без присадочных материалов) . . . . .	1,5—2	—	—	15—20
17	Мягкий поливинилхлорид, мягкий полиэтилен, полиизобутилен (сваривать щелевым соплом без присадочных материалов) . . . . .	1,5—2	—	—	15—20
18	Мягкий поливинилхлорид, мягкий полиэтилен, полиизобутилен	1,5—2	—	—	15—20

Оборудование

Источники нагрева: пламя горючего газа (водорода, ацетилена, пропана, городского газа) или электрический ток (нагрев электросопротивлением).

Приборы, машины и принадлежности: сварочный аппарат или машина для сварки нагретым газом; стандартное быстросваривающее сопло сменного наконечника и щелевое сопло, газовые баллоны и центробежный вентилятор; компрессор с отстойником для обезвоженного и очищенного от масла воздуха (обычно используют для пневматического управления машинами для сварки нагретым газом из-за небольшого количества воздуха и из-за высокого давления); цикли и строгальные инструменты для снятия утолщений и зачистки швов, нажимные ролики, устройства для обеспечения давления при сварке, сварочные принадлежности (редукционные клапаны, шланги для подвода газа, наконечники и зажимы шлангов, соплоочистители), термоэлементы для измерения температуры нагретого газа.

Выбор основных и присадочных материалов (см. 2.3.1)



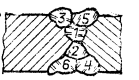
Круглые и профильные прутки подбирают по TGL 9253; круглые и профильные прутки, присадочные шнуры, полосы и накладки подбирают в соответствии с заводскими стандартами изготовителей; присадочные материалы обычно совпадают или близки по своему составу к основному материалу. Для мягких теплопластических материалов толщиной <2 мм в большинстве случаев не используют присадочные материалы.

Техника сварки — см. табл. 2.2—2.4,

ТАБЛИЦА 2.2

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РУЧНОЙ СВАРКИ НАГРЕТЫМ ГАЗОМ ПОЛИЭТИЛЕН, ТОЛЩИНА

(ТВЕРДЫЙ ПОЛИВИНИЛХЛОРИД, ТВЕРДЫЙ ПОЛИЭТИЛЕН, МЯГКИЙ  $s \geq 2$  мм, ПОЛИПРОПИЛЕН)

Толщина s, мм	Число слоев и диаметр присадочного материала (мм) при форме шва					Последовательность выполнения сварки (см. цифры на рисунке)	
	V	X	V	▷	Δ		
2	1/4		1/3	1/3	2x1/3	<p><b>Твердый, ударно-вязкий</b></p> <p>V-образная разделка кромок</p>  <p>1</p> <p>V-образная разделка с подварочным швом 7. Корень 1 следует частично механически обработать, затем наложить подварочный шов 7</p>  <p>2</p> <p>X-образная разделка кромок</p>  <p>3</p>	
3	3/3		3/3	1/4	2x1/4		
4	3/4		2/3 1/4	3/3	2x3/3		
5	1/3 3/4 *		2/3	3/4 **	2x3/4 **		
6	3/3 *		6/3	1/3 3/4 **	2x3/4		
8	1/3 * 6/4 *	Неприменим	6/4	1/4 1/3	—		
10	1/4 * 9/5 *		6/3	5/4 1/3 10/4	—		
12	1/4 * 10/5 *		8/4	1/3 11/4	—		
15	1/4 * 13/5 *		12/4	1/3 14/4	—		
18	22/4 *		12/4	1/3 17/4	—		
20	28/4 *	14/4	5/3 19/4	—			
2	1/4	Как твердый поливинилхлорид	—	1/3	1/3	<p><b>Твердый полиэтилен, мягкий</b></p> <p>См. выше (твердый поливинилхлорид)</p>	
3	3/3		—	3/3	1/3		
4	3/4		—	2/3 1/4	3/5		2x1/3 2x1/4 2x3/3
5	1/3 3/4		—	2/3 2/4	3/4 **		2 * 3/4 **
6	3/3 * 3/4	6/3	1/3	3/4 **	2 * 3/4 **		

Технологические параметры

усилие при сварке, Н	нагретый газ (воздух)	горючий газ	скорость сварки $v_s$ , см/мин
<p><b>и мягкий поливинилхлорид</b></p> <p><b>Твердый и ударно-вязкий поливинилхлорид:</b></p> <p>Круглые прутки diam. <math>d_2</math>, мм:</p> <p>(2) 10</p> <p>3 14—16</p> <p>4 22—24</p> <p>5 28—30</p> <p>6 34—36</p>			
<p>Количество, л/ч: стандартное сопло — 900—2400; быстросваривающее сопло 1500—3000</p> <p>Избыточное давление 0,03—0,06) МПа.</p>		<p>Расход, л/ч: ацетилен 36, водород 120, бытовой газ 110</p>	<p><b>Твердый поливинилхлорид:</b></p> <p>Стандартное сопло 15—25; Быстродействующее сопло 5—100</p> <p><b>Мягкий поливинилхлорид:</b> 60—110</p>
<p>Профильные прутки: сдвоенные 6,0/3,5 20</p> <p>треугольные 6,0 : 3,5 23</p> <p>строенные 4,0 : 3,0 18</p> <p>строенные 6,5 : 4,5 30</p> <p><b>Мягкий поливинилхлорид:</b> 0,1—0,3 МПа</p>			
<p>Номинальная температура, °С:</p> <p><b>ударно-вязкий поливинилхлорид:</b> стандартное сопло 220—240; быстросваривающее сопло 240—260; <b>мягкий поливинилхлорид</b> 180—210</p> <p><b>твердый поливинилхлорид:</b> стандартное сопло 250—270 °С; быстросваривающее сопло 270—290</p>			
<p><b>полиэтилен, полипропилен</b></p> <p>Круглые прутки: Твердый Мягкий поли- поли-этилен этилен поли-пропилен</p> <p><math>d_2</math>, мм</p> <p>(2) 0,03—0,02—0,04 0,03</p> <p>3 0,06—0,04—0,08 0,05</p> <p>4 0,09—0,06—0,10 0,08</p> <p>5 0,12—0,08—0,13 0,09</p>			
<p>Воздух (в специальных случаях для твердого полиэтилена азот), избыточное давление 0,03—0,06 МПа</p> <p>Количество, л/ч: стандартное сопло: твердый полиэтилен 900—2400, мягкий полиэтилен 900—2400, полипропилен 1800—2400; быстросваривающее сопло: твердый полиэтилен 1500—3000; мягкий полиэтилен: 1500—3000; полипропилен 2800—3000</p>		<p>Тип и количество — как для твердого поливинилхлорида</p>	<p>Стандартное сопло: твердый полиэтилен 12—20; мягкий полиэтилен 12—20; полипропилен 15—25. Быстросваривающее сопло: твердый полиэтилен 40—70; мягкий полиэтилен 50—100; полипропилен 50—80</p>

Толщина s, мм	Число слоев и диаметр присадочного материала (мм) при форме шва					Последовательность выполнения сварки (см. цифры на рисунке)	Технологические параметры			
	V	X	V	▷	△		усилие при сварке, Н	нагретый газ (воздух)	горючий газ	скорость сварки v <sub>с</sub> , см/мин
8	1/3 *	Неприменим	6/4	1/3	—	—	(6) 0,15—0,09— 0,16 0,10	Избыточное давление 0,013—0,06 МПа. Номинальная температура, °С: стандартное сопло — твердый полиэтилен 220—240, мягкий полиэтилен 190—210, полипропилен 230—250; быстросваривающее сопло — твердый полиэтилен 240—260, мягкий полиэтилен 210—230, полипропилен 240—260		
10	6/4 * 1/4 * 9,5		6/4	5/4 1/3 10/4	—					

\* Допускается только в случае, если невозможен X-образный шов. \*\* Допускается только в случае, если невозможен шов типа К; для полиэтилена необходимо удаление с помощью механической обработки полипропилена при s ≥ 10 мм.

ко в случае, если невозможна двусторонняя сварка угловых швов таврового соединения или ботки оксидной пленки с поверхности свариваемых соединений и присадочных прутков; детали

ТАБЛИЦА 2.3

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РУЧНОЙ СВАРКИ ПОЛИОКСИМЕТИЛЕНА.

ПОЛИКАРБОНАТА И ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА НАГРЕТЫМ ГАЗОМ

Толщина s, мм	Диаметр присадочного прутка (мм) при форме шва		Усилие сварки, Н	Технологические параметры		Скорость сварки v <sub>с</sub> , см/мин	Последовательность сварки	Примечание
	V	X		нагретый газ (воздух)	горючий газ			
<i>Полиоксиметилен</i>								
2	1/4	—	Круглые прутки d <sub>2</sub> , мм (2 10)	Расход, л/ч: стандартное сопло 1800—2100, быстросваривающее сопло 2000—2500	То же	То же	То же	Стыкуемые части из поликарбоната следует перед сваркой просушить при 120—130 °С в течение 12 ч, после сварки следует выдержать при 135 °С в течение 0,5—1,0 ч
3	3/3	—						
4	3/4	—	Прутки с квадратным сечением 3×3: 22—24 4×4: 28—30 5,5×5,5 36—38 6,6×6,6 45—48	Количество, л/ч: стандартное сопло 700—1200, быстросваривающее сопло 720—1500; избыточное давление 0,03—0,06 МПа; номинальная температура, °С: стандартное сопло 300—320, быстросваривающее сопло 320—340	То же	То же	То же	Сваривать по возможности с меньшим расходом нагретого газа. Допускается только в случае, если невозможен X-образный шов ТВ 3. Шов выровнять механической обработкой
5	1/3	—						
6	3/3 *	6/3						
8	3/4 *	6/4						
10	1/3 *	6/4						
	6/4 *							
	1/4 *							
	9/5 *							
2	1/3	—						
3	1/4	—						
4	1/5,5	—						
5	1/6,5	2/4						
6	—	2/4						
<i>Полиметилметакрилат</i>								

\* Допускается только при невозможности выполнения X-образного шва.

ТАБЛИЦА 2.4  
ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РУЧНОЙ СВАРКИ ПОЛИАМИДОВ, МЯГКОГО ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА И МЯГКОГО ПОЛИЭТИЛЕНА (ТОЛЩИНА  $s \leq 2$  мм) НАГРЕТЫМ ГАЗОМ

Толщина $s$ , мм	Положение и диаметр присадочного прутка (мм) при форме шва		Технологические параметры		Скорость сварки $v$ , см/мин	Последовательность сварки	Примечание				
	V	X	нагретый газ	горючий газ							
2	1/3,5	—	Круглые прутки $d_2$ , мм 2,5 12—14 3,5 16—18 (4,5) 24—26	Полиамиды РА-6 и РА-6,6; $N_2$ ; РА-11: воздух или $N_2$ ; расход, л/ч: стандартное сопло 600—780 ( $N_2$ ) или 1500—1800 (воздух); стандартное сопло с рубашкой для защитного газа: 600—780 ( $N_2$ ) нагретого газа, 240—300 ( $N_2$ ) защитного газа; быстросваривающее сопло: 1800—2400 ( $N_2$ или воздух); быстросваривающее сопло с рубашкой для защитного газа: 1800—2400 ( $N_2$ ) нагретого газа, 300—600 ( $N_2$ ) защитного газа. Избыточное давление 0,03—0,06 МПа. Номинальная температура, °С: стандартное сопло: РА-6 280—300; РА-6,6 330—350; быстросваривающее сопло: РА-6 300—320; РА-6,6 340—360	Как для твердого поливинилхлорида (см. табл. 2.2)	Стандартное сопло 7—10, быстросваривающее сопло 70—100	Как для твердого поливинилхлорида (см. табл. 2.2)	Свариваемые прутки и кромки из полиамидов РА-6 и РА-6,6 сушить 10—12 ч при 80—90 °С; после сварки обдуть воздухом			
3	3/2,5	Мягкий поливинилхлорид и мягкий полиэтилен							Как для твердого поливинилхлорида (см. табл. 2.2)	60—110	Использовать шелевое сопло
4	5/2,5										
5	7/2,5										
6	10/2,5										
8	11/2,5										
10	13/2,5										
1,5—2,0	Без присадочного материала	Мягкий поливинилхлорид 10—30 Мягкий полиэтилен 3—12	Расход: 1500—2400 л/ч Избыточное давление 0,03—0,06 МПа. Номинальная температура, °С: мягкий поливинилхлорид 180—210; мягкий полиэтилен 190—210	—	—	—	—				

## 2.1.2. СВАРКА НАГРЕТЫМ ИНСТРУМЕНТОМ (HE-)

### 2.1.2.1. Сварка встык (HS-)

Принцип сварки — рис. 2.2

#### Границы применимости

Положение шва при сварке: любые пространственные положения.  
Изделия: толщина  $s > 2$  мм; ручная сварка: трубы и круглые профили диаметром  $D \leq 50$  мм; машинная сварка; трубы, профили, панели, слитки, фасонные детали.

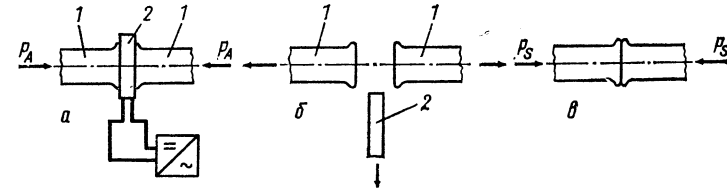


Рис. 2.2. Принцип сварки:

а — подогрев свариваемых деталей; б — отвод нагретого инструмента; в — стыкование (сварка); 1 — свариваемые изделия; 2 — нагретый инструмент; 3 — источник питания

Материал: твердый суспензионный поливинилхлорид, пенопласт из твердого суспензионного поливинилхлорида (трубы), ударно-вязкий поливинилхлорид, хлорированный поливинилхлорид, мягкий поливинилхлорид, твердый полиэтилен, полипропилен, полиоксиметилен, поликарбонат, полистирол, акрилонитрил-бутиадиен-стирол-сополимер, стирол-акрилонитрил-сополимер, полиамиды (в том числе со стекловолокном), (полиметилметакрилат).

Общая продолжительность сварки:  $t \geq 60$  с.  
Общие указания по конфигурации соединения — табл. 2.5.

#### Оборудование

Источник нагрева: электрический ток (нагрев электросопротивлением) или пламя горючего газа (пропан).

Сварочные аппараты, машины и принадлежности (см. также 2.2.2.1): нагреваемые инструменты или машины с нагреваемым инструментом.

Регулятор температуры (для электроннагреваемых инструментов без встроенного терморегулятора); теплообменники, баллоны для пропана с газовым регулятором, шланги для подвода газа, наконечники и зажимы шлангов (для инструментов, нагреваемых газом).

Ткань со стекловолокном из политетрафторэтилена или силиконового каучука, слоистая фольга из политетрафторэтилена (разделители для покрытия нагретых участков нагревающего инструмента); пилы или фрезы (для обеспечения ровной поверхности свариваемых изделий).

#### Выбор основных и присадочных материалов

Сварка выполняется без присадочного материала.

Техника сварки (табл. 2.6; рис. 2.3)



ТАБЛИЦА 2.5  
ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫБОРУ КОНФИГУРАЦИИ  
СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ НАГРЕТЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Изделие и материал	Толщина $\delta$ , мм	Диаметр $D$ , мм	Угол $\beta$ , град
21	Трубы:	2—10	$\leq 500$	—
	в обычных случаях . . . . .			
8	в специальных случаях . . . . .	$\leq 37$	$\leq 1500$	—
	Круглые профили	$\geq 2$	$\leq 60$	—
20	Профили, панели, слитки, фасонные детали:	$\geq 2$	—	—
	твердый поливинилхлорид, пенопласт из твердого суспензионного поливинилхлорида (трубы), ударно-вязкий поливинилхлорид, хлорированный поливинилхлорид, мягкий поливинилхлорид, твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полиоксиметилен, поликарбонат, полистирол, сополимеры акрилонитрила, бутадиена и стирола, стирола и акрилонитрила; полиамиды (в том числе со стекловолокном), полиметилметакрилат . . . . .			
8	Профили, панели, фасонные детали (твердый суспензионный поливинилхлорид, ударно-вязкий поливинилхлорид, твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полиоксиметилен, поликарбонат, полистирол, сополимеры акрилонитрила, бутадиена и стирола, стирола и акрилонитрила, полиметилметакрилат) . . . . .	$\geq 3$	—	25
	Профили (твердый суспензионный поливинилхлорид, ударно-вязкий поливинилхлорид, твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полиоксиметилен, полиамиды, поликарбонат, полистирол, акрилонитрилбутадиен-стирол-сополимер, стирол-акрилонитрил-сополимер, (полиметилметакрилат) . . . . .	$\geq 2$	—	22,5 30 45 60

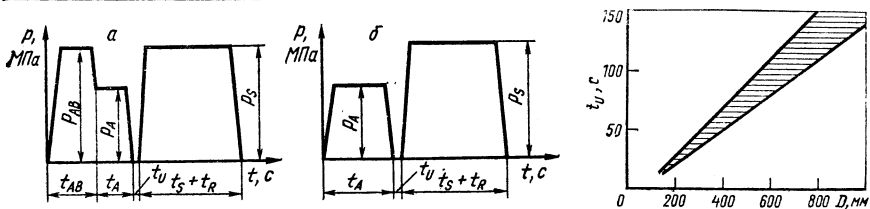


Рис. 2.3. Диаграмма усилий:  
а — при неплотно прилегающих к нагревательному элементу свариваемых поверхностях;  
б — при мгновенно плотно прилегающих к нагревательному элементу свариваемых поверхностях

Рис. 2.4. Ориентировочные параметры максимального времени отвода нагретого инструмента  $t_U$  при стыковой сварке труб большого диаметра с повышенной толщиной стенок из твердого полиэтилена при  $T_W = 20^\circ\text{C}$  в воздушном потоке

ТАБЛИЦА 2.6  
ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СТЫКОВОЙ СВАРКИ

Материал	Технологические параметры *1 (см. рис. 2.4)					
	температура сварки $T_{HS}$ , °C	$t_A^{*2}$ , с	$d_U^{*3}$ , с	$t_S + t_R$ , с	$P_A$ , МПа	$P_S$ , МПа
Твердый суспензионный поливинилхлорид . . . . .	240—260	30—60	2—3	$t_A \times \bar{s}$	0,05	0,4—0,45
Твердый суспензионный поливинилхлорид *4 . . . . .	220—280	30—60	2—3	$t_A \times \bar{s}$	0,6—0,7	0,3—0,5
Ударно-вязкий поливинилхлорид . . . . .	220—230	30—60	2—3	$t_A \times \bar{s}$	0,05	0,2—0,4
Хлорированный поливинилхлорид . . . . .	255—265	30—90	2—3	$t_A \times \bar{s}$	0,075	0,4—0,6
Пенопласт из суспензионного поливинилхлорида . . . . .	235—245	20—50	2—3	$t_A \times \bar{s}$	$\leq 0,02$	0,15—0,2
Мягкий поливинилхлорид (40 % пластификатора) . . . . .	210—230	20—30	2—3	$t_A \times \bar{s}$	$\leq 0,05$	0,15—0,2
Твердый полиэтилен . . . . .	230—250	40—60	2—3	$t_A \times \bar{s}$	$\leq 0,05$	0,15—0,2
Мягкий полиэтилен . . . . .	210—230	40—55	2—3	$t_A \times \bar{s}$	$\leq 0,05$	0,05—0,1
Полипропилен *5 . . . . .	240—260	30—50	2—3	$t_A \times \bar{s}$	$\leq 0,05$	0,15—0,2
Полипропилен *6 . . . . .	360—380	13—15	2	$t_A \times \bar{s}$	0,1—0,15	0,25—0,3
Полиамид PA 6 . . . . .	230—260	15—50	2—3	$t_A \times \bar{s}$	$\leq 0,05$	0,15—0,25
PA 6 (со стекловолокном) . . . . .	290—300	10—30	2—3	$t_A \times \bar{s}$	$\leq 0,05$	0,3—0,4
PA 6.6 . . . . .	240—280	15—50	2—3	$t_A \times \bar{s}$	$\leq 0,05$	0,15—0,25
PA 11 . . . . .	210—240	15—50	2—3	$t_A \times \bar{s}$	$\leq 0,05$	0,15—0,25
Полиоксиметилен . . . . .	210—230	10—50	2—3	$t_A \times \bar{s}$	$\leq 0,05$	0,05—0,1
Полистирол . . . . .	230—250	10—50	2—3	$t_A \times \bar{s}$	$\leq 0,05$	0,3—0,35
Сополимеры: акрилонитрила, бутадиена и стирола . . . . .	250—300	20—50	2—3	$t_A \times \bar{s}$	$\leq 0,05$	0,1—0,2
стирола и акрилонитрила . . . . .	250—300	20—40	2—3	$t_A \times \bar{s}$	$\leq 0,05$	0,1—0,2
Поликарбонат *7 . . . . .	350—400	20—40	2—3	$t_A \times \bar{s}$	$\leq 0,05$	0,15—0,2

\*1 Применение нагревательных элементов с 0,1-мм изоляцией из слюенной при горячем прессовании слоистой фольги из политетрафторэтилена. \*2  $t_A$  повышается с увеличением толщины материала. \*3  $t_U$  относится к  $T_W = 20^\circ\text{C}$  в воздушном потоке. \*4 Сваривать при помощи остроугольного нагревательного элемента. \*5 Заготовку подогреть до  $100^\circ\text{C}$ . \*6 Сваривать при высокой температуре без разделительной фольги. \*7 Свариваемые детали перед сваркой высушить при  $120^\circ\text{C}$  в течение 12 ч, после сварки выдержать 0,5—1 ч при  $135^\circ\text{C}$ .

### 2.1.2.2. Сварка в раструб (F-), сварка в выточку (N-)

Принцип сварки — рис. 2.5—2.7.

#### Границы применимости

Положение шва при сварке: в любых пространственных положениях.

Изделия: толщина  $s > 2$  мм; ручная сварка в раструб; трубы диаметром  $D \leq 50$  мм; машинная сварка в раструб; трубы диаметром  $D \geq 50$  мм; сварка в выточку труб, панелей, фасонных деталей.

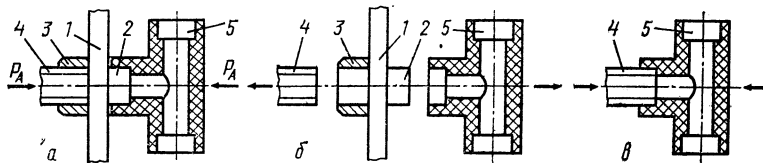


Рис. 2.5. Принцип сварки раструб фитингов и втулок: а — подогрев свариваемых деталей; б — отвод нагретого инструмента; в — состыковка (сварка); 1 — нагретый инструмент; 2 — нагретый (сварочный) дорн; 3 — нагретая (сварочная) гильза; 4 — пластмассовая труба; 5 — пластмассовый фитинг

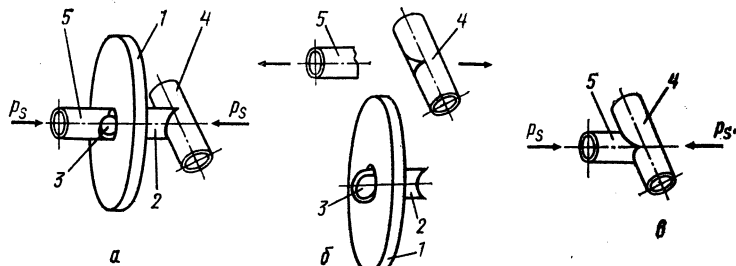


Рис. 2.6. Принцип сварки разветвлений труб в выточку: а — подогрев свариваемых труб; б — отвод нагретого инструмента; в — состыковка (сварка); 1 — нагретый инструмент; 2 — сварочный инструмент для выравнивания кольцеобразной выточки в трубе с  $D_{\text{усл}}$  большего размера; 3 — сварочный инструмент для разветвляемой трубы с  $D_{\text{усл}}$  меньшего размера; 4 — труба с  $D_{\text{усл}}$  большего размера; 5 — труба с условным проходом меньшего размера

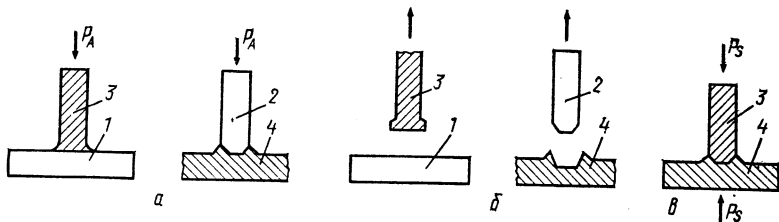


Рис. 2.7. Принцип сварки панелей и фасонных деталей в выточку: а — подогрев свариваемых деталей; б — отвод нагретого инструмента; в — состыковка (сварка); 1, 2 — нагретые инструменты; 3, 4 — свариваемые детали

Материал: твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен.

Общая продолжительность сварки:  $t_s \geq 60$  с.

Общие рекомендации по исполнению соединений — табл. 2.7

ТАБЛИЦА 2.7

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛНЕНИЮ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ В РАСТРУБ, ПРИ СВАРКЕ В ВЫТОЧКУ

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Изделия, материал	Размеры, мм			
		толщина $s$	диаметр детали $D$	диаметр фитинга $d_F$	длина $l$
27, 28	Сварка в раструб фитингов и труб: из твердого полиэтилена . . . . . из мягкого полиэтилена . . . . . из полипропилена . . . . .	$\geq 2$ $\geq 2$ $\geq 2$	16—160 16—125 16—125	$D - 0,4$ $D - 0,4$ $D - 0,4$	— — —
14	Сварка труб с $D_{y1}$ в трубы $D_{y2}$ при $D_{y1} \gg D_{y2}$ : из твердого полиэтилена, мягкого полиэтилена, полипропилена . .	$\geq 2$	—	—	$\leq 200$
13	Тавровые стыки на панелях, фасонные детали из твердого полиэтилена, мягкого полиэтилена, полипропилена . . . . .	2—5	—	—	$s/2$

#### Оборудование

Источник нагрева: электрический ток (нагрев электросопротивлением) или пламя горючего газа (пропан).

Сварочные аппараты, машины и принадлежности. Нагревающий элемент с инструментами для формирования шва (сварочный дорн и сварочная гильза).

Нагревающие планки для сварки в выточку на панелях и фасонных деталях, инструменты с газовым нагревом для формирования шва при сварке в выточку на трубах, панелях или фасонных деталях; баллоны для пропана с газовым регулятором, пропановые горелки, шланги для подвода газа, наконечники и зажимы шлангов, фрезерный станок с набором торцовых фрез для выполнения выточки на ответвлениях труб; термочувствительные штифты, захваты; проволочные щетки.

#### Выбор основного и присадочного материала

Сварка выполняется без присадочного материала.

Техника сварки — табл. 2.8.

### 2.1.2.3. Сварка тавровых и угловых соединений (AK-)

Принцип сварки — рис. 2.8.

#### Границы применимости

Положение шва при сварке: нижнее.

Изделия толщиной  $s = 2 \div 10$  мм; панели.

Материал: твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен.

Продолжительность сварки:  $t = 60$  с.

Общие рекомендации по исполнению соединений при сварке тавровых и угловых элементов на панелях из твердого полиэтилена, мягкого полиэтилена, полипропилена толщиной  $s = 2 \div 10$  мм под углом  $\alpha = 60^\circ$ ; высота  $h = 2/3s$  мм,  $\beta = 90 (80 \div 100)^\circ$ ; длина стыка  $l = 2000$  мм.

Форма соеди- нения (см. табл. 8.5)	Материал	Технологические параметры (см. рис. 2.3)					Примечание
		темпера- тура сварки $T_{\text{св}}$ , °C	$t_A$ , °C	$t_U$ , °C	$t_S + t_R$ , с	$p_A$ , МПа	
27, 28	Твердый полиэтилен	240—260	20—50	≤3	$t_A \cdot \bar{s}$	Определяется внешним диаметром трубы и внутренним диаметром фитинга или муфты	В месте сварки перед прогревом удалить с помощью механиче- ской обработки оксидную пленку
	Мягкий полиэтилен	210—240	20—50	≤3	$t_A \cdot \bar{s}$		
	Полипропилен	240—260	30—50	≤3	$t_A \cdot \bar{s}$		
13	Твердый полиэтилен	240—260	20—50	≤3	$t_A \cdot \bar{s}$	0,05	Глубину выточки $s/2$ Полосовой нагревательный элемент (2)
	Мягкий полиэтилен	210—240	20—50	≤3	$t_A \cdot \bar{s}$		
14	Полипропилен	240—260	30—50	≤3	$t_A \cdot \bar{s}$	0,05	На 5—10 % тоньше, чем пластик В трубе с условным проходом большого размера при подогре- ве выплавляется кольцеобраз- ная выточка глубиной $s/2$ , длина трубы с условным проходным сечением меньшего размера ≤200 мм; после охлаждения места соединения срезать с по- мощью торцовой фрезы шайбу, поставленную в разветвлении трубы
	Твердый полиэтилен	240—280	20—50	≤3	$t_A \cdot \bar{s}$		
	Мягкий полиэтилен	210—260	20—50	≤3	$t_A \cdot \bar{s}$		
	Полипропилен	240—280	30—50	≤3	$t_A \cdot \bar{s}$		

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ ТАВРОВЫХ  
И УГЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Форма соеди- нения (см. табл. 8.5)	Материал	Технологические параметры (см. рис. 2.4)					
		темпе- ратура сварки $T_{\text{св}}$ , °C	$t_A$ , °C	$t_U$ , с	$t_S + t_R$ , с	$p_A$ , МПа	$p_S$ , МПа
19	Твердый полиэтилен	230—250	40—60	≤3	$t_A \cdot \bar{s}$	0,05	0,05—0,2
	Мягкий полиэтилен	210—230	20—40	≤3	$t_A \cdot \bar{s}$	0,05	0,05—0,1
	Полипропилен	240—260	30—50	≤3	$t_A \cdot \bar{s}$	0,05	0,15—0,2
	Твердый поливинил- хлорид	240—260	30—60	≤3	$t_A \cdot \bar{s}$	0,05	0,4—0,45

Примечание. В месте сварки перед нагревом удалить механической обработкой пленку оксидов.

## Оборудование

Источник нагрева: электрический ток (нагрев электросопротивлением).  
Сварочные аппараты, машины и принадлежности  
сварки (см. 2.2.2.3): машины стыковой сварки и сварки тавровых и угловых  
соединений.

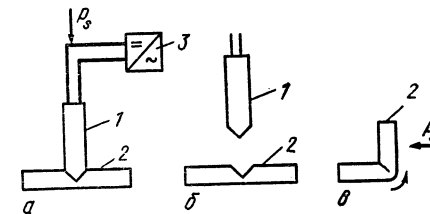


Рис. 2.8. Принцип сварки тавровых и угловых соединений:  
а — подогрев свариваемых деталей; б — отвод нагретого инструмента; в — состыковка (сварка); 1 — нагретый инструмент (сварочный нож); 2 — свариваемое изделие; 3 — источник тока

## Выбор основных и присадочных материалов

Сварка выполняется без присадочных материалов

Техника сварки — табл. 2.9

## 2.1.2.4. Сварка нагретой проволокой (HD-)

Принцип сварки — рис. 2.9 и 2.10.

## Границы применимости

Положение шва при сварке: любые пространственные положения.  
Изделия: толщина  $s \geq 1,5$  мм; панели, трубы.

Материал: твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полиметилметакрилат.

Продолжительность сварки:  $t \geq 30$  с.

ТАБЛИЦА 2.10

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛНЕНИЮ СОЕДИНЕНИЙ  
ПРИ СВАРКЕ НАГРЕТОЙ ПРОВОЛОКОЙ

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Изделие, материал	Толщина $s$ , мм	Длина шва $l$ , мм	Диаметр $D$ , мм	Примечание
21	Панели из твердого полиэтилена, мягкого полиэтилена, полипропилена, полиметилметакрилата	$\geq 1,5$	$\leq 10$	—	Нагретую проволоку укладывают между двумя плитами
27, 28	Трубы из твердого полиэтилена, мягкого полиэтилена, полипропилена	$\geq 2$ $\geq 2$ $\geq 2$	— — —	16—140 25—125 16—140	Нагретую проволоку вставляют в фитинг или во втулку

Общие рекомендации по исполнению соединений — табл. 2.10.

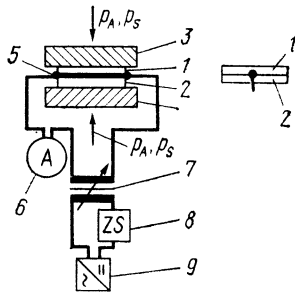


Рис. 2.9. Сварка панелей нагретой проволокой: 1, 2 — свариваемые детали; 3, 4 — нажимные плиты; 5 — нагретая проволока (нихром или медь); 6 — измеритель тока; 7 — регулировочный трансформатор; 8 — реле времени; 9 — источник питания

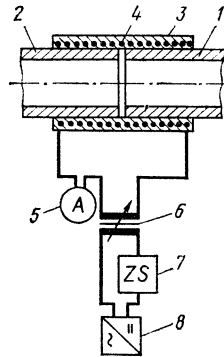


Рис. 2.10. Сварка фитингов и втулок нагретой проволокой: 1, 2 — свариваемые детали (трубы); 3 — свариваемая втулка или фитинг с нагревающей проволокой; 4 — нагретая проволока (нихром или медь); 5 — измеритель тока; 6 — регулировочный трансформатор; 7 — реле времени; 8 — источник питания

#### Оборудование

Источник нагрева: электрический ток (нагрев электросопротивлением).  
Сварочный аппарат: регулировочный трансформатор или регулировочный выпрямитель (при отсутствии регулировочного трансформатора).  
Выбор основных и присадочных материалов  
Сварка выполняется без присадочных материалов.  
Техника сварки — табл. 2.11.

ТАБЛИЦА 2.11

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ НАГРЕТОЙ ПРОВОЛОКОЙ

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	Технологические параметры (см. рис. 2.3)						
		вид тока	$U$ , В	$I$ , А	$t_A$ , с	$t_S + t_R$ , с	$P_A$ , МПа	$P_S$ , МПа
21	Твердый полиэтилен	$\approx$ или $\equiv$	6 или 12	25—40	15—30	$t_A \cdot \bar{s}$	$\leq 0,05$	0,15—0,2
	Мягкий полиэтилен Полипропилен		12	12—20	15—30	$t_A \cdot \bar{s}$	$\leq 0,05$	0,05—0,1
27, 28	Полиметилметакрилат		3,4—5,2	10—45	15—30	$t_A \cdot \bar{s}$	$\leq 0,05$	0,15—0,2
	Твердый полиэтилен	$\approx$ или $\equiv$	6 или 12	25—40	15—30	$t_A \cdot \bar{s}$	$\leq 0,05$	0,15—0,25
	Мягкий полиэтилен Полипропилен		12	12—20	15—30	$t_A \cdot \bar{s}$		Внешнее усилие не прикладывают

Примечание. При сварке полиэтилена перед нагревом удалить с помощью механической обработки пленку оксидов в месте сварки.

#### 2.1.2.5. Сварка нагретым клином (НК-)

Принцип сварки — рис. 2.11.

Границы применимости

Положение шва при сварке: ручная сварка — нижнее, горизонтальное, вертикальное (снизу вверх и сверху вниз), горизонтальное на вертикальной поверхности, потолочное; машинная сварка — преимущественно нижнее.

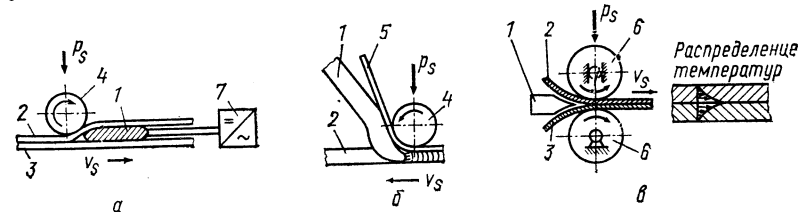


Рис. 2.11. Принцип сварки:

а — ручная сварка без присадочного материала; б — ручная сварка с присадочным материалом; в — машинная сварка (с присадочным материалом и без присадочного материала); 1 — нагретый клин; 2, 3 — свариваемые детали; 4 — нажимные ролики; 5 — присадочный материал; 6 — комбинированные нажимные и транспортные ролики; 7 — источник тока

Изделие: толщина  $s = 0,5 \div 1,0$  мм (ручная сварка); толщина  $s = 0,1 \div 2,0$  мм (машинная сварка); фольга, гидроизоляционный материал, ткани с покрытием, панели.

ТАБЛИЦА 2.12  
ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ СОЕДИНЕНИЙ  
ПРИ СВАРКЕ НАГРЕТЫМ КЛИНОМ

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Изделие, материал	Толщина s, мм	Ширина b, мм	Угол α, град	Длина шва внахлестку с, мм
21 17, 18, 24, 7	Фольга, гидроизоляционный материал, ткани с покрытием. Мягкий поливинилхлорид, твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полиамиды, ткани, покрытые мягким поливинилхлоридом, полиэтиленом или полиамидами	Машинная сварка 0,1—2,0 Ручная сварка 0,5—1,0	≤ 0,05 (при шве типа II), 0 (для остальных швов)	—	(5) (10—20)
<i>Гидроизоляционный материал, панели</i>					
38	Твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен Полиметилметакрилат	2—5  2—5	0,5—1,0  0	80  70—80 (выплавить нагретым клином при сварке)	—
	<i>Панели</i>				
4	Твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен	5—10	0,5—1,0	80	—

Материал: мягкий поливинилхлорид, твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полиамиды, полиметилметакрилат, ткани, покрытые мягким поливинилхлоридом, полиэтиленом или полиамидами.  
Скорость сварки:  $v_s \leq 100$  см/мин (ручная сварка без присадочного материала);  $v_s \leq 70$  см/мин (ручная сварка с присадочным материалом);  $v_s \leq 1800$  см/мин (машинная сварка с прямым нагревом нагревающего клина);  $v_s \leq 400$  см/мин (машинная сварка с косвенным нагревом нагревающего клина).  
Рекомендации по исполнению соединений — табл. 2.12.

**Оборудование**

Источник питания: электрический ток (нагрев электросопротивлением).  
Сварочные аппараты, машины и принадлежности: паяльники со сварочным наконечником, паяльники со специальной насадкой для сварки полиметилметакрилата, аппарат для сварки фольги, машины для сварки нагретым клином; добавочное сопротивление, вольтметр, кабели, штеккерные соединения, наборы паяльников, изолирующие подкладки, режущие аппараты с электронагревом (обработка усиления V-образных и X-образных швов), нажимные ролики.

ТАБЛИЦА 2.13

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ НАГРЕТЫМ КЛИНОМ

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	Технологические параметры			Примечание
		температура сварки $T_{НК}$ , °C	$p_s$ , МПа	время действия усилия, с	
21	Мягкий поливинилхлорид	$s = 0,1 \div 2,0$ мм	0,5—0,6	—	Прямой нагрев нагревающего клина
		300—650	0,3—0,6	—	
17, 18	Твердый полиэтилен	$s = 0,5 \div 1,0$ мм	0,15—0,2	—	Косвенный нагрев нагревающего клина
		250—300	0,3—0,6	—	
7, 24	Мягкий полиэтилен	$s = 0,1 \div 2,0$ мм	0,3—0,6	—	То же
		300—650	0,15—0,2	—	
7	Полипропилен	$s = 0,5 \div 1,0$ мм	0,05—0,1	—	То же
		350—650	0,15—0,2	—	
Машинная сварка 21	Полиамид PA-6	$s = 0,1 \div 2,0$ мм	0,5—0,6	—	То же
		300—400	0,3—0,6	—	
Машинная сварка 21	Ткань с покрытием	$s = 0,5 \div 1,0$ мм	0,3—0,6	—	То же
		300—400	0,15—0,2	—	
17, 18 24	Мягкий поливинилхлорид	$s = 0,5 \div 1,0$ мм	0,15—0,2	—	То же
		250—300	0,3—0,6	—	
7	Твердый полиэтилен	$s = 0,5 \div 1,0$ мм	0,05—0,1	—	То же
		250—300	0,15—0,2	—	
Машинная сварка	Полипропилен	$s = 0,5 \div 1,0$ мм	0,15—0,25	—	То же
		260—320	0,3—0,6	—	
38	Ткань с покрытием	$s = 2 \div 5$ мм	0,15—0,2	—	То же
		300—320	0,05—0,1	—	
38	Твердый полиэтилен	$s = 2 \div 5$ мм	0,15—0,2	—	То же
		280—300	0,05—0,1	—	
38	Мягкий полиэтилен	$s = 2 \div 5$ мм	0,15—0,2	—	То же
		310—330	0,05—0,1	—	
38	Полипропилен	$s = 2 \div 5$ мм	0,15—0,2	—	То же
		400—450	0,15—0,25	—	
38	Полиметилметакрилат	$s = 2 \div 5$ мм	0,15—0,2	—	То же
		400—450	0,15—0,25	—	

Необходимость выбора присадочного материала определяется формой соединения. В качестве присадочного материала используют круглые и профильные прутки, присадочные шнуры, полосы и пластинки, соответствующие заводским стандартам изготовителей. Обычно присадочный материал по своему составу полностью совпадает с составом основного материала или близок к нему.

Техника сварки — табл. 2.13.

2.1.2.6. Сварка термоимпульсом (WI-)

Принцип сварки — см. рис. 2.12.

Границы применимости

Положение шва при сварке: преимущественно нижнее, вертикальное (сверху вниз и снизу вверх), горизонтальное.

Изделия: толщина  $s = 0,01 \div 0,2$  мм (односторонний импульс), толщина  $s = 0,01 \div 0,4$  (0,5) мм (двусторонний импульс); фольга, тонкая бумага и алюминиевая фольга с покрытием, клеенчатая бумага. Максимальная толщина свариваемых

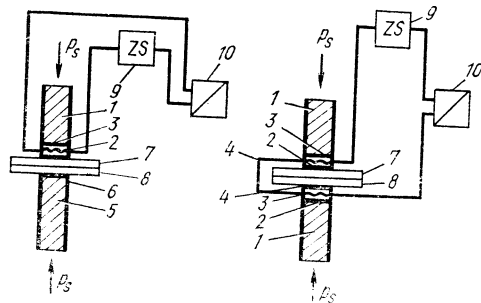


Рис. 2.12. Принцип сварки:

а — односторонний импульсный обогрев; б — двусторонний импульсный обогрев; 1 — сварочный пуансон; 2 — нагреваемая лента из материала с малой теплопроводностью (импульсный обогрев); 3 — изоляция; 4 — разделительная фольга (из политетрафторэтилена) или разделительная ткань (покрытая политетрафторэтиленом или силиконовым каучуком); 6 — второй пуансон; 7 — вторая подкладка (например, силиконовый каучук); 8 — свариваемые детали; 9 — реле времени; 10 — источник питания

Распределение пластмасс



пластмасс ограничена особенностями косвенного нагрева шва, и это определяет высокую чувствительность к перегреву материала в месте соединения деталей.

Материал: твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, твердый суспензионный поливинилхлорид, мягкий поливинилхлорид, поливинилиденхлорид, полиэтилентерефталат, полиамиды, полиуретан, поликарбонат, полистирол, ацетилцеллюлоза, поливинилфторид, поливинилацетат, а также покрытая этими материалами тонкая бумага и алюминиевая фольга, клеенчатый материал из различных пластмасс.

Длительность импульса:  $t_I = 0,2 \div 5$  с.

Рекомендации по исполнению соединений — табл. 2.14.

Оборудование

Источник нагрева: электрический ток (нагрев электросопротивлением).

Сварочные аппараты, машины и принадлежности: ручные и механизированные устройства для сварки термоимпульсом.

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛНЕНИЮ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ ТЕРМОИМПУЛЬСОМ

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Изделие, материал	Толщина s, мм	
		односторонний импульс	двусторонний импульс
21 41	Фольга (упаковка, покрытия)		
	Твердый полиэтилен . . . . .	0,02—0,2	0,02—0,4
	Мягкий полиэтилен . . . . .	0,02—0,2	0,02—0,4
	Полипропилен . . . . .	0,02—0,2	0,02—0,4
	Твердый суспензионный поливинилхлорид *	0,04—0,1	0,04—0,4
	Твердый эмульсионный поливинилхлорид . . . . .	0,04—0,06	0,04—0,1
	Мягкий поливинилхлорид . . . . .	0,025—0,12	0,025—0,3
	Поливинилиденхлорид . . . . .	0,01—0,2	0,01—0,5
	Полиамид РА-6 *	0,025—0,06	0,025—0,1
	Полиуретан . . . . .	0,025—0,25	0,025—0,5
	Поликарбонат *	0,02—0,03	0,02—0,1
	Ацетилцеллюлоза *	0,01—0,05	0,01—0,12
	Поливинилфторид . . . . .	0,012—0,1	0,012—0,3
Поливинилацетат . . . . .	0,01—0,03	0,01—0,1	
Полиэтилентерефталат . . . . .	0,012—0,2	0,01—0,4	

Примечание. Длина шва внахлестку 4 (5) мм.

\* Избегать сварки по зазору.

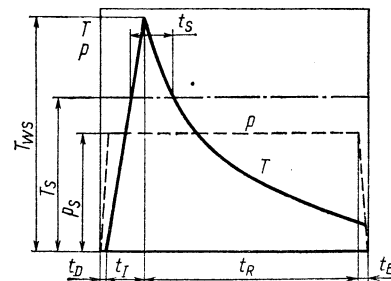


Рис. 2.13. Диаграмма распределения усилий и температуры

Разделительная фольга из политетрафторэтилена ( $s = 0,1 \div 0,12$  мм), разделительная ткань, покрытая политетрафторэтиленом или силиконовым каучуком (толщина  $s = 0,13 \div 0,15$  мм).

Выбор основного и присадочного материала

Сварка выполняется без присадочного материала.

Распределение усилий и температуры — рис. 2.13.

Техника сварки — табл. 2.15.

ТАБЛИЦА 2.15

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕРМОИМПУЛЬСНОЙ СВАРКИ  
(ПРИ ДВУСТОРОННЕМ ИМПУЛЬСЕ)

Толщина $s$ , мм	Материал	Длительность импульса $t_I$ , с	Время охлаждения под давлением $t_R$ , с	Усилие при сварке $P_s$ , МПа
0,025	Твердый полиэтилен	0,35	3	0,2
0,05		0,40		
0,10		0,47		
0,025	Мягкий полиэтилен *1	0,33	3	0,2
0,05		0,36		
0,10		0,40		
0,025	Полипропилен	0,42	3	0,2
0,05		0,45		
0,10		0,55		
0,04	Твердый суспензионный поливинилхлорид *2	0,43	3	0,2
0,05		0,45		
0,10		0,49		
0,20		0,60		
0,04	Твердый эмульсионный поливинилхлорид	0,50	3	0,2
0,05		0,58		
0,10		0,72		
0,03	Мягкий поливинилхлорид	0,51	3	0,2
0,05		0,55		
0,10		0,60		
0,20		0,72		
0,30		1,0	6	0,2
0,06	Полиамид РА-6	0,4	3	0,2
0,09	Полиуретан	0,5	3	0,2
0,24		0,6		
0,02	Полкарбонат	0,7	3	0,5
0,10		1,0		
0,025 (0,18)	Ацетилцеллюлоза	0,56 0,70 *3	3	0,2
0,03	Поливинилфторид	0,55	3	0,2
0,06		0,6		
0,05	Поливинилацетат	0,6	3	0,2
0,012	Полиэтилентерефталат	1,5	2	0,2
0,036		2,5	3	0,2

Примечание. Параметры относятся к сварке, термоимпульсом при напряжении  $U = 16$  В; мощности импульса  $P_I = 1,2$  кВт; форма соединений: =; |—; разделительная прокладка: ткань из нитей силикокаучука толщиной  $s = 0,13$  мм.

\*1 При  $s > 0,3t_R = 6$  с. \*2 Шов хрупкий. \*3 Шов становится дефектным.

## 2.1.2.7. Сварка контактно-тепловая прессованием (WK-)

Принцип сварки — рис. 2.14.

## Границы применимости

Положение шва при сварке: преимущественно нижнее, вертикальное (снизу вверх и сверху вниз), горизонтальное.

Изделия: толщина  $s = 0,01 \div 0,2$  мм (односторонний нагрев), толщина  $s = 0,01 \div 0,4$  (0,5 мм) (двусторонний нагрев); фольга, тонкая бумага и алюминиевая фольга с покрытием, оклеечный материал.

Максимальная толщина свариваемых пластмасс ограничена особенностями теплопередачи при косвенном нагреве шва, а именно — высокой чувствительностью к перегреву материала в месте соединения деталей.

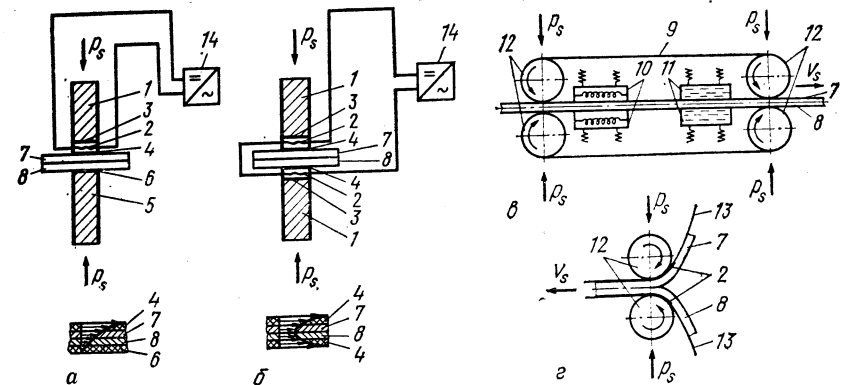


Рис. 2.14. Принцип сварки:

$a$  — односторонний нагрев;  $б$  — двусторонний нагрев;  $в$  — нагревающие ленты с охлаждением под давлением;  $г$  — ролики с укладываемыми нагреваемыми под сварку полосами; 1 — сварочный пуансон; 2 — нагреваемая под сварку полоса (обогреваемая в течение длительного промежутка времени); 3 — изоляция; 4 — разделительная фольга (из политетрафторэтилена) или разделительная ткань (покрытая политетрафторэтиленом или силикокаучуком); 5 — второй пуансон; 6 — упругая подкладка (например, силиконовый каучук); 7, 8 — свариваемые детали; 9 — стальная лента; 10 — нагреватель; 11 — охладитель; 12 — нажимные и транспортные ролики; 13 — разделительная лента (специально обработанная бумага); 14 — источник питания

Материал: твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, твердый суспензионный поливинилхлорид, твердый эмульсионный поливинилхлорид, мягкий поливинилхлорид, поливинилиденхлорид, полиэтилентерефталат, полиамиды, полиуретан, полкарбонат, полистирол, ацетилцеллюлоза, поливинилфторид, поливинилацетат, а также покрытая этими материалами тонкая бумага и алюминиевая фольга, оклеечный материал из различных пластмасс.

Продолжительность сварки:  $t_K = 0,3 \div 7$  с.  
Рекомендации по исполнению соединений — табл. 2.16.

## Оборудование

Источник нагрева: электрический ток (нагрев электросопротивлением).  
Сварочные аппараты, машины и принадлежности.  
Разделительная фольга из политетрафторэтилена, разделительная ткань с покры-



ТАБЛИЦА 2.16  
ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛНЕНИЮ СОЕДИНЕНИЙ  
ПРИ КОНТАКТНО-ТЕПЛОВОЙ СВАРКЕ

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Изделие, материал	Толщина $s$ , мм	
		односторонний импульс	двусторонний импульс
21, 41	Фольга (упаковка, покрытия)		
	Твердый полиэтилен	0,02—0,2	0,02—0,4
	Мягкий полиэтилен	0,02—0,2	0,02—0,4
	Полипропилен	0,02—0,2	0,02—0,4
	Твердый суспензионный поливинилхлорид *		
	Твердый эмульсионный поливинилхлорид *	0,04—0,1	0,04—0,4
	Мягкий поливинилхлорид	0,04—0,06	0,04—0,1
	Мягкий поливинилхлорид	0,025—0,12	0,025—0,3
	Поливинилиденхлорид	0,01—0,2	0,01—0,5
	Полиамид РА-6 *	0,025—0,06	0,025—0,1
	Полиуретан	0,025—0,25	0,025—0,5
	Поликарбонат *	0,02—0,03	0,02—0,1
	Ацетилцеллюлоза *	0,01—0,05	0,01—0,12
	Поливинилфторид	0,12—0,1	0,012—0,3
	Поливинилацетат	0,01—0,03	0,01—0,1

Примечание. Длина шва внахлестку 4 (5) мм.

\* Избегать сварки по зазору.

ТАБЛИЦА 2.17  
ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОНТАКТНО-ТЕПЛОВОЙ СВАРКИ  
(ОДНОСТОРОННИЙ НАГРЕВ)

Толщина $s$ , мм	Материал	Температура сварки $T_{WK}$ , °C	Длительность контакта $t_K$ , с	Усилие при сварке $p_s$ , МПа
0,025	Твердый полиэтилен	240	0,55	0,2
0,05			0,60	
0,10			0,67	
0,025	Мягкий полиэтилен	210	0,53	0,2
0,05			0,56	
0,10			0,60	
0,025	Полипропилен	240	0,62	0,2
0,05			0,65	
0,10			0,75	
0,04	Твердый суспензионный поливинилхлорид *	235	0,93	0,2
0,05			0,95	
0,10			1,00	
0,04	Твердый эмульсионный поливинилхлорид	235	1,02	0,2
0,05			1,08	
0,10			1,22	
0,03	Мягкий поливинилхлорид	200	1,01	0,2
0,05			1,05	
0,10			1,20	
0,036	Полиэтилентерефталат **	350—550	—	0,35

Примечание. Форма соединений: =; +; разделительная прокладка; ткань из нитей силикокаучука толщиной  $s = 0,13$  мм.

\* Шов хрупкий. \*\* Непрерывно сваривается при одностороннем нагреве;  $v_s \leq 200$  см/мин без разделительной прокладки.

тием из политетрафторэтилена или силикокаучука (толщина  $s = 0,13 \div 0,15$  мм).

Выбор основных и присадочных материалов

Сварка выполняется без присадочного материала.

Распределение усилий и температуры — рис. 2.15.

Техника сварки — табл. 2.17.

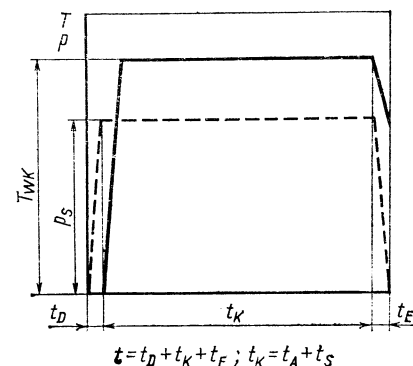


Рис. 2.15. Диаграмма распределения усилий и температуры (прерывистая сварка)

### 2.1.3. СВАРКА ОПЛАВЛЕНИЕМ (AS-)

Принцип сварки — рис. 2.16.

Границы применимости

Положение шва при сварке: преимущественно горизонтальное.  
Изделия: толщина  $s = 0,01 \div 0,06$  (0,1) мм (фольга); толщина  $s = 1,5$  мм (ткань).

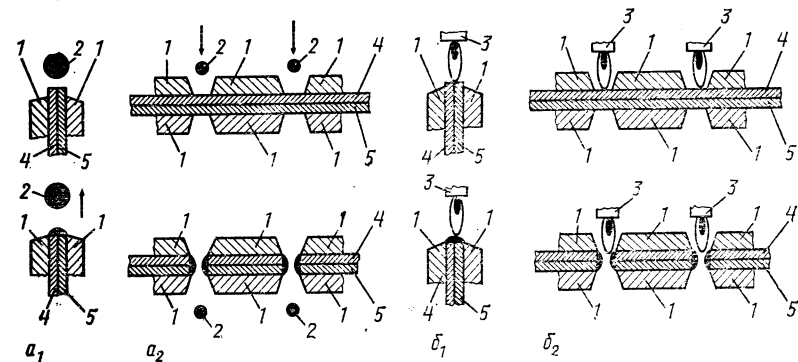


Рис. 2.16. Принцип сварки: а — сварка нагретой проволокой (а<sub>1</sub> — сварка излучением; а<sub>2</sub> — резка/сварка); б — газопламенная сварка (б<sub>1</sub> — сварка; б<sub>2</sub> — резка/сварка); 1 — зажимные планки; 2 — нагретая проволока; 3 — водородно-кислородное пламя; 4, 5 — свариваемые детали

Материал: фольга (в основном раскатанная по одной и по двум осям); твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полистирол, полиамиды; ткань — полиамиды.

Продолжительность сварки:  $t_s = 5 \div 10$  с (сварка нагретой проволокой),  $t_s = 0,6 \div 2,0$  с (резка и сварка нагретой проволокой),  $t_s = 50 \div 200$  с (сварка и резка, сварка газовым пламенем).

Рекомендации по исполнению соединений — табл. 2.18.

#### Оборудование

Источник нагрева: электрический ток (нагретая проволока) и водородно-кислородное пламя.

Сварочные аппараты, машины и принадлежности (см. 2.2.3). Регулировочный трансформатор или регулировочный выпрямитель

ТАБЛИЦА 2.18

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛНЕНИЮ СОЕДИНЕНИЙ  
ПРИ СВАРКЕ ОПЛАВЛЕНИЕМ

Форма соединений (см. табл. 8.5)	Изделие, материал	Толщина $s$ , мм	Длина шва внахлестку $s$ , мм	
			сварка	резка/сварка
26	Фольга (упаковка):			
	твердый полиэтилен	0,02—0,06 (0,1)	0,8—1,5	0,8—1,5
	мягкий полиэтилен	0,02—0,06 (0,1)	0,8—1,5	0,8—1,5
	полипропилен	0,02—0,06	0,8—1,5	0,8—1,5
	полистирол	0,025—0,06 (0,1)	0,8—1,5	0,8—1,5
	полиамид PA-6	0,025—0,06 (0,1)	0,8—1,5	0,8—1,5
	Ткань (фильтр):			
	полиамид PA-6	$\leq 1,5$	—	1,5—2,0

Примечание. Отношение  $s_1/s_2 = 1$  для всех материалов, кроме полиамида. В последнем случае  $s_1/s_2 = 1 \div 12$ .

(если нет регулировочного трансформатора), выключатели, амперметры, вольтметры, токопроводящие кабели, присоединительные устройства, электросопротивление (провода диаметром 0,4—0,8 мм, нихром или медь); планки с зажимными устройствами (механического, пневматического или гидравлического типа), устройства для движения нагретой проволоки.

При сварке газовым пламенем: установка для снабжения газом (водородом и кислородом), газовые горелки (с наконечником диаметром 0,42 мм), шланги для подачи газа, зажимы и наконечники шлангов.

## Выбор основных и присадочных материалов

Сварка выполняется без присадочных материалов.

Техника сварки — табл. 2.19.

ТАБЛИЦА 2.19

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ  
СВАРКИ ОПЛАВЛЕНИЕМ

Толщина $s$ , мм	Материал	Нагретая проволока					Пламя	
		тип тока	$U$ , В	$I$ , А	время сварки $t_s$ , с	$T_{AS}$ , °C	$T_{AS}$ , °C	скорость сварки $v_s$ , см/мин
0,02—0,06 (0,1)	Твердый полиэтилен Мягкий полиэтилен	~ или =	6—12	40—12	0,7—1,5	650	$\approx 3000$	50—200
0,02—0,06 (0,1)					0,6—1,2			
0,02—0,06	Полипропилен				0,9—2,0			
0,025—0,06 (0,1)	Полистирол Полиамид PA-6				0,7—1,5			
0,025—0,06 (0,1)					0,7—2,0			
$\leq 1,5$	Фольга Полиамид PA-6 (ткань)				1,0—2,0			

## 2.1.4. ЭКСТРУЗИОННАЯ СВАРКА (E-)

Принцип сварки — рис. 2.17.

## Границы применимости

Положение шва при сварке: нижнее, горизонтальное, вертикальное (снизу вверх и сверху вниз), горизонтальное на вертикальной поверхности, потолочное.

Изделия: толщина  $s = 0,2 \div 3$  мм (бесконтактная сварка, без предварительной разделки кромок), толщина  $s = 1 \div 3$  мм (бесконтактная сварка, с предварительной разделкой кромок), толщина  $s = 1 \div 4$  мм (контактно-экструзионная сварка без предварительной разделки кромок), толщина  $s = 2 \div 50$  мм (контактно-экструзионная сварка с предварительной разделкой кромок).

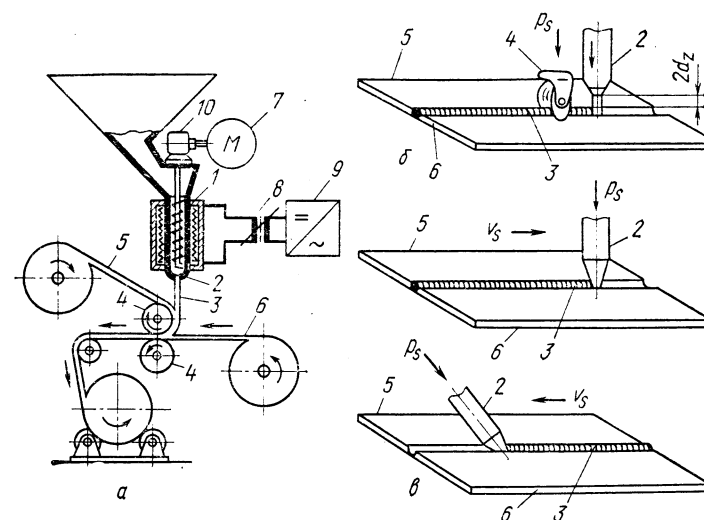


Рис. 2.17. Принцип сварки:

$a$  — принципиальная схема;  $b$  — бесконтактная экструзионная сварка;  $c$  — контактная экструзионная сварка; 1 — экструдер; 2 — выпускное сопло; 3 — выдавливаемый материал; 4 — нажимные ролики; 5, 6 — свариваемые детали; 7 — приводной мотор; 8 — регулировочный трансформатор; 9 — источник питания; 10 — редуктор

Трубы, панели, профили, гидрорезиоляционный материал, фольга, фасонные детали, сварка применяется преимущественно для протяженных швов или для коротких швов, которые затем свариваются по несколько штук вместе; при толщине  $s > 20$  мм возможно образование пустот в шве.

Материал: твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, мягкий поливинилхлорид (полистирол), ацетилцеллюлоза, а также ткани, покрытые эгими материалами.

Скорость сварки:  $v_s = 13\ 500$  см/мин при толщине  $s_s \leq 1$  мм,  $v_s = 200 \div 250$  см/мин при толщине  $s = 10 \div 50$  мм.

Рекомендации по исполнению соединений — табл. 2.20.

## Оборудование

Источник нагрева: электрический ток (нагрев электросопротивлением), Сварочные аппараты, машины и принадлежности. Сварочный экструдер (как правило, перемещаемый) со шкафом управления и пультом управления, обогреваемый гибкий и теплоизолирующий шланг (из политетра-

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛНЕНИЮ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ЭКСТРУЗИОННОЙ СВАРКЕ

ТАБЛИЦА 2.20

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал, изделие	Толщина $s$ , мм	Ширина $r$ , мм	Угол $\alpha$ , град	Длина шва внахлестку $c$ , мм	Примечание
21	Твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, мягкий поливинилхлорид	0,2—3 0,2—3	—	—	15—20 45—60	Одна линия сварки Три линии сварки, отстоящие на равных расстояниях при сварке внахлестку
1	Твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, мягкий поливинилхлорид (полистирол), (ацетилцеллюлоза)	2—10 10—20 20—25	0,5—2 2—3 3—4	80—90 60 35	—	—
4	Твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, мягкий поливинилхлорид (полистирол), (ацетилцеллюлоза)	5—10 10—20 20—25	0,5—2 2—3 3—4	80—90 60 35	—	—
6	То же	1—3 4—6	2 5	—	6—8 8—10	При сварке с нагретом горячим газом, соединение покрыть эксплуатируемым материалом, сваривать без подкладки
7	Твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, мягкий поливинилхлорид	5—10	7	—	—	При сварке электросопровождаемым с применением профильного нагревательного элемента

*Фольга, гидроизоляционный материал, ткани с покрытием*

*Трубы, панели, профили, фасонные детали*

*Панели, профили*

*Панели, профили*

ТАБЛИЦА 2.21

ОРИЕНТИРОВочНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЭКСТРУЗИОННОЙ СВАРКИ

Толщина $s$ , мм	Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	Температура присадочного материала $T_{ZW}$ , °C	Температура нагреваемого газа $T_{HG}$ , °C	Усилие выдавливания $P_{sp}$ , МПа	Усилие при сварке $P_s$ , МПа	Скорость сварки $v_s$ , см/мин	Диаметр сварочного шнура $d_{ш}$ , мм	Примечание			
									$s$ , мм	$b$ , мм	$m_{2'}$ , г/м	$\alpha$ , град
0,2—1,0	21	Твердый полиэтилен Мягкий полиэтилен Полипропилен	240—260 200—220 250—265	— — —	— — —	0,2—0,25 0,15—0,2 0,2—0,35	$\leq 13\ 500$	0,2—1,0	1	2	7,7	
$\geq 1,0$ 3,0	21	Твердый полиэтилен Мягкий полиэтилен Полипропилен	240—260 200—220 250—265	— — —	— — —	0,2—0,25 0,15—0,2 0,2—0,35	$\leq 10\ 000$	1,0—2,0	2	7	55	
1—10	6	Твердый полиэтилен Мягкий полиэтилен Полипропилен	240—260 200—220 250—265	250—270 210—230 260—275	0,3—0,45 — —	— — —	1 000—100	2,0—5,0	2	5	11	
2—25	1	Твердый полиэтилен Мягкий полиэтилен Полипропилен	240—260 200—220 250—265	250—270 210—230 260—275	— — —	0,2—0,25 0,15—0,2 0,2—0,35	200—250	2,0—5,0	2	5	23	
5—25	4	Твердый полиэтилен Мягкий полиэтилен Полипропилен	240—260 200—220 250—265	250—270 210—230 260—275	— — —	0,2—0,25 0,15—0,2 0,2—0,35	200—250	2,0—5,0	2	5	283,3	
									$s$ , мм	$b$ , мм	$m_{2'}$ , г/м	
									5	80	22	

фторэтилена) для подвода присадочного материала; профильные сопла с треугольным или круглым сечением, воздушный шланг для подвода нагретого газа, сварочная головка с башмаком или нажимными роликами.

### Выбор основных и присадочных материалов

Применяется гранулированный пластический материал, который по своему составу совпадает с основным материалом или близок к нему. Он нагревается до пластического состояния в сварочном экструдере и в виде жидко-вязкой массы круглого или квадратного сечения заполняет однослойное или многослойное соединение.

Техника сварки — табл. 2.21.

## 2.1.5. СВАРКА ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ (HF-)

Принцип сварки — рис. 2.18.

Границы применимости

Положение шва при сварке: преимущественно нижнее, горизонтальное.

Изделия: толщина  $s \geq (0,04) 0,1$  мм; фольга, гидроизоляционный материал, профили, панели, фасонные детали, ткань, ткань с покрытием.

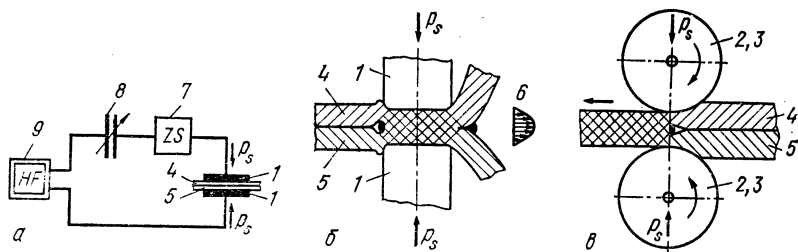


Рис. 2.18. Принцип сварки:

а — принципиальная схема; б — прерывистая сварка; в — непрерывная сварка; 1 — плоские электроды; 2 — круглые электроды; 3 — нажимные и транспортные ролики; 4, 5 — свариваемые детали; б — распределение температур; 7 — реле времени; 8 — регулировочный конденсатор; 9 — высокочастотный генератор ( $f = 27,12$  МГц)

Материал: мягкий поливинилхлорид, твердый поливинилхлорид, поливинилиденхлорид (полиамиды, ацетилцеллюлоза, поливинилацетат), ткани с покрытием из мягкого поливинилхлорида и полиамидов, синтетические ткани (требуется  $\text{tg } \delta \geq 0,01$ ).

Прерывистая сварка: время сварки  $t_s = 0,5 \div 2,5$  (6) с; общее время  $t \geq 5$  с; непрерывная сварка: скорость сварки  $v_s \leq 300$  см/мин.

Рекомендации по исполнению соединений — табл. 2.22.

### Оборудование

Источник питания: электрический ток, генератор высокой частоты (колебательный контур), регулятор полного сопротивления, система конденсаторов (колебательный контур, рабочий цикл), генератор частоты:  $27,12 \text{ МГц} \pm 0,6\%$  (оптимальная промышленная частота в соответствии с предписаниями по применению высокочастотного питания в ГДР).

Сварочные аппараты, машины и принадлежности (см. 2.2.5).

ТАБЛИЦА 2.22

## ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛНЕНИЮ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Форма соединений (см. табл. 8.4)	Изделие, материал	Толщина s, мм	Длина шва внахлестку c, мм
21	Фольга, гидроизоляционный материал, профили, фасонные детали, ткань, ткань с покрытием		$= 2 \times s$ , но $c_{\min} = 0,8$
	Мягкий поливинилхлорид . . . . .	$\geq 0,1$	
	Твердый поливинилхлорид . . . . .	$\geq 0,09$	
	Поливинилиденхлорид . . . . .	$\geq 0,09$	
	Полиамиды . . . . .	$\geq 0,06$	
	Ацетилцеллюлоза . . . . .	$\geq 0,04$	
25	Поливинилацетат . . . . .	$\geq 0,2$	$= 2 \times s$ , но $c_{\min} = 0,8$
	Ткань с покрытием из полиамида . . . . .	0,2—0,4	
	Фольга, гидроизоляционный материал, ткань, ткань с покрытием		
	Мягкий поливинилхлорид . . . . .	$\geq 0,1$	
	Твердый поливинилхлорид . . . . .	$\geq 0,09$	
	Поливинилиденхлорид . . . . .	$\geq 0,09$	
17, 18	Полиамиды . . . . .	$\geq 0,06$	—
	Ацетилцеллюлоза . . . . .	$\geq 0,04$	
	Поливинилацетат . . . . .	$\geq 0,2$	
	Ткань с покрытием из полиамида . . . . .	0,2—0,4	
	Панели, профили (диаметр $D \geq 3$ мм)		
	Твердый поливинилхлорид . . . . .	2—12	
Полиамиды . . . . .	2—12	—	

Примечание. Возможны тиснение и штамповка; штамп для тиснения вогнутый

В рамках социалистической экономической интеграции с 1975 г. ЧССР производит ряд однотипных машин: высокочастотную сварочную установку GU-03 с ручными сварочными клещами EDR-3, высокочастотные сварочные установки EDS-6, GUR-4/EDL-3, GUR-4/EDL-4, GU-20/EDL-6; толкательные столы; сварочные карусели.

### Выбор основных и присадочных материалов

Как правило, сварка выполняется без присадочных материалов. Для соединений термопластичный материал + термоактивный материал требует вспомогательное средство для сварки клеевого соединения. Это вспомогательное средство по химическому составу совпадает с термопластичным материалом или близко к нему.

Техника сварки — табл. 2.23.

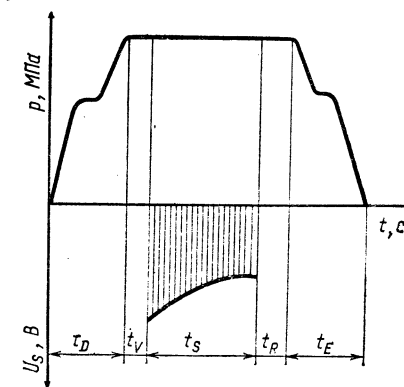


Рис. 2.19. Диаграмма распределения усилий при сварке токами высокой частоты

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ (рис. 2.19)

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	Мощность сварки $P_s$ , Вт/см <sup>2</sup> (для $2s = 1$ мм)	$I_D$ , $I_E$ , с	$t_V$ , с	$t_S$ , с	$t_R$ , с	Усилие при сварке $P_s$ , МПа	Примечание
21	Мягкий поливинилхлорид	15—40	$\geq 2$	0	0,5—2,5	0,5—3	0,4—0,7	Сварка
		15—40	$\geq 2$	0	2—3	0,5—3	0,4—0,7	
25	Твердый поливинилхлорид	25—50	$\geq 2$	0	0,6—3	2—6	0,6—0,9	Тиснение ( $T_E \approx 125^\circ\text{C}$ ) Для всех материалов
		45—70	$\geq 2$	0,2—0,5	0,5—2,5	0,5—3	0,4—0,7	
24	Поливинилденхлорид	60—100	$\geq 2$	0,2—0,5	2—3	2—6	0,5—0,8	55—60
		40—60	$\geq 2$	0	1—3	0,5—3	0,5—0,8	
17, 18	Ацетилцеллюлоза	15—40	$\geq 2$	0,2—0,5	0,5—2	0,5—3	0,4—0,7	$\leq 20$
		60—100	$\geq 2$	0,2—0,5	1—2	2—6	0,5—0,8	
17, 18	Поливинилацетат	25—60	$\geq 2$	0,2—0,5	6—3	2—6	0,6—0,9	30—35
		60—110	$\geq 2$	0,2—0,5	2—3	2—6	0,5—0,8	
6	Ткань из полиамида	25—60	$\geq 2$	0,2—0,5	2—3	2—6	0,6—0,9	30—35
		60—110	$\geq 2$	0,2—0,5	2—3	2—6	0,5—0,8	

## 2.1.6. ИНДУКЦИОННАЯ СВАРКА (I-)

Принцип сварки — рис. 2.20.

Границы применимости

Положение шва при сварке: нижнее.

Изделия: толщина  $s = 0,6-8$  мм, фасонные детали (тела вращения).

Материал: твердый, полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полиметилметакрилат.

Продолжительность сварки:  $t \geq 10$  с.

Рекомендации по исполнению соединений — табл. 2.24.

Оборудование

Источник питания: электрический ток, генератор высокой частоты, генератор частоты 450 кГц, промежуточный трансформатор высокой частоты.

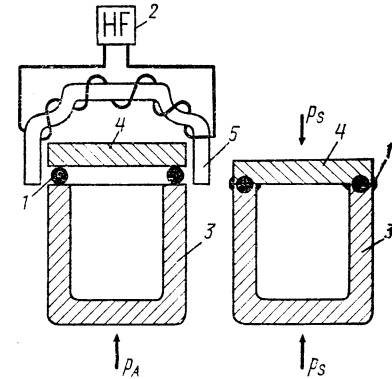


Рис. 2.20. Принцип сварки:

1 — виток индуктора (хромоникелевая или медная проволока диаметром 0,4—1,0 мм); 2 — генератор высокой частоты; 3, 4 — свариваемые изделия; 5 — индуктор (техника выполнения соединений пока в стадии разработки)

ТАБЛИЦА 2.24

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛНЕНИЮ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ИНДУКЦИОННОЙ СВАРКЕ

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Изделие, материал	Толщина $s$ , мм	Диаметр $D$ , мм	Примечание
32	Фасонные детали (тела вращения): полиэтилен, полипропилен, полиметилметакрилат	0,6—8	50—500	Виток индуктора располагают между свариваемыми изделиями

ТАБЛИЦА 2.25

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ИНДУКЦИОННОЙ СВАРКИ

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	$U$ , В	$I$ , А	Время сварки $t_A$ , с	Усилие при нагреве $P_A$ , МПа	Усилие при сварке $P_s$ , МПа
32	Твердый полиэтилен Мягкий полиэтилен Полипропилен Полиметилметакрилат	Способ сварки пока разрабатывается, параметры режима сварки еще недостаточно точны			$\leq 0,05$ $\leq 0,05$ $\leq 0,05$ $\leq 0,05$	0,15—0,2 0,05—0,1 0,15—0,2 0,15—0,25

Сварочные аппараты, машины и принадлежности (см. 2.2.6); специальные сварочные аппараты для сварки термопластичных материалов пока еще не производятся.

### Выбор основных и присадочных материалов

Сварка выполняется без присадочных материалов.  
Техника сварки — табл. 2.25.

### 2.1.7. СВАРКА ТРЕНИЕМ (R-)

Принцип сварки — рис. 2.21.

#### Границы применимости

Положение при сварке: горизонтальное.

Изделия: трубы диам.  $D \leq 500$  мм (сварка по схеме  $a_1$ ;  $a_2$ ;  $b_1$ ); круглые профили диам.  $D \leq 220$  мм (сварка по схеме  $a_1$ ;  $a_2$ ;  $b_1$ , в том числе и для некруглых фасонных деталей с отклонением от круглого профиля  $\pm 10$  мм).

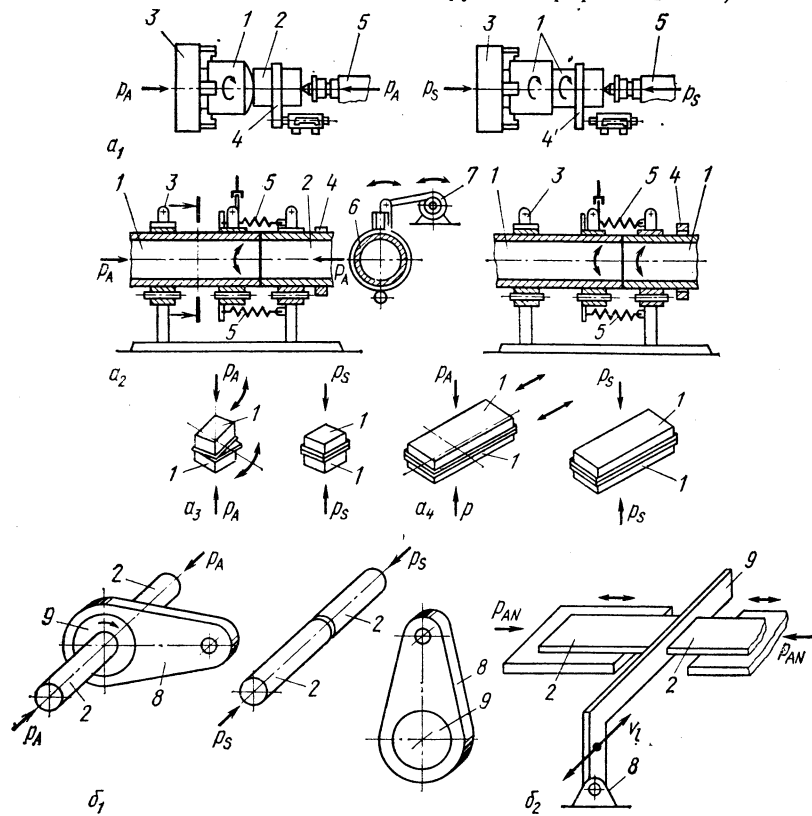


Рис. 2.21. Принцип сварки:

прямая сварка трением:  $a_1$  — сварка трением при вращении;  $a_2$  — сварка трением при вибрации;  $a_3$  — угловая сварка;  $a_4$  — линейная сварка; непрямая сварка трением:  $b_1$  — сварка о вращающемся элементе трения;  $b_2$  — сварка вибрирующим элементом трения; 1 — свариваемая деталь (вращающаяся или вибрирующая); 2 — свариваемая деталь (неподвижная); 3 — зажимной патрон; 4 — устройство для корректировки положения (стопорение); 4' — устройство для корректировки положения (расстопорение); 5 — нажимное устройство; 6 — торсионное кольцо; 7 — привод; 8 — соединение элемента трения с приводом; 9 — элемент трения

ТАБЛИЦА 2.26

### ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛНЕНИЮ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ ТРЕНИЕМ

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Изделия	Толщина $s$ , мм	Диаметр $D$ , мм	Наружный диаметр $d_a$ , мм	Внутренний диаметр $d_i$ , мм	Диаметр $d$ , мм
32	Трубы	$\leq 30$	$\leq 500$	—	—	—
	Круглые профили	—	$\leq 40$	—	—	—
	Панели	$\leq 30$	—	—	—	—
	Фасонные детали	$\leq 30$	—	—	—	—
33	Круглые профили	—	$> 40 - 220$	—	—	$0,6D$
	Фасонные детали	—	$> 40 - 220$	—	—	$0,6D$
34	»	—	—	—	—	—
35	»	—	—	—	—	—
36	»	5-30	—	$\leq 500$	$\leq 490$	—
37	»	5-30	—	$\leq 500$	$\leq 490$	—
38	»	5-30	—	$\leq 500$	$\leq 490$	—
39, 40	»	—	—	$\leq 300$	$\leq 290$	—
41	»	$\leq 5$	$\leq 500$	—	—	—

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Изделия	Радиус $R$ , мм	Угол $\alpha$ , град	Длина шва на хлестку $s$ , мм	Высота $h$ , мм	Ширина детали $b_i$ , мм	Длина детали $l_i$ , мм
32	Трубы	—	—	—	—	—	—
	Круглые профили	—	—	—	—	—	—
	Панели	—	—	—	—	—	—
33	Фасонные детали	—	—	—	$\leq 180$	30-300	30-500
	Круглые профили	3	—	—	—	—	—
34	»	—	1-2, полиэтилен 8-12	—	—	—	—
35	Фасонные детали	—	30	10-15	—	—	—
	»	—	30	—	—	—	—
	»	—	60	—	—	—	—
	»	—	60	—	—	—	—
	»	—	—	10-15	—	—	—
39, 40	»	—	—	—	—	—	—
41	»	—	—	—	10-15	—	—

Панели и изделия некруглого сечения:  $s$  или  $h \leq 180$  мм (сварка по схеме  $b_2$ ).  
Панели, круглые, овальные, прямоугольные детали или фасонные детали неправильной формы, свариваемые плоскости которых имеют размеры от  $30 \times 30$  до  $300 \times 300$  мм, а отношение ширины к длине изделия  $b_i : l_i = 1 : 1 \div 1 : 1,5$  (сварка по схеме  $a_3$ ) или размеры до  $500 : 150$  и  $b_i : l_i > 1 : 1,5$  сварка по схеме  $a_4$ ).

Материал: твердый суспензионный поливинилхлорид, твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полиамиды, акрилонитрил-бутадиен-стирол-сополимер, полиметилакрилат, полиоксиметилен, полипропилен типа 0.

Объемная скорость  $v_u = 10 \div 180$  м/мин (сварка по схеме  $a_1$ );  $v_u = 500 \div 600$  м/мин (сварка по схеме  $b_1$ ); сварка вибрации  $v_l = 10 \div 180$  м/мин (сварка по схеме  $a_2$ );  $v_l = 500 \div 600$  м/мин (сварка по схеме  $b_2$ ).

Частота  $f_{RS} = 100$  Гц, амплитуда  $A = 0,5 \div 5$  мм (сварка по схеме  $a_3$  и  $a_4$ ).  
Длительность трения  $t_{RE} = 10 \div 150$  с.

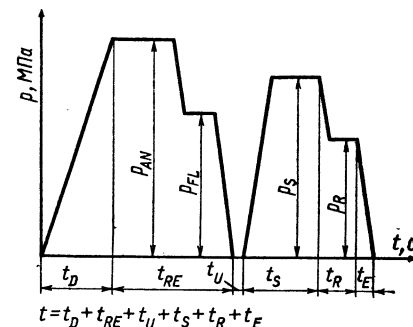


Рис. 2.22. Диаграмма распределения усилия

ТАБЛИЦА 2.27

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ  
ПРЯМОЙ СВАРКИ ТРЕНИЕМ (рис. 2.22)

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	Сварка вращением или вибротрением		
		скорость $v_u, v_l$ , м/мин	прижимающее усилие $P_{AN}$ , МПа	усилие при сварке $P_s$ , МПа
32	Твердый суспензионный поливинилхлорид . . . . .	100—150	0,3—0,8	0,35—0,5
	Твердый полиэтилен . . . . .	90—180	0,2—0,5	0,15—0,2
33	Мягкий полиэтилен . . . . .	90—130	0,15—0,3	0,05—0,1
	Полипропилен . . . . .	90—180	0,2—0,5	0,15—0,2
34	Полиамиды . . . . .	90—130	0,15—0,25	0,15—0,25
	Сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола . . . . .	90—100	0,08—0,15	0,1—0,2
35	Полиметилметакрилат . . . . .	100—150	0,2—0,5	0,15—0,25
	Полиоксиметилен . . . . .	10—25	0,6—1,0	0,05—0,1
36	Полипропилен типа 0 . . . . .	30—50	1,0—1,5	0,1—0,15
	Твердый суспензионный поливинилхлорид . . . . .	100—150	0,3—0,8	0,35—0,5
37	Твердый полиэтилен . . . . .	90—180	0,2—0,5	0,15—0,2
	Мягкий полиэтилен . . . . .	90—130	0,15—0,3	0,05—0,1
38	Полипропилен . . . . .	90—180	0,2—0,5	0,15—0,2
	Полиамиды . . . . .	90—130	0,15—0,25	0,15—0,25
39, 40	Сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола . . . . .	90—100	0,08—0,15	0,1—0,2
	Полиметилметакрилат . . . . .	100—150	0,2—0,5	0,15—0,25
41	Полиоксиметилен . . . . .	10—25	0,6—1,0	0,05—0,1
	Полипропилен типа 0 . . . . .	30—50	1,0—1,5	0,1—0,15

ТАБЛИЦА 2.28

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ \*  
ДЛЯ УГЛОВОЙ И ЛИНЕЙНОЙ СВАРКИ

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	A, мм	$P_{AN}$ , МПа	$t_s$ , с	Возможные комбинации
32	Твердый поливинилхлорид	2—4	1,8—2,0	2,5—3,5	Сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола
	Твердый полиэтилен	2—5	1,5—1,7	3,0—3,5	—
42	Мягкий полиэтилен	2—3	1,5—1,6	2,5—3,0	—
	Полипропилен	3—5	1,5—1,7	3,0—3,5	—
43	Полиамиды: РА-6, РА-6,6	3—4	1,6—1,8	3,0—3,5	Между собой
	РА-6	3—5	1,9—2,0	3,0—3,5	—
44	Усилен стекловолокном: сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола	2—4	1,7—1,9	2,5—3,5	Полиметилметакрилат или твердый поливинилхлорид

\*  $f = 100$  Гц.

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	A, мм	$P_{AN}$ , МПа	$t_s$ , с	Возможные комбинации
	Сополимер стирола и акрилонитрила	2—4	1,7—1,9	2,5—3,5	Полиметилметакрилат
	Полиметилметакрилат	2—4	1,7—1,9	2,5—3,5	Сополимеры стирола и акрилонитрила; акрилонитрила, бутадиена и стирола или поликарбонат
	Полиоксиметилен	2—3	1,9—2,0	3,0—4,0	—
	Полипропилен типа 0	2—3	1,9—2,0	3,0—4,0	—
	Поликарбонат . . . . .	3—4	1,8—1,9	3,0—3,5	Полиметилметакрилат
	Ацетилцеллюлоза	2—3	1,5—1,6	2,5—3,0	

ТАБЛИЦА 2.29

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ \*  
НЕПРЯМОЙ СВАРКИ ТРЕНИЕМ (С ВРАЩАЮЩИМСЯ И С ВИБРИРУЮЩИМ ЭЛЕМЕНТОМ ТРЕНИЯ) — см. рис. 2.22

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	Скорость (объемная $v_U$ , вибрация $v_l$ ), м/мин	Прижимающее усилие $P_{AN}$ , МПа	Давление истечения $P_{FI}$ , МПа	Усилие сварки $P_s$ , МПа
32	Твердый поливинилхлорид	500	0,1—0,12	0,08—0,1	0,18—0,2
33	Твердый полиэтилен	520	0,08—0,1	0,05—0,07	0,13—0,15
	Мягкий полиэтилен	520	0,08—0,1	0,05—0,07	0,1—0,12
34	Полипропилен	520	0,08—0,1	0,05—0,07	0,1—0,12
	Полиамиды	550	0,06—0,08	0,05—0,07	0,08—0,1
	Сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола	500	0,05—0,06	0,04—0,05	0,07—0,08
	Полиметилметакрилат	550	0,1—0,12	0,06—0,08	0,12—0,14
	Полиоксиметилен	530	0,1—0,12	0,05—0,07	0,1—0,12

\* Для всех материалов время перестановки  $t_U \leq 3$  с. Длительность трения при сварке с вращающимся электродом для труб из твердого суспензионного поливинилхлорида:

D, мм . . . . .	75	90	125	180	225
IRE, с . . . . .	32	35	40	45	65

Длительность трения при сварке с вибрирующим электродом в случае  $s \leq 5$  мм составляет 10—15 с.



Общие рекомендации по исполнению соединений — табл. 2.26.

Источник нагрева: от электродвигателя или дизельного двигателя; трение.

Пилы, фрезерные станки, рашпильные насадки, приспособления для правки.

Выбор основных и присадочных материалов

Сварка выполняется без присадочных материалов.

При прямой сварке трением время перестановки нагретого элемента  $t_U = 0$ , Техника сварки — табл. 2.27—2.29.

## 2.1.8. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СВАРКА (US-)

Принцип сварки — рис. 2.23.

Границы применимости

Положение шва при сварке: преимущественно ниже.

Изделия: толщина  $s = 0,01 \div 6$  мм (контактная сварка, сквозной шов внахлестку);  $s = 0,8 \div 8$  мм (контактная сварка, точечный шов внахлестку);  $s = 0,6 \div 4$  мм (передаточная сварка); диаметр заклепки  $d_N = 1 \div 10$  мм (клепка).

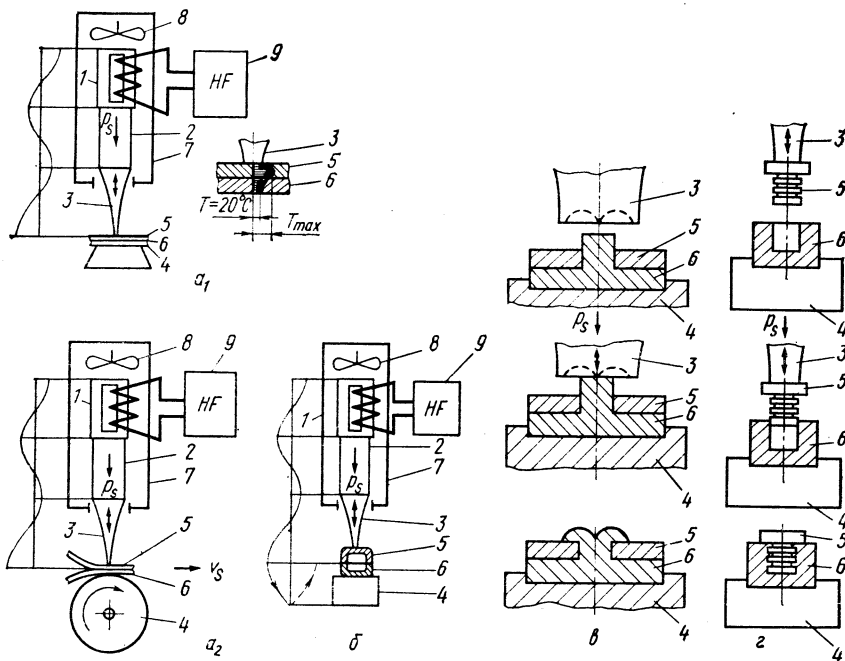


Рис. 2.23. Принцип ультразвуковой сварки:

$a_1$  — прерывистая сварка;  $a_2$  — непрерывная сварка;  $b$  — передаточная сварка;  $v$  — клепка;  $s$  — запрессовка; 1 — преобразователь (электроакустический преобразователь: пьезокерамический или магнестрикционный); 2 — бустер (механический трансформатор); 3 — волновод (передатчик ультразвука); 4 — шабот; 5, 6 — свариваемые детали; 7 — ультразвуковая головка; 8 — охлаждение; 9 — высокочастотный генератор

Фасонные детали, профили, панели, трубы, фольга, синтетическая ткань (с добавкой естественного волокна до 35 %).

Материал: сополимеры акрилонитрила, бутадиена и стирола, стирола и акрилонитрила, ацетилцеллюлоза, полиамиды, твердый полиэтилен, мягкий по-

ТАБЛИЦА 2.30

## ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛНЕНИЮ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКЕ

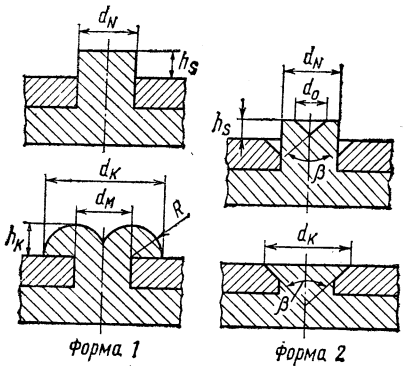
Форма соединений (см. табл. 8.5)	Изделие, материал	Толщина $s$ , мм
21	Фольга, панели, профили, фасонные детали, ткань	
Сквозной шов	Сополимеры акрилонитрила, бутадиена и стирола, стирола и акрилонитрила; поликарбонат, полиметилметакрилат, полиоксиметилен, полистирол, твердый поливинилхлорид	0,01—6
	Ацетилцеллюлоза, полиамиды, твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полипропилен типа 0, мягкий поливинилхлорид	0,01—2,5
Точечный шов	Сополимеры акрилонитрила, бутадиена и стирола, стирола и акрилонитрила; поликарбонат, полиоксиметилен, полистирол, твердый поливинилхлорид	0,8—8
	Ацетилцеллюлоза, полиамиды, твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полипропилен типа 0, мягкий поливинилхлорид	
29	Фасонные детали, панели, профили	
30	Сополимеры акрилонитрила, бутадиена и стирола, стирола и акрилонитрила, поликарбонат, полиметилметакрилат, полиоксиметилен, полистирол, твердый поливинилхлорид, ацетилцеллюлоза, полиамиды, твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полипропилен типа 0, мягкий поливинилхлорид	0,6—6
	Фасонные детали	
31	Сополимеры акрилонитрила, бутадиена и стирола, стирола и акрилонитрила, поликарбонат, полиметилметакрилат, полиоксиметилен, полистирол, твердый поливинилхлорид, ацетилцеллюлоза, полиамиды, твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полипропилен типа 0, мягкий поливинилхлорид	0,6—6
	Фасонные детали	

Примечание. Все другие размеры приведены на принципиальных схемах сварки

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛНЕНИЮ ЗАКЛЕ

ТАБЛИЦА 2.31

ПОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКА

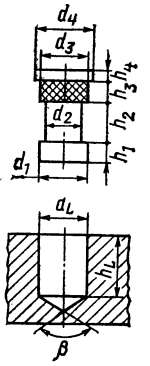
Изделе	
 <p>Целесообразно применение в сочетании: термопластичный материал/термопластичный материал; термопластичный материал/термопластичный материал; термопластичный материал/термопластичный материал; термопластичный материал/остальные неметаллы; термопластичный материал/металл.</p> <p>Особенно хорошо для сополимеров акрилонитрила, бутадиена и стирола, стирола и акрилонитрила, поликарбонатов, полиметилметакрилата, полистирола, твердого поливинилхлорида; хорошо для ацетилцеллюлозы, полиамидов, твердого полиэтилена, мягкого полиэтилена, полипропилена, полипропилена типа 0, мягкого поливинилхлорида; возможно для полиоксиметилена и мягкого поливинилхлорида</p>	

Наименование	Стандартные профили	Плоские профили	Форма 2 (аналогично форме 1)
Расстояние между центрами $d_m$ , мм . . . . .	$d_N$	$0,75d_N$	—
Диаметр, мм:			
заклепки $d_N$ . . . . .	1—10	1—10	2—10
головки заклепки $d_h$ . . . . .	$2d_N$	$1,5d_N$	$1,6d_N$
заглубления $d_0$ . . . . .	—	—	$0,8d_N$
Высота, мм:			
подъема $h_s$ . . . . .	$1,6d_N$	$0,6d_N$	$0,4d_N$
головки $h_h$ . . . . .	$0,5d_N$	$0,25d_N$	—
Угол $\beta$ , град . . . . .	—	—	90
Радиус $R$ , мм . . . . .	$0,5d_N$	$0,5d_N$	—

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛНЕНИЮ ЗАПРЕССОВЫВАЕМЫХ

ТАБЛИЦА 2.32

МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКА

 <p>Очень хорошо запрессовываются гильзы с резьбой, оси, подшипники, шарниры, контакты, пружины из металла, вставленные в фасонные детали из термопластичного материала, из сополимеров, акрилонитрила, бутадиена и стирола, стирола и акрилонитрила, поликарбонатов, полиметилметакрилата, твердого поливинилхлорида; запрессовываются в ацетилцеллюлозу, полиамиды, полиоксиметилен, полипропилен типа 0, мягкий поливинилхлорид; при определенных условиях возможна запрессовка в твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, полиэтилентерефталат, мягкий поливинилхлорид</p>	
---	--

Диаметр отверстия $d_L$ , мм . . . . .	2—10
Глубина отверстия $h_L$ , мм . . . . .	$2,5-40 = h_1 + h_2 + h_3$
Угол $\beta$ , град . . . . .	110
Диаметр, мм:	
$d_1$ . . . . .	$d_L$
$d_2$ . . . . .	$d_L - 1,1$
$d_3$ . . . . .	$d_L + 0,4$
$d_4$ . . . . .	$d_L + 0,8$
Высота, мм:	
$h_1$ . . . . .	$\geq 0,5$
$h_2$ . . . . .	0,8—1,5
$h_3$ . . . . .	$\geq 1,2$
$h_4$ . . . . .	0—2

ТАБЛИЦА 2.33

## ОТНОСИТЕЛЬНАЯ СКЛОННОСТЬ К СВАРКЕ, КЛЕПКЕ И ЗАПРЕССОВКЕ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УЛЬТРАЗВУКА

Материал	Затухание звуковой волны			Сварка		Клепка	Запрессовка	Требуемая мощность аппарата	
	незначительное	среднее	большое	контактная	прецизионная			большая	маленькая
Сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола . . . .		×		1*	2—3	1	1		×
Сополимер стирола и акрилонитрила . . . . .	×			1	2	1	1		×
Ацетилцеллюлоза . . . . .		×		3	3—4	2	2		×
Полиамиды . . . . .			×	2	3—4	2	2	×	
Полиамиды со стекловолокном . . . . .		×		2	3	2	2	×	
Поликарбонат . . . . .		×		1	2	1	1		×
Твердый полиэтилен . . . . .			×	2	3—4	2	3—4	×	
Мягкий полиэтилен . . . . .			×	2	4	2	3—4	×	
Полиметилметакрилат . . . . .		×		1	2	1	1		×
Полиоксиметилен . . . . .			×	2	3	3	2	×	
Полипропилен . . . . .			×	2	4	2	3—4	×	
Полипропилен типа 0 . . . . .	×			2	3—4	2	2		×
Полистирол . . . . .	×			1	1	1	1	×	
Твердый поливинилхлорид . . . . .		×		2	2—3	1	1	×	
Мягкий поливинилхлорид . . . . .			×	2	4	3	2	×	

\* 1 — подходит очень хорошо; 2 — хорошо; 3 — подходит при определенных условиях; 4 — не применяется.

ТАБЛИЦА 2.34

## ВЗАИМНАЯ СВАРИВАЕМОСТЬ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКЕ

Сочетание		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола	●	×	□	□	□	□	□	●	□	□	□	×	□	□
2	Сополимер стирола и акрилонитрила	□	●	□	□	□	□	□	×	□	□	×	×	□	□
3	Ацетилцеллюлоза	□	□	×	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
4	Полиамиды	□	□	□	×	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
5	Поликарбонат	□	□	□	□	●	□	□	×	□	□	□	□	□	□
6	Твердый полиэтилен	□	□	□	□	□	×	□	□	□	□	□	□	□	□
7	Мягкий полиэтилен	□	□	□	□	□	□	×	□	□	□	□	□	□	□
8	Полиметилметакрилат	□	□	□	□	□	□	□	●	□	□	□	□	□	□
9	Полиоксиметилен	□	□	□	□	□	□	□	□	●	□	□	□	□	□
10	Полипропилен	□	□	□	□	□	□	□	□	□	×	□	□	□	□
11	Полипропилен типа 0	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	×	□	●	□
12	Полистирол	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	●	□
13	Твердый поливинилхлорид	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	●
14	Мягкий поливинилхлорид	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	×

Примечание. ● — сваривается хорошо; × — сваривается в определенных условиях; □ — не сваривается или нет данных.

ТАБЛИЦА 2.35

## ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ, КЛЕПКИ И ЗАПРЕССОВКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УЛЬТРАЗВУКА

Форма свариваемой (см. табл. 8, 9)	Материал	Технологические параметры				Область применения (мелкие детали)
		температура сварки $t_s$ , °C	$P$ , Вт	усилие при сварке $P_s$ , МПа	время сварки, с	
<i>Сварка</i>						
29	Сополимеры: акрилонитрила, бутадиена и стирола . . . . .	185	400	6—7	0,8 0,4	Антенны Кассеты магнитофонов
	стирола и акрилонитрила . . . . .	185	400	6—7	0,6	Корпусы вентиляторов
30	Полистирол . . . . .	170	400	6—7	0,5	Кассеты для кинокамер
	Полистирол с наполненным алюминием (0,01 мм) . . . . .	170	400	6—7	1	Кольцо для кинокамеры
31	Полиамид РА-6 . . . . .	245	700	3—3,5	0,7	Корпусы
	РА-6, усиленный стекловолокном . . . . .	250	700	3—3,5	2	Корпусы
	Поликарбонат . . . . .	270	400	5—6	0,5	Светильники
	Твердый полиэтилен . . . . .	190	700	2,5—3	0,6	Фляжки, фляги, канистры
	Полипропилен . . . . .	205	700	2,5—3	0,5	Брызговики (фольга)
	Полиметилметакрилат . . . . .	165	400	6—7	0,4	Светильники
	Полиоксиметилен . . . . .	200	700	4—5	0,6	Баллоны для зажигалок
	Твердый поливинилхлорид . . . . .	165	700	6—7	0,4	Корпусы
<i>Клепка</i>						
	Полиамиды . . . . .	245	700	3—35	0,05 0,3	Роторы для селективных переключателей, корпуса переключателей
	Фенол-формальдегидный конденсат, типы 12 и 31 . . . . .	—	700	2—4	1	Шпенек смачивать водой
<i>Запрессовка</i>						
	Полистирол . . . . .	170	400	6—7	0,3	Вкладыш с резьбой М4
	Полиамиды . . . . .	185	200	6—7	1,5	Установочный винт М3
	Фенол-формальдегидный конденсат, типы 12 и 13 . . . . .	—	700	8—16	6	Вкладыш с резьбой М6

Примечание. Качество сварки одинаковых свариваемых изделий существенно зависит от параметров  $P_s$ ,  $A$ ,  $t_s$ , конфигурации сварного соединения и его пространственного положения, поэтому параметры сварки необходимо определять для каждого конкретного случая.

лиэтилен, полипропилен, полиметилметакрилат, полиоксиметилен, полипропилен типа 0, полистирол, твердый поливинилхлорид, мягкий поливинилхлорид, а также термопластичные материалы, содержащие не более 33 % стекловолокна.

Общее время  $t = 0,15 \div 6$  с (продолжительность сварки  $t_s = 0,05 \div 3$  с), прерывистая сварка; скорость сварки  $v_s = 2 \div 1500$  (3000) см/мин, непрерывная сварка; общее время  $t = 0,15 \div 1$  с (продолжительность сварки  $t_s = 0,1 \div 0,5$  с), клепка и запрессовка; амплитуда  $A_m = 0,025$  мм.

Общие рекомендации по исполнению соединений — табл. 2.30—2.32.

Источник нагрева: электрический ток, генератор высокой частоты и преобразователь (электроакустический преобразователь), интервал частот 20—40 кГц, эффективная мощность 100—1300 Вт. Средняя амплитуда звуковой волны 0,025 мм; выбор генератора высокой частоты зависит от выбранного типа преобразователя (пьезоэлектрический или магнитострикционный преобразователь), волноводы ступенчатые, экспоненциальные, цилиндрические.

Выбор материала (табл. 2.33, 2.34).

Сварка выполняется без присадочного материала.

Техника сварки — табл. 2.35, рис. 2.24.

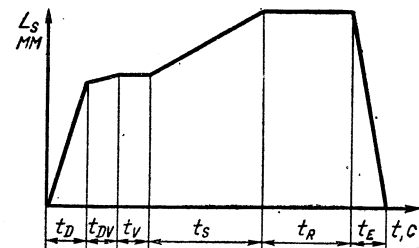


Рис. 2.24. Диаграмма расстояние — время для ультразвуковой сварки

40 кГц, эффективная мощность 100—1300 Вт. Средняя амплитуда звуковой волны 0,025 мм; выбор генератора высокой частоты зависит от выбранного типа преобразователя (пьезоэлектрический или магнитострикционный преобразователь), волноводы ступенчатые, экспоненциальные, цилиндрические.

Выбор материала (табл. 2.33, 2.34).

Сварка выполняется без присадочного материала.

Техника сварки — табл. 2.35, рис. 2.24.

## 2.1.9. СВАРКА ИЗЛУЧЕНИЕМ (S-)

### 2.1.9.1. Сварка световым лучом (LS-)

Принцип сварки — рис. 2.25.

Границы применимости

Положение шва при сварке: нижнее, горизонтальное, вертикальное (снизу вверх и сверху вниз), горизонтальное на вертикальной поверхности, потолочное.

Изделия: толщина  $s = 0,2 \div 20$  мм; фольга, гидроизоляционные материалы, панели, профили, фасонные детали.

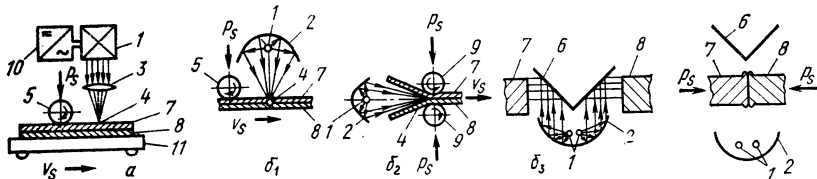


Рис. 2.25. Принцип сварки световым лучом:

*a* — фокусировка инфракрасных лучей линзами (употребляется редко из-за высокой стоимости системы линз); фокусировка инфракрасных лучей рефлекторами; *б1* — для сварки внахлестку, для V-образного или X-образного швов; *б2* — для сварки внахлестку; *б3* — для сварки без скоса кромок и для сварки по косому стыку; *1* — источник излучения (при сварке по схеме *a* инфракрасный излучатель, при сварке по схемам *б* обычно галогенные кварцевые лампы колбообразной или цилиндрической формы); *2* — рефлектор; *3* — система линз; *4* — проекция света лампы; *5* — нажимные ролики; *6* — призма; *7, 8* — свариваемые детали; *9* — нажимные и транспортные ролики; *10* — источник тока; *11* — тележка

Материал: твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, твердый суспензионный поливинилхлорид, твердый эмульсионный поливинилхлорид, мягкий поливинилхлорид.

ТАБЛИЦА 2.36

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛНЕНИЮ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ СВЕТОВЫМ ЛУЧОМ

Форма соединений (см. табл. 8.5)	Изделие, материал	Толщина <i>s</i> , мм	Ширина <i>b</i> , мм	Угол $\alpha$ , град	Длина сварки внахлестку <i>c</i> , мм	Угол $\beta$ , град
21	Фольга, гидроизоляционный материал Твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, мягкий поливинилхлорид	0,2—1,5	—	—	15—20	—
1	Панели, профили	2—5	0,5—1,0	70	—	—
2	Твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, твердый суспензионный поливинилхлорид, твердый эмульсионный поливинилхлорид	2—5	0	70	—	—
4	Панели, профили	5—20	0,5—1,0	70	—	—
20	Твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, твердый суспензионный поливинилхлорид, твердый эмульсионный поливинилхлорид	2—15 (20)	—	—	—	22,5; 30
32	Панели, профили, фасонные детали Твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, твердый суспензионный поливинилхлорид, твердый эмульсионный поливинилхлорид	2—20	—	—	—	45; 60

ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ СВЕТОВЫМ ЛУЧОМ  
(ФОКУСИРОВКА РЕФЛЕКТОРАМИ)

Толщина s, мм	Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	Температура в фокусе T <sub>ВФ</sub> , °С	Расстояние фокуса от рефлектора l <sub>ВР</sub> , мм	t <sub>A</sub> , с	t <sub>У</sub> , с	t <sub>s</sub> + t <sub>R</sub> , с	Усилие при сварке P <sub>св</sub> , МПа	Скорость сварки v <sub>с</sub> , см/мин	Примечание
0,2—1,5	21	Твердый полиэтилен Мягкий полиэтилен Мягкий поливинилхлорид	240—260 210—240 240—260	(ZIS 633) 23	— — —	— — —	— — —	0,2—0,25 0,15—0,2 0,15—0,2	30—50	Непрерывная сварка возможна также на склеенных гидроизоляционных материалах; усилие передается через ролики
2—20	32	Твердый полиэтилен Мягкий полиэтилен	240—260 210—240	(ZIS 757) 4	24—25 24—25	∇ <sub>3</sub> ∇ <sub>3</sub>	t <sub>A</sub> + s̄ t <sub>A</sub> + s̄	0,15—0,2 0,05—0,1	—	
2—15 (20)	17, 18 39, 40	Полипропилен Твердый суспензионный поливинилхлорид Твердый эмульсионный поливинилхлорид	240—260 235—245 250—260		24—25 24—25 24—25	∇ <sub>3</sub> ∇ <sub>3</sub> ∇ <sub>3</sub>	t <sub>A</sub> + s̄ t <sub>A</sub> + s̄ t <sub>A</sub> + s̄	0,15—0,2 0,35—0,5 0,4—0,5		Усилие передается через присадочный материал
2—5	1, 2	Твердый полиэтилен Мягкий полиэтилен	240—260 210—240	(ZIS 633) 23 (ZIS 643) 18	— —	— —	— —	0,15—0,2 0,05—0,1	10—20	
5—20	4	Полипропилен Твердый суспензионный поливинилхлорид Твердый эмульсионный поливинилхлорид	240—260 235—245 250—260		— — —	— — —	— — —	0,15—0,2 0,35—0,5 0,4—0,5		

Общее время сварки  $t \geq 45$  с (прерывистая сварка).  
Скорость сварки  $v_s = 10 \div 50$  см/мин (непрерывная сварка).  
Общие рекомендации по исполнению соединений — табл. 2.36.

Источник нагрева: электрический ток (световые лучи).

Выбор основного и присадочного материала (см. 2.3.9.1).

Необходимость применения присадочного материала при сварке определяется формой соединения. В качестве присадочного материала используют круглые и профильные прутки по TGL 9253 или по заводским стандартам. Обычно присадочные материалы по своему составу полностью совпадают с основным материалом или близки к нему.

Техника сварки — табл. 2.37.

## 2.1.9.2. Лазерная сварка (La-)

Принцип сварки — рис. 2.26.

## Границы применимости

Пространственное положение шва при сварке: нижнее, горизонтальное на вертикальной поверхности.

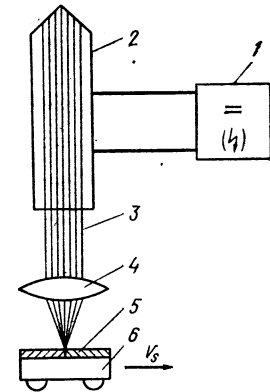
Изделия: толщина  $s = 0,01 \div 4,0$  мм, сварка;  $s = 20$  мм компактные материалы и  $s \leq 35$  мм пенопласты — резка; при  $s > 4$  мм необходимо применять соосную струю промывочного газа;  $s = 0,01 \div 4$  мм — сверление; панели, фольга, профили, фасонные детали, пенопласты.

Материал: твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, твердый поливинилхлорид, мягкий поливинилхлорид, полиметилметакрилат, поликарбонат, полиамиды, полиуретан; резка и сверление также эпоксидная смола, усиленные стекловолокном ненасыщенные полиэфирсы.

$v_s = 15 \div 35$  мм/с (непрерывно);  $v_{ss} = 1 \div 140$  мм/с (непрерывно);  $t_b = 2,5 \div 4,0$  мм/с (пульсирующе).

Рис. 2.26. Принцип лазерной сварки:

1 — источник тока высокого напряжения; 2 — лазер; 3 — лазерный луч; 4 — оптика; 5 — свариваемая деталь; 6 — тележка



Общие рекомендации по исполнению соединений — табл. 2.38.

ТАБЛИЦА 2.38

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛНЕНИЮ СОЕДИНЕНИЙ  
ПРИ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКЕ

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Изделия, материал	Толщина s, мм	Длина шва внахлестку c, мм	Примечание
6 21	Панели, фольга, профили Твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен, полипропилен, твердый поливинилхлорид	0,01—4,0	1,5—2	Технология соединений пока еще разрабатывается

ТАБЛИЦА 2.39  
ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ СВАРКИ  
СО<sub>2</sub>-ЛАЗЕРОМ

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	Толщина $s$ , мм	Скорость сварки $v_s$ , мм/с	Мощность $P_s$ , Вт
6	Полиметилметакрилат	0,2	27,3	35
21	Твердый поливинилхлорид	0,2	25,4	35
	Мягкий поливинилхлорид	0,13	19,0	11,5
	Твердый полиэтилен	0,08	30,5	30
	Мягкий полиэтилен	0,08	62,5	30

Источник нагрева: электрический ток, лазерные лучи. Для сварки, резки и сверления пластмасс применяют только газовые лазеры (СО<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, He) преимущественно мощностью 50—300 Вт; например СО<sub>2</sub>-лазер марки ZIS 738 (см. также 2.2.9.2).

Выбор основных и присадочных материалов

Сварка выполняется без присадочного материала  
Техника сварки — табл. 2.39—2.41.

ТАБЛИЦА 2.40

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ  
СО<sub>2</sub>-ЛАЗЕРОМ

Материал	$s^{*1}$ , мм	$v_{ss}^{*2}$ , мм/с	$d_{ss}^{*3}$ , мм
Полиметилметакрилат	3	70—75	0,4
	5	45—50	0,5
	10	13,5—17,5	0,7
	15	9,5—10,0	0,7
	20	6,3—6,6	1,3
Твердый суспензионный поливинилхлорид, прозрачный	5	42—45,8	0,5
	13	13—16,7	0,5
Твердый суспензионный поливинилхлорид, неокрашенный	5	39—41,7	0,5
	10	27—30	0,5
	15	10—12,2	0,5
	20	6,5—7,6	0,5
Твердый полиэтилен	5	8,5—9,2	0,5
	10	4,0—5,0	0,5
	15	2,0—2,5	0,5
	20	1,5—1,7	0,5
Твердый полиэтилен со стекловолокном	4,8	7,3—7,6	0,5
Мягкий полиэтилен	5	20—23,3	0,5
	15	5,8—6,3	0,5
	20	2,8—3,0	0,5

Продолжение табл. 2.40

Материал	$s^{*1}$ , мм	$v_{ss}^{*2}$ , мм/с	$d_{ss}$ , мм
Полиамид	0,75	80—83,3	0,5
Мягкий поливинилхлорид, прозрачный	3	42—46,6	0,5
	5	32—34,2	0,5
	10	16—18,2	0,5
Полистирол	0,9	135—140	0,5
	3,2	65—70	0,4
Поликарбонат	6,4	5,5—6,0	0,4
Полипропилен	5	11,5—18,5	0,5
	10	4,6—7,5	0,5
	15	4,0—4,2	0,5
	20	2,0—2,9	0,5
Пенополиуретан	31,7	60—64	0,5
Ненасыщенный полиэфир со стекловолокном <sup>*3</sup>	3	1,5—1,7	0,5
	6	1,0—1,2	0,5

\*1 Для  $s > 4$  мм требуется соосная струя промывочного газа (воздух, лучше инертный газ). \*2 При фокусном расстоянии 127 мм. \*3 Реактопласты склонны на поверхностях резания к обугливанию.

ТАБЛИЦА 2.41

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ СВЕРЛЕНИЯ ЛУЧОМ СО<sub>2</sub>-ЛАЗЕРА  
В ПУЛЬСИРУЮЩЕМ РЕЖИМЕ

Материал	Толщина $s$ , мм	$d_b$ , мм	$t_b$ , мм	$P_L$ , Вт
Полистирол . . . . .	1,9	0,5	40	50
Твердый полиэтилен . . . . .	0,4	0,5	5	250
Мягкий полиэтилен . . . . .	1,0	0,15	2,5	40
Полипропилен . . . . .	0,6	1,0	40	1500
Поликарбонат . . . . .	0,9	0,4	10	175

## 2.2. ОБОРУДОВАНИЕ

### 2.2.1. СВАРКА НАГРЕТЫМ ГАЗОМ (НГ-)

Аппараты для сварки — табл. 2.42, 2.43, рис. 2.27, 2.28; сварочные принадлежности — табл. 2.44, 2.45, рис. 2.29.

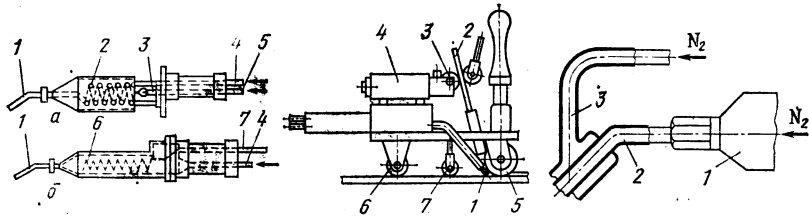


Рис. 2.27. Ручной аппарат для сварки нагретым газом: а — нагреваемый газом аппарат для сварки нагретым газом; б — аппарат для сварки нагретым газом с электронагревом; 1 — сменное сварочное сопло; 2 — змеевик для нагретого газа; 3 — сменное сопло для горючего газа; 4 — газопровод газа для сварки; 5 — газопровод горючего газа; 6 — сменный электронагревательный элемент; 7 — к источнику питания

Рис. 2.28. Полуавтоматическая машина для сварки нагретым газом напольных настилов 1 — сменное сварочное сопло; 2 — присадочный материал; 3 — сменное устройство для подачи присадочного материала; 4 — привод устройства для подачи присадочного материала; 5 — колеса привода (привод: электродвигатель или редуктор, не показанный на рисунке); 6 — опорные колеса; 7 — направляющий ролик

Рис. 2.29. Специальное сопло для сварки полиамидов нагретым газом: 1 — аппарат для сварки нагретым газом; 2 — газовое сопло для сварки; 3 — сопло для защитного газа

ТАБЛИЦА 2.42

РУЧНОЙ АППАРАТ ДЛЯ СВАРКИ НАГРЕТЫМ ГАЗОМ С ЭЛЕКТРООБОГРЕВОМ \* (ДАВЛЕНИЕ НАГРЕТОГО ГАЗА  $p_g = 0,05 \pm 0,06$  МПа; ТИП ПРИСОЕДИНЕНИЯ — ДВУХПОЛЮСНОЕ С ЗАЩИТНЫМ КОНТАКТОМ)

Марка аппарата	Параметры источника нагрева				Параметры сварки		Изготовитель, примечание
	U, В	I, А	частота Гц	расход газа за м <sup>2</sup> мин <sup>2</sup> л/ч	P, Вт	температура газа T <sub>НГ</sub> , °С	
Многоступенчатый аппарат для сварки нагретым газом ZIS 487/1 (наконечник для газа: внутренний диаметр $d_i = 4$ мм; наружный диаметр $d_u = 10$ мм)	220	6	50	900	180, 220, 400	$\leq 350$ (10 мм после выхода из сопла)	Schloma; универсальное использование для швов всех форм, $m = 0,5$ кг
Аппарат для сварки нагретым газом 01-72-1 (со встроенным вентилятором, $m = 1000$ л/мин)	220	6	50		300	300 (10 мм до выхода из сопла)	Schloma; для ремонтных и монтажных работ, $m = 1,2$ кг

\* Обогреваемые газом аппараты для сварки нагретым газом в ГДР не производят.

ТАБЛИЦА 2.43

ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ ДЛЯ СВАРКИ НАГРЕТЫМ ГАЗОМ

Марка аппарата	Параметры источника нагрева				Тип присоединения	Параметры сварки			Изготовитель; примечание
	U, В	I, А	частота f, Гц	давление горячего газа p <sub>г</sub> , МПа		P <sub>с</sub> , кВт	температура газов T <sub>НГ</sub> , °С	скорость сварки v <sub>с</sub> , см/мин	
Аппарат для механизированной сварки нагретым газом ZIS 220	220	6	50	0,04	Двухполюсное с защитным контактом	0,4	350 (10 мм от торца сопла)	25—30	(ZIS); для V-образных и X-образных швов на панелях, подача вручную
Полуавтоматический аппарат для сварки нагретым газом ZIS 418	220	10	50	0,04	То же	1,5 для обогрева	400 (10 мм от торца сопла)	0—216	Grüna: сварка паннок преимущественно на слоях из мягкого поливинилхлорида; сварка стержней из твердого поливинилхлорида и подстилана на покрывных и плитках; сварка шнуров из поливинилхлорида, $m = 19$ кг
Полуавтоматический аппарат для сварки нагретым газом ZIS 924	220	10	50	0,04	То же	0,8—1,0 для обогрева	400 (на выходе из сопла)	30—300 (плановое изменение)	Held; для плоских полуфабрикатов из мягкого поливинилхлорида (напольное покрытие, настилы), швы мягкой ленте; для панелей из мягкого поливинилхлорида, встык; сварные швы диаметром 2 и 3 мм, $m = 24$ кг
Многоступенчатая машина для сварки нагретым газом ZIS 467	3x220	10	50	0,25 для обогрева, 0,6 для пневматики	Трехполюсное с защитным контактом	2,0 для обогрева	400 (10 мм от торца сопла)	30—70	Maunfeld (E); V-образные и X-образные швы на панелях и цилиндрах, 3 положения сварки за один рабочий ход. Площадь 1,0x2,5 м, $m = 400$ кг

СВАРОЧНЫЕ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ СВАРКИ НАГРЕТЫМ ГАЗОМ  
(СВАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ И ГАЗОВЫМ НАГРЕВОМ) \*

Наименование	Параметры питания				Параметры сварки		Изготовитель; примечание
	U, В	I, А	f, Гц	P, А' ВА	давление нагреваемого газа P <sub>г</sub> , МПа	расход газа m, л/ч	
Центробежный вентилятор (низкого давления): тип 3	220	6	50	150	5 500	80—1200	Lange; подходит только при определенных условиях Все вентиляторы не для продолжительной работы (время работы 30 мин) Продолжительная работа запрещена по условиям техники безопасности Rein; m = 0,25 кг  Schloma; подходит для всех аппаратов для сварки нагретым газом Grüna
тип 5	220	6	50	165	7 000	1100—1500	
тип 6	220	6	50	165	7 500	1100—1500	
тип 25	220	6	50	220	15 000	1000—1300	
Монтируемый вентилятор, тип 8539	220	6	50	220	15 000	1500—2500	
Устройство для передачи усилия при сварке ZIS 237 Быстросваривающее сопло ZIS 494 Сопло с круглым отверстием для ZIS 487/1							
Щелевое сопло для ZIS 487/1 Комплект инструментов для сварки нагретым газом мягких термoplastических материалов (инструменты для строжки соединений и утолщений, нажимные ролики)							

\* Тип соединений — двухполосный с защитным контактом.

СВАРОЧНЫЕ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ СВАРКИ НАГРЕТЫМ ГАЗОМ  
(СВАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ С ГАЗОВЫМ НАГРЕВОМ)

Наименование	Параметры	Примечание
Баллон для газа	V = 40 л; m = 73 кг; D = 200 мм; h = 1800 мм; s = 7 мм; материал 44Cr6 Цветовая маркировка: C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> : желтый H <sub>2</sub> и другие горючие газы: красный	Обслуживание по инструкции АВАО 861 Сроки испытаний: бытовой газ — через 2 года, другие газы — через 5 лет
Редукционный клапан для понижения давления газа на выходе из баллона или кольцевое соединение на рабочее давление (TGL 0-8547; TGL 10997)	Падение давления C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> с 1,8 до 0,01—0,03 МПа	Одноступенчатый редукционный клапан (до 30 м <sup>3</sup> /ч) для забора C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ; H <sub>2</sub> ; пропана; двухступенчатый редукционный клапан (более 30 м <sup>3</sup> /ч) для забора C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ; H <sub>2</sub>
Шланги для подачи газа (TGL 12863; TGL 20268)	Внутренний диаметр d <sub>i</sub> = 9 мм Цвет: красный для горючего газа; минимальная длина по инструкции АВАО 870 — 5 м	Применяется также для подвода сварочного газа
Наконечники шлангов (для подачи газа) для соединения их между собой и подсоединения шланга к аппарату		
Зажимы для надежного крепления шланг — наконечник		
Сопло для H <sub>2</sub>	Маркировка: «W» Сверление: 0,7 мм (сопла старой конструкции имеют 3 сверления по 0,3 мм, расположенные в вершинах равностороннего треугольника)	Дополнительный смеситель не применяется
Сопло для городского газа	Маркировка: «L» Сверление: 5 мм или 3,5 мм со сверлением для забора воздуха и регулировочной гайкой для воздуха	Применяется только со смесителем Применяется без смесителя (условие использования: давление газа не менее 500 МПа)
Сопло для C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	Маркировка: «A» Сверление: 3 мм	Требуется предварительное включение смесителя



## 2.2.2. СВАРКА НАГРЕТЫМ ИНСТРУМЕНТОМ (HE-)

### 2.2.2.1. Сварка встык (HS-)

Сварочное устройство — рис. 2.30.

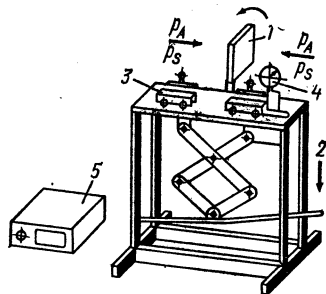


Рис. 2.30. Пример сварочного устройства:

1 — поворотный нагревающий инструмент; 2 — нажимное устройство; 3 — зажимное устройство для свариваемых деталей (одновременно передает давление); 4 — контрольный прибор давления; 5 — контрольный прибор температуры

### НАГРЕВАЕМЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Наименование	Параметры питания			
	U, В	I, А	f, Гц	давление газа рабочего газа P <sub>г</sub> , МПа
Нагреваемый инструмент ZIS 105	220	6	50	—
Нагреваемый инструмент ZIS 457	220	10	50	—
Ручной нагреваемый инструмент Wama/ZIS 783	220	6	50	—
Нагреваемый инструмент ZIS 635	220	10	50	—
Нагреваемый инструмент ZIS 593 с газовым нагревом *	—	—	—	0,15

### ДЛЯ РУЧНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКИ НАГРЕТЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Тип присоединения	Параметры сварки				Изготовитель, примечание
	усилие при сварке P <sub>с</sub> , кВт	температура нагретого инструмента T <sub>HS</sub> , °C	пределы регулирования r, град	полезная площадь A <sub>п</sub> , мм	
—	0,75	—	±10	Диаметр 200	Berei; для сварки встык и сварки втулок, стыковая сварка профилей, плит, слитков, фасонных деталей со встроенным регулятором; m = 4 кг
—	1,3	—	±10	300×280	Berei; то же, m = 12,5 кг
Двухполюсное с защитным контактом	0,3	150—350 с установкой температуры	±10	95×95	Bernstein; для сварки встык труб, диаметром до 90 мм, требуется регулятор температуры ZIS 782, m = 2 кг
—	2,0	—	±5 %	250×250	Mansfeld; для сварки встык труб, профилей, плит, слитков, фасонных деталей со встроенным вентилятором, m = 5 кг
Газовый баллон (газовый регулятор), теплообменник (поставляется комплектно)	2,0	150—350 с установкой температуры	±10	250×250	Parthey; преимущественно для стыковой сварки труб на монтажных площадках, m = 10 кг

\* Пропан из газовых баллонов.

## АППАРАТЫ И МАШИНЫ ДЛЯ СТЫКОВОЙ

## СВАРКИ НАГРЕТЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Наименование	Параметры питания					Тип присоединения	
	U, В	I, А	f, Гц	давление горячего газа p <sub>г</sub> , МПа	давление сжатого воздуха * p <sub>р</sub> , МПа	электропитание	пневматика
Машина для стыковой сварки MPS 20	220	6	50	—	0,63	—	Через шланг на устройстве для создания давления
Машина для стыковой сварки труб ZIS 592 с электрическим нагреваемым инструментом ZIS 457 или с нагреваемым газом инструментом ZIS 593 *	220	10	50	—	—	Двух-полюсное с защитным контактом	—
Сварочный аппарат для сварки пластмассовых труб малого диаметра ZIS 758 с ручным нагреваемым инструментом Wama/ZIS 783 и регулятором температуры ZIS 782	220	6	50	—	—	—	—
Автомат для сварки нагретым инструментом ZIS 660/1	380/220	25	50	—	0,6 (расход воздуха ** 500 л/ч)	Трех-полюсное с защитным контактом	Через трубу на устройстве для создания давления
Автомат для сварки нагретым инструментом	380/220	10	50	—	0,4	—	—
Автомат для сварки оконных рам	380/220	10	50	—	0,6	—	—

усилие при сварке P <sub>с</sub> , кВт	температура нагретого инструмента с регулировкой T <sub>НС</sub> , °С	пределы регулирования γ, град	полезная площадь A <sub>п</sub> , мм <sup>2</sup> (диаметр, мм)	усилие сжатия F <sub>д</sub> , Н	Изготовитель; примечание
2,0	—	—	Стыковая сварка; диаметр 50—250 α = 0°; 15°; 30°; 45°; 60°	2 500 (пневматика)	Mansfeld (E); сварка фитингов и труб, стыковая сварка труб и профилей; m = 33 кг
2,0	150—350	—	Диаметр 50—180, α = 0°; 22,5°; 30°; 45°; 60°	1 500 (ручное усилие с силовым рычагом)	Mansfeld; стыковая сварка и сварка колен трубопроводов; оборудовано съемным устройством для распилки; m = 60 кг, газовый нагрев, особенно на монтажных площадках
0,3	—	±10	Диаметр 32—90	Ступенчатое, регулируется вручную	Grüpa; стыковая сварка труб на монтажных площадках; m = 11 кг
6,0	150—400	—	180×200	800—4 500 (пневматика), рабочее давление 0,16—0,6 МПа, управляющее давление 0,14 МПа	Grüpa; стыковая сварка труб, профилей, фасонных деталей, для каждой формы свариваемой детали требуется свой зажим; m = 350 кг
1,5	150—350	—	—	Пневматика	Jährig; получение косых швов на профилях, время такта ≈ 73 с
1	150—350	—	—	Механическая регулировка	Jährig; получение косых швов на оконных рамах, m = 280 кг

Наименование	Параметры питания					Тип присоединения	
	U, В	I, А	f, Гц	давление горячего газа p <sub>г</sub> , МПа	давление сжатого воздуха * p <sub>р</sub> , МПа	электропитание	пневматика
Лабораторный сварочный аппарат ZIS 741 с регулятором температуры ZIS 782	220	6	50	—	—	Двухполюсное с защитным контактом	—
Установка для сварки сегментных арок ZIS 665	380/220	80	50	24,4	—	Трехполюсное с защитным контактом	—
Аппарат для сварки нагретым инструментом ZIS 881 пучков труб из мягкого полиэтилена	380/220	16	50	7,0	0,6	То же	Через трубу на устройство для создания давления

\* Пропан из газового баллона. \*\* Воздух очищен от пыли и масла.

услуге при сварке P <sub>с</sub> , кВт	температура нагретого инструмента с регулировкой T <sub>НС</sub> , °С	пределы регулирования r, град	полезная площадь A <sub>п</sub> , мм <sup>2</sup> (диаметр, мм)	услуге сжатия F <sub>д</sub> , Н	Изготовитель; примечание
0,3	—	—	—	Бесступенчатая механическая регулировка 500—16 000 гидравлика	Grüna; для получения воспроизводимых швов на образцах, m = 13,5 кг
Подогрев 7,0 обычно 4,0	≤300	±10	Трубы (110—140); угол: 15°; 30°; 45°; 90°; угол скоса 7,5° и 15°	—	ZIS; с фрезерным устройством; подача 12,5—31,5 см/мин; рабочая скорость подачи 1,75—63 см/мин; m = 8000 кг
6,0	≤300	10	—	—	ZIS

ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ СВАРОЧНЫХ АППАРАТОВ (ТИП ПРИСОЕДИНЕНИЯ — ДВУХПОЛЮСНОЕ)

Наименование	Параметры питания			Реализуемые параметры	
	U, В	I, А	f, Гц	P <sub>с</sub> , кВт	зона регулирования, °С
Регулятор температуры ZIS 782	220	6	50	—	≤450±10
Набор радиально профилированных нагреваемых инструментов:					
ZIS 894/1	220	6	50	0,4	—
894/2	220	6	50	0,4	—
894/3	220	6	50	0,75	—
894/4	220	10	50	1,5	—
894/5	220	16	50	3,0	—
Специальное крепежное устройство «Универсал»	—	—	—	—	—

И МАШИН С НАГРЕВАЕМЫМ ЭЛЕМЕНТОМ С ЗАЩИТНЫМ КОНТАКТОМ

Применение	Изготовитель, примечание
Регулирование температуры для аппаратов без встроенного регулятора температуры Для сварки труб из суспензионного твердого поливинилхлорида; диаметр труб, мм:	Grüna; способ регулирования: электронное двухпозиционное, m = 3 кг ZIS; профилирование радиального (60°) профиля зуба, покрыт политетрафторэтиленом, регулирование температуры электронное при помощи термометра сопротивления PT100: m = 1 кг m = 1 кг m = 2 кг m = 3 кг m = 5 кг
39—90 75—110 140—160 225 315	Mansfeld (E); для машин стыковой сварки MPS 20 и ZIS 592
Для изготовления трубных колен и Т-образных узлов с минимальным радиусом 1,5d, для d <sub>a</sub> = 50÷160 мм	

ТАБЛИЦА 2.48

### 2.2.2.2. Сварка в раструб фитингов и втулок (F-).

#### Сварка в выточку (N-)

НАГРЕВАЕМЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И МАШИНЫ ДЛЯ СВАР

Наименование	Параметры питания			
	U, В	I, А	f, Гц	давление сжатого воздуха $p_p$ , МПа
Нагреваемый инструмент ZIS 105 * <sup>2</sup>	220	6	50	—
Нагреваемый инструмент ZIS 457 * <sup>3</sup>	220	10	50	—
Машина для стыковой сварки MPS 20	220	6	50	0,63

\*<sup>1</sup> Тип присоединения — двухполюсное с защитным контактом. \*<sup>2</sup> Изготовитель — изготовитель — Mansfeld, нагреваемый инструмент имеет устройство для ввода формирова

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ШВА ПРИ СВАРКЕ ВРАСТРУБ ФИ

Наименование	Размеры, мм	Форма соединения (см. табл. 8.5)
Нагревательный дорн и нагревательная гильза для сварки в раструб	$D_D = d_B = D - 0,2^*$	27, 28
	$D_D = d_B = D - 0,2^*$	27, 28
Нагревательные планки для сварки в выточку (тавровое соединение)	$b = 2 \div 5, l = 200$	13
Формирующие элементы при сварке в выточку (для разветвлений труб)	Нагретый инструмент имеет гнездо для трубы с меньшим условным проходом, обрабатывается фрезой, передняя сторона трубы с большим условным проходом; противоположный инструмент имеет выступ, радиус которого соответствует радиусу трубы с большим условным проходом	14

\* D — дорн; B — гильза.

ТАБЛИЦА 2.49

### КИ ФИТИНГОВ И ТРУБ, ДЛЯ СВАРКИ В ВЫТОЧКУ \*<sup>1</sup>

Параметры сварки				
мощность сварки $P_s$ , кВт	температура нагретого инструмента $T_{FS}$ , °C	допуски регулирования $r$ , град	полезная площадь $A_{II}$ , мм (диаметр, мм)	сила сжатия $F_{cl}$
0,7	150—130 с установкой температуры	±10	50—125	Ручное усилие
1,3			50—160	» »
1,3			50—250	2500 (пневматика)

Berei, нагреваемый инструмент имеет устройство для ввода формирователя шва. \*<sup>3</sup> Изготовителя шва.

ТАБЛИЦА 2.50

### ТИНГОВ И ВТУЛОК, ПРИ СВАРКЕ В ВЫТОЧКУ (МАТЕРИАЛ — АЛЮМИНИЙ)

Заготовка и ее размеры, мм	Примечание
Трубы $D = 50; 63; 75; 90; 110; 125$	Принадлежности, относящиеся к нагреваемым инструментам ZIS 105 и ZIS 457, изготовитель — Berei; машина для стыковой сварки MPS 20, изготовитель — Mansfeld (E)
Трубы $D = 16; 20; 25; 32; 40$	Собственное изготовление; инструменты для формирования шва закрепляются на рукоятке; нагрев пламенем пропана
Панели, фасонные детали толщиной $s = 2 \div 5$	Собственное изготовление; нагревающие планки устанавливаются на нагреваемом инструменте ZIS 105 или машине MPS 20
Трубы $D = 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 75; 90; 110; 125$	Собственное изготовление; формирователи крепятся на рукоятке или на нагреваемом инструменте ZIS 105 и на машине MPS 20; при креплении на рукоятке предусмотрен нагрев пламенем пропана

### 2.2.2.3 Сварка угловых и тавровых соединений (АК-)

ТАБЛИЦА 2.51

Наименование	МАШИНЫ ДЛЯ СВАРКИ УГЛОВЫХ И ТАВРОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ					Тип присоединения
	Параметры питания					
	U, В	I, А	f, Гц	давление сжатого воздуха p <sub>p</sub> , МПа	расход газа m <sub>г</sub> , м³	электрический
Машина стыковой сварки угловых и тавровых соединений ZIS 273/MPSA 34 с нагреваемым инструментом ZIS 232	380/220	10	50	0,63	0,001 м³ на каждый зажим	Трехполюсное с защитным контактом

### 2.2.2.4 Сварка нагретой проволокой (НД-)

Наименование	АППАРАТЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ СВАРКИ НАГРЕТОЙ ПРОВОЛОКОЙ			Тип присоединения
	Параметры питания			
	U, В	I, А	f, Гц	
Регулировочный выпрямитель RG 65/30 III	380/220	10	50	Трехполюсное с защитным контактом
Регулировочный выпрямитель для низкого напряжения RG 65/30s	220	6	50	Двухполюсное с защитным контактом
Зарядный выпрямитель L2E-48-24/10-20Bue	220	6	50	То же

### 2.2.2.5 Сварка нагретым клином (НК-)

Наименование	ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ СВАРКИ НАГРЕТЫМ КЛИНОМ	
	Параметры	
	мощность сварки P <sub>с</sub> , кВт	температура нагретого клина, °С
Паяльник Delta Тип 663	0,12	250
Паяльник, тип 2004	0,20	350
Паяльник, тип 2030	0,70	500
Машина для сварки нагретым клином М-РНКЗ	1,0	100—600 (с бесступенчатой установкой)
Агрегат для сварки фольги ZIS 625	1,0	≤500 (с установкой температуры)

\*1 Тип присоединения — двухполюсное с защитным контактом; параметры питания: пропилен нельзя применять материалы, содержащие Си и Мп. \*2 Можно применять доп. водки, наварка полос; можно вести сварку в любом направлении. \*3 Выполняются только

### И ТАВРОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Дниения	Технологические параметры					изготовитель; примечание
	пневматический	мощность сварки P <sub>с</sub> , кВт	температура нагретого инструмента T <sub>AK</sub> , °С	толщина s, мм	угол β, град	
Шланги для сжатого воздуха	3,2	50—280 с бесступенчатой регулировкой	2—10	80—100 пред-почтительнее 90	2000	Mansfeld (E); минимальная длина зажимаемого участка 90 мм, при ступенчатом расположении углов минимальная ширина 150 мм

ТАБЛИЦА 2.52

### СВАРКИ НАГРЕТОЙ ПРОВОЛОКОЙ

U, В	Технологические параметры		Изготовитель; примечание
	I <sub>max</sub> , А	мощность сварки P <sub>с</sub> , кВт	
0—65	30	—	Terphy; применяется только при отсутствии регулировочного трансформатора
0—65	30	—	
≤24	20	0,5	Sörnewitz; применяется только при отсутствии регулировочного трансформатора

ТАБЛИЦА 2.53

### СВАРКИ НАГРЕТЫМ КЛИНОМ \*1

U, В	толщина s, мм	ширина шва b <sub>п</sub> , мм	Параметры сварки		Изготовитель
			скорость сварки v <sub>с</sub> , см/мин	усилие сварки F <sub>с</sub> , Н	
—	0,5—10	5—10	≤70	—	Delta *2
—	0,5—10	5—20	≤70	—	»
—	0,5—10	5—20	≤100	—	»
1,5	0,1—2	5; 10; 15; 20	40—1800 (с бесступенчатой установкой)	50—200 (с бесступенчатой установкой)	Mansfeld *3
—	0,18—0,3	10	1200	Постоянное	Jährig *4

U = 220 В; I = 6 А; f = 50 Гц. \*2 Нагреваемый клин собственного производства; для поливительные инструменты; сварка с одновременной обрезкой шва; тиснение шва, вварка об- прямые швы.

Наименование	АППАРАТЫ МАШИН И УСТРОЙСТВА ДЛЯ				Тип присоединения	СВАРКИ ПОЛИЭТИЛЕНА ТЕРМОИМПУЛЬСОМ					Изготовитель; примечание
	Параметры питания					Параметры сварки					
	U, В	I, А	f, Гц	P <sub>A</sub> , кВА		мощность импуль- са P <sub>г</sub> , кВт	длитель- ность импуль- са * t <sub>г</sub> , с	время охлажде- ния под давле- нием t <sub>R</sub> , с	длина /max, мм	ширина шва b <sub>н</sub> , мм	
Малогабаритный сварочный аппарат для пластической фольги ZIS 178, в который входят: прибор управления	220	6	50	1,2	Двухполюсное с защитным контактом	1,2	0,1—10	0,1—10	—	—	Elektrowärme; комбинированный аппарат для коротких швов; длинные швы внахлестку. Продольные и поперечные сварные швы; s ≤ 0,4 мм, m = 12 кг
ручной пуансон	—	—	—	—	То же	—	—	—	350	4	
сварочные клещи	—	—	—	—	Семиполюсный экранированный штепсельный разъем на приборе управления	—	—	—	350 и 500	4	
сварочные клещи для поперечной сварки	—	—	—	—	То же	—	—	—	150	4	
Аппарат для сварки термоимпульсом WIS 3—HV	220	10	50	2,2	Двухполюсное с защитным контактом	2,0	0,2—2,5	1,0—25	300 или 500 или 800	4	
То же, WIS 3 с устройством для отрезки и подвода материала	220	10	50	2,2	То же	2,0	0,2—2,5	1,0—25	300 или 500 или 800	3	
То же, WIS 3 с вакуумным устройством	220 220/380	10 10	50 50	2,2 1,0	» Трехполюсное с защитным контактом	2,0 —	0,2—2,5 —	1,0—25 —	300	3	
Установка для сварки полиэтилена термоимпульсом ZIS 519	220	10	50	2,0	Двухполюсное с защитным контактом	1,8	0,3—10	—	650	4	
Аппарат для сварки термоимпульсом WIS 1—H	220	1,3	50	0,3	Двухполюсное с защитным контактом	0,3	0,2—2,5	Ручная регулировка	300 или 400 (указать при заказе)	2,5	
Аппарат для сварки термоимпульсом WIS 1—M	220	2,0	50	0,44	То же	0,44	0,2—2,5	То же	300	3	

\* С регулировкой.

2.2.2.7. Сварка контактно-тепловая (WK-)

ТАБЛИЦА 2.55

АППАРАТЫ, МАШИНЫ И УСТРОЙСТВА					ДЛЯ КОНТАКТНО-ТЕПЛОВОЙ СВАРКИ				
Наименование	Параметры питания				Тип присоединения	Параметры сварки			Изготовитель, примечание
	U, В	I, А	f, Гц	P, кВА		мощность сварки P <sub>с</sub> , Вт	допуск регулирования γ, град	ширина шва b <sub>п</sub> , мм	
Прибор управления ZIS 178/1	220	6	50	1,2	Двухполюсное с защитным контактом	100—250	±10	—	Elektrowärme; с переключением на импульсный нагрев, m = 12 кг
Инструмент для роликовой сварки нагретым инструментом ZIS 178/3	—	—	—	—	Экранированный штепсельный разъем на приборе управления ZIS 178/1	100—250	±10	4	Elektrowärme; непрерывное образование шва, m = 0,8 кг
Аппарат для сварки фольги, ZIS 676 с держателем и ходовыми и питающими шинами	220	6	50	—	Двухполюсное с защитным контактом	350	±10	4	Вагг; односторонний нагрев, v <sub>с</sub> = 100÷400 см/мин, l <sub>п</sub> = 2500 мм, держатель m = 4,5 кг, шины m = 12 кг

2.2.3. СВАРКА ОПЛАВЛЕНИЕМ (AS-)

ТАБЛИЦА 2.56

АППАРАТЫ И УСТРОЙСТВА						ДЛЯ СВАРКИ ОПЛАВЛЕНИЕМ							
Наименование	Параметры питания				Тип присоедине	Технологические параметры							Изготовитель
	электропитание			пневматика		пневматика	U, В	I, А	мощность сварки P <sub>с</sub> , кВт	температура источника нагрева T <sub>АС</sub> , °С	скорость сварки v <sub>с</sub> , см/мин	длина шва l <sub>п</sub> , мм	
	U, В	I, А	f, Гц		давление сжатого воздуха P <sub>р</sub> , МПа								
Комбинированная установка для резки и сварки ZIS 632	220	10	50	0,6	Двухполюсное с защитным контактом	пневматика	—	—	—	~3000	80—200	750	ZIS *
Регулировочный выпрямитель RG 65/30111	380/220	10	50	—	Трехполюсное с защитным контактом	—	0—65	30	—	—	—	—	Tephy **
Регулировочный выпрямитель для низкого напряжения RG 65/30s	220	6	50	—	Двухполюсное с защитным контактом	—	0—65	30	—	—	—	—	»
Зарядный выпрямитель L2E-48-24/10-20Vue	220	6	50	—	То же	—	Не более 24	20	0,5	—	—	—	Sörnwitz **

\* Со встроенной установкой для питания газом (электролиз воды); 10 горелок, держатель.

длина зажима 0,1 МПа. \*\* Применяется только при отсутствии регулировочного трансформатора.

## 2.2.4. ЭКСТРУЗИОННАЯ СВАРКА (Е-)

### МАШИНЫ И АППАРАТЫ ДЛЯ

Наименование	Параметры			
	мощность установки $P_{Aл}$ , кВт	мощность нагрева $P_2$ , кВт	число оборотов шнека $n_s$ , мин <sup>-1</sup>	расход газа $m_g$ , м <sup>3</sup> /ч
Сварочный экструдер ES 1-25-20	2,2	2	16—160	30
Сварочный экструдер ZIS 907/E1-25-25	3	—	12—180	—

\* Тип присоединения — трехполюсное с защитным контактом; параметры электро

ТАБЛИЦА 2.57

### ЭКСТРУЗИОННОЙ СВАРКИ \*

сварки	Параметры				Изготовитель; примечание
	давление газа $p_g$ , мм	масса при-сачного материала $m_{ZW}$ , кг/ч	скорость сварки $v_s$ , см/мин	температура газа $T_{HG}$ , °C	
	600	2,0—3,4	200—250	≤350	Reifenhäuser; $D_s = 25$ мм, $l_s = 20D_s$ , шланг для сварки $d_{внутр} = 2,2—3,6$ мм, $l = 350$ мм
	—	2—10	300	≤350	Mafa; $D_s = 25$ мм, $l_s = 25D_s$ , $l = 120$ мм, $b = 7$ мм

питания:  $U = 380/220$  В;  $I = 20$  А;  $f = 50$  Гц; для экструдера FS1-25-20  $P_A = 9$  кВт.

## 2.2.5. СВАРКА ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ (HF-)

### МАШИНЫ ДЛЯ СВАРКИ ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧА

Наименование	Параметры питания				Параметры		
	$U$ , В	$I$ , А	$f$ , Гц	$P_A$ , кВт	$s$ , мм	$l_{max}$ , мм	$P_s$ , кВт
Перестраиваемый высокочастотный сварочный аппарат	220 (двухполюсное с защитным контактом)	6	50	0,55	0,1—1,2	130 при 2× ×1,2-мм пленке и ширине шва 3 мм	0,2
С ручными сварочными клещами EDR3	—	—	—	—	—	—	—
Высокочастотный сварочный аппарат EDS6	3/N 380 (трехполюсное с защитным контактом)	10	50	3,5	0,1—1,2	—	1,2
Генератор GUR4 для высокочастотного сварочного аппарата со сварочным прессом EDL3	3/N 380 (трехполюсное с защитным контактом)	—	50	10	0,1—1,2	2500 при 2× ×3-мм пленке и ширине шва 2 мм	4,0
	3/N 380	—	50	—	—	—	—

\* Поставку и ремонт осуществляет Steremat.

### СТОТЫ \* МЯГКОЙ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНОЙ ПЛЕНКИ



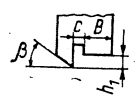
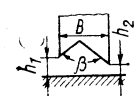
ТАБЛИЦА 2.58

сварки	Параметры					Примечание
	$f_s$ , МГц	$t_s$ , с	$t_R$ , с	$l_H$ , мин	$F_d$ , Н	
	27,2±0,6 %	0,2—1	—	—	—	ZEZ; максимальная поверхность сварки 4 см <sup>2</sup> при 2×0,8-мм пленке, $m = 20$ кг (генератор), $m = 2$ кг (клещи с 1,5-м коаксиальным кабелем)
	—	—	Вручную	10	Вручную 50—200	—
	27,12±0,6 %	0,5—10	0,5—10	50	≤2 000	ZEZ; размеры держателей электродов 300×400 мм; необходимо пневматическое присоединение: $p_p = 0,6$ МПа, $m = 0,25$ м <sup>3</sup> /ч
	27,12±0,6 %	0,5—10	—	—	—	—
	—	—	0,5—10	100	500—3 000	ZEZ; максимальная площадь сварки 80 см <sup>2</sup> при 2×0,3-мм толщине пленки; $m = 400$ кг (генератор), $m = 1000$ кг (пресс)



Наименование	Параметры питания				Параметры			сварки					Примечание
	U, В	I, А	f, Гц	P <sub>A</sub> , кВт	s, мм	l <sub>max</sub> , мм	P <sub>с</sub> , кВт	f <sub>с</sub> , МГц	t <sub>с</sub> , с	t <sub>R</sub> , с	l <sub>H</sub> , мин	F <sub>d</sub> , Н	
Генератор GUR4 для высокочастотного сварочного аппарата со сварочным прессом EDL4	3/N 380 (трехполюсное с защитным контактом)	—	50	10	0,1—1,2	4000 при 2×0,3-мм пленке и ширине шва 2 мм	4,0	27,12±0,6 %	0,5—10	—	—	—	ZEZ; максимальная площадь сварки 160 см² при 2×0,3-мм пленке; m = 400 кг (генератор), m = 100 кг (пресс)
	3/N 380	—	50	1,85	—	—	—	—	—	0,5—10	100	3 000—10 000	
Генератор GU20 высокочастотного аппарата со сварочным прессом EDL6	3/N 380 (трехполюсное с защитным контактом)	—	50	55	0,1—4,0	—	20	27,12±0,6 %	0,5—10	—	—	—	ZEZ; максимальная площадь сварки 400 см² при толщине пленки 2×0,5 мм
	3/N 380	—	50	—	—	—	—	—	—	0,5—10	240	10 000—60 000	

ТАБЛИЦА 2.59

ВИДЫ ЭЛЕКТРОДОВ * (ИЗГОТОВИТЕЛЬ STANZ						ИЛИ СОБСТВЕННОЕ ИЗГОТОВЛЕНИЕ)				
Схема	B, мм	B <sub>min</sub> , мм	a, мм	R, мм	Угол β, град	h <sub>1</sub> , мм	h <sub>2</sub> , мм	c, мм	Примечание	
	2a	0,8	s <sub>1</sub> + s <sub>2</sub> + s <sub>3</sub>	1/8B	—	—	—	—	Для соединений типа 21 (табл. 8.5) увеличить B на 20—25 %	
	2a	0,8	s <sub>1</sub> + s <sub>2</sub> + s <sub>3</sub>	—	30	—	—	—	Электрод для резки	
	2a	0,8	s <sub>1</sub> + s <sub>2</sub> + s <sub>3</sub>	—	30	—	—	0,3B	Электрод для сварки и резки s <sub>1</sub> = s <sub>2</sub> ; s < 0,4 мм; s = 0,4±0,5 мм: 1,2s; s > 0,5 мм: 1,4s	
	2a	0,8	s <sub>1</sub> + s <sub>2</sub> + s <sub>3</sub>	—	105	3(s <sub>1</sub> + s <sub>2</sub> )	s <sub>1</sub> + s <sub>2</sub>	—	Электрод с выемкой Для сварки асимметричных и квазисимметричных изделий	

\* Материал — преимущественно латунь; используют также сталь.

## ОБОРУДОВАНИЕ МАШИН ДЛЯ СВАРКИ ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Наименование	Параметры питания			Максимально используемая рабочая поверхность, мм	Размеры, мм	Примечание
	U, В	f, Гц	P, кВт			
Толкательный стол S 24 для высокочастотного сварочного аппарата EDS 4	—	—	—	400×300	430×350×53	ZEZ; ручное обслуживание, упрощенная закладка; m = 4 кг
Автоматический толкательный стол S 4 с двумя таблетками для высокочастотного сварочного пресса EDL 4	—	—	—	Две таблетки с 700×1000 каждая	Стол вместе с прессом: длина 4168, ширина 800	ZEZ; пневматический привод; P <sub>р</sub> = 0,06 МПа, m = 10 л/ход; укороченный сварочный цикл; m = 350 кг
Автоматическая четырехпозиционная карусель K-42 для высокочастотного сварочного пресса EDL 3 *	3/Н 380	50	2,0	Четыре позиции с поверхностью 400×500 каждая	Диаметр карусели 2331	ZEZ; электрогидравлический привод, механизированная подача свариваемого материала в положении сварки; m = 700 кг
Автоматическая четырехпозиционная карусель K-40 для высокочастотного сварочного пресса EDL 6 **	3/Н 380	50	2,2	Четыре позиции с поверхностью 895×1295 каждая	Диаметр карусели 3700	ZEZ; электрогидравлический привод, механизированная подача свариваемого материала в положении сварки; m = 800 кг
Предконфигурируемая карусель Z 40 для карусели K-40	3/Н 380	50	1,8	Четыре позиции с поверхностью 600×1000 каждая	Диаметр карусели 2200	ZEZ; электрогидравлический привод, предварительная конфекция свариваемого материала; m = 700 кг

\* Поставка и ремонт осуществляются фирмой Steremat.

\*\* Подсоединение — трехполюсное с защитным контактом.

## 2.2.6. ИНДУКЦИОННАЯ СВАРКА (I-)

Оборудование для индукционной сварки пока находится в стадии разработки. Оборудование для сварки металлических соединений в принципе может быть использовано также и для сварки пластмасс, но это требует проведения исследований работ.

## 2.2.7. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СВАРКА (US-) — табл. 2.61—2.63 (с. 266—269).

## 2.2.8. СВАРКА ТРЕНИЕМ (R-)

ТАБЛИЦА 2.64

## МАШИНЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ СВАРКИ ТРЕНИЕМ \*

Наименование	U, В	f, Гц	P, кВт	Тип при- соединения	D, мм	s, мм	v <sub>д</sub> , v <sub>т</sub> , м/мин	F <sub>д</sub> , Н	f <sub>р</sub> , Гц	A, кг	Изготовитель: примечание
Машина для сварки трением ZIS 840 (стационарная)	380/220	15 50	4	Трехполюсное с защитным контактом	80—25	3—50	500—600 (регулировка)	≤6000 Уста-новка	—	—	Разработчик ZIS; сварка с вращающимся элементом трения, диск трения из алюминия, m = 250 кг
Машина для сварки трением ZIS 840/VМК (перемещаемая)	—	—	—	Привод от трактора	80—225	3—50	500—600 (регулировка)	≤6000 Уста-новка	—	—	Разработчик ZIS; сварка с элементом трения; диск из алюминия; m = 400 кг
Расширенный диск для машины ZIS 840	—	—	—	—	80—225	3—50	—	—	—	—	Разработчик ZIS; для обработки свариваемой поверхности; материал алюминий, время ~10 с
Приспособление на машине ZIS 840 для устранения внутренних утолщений	—	—	—	Трехполюсное с защитным контактом	80—225	3—50	—	—	—	—	Разработчик ZIS, материал Al
Вибрационная машина для угловой и линейной сварки MECASONIC	380/220	10 50 2,2	2,2	То же	≤400	≤4	—	≤1500 Регулировка	100	2—5	KLN; максимальный размер свариваемых изделий 160×160 мм для угловой сварки, 500×150 мм для линейной сварки

\* Для сварки трением при вращении используют стандартные токарные станки с зажимным патроном или специальным зажимным устройством собственного изготовления; возможно также применение сверлильных станков. Для сварки вибропрением или для сварки с вибрирующим элементом трения следует использовать устройства собственного производства.

## МАШИНЫ И АППАРАТЫ ДЛЯ

## УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ

Наименование	Электропитание			Пневматика	Тип присоединения		Параметры сварки						Изготовитель; примечание
	U, В	I, А	f, Гц	Давление сжатого воздуха p, МПа	электропитание	пневматика	P, Вт	f, кГц	t <sub>s</sub> , с	t <sub>H</sub> , с	l <sub>H</sub> , мм	F <sub>d</sub> , Н	
Пистолет IS840	—	—	—	—	Коаксиальный кабель к генератору	—	200	20	0,1—10	0,1—10	—	Вручную	Ing; ручной аппарат для сварки, склепки, резки
С генератором ультразвука USG48 для сварки и резки	220	10	50	—	Двухполюсное с защитным контактом	—	—	—	—	—	—	—	—
Аппарат для ультразвуковой обработки искусственных материалов Branson, модель 420	220	6	50	0,7	То же	Шланг	350	20	0,1—6 Установка	0,03—3 Установка	72	≤750	Branson; m = 48 кг
Аппарат для ультразвуковой обработки искусственных материалов Branson: тип 430 тип 460 тип 4120	220	10	50	0,7	»	»	—	20	0,1—6 Установка	0,05—3 Установка	75	≤220	Branson;  m = 72 кг m = 72 кг m = 94 кг
Стенд для ультразвуковой сварки Branson:  модель 125 модель 227 модель 320	220	6	50	0,7	»	»	—	—	0,05—4 Установка	0,05—4 Установка	60	—	Branson; требуются генераторы:  112А или 117А, m = 40 кг 117А или 132А, m = 40 кг 117А, 132А или 188А, m = 57 кг
Ручной аппарат ультразвуковой сварки Branson GK-4	—	—	—	—	С помощью кабеля на генератор	—	—	20	Ручная регулировка	—	—	Ручная регулировка	Branson; требуются генераторы модели 130 или 160
Генераторы; сила тока, А: 12 17 32 88	220 220 220 220	6 6 10 10	50 50 50 50	— — — —	Двухполюсное с защитным контактом	—	185 300 600 1000	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	Branson
Генератор, модель: 130 160	220 220	6 10	50 50	— —	То же	—	400 700	— —	— —	— —	— —	— —	Branson
Установка для ультразвуковой сварки искусственных материалов, тип UZT 21-630	220	10	50	0,5	»	—	630	21	0,1—10	1—10	40	1—80	Unitra; время сварки t <sub>s</sub> регулируется в двух интервалах 0,1—1 и 1—10 с, m = 120 кг (сварочная установка) m = 80 кг (генератор)

## ОСНОВНЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ФОРМЫ ВОЛНОВОДОВ

Волноводы		Увеличение амплитуды	Длина $l_{max}$ , мм	Диаметр $D_{max}$ , мм	Изготовитель; примечание
схема	вид				
	Ступенчатый	1 : 9	—	25	Вranson или собственное изготовление
	Экспоненциальный	1 : 3	—	30	Вranson или собственное изготовление; преимущественно для запрессовки металлических частей
	С выступом	1 : 8	—	25	Вranson или собственное изготовление; универсальный сварочный инструмент
	Прямоугольный	—	Без паза 90, с пазом 300	—	Вranson или собственное изготовление
	Цилиндрический	—	—	Без паза 90, с пазом 200	Вranson или собственное изготовление; толщина $s \approx 6$ мм

Материал: сплавы титана, монель—металл, сталь, сплавы алюминия, колокольная бронза; сталь применяют только в инструментах для запрессовки (волноводы с меньшей амплитудой).

ТАБЛИЦА 2.63

## БУСТЕРЫ И СВЕДИТЕЛЬНАЯ ДЕТАЛЬ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ

Бустер	Амплитуда (соотношение)		Бустер	Амплитуда (соотношение)		Изготовитель; примечание
	увеличение	уменьшение		увеличение	уменьшение	
«Золотистый»	1 : 1,5	—	«Синий» Соединительная деталь, «зеленая»*	—	1 : 0,5	
«Серебристый»	1 : 2,0	—		—		
«Черный»	1 : 2,5	—		—		
«Пурпурный»	—	1 : 0,6		—		

\* Амплитуда сохраняется; применяется, когда не требуется бустер.

## 2.2.9. СВАРКА ИЗЛУЧЕНИЕМ (S-)

## 2.2.9.1. Сварка световым лучом (LS-)

## АППАРАТЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ СВАРКИ СВЕТОВЫМ ЛУЧОМ (ФОКУСИРОВКА РЕФЛЕКТОРАМИ) ТАБЛИЦА 2.65

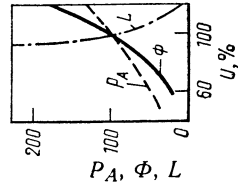
Наименование	Параметры питания			Тип присоединения	Характеристики приборов и параметры сварки			Изготовитель; примечание
	U, В	f, Гц	P <sub>A</sub> , ВА		внутренний диаметр рефлектора dRF, мм	расстояние от рефлектора lBF, мм	температура пятна фокуса * TBF, °C	
Точечный излучатель ZIS 633:	—	—	—	—	—	—	—	ZIS с диском из кварцевого стекла и сферической диафрагмой Narva
с галогенной кварцевой лампой 150 Вт	24	50	150	Двухполосное на трансформатор	—	—	—	»
с галогенной кварцевой лампой 250 Вт	24	50	250	Штифт цоколя	50	23	200—1150	Jährig с диском из кварцевого стекла Narva
Щелевой излучатель ZIS 643:	—	—	—	То же	50	23	200—1150	»
с галогенной кварцевой лампой 1000 Вт	225	50	1000	Двухполосное на трансформатор	—	—	—	»
Светочувствительный излучатель ZIS 757:	—	—	—	Двухполосное на трансформатор	—	—	—	ZIS с диском из кварцевого стекла и призмой Narva
с двумя галогенными кварцевыми лампами 1000 Вт	225	50	2000	—	—	18	200—800	»

\* С регулированием.

ТАБЛИЦА 2.66

РАБОЧАЯ ТЕМПЕРАТУРА И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ГАЛОИДНЫХ КВАРЦЕВЫХ ЛАМП (рис. 2.31)

Деталь лампы	$T_{\min}, ^\circ\text{C}$	$T_{\max}, ^\circ\text{C}$
Колба	250	900—1000
Долговечность ножки на цоколе, ч:		
до 15	—	450
» 50	—	450
» 200	—	350
» 2000	—	300
Штифт цоколя (стойкость до 50 ч)	—	180

Рис. 2.31. Влияние изменения напряжения на стойкость  $L$ , энергию освещения  $\Phi$  и мощность  $P_A$  галогидных кварцевых ламп [3]

## 2.2.9.2. Лазерная сварка (La-)

ПРИБОР ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ

ТАБЛИЦА 2.67

Название	Параметры питания			Параметры сварки			Изготовитель, примечание
	U, В	f, Гц	Пневматика $P_L$ , МПа	$P_L$ , Вт	$\lambda$ , мкм	$d_F$ , мм	
200-ваттные	220/380	50	$1,6 \times 10^{-3}$	200 (много типов волн)	10,6	15	VEB Kombinat Feinmechanische Werke Halle
CO <sub>2</sub> -лазер ZIS 738	Высоковольтный генератор		Зависит от парциального давления отдельных газов. Лазер				Среды: смесь CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> и He. Охлаждение: замкнутая циркуляционная система с дистиллированной водой, стабилизирован на комнатную температуру

## 2.3. ПРИСАДОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

## 2.3.1. СВАРКА НАГРЕТЫМ ГАЗОМ (HG-)

ТАБЛИЦА 2.68  
ВЫБОР ОСНОВНЫХ И ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Основной материал	Присадочный материал	Область использования
Твердый поливинилхлорид	Круглые и профильные прутки из поливинилхлорида с пластификатором и без пластификатора по TGL 9253: круглые прутки $d_z = 2; 3; 4; 5; 6$ мм; профильные прутки с двойным утолщением 6,0 : 3,5 мм; треугольные 6,0 : 3,5 мм; с тройным утолщением 6,5 : 4,5 и 4,0 : 3,0 мм	Присадочные материалы без пластификатора применяют только в особых случаях (например, в емкостях из твердого поливинилхлорида для особо агрессивных сред); заварку корня и подварочный слой следует выполнять только круглыми прутками
Мягкий поливинилхлорид	Сварочные шнуры из мягкого поливинилхлорида: круглый шнур $d_z = 3, 4, 5, 6$ мм; треугольный шнур: 3, 5, 8 мм; круглые и профильные прутки из поливинилхлорида по TGL 9253	Сварочные прутки из поливинилхлорида предпочтительнее использовать при сварке мягкого и твердого поливинилхлорида, но можно применять при сварке деталей из мягкого поливинилхлорида
Ударно-вязкий поливинилхлорид	Круглые прутки из ударно-вязкого поливинилхлорида $d_z = 2; 3; 4; 5; 6$ мм	Для сварки любых деталей из ударно-вязкого поливинилхлорида
Твердый полиэтилен	Круглые прутки из твердого полиэтилена $d_z = 2; 3; 4; 5; 6$ мм	Для сварки любых деталей из твердого полиэтилена
Мягкий полиэтилен	Круглые прутки из мягкого полиэтилена $d_z = 2; 3; 4; 5; 6$ мм	Для сварки любых деталей из мягкого полиэтилена
Полипропилен	Круглые прутки из полипропилена $d_z = 2; 3; 4; 5$ мм	Для сварки любых деталей из полипропилена; предпочтительнее круглые прутки $d_z = 3$ мм
Полиоксиметилен	Круглые прутки из полиоксиметилена $d_z = 2, 3, 4, 5, 6$ мм	Для сварки любых деталей из полиоксиметилена
Полиметилметакрилат	Квадратные прутки 3×3 мм; 4×4 мм; 5,5×5,5 мм; 6,5×6,5 мм	Для сварки швов любого типа из полиметилметакрилата
Полиамиды	Круглые прутки из полиамида $d_z = 2,5, 3,5, 4, 5$ мм	Для сварки любых деталей из полиамида, предпочтительнее круглые прутки $d_z = 2,5$ мм
Полиизобутилен	Сварочные шнуры из полиизобутилена $d_z = 1,5; 2,5$ мм	Для сварки любых деталей из полиизобутилена
Поликарбонаты	Круглые шнуры из поликарбоната $d_z = 2, 3, 4, 5$ мм	Для сварки любых деталей из поликарбоната

СВОЙСТВА ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Наименование	Химический состав	Временное сопротивление разрыву в продольном направлении $\sigma_{zл}$ , МПа, не менее	Деформируемость	Внешний вид
Сварочные прутки из поливинилхлорида <i>У</i> , TGI, 9253z; <i>У</i> : диаметр 2; 3; 4; 5; 6 мм; <i>z</i> : красный, светло-коричневый, серый, а также профильные прутки, изготовитель — Eil, Bitterfeld	Поливинилхлорид с максимальным содержанием пластификатора, 10 %	60	Остаточное удлинение в продольном направлении $\geq 3\%$ ; Усадка после вылеживания в горячем состоянии $\leq 10\%$	Гладкая поверхность без пор и выступов
Сварочные прутки из поливинилхлорида без пластификатора; <i>У</i> , TGI, 9253z; <i>У</i> : диаметр 2; 3; 4; 5; 6 мм; <i>z</i> : красный, светло-коричневый, серый (окраска), а также профильные прутки, изготовитель — Eil, Bitterfeld	Твердый поливинилхлорид (как и основной материал)	40	Прочностные параметры, удлинение и усадка должны быть согласованы между поставщиком и потребителем	Гладкая поверхность без пор и выступов
Сварочные прутки из ударно-вязкого поливинилхлорида, изготовитель — Випа	Ударно-вязкий поливинилхлорид (как и основной материал)	40	—	То же
Сварочные шнуры из мягкого поливинилхлорида, изготовитель — Eil, Bitterfeld	Поливинилхлорид с содержанием пластификатора 40—50 % (согласовать с основным материалом)	15	—	»
Сварочные прутки из твердого полиэтилена и мягкого полиэтилена, изготовитель — Orbital, Eil	Твердый полиэтилен или мягкий полиэтилен с добавкой или без добавки 2 % сажи или 10—15 % полиизобутилена	20 9,5	Прочностные параметры, удлинение и усадка должны быть согласованы между поставщиком и потребителем	Гладкая поверхность без пор и выступов, цвет — молочно-матовый или черный (с сажей)
Сварочные прутки из полипропилена, изготовитель — Eil	Полипропилен (как и основной материал)	30	—	Гладкая поверхность без пор и выступов
Сварочные прутки из полиоксиметиленового материала (как и основной материал)	Полиоксиметилен (как и основной материал)	60	—	»
Сварочные прутки из полиметилметакрилата, изготовитель — Pie	Полиметилметакрилат (как и основной материал)	70	—	Гладкая поверхность без пор и выступов
Сварочные прутки из полиамида, изготовитель — Leupa	Полиамиды с температурой текучести на 10—15 °С ниже, чем основного материала	40	—	»
Сварочные прутки из полиизобутилена (импорт)	Полиизобутилен (как и основной материал)	3	—	Гладкая поверхность без пор и выступов
Сварочные прутки из поликарбоната (импорт)	Поликарбонат (как и основной материал)	90	—	»

## 2.3.2. СВАРКА НАГРЕТЫМ ИНСТРУМЕНТОМ (HE-)

## 2.3.2.1. Сварка встык (HS-)

Присадочные материалы не применяют.

## 2.3.2.2. Сварка внахлест фитингов и втулок (F-), сварка в выточку (N-)

Присадочные материалы не применяют.

## 2.3.2.3. Сварка тавровых и угловых соединений (AK-)

Присадочные материалы не применяют.

## 2.3.2.4. Сварка нагретой проволокой (HD-)

Присадочные материалы не применяют.

## 2.3.2.5. Сварка нагретым клином (HK-)

ТАБЛИЦА 2.70

ОСНОВНЫЕ И ПРИСАДОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПРИ СВАРКЕ НАГРЕТЫМ КЛИНОМ

Основной материал	Присадочный материал	Область применения — типы швов (см. табл. 8.5)
Мягкий поливинилхлорид	Обводка полосы и планки из мягкого поливинилхлорида	Декоративные 41, 7
Твердый полиэтилен	Круглые прутки $d_z = 3, 4, 5$ мм полосы и планки из твердого полиэтилена	1, 4, 7
Мягкий полиэтилен	Круглые прутки $d_z = 3, 4, 5$ мм полосы и планки из мягкого полиэтилена	1, 4 7
Полипропилен	Круглые прутки $d_z = 3, 4, 5$ мм полосы и планки из полипропилена	1, 4 7
Полиамид PA-6	Круглые прутки $d_z = 3, 5; 4, 5$ мм полосы и планки из полиамида PA-6	1, 4 7
Полиметилметакрилат	Треугольные прутки из полиметилметакрилата	1, 4

ТАБЛИЦА 2.71

СВОЙСТВА ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СВАРКЕ  
НАГРЕТЫМ КЛННОМ

Наименование	Химический состав	Прочность $\sigma_{2B}$ , МПа, не менее	Внешний вид
Обводка, полосы и планки из мягкого поливинилхлорида; изготовитель — Eil, Bitterfeld	Поливинилхлорид с содержанием пластификатора 40—60 % (согласовать с основным материалом)	$\geq 15$	Гладкая поверхность без пор и выступов
Круглые прутки, полосы и планки из твердого и мягкого полиэтилена; изготовитель — Orbita, Eil	Твердый полиэтилен или мягкий полиэтилен с добавкой или без добавки 2 % сажи или 10—15 % полиизобутилена	$\geq 20$ $\geq 9,5$	То же, молочно-матового цвета или черного (с сажей)
Круглые прутки, полосы и планки из полипропилена	Полипропилен (как и основной материал)	30	Гладкая поверхность без пор и выступов
Круглые прутки, полосы и планки из полиамида PA-6; изготовитель — Leupa	Полиамиды с температурой текучести на 10—15 °С ниже по сравнению с температурой текучести основного материала	40	Гладкая поверхность без пор и выступов
Треугольные прутки из полиметилметакрилата, изготовитель — Pie	Полиметилметакрилат (как и основной материал)	70	То же

## 2.3.2.6. Сварка термоимпульсом (WI-)

Присадочные материалы не применяют.

## 2.3.2.7. Сварка контактно-тепловая (WK-)

Присадочные материалы не применяют.

## 2.3.3. СВАРКА ОПЛАВЛЕНИЕМ (AS-)

Присадочные материалы не применяют.

## 2.3.4. ЭКСТРУЗИОННАЯ СВАРКА (E-)

ТАБЛИЦА 2.72

## ВЫБОР ОСНОВНЫХ И ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Основной материал	Присадочный материал	Область применения, свариваемые изделия	Форма соединения (см. табл. 8.5)
Твердый полиэтилен	Гранулированный полиэтилен Schkopau A-61-P-B;	Трубы, профили	1, 4, 6
	Полиэтилен Schkopau A-62-F-C;	Фольга, панели ( $s \leq 3$ мм)	21
	Полиэтилен Schkopau A-62-F-A;	Панели ( $s > 3$ мм)	1, 4, 6
	Полиэтилен Schkopau A-63-M-C;	Фольга, панели ( $s \leq 3$ мм)	21
Мягкий полиэтилен	Полиэтилен Schkopau A-63-M-A;	Панели ( $s > 3$ мм)	1, 4, 6
	Полиэтилен Schkopau A-63-M-A	Фасонные детали	1, 6
	Гранулированный материал (чешуйчатой формы):	Фольга, панели ( $s \leq 3$ мм)	21
		Трубы	1
Полиамид PA-6	миратен 1310	Панели, фасонные детали	1, 4, 6
	миратен 1310B10	Трубы	1
	миратен 1312B10, черный	Панели, фасонные детали	1, 4, 6
	миратен 1313B10	Трубы	1
	миратен 2112, черный	Трубы, панели	1
	миратен 2212, черный	Трубы, панели, фасонные детали	1, 4, 6
Полипропилен	Гранулированный материал (цилиндрической формы):	Фольга, панели ( $s \leq 3$ мм)	21
	мирамид H2	Трубы	1
	мирамид H2S	Фасонные детали, панели ( $s > 3$ мм)	1, 4, 6
		Фольга, панели ( $s \leq 3$ мм)	21
	Трубы	1	
	Фасонные детали, панели ( $s > 3$ мм)	1, 4, 6	
Гранулированный материал, мостен 53.692	Фольга, панели ( $s \leq 3$ мм)	21	
	Трубы	1	
	Фасонные детали, панели ( $s > 3$ мм)	1, 4, 6	

ТАБЛИЦА 2.73

## СВОЙСТВА ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Наименование	Химический состав и характеристика	Временное сопротивление разрыву $\sigma_{\text{р}}$ , МПа, не менее	Внешний вид застывшей выдавливаемой массы
Полиэтилен Schkorau A61-P-B; изготовитель — Buna	Твердый полиэтилен с добавкой 2 % сажи; плотность $\rho = 0,945 \pm 0,954$ г/см <sup>3</sup> ; индекс плавления $i_6 = 0,1 \div 0,5$ г/10 мин	25	Черная гладкая поверхность без пор и выступов
Полиэтилен Schkorau A62-F-C; изготовитель — Buna	Твердый полиэтилен с добавкой стабилизаторов; $\rho = 0,945 \pm 0,954$ г/см <sup>3</sup> ; $i_6 = 0,6 \div 2,0$ г/10 мин	25	Молочно-матового цвета или слабоокрашенный, гладкая поверхность без пор и выступов То же
Полиэтилен Schkorau A62-F-A; изготовитель — Buna	Твердый полиэтилен без добавок; $\rho = 0,945 \div 0,954$ г/см <sup>3</sup> ; $i_6 = 0,6 \div 2,0$ г/10 мин	25	»
Полиэтилен Schkorau A-63-M-C; изготовитель — Buna	Твердый полиэтилен с добавкой стабилизаторов; $\rho = 0,945 \pm 0,954$ г/см <sup>3</sup> ; $i_6 = 0,6 \div 2,0$ г/10 мин	25	»
Полиэтилен Schkorau A-63-M-A; изготовитель — Buna	Твердый полиэтилен без добавок; $\rho = 0,945 \div 0,954$ г/см <sup>3</sup> ; $i_6 = 2,1 \div 6,0$ г/10 мин	10	»
Мираден 1310 TGL 20600, лист 3; изготовитель — Leuna	Мягкий полиэтилен без добавок стабилизаторов; $\rho = 0,910 \div 0,918$ г/см <sup>3</sup> ; $i_2 = 1,5 \div 2,5$ г/10 мин	8	То же, цвет молочно-матовый
Мираден 1310 B 10 TGL 20600, лист 3; изготовитель — Leuna	Мягкий полиэтилен с добавкой 10 % полиизобутилена; $\rho = 0,914 \div 0,922$ г/см <sup>3</sup> ; $i_2 = 1,1 \div 3,0$ г/10 мин	8	То же, цвет молочно-матовый
Мираден 1312 B 10, черный, TGL 20600, лист 3; изготовитель — Leuna	Мягкий полиэтилен с добавками 10 % полиизобутилена и 2 % сажи; $\rho = 0,914 \div 0,922$ г/см <sup>3</sup> ; $i_2 = 1,1 \div 3,0$ г/10 мин (с термостабилизатором)	8	То же, цвет молочно-матовый
Мираден 1313 B 10, TGL 20600, лист 3; изготовитель — Leuna	Мягкий полиэтилен с добавкой 10 % полиизобутилена; $\rho = 0,914 \div 0,922$ г/см <sup>3</sup> ; $i_2 = 1,1 \div 3,0$ г/10 мин (с кабельным стабилизатором)	14	То же, цвет черного цвета
Мираден 2112, черный TGL 20600, лист 3; изготовитель — Leuna	Мягкий полиэтилен с добавкой 2 % сажи; $\rho = 0,919 \pm 0,925$ г/см <sup>3</sup> ; $i_2 = 0,2 \div 0,4$ г/10 мин (с термостабилизатором)	13	То же
Мираден H2, TGL 20055, лист 2; изготовитель — Leuna	Мягкий полиэтилен с добавкой 10 % полиизобутилена; $\rho = 0,919 \pm 0,925$ г/см <sup>3</sup> ; $i_2 = 0,5 \div 0,9$ г/10 мин (с термостабилизатором)	70	Поверхность гладкая без пор и выступов желто-белого цвета То же
Мираден H2S, TGL 20055, лист 2; изготовитель — Leuna	Полиамид PA-6 из $\epsilon$ -капролактама; $\rho = 1,11 \div 1,15$ г/см <sup>3</sup>	70	То же
Мостен 53.692; изготовитель — Most	Полипропилен с добавкой стабилизатора; $\rho = 0,904 - 0,907$ г/см <sup>3</sup> ; $i_2 = 6 - 10$ г/10 мин	35	То же, цвет молочно-матовый

## 2.3.5. СВАРКА ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ (HF-)

ТАБЛИЦА 2.74  
ВЫБОР ОСНОВНЫХ И ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Основной материал	Присадочный материал	Область применения
Мягкий поливинилхлорид	Обводка из мягкого поливинилхлорида, вспомогательные материалы на основе хлорированного поливинилхлорида, поливинилацетата, полиамидов, сложного полиэфира	Декоративные швы и соединения; в сочетании с твердым и мягким пенопластом из полиуретана с деревом, алюминиевым листом
(Микропористая фольга)	Вспомогательные материалы на основе хлорированного поливинилхлорида, поливинилацетата, сополимера поливинилденхлорида, полиамидов, сложного полиэфира	Сочетание с мягким пенопластом из полиуретана, с пенопластом из полистирола
Целлюлозная ткань	Вспомогательные материалы на основе хлорированного поливинилхлорида, поливинилацетата, полиамидов, сложного полиэфира	Сочетание с мягким пенопластом из полиуретана, с пенопластом из полистирола
Мягкий пенопласт из полиуретана	Вспомогательные материалы на основе хлорированного поливинилхлорида, поливинилацетата, сополимера поливинилиденхлорида, полиамидов, сложного полиэфира	Комбинация с мягким пенопластом из полиуретана, деревом
Пенопласт из полистирола	Вспомогательные материалы на основе поливинилацетата, полиамидов, сложного полиэфира	Сочетание с деревом

ТАБЛИЦА 2.75  
ВЫБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ СВАРКИ РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Наименование материалов	Форма вспомогательного средства	Мягкий пенопласт из полиуретана	Твердый пенопласт из полиуретана	Пенопласт из полистирола	Дерево	Алюминевый лист
Фольга из мягкого поливинилхлорида	р	●	—	—	●	×
Микропористая фольга из мягкого поливинилхлорида	р	●	—	—	●	×
Целлюлозная ткань	р	●	—	●	—	—
Мягкий пенопласт из полиуретана	р	●	—	—	●	—
Пенопласт из полистирола	р	●	—	—	●	—
	э	×	—	—	●	—
	т	—	—	—	●	—
	т	—	—	—	●	—
	т	—	—	—	●	—
	т	—	—	—	●	—
	т	—	—	—	●	—
	т	—	—	—	●	—
	т	—	—	—	●	—

Обозначения: р — раствор; э — эмульсия; т — твердое тело; ● — комбинируется хорошо; × — комбинируется в определенных условиях; — — не комбинируется или нет данных; + — вспомогательное средство не требуется.



ТАБЛИЦА 2.76

## СВОЙСТВА ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Наименование	Химический состав и характеристика	Внешний вид
Обводка из мягкого поливинилхлорида; изготовители — Eil, Bitterfeld	Поливинилхлорид с содержанием пластификатора 40—60 % (согласовать с основным материалом)	$\sigma_{2B} \geq 150$ кг/см <sup>2</sup> ; внешний вид: гладкая поверхность без пор и выступов; белого цвета или пестрой окраски
Вспомогательное средство сварки, раствор: поливинилацетат Schkopau, 60—40 %; изготовитель — Випа	Высоковязкий 40 %-ный раствор поливинилацетата в этилацетате	Ясный, почти бесцветный раствор кисточкой, катком, шаблоном (трафаретной печатью) или ракелем наносят на нетермопластичную деталь; вспомогательное средство сварки необходимо перед сваркой упрочнить в парах растворителя
Мокофлекс L2001; изготовитель — Mölkaу	Высоковязкий 18 %-ный раствор хлорированного поливинилхлорида в органическом растворителе	То же; Schkopau L20/40 %
Вспомогательное средство сварки, Эмульсия: сконатекс 50; изготовитель — Випа	Низковязкая 48—52 %-ная водная эмульсия сополимеризата поливинилиденхлорида без пластификатора	Белая эмульсия; нанесение кисточкой, распылителем, окунанием, литьем (наносить на термопластичную деталь); вспомогательное средство необходимо перед сваркой упрочить испарением детергента
Мокотекс D2602; изготовитель — Mölkaу	Низковязкая 55 %-ная водная эмульсия поливинилацетата без пластификатора с добавкой или без добавки формальдегида	Ясная, почти бесцветная эмульсия, гладкая поверхность без пор и выступов; нанесение: как сконатекс 50
Вспомогательное средство сварки, твердое тело: фольга SP60; изготовитель — Випа	Фольга $s = 0,05 \pm 0,1$ мм из поливинилацетата Schkopau SP60	Прозрачная, почти бесцветная фольга с гладкой поверхностью без выступов и пор; нанесение; наложение (непосредственно перед сваркой)
Фольга мокотерм S6210; изготовитель — Mölkaу	Фольга $s = 0,05 \pm 0,1$ мм из полиамида ПА-6	То же
Фольга из полиэфира; изготовитель — Premnitz	Фольга $s = 0,05 \pm 0,1$ мм из сложного полиэфира (на основе терефталевой кислоты)	»

## 2.3.6. ИНДУКЦИОННАЯ СВАРКА (I-)

Присадочные материалы не применяют.

## 2.3.7. СВАРКА ТРЕНИЕМ (R-)

Присадочные материалы не применяют.

## 2.3.8. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СВАРКА (US-)

Присадочные материалы не применяют.

## 2.3.9. СВАРКА ИЗЛУЧЕНИЕМ (S-)

## 2.3.9.1. Сварка световым лучом (LS-)

ТАБЛИЦА 2.77

## ВЫБОР ОСНОВНЫХ И ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Основной материал	Присадочный материал	Область применения	Форма соединения
Твердый полиэтилен	Круглые прутки из твердого полиэтилена $d_z = 2; 3; 4; 5; 6$ мм	Для сварки любых деталей из твердого полиэтилена	1, 2, 4
Мягкий полиэтилен	Круглые прутки из мягкого полиэтилена $d_z = 2; 3; 4; 5; 6$ мм	Для сварки любых деталей из мягкого полиэтилена	1, 2, 4
Полипропилен	Круглые прутки из полипропилена $d_z = 2; 3; 4; 5$ мм	Для сварки любого вида деталей из полипропилена; предпочтителен круглый пруток $d_z = 3$ мм	1, 2, 4
Твердый поливинилхлорид	Круглые или профильные прутки из поливинилхлорида с пластификатором или без пластификатора по TGL 19253. Круглые прутки $d_z = 2; 3; 4; 5; 6$ мм. Профильные прутки: с двойным утолщением 6,0 : 3,5 мм; треугольные 6,0 : 3,5 мм; с тройным утолщением 6,5 : 4,5; 4,0 : 3,0 мм	Присадочные материалы без пластификатора используют только в особых случаях (например, в сосудах из твердого поливинилхлорида для особо агрессивных сред); заварку корня выполнять только круглыми прутками	1, 2, 4

ТАБЛИЦА 2.78

## СВОЙСТВА ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Наименование	Химический состав	Прочность $\sigma_{2B}$ , МПа не менее	Внешний вид
Сварочные прутки из твердого и мягкого полиэтилена; изготовитель — Orbita, Eil	Твердый полиэтилен или мягкий полиэтилен без добавки и с добавкой 2 % сажи и 10—15 % полиизобутилена	$\geq 20$ $\geq 9,5$	Гладкая поверхность без выступов и пор; цвет: естественный молочно-матовый или черный (с сажей)

Наименование	Химический состав	Прочность $\sigma_{2B}$ , МПа не менее	Внешний вид
Полипропилен (Eil)	Полипропилен, как и основной материал	$\geq 30$	Гладкая поверхность без выступов и пор
Сварочные прутки из поливинилхлорида <i>y</i> , TGL 9253z; <i>y</i> : диаметр 2; 3; 4; 5 и 6 мм; <i>z</i> : красный, светло-коричневый, серый (окраска), а также профильные прутки; изготовитель — Bitterfeld, Eil	Поливинилхлорид с максимальным содержанием пластификатора 10 %	$\geq 60$ *	То же
Сварочные прутки из поливинилхлорида без пластификатора <i>y</i> , TGL 9253z; <i>y</i> : диаметр 2; 3; 4; 5; 6 мм; <i>z</i> : красный, светло-коричневый, серый (окраска), а также профильные прутки; изготовитель — Eil, Bitterfeld	Твердый поливинилхлорид, как и основной материал	60 *	»

\* Остаточное удлинение в продольном направлении 3 %, усадка после вылеживания в горячем состоянии  $\leq 10$  %. Прочностные параметры, удлинение и усадку следует согласовать между поставщиком и потребителем.

### 2.3.9.2. Лазерная сварка (La-)

Присадочные материалы не применяют.

## 2.4. КАЧЕСТВО

### 2.4.1. СВАРКА НАГРЕТЫМ ГАЗОМ (HG-)

Надежность сварных соединений из однородных основных материалов определяется толщиной соединяемых деталей, формой соединения, числом слоев шва, температурой сварки, усилием при сварке, скоростью сварки, составом присадочного материала и тщательностью выполнения сварочных работ. На рис. 2.32 приведены данные по сварке.

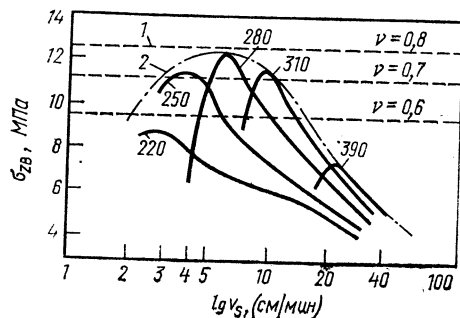


Рис. 2.32. Характеристики ручной сварки:

1 — временное сопротивление разрыву основного материала; 2 — предел свариваемости 390 °С; мягкий поливинилхлорид (55+45), шов типа V, прутки диаметром 3 мм,  $F_D = 30$ Н; цифры на кривых — температура сварки, °С;  $\nu$  — коэффициент надежности

### 2.4.2. СВАРКА НАГРЕТЫМ ИНСТРУМЕНТОМ (HE-)

#### 2.4.2.1. Сварка встык (HS-)

Надежность сварных соединений при одинаковом основном материале определяется формой соединения, толщиной свариваемых деталей, температурой нагретого инструмента, временем нагрева, временем перемещения нагретого инструмента, усилием при сварке, временем охлаждения под давлением, тщательностью выполнения сварочных работ. На рис. 2.33 и 2.34 показаны примерные прочностные параметры сварного соединения.

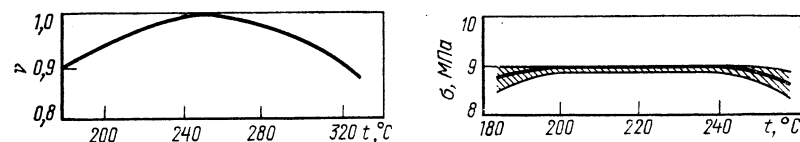


Рис. 2.33. Коэффициенты надежности соединений из твердого полиэтилена в зависимости от температуры нагретого инструмента (продолжительность нагрева  $t_A = 30$  с; давление при нагреве  $p_A = 0,05$ ; давление при сварке  $p_s = 0,12$  МПа)

Рис. 2.34. Прочностные свойства соединения из мягкого полиэтилена (время нагрева  $t_A = 30$  с; толщина  $s = 2$  мм; давление при сварке  $p_s = 0,03; 0,06; 0,12; 0,15$  МПа)

ТАБЛИЦА 2.79

КОЭФФИЦИЕНТЫ НАДЕЖНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ НАГРЕТЫМ ГАЗОМ

Форма соединений (см. табл. 8.5)	Коэффициент надежности $\nu$							
	твердого поливинилхлорида	мягкого поливинилхлорида	твердого полиэтилена	мягкого полиэтилена	полипропилена	полиамидов	полиметилметакрилата	полиоксиметилена, поликарбоната

Кратковременные испытания (ручная сварка, стандартное сопло)

1	0,6—0,65 0,7—0,8 *1	0,7—0,80	0,5—0,7 0,7—0,8	0,5—0,7 0,7—0,8	0,5—0,7	0,5—0,7	0,4—0,5	0,6—0,8
2	0,7—0,85 *2	2,7—0,85	0,8—0,9	0,8—0,9	—	—	—	—
4	0,7—0,75	—	—	—	—	—	—	—
9	0,7—0,75	0,7—0,80	0,5—0,7	0,5—0,7	0,5—0,7	0,5—0,7	0,4—0,5	0,6—0,8
12	0,35—0,4 0,45—0,50	0,35—0,4	—	—	—	—	—	—

Длительные испытания, нагрузка 2 МПа (ручная сварка, быстродействующее сопло)

1	0,35 (при 80 °С) *3				0,35 (при 120 °С)			
	0,6 (при 80 °С) *1				0,6 (при 120 °С)			

Примечание. Коэффициенты надежности определены для следующих типов швов V-образный;  $s = 4$  мм; 3 слоя присадочного материала; X-образный;  $s = 6$  мм; 2x3 слоя присадочного материала. При  $s > 6$  мм коэффициент надежности уменьшается.

\*1 Быстродействующее сопло. \*2 Машинная сварка. \*3  $s = 20$  мм. \*4  $s = 4$  и 10 мм.

ТАБЛИЦА 2.80

КОЭФФИЦИЕНТЫ НАДЕЖНОСТИ СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ  
ПРИ СВАРКЕ НАГРЕТЫМ ИНСТРУМЕНТОМ  
(А — ПЛОСКИМ; Б — ПРОФИЛИРОВАННЫМ)

Форма соединений (см. табл. 8.5)	Материал	Кратковременные испытания		Длительные испытания нагрузки, МПа
		А	Б	
6, 7	Твердый суспензированный поливинилхлорид	0,85—0,95	0,95—1,0	0,9—1,0 (при 80 °С)  0,9—1,0 (при 120 °С)
8	Пенопласт из твердого суспензированного поливинилхлорида (трубы)	0,9—0,95		
	Пенопласт из твердого суспензированного поливинилхлорида с 20 % мела	0,85—0,90	0,85—0,90	
	Ударно-вязкий поливинилхлорид	0,85—0,95		
20	Хлорированный поливинилхлорид	0,8—0,90		
	Мягкий поливинилхлорид	0,70—0,90		
	Твердый полиэтилен	0,90—1,0		
	Мягкий полиэтилен	0,90—1,0		
	Полипропилен	0,90—1,0		
	Полнооксиметилен	0,75—0,95		
	Поликарбонат	0,70—0,80		
	Полиамиды	0,80—1,0		
	Полистирол	0,70—0,80		
	Сополимеры: акрилонитрила, бутадиена и стирола	0,67—0,80	0,90—0,95	
	стирола и акрилонитрила	0,70—0,8		
	Полиметилметакрилат	0,65—0,75		

2.4.2.2. Сварка в раструб фитингов и втулок (F-),  
сварку в выточку (N-)

Надежность сварных соединений при одинаковом материале определяют следующие параметры.

Сварка в раструб фитингов и втулок: диаметр трубы, соответствие размеров инструмента, формующего шов, внешнему размеру трубы и внутреннему диаметру фитинга или трубы, температура нагрева, время нагрева, время перемещения нагревательного элемента, степень набухания свариваемых поверхностей пластмасс (обеспечение тугий насадки труба/втулка=усилие при сварке), время охлаждения, тщательность выполнения сварочных работ.

Сварка в выточку: толщина свариваемых деталей, температура нагрева, время нагрева, глубина выточки, усилие при нагреве, время перемещения нагреваемого инструмента, время выполнения сварочных работ, тщательность выполнения работ. См. также табл. 2.81.

ТАБЛИЦА 2.81

КОЭФФИЦИЕНТЫ НАДЕЖНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ  
В РАСТРУБ ФИТИНГОВ И ВТУЛОК ПРИ СВАРКЕ  
В ВЫТОЧКУ (КРАТКОВРЕМЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ)

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	Коэффициент надежности $\gamma$	Примечание
27, 28	Твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен	0,9—1,0	—
	Полипропилен	0,8—1,0	—
13	Твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен	0,7—0,8	—
	Полипропилен	0,6—0,8	—
14	Твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен	0,7—0,8	Не следует использовать для труб, подвергаемых внутренней нагрузке
	Полипропилен	0,6—0,8	

2.4.2.3. Сварка тавровых и угловых соединений (AK-)

Надежность сварных соединений из однородных материалов определяется толщиной свариваемых деталей, величиной угла раскрытия выплавляемой V-образной выточки, глубиной выточки, углом загиба, температурой нагрева, временем нагрева, усилием при нагреве, временем отвода, усилием при сварке, временем охлаждения под давлением, тщательностью выполнения сварочных работ. См. также табл. 2.82.

ТАБЛИЦА 2.82  
КОЭФФИЦИЕНТЫ НАДЕЖНОСТИ ШВОВ ПРИ СВАРКЕ  
УГЛОВЫХ И ТАВРОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ  
(КРАТКОВРЕМЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ)

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	Коэффициент надежности $\gamma$
19	Твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен Полипропилен	0,9—1,0 0,8—0,9

2.4.2.4. Сварка нагретой проволокой (HD-)

Надежность сварных соединений при одинаковом основном материале определяют следующие параметры.

Соединение труб: диаметр нагретой проволоки и число витков, мощность нагрева, тщательность выполнения сварочных работ.

Соединение панелей: диаметр нагретой проволоки, мощность нагрева, время нагрева (время подогрева), усилие при нагреве, усилие при сварке, время охлаждения под давлением, тщательность выполнения сварочных работ. См. также табл. 2.83.

ТАБЛИЦА 2.83  
КОЭФФИЦИЕНТЫ НАДЕЖНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ  
НАГРЕТОЙ ПРОВОЛОКОЙ (КРАТКОВРЕМЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ)

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	Коэффициент надежности $\gamma$
21	Твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен Полипропилен	0,6—0,8 0,5—0,8
	Полиметилметакрилат	0,5—0,6
27, 28	Твердый полиэтилен, мягкий полиэтилен Полипропилен	0,8—0,9 0,7—0,9

### 2.4.2.5. Сварка нагретым клином (НК-)

Надежность сварных соединений из однородных основных материалов определяется толщиной свариваемых деталей, формой соединения, шириной шва, используемым присадочным материалом, температурой нагретого инструмента, постоянством температуры во время образования шва, качеством поверхности нагретого инструмента, усилием при сварке, скоростью сварки, тщательностью выполнения сварочных работ. См также рис. 2.35, 2.36 и табл. 2.84.

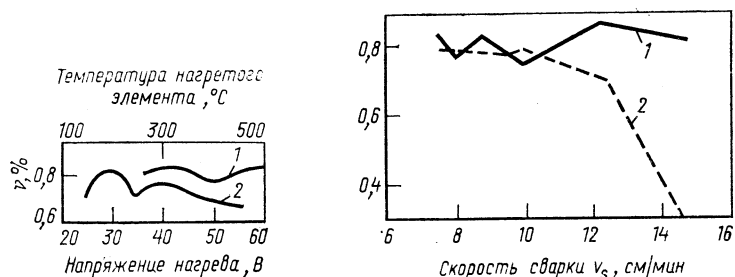


Рис. 2.35. Коэффициент надежности соединений  $\nu$  из мягкого эмульсионного поливинилхлорида (кратковременные испытания) (толщина 1 мм; сварка внахлестку; прямой нагрев нагретым клином). Скорость сварки:  
1 — 1800 см/мин; 2 — 250 см/мин; давление каждого ролика 5 кгс/см<sup>2</sup>

Рис. 2.36. Влияние качества поверхности нагретого клина при непрямом его нагреве на коэффициент надежности  $\nu$  соединений из мягкого эмульсионного поливинилхлорида при сварке нагретым клином (толщина  $s = 1$  мм; температура сварки 300 °С, сварка внахлестку):  
1 — гладкая поверхность; 2 — шероховатая поверхность

ТАБЛИЦА 2.81

КОЭФФИЦИЕНТЫ НАДЕЖНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ НАГРЕТЫМ КЛИНОМ

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	Коэффициент надежности	
		кратковременные испытания	длительные испытания ( $T = 80$ °С, $\sigma = 2$ ) МПа
21 ( $s = 0,5 \div 0,2$ )	Твердый полиэтилен	0,75—0,85	0,45
	Мягкий полиэтилен	0,75—0,85	
	Полипропилен	0,70—0,80	
	Мягкий поливинилхлорид	0,75—0,85	
	Полиамид РА-6	0,65—0,75	
1 ( $s = 2 \div 5$ )	Твердый полиэтилен	0,5—0,7	0,40
	Мягкий полиэтилен	0,5—0,7	
	Полипропилен	0,5—0,7	
4 ( $s \geq 5$ )	Полиметилметакрилат	0,5—0,6	0,6
	Твердый полиэтилен	0,6—0,75	
	Мягкий полиэтилен	0,6—0,75	
	Полипропилен	0,6—0,75	

### 2.4.2.6. Сварка термомпульсом (WI-)

Надежность сварных соединений из однородных основных материалов определяется толщиной свариваемых деталей, формой соединения, шириной шва, импульсной системой (односторонний или двусторонний термомпульс), мощностью импульса, усилием при сварке, скоростью охлаждения нагревающего элемента, временем охлаждения под давлением, тщательностью выполнения сварочных работ. См. также табл. 2.85.

ТАБЛИЦА 2.85

КОЭФФИЦИЕНТЫ НАДЕЖНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ ТЕРМОИМПУЛЬСОМ (КРАТКОВРЕМЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ)

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	Коэффициент надежности $\nu$
21	Твердый полиэтилен	0,85—0,95
	Мягкий полиэтилен	0,85—0,95
	Полипропилен	0,85—0,95
	Твердый суспензионный поливинилхлорид	0,85—0,95
	Твердый эмульсионный поливинилхлорид	0,75—0,85
	Мягкий поливинилхлорид	0,65—0,85
	Полиамид РА-6	0,7—0,8
	Полиуретан	0,85—0,95
	Поликарбонат	0,7—0,8
	Ацетатцеллюлоза	0,7—0,8
	Поливинилфторид	0,85—0,95
	Полиэтилентерефталат	0,85—0,95
	Поливиниловый спирт	0,6—0,7
24	Твердый полиэтилен	0,6—0,7
	Мягкий полиэтилен	0,6—0,7
	Полипропилен	0,6—0,7
	Твердый суспензионный поливинилхлорид	0,6—0,7
	Мягкий поливинилхлорид	0,45—0,6

### 2.4.2.7. Сварка контактно-тепловая (WK-)

Надежность сварных соединений при одинаковом основном материале определяется толщиной свариваемых деталей, формой соединения, шириной шва, контактной системой (односторонний или двусторонний тепловой контакт), температурой нагретого инструмента, длительностью контакта (скоростью сварки), усилием при сварке, скоростью охлаждения под давлением (только при непрерывном образовании шва), тщательностью выполнения сварочных работ. См. также табл. 2.86.

ТАБЛИЦА 2.86

КОЭФФИЦИЕНТЫ НАДЕЖНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ КОНТАКТНО-ТЕПЛОВОЙ СВАРКЕ (КРАТКОВРЕМЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ)

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	Коэффициент надежности $\nu$	
		прерывистая сварка	непрерывная сварка
21	Твердый полиэтилен	0,65—0,75	0,75—0,85
	Мягкий полиэтилен	0,65—0,75	0,75—0,85
	Полипропилен	0,65—0,75	0,75—0,85
	Твердый суспензионный поливинилхлорид	0,7—0,8	0,8—0,9
	Мягкий поливинилхлорид	0,6—0,7	0,65—0,8
	Полиэтилентерефталат	—	0,5—0,6

### 2.4.3. СВАРКА ОПЛАВЛЕНИЕМ (AS-)

Надежность сварных соединений при одинаковом основном материале определяется толщиной свариваемых деталей, состоянием соединяемых изделий (степенью деформации материала), температурой нагретой проволоки или пламени, расстоянием

нагретой проволоки или пламени от поверхности свариваемого изделия, объемом материала для образования шва, временем или скоростью сварки, тщательностью выполнения сварочных работ. См. также табл. 2.87.

ТАБЛИЦА 2.87  
КОЭФФИЦИЕНТЫ НАДЕЖНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ  
ПРИ СВАРКЕ ОПЛАВЛЕНИЕМ (КРАТКОВРЕМЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ)

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	Коэффициент надежности $\gamma$
26	Твердый полиэтилен	0,4—0,5
	Мягкий полиэтилен	0,5—0,6
	Полипропилен	0,5—0,6
	Полиамид РА-6	0,3—0,4
	Полистирол	0,3—0,4
	Ткань с покрытием из полиамида РА-6	0,5—0,6

#### 2.4.4. ЭКСТРУЗИОННАЯ СВАРКА (Е-)

Надежность сварных соединений при одинаковом материале определяется формой соединения, ходом шва, толщиной свариваемых деталей; также влияют на надежность соединения тип, состав, форма и размер поперечного сечения присадочного материала, выравнивание состава и режим температуры и давления присадочного материала в шнековом цилиндре и в соединительном шланге, количество и равномерность во время выдачи присадочного материала, температура присадочного материала при попадании в соединение; температура места сварки (зависит от температуры и количества нагретого газа), скорость сварки, усилие при сварке, скорость охлаждения шва, тщательность выполнения сварочных работ. См. также табл. 2.88.

#### 2.4.5. СВАРКА ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ (HF-)

Надежность сварных соединений при одинаковом основном материале определяется формой сварных соединений, толщиной свариваемых деталей, мощностью высокой частоты, усилием при сварке, временем сварки или скоростью сварки, временем охлаждения под давлением, типом электродов и характером их расположения, глубиной хода электродов в свариваемую деталь, типом и толщиной применяемых изолирующих материалов, природой основного материала и формой применения вспомогательных средств сварки, тщательностью выполнения сварочных работ. См. также табл. 2.89.

Внешний вид швов и зависимость качества шва от условий сварки — рис. 2.37 и 2.38.

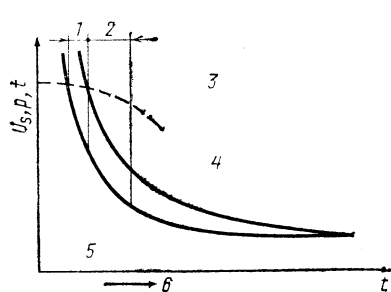


Рис. 2.37. Зависимость качества шва от условий сварки токами высокой частоты: 1 — зона технологически оптимальной сварки; 2 — участок нормальной сварки; 3 — зона разложения, ограничение мощности из-за достижения пиковой напряженности поля; 4 — участок начинающегося разрушения, первые признаки разрушения (образование пузырьков газа); 5 — неудовлетворительные условия плавления; б — снижение качества сварного соединения

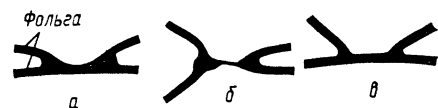


Рис. 2.38. Внешний вид швов, полученных при сварке токами высокой частоты: а — неудовлетворительно, слишком малое усилие, слишком большое время образования пузырьков газа между фольгой; б — неудовлетворительно, усилие нормальное, слишком большое время, шов дополнительно перегревается, пузырьки газа в утолщениях; в — хорошо, усилие и время нормальные, в шве нет пузырьков газа

ТАБЛИЦА 2.88

#### КОЭФФИЦИЕНТЫ НАДЕЖНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ЭКСТРУЗИОННОЙ СВАРКЕ

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	Толщина s, мм	Угол $\alpha$ , град	Коэффициент надежности $\gamma$	
				кратковременные испытания	длительные испытания
21	Твердый полиэтилен Мягкий полиэтилен Полипропилен	0,2—3 0,2—3 0,2—3	— — —	0,95—1,0 0,95—1,0 0,95—1,0	— — —
1, 38	Мягкий полиэтилен	80—90 60 35	0,95—1,0 0,95—1,0 0,90—0,95	— — —	
					1, 38
4	Твердый полиэтилен	5—10 10—20 20—25	80—90 60 35	0,95—1,0 0,95—1,0 0,95—1,0	
					4
4	Полипропилен	5—10 10—20 20—25	80—90 60 35	0,95—1,0 0,95—1,0 0,95—1,0	

Примечание. Для толщин  $s > 20$  мм при слишком быстром охлаждении сварного шва существует опасность образования в шве пустот, что вызывает снижение коэффициента надежности; этого можно избежать с помощью покрытия шва непосредственно после сварки слоем самосклеивающейся пены толщиной 10 мм.

КОЭФФИЦИЕНТЫ НАДЕЖНОСТИ ПРИ СВАРКЕ ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ  
(КРАТКОВРЕМЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ)

Расположение электродов	Материал	Коэффициент надежности $\gamma$ при форме соединения (см. табл. 8.5)		
		21	17, 18, 24, 25	6
Перемычка к плите с изолирующим веществом без ограничения расстояния	Мягкий поливинилхлорид	0,75—0,9	0,55—0,7	—
	Твердый поливинилхлорид	0,8—0,9	—	—
	Поливинилиденхлорид	0,8—0,9	0,6—0,7	—
	Полиамид PA-6	0,6—0,7	—	—
	Мягкий поливинилхлорид	0,8—1	0,6—0,75	—
	Твердый поливинилхлорид	0,85—1	—	—
То же, с ограничением расстояния	Поливинилиденхлорид	0,9—1	0,65—0,75	—
	Полиамид PA-6	0,65—0,75	—	—
	Мягкий поливинилхлорид	0,8—1	0,65—0,80	—
	Твердый поливинилхлорид	0,85—1	—	—
	Поливинилиденхлорид	0,9—1	0,7—0,85	—
	Полиамид PA-6	0,65—0,75	—	—
Перемычка к плите, без изолирующего вещества, с ограничением расстояния	Мягкий поливинилхлорид	0,8—1	0,7—0,85	—
	Твердый поливинилхлорид	0,9—1	—	—
	Поливинилиденхлорид	0,9—1	0,7—0,85	—
	Полиамид PA-6	0,7—0,8	—	—
	Мягкий поливинилхлорид	—	0,25—0,40	—
	Твердый поливинилхлорид	—	0,65—0,75	—
То же	Мягкий поливинилхлорид	—	0,75—0,80	—
	Твердый поливинилхлорид	—	—	—
	Поливинилиденхлорид	—	—	—
	Полиамид PA-6	—	—	—
	Мягкий поливинилхлорид	—	—	—
	Твердый поливинилхлорид	—	—	—
Сварка с разделительным кантом к плите с изолирующим веществом	Мягкий поливинилхлорид	—	—	—
	Твердый поливинилхлорид	—	—	—
	Поливинилиденхлорид	—	—	—
	Полиамид PA-6	—	—	—
	Мягкий поливинилхлорид	—	—	—
	Твердый поливинилхлорид	—	—	—
Асимметрическая сварка без канта	Мягкий поливинилхлорид	—	—	—
	Твердый поливинилхлорид	—	—	—
	Поливинилиденхлорид	—	—	—
	Полиамид PA-6	—	—	—
	Мягкий поливинилхлорид	—	—	—
	Твердый поливинилхлорид	—	—	—
Квазисимметрическая сварка без канта	Мягкий поливинилхлорид	—	—	—
	Твердый поливинилхлорид	—	—	—
	Поливинилиденхлорид	—	—	—
	Полиамид PA-6	—	—	—
	Мягкий поливинилхлорид	—	—	—
	Твердый поливинилхлорид	—	—	—
Перемычка к перемычке	Полиметилметакрилат	—	—	0,5—0,6

### 2.4.6. ИНДУКЦИОННАЯ СВАРКА (I-)

Надежность сварных соединений при одинаковом основном материале определяется диаметром нагреваемой проволоки, мощностью нагрева, временем нагрева (подогрева), усилием при нагреве, усилием при сварке, временем охлаждения под давлением, тщательностью выполнения сварочных работ. См. также табл. 2.90.

ТАБЛИЦА 2.90  
КОЭФФИЦИЕНТЫ НАДЕЖНОСТИ \* СОЕДИНЕНИЙ  
ПРИ ИНДУКЦИОННОЙ СВАРКЕ  
(КРАТКОВРЕМЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ)

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	Коэффициент надежности $\gamma$
32	Твердый полиэтилен	0,6—0,8
	Мягкий полиэтилен	0,6—0,8
	Полипропилен	0,5—0,8
	Полиметилметакрилат	0,5—0,6

\* Термин «Коэффициент надежности» — условный, поскольку он не связан с испытанием соединений для получения показателей надежности (долговечности или вероятности безотказной работы). *Прим. ред.*

### 2.4.7. СВАРКА ТРЕНИЕМ (R-)

Надежность сварных соединений при одинаковом основном материале определяется формой соединения, размерами свариваемых деталей, скоростью движения при трении, временем действия трения, прижимающим усилием, усилием при пластификации, усилием при сварке, временем охлаждения под давлением; при непрямой сварке трением дополнительно влияют время перестановки элемента нагрева, тип материала и шероховатость вызывающего трение покрытия. См. также табл. 2.91.

ТАБЛИЦА 2.91  
КОЭФФИЦИЕНТЫ НАДЕЖНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ  
ТРЕНИЕМ (КРАТКОВРЕМЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ)

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	Коэффициент надежности * $\gamma$	Сварка с элементом трения
32 4 34	Твердый эмульсионный поливинилхлорид	0,8—1	0,8—1
	Твердый полиэтилен	0,8—1	0,8—1
	Мягкий полиэтилен	0,9—1	—
	Полипропилен	0,8—1	—
	Полиамид PA-6	0,8—1	0,8—1
	Сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола	0,8—0,9	0,7—0,8
	Полиметилметакрилат	0,8—0,9	—
	Полюксиметилен	0,7—1	—
	Полипропилен типа 0	0,6—1	—
	* Сварка вращением и вибротрением		

### 2.4.8. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СВАРКА (US-)

Надежность сварных соединений при одинаковом исходном материале определяется формой соединения, толщиной свариваемых деталей, энергией ультразвука, амплитудой, временем или скоростью сварки, усилием при сварке, формой волновода и его размерами, характеристикой опоры, а также тщательностью сварочных работ. См. также табл. 2.92.

ТАБЛИЦА 2.92  
КОЭФФИЦИЕНТ НАДЕЖНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ  
УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКЕ

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал	Коэффициент надежности $\nu$	
		сварка контактная	сварка передаточная
29	Сополимеры: акрилонитрила, бутадиена и стирола	0,9—1	0,8—0,9
30	стирола и акрилонитрила	0,9—1	0,8—0,9
31	Полиамид РА-6	0,7—0,8	0,4—0,6
	Поликарбонат	0,9—1	0,8—0,9
	Полистирол	0,95—1	0,95—1

### 2.4.9. СВАРКА ИЗЛУЧЕНИЕМ (SS-)

#### 2.4.9.1. Сварка световым лучом (LS-)

Надежность сварных соединений при одинаковом исходном материале определяется толщиной свариваемых деталей, формой соединения, числом слоев шва (при использовании присадочного материала), температурой нагрева, временем нагрева, временем перестановки элемента нагрева, температурой сварки, усилием при сварке, скоростью или временем сварки, временем охлаждения под давлением, составом присадочного материала, а также тщательностью выполнения сварочных работ. См. также табл. 2.93.

ТАБЛИЦА 2.93  
КОЭФФИЦИЕНТЫ НАДЕЖНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ  
ПРИ СВАРКЕ СВЕТОВЫМ ЛУЧОМ (КРАТКОВРЕМЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ)

Форма соединения (см. табл. 8.5)	Материал и присадочный материал	Коэффициент надежности $\nu$	Коэффициент вариации $\chi$ , %	Применение сферической диафрагмы
1 $\alpha = 60^\circ$ $\alpha = 70^\circ$	Твердый полиэтилен естественного цвета и круглый пруток диаметром 4 мм из твердого полиэтилена черного цвета	0,46	$\pm 58$	—
		0,43	$\pm 57$	+
		0,39	$\pm 87$	—
2 $\alpha = 60^\circ$ $\alpha = 70^\circ$	То же	0,25	$\pm 92$	+
		0,46	$\pm 59$	—
		0,31	77	+
1 $\alpha = 70^\circ$	Твердый эмульсионный поливинилхлорид красно-коричневого цвета, строенный сварочный пруток диаметрами 6,5 : 3,5 мм из поливинилхлорида по TGL 9253, серый	0,62	$\pm 39$	—
		0,39	$\pm 42$	+
		0,54	$\pm 26$	—
2 $\alpha = 70^\circ$	То же	0,54	$\pm 27$	+
		0,70	$\pm 15$	—
		0,41	$\pm 24$	—
1 $\alpha = 70^\circ$	Твердый суспензионный поливинилхлорид серого цвета, строенный сварочный пруток диаметрами 6,5 : 3,5 мм из поливинилхлорида по TGL 9253, серый	0,41	$\pm 13$	+
		0,41	$\pm 13$	+
		0,74	$\pm 23,4$	—
2 $\alpha = 70^\circ$	То же	0,41	$\pm 13$	+
		0,41	$\pm 13$	+
		0,74	$\pm 23,4$	—

### 2.4.9.2. Лазерная сварка (La-)

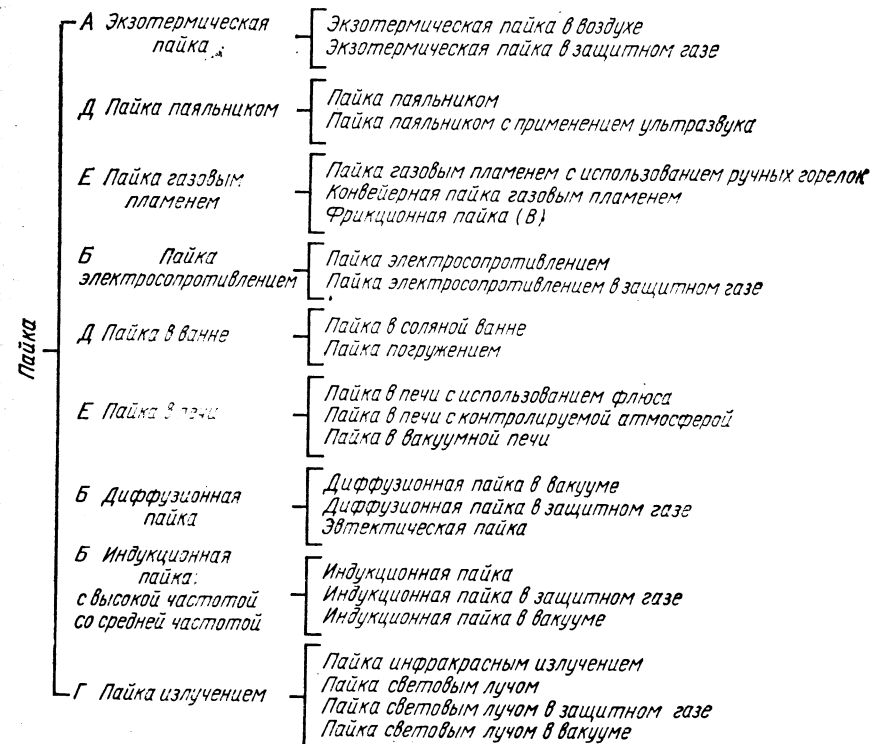
В настоящее время еще не установлены коэффициенты надежности соединений при лазерной сварке.

## 3

## ТЕХНИКА ПАЙКИ<sup>1</sup>

### 3.1. ОБЗОР И КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ПАЙКИ

#### Схема V



#### 3.1.1. ПАЙКА ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕМ

Принципы пайки — рис. 3.1.

Границы применимости

Соединения большой площади (50—4000 м<sup>2</sup>), толщина  $s = 2 \div 20$  мм.

Материал: углеродистая сталь, медь, бронза и комбинации материалов.

Область использования: локальная твердая пайка пластинок из твердого сплава на режущих инструментах, пайка ленточных пил, обмоток возбуж-

<sup>1</sup> См. также Лоцманов С. Н., Петрунин И. Е. Пайка металлов. М.: Машиностроение, 1966; Лашко Н. Ф., Лашко С. В. Пайка металлов. М.: Машиностроение, 1967; Заичев К. Н., Мацюк Л. Н. Сварка пластмасс. М.: Машиностроение, 1968. Прим. ред.



дения электродвигателей, мягкая пайка соединяемых проволок в электронной промышленности с использованием изогнутых электродов.

Степень механизации: от малой до средней.

Параметры: плотность тока 1,5—7,5 А/мм<sup>2</sup>, сила тока для нагрева 500—10 000 А; вторичное напряжение 4 В.

Продолжительность пайки: 5—10 с.

Конфигурация соединения: см. 3.4; ширина зазора 0,1—0,3 мм, соединения внахлестку лист — лист и тонкостенная труба — тонкостенная труба.

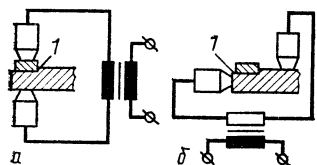


Рис. 3.1. Пайка электросопротивлением: а — прямой нагрев; б — косвенный нагрев; 1 — припой

### Оборудование

См. 3.2: машины для сварки электросопротивлением, клещи для сварки электросопротивлением, специальные машины для пайки ленточных пил, зубопротезные паяльные устройства.

Материал электродов: графит — для медных деталей малого сечения; медь, вольфрам, жаростойкая сталь — для углеродистой стали (с повышенным переходным сопротивлением).

### Присадочные материалы

Оловянносвинцовые припои для мягкой пайки (см. табл. 3.17), припой LMс60, флюс (см. табл. 3.20 и 3.26).

### Техника пайки

Пайку применяют только для соединений внахлестку.

Внимание! Припои в виде фольги не обеспечивают надежного контакта, лучше применять припои из проволоки!

При прямом пропускании электрического тока существует опасность перегрева.

Пайка электросопротивлением при косвенном нагреве наиболее целесообразна для соединения деталей с различным поперечным сечением (деталь меньшего размера доводят до нужной температуры путем косвенного нагрева, например при напайке пластинок из твердого сплава). Перед наложением припоя необходима механическая зачистка поверхности изделий в месте спаивания.

Данный способ пайки осуществим только с флюсом, отличается широкими возможностями регулирования мощности и легко поддается механизации.

## 3.1.2. ИНДУКЦИОННАЯ ПАЙКА

Принцип пайки — рис. 3.2.

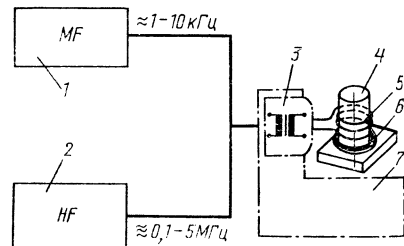
### Границы применимости

При средних частотах (1000—10 000 Гц) допустима пайка стали толщиной  $s = 5 \div 15$  мм, меди  $s = 4 \div 12$  мм; при высокой частоте (0,1—5 МГц) допустима пайка стали  $s = 0,1 \div 3$  мм, меди  $s = 0,3 \div 3$  мм.

Материал: все металлы, преимущественно углеродистая сталь, медь, латунь, алюминий.

Рис. 3.2. Индукционная пайка:

MF — источник средней частоты; HF — источник высокой частоты; 1 — мотор-генератор; 2 — генератор высокой частоты; 3 — согласующий трансформатор; 4 — деталь; 5 — водоохлаждаемый индуктор; 6 — кольцо припоя; 7 — рабочее устройство



Область использования: локальная мягкая и твердая пайка деталей простой конфигурации, прежде всего осесимметричных изделий; в транспортном машиностроении: амортизаторы, тормозная проводка, рамы и подвески колес велосипедов; в металлообрабатывающей промышленности: детали счетных машин, швейных машинок, инструменты из твердых сплавов, столовые приборы, мелкие изделия (например, зажигалки), медицинское оборудование, детали манометров; в электропромышленности: коммутационные контакты, конденсаторы, электроннолучевые трубки.

Индукционная пайка особенно целесообразна при массовом производстве; она обеспечивает высокую воспроизводимость результатов, высокую производительность благодаря большой плотности энергии.

Возможна пайка с применением флюсов, защитного газа и пайка в вакууме. Степень механизации: высокая.

Параметры пайки:

	Средняя частота	Высокая частота
Излучаемая мощность, кВт . . . . .	20—300	2—30
Продолжительность пайки, с . . . . .	30—240	5—60

Конфигурация изделий: детали простой формы, преимущественно осесимметричные (простая форма индуктора); см. 3.4.

### Специализированное оборудование

Генераторы средней частоты с устройствами для механизации (мотор-генераторы и статические частотные преобразователи); ламповые генераторы высокой частоты со специальным оборудованием для механизации (поворотные манипуляторы, подъемные устройства, приемные и транспортные устройства).

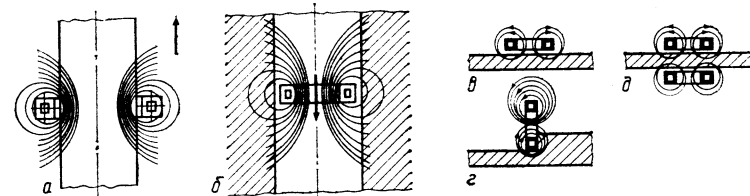


Рис. 3.3. Влияние формы индуктора на к. п. д. пайки:

а — индуктор с внутренним полем,  $\eta = 0,5 \div 0,9$ ; б — индуктор с внешним полем,  $\eta = 0,3 \div 0,5$ ; в — поверхностный индуктор (односторонний),  $\eta = 0,15 \div 0,3$ ; г — поверхностный индуктор:  $\eta = 0,3 \div 0,6$ ; д — двусторонний поверхностный индуктор,  $\eta = 0,4 \div 0,8$

Передачик энергии: водоохлаждаемый индуктор, форма которого соответствует форме спаивания (рис. 3.3).

Согласующие трансформаторы, поворотные манипуляторы для подачи соединяемых деталей.

### Присадочные материалы

Припои с узким интервалом плавления или с устойчивой температурой плавления и высокой жидкотекучестью.

Серебряные твердые припои (см. табл. 3.23 и 3.25).

Оловянносвинцовые припои (см. табл. 3.17).

Припои с фосфором (см. табл. 3.22).

Алюминиевые припои (см. табл. 3.29).

Флюсы (см. табл. 3.20 и 3.26).

Защитные газы (см. табл. 3.31).

(Вакуум).



ТАБЛИЦА 3.1

ГЛУБИНА ПРОНИКНОВЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА  
ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ЧАСТОТЕ И ТЕМПЕРАТУРЕ

Основной материал	Температура, °C	$\rho$ , Ом·мм <sup>2</sup> /м	Глубина проникновения при частоте, кГц				
			2	10	500	1000	3000
Сталь	20 °C	0,180	0,7	0,30	0,042	0,030	0,008
»	( $\mu_r = 50$ )						
»	1000	1,200	12,3	5,50	0,78	0,55	0,318
Медь	20	0,00175	1,49	0,66	0,094	0,066	0,038
»	650	0,075	3,08	1,38	0,195	0,138	0,080
»	850	0,100	3,56	1,59	0,225	0,159	0,092
Латунь	20	0,068	2,93	1,31	0,190	0,131	0,076
»	600	0,140	4,21	1,88	0,266	0,188	0,109
»	800	0,186	4,85	2,17	0,306	0,217	0,125
Алюминий	20	0,031	1,98	0,87	0,125	0,089	0,051
»	800	0,088	3,34	1,49	0,211	0,149	0,086

## Техника пайки

Бесступенчатая регулировка мощности, установка времени для ограничения продолжительности пайки. Применяется только для пайки по зазору 0,05 мм (в защитном газе) — 0,25 мм (с флюсом).

Зазор между соединяемыми деталями: при средней частоте 2—4 мм, при высокой частоте 2—3 мм (сталь), 1—2 мм (медь).

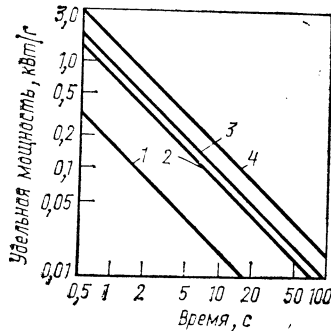


Рис. 3.4. Диаграмма для примерного определения удельной мощности или мощности генератора:

1 — мягкая пайка сталей и цветных металлов (200—250 °C); 2 — твердая пайка стали (700—800 °C); 3 — твердая пайка цветных металлов (650—750 °C); 4 — высокотемпературная пайка стали (1100 °C)

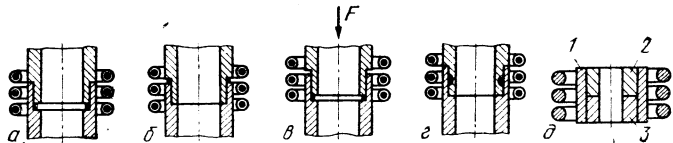


Рис. 3.5. Варианты пайки и расположения индуктора при соединении труб: а — поднимающийся припой; б — опускающийся припой; в — поднимающийся припой со смещением детали; г — с запасом припоя

Глубина проникновения (мм) электрического тока (табл. 3.1)

$$\delta = 503 \sqrt{\rho [\text{Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}] / f [\text{с}^{-1}] \mu_r}$$

где  $\mu_r$  — магнитная проницаемость.

Минимальные размеры, предопределенные физическими свойствами: цилиндр  $d/\delta \geq 5 \div 10$ , где  $d$  — диаметр цилиндра;

пластинки и полосы  $s/\delta \geq 3$ , где  $s$  — толщина листа; трубы  $s/\delta \approx 1,5$ , где  $s$  — толщина стенки.

Внимание! При  $s/\delta > 1,5$  можно повысить переносимую мощность, если отношение внутреннего диаметра трубы к глубине проникания тока будет больше 10—20.

Варианты пайки — рис. 3.5.

## 3.1.3. ПАЙКА ИЗЛУЧЕНИЕМ

Принципы пайки — рис. 3.6.

Границы применимости

Размеры: мелкие детали массой ~1 г.

Материал: все металлы, преимущественно с невысокой теплопроводностью, латунь.

Область использования: мягкая (и твердая) пайка мелких деталей в электротехнике и электронике, производство точных приборов и счетных машинок, производство транзисторов, исполнение контактов электронных вставок.

Степень механизации: от средней до высокой.

Параметры пайки: мощность излучателя 150—5000 Вт; размер пятна нагрева: диаметр 4—15 мм, размер полосы 85×3—260×7 мм, максимальная температура  $\approx 1600$  °C, длина световой волны 1—2,3 мкм.

Продолжительность пайки 5—30 с.

Конфигурация: соединения проволока—проволока, проволока—лист (см. 3.4).

Оборудование

Лампы-термоизлучатели и источники инфракрасных лучей различной мощности и длин волн.

В зависимости от производственных задач применяют точечные или щелевые излучатели.

Присадочные материалы

Оловянносвинцовые припой (см. табл. 3.17).

Специальные припой (см. табл. 3.18).

Флюсы (см. табл. 3.20).

Техника пайки

Применение эллиптического зеркала с электрическими галоидными лампами. Набор заданной температуры в пределах  $\pm 10$  °C, одинаковое качество, воспроизводимые параметры пайки.

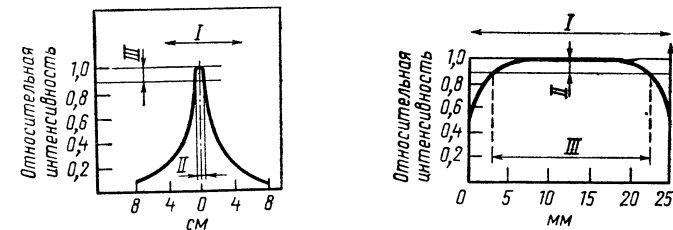


Рис. 3.7. Распределение температур в точке нагрева на поверхности листа точечного излучателя (эллипсоид вращения):

I — диаметр отверстия лампы; II — диаметр рабочего интервала; III — допустимая величина  $\Delta T$

Рис. 3.8. Распределение температур по линии нагрева на поверхности листа в продольном направлении плоского излучателя (эллиптический цилиндр) с диафрагмой:

I — длина рабочего интервала, мм; II — допустимая величина  $\Delta T$ ; III — длина отверстия диафрагмы

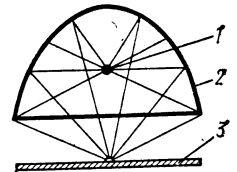


Рис. 3.6. Пайка излучением:

1 — источник света; 2 — эллиптическое зеркало; 3 — изделие

Возможен нагрев через стекло. Необходимо использовать защитные светофильтры.

Распределение температур при пайке — рис. 3.7, 3.8.

### 3.1.4. ПАЙКА ПАЯЛЬНИКОМ

Принцип пайки — рис. 3.9.

Границы применимости

Размеры: проволока диаметром  $d_{Dr} = 0,2 \div 2$  мм;  $s = 0,2 \div 2$  мм.

Материал: углеродистая сталь, медь, латунь, высоколегированная сталь, свинец, цинк (алюминий).

Область использования: ручная и машинная пайка массовых деталей в электротехнике и электронике; пайка при ремонтных работах в электронике и технике связи; пайка при монтажных работах; пайка по жести; механизированное изготовление упаковочного материала.

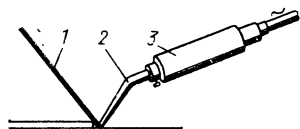


Рис. 3.9. Пайка паяльником:  
1 — припой; 2 — сменный наконечник паяльника; 3 — нагревательный патрон

Степень механизации: от низкой до высокой (специальные машины).

Параметры пайки: мощность нагрева 15—2000 Вт; температура паяльника 200—600 °С, масса паяльника 5—1000 г; продолжительность пайки 10—60 с.

Конфигурация: пайка по зазору и пайка без зазора, напайка (лужение); см. 3.4.

Оборудование

См. 3.2; паяльники с электрическим и газовым нагревом (см. табл. 3.9 и 3.10); устройства для пайки консервных банок (см. табл. 3.11 и 3.12); паяльные пистолеты.

Присадочные материалы

Оловянносвинцовые припои с содержанием олова более 30 % (см. табл. 3.17).

Мягкие алюминиевые припои (см. табл. 3.28) для небольших поперечных сечений.

Специальные мягкие припои (см. табл. 3.18 и 3.19).

Медные защитные припои с содержанием меди < 2 %.

Флюсы (см. табл. 3.20).

Применяемые в электронике и электротехнике припои SW 21—23 и SW 31—32.

Применяемые при монтажных работах и при работе по жести припои SW 11—14 (ZnCl<sub>2</sub>).

Техника пайки

Большой расход энергии при пайке металлов с высокой теплопроводностью (медь).

Большая растворяющая способность медь—жидкое олово и в связи с этим большое углубление в медном паяльнике, возможность использования медного защитного припоя LZn60Cu1,5.

Сменные наконечники паяльников с никелевым и алюминиевым покрытием.

Последовательность операций при машинной пайке паяльником:

механическая или химическая очистка мест спая;

установка соединяемых деталей;

подвод флюса к месту спая;

очистка и нагрев паяльника;

подвод припоя к паяльнику или к месту спая;

нагрев места спая;

отвод паяльника после полного остывания спая.

При длительной работе следует регулировать температуру во избежание чрезмерного износа паяльника.

ТАБЛИЦА 3.2

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЙ ВЫБОР РАЗМЕРА ПАЯЛЬНИКА

Мощность паяльника, Вт	Рекомендации по применению
20	Изготовление миниатюрных деталей, кнопочных выключателей, пайка тончайших проволок, а также исполнение всех очень мелких спаев
35	Тонкая пайка, пайка тонких проволок (диаметром 0,2—0,5 мм), изготовление кнопочных выключателей
50	Изготовление кнопочных выключателей, быстрая пайка проволоки диаметром до 0,8 мм
70	Быстрая пайка проволоки диаметром до 1,0 мм
85	Быстрая пайка проволоки сечением до 1,5 мм <sup>2</sup> , пайка более толстых контактных выступов
120—140	Пайка проволоки сечением 2,5 мм <sup>2</sup> , объемных контактных выступов на листах толщиной до 1,5 мм
150—2000	Пайка на более толстых листах, пайка на воздухе и на деталях с высокой теплопроводностью

### 3.1.5. ПАЙКА В ВАННЕ

Принцип пайки — рис. 3.10.

#### 3.1.5.1. Пайка твердым припоем погружением

Границы применимости

Размеры: преимущественно для наиболее мелких деталей (при меньшем расходе энергии).

Материал: углеродистые стали, алюминий.

Область использования: монтажные работы, строительство трубопроводов, изготовление теплообменников (Al).

Степень механизации: высокая.

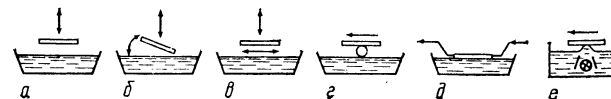


Рис. 3.10 Способ пайки в ванне:

a — вертикальное погружение; б — погружение с наклоном; в — пайка со свинцовоцинкокадмиевым припоем; г — пайка с вращающимся роликом; д — пайка с протягиванием в ванне; е — пайка волной припоя

Параметры пайки: температура ванны 1000—1100 °С; продолжительность пайки 1—10 мин.

Конфигурация: особенно выгодно использовать данный способ пайки для деталей с несколькими одновременно реализуемыми спаями (для изготовления теплообменников) и для соединений, получаемых пайкой по зазору  $b_{sp} < 0,5$  мм.

Флюсы (смесь буры с борной кислотой) закрывают поверхность ванны. Следует избегать образования газовых включений из-за опасности взрыва.

### Оборудование

Для твердой пайки погружением машины серийного типа в ГДР не производятся.

### Присадочные материалы

Припой LMs60 (углеродистые стали).

Припой LA1Si12 (плакированные листы)

Смеси солей (цианиды и др.) при пайке в соляной ванне.

Вязкие флюсы.

### Техника пайки

Соединяемые детали должны быть механически защищены, на них наносится припой и флюс, после чего детали погружают в жидкий припой или в соль.

Крупные детали следует предварительно подогреть (в печи).

**В н и м а н и е!** Использование этого способа пайки сильно сдерживается тем, что вследствие процессов растворения и испарения цинка изменяется состав латуни в ванне; в США и других странах используется преимущественно алюминиевая пайка (изготовление теплообменников с помощью пайки в соляной ванне).

### 3.1.5.2. Пайка мягким припоем погружением

#### Границы применимости

**Размеры:** нагреваемая масса < 1000 г.

**Материалы:** углеродистые стали, медь, никель и никелевые сплавы (металлические соединения без цинка, алюминия и кадмия).

**Область использования:** поточное производство в электротехнической, электронной промышленности (изготовление печатных плат), лужение концов кабелей, производство холодильников, изготовление коллекторов (при производстве электродвигателей).

**Степень механизации:** высокая.

**Параметры пайки:** температура ванны на 60—100 °С выше собственной припоя температуры ликвидуса; годовая производительность 10<sup>5</sup>—10<sup>6</sup> шт.; надежная пайка проводников при зазоре 0,1 мм и линий проводников при зазоре 0,1 мм без образования перемычек (пайка волной припоя); продолжительность пайки 20—60 с.

**Конфигурация:** ширина зазора < 0,2 мм; преимущественно используют детали с несколькими местами спая; поверхность ванны покрывается либо образующейся окисной пленкой, либо специальным веществом (маслом).

### Оборудование

Ванны, разогреваемые газом, мазутом или электрическим током; машины для пайки волной припоя; устройства для протягивания и транспортировки в ванне; моечные установки.

### Присадочные материалы

Эвтектические или близкие к эвтектическому оловянносвинцовые припои без сурьмы (60—64 % Sn), специальные мягкие припои.

Флюсы (см. табл. 3.20).

### Техника пайки

Температура пайки 240—250 ± 3 °С (пайка волной припоя).

При спокойной ванне применяется припой LZn60Cu1.5 (слабое окисление ванны).

Последовательность операций при пайке:

предварительная очистка соединяемых частей;

проверка на паяемость (позиционирование, нанесение флюса);

сушка флюса; пайка; контроль; ремонт.

Способы ограничения движения припоя по поверхности детали: лак для остановки припоя; меловые пасты; фосфатирование всей детали и последующее удаление пленки в местах спая; защитные маски.

### 3.1.6. ПАЙКА ГАЗОВЫМ ПЛАМЕНЕМ

#### 3.1.6.1. Пайка газовым пламенем ручная

**Принцип пайки** — рис. 3.11.

#### Границы применимости

**Размеры:**  $s = 1 \div 10$  мм.

**Материал:** углеродистые и низколегированные стали, высокоуглеродистые стали, серый чугун, медь, латунь, никель и никелевые сплавы.

**Область использования:** стандартный способ пайки для всех ремонтных работ, изготовление мелких партий, монтажные работы и строительство трубопроводов; пайка по-строению.

**Степень механизации:** невысокая.

**Параметры пайки:**

	С воздухом	С кислородом
Температура пламени, °С:		
пропана . . . . .	1925	2850
ацетилена . . . . .	2325	3100
бытового газа . . . . .	1918	2730
Избыточное давление, МПа:		
пропана . . . . .	0,15—40	—
ацетилена . . . . .	0,05—0,08	—
бытового газа . . . . .	0,03	—
Продолжительность пайки, мин . . . . .	0,5—3	

**Конфигурация:** пайка по зазору 0,2—0,5 мм и пайка без зазора.

### Оборудование

Сварочные горелки для ацетилена, горелки для твердой пайки, работающие на пропане и бытовом газе.

### Присадочные материалы

Оловянносвинцовые мягкие припои — по табл. 3.17, 3.18, 3.19. Припой LMs60.

Припои с фосфором — по табл. 3.22; серебряные твердые припои — по табл. 3.23.

Флюсы — по табл. 3.20 и 3.26.

### Техника пайки

Бытовой газ: мягкая пайка.

Пропан: мягкие припои и низкоплавкие твердые припои на железных материалах ( $T_{\max} \approx 800$  °С).

Ацетилен: твердая пайка с тугоплавкими припоями (типа LMs60).

Пламя горелки регулируют так, чтобы был небольшой избыток горючего газа.

Исключение: пайка припоями с повышенным содержанием цикла (LMs60), окислительное пламя (с избытком кислорода или воздуха для уменьшения испарения цинка и для минимального насыщения водородом пламени).

Следует равномерно прогреть соединяемые детали.

Пайка должна быть выполнена в течение 3 мин, иначе происходит загрязнение флюсом (трудно удаляются его остатки).

**В н и м а н и е!** При пайке меди, содержащей кислород, существует опасность водородной болезни из-за насыщения меди водородом пламени.

Миниатюрное газовое пламя: мягкая и твердая пайка ( $T_{\max} = 3400$  °С).

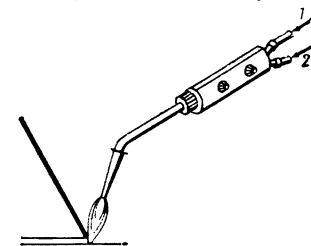


Рис. 3.11. Пайка газовым пламенем ручная:  
1 — горючий газ; 2 — кислород или воздух

### 3.1.6.2. Ленточная пайка газовым пламенем

Принцип пайки — рис. 3.12

Границы применимости

Размеры: толщина  $s = 1-5$  мм.

Материал: углеродистые и низколегированные стали, медь, латунь, алюминий.

Область использования: мелкосерийное и массовое производство в зависимости от исполнения арматуры, производство деталей автомобилей, изготовление теплообменников, непрерывных нагревателей, стальных труб для мебельных гарнитуров и т. д.

Степень механизации: от средней до высокой.

Параметры пайки: как и при ручной пайке газовым пламенем.

Продолжительность пайки: от 20 с до 3 мин.

Конфигурация: см. 3.4; только пайка по зазору при ширине зазора  $b_{sp} \leq 0,2$  мм.

Оборудование

Машины для ленточной пайки газовым пламенем ZIS 521 и ZIS 851; устройства для хранения жидкого газа; экраны для лучшего использования тепла пламени.

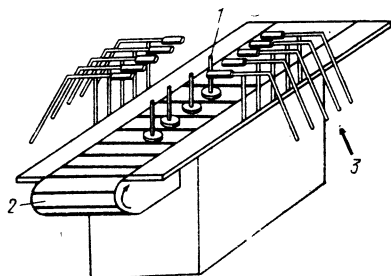


Рис. 3.12. Ленточная пайка газовым пламенем (в исполнении с продольным столом):

1 — деталь для пайки; 2 — конвейерная лента; 3 — горючий газ

Присадочные материалы

Припой с узким интервалом плавления или с неизменной температурой плавления; рабочая температура менее  $850^{\circ}\text{C}$ .

Оловянносвинцовые припои (см. табл. 3.17 и 3.18).

Припой с фосфором (см. табл. 3.22).

Серебряные твердые припои (см. табл. 3.23).

Флюсы (см. табл. 3.20 и 3.26).

Техника пайки

Газ: преимущественно используют смеси пропан—воздух или пропан—кислород, природный газ.

Машины для ленточной пайки газовым пламенем с прерывистым режимом работы (эксплуатация по принципу маятника). Используются для изготовления мелких деталей в малых сериях, длинных, замкнутых деталей (рам автомобилей, станин, стеллажей и т. д.).

Машины для ленточной пайки газовым пламенем с непрерывным режимом работы (исполнение с продольным столом, рис. 3.13). Используются для изготовления деталей арматуры (соединительных фитингов, панелей и т. д., деталей небольшой высоты). Скорость подачи  $0,05-2$  м/мин, годовое массовое производство  $30-50$  тыс. шт.

Машины с круглым столом (рис. 3.14, 3.15). Эти машины используют для изготовления симметричных и асимметричных деталей большей высоты (детали арматуры, подставки для ламп, термозлементы и т. д.). Диаметр поворотного стола  $0,5-2,5$  м; скорость вращения  $0,02-2$  об/мин.

Машины для ленточной пайки газовым пламенем при заданном периоде повторения процесса (см. рис. 3.15).

Эти машины используют для изготовления деталей большего размера, а также для деталей с расположенными далеко друг от друга местами спая (при локальном нагреве). Применяется автоматическая подача деталей и автоматический подвод припоя и флюсов.

Внимание! При транспортировке деталей через нагреваемое газовым пламенем пространство должна быть полностью исключена вибрация.

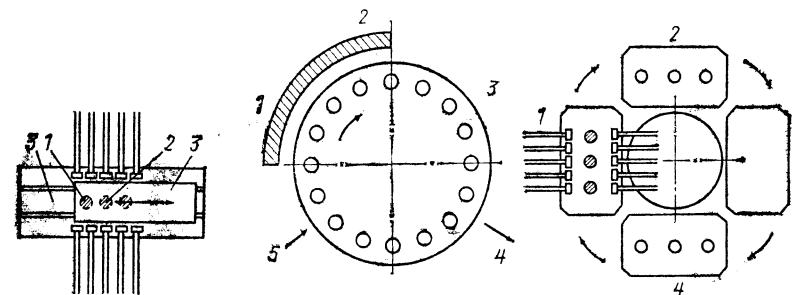


Рис. 3.13. Эксплуатация по принципу маятника:

1 — деталь для пайки; 2 — положение «нагрев и пайка»; 3 — положение «установка и извлечение»

Рис. 3.14. Машины с круглым столом для непрерывного режима работы:

1 — горелка; 2 — пайка; 3 — охлаждение; 4 — извлечение; 5 — установка

Рис. 3.15. Машины с круглым столом при заданном периоде повторения процесса:

1 — пайка; 2 — охлаждение; 3 — резерв или извлечение; 4 — установка, извлечение

### 3.1.7. ПАЙКА В ПЕЧИ

#### 3.1.7.1. Пайка в печи с контролируемой атмосферой

Принцип пайки — рис. 3.16.

Границы применимости

Размеры:  $s = 1-10$  мм, масса  $< 2-3$  кг.

Материал: углеродистые и низколегированные стали, высоколегированные стали, медь, твердые сплавы.

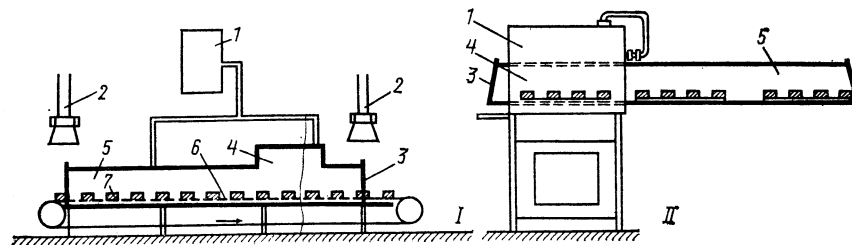


Рис. 3.16. Пайка в печи с контролируемой атмосферой:

1 — непрерывная печь; II — методическая печь; 1 — генератор защитного газа ( $\text{SO}_2$ ); 2 — установка для отсоса газа; 3 — зона загрузки; 4 — зона пайки; 5 — участок охлаждения; 6 — ленточный транспортер; 7 — деталь для пайки

Область использования: массовое производство деталей с несколькими одновременно обрабатываемыми местами спая при полном прогреве деталей; производство счетных машин, холодильников, крупных приборов для домашнего хозяйства, теплообменников; транспортное машиностроение.

Степень механизации: высокая.

Параметры пайки: мощность печи  $10-500$  кВт, температура печи  $1150^{\circ}\text{C}$  (для припоя LCu) или примерно на  $50^{\circ}\text{C}$  выше рабочей температуры в зависимости от используемого припоя. Температура детали на выходе  $100-200^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность пайки  $5-30$  мин.

Конфигурация: см. 3.4; ширина зазора 0,01—0,2 мм; предусматривается фиксация детали в определенном положении с помощью фальцовки, отбортовки и линейной прессовой посадки.

Одновременно можно обрабатывать неограниченное количество спаев.

#### Оборудование

Муфельные печи; методические печи; непрерывные печи; генератор защитного газа.

#### Присадочные материалы

Используют только припой с узким интервалом температур плавления или с неизменной температурой плавления:

припой LCu, LAg60Sn10 — для углеродистых и низколегированных сталей; припой LAg72 и припой для пайки в вакууме (табл. 3.24) — для высоколегированных сталей;

припой LСuP8, LAg15P, LAg72, LAg60Sn10 — для меди.

В н и м а н и е! Нельзя применять припой, содержащие цинк и кадмий.

#### Техника пайки

Тщательная механическая зачистка мест спаев (ограничение растворения оксидов при использовании защитного газа).

Фиксированное положение при пайке с одновременной установкой деталей (самофиксация и самоцентрировка).

При использовании защитного газа, содержащего более 10 % водорода, следует учитывать возможность взрыва при доступе воздуха.

Данный способ применяют прежде всего для пайки углеродистых сталей припоем LCu.

Материалы, содержащие более 2 % марганца и хрома, требуют особо чистого защитного газа (аммиачный крекинг-газ). Возможна пайка в печи алюминия (напайка при плакировании) и латуни только с использованием флюса.

Определение скорости движения ленточного транспортера в печи:

$$v \approx \frac{0,5P_{auf}}{(m c_1 + m_b c_2) \Delta \theta},$$

где  $P_{auf}$  — потребляемая мощность;  $m$  — нагрузка на 1 м ленты;  $m_b$  — масса 1 м ленты;  $c_1, c_2$  — теплоемкость;  $\Delta \theta$  — повышение температуры.

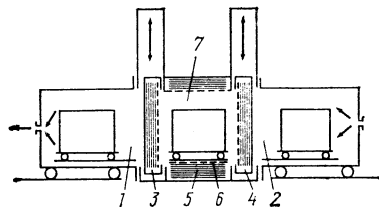


Рис. 3.17. Пайка в вакуумной печи (по схеме методической печи):

1, 2 — загрузочные камеры; 3, 4 — шлюзы; 5 — нагревательные плиты; 6 — теплопроводящие ленты; 7 — камера печи

#### 3.1.7.2. Пайка в вакуумной печи

Принцип пайки — рис. 3.17.

Границы применимости

Размеры:  $s = 0,5 \div 10$  мм, преимущественно детали массой  $\sim 1$  г.

Материал: высоколегированные стали, теплостойкие сплавы, тугоплавкие металлы (титан, тантал, молибден, ниобий и их сплавы), медь, никель.

Область использования: пайка без флюса при наиболее высоких требованиях к качеству исполнения; космическая техника; самолетостроение, электроника; приборостроение.

Степень механизации: от средней до высокой.

Параметры пайки: вакуум  $10^{-2}$ — $10^{-4}$  мм рт. ст.; для нержавеющей сталей  $10^{-2}$  мм рт. ст.; для сплавов, содержащих титан и алюминий,  $10^{-4}$  мм рт. ст.; мощность нагрева 50—500 кВт.

Продолжительность пайки: 5—30 мин.

Конфигурация: см. 3.4; ширина зазора 0,01—0,1 мм; можно одновременно обрабатывать неограниченное количество мест; предусматриваются самофиксация и неизменное положение при пайке.

#### Оборудование

Нагреваемые излучателем стеклореспиенты, нагреваемые сопротивлением методические печи; методические печи с индуктивным нагревом (средней частоты 4—10 кГц).

Серийные установки для пайки в вакууме в ГДР не производят.

#### Присадочные материалы

Припой LCu; припой LAg72; припой для пайки в вакууме (см. табл. 3.24).

#### Техника пайки

Подготовка — как и при пайке в печи с контролируемой атмосферой.

Используют нагреваемые индуктивно и излучением стеклореспиенты для одиночной пайки, нагреваемые индуктивно и электросопротивлением методические печи с низким вакуумом для массового производства.

Пайку в низком вакууме используют преимущественно для массового производства деталей из углеродистых сталей и меди.

Последовательность процессов при пайке:

зачистка детали и подача в камеру;

быстрый нагрев до температуры примерно на 50 °С ниже рабочей;

короткая выдержка для выравнивания температуры;

быстрый нагрев до температуры пайки (примерно на 20—30 °С выше рабочей температуры припоя);

выдержка примерно в течение 5 мин при температуре пайки;

медленное охлаждение в вакууме или в атмосфере защитного газа.

#### 3.1.8. ДИФфуЗИОННАЯ ПАЙКА

##### Принцип пайки

Диффузионная пайка представляет собой соединение деталей в твердом состоянии на основе диффузионных процессов. При этом наряду с основным материалом используется также припой.

Границы применимости, оборудование, вспомогательные материалы

Границы применимости и оборудование аналогичны указанным для диффузионной сварки. Между соединяемыми деталями располагают припой в виде пленки. Применяют в том случае, если диффузионная сварка не обеспечивает, например, качественного соединения из-за образования хрупких сплавов. Сочетание материалов см. «Диффузионная сварка».

#### 3.1.9. ЭВТЕКТИЧЕСКАЯ ПАЙКА

##### Принцип пайки

Эвтектическая пайка основана на диффузии между основным и вспомогательным материалом. В результате диффузии образуется низкоплавкий, обычно эвтектический, сплав, действующий как припой.

### Границы применимости

Размеры: плоские соединения обычно малых размеров; детали, отличающиеся по своему сечению.

Материалы: материалы различного типа, причем между вспомогательным материалом и одним из соединяемых пайкой материалов образуется низкоплавкий сплав. Пример: Au—Si (рис. 3.18).

Область использования: электроника (электронные блоки).

Параметры: рабочая температура на 30 °C выше температуры плавления сплава;  $t_g \leq 10$  с;  $F_{max} = 0,05-0,3$  кг.

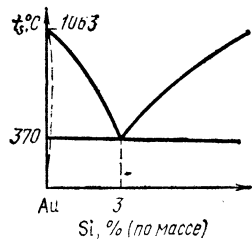


Рис. 3.18. Участок диаграммы Au—Si

### Оборудование

См. раздел 3.2.8.

### Вспомогательные материалы

Преимущественно золотая фольга толщиной  $s \approx 30$  мкм.

ТАБЛИЦА 3.3

НАИБОЛЕЕ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЕ КОМБИНАЦИИ  
ОСНОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПРИПоев ДЛЯ НЕКОТОРЫХ  
РАСПРОСТРАНЕННЫХ СПОСОБОВ ПАЙКИ (ВЫБОРОЧНЫЕ ДАННЫЕ)

Индекс по схеме V	Способ пайки	Основной материал						
		углеродистая, низколегированная сталь	высоколегированная и хромоникелевая сталь	высокоуглеродистая сталь; серый чугун	медь	латунь (Ms)	алюминий	никель и никелевые сплавы
2	Пайка электросопротивлением	LMs LPbSn	—	—	LP	LP	—	—
2	Индукционная пайка	LAg LPbSn	LAg	—	LAg LP LPbSn	LAg LPbSn	LAl	LAg
5	Пайка в ванне (погружением)	LMs LPbSn	—	—	LPbSn	—	LAl	LPbSn
6	Пайка в печи	LCu	LV	—	LP	—	LAl	—
6	Пайка в вакууме	LCu	LCu LV	—	LV	—	LAl	LV LCu
6	Пайка газовым пламенем	LAg LMs LPbSn	—	LMs	LAg LP LPbSn	LAg LP LPbSn	LAl	LAg LMs
5	Пайка паяльником	LPbSn LPbSn	LPbSn	—	LPbSn LPbSn	LPbSn LPbSn	—	—

Обозначение припоев: LAg — серебряный твердый (табл. 3.23); LCu — припой LCu; LP — то же, с фосфором (см. табл. 3.22); LMs — то же на основе латуни LMs60; LAl — то же, AlSi12; LPbSn — оловянносвинцовый (см. табл. 3.17); LV — для пайки в вакууме (см. табл. 3.24).

## 3.2. ОБОРУДОВАНИЕ

### 3.2.1. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПАЙКИ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕМ

ТАБЛИЦА 3.4  
УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПАЙКИ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕМ (ВЫБОРОЧНО)

Обозначение	Потребляемая мощность, кВт	Свариваемый материал	Сечение пайки, толщина листа s, диаметр проволоки d, мм	Изготовитель
Аппарат для точечной сварки и пайки зубных протезов FPL 2/10	1,5	Углеродистая сталь Легированная сталь Стальная проволока Латунь Медь Сталь	$s = 0,05 \div 2$ $s = 0,05 \div 2$ $d = 0,1 \div 4$ $d = 0,05 \div 1,5$ $d = 0,05 \div 1,0$ $10 \times 10 - 20 \times 32$	Предприятие Elektroschweißmaschinenwerk, Ауэ, ГДР
Аппарат для твердой спайки электросопротивлением	12	Сталь	$10 \times 10 - 20 \times 32$	СКД Ceska Lipa, Горнице, ЧССР

### 3.2.2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИНДУКЦИОННОЙ ПАЙКИ

Установка средней частоты, комбинат «LEW Hans Beimler», Хеннингсдорф. ГДР предприятие Inducal Göllingen, 4731, Геллинген, ГДР, Ам Шахт, 9

ТАБЛИЦА 3.5  
ВРАЩАЮЩИЕСЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СРЕДНЕЙ ЧАСТОТЫ

Тип	Мощность, кВт	Частота, Гц	Тип	Мощность, кВт	Частота, Гц
MUK 1017—8	56	8000	MUK 1009—2,4	125	2400
MUK 1111—8	125	8000	MUK 1017—2,4	250	2400
MUK 1123—8	250	8000	MUK 1017—250	250	2400
MUK 1007—4,8	75	4800			

ТАБЛИЦА 3.6  
СТАТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ С РЕЗОНАНСНЫМ КОНТУРОМ

Тип	Мощность, кВт	Частота, Гц	Тип	Мощность, кВт	Частота, Гц
IMU—R 800/0,5	800	500	IMU—R 1250/0,5	1250	500

Установки для подогрева при пайке и закаливании.  
В состав установки входят преобразователь средней частоты МУК1017-8, шкаф питания от сети, шкаф управления и регулирования, пневматически управляемый круглый стол с 12-ю гнездами для приема заготовок, устройство для контроля температуры.

Установки высокой частоты:

Мощность, кВт . . . . .	56
Частота, Гц . . . . .	8000
Максимальность деталей для пайки, кг . . . . .	4
Максимальные размеры деталей, мм:	
высота . . . . .	200
ширина . . . . .	108
Диаметр поворотного стола, мм . . . . .	800
Продолжительность нагрева, с . . . . .	2—60

Предприятие Steremat H. Schlimme, 1055 Берлин, Шторковерштрассе, 155.

ТАБЛИЦА 3.7  
ГЕНЕРАТОРЫ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Тип	Мощность высокой частоты, кВт	Частота, МГц	Регулировка мощности	Питание сети	Выход	Масса, кг
G1 1—03	1	4—6	Бесступенчатая	220 В/50 Гц	Присоединительные клеммы	116
HfG1 4—0,8	4	0,5—1,2	3 ступени	380 В/50 Гц	Энергетический канал; присоединительные клеммы	300
HfG14—0,8Tr	4	0,5—1,2	3 »	380 В/50 Гц	Трансформатор высокой частоты	300
HfG1 4—5	4	3—5	3 »	380 В/50 Гц	Энергетический канал	300
HfG1 10—0,6T	10	0,4—0,6	Бесступенчатая	380 В/50 Гц	Трансформатор высокой частоты	800
HfG1 10—0,6H	10	0,4—0,6	То же	380 В/50 Гц	Энергетический канал; присоединительные клеммы	800
HfG1 10—5	10	1,5—2,5	»	380 В/50 Гц	То же	800
G1 30—02	30	0,35—0,7	»	380 В/50 Гц	Энергетический канал	1300

### 3.2.3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПАЙКИ ИЗЛУЧЕНИЕМ

ТАБЛИЦА 3.8

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПАЙКИ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Оборудование	Мощность, Вт	Изготовитель
Точечный излучатель . . . . .	100—650	P, Järeg, Грюна
Плоский излучатель . . . . .	1000—5000	То же
Устройство для пайки излучением с оптической юстировкой (выдержка температуры $\pm 10^\circ\text{C}$ ) . . . . .	1000	VEB Elektromat, Дрезден

### 3.2.4. АППАРАТЫ ДЛЯ ПАЙКИ ПАЯЛЬНИКОМ

#### 3.2.4.1. Паяльники для ручной пайки

ТАБЛИЦА 3.9

ПАЯЛЬНИКИ С ЭЛЕКТРОНАГРЕВОМ (ВЫБОРОЧНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ)

Тип	Мощность, Вт	Напряжение, В	Применение	
Миниатюрный паяльник	680	20	220	Электроника
Паяльник Delta—Quick	681	16	12	Техника точных измерений
	682	16	24	
	683	30	220	
Паяльник для тонкой пайки Delta	621/622	40	220/125	Техника радиосвязи, теле-связи и телефонной сети
Универсальный паяльник Delta	623/624	60	220/125	Электротехника: преимущественно серийная пайка при поточном производстве
	626/627	80	220/125	Преимущественно для пайки деталей, находящихся под напряжением
Паяльник с защитной изоляцией Delta	625	60	220	Пайка больших сечений при монтажных работах
Молотковый паяльник Delta	661/662	100	220/125	
	663/664	120	220/125	
	665	160	220	
Паяльник Barthel	2001	20	6	Электроника
	2059	40	220, 125, 110, 42	Радио- и теплотехника
	2060	60	24	
	2100	100	220, 125, 110, 42	Серийная пайка при поточном изготовлении
	2160	160	220, 125, 110, 42, 24	Техника связи, серийное производство
	2200	200	220, 125, 110, 42	Монтажные работы, пайка деталей крупных размеров
	2300	300	220, 125, 110, 42	
	2400	400	220, 125, 110, 42	
Устройство для микропайки Ms 1793 (Венгерский исследовательский институт измерительных инструментов); поставщик Metrimplex	60	60	220	Тончайшая пайка проволок diam. 0,05—0,6 мм (с применением стереомикроскопа); используют для интегральных схем

ТАБЛИЦА 3.10  
ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПАЙКИ ПАЯЛЬНИКОМ

Тип	Применение
Прибор для отсоса припоя Delta Прибор Delta—Trew	Для отсоса припоя, особенно при пайке печатных плат; мощность 60 Вт, 220 В Прибор для регулирования температуры паяльников с электронагревом, бесступенчатое регулирование в интервале 100—600 °С

Изготовитель:  
Delta—Lötgeräte, VEB Elektromechanische Werkstätten, 1255 Вольтерсдорф ам Эркер, Калькзеештрассе, 64.

Паяльники газовые и бензопаяльники, паяльные лампы Barthel—Lötgeräte—VEB Lötgeräte, Дрезден, 8021, Барайнштайнштрассе, 23/25.

3.2.4.2. Машины для пайки упаковочных листов  
(оборудование для пайки консервных банок)

Изготовитель:  
VEB Blechbearbeitungsmaschinenwerk, Ауэ, ГДР.

ТАБЛИЦА 3.11  
УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПАЙКИ КОНСЕРВНЫХ БАНОК  
(С ПРОДОЛЬНЫМ ШВОМ)

Параметры	KEZL100	KEZL160
Пропускная способность, шт/ч	15 000	9000
Диаметр корпуса банки, мм	50—105	50—165
Высота банки, мм	50—125	50—230
Мощность нагрева, кВт	13,8	13,5
Установленная мощность, кВт	21	21
Вес нетто, кг	5 400	5000
Требуемый производственный объем, мм:		
длина	7 700	7500
ширина	2 200	1150
высота	1 400	1400

Технические данные машины для кольцевой пайки KEHPL (пайка донной части и крышек):

Диаметр корпуса банки, мм	50—100
Высота банки, мм	50—100
Потребляемая мощность, кВт	6,5
Масса, кг	5 600
Требуемые производственные размеры, мм:	
длина	10 530
ширина	1 030
высота	3 610

3.2.5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПАЙКИ ПОГРУЖЕНИЕМ

Машины для пайки волной припоя (выборочные данные)

Изготовитель:  
Тип SLM—K—VEB Rationalisierung Rundfunk und Fernsehen, Дрезден—Гиттерзее.  
Тип TE 20080—Kombinat Robotron, Betrieb Ingenierbüro, Радеберг.

ТАБЛИЦА 3.12  
МАШИНЫ ДЛЯ ПАЙКИ ВОЛНОЙ ПРИПОЯ

	TE20080	SLM—K
<b>Установка для офлюсовывания:</b>		
длина волны, мм	300	225
максимальная высота волны, мм	8	13
заполняемый объем, л	4	2
<b>Зона сушки и подогрева:</b>		
длина, мм	1000	600
мощность, кВт	10	3
<b>Ванна с волной припоя:</b>		
длина волны, мм	30	225
максимальная высота волны, мм	8	13
нагрев ванны, кВт	6	5
интервал температур, °С	200—400	100—300
точность выдержки температуры, °С	±1	±2
<b>Транспортный участок:</b>		
скорость, м/мин	0—1,3	0,4—2
<b>Размер печатных плат:</b>		
ширина, мм	55—270	0—200
длина, мм	50—230	50—250
<b>Высота монтируемых деталей, мм</b>	≤80	Любая
<b>Монтажный участок:</b>		
длина машины, мм	3150	2000
требуемая площадь, м <sup>2</sup>	4,1	1,9
работа машины, мм	1300	1150
общая масса, кг	900	750
общая потребляемая энергия, кВт	15	10

3.2.6. АППАРАТЫ ДЛЯ ПАЙКИ ГАЗОВЫМ ПЛАМЕНЕМ

ТАБЛИЦА 3.13  
ГОРЕЛКИ ДЛЯ ПАЙКИ ГАЗОВЫМ ПЛАМЕНЕМ  
(ВЫБОРОЧНЫЕ ДАННЫЕ)

Тип	Горючий газ	Расходы, г/ч	Применение
Горелка для ручной пайки	Пропан	250—350	Мягкая пайка при монтажных работах, мягкая и твердая пайка низкоплавкими твердыми припоями
Горелка Barthel:			
1718	Бутан		
1725	»	450—550	
1735	»	1400—1500	
Бескамерный аппарат Barthel 1833	Пропан	—	Температура пламени 1600 °С, мягкая и твердая пайка при температуре ≤ 800 °С
Горелка для пайки твердым припоем	»	150	Твердая пайка при температуре ≤ 800 °С



Набор для ручной пайки Bat—Procy с горелками и паяльниками для простой мягкой и твердой пайки при низких температурах.

Изготовитель:

VEB Waschgerätekwerk, Шварценберг; Werk Heidersdorf.

Машины для ленточной пайки газовым пламенем ZIS521:

Потребляемая мощность, кВт . . . . .	0,4
Питание:	
напряжение, В . . . . .	220
частота, Гц . . . . .	50
Горючий газ . . . . .	Пропан
Количество горелок, шт. . . . .	20
Расход газа, кг/ч . . . . .	0,5—4
Мощность при обычной загрузке ленты, шт/ч . . . . .	160—4000

Поставляется через ZIS, 403 Галле (Заале), Кётенерштрассе, 33а.

### 3.2.7. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕЧНОЙ ПАЙКИ

Предприятие—изготовитель: комбинат LEW «Hans Beimler», Хеннигсдорф.  
Технические данные печи GINS 25

Размеры нагревательной камеры, мм:	
ширина . . . . .	175
высота . . . . .	115
длина . . . . .	750
Номинальная температура, °С . . . . .	1150
Номинальная мощность, кВтч . . . . .	25
Масса, кг . . . . .	3000

ТАБЛИЦА 3.14

МАШИНЫ ДЛЯ ТВЕРДОЙ ПАЙКИ  
С ЛЕНТОЧНЫМ ТРАНСПОРТЕРОМ FFGS \*

Тип	FFGS45		FFGS80	
	FFGS45	FFGS80	FFGS45	FFGS80
Номинальная мощность, кВт . . . . .	45	80	1 650	1 800
Номинальная температура, °С . . . . .	1150	1150	1 800	1 800
Камера для пайки, мм:			11 070	14 400
ширина . . . . .	200	300	6 000	9 000
высота . . . . .	150	220		
длина . . . . .	1000	2570		
Общие размеры, мм:				
ширина . . . . .			1 650	1 800
высота . . . . .			1 800	1 800
длина . . . . .			11 070	14 400
Масса, кг . . . . .			6 000	9 000
Скорость движения ленты, м/ч . . . . .			3—18	3—18

\* S — нагрев силитовым элементом.

## 3.3. ПРИСАДОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### 3.3.1. СТАНДАРТЫ

TGL 14907 Флюсы для пайки и сварки металлов

TGL 14908 Мягкие и твердые припои:

лист 1. Технические условия поставки;

лист 2. Оловянные припои;

лист 3. Твердые припои на основе меди;

лист 4. Серебряные припои;

лист 5. Твердые припои для алюминия и алюминиевых сплавов;

лист 6. Мягкие припои для алюминия и алюминиевых сплавов.

### 3.3.2. МЯГКИЕ ПРИПОИ ДЛЯ ПАЙКИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

ТАБЛИЦА 3.15

ОСНОВНЫЕ ОЛОВЯННОСВИНЦОВЫЕ ПРИПОИ ПО TGL 14903, ЛИСТ 2

Маркировка	Усредненный состав			Интервал плавления, °С	
	Sn	Pb	Sb	солидус	ликвидус

#### Оловянные припои с сурьмой

LSn25Sb	25	Основа	0,2—1,7	186	260
LSn30Sb	30	»		186	250
LSn33Sb	33	»		186	235
LSn40Sb	40	»	0,5—2,0	186	255
LSn50Sb	50	Ост.		186	205
LSn60Sb	60	»		186	190

#### Оловянные припои с малым содержанием сурьмы

LSn8 (Sb)	8	Основа		280	305
LSn30 (Sb)	30	»		183	255
LSn33 (Sb)	33	»		183	242
LSn40 (Sb)	40	»	0,12—0,5	183	235
LSn50 (Sb)	50	Ост.		183	215
LSn60 (Sb)	60	»		183	190
LSn90 (Sb)	90	»		183	219

#### Оловянные припои без сурьмы

LSn2	2	Основа		320	325
LSn50	50	Ост.	Не более	183	215
LSn60	60	»	0,12	183	190
LSn63	63	»		183	183

Внимание! Припои с сурьмой нельзя использовать для пайки цинка, оцинкованных листов и латуни.

Припой LSn90 используют только для мест спая, которые непосредственно контактируют с пищевыми продуктами.

С увеличением содержания олова повышается смачиваемость и скорость пайки.

Припои с содержанием Sn < 25 % предпочтительнее использовать для пайки газовым пламенем.

С увеличением содержания сурьмы снижается смачиваемость.

Следует учесть, что содержание олова для мягкой пайки высоколегированных и высокоуглеродистых сталей, серого чугуна — более 30 %.

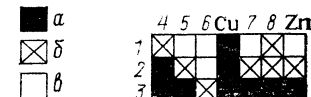
ТАБЛИЦА 3.16  
СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЯГКИЕ ПРИПОИ ПО TGL 14908 ЛИСТ 2

Маркировка	Состав, %			Интервал плавления, °С	Основная область применения
	Sn	Pb	прочие элементы		
L60Cu1,5 L63Ag	60 63	Ост. »	1—1,5 Cu 1,3—1,5 Ag	183—190 178	Медный защитный припой, механизированная пайка (электротехнология)
L3Ag L5Sb3 LPbAg3	Основа » —	— — Основа	2,5—4,0 Ag 5 Sb 2,5—3,5 Ag	225—235 230—240 305—315	Производство холодильников, теплообменников для повышенных рабочих температур
L18PbCd L17ZnCd	Основа —	32 —	18 Cd 16—18 Zn, основа Cd	145 266—270	Производство конденсаторов, электродвигателей

ТАБЛИЦА 3.17  
СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЯГКИЕ ПРИПОИ (ЛЕГКОПЛАВКИЕ СПЛАВЫ), НЕ ВОШЕДШИЕ В СТАНДАРТ

Наименование сплава	Состав, %	Температура использования, °С	Область применения
Сплав Вуда	50 Bi, 12,5 Cd, 12,5 Sn, 25,0 Pb	70	Пайка чувствительных к нагреву деталей в полупроводниковой промышленности, электротехнике и электронике; производство плавких предохранителей, защитных элементов котлов
Сплав Розе	52 Bi, 32 Pb, 17 Sn	96	Внимание! Сплав Розе хрупкий: поставляется только в нитевидной или стержнеобразной форме
Сплав Ньютона	53 Bi, 21 Cd, 26 Sn	103	То же
Висмутосвинцовый припой	56 Bi, 44 Pb	125	—
Висмутооловянный припой	58 Bi, 42 Sn	136	—
Смазочный висмутный припой	23 Bi, 13 Sn, 64 Pb	120—190	Кабельный смазочный припой
Кадмиевооловянный припой	32 Cd, 68 Sn	176	Различное использование

Рис. 3.19. Основные комбинации мягкий припой — тяжелый металл: оловянные припои:  
1 — с сурьмой; 2 — с малым содержанием сурьмы; 3 — без сурьмы; 4 — углеродистая сталь; 5 — высоколегированная сталь; 6 — высокоуглеродистая сталь, серый чугун; 7 — латунь; 8 — никелевые сплавы; а — комбинируются хорошо; б — комбинируются при определенных условиях; в — не комбинируются



Прочность соединений при пайке мягким припоем: временное сопротивление разрыву 30—50 МПа (см. табл. 3.33 и 3.34); сопротивление срезу 20—40 МПа. В н и м а н и е! Паяные швы при пайке мягким припоем в условиях продолжительной нагрузки склонны к ползучести, имеют невысокую длительную прочность (менее 20 МПа) и не подходят для соединений, выдерживающих большие усилия. П о с т а в к и: сплошная проволока диам. 0,5—8 мм; полая проволока с флюсовым наполнителем (канифоль, хлорид аммония); прутки 8×4×500 мм; паяльная паста.

### 3.3.3. ФЛЮСЫ ДЛЯ ПАЙКИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ МЯГКИМИ ПРИПОЯМИ

ТАБЛИЦА 3.18

#### ФЛЮСЫ ДЛЯ МЯГКОЙ ПАЙКИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Тип	Стандартное обозначение	Рекомендации по использованию
SW1	Паяльное масло для нержавеющей сталей Паяльная эссенция Plm  Паяльная эссенция LW Универсальная паяльная паста	Нержавеющие высоколегированные стали  Флюсы стандартного качества для углеродистых сталей, меди, латуни и т. д. Работы по жести Флюсы стандартного качества. В н и м а н и е! Остатки на швах оказывают коррозирующее воздействие и должны быть удалены
SW2	Паяльная паста Neo-Cordyn Паяльная тинктура WFF	Активированная паяльная паста для электротехнологии Сильно активированный флюс с канифолью (используется в электротехнологии) В н и м а н и е! Остатки на швах оказывают незначительное коррозирующее воздействие; их можно не удалять в зависимости от условий работы шва
SW3	Паяльная тинктура Salicy 1 Паяльная тинктура 25	Пайка погружением печатных плат; не применяется для пайки паяльником Флюс с канифолью для электротехнологии и электроники; может быть использована при пайке паяльником. В н и м а н и е! Остатки можно не удалять с мест спаев

### 3.3.4. ТВЕРДЫЕ ПРИПОИ ДЛЯ ПАЙКИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

ТАБЛИЦА 3.19

ТВЕРДЫЕ ПРИПОИ НА ОСНОВЕ МЕДИ

Маркировка	Состав, %			Рабочая температура, °С	Основная область применения
	Cu	Zn	другие элементы		
LCu	99	0,5	P 0,05	1070	Пайка в печи стали, твердых сплавов Пайка газовым пламенем, ручная, пайка нелегированных сталей при ремонтных работах, монтажные работы. Внимание! Не применять при пайке в вакууме и пайке в печи (из-за испарения олова)
LMn60	60	Ост.	Si 0,1—0,3	900	

ТАБЛИЦА 3.20

САМОПЛАВКИЕ ТВЕРДЫЕ ПРИПОИ С ФОСФОРОМ  
(ВЫБОРОЧНЫЕ ДАННЫЕ)\*

Маркировка	Состав, %				Рабочая температура, °С	Основная область применения
	Cu	Zn	Ag	P		
LCuP8	Основа	—	—	8	710	Без флюса; медь, серебро С флюсом; латунь, бронза
LAg15P		—	15	5	710	

\* В н и м а н и е! Места спая хрупкие, их нельзя подвергать изгибающей нагрузке.

Данные припои не используют для пайки сплавов на основе железа и никеля.  
Поставка: припой LCuP8 поставляют в виде недеформируемых прутков диаметром 3 и 6 мм или в виде порошка; припой LAg15P поставляют в виде деформируемых фасонных деталей диаметром от 1,0 мм.

Прочностные свойства соединений при пайке твердым припоем: временное сопротивление разрыву 200—400 МПа; сопротивление срезу 150—200 МПа.

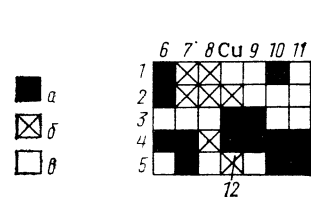


Рис. 3.20. Основные комбинации твердый припой—тяжелый металл:  
1 — припой LCu; 2 — припой LMs60; 3 — твердый припой с фосфором; 4 — серебряные твердые припои; 5 — припой для пайки в вакууме и высокотемпературные припои; 6 — углеродистые стали; 7 — высоколегированные стали; 8 — высокоуглеродистые стали, серый чугун; 9 — латунь; 10 — никелевые сплавы; 11 — вольфрам, молибден, титан и др.; 12 — только для рабочей температуры <1000 °С; a — комбинируются хорошо; б — комбинируются при определенных условиях; в — не комбинируются

В н и м а н и е! Прочность спая зависит от свойств основного материала (см. 3.33 и 3.34).

ТАБЛИЦА 3.21

СТАНДАРТНЫЕ СЕРЕБРЯНЫЕ ТВЕРДЫЕ ПРИПОИ

Маркировка	Состав, %								Интервал плавления, °С		Рабочая температура, °С	Основная область применения
	Ag	Cu	Zn	Cd	Sn	Sb	солидус	ликвидус				
	LAg12	12	51	Ост.	—	—	—	800	830	830 *		
LAg12Cd7	12	51	»	7	—	—	620	825	800 **			
LAg20Cd15	20	42	»	15	—	—	605	765	750 **	Для меди и медных сплавов		
LAg25	25	41	»	—	—	—	680	795	780 **			
LAg30Cd22	30	27	»	22	—	—	600	690	680 *	Пайка высоколегированной стали		
LAg34Cd20	34	22	»	20	—	—	610	680	640 *			
LAg40Cd20	40	18	»	20	—	25	595	630	610 *	Для меди и медных сплавов		
LAg12Sb25	12	52	—	11	—	—	540	540	540			
LAg20Sb20	20	35	—	25	—	20	490	490	490	Слай хрупкий		
LAg27	27	39	Ост.	Min9	—	Ni5	680	830	840	Пайка твердых сплавов со сталью		
LAg49Mn7	49	17	»	Min7	—	Ni4	630	705	690			
LAg44	44	31	»	—	—	—	680	740	730	Для нержавеющей высоколегированных сталей		
LAg49Mn7	49	17	»	—	—	—	630	705	690			
LAg60Sn10	60	30	—	—	10	—	600	720	720	Пайка в печи меди и стали		
LAg72	72	28	—	—	—	—	780	800	800			

П р и м е ч а н и е. Внимание! С повышением содержания серебра возрастает стоимость припоя и ухудшаются свойства спаев. Серебряные припои с цинком и кадмием не применяют для пайки в печи с контролируемой атмосферой и пайки в вакууме (из-за испарения олова и кадмия).

\* Детали с узким зазором 0,05—0,25 мм. \*\* Детали с зазором, несколько большим 0,2 мм.

ТВЕРДЫЕ ПРИПОИ ДЛЯ ПАЙКИ В ВАКУУМЕ (ВЫБОРОЧНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ)

Маркировка	Состав				Интервал плавления, °С		Рабочая температура, °С	Основные области применения
	Ag	Cu	Pd	In	солидус	ликвидус		
WHL710	63	27	—	10	605	710	Для меди и никеля в высокочастотных излучательных трубках	
WHL780 (LAg72)	72	28	—	—	780	700	Для меди и сплавов на основе железа, для никеля	
RHL815	68	27	5	—	807+810	815	Для никеля и никелевых сплавов, кобальтовых сплавов, вольфрама, титана и меди	
RHL1050	90	—	10	—	100+1050	1050	Для металлокерамики	
RHL1450	—	—	10	Au60	1300+1450	1450	Платиновый припой	
RHL1550	—	—	99	—	1550	1550	Пайка молибдена, вольфрама	

Примечание! Внимание! Очень высокая цена припоя. Основные области использования — производство труб, реакторов, само-лето- и ракетостроение, электроника. Не требуются флюсы. Высокотемпературные припои (рабочая температура >1000 °С) имеют повышенные и прочностные свойства в горячем состоянии.

ТАБЛИЦА 3.23

ТВЕРДЫЕ ПРИПОИ С ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТЬЮ В ГОРЯЧЕМ СОСТОЯНИИ

Маркировка	Состав				Интервал плавления, °С		Рабочая температура, °С	Прочность в горячем состоянии до температуры, °С
	Ag	Cu	Zn	Pd	солидус	ликвидус		
LAg44 RHL1250	44	31	25	—	680	730	730 1250	400 600

## 3.3.5. ФЛЮСЫ ДЛЯ ПАЙКИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ТВЕРДЫМИ ПРИПОЯМИ

ФЛЮСЫ ДЛЯ ТВЕРДОЙ ПАЙКИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (ВЫБОРОЧНЫЕ ДАННЫЕ)

Тип	Интервал эффективных температур, °С	Стандартное обозначение	Применение
SHG1	550—750	Brasolin—Spezial	Пайка серебряным припоем и серебряным припоем-заменителем на углеродистых и нержавеющей сталях, меди и медных сплавах. Пайка газовым пламенем и индукционной пайка.
	650—850	Brasolin—rosa	Специально для нержавеющей высоколегированных сталей с применением серебряных припоев
	650—850	Aural 2	Массовая пайка всеми способами с использованием серебряных припоев на меди и стали
	750—1000	Brasolgelb	Припой LMs60 и тугоплавкие серебряные припои для меди и углеродистых сталей
SHG2	750—950	Порошок серебряного твердого припоя № 10	Твердая пайка серебра, альпака и т. д.; флюс не вздувается; тонкая пайка в металлообрабатывающей промышленности для изготовления украшений
	>1000	Порошок твердого припоя и сварочный флюс красный	Пайка нелегированных сталей с припоем LСu
SHG3	>1000	Порошок твердого припоя № 5	Нанайка твердого сплава на углеродистую сталь без припоя Внимание! Сильное окисление из-за высоких температур, ограниченное применение

Примечание. Перечисленные флюсы способствуют коррозии и должны быть тщательно удалены с мест спая.

ТАБЛИЦА 3.23

## УДАЛЕНИЕ ОСТАТКОВ ФЛЮСА

Способ удаления	Обработка	Применение
Механический	Щетками, струйная	Крупные детали паяют с использованием флюсов типа SHG2 и SHG3 в тех случаях, когда нет серьезной опасности коррозии
Химический	Спиртом	Органические флюсы для мягкой пайки SW2 и SW3; при использовании флюса на основе хлорида цинка SW1 применяется промывка в горячей воде, образуются твердые и труднорастворимые остатки
	10—15 %-ной серной кислотой	Для меди и медных сплавов
	То же	Для материалов на основе железа и никеля
	Концентрированной соляной кислотой	Высоколегированные стали
	10 %-ной азотной кислотой	Алюминий

**Примечание.** Необходима последующая промывка горячей водой для нейтрализации.  
Для снижения механической прочности остатков флюса можно использовать ультразвук.

При длительном контакте применяют защитные пленки.  
Должны быть предусмотрены устройства для отсоса образующихся газов.

3.3.6. МЯГКИЕ ПРИПОИ И ФЛЮСЫ  
ДЛЯ ПАЙКИ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛОВ

ТАБЛИЦА 3.26

МЯГКИЕ ПРИПОИ ДЛЯ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛОВ  
(ВЫБОРОЧНЫЕ ДАННЫЕ)

Маркировка	Состав		Интервал плавления, °C		Область применения
	Zn	Cd	солидус	ликвидус	
LCdZn20	20	80	265	280	Пайка паяльником и пайка газовым пламенем алюминия и соединений с алюминием
LCdZn30	30	70	265	310	Для меди и медных сплавов

**Примечание.** Используется преимущественно припой LCdZn20 (пайки при более низких температурах).

Из-за несоответствия в электрохимическом ряду напряжений существует опасность коррозии припой—основной материал, которая может быть вызвана даже атмосферной влагой.

Применяют только флюс LW2 для алюминиевого мягкого припоя. Флюс очень чувствителен к перегреву; при его применении необходимо иметь хорошую вентиляцию.

**Внимание!** Детали, запаиваемые с применением припоев LCdZn20 и LCdZn30, из-за высокого содержания кадмия не должны контактировать с пищевыми продуктами.

## 3.3.7. ТВЕРДЫЕ ПРИПОИ ДЛЯ ПАЙКИ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛОВ

ТАБЛИЦА 3.27

## ТВЕРДЫЕ ПРИПОИ ДЛЯ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛОВ

Маркировка	Состав, %				Интервал плавления, °C		Основная область применения
	Al	Si	Zn	Mn	солидус	ликвидус	
LAiSi12	Основа	12	0,04	0,1	575	590	Плакированные листы, изготовление холодильников, монтажные работы
LZnAl30	30	0,3	Основа	0,5	450	515	Электротехника

3.3.8. ФЛЮСЫ ДЛЯ ПАЙКИ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛОВ  
ТВЕРДЫМИ ПРИПОЯМИ

ТАБЛИЦА 3.28

## ФЛЮСЫ ДЛЯ ТВЕРДОЙ ПАЙКИ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛОВ

Тип	Стандартное обозначение	Рекомендации по использованию
LH1	Aloxan—Special 25	Флюс гигроскопичен; применяется для пайки алюминиевых сплавов с максимальным содержанием магния 2 %, а также для пайки в печи
LH2	Aloxan NH	Флюс негигроскопичен; применяется для пайки алюминиевых сплавов с максимальным содержанием магния 5 % <b>Внимание!</b> Остатки на швах не оказывают корродирующего воздействия

**Внимание!** Перед нанесением флюса следует тщательно удалить пленку оксида алюминия механическим путем. После очистки провести тщательную пайку.  
Флюс применяется в виде порошка или в виде разбавленной водой вязкой массы.

## ЗАЩИТНЫЕ ГАЗЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Маркировка	Состав газа, % (объемн.)						Точка росы, °C	Применение
	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>		
Экзогаз I	8—15	4—7	10—18	2—3	0,6—1,2	Ост.	25	Углеродистые стали, медь, никель и никелевые сплавы, благородные металлы, бронза
Экзогаз II	8—15	4—7	10—18	0,6	0,6—1,2	»	0	Углеродистые стали; стали легированные хромом и марганцем
Моно-CHN	10—20	0,5	12—22	0,04	1	»	-50	Углеродистые стали; стали легированные хромом и марганцем, благородные металлы
Крекинг-газ NH <sub>3</sub>	—	—	75	*	—	Ост.	—*	Углеродистые стали с C < 0,3 %, хромоникельмарганцовистые стали, никром
Моно-HN	—	—	3—5	0,2	—	»	-15	То же
Эндогаз	15—25	0,5	22—50	—	1	25—63	(-10) — (+10)	Углеродистые стали, высоколегированные стали, никром (используется обезвоженный защитный газ специального качества)
Аргон	—	—	—	—	—	—	—	Инертный защитный газ; используется в специальных случаях пайки (в ракетной и космической технике)

\* В зависимости от содержания H<sub>2</sub>O в аммиаке.

## 3.3.9. ФАСОННЫЕ ПРИПОИ

Преимущества применения:

- механизированная пайка большого числа изделий;
- экономия припоя благодаря точной его дозировке;
- уменьшение объема последующей обработки (зачистки);
- воспроизводимое качество исполнения.

Используют только припой с узким интервалом плавления (менее 50 °C).

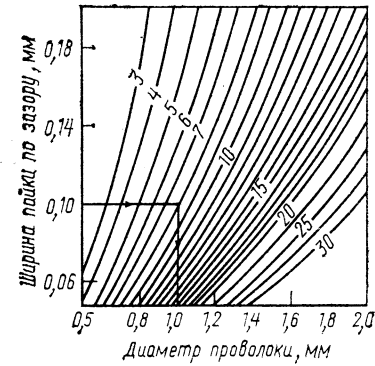
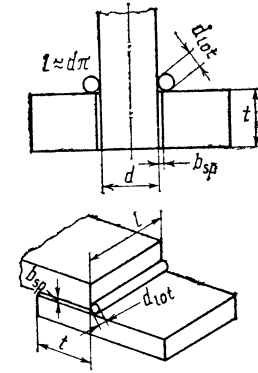


Рис. 3.21. Номограмма для определения диаметра проволоки кольца припоя: Цифры на кривых — глубина наложения, мм

Рис. 3.22. Размеры по зазору: d<sub>lot</sub> — диаметр проволоки; b<sub>sp</sub> — ширина зазора; t — глубина наложения

Определение требуемого диаметра прутка припоя (рис. 3.21):

$$d_{Lot} = 2 \sqrt{b_{sp} t (100 + x) / 100 \pi},$$

где b<sub>sp</sub> — ширина зазора, м (рис. 3.22); t — глубина наложения (длина пайки внахлестку), мм.

На один закругленный переход добавка составляет 35 % объема зазора. Исходные размеры определяют изготовителем припоя.

## 3.4. КАЧЕСТВО И ФОРМА ИЗДЕЛИЙ

Требования к качеству паяных соединений: коррозионная стойкость, плотность, прочность.

Пределы ширины зазора, мм:

Пайка в вакууме с жидкотекучими припоями, для пайки под флюсом — слишком узкий предел; пайка соединений высокого качества . . . . .	0,05
Интервал размеров для механизированной пайки; сильное влияние капиллярных эффектов . . . . .	0,05—0,2
Интервал размеров для ручной пайки по зазору; небольшое капиллярное действие . . . . .	0,2—0,5
Пайка встык, слишком большой зазор, незначительное капиллярное действие . . . . .	0,5

## ДЕФЕКТЫ СПАЕВ

Вид дефекта	Признак	Методы распознавания	Возможные причины	Возможность недопущения дефекта
Пористость	Поверхность припоя не гладкая (пористая), возможно также появление пористости внутри шва	Визуальный контроль, контроль капиллярным методом и методом отражения, проверка по звуку, рентгеновский контроль, магнитный контроль, контроль нагрузкой (отпечатком, пропусканьем среды)	Перегрев припоя из-за превышения рабочей температуры; превышение времени пайки; испарение компонентов припоя	Не допускать превышения максимальной температуры пайки; выдерживать время пайки; использовать вязкий флюс
Включения (твердые или газообразные); оксидные включения, остатки флюса, пузырьки газа или воздуха	Внешне различаются, определяются внутри шва с помощью неразрушающих методов испытаний	Проверка по звуку, рентгеновский контроль, контроль изоляцией, ультразвуковой контроль, магнитный контроль	В большинстве случаев неправильные конструктивные размеры: завышенный зазор при пайке; не выдерживается ширина зазора; плохая очистка под спай; нет условий для растекания.	Выдерживать длину зазора; ширина зазора: при ручной пайке — до 0,5 мм, при машинной пайке 0,05—0,2 мм; хорошо очищать места спаев; предусмотреть возможность отсоса газов.
Дефекты связи (холодные спаи)	В большинстве случаев внешне различимы, определяются внутри спаев с помощью неразрушающих методов испытаний	Проверка по звуку, рентгеновский контроль, контроль изоляцией, ультразвуковой контроль, магнитный контроль, контроль электропроводности	Неоправданное расширение мест спаев (не удалены остатки флюса); затруненное смачивание; затрудненное движение при пайке из-за формы детали (например из-за наличия	Места спаев соединяемых деталей должны быть защищены до блеска; места спаев конструктивно должны быть простыми (следует выдерживать длину и ширину зазора); следует правильно выбирать флюс; выдерживать температуру пайки; об-
Недостаток припоя	Внешне выражается в том, что меньше припоя образуется полностью	Визуальный контроль	Недостаточное количество припоя; рабочая температура слишком низкая; форма зазора неравномерная (например, непараллельная); выбрано неудовлетворительное положение пайки (горизонтальное)	считать длительность выдержки для кристаллизации
Образование трещин (в шве и в основном материале в виде продольных и поперечных трещин)	Внешне различимы только по верхностным трещинам	Визуальный контроль, проверка по звуку; магнитный контроль, контроль нагрузкой, контроль капиллярным методом и методом отражения	Различные коэффициенты термического расширения соединяемых деталей; не выдерживается рабочая температура (образование крупного зерна в основном материале; вследствие этого происходит проникновение припоя по границам зерен)	Оптимально дозировать припой; выдерживать рабочую температуру, устраняя разрывы; при подготовке соединяемых деталей обращать внимание на параллельность зазора и стремиться к вертикальному положению ванны
	При трещинах внутри соединения места спаев (как явление коррозионного растрескивания)	Проверка по звуку, рентгеновский контроль, контроль изоляцией, ультразвуковой контроль, магнитный контроль, контроль нагрузкой, контроль капиллярным методом и методом отражения	Наклеп основного материала перед пайкой; основной материал имеет высокое содержание углерода или высокое содержание легирующих (наприм. никеля); поверхность основного материала выходящая под действием внешних или внутренних растягивающих напряжений	Учесть коэффициенты термического расширения деталей с помощью конструктивных мероприятий (компенсация изменения ширины зазора); выдержать рабочую температуру припоя (особенно при пайке углеродистых и высоколегированных сталей); стремиться к более короткому времени пайки; места спаев по возможности нагружать, вызывая напряжение сдвига.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ШИРИНА ЗАЗОРА (мм) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА, ПРИПОЯ И РАБОЧЕЙ АТМОСФЕРЫ

Основной материал	Вид пайки *	Мягкие припой		LMs60	Припой с фосфором	Твердые припой		
		PbSn	LCu			серые бранные	для пайки в вакууме	LAISI12
Углеродистые стали	Ф	0,05—0,2	0,05—0,15	0,1—0,3	—	0,05—0,2	—	—
	В	—	0,01—0,05	—	—	0,01—0,05	—	—
Высоколегированные стали	Ф	0,1—0,25	0,1—0,2	0,1—0,35	—	0,1—0,25	—	—
	В	—	0,02—0,1	—	—	0,02—0,1	0,03—0,1	—
Медь, медные сплавы	Ф	0,05—0,2	—	—	0,05—0,25	0,05—0,25	—	—
	В	—	—	—	0,05—0,1	0,01—0,05	0,01—0,05	—
Алюминий, алюминиевые сплавы	Ф	—	—	—	—	—	—	0,1—0,3
	Ф	—	0,3—0,5	—	—	0,3—0,5	—	—

\* Ф — под флюсом; В — в защитном газе или в вакууме.

ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ СОЕДИНЕНИЙ ТАБЛИЦА 3.32

Правила подготовки соединений под пайку	Примеры исполнения	
	правильно	неправильно
При сборке соединения под пайку следует обеспечить зазор между деталями по всей длине соединения и выдержать его по возможности равномерным и непрерывным. Необходимо обеспечить правильное изменение зазора во время нагрева (КТ — комнатная температура, РТ — рабочая температура). Не следует создавать паяных соединений с большой поверхностью ( $l_{ш}$ — длина шва).		
При повышенной нагрузке и повышенных требованиях к точности размеров или при низком допустимом напряжении по возможности следует выбирать паяное соединение внахлестку. Схема паяного соединения должна обеспечить беспрепятственное удаление воздуха и флюса из зоны пайки.		

Продолжение табл. 3.32

Правила подготовки соединений под пайку	Примеры исполнения	
	правильно	неправильно
При выборе геометрии соединения и технологии необходимо сначала нагревать до заранее заданной рабочей температуры деталь и лишь затем нагревать до этой температуры припой. Следует располагать припой так, чтобы не было потерь (предусмотреть допуски) и чтобы он мог равномерно растекаться по всей поверхности пайки. Следует исключать резкие переходы поперечными сечениями, чтобы устранить концентрацию напряжений в зоне шва. Следует принимать во внимание различное термическое расширение при пайке различных металлов или металлов и неметаллов (условные напряжения). Следует выбирать конфигурацию деталей при возможности так, чтобы они самоцентрировались и самоудерживались.		

СОПРОТИВЛЕНИЕ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СРЕЗУ  $\tau_{вЛ}$ , МПа ТАБЛИЦА 3.33

Припой	Основной материал					
	сталь St34	St38	St50	St60	твердый сплав/сталь	медь, латунь
LSn40		30—40 *				Медь Cu4 *
LSn50						Латунь Ms *
LSn60						
LAgi12	150	150	200	200	—	$\tau_{вЛ}$ паяного соединения не меньше $\sigma_T$ меди или латуни
LAgi25	—	—	200	—	150—300 *	
LAgi27	—	—	—	—	—	
LAgi44	200	200	250	250	—	
LAgi2Cd7	—	—	200	—	—	
LAgi20Cd15	150	150	200	250	—	
LAgi30Cd22	150	200	200	200	—	
LAgi34Cd20	—	—	200	—	—	
LAgi40Cd20	150	150	200	200	—	
LMs60	—	200 *	—	—	—	
LCu	—	150—200	—	—	—	

\* Не определяется по TGL 14911.



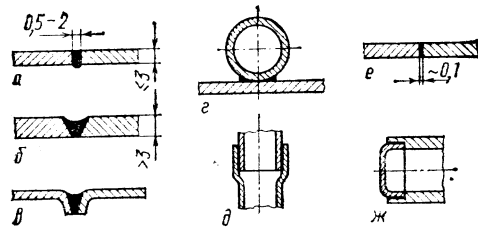


Рис. 3.23. Типы основных соединений:  
 а — параллельное место спая; б — V-образное место спая; в — соединение с отбортовкой двух кромок; г — соединение труба—лист; д — соединение встык; е — соединение внахлестку; ж — соединение труба—крышка

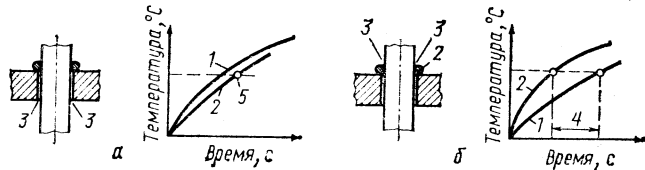


Рис. 3.24. Нагрев под пайку:  
 1 — изделие; 2 — припой; 3 — направление теплового потока; 4 — припой собирается в виде шариков; б — затекание припоя; а — не прямой нагрев, правильно, так как припой нагревается с помощью основного материала и затекает в зазор; б — прямой нагрев; неправильно, так как припой нагревается до температуры пайки раньше основного материала и застывает на холодном основном материале в виде шариков

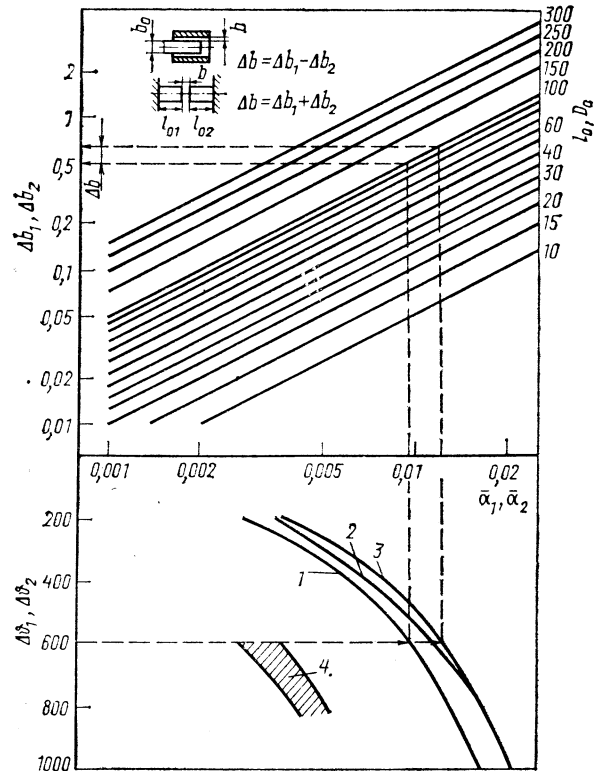


Рис. 3.25. Номограмма для определения изменения ширины зазора при нагреве до температуры пайки:  
 $\Delta b_1, \Delta b_2$  — разность температур деталей;  $\alpha_1, \alpha_2$  — коэффициенты расширения;  $l_0, D_0$  — номинальная длина и номинальный диаметр деталей для пайки;  $\Delta b_1, \Delta b_2$  — изменение ширины зазора; 1 — углеродистая сталь, никель; 2 — аустенитная хромоникелевая сталь, медь, бронза, SnVz4; 3 — латунь; бронза SnVz8; 4 — твердый сплав

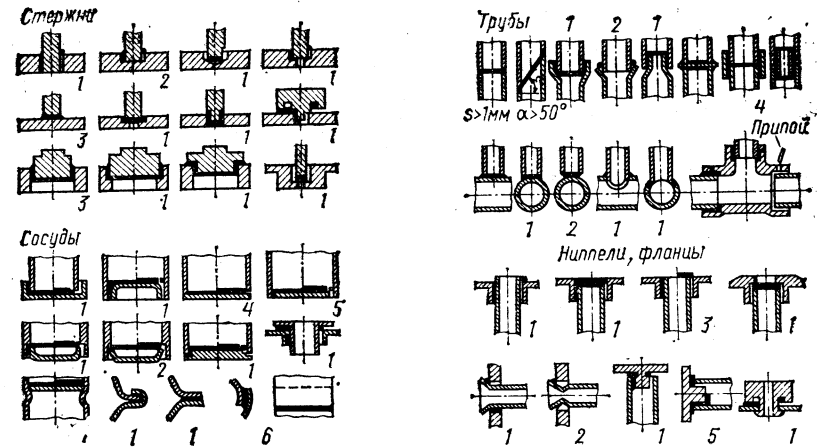


Рис. 3.26. Примеры соединений стержней сосудов:  
 1 — правильно; 2 — неправильно; 3 — допустимо; 4 — в виде исключения; 5 — возможно; 6 — плазменной горелкой с широким пламенем

Рис. 3.27. Примеры трубных фланцевых соединений:  
 1 — правильно; 2 — неправильно; 3 — в виде исключения; 4 — возможно; 5 — втулки и фитинги чаще всего устанавливаются при монтажных работах

ТАБЛИЦА 3.34  
 ВРЕМЕННОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РАЗРЫВУ  $\tau_{BL}$ , МПа

Припой	Основной материал								
	медь	латунь		сталь	St38	St50	St60	St70	сталь 18-8 (хромоникелевая)
		Ms58	Ms63	St34					
LAg12	$\sigma_{BL}$	—	200	350	350	450	450	—	400
LAg25	паяного	—	250	—	350	450	550	—	450
LAg44	соединения не	300	250	350	350	450	500	—	500
LAg72	меньше	—	—	—	350	450	—	—	—
LAg12Cd7	$\sigma_{B}$ меди	—	—	—	350	400	—	—	—
LAg20Cd15		—	250	350	350	400	400	—	450
LAg30Cd22		250	250	350	350	450	450	—	500
LAg34Cd20		—	—	—	350	450	—	—	—
LAg40Cd20		250	200	350	350	450	550	—	500
LMs60		—	—	—	—	250—350*	—	—	—
LCu		—	—	—	350	400	—	500	—

\* Не определяется по TGL 14911.

### 3.5. ТЕРМИНЫ

Рабочая температура: минимальная температура спаев, при которой припой расширяется, течет и может войти в соединение с основным материалом. Рабочая температура всегда выше температуры солидуса и может быть выше или ниже температуры ликвидуса, а также может совпадать с температурой ликвидуса

(точкой плавления). Интервал плавления определяется по началу и концу плавления.

Максимальная температура пайки: температура, при превышении которой портится припой (например, вследствие испарения легирующих составляющих) или изделие (например, из-за недопустимых структурных превращений), или флюс.

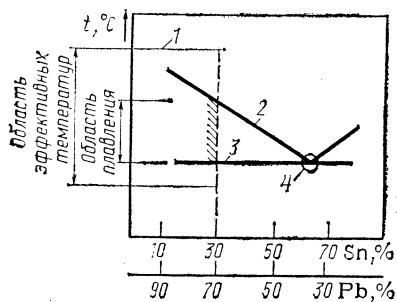


Рис. 3.28. Интервал плавления, максимальная температура пайки, интервал эффективных температур на примере диаграммы состояния свинец—олово (выборочное представление):

1 — максимальная температура пайки; 2 — ликвидус; 3 — солидус; 4 — точка плавления

Интервал эффективных температур: температурный интервал, в пределах которого флюс или защитный газ воздействуют на поверхность соединяемых изделий и обеспечивают смачивание жидким припоем.

Рабочая температура припоя должна находиться в интервале эффективных температур!

О ф л ю с о в ы в а н и е: механизированное нанесение флюса на деталь для пайки.

Мягкая пайка: пайка с применением оловянносвинцовых припоев или специальных припоев при рабочей температуре ниже 450 °С.

Твердая пайка: пайка при рабочей температуре > 450 °С, техническое использование твердой пайки — начиная примерно с температуры 600 °С.

## 4

### ТЕХНИКА СКЛЕИВАНИЯ

#### 4.1. ТЕРМИНЫ

##### Основные понятия

Склеивание — процесс соединения деталей с помощью клея, растворителя или смеси растворителей.

Клеевое соединение — место соединения деталей с помощью клея, растворителя или смеси растворителей. Упрочненное клеящее вещество выдерживает внешние нагрузки на деталь и распределяет усилия по поверхности клеевого соединения.

Степень надежности клеевого соединения — отношение растягивающего напряжения, возникающего при разрушении клеевого соединения деталей к пределу текучести при растяжении.

Склеивание металлов — соединение с помощью клея двух деталей, из которых по меньшей мере одна является металлом.

#### Клеящие вещества

Клей — неметаллическое вещество, с которым связываются соединяемые детали благодаря когезии и адгезии, без заметного воздействия на структуру и свойства соединяемых деталей. Термин клей является собирательным, включающим такие понятия, как дисперсный клей, клеящий лак, клеезамзка и плавкий клей. Наряду с основой в состав клея могут входить, например, раздражители, разбавители, наполнители, отвердители, ускорители, размягчители.

Активное клеящее вещество — клей, отвердевающий в результате химической реакции (поликонденсация, полимеризация, ступенчатая полимеризация или вулканизация).

Первичное клеящее вещество — клей, схватывающийся в результате физических процессов (испарение органических растворителей или смесей растворителей, испарение диспергаторов или затвердевание).

#### Составные части клеящего вещества

Ускорители — вещества или смеси, повышающие скорость химической реакции, например при отвердевании клеящего вещества.

Отвердители — вещества или смеси, способствующие упрочнению основы клея с помощью химической реакции.

Активаторы — вещества или смеси с повышенной адгезией к материалу соединяемой детали и упрочняемому клею. Наносятся на обработанную поверхность соединяемых деталей или добавляются в клеящее вещество. Активаторы повышают прочность и стойкость соединения клея. Основа клея — составная часть, являющаяся носителем основных клеевых свойств.

#### Основные операции склеивания

«Жизнеспособность» — промежуток времени между моментом, когда уже можно использовать клей или исходную смесь клея, и моментом, когда клей становится непригодным при температурах его нанесения на поверхность.

Долговечность — промежуток времени между приготовлением клея или его составных частей и временем, когда теряются предусмотренные прочностные свойства и обрабатываемость.

Клеевая пленка — слой упрочненного клея в клеевом соединении.

Клеевой слой — подготовленный слой клея на поверхности соединяемых деталей.

Конденционирование — воздействие по меньшей мере в течение 1 ч окружающей атмосферы, освобожденной от пыли и продуктов промышленного производства, при температуре  $20 \pm 2$  °С и относительной влажности воздуха на поверхности соединяемых деталей  $65 \pm 3$  %.

Время открытой выдержки — промежуток времени между нанесением клея и соединением склеиваемых поверхностей.

#### 4.2. СКЛЕИВАНИЕ ПЛАСТМАСС

##### 4.2.1. СПОСОБЫ

Принцип склеивания — рис. 4.1.

##### Основные операции склеивания

##### Обработка поверхности изделий

1. Подготовка поверхности — очистка (механическое или химическое удаление грязи, краски и т. п.), подгонка (выравнивание поверхности и снятие внутренних напряжений), обезжиривание (органическими растворителями).

2. Предварительная обработка поверхности — расширение и активирование склеиваемых поверхностей (шлифовка и в случае необходимости — поляризация). В этой стадии нет необходимости при склеивании с растворением поверхностных слоев.

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛНЕНИЮ СОЕДИНЕНИЙ  
ПРИ СКЛЕИВАНИИ ПЛАСТМАСС

Форма соединения (см. табл. 8.6)	Область применения	Толщина $s$ , мм	Длина перекрытия $l_{\text{п}}$ , мм	Высота $h$ , мм	Диаметр заготовки $D$ , мм	Угол $\alpha$ , град
1	Панели, фольга, профили, гидроизоляционный материал, ткань, ткань с покрытием, фасонные детали; все пластические материалы	Любая: для склеивания с растворением $\geq 0,2$	10s—15s	—	—	—
2	Панели, фольга, профили, гидроизоляционный материал, ткань, ткань с покрытием; все пластические материалы	Любая: для склеивания с растворением поверхностного слоя $\geq 0,2$	20s—30s	$\frac{3}{5}s$ —s	—	—
3	Панели, профили, фасонные детали, любые пластические материалы	Любая толщина	10s—15s	—	—	—
4	Панели, профили, фольга, ткань, ткань с покрытием, фасонные детали; любые пластические материалы	Любая: для склеивания с растворением $\geq 0,2$	10s—15s	$\frac{3}{5}s$ —s	—	—
5	Панели, профили, напольный настил, фасонные детали; все пластические материалы	$\geq 2$	10s—15s	—	—	—
7	Панели, трубы, профили, фасонные детали; материал—полиметилметакрилат; клей на основе полиметилметакрилата	$\geq 2$	—	—	—	—
8	Трубы; любые пластические материалы	$\geq 1$ $\geq 1$ $\geq 1$	3D 2,5D 2D	s s s	$\leq 40$ $>40-90$ $>90$	— — —
9	Трубы; любые пластические материалы	$\geq 1$ $\geq 1$ $\geq 1$	3D 2,5D 2D	s s s	$\leq 40$ $>40-90$ $>90$	— — —

3. Окончательная обработка поверхности — температурная обработка, нанесение активатора и стабилизация склеиваемых поверхностей. В этой стадии нет необходимости при склеивании с растворением поверхностных слоев.

### Обработка клеящего вещества

1. Дозировка компонентов клея — отбор компонентов по объему и по массе с учетом норм изготовителя клея. В этой стадии нет необходимости при использовании однокомпонентных клеев и растворителей.

2. Смешивание компонентов — смешивание отдельных компонентов клеящего вещества до получения однородного и готового к использованию клея; при этом используют физические методы, предотвращая возможность попадания в клей воздушных пузырей и учитывая теплоту, образующуюся при смешивании.

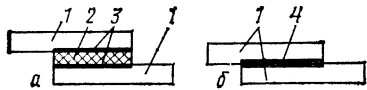


Рис. 4.1. Сечение клевого шва:

$a$  — адгезионное склеивание;  $b$  — склеивание с растворением; 1 — соединяемые детали; 2 — клеваемая пленка (когезия); 3 — граничный слой детали—клеваемая пленка (адгезия); 4 — граничный слой, образующийся благодаря растворению и испарению растворителя (когезия)

3. Нанесение клея — клей-жидкость: нанесение кистью, разбрызгивание, погружение, нагнетание, распыление, накатывание валиком; клей-пасты: накатывание валиками, ракелями, шпаклевка, распыление, погружение, нагнетание; клей-порошки: россыпь по поверхности; клей-фольга: накладывание на поверхность.

### Соединение склеиваемых деталей

1. Сочленение и соединение склеиваемых деталей — использование фиксирующих и поджимающих устройств.

2. Упрочнение клея — выполняется по инструкциям изготовителей при комнатной или при более высокой температуре под давлением или без него при соответствующей выдержке во времени.

3. Снятие поджимной оснастки — в случае упрочнения при повышенных температурах проводится только после охлаждения до комнатной температуры.

### Границы применимости

Положение: любые пространственные положения

Изделия: изделия любой толщины; для склеивания с растворением допустимая толщина  $s \geq 0,2$  мм (в противном случае образуются морщины на швах); детали всех видов, например панели, трубы, профили, фольга, гидроизоляционный материал, ткань, ткань с покрытием, напольный настил, фасонные детали.

Материал: склеиваются и однородные и разнородные пластмассы; длительность выдержки  $t_{\text{в}} = 20 \text{ с} \div 48 \text{ ч}$  в зависимости от типа клея и условия упрочнения.

Общие рекомендации по исполнению соединений — табл. 4.1.

### Оборудование

Аппараты, машины и оснастка — см. 4.1.2.

Устройство для транспортировки, хранения и дозирования клея и химикатов: тележки с баллонами, опрокидывающиеся вагонетки с баллонами, опрокидыватели баллонов с подъемником, обкатывающие машины, стойки для установок и заполнения бочек, устройства для разлива бочек, промышленные холодильники.

Устройства для подготовки поверхности: сосуды с обезжиривающим средством, промыленные кисти средней жесткости (из натуральной щетины), запасные сосуды для обезжиривающего средства.

Устройства для предварительной обработки поверхности: ручные шлифовальные аппараты с изменяющимся положением шлифовального круга (собственного изготовления), травильный аппарат с подо-

Продолжение табл. 4.1

Форма соединения (см. табл. 8, 6)	Область применения	Толщина s, мм	Длина перекрытия $l_{\text{д}}$ , мм	Высота h, мм	Диаметр заготовки D, мм	Угол $\alpha$ , град
10	Трубы; любые пластические материалы	$\geq 1$ $\geq 1$	$D+10$ $D$	—	$\leq 95$ $> 90$	—
11	Болты втулки; любые пластические материалы	$\geq 5$	$\geq 10$	—	$\geq 0,1$	—
12	Круглые стержни, трубы (для ремонтных работ); все пластические материалы	— $\geq 2$	—	—	$\geq 2$ $\geq 5$	30 45

Примечание. При соединении труб подгонка соединяемых деталей выполняется таким образом, чтобы толщина клеевой пленки составляла 0,05—0,1 мм для клеев без наполнителя и 0,1—0,15 мм для клеев с наполнителем.

гревом и без подогрева, аппарат для промывки с ручной или механической системой питания, емкость для предварительной обработки.

Устройства для поляризации склеиваемых поверхностей: газовая горелка (лабораторного типа), высоковольтный аппарат для поляризации с искровым пробоем или без него, аппарат для поляризации тлеющим разрядом при низком давлении, а также для поляризации по способу Казинга (если требуется, то собственного изготовления), термометр.

Устройства для обработки клеящего вещества: точные или даже прецизионные весы, микробюретки со штативом, мерные пипетки, автоматические опрокидыватели; мешалки, перемешивающие прутки, вакуумные приборы или центрифуги (собственного изготовления) для удаления воздуха из исходной смеси клея; холодильные батареи; емкости для исходной смеси клея (например, из полиэтилена, но не из металла и не из бумаги), бутылки с головкой для капельного слива (масленки из полиэтилена); плоские или круглые кисти (из натуральной щетины), деревянные шпатели, гуммированные шпатели, ракели, сменные режущие кромки, валки, сита или устройства для рассеивания, пистолеты-распылители, распыляющие устройства, питатели для пистолетов-распылителей, приборы для нанесения клея, пистолеты для выдавливания клея, устройства для нагнетания клея, устройства для нанесения клея «пластафенал N».

Устройства для сборки соединяемых деталей: фиксирующие и прижимные устройства (собственного изготовления или струбины, пружины, эксцентрики и др.), прессы (механические, пневматические или гидравлические), сушильные шкафы с циркуляцией воздуха, инфракрасные излучатели.

#### Выбор основных и присадочных материалов

Все термoplastические и термоактивные материалы могут склеиваться между собой и друг с другом при соответствующей подготовке поверхностей и правильном выборе клея.

Растворители для склеивания с растворением термoplastических материалов: этилацетат, этиленхлорид, этилгликоляцетат, ацетон, бензин, бензол, бутилацетат, хлороформ, циклогексан, дихлорэтан, ледяная уксусная кислота, метакрезол, метилацетат, метиленхлорид, петролейный эфир, тетрагидрофуран, толуол, трихлорэтилен, ксилол (муравьиная кислота).

Первичные клеящие вещества: поликарбонат PCA20, поликарбонат PC15, мокофлекс L3001, мокофлекс L5501, мокофлекс 3550, мокофлекс L7101, мокофлекс L2505, мокофлекс D2501, мокофлекс L4001, хемизоль L1403, хемизоль L1503, хемизоль L1102, хемизоль L1300, рейналит 50, перфольный клей для дерева M, берлинский клей для дерева, пиафлекс LT35, эпазоль 1107, битум.

Активные клеящие вещества: эпилекс EGK19, эпилекс EG34, эпазоль EP6, эпазоль SP125, пластатерм 21/65, пластазоль L47, клей для тормозных накладок B45, пластифенал N, фамофокс, каллопласт R, клей на основе силиконового каучука K620/10, силиконовая шпаклевка NJ100, мокодур L5001, тиопласт G1.

Технология склеивания — табл. 4.2—4.5.

ТАБЛИЦА 4.2

#### ОБЕЗЖИРИВАНИЕ СОЕДИНЯЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ (ДЛЯ ВСЕХ ФОРМ СОЕДИНЕНИЙ)

Материал	Растворитель	Технологические параметры обезжиривания	
		$T_{\text{в}}$ , °C	$t_{\text{в}}$ , с
Термoplastические материалы: твердый и мягкий полиэтилен, полипропилен, полиамиды, политетрафторэтилен, полипропилен типа 0, полиоксиметилен, полиуретан, поливинилацетат Твердый и мягкий поливинилхлорид, полиэтилентерефталат, поливинилиденхлорид, поливинилфторид Полиметилметакрилат, полиизобутилен, ацетилцеллюлоза, поливинилацетат Акрилонитрил-бутадиен-стирол-сополимер, стирол-акрилонитрил-сополимер, полистирол ударно-вязкий, стирол-бутадиен-сополимер Терморезактивные материалы: ненасыщенная полиэфирная смола, дициандиамидаформальдегидный конденсат, пластмассы со стекловолокном, ненасыщенный полиэфир со стекловолокном, мочевино-формальдегидный конденсат, текстолит, гетинакс, фенолформальдегидный конденсат, вулканизированная фибра, полиуретан	Перхлорэтилен, четыреххлористый углерод, хлористый метилен	30	30
	Четыреххлористый углерод	20	30
	Петролейный эфир	20	30
	То же	20	5
	Перхлорэтилен, четыреххлористый углерод, хлористый метилен	30—40	60

Примечания: 1. Толщина материалов — любая. Обезжиривание производится погружением. Растворитель необходимо наносить промышленной кистью средней жесткости. 2. Пена пластических материалов не обезжиривается; при обезжиривании требуется отсос пыли.

СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ  
А. Механические и термические способы

ТАБЛИЦА 4.3

Индекс	Характеристика обработки	Инструмент	Условия работы
<i>Механические способы</i>			
А	Шлифовка	Абразивная бумага, размер зерен на 12	Направление шлифовки: под углом 45° к направлению приложения нагрузок (шероховатость поверхности необходима в одинаковой степени для обеих соединяемых деталей) То же
В	»	Абразивная бумага, размер зерен на 20	»
С	»	Абразивная бумага, размер зерен на 32	»
<i>Термические способы</i>			
Д	Обработка по разности температур или способ Крайдля	Специальная горелка, работающая на светильном газе	Наклон горелки: 45° к поверхности соединяемых деталей; конус пламени непосредственно касается поверхности. Рабочая скорость $v_A = 75 \div 90$ м/мин

## Б. Электрические способы

Индекс	Характеристика обработки	Инструмент	Напряжение поляризации $U_p$ , кВ	Время обработки $t_B$ , с	Рабочая скорость $v_A$ , мм/мин	Расход газа $q_{гг}$ , л/ч
ЕГ	Поляризация высоковольтным аппаратом с искровым пробоем (способ Трейнора)	Аппарат для поляризации; детали помещаются между электродами $s \leq 3$ мм $s > 3 \div 6$ мм	10—25 20—50	1—3 Твердый полиэтилен, полипропилен: 3—9	Мягкий полиэтилен: 10 Твердый полиэтилен, полипропилен: 5	—

## Продолжение табл. 4.3

Индекс	Характеристика обработки	Инструмент	Напряжение поляризации $U_p$ , кВ	Время обработки $t_B$ , с	Рабочая скорость $v_A$ , мм/мин	Расход газа $q_{гг}$ , л/ч
ЕК	Поляризация высоковольтным аппаратом без искрового пробоя (способ Крефта—Добочки)	Аппарат для поляризации со смещенными электродами, искра в токе ионизированного газа (воздуха, кислорода, азота), $s \leq 6$ мм	25—50 (кислород только до 25)	1—3 Твердый полиэтилен; полипропилен: 3—9	Мягкий полиэтилен: 10 Твердый полиэтилен; полипропилен: 5	1500 1500
ЕГ	Поляризация тлеющим разрядом (при низком давлении (способ Фрелиха))	Аппарат для поляризации с электродами в вакууме, $s \leq 250$ мм: давление газа $p_g = 67$ Па, плотность тока $S = 1 \div 2$ мА/см <sup>2</sup>	0,2—0,4	Мягкий поли-этилен: 1—3 Твердый поли-этилен, полипропилен: 3—9	— —	— —

## В. Химические способы

Индекс	Характеристика	Операции	$T_B$ , °С	$t_B$ , с
FC	Обработка хромовой смесью	1. Травление в растворе: 150 долей по массе концентрированной серной кислоты ( $\rho = 1,84$ г/см <sup>3</sup> ), 7,5 долей по массе бихромата калия, 12 мол. долей дистиллированной воды 2. Промывка в струе воды 3. Сушка в горячем воздухе	20—30 67—73	180—300 60—120
FL	Обработка в растворе едкого натра	1. Травление в растворе едкого натра (20 %-ный) 2. Промывка в проточной воде 3. Сушка в потоке горячего воздуха	10—25 50—60 70—90	1800 1800 120—600
			15—25 85—90	600 300

Индекс	Характеристика	Операции	$T_B, ^\circ C$	$t_B, c$
FN	Обработка в натриево-аммиачном растворе	1. Травление в растворе, состоящем из 15 долей (по массе) метилламината натрия, 1500 долей (по массе) обезвоженного аммиака (в атмосфере азота) 2. Промывка в струе воды 3. Сушка в горячем воздухе	20	1—5
FP	Обработка в фосфорной кислоте	1. Травление в фосфорной кислоте (85 %-ная) 2. Промывка в воде 3. Промывка в проточной воде 4. Сушка в потоке горячего воздуха	15—25 50—60 47—53	1800 1800 5—15
FF	Способ NNT	1. Травление в фосфорной кислоте (85 %-ная) 2. Промывка в ацетоне 3. Промывка в струе воды 4. Сушка	50—90 15—25 85—90 20	300 600 300 60—120
FS	Обработка в пара-толуолсульфоновой кислоте	1. Травление в растворе, состоящем из 56,2 доли перхлорэтилена, 0,3 доли пара-толуолсульфокислоты, 3 доли диоксида и 0,5 доли инфузориной земли 2. Промывка в воде 3. Промывка в проточной воде 4. Сушка в потоке горячего воздуха	20 15—25 20—25 75—100	300 1800 2400 10—30

## Г. Комбинированные способы

Индекс	Характеристика	Операции	Электрический		Химический	
			U, кВ	$t_B$ , мин	$T_B, ^\circ C$	$t_B$ , мин
G	Способ Казинга	В пластмассе, находящейся в электрически возбужденной газовой атмосфере (гелия, неона, воздуха, смеси воздуха с кислородом), пропускается небольшой разряд (с последующим нанесением метилметакрилата); $s \leq 2$ мм	22—30	10—30	85—95	1—2

Примечание. Не требуется обработка поверхности термопластических материалов, которые соединяются методом растворяющего склеивания или с помощью растворимого клея.

ТАБЛИЦА 4.4

## ВЫБОР СПОСОБА ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ \*\* ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АДГЕЗИОННЫХ КЛЕЕВ

Форма соединения (см. табл. 8.6)	Толщина s, мм	Способ обработки поверхности по табл. 4.3 для термопластических материалов						
		твердый полиэтилен, мягкий полипропилен	политетрафторэтилен	полиэфиратлат	полиоксиметилен	полиамиды, твердый и мягкий поливинилхлорид	полиуретан, полиметалметакрилат, поликарбонат	сополимеры полистирола, акрилонитрила, бутадиена стирола
1	$\leq 1,5$	D, ET, EK, EF, FC или G *3	FN, FT или G	FL	FC *3, FP или B	—	—	FC *4
2	$> 1,5-2$	A или B и D, ET, EK, EF, FC или G *2	A или B и FN, FT или G	A или B и FL	A или B и FC *3, FP или FS	A или B	A или B	A или B и FC *4
3	$> 2-6$	A или B и D, ET, EK, EF или FC	A или B и FN или FT	То же	То же	То же	То же	То же
5	$\geq 2$	То же	»	»	»	»	»	»
6	»	»	»	»	»	»	»	»
7	$\geq 1$	»	»	»	»	»	»	»
8	»	»	»	»	»	»	»	»
9	$\geq 5$	»	»	»	»	»	»	»
10	»	»	»	»	»	»	»	»
12	»	»	»	»	»	»	»	»

\*1 В случае термоактивных материалов для соединения всех форм и всех толщин способ A или B (лициандиамидаформальдегидный конденсат, эпоксида смолы, неашищенный полиэфир, усиленный стекловолокном, мочевино-формальдегидный конденсат, текстолит, гетнакс, фенольно-формальдегидный конденсат, полиуретан, неашищенная полиэфирная смола, вулканизированная фибра для материалов без наполнителя и материалов с мелкодисперсным наполнителем) и способ C (материалы с крупнодисперсным наполнителем или линии наполнителя). \*\* Не для полипропилена. \*2 Травление:  $T_B = 10-20$  с. \*3 Травление:  $T_B = 67-73$  с. \*4 Травление:  $T_B = 5-10$  с.

## УСЛОВИЯ УПРОЧНЕНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ КЛЕЯЩИХ ВЕЩЕСТВ

Клеящее вещество	Соотношение компонентов смеси $m_p$ , Доли по массе			Время использования, 100 г навески при 20 °С, $t_p$ , мин	Время выдержки $t_w$ , мин	Температура схватывания $T_s$ , °С	Время $t_w$ , °С схватывания	Усилие схватывания $P_s$ , МПа
	количество смолы $m_{УК}$	количество отвердителя $m_{УН}$	количество ускорителя $m_{УВ}$					
Эпидокс ЭГК19 — отвердитель 3	100	11	—	30—45	0	КТ * $\geq 20$	24—48	$K = 0,02 \pm 0,1$
Эпидокс ЭГ34 — отвердитель 3	100	12	—	30—45	0	КТ	24—48	K
Эпидокс ЭГ34 — отвердитель 8	100	60	—	45	0	КТ	24—48	K
Эпидокс ЭГ34 — отвердитель 105	100	33	—	120 °С/30	0	130	2	K
Эпазол SP11 — отвердитель 3	100	3	—	30—45	0	КТ	24—48	K
Эпазол SP125 — отвердитель 3	100	3	—	30—45	0	КТ	24—48	K
Эпазол ЭР6, часть А; то же, часть В	4	1	—	30—45	0	КТ	24	K
Эпидокс ЕК10	—	1	—	—	0	160	3	K
Мокодур L5001 — отвердитель 11	1 г порошка	2 мл жидкости	—	20—30	0	КТ	12—60	0,02
Каллопласт R	—	—	—	10	0	КТ	24—48	K
Фимифлекс (стандартный)	—	—	—	—	0	КТ	1	K
Мокофлекс L3550 — изоцианат	100	5	—	16 ч	10—15	КТ	12—26	5 мин 0,3—0,5
Мокофлекс L2837	—	—	—	—	2—5	КТ	20—48	0,02
Мокофлекс L5501	—	—	—	—	60	КТ	24	K
Мокофлекс L2505	—	—	—	—	2—5	КТ	24	K
Мокофлекс L7101	—	—	—	—	—	КТ	24	K
Мокофлекс L3001	—	—	—	—	0—15 с	КТ	24	0,1—0,5
Хемизоль L1503	—	—	—	—	2—3	КТ	12—24	3—15 с; 0,2—0,5
Хемизоль L1403	—	—	—	—	10—30	КТ	12—24	15 с; 0,2—0,4
Хемипласт K1200	—	—	—	—	0	140	0,5—1	K
Пиэфлекс LT35	—	—	—	—	—	КТ	24	K
Пластазол L47 — р-толуолсульфокислота	100	12	—	3 ч	6—18	КТ	8—12	0,1—0,8
Рейналит 50	100	8	—	60	45	КТ	8—12	0,02—0,1
Эластозаль Н4 — отвердитель 4	—	—	—	—	—	КТ	3—48	0,02—0,1
Поликарбонат А20	—	—	—	—	1—2	КТ	24—30	0,02—0,1
Ценузил	—	—	—	5—15	—	(-10) — (+50)	24	0,02—0,1
Мокофикс L4001	—	—	—	0—15 с	0—15 с	КТ	24—30	0,2—0,4
Мокотекс D2501	—	—	—	60 при 90 °С	1—5	КТ	24—30	0,02—0,1
Битум	—	—	—	—	—	Охлаждение расплава	2 с	0,02—0,1
Клей для дерева М	—	—	—	—	1—5	КТ	24—30	0,02—0,1
Берлинский клей для дерева	—	—	—	—	1—5	КТ	24—30	0,02—0,1
Тиопласт G — отвердитель	100	12	1,5	2 ч	—	КТ	72—100	0,02—0,1
S — ускоритель	—	—	—	—	2	КТ	24	0,02—0,1
Эпазин Н1107	—	—	—	—	1—2	КТ	24—30	0,02—0,1
Поликарбонат 15	100	0	—	—	—	250	1	0,02—0,1
Силиконовая замазка NI 101/КК611/32	100	2,5	—	1 ч	—	КТ	5—12	0,02—0,1
Клей из силиконового каучука К620/10 I/К 620/10 II/К 620/10 III	100	5	—	0,5 ч	—	КТ	3—6	0,02—0,1
Хемизоль L1102	100	2	2	30—90	15	КТ	24—48	0,02—0,1
Перфорный клей	—	—	—	—	0—3	КТ	24	0,02—0,1
Плавкий полиэфирный клей	—	—	—	30 ч при 260 °С	—	Охлаждение расплава	12—24 2 с	0,02—0,1 0,02—0,1

\* КТ — комнатная температура; К — контактное давление

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ, СКЛАДИРОВАНИЯ И ДОЗИРОВАНИЯ КЛЕЯ  
И ХИМИКАТОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ

Наименование	Габаритные размеры		Грузоподъемность $F_T$ , кгс	Масса $m$ , кг	Высота подъема $H$ , мм	Изготовитель	Примечание
	$l$ , мм	$h$ , мм					
Тележки с баллонами	—	1250	$\leq 200$	23	—	«Diétel»	Колеса из силиконовой резины или шины с камерой: используются для транспортировки баллонов, бочек и бидонов
Опрокидыватели вагонок с баллонами, стационарные или подвижные	630	—	—	18	—	«Schieschke»	Для заполнения 25- и 50-л баллонов
Опрокидыватели баллонов с подъемником	635	—	—	20	—	«РGN Elektro- maschinen- und Anlagen- bau»	
Стационарные подвижные	560 1240	780 750	—	17 26	—		Подъем и заполнение плетеных бутылей и т. п. сосудов емкостью до 60 л
Обкатывающие машины для бочек	—	800	—	25	370	То же	Обкатка и сопровождение бочек емкостью 200 л ( $D = 550 \pm 600$ мм, $l = 850 \pm 950$ мм)
Стойки для установки и заполнения бочек	—	—	300 500	37 65	500 600	Alex	Насадки для сливных отверстий бочек
Устройства для опорожнения бочек	—	—	—	—	—	—	—

ТРАВЯЛЬНЫЕ И ПРОМЫВНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ  
ПОВЕРХНОСТИ СОЕДИНЯЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

Наименование	Параметры питания				Технологические параметры				Масса $m$ , кг	
	электропитание или пар				Вода, масса $m_{\text{в}}$ , л/мин	Допустимая рабочая температура $T_A$ , °C	Диаметр чаши $d_{\text{SB}}$ , мм	Деление шкалы, г		Масса $m$ , кг
	$P$ , кВА	$P_{\text{AB}}$ , кВт	давление пара $P_{\text{п}}$ , МПа	количество пара						
Травильный аппарат без подогрева *	—	—	—	—	—	15—25	305	—	115	
То же, с подогревом *	12	4	0,3	57	—	19—25	475	—	140	
Аппарат для горячей промывки *	12	4	0,3	48	—	$\leq 60$	305	—	160	
	18	6	0,3	74	—	$\leq 80$	475	—	200	
Аппарат обратной промывки с механической системой питания *	—	—	—	—	1,5—6	$\leq 80$	1200	—	215	
То же, с ручной системой питания *	—	—	—	—	—	8—15	—	—	335	
Емкость ** для обработки Spezialplast P	—	—	—	—	1,5—6	8—15	600	—	235	
	—	—	—	—	1,5—6	8—15	925	—	270	
	—	—	—	—	—	$\leq 65$	525	—	Емкость, устойчивая против действия разбавленных кислот и щелочей	
	—	—	—	—	—	$\leq 65$	1050	—		

\* Изготовитель — «Galvanotechnik». \*\* Изготовитель — «Magdeburg». Емкость устойчива против действия разбавленных кислот и щелочей.

ВЕСЫ ДЛЯ ДОЗИРОВАНИЯ ПО МАССЕ КОМПОНЕНТОВ КЛЕЯЩЕГО ВЕЩЕСТВА

Наименование	Максимальная масса навески $F_{\text{max}}$ , г	Чувствительность $e$ , мг	Высота плеча $l_{\text{se}}$ , мм	Диаметр чаши $d_{\text{SB}}$ , мм	Деление шкалы, г	Масса $m$ , кг	Изготовитель
Прецизионные коромысловые весы в корпусе — тип 612.03	200	5	170	80	—	6	«Rapido»
Прецизионные коромысловые весы типа	200 500	1 5	200 230	90 110	—	2 2,2	Фабрика весов «Merseburg»



Наименование	Максимальная масса навески $P_{\max}$ , г	Чувствительность $\epsilon$ , мг	Высота плеча $l_{se}$ , мм	Диаметр чаши $d_{CB}$ , мм	Деление шкалы, г	Масса $m$ , кг	Изготовитель
ADRES1000	1000	10	290	140	—	2,5	«Precision»
Лабораторные весы — тип 231	5000	100	280	200	—	7,0	
Прецизионные весы с верхним расположением чаши * типа:	1000	—	—	130	0,1	13	«Precision»
751.05	1000	—	—	130	1	13	

\* Питание 220 В для ламп накаливания 6 В, 10 Вт, возможно также наполное вешивание (при таких весах гири не требуются).

ТАБЛИЦА 4.9

ПРИБОРЫ ДЛЯ ДОЗИРОВКИ ПО ОБЪЕМУ КОМПОНЕНТОВ КЛЕЯЩЕГО ВЕЩЕСТВА \*1

Наименование	Объем $V$ , мл	Единица объема $g$ , мл	Наименование	Объем $V$ , мл	Единица объема $g$ , мл	Наименование	Объем $V$ , мл	Единица объема $g$ , мл
Автоматические бюретки из коричневого стекла *2	1	1/100	Бюретки из коричневого стекла *3	10	1/20	Штагив для бюретки *4 Мерные пипетки по Морю	—	—
	2	1/100		25	1/10		1/100	
	5	1/50		50	1/10		1/100	
	10	1/20		10	1/50		1/100	
	25	1/10		25	1/20		—	
50	1/10	5	1/50	—	—			
Микробюретки	—	—	—	—	—	—	—	

\*1 Изготовитель — стекольный завод «Schützetbach». \*2 С приваренной запасной емкостью и автоматическим возвратом; объем сферы 500—2000 мл. \*3 С устойчивым положением нуля, 2-л бутылкой и резиновым упругим элементом. \*4 Для одной или двух бюреток.

ТАБЛИЦА 4.10

МЕШАЛКИ И ОСНАСТКА ДЛЯ СМЕШИВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ КЛЕЯЩЕГО ВЕЩЕСТВА \*1

Наименование	Мощность $P$ , ВА	Число оборотов в минуту $n$	Примечание
Ручная мешалка *2	160	1430	Взрывозащищенная, $m = 14$ кг Без защиты от взрыва $m = 14$ кг
Ручной смеситель *3	80	3000	

\*1 Изготовитель — предприятие «Karl-Friedrich Spreewerk». \*2 Оснастка: смеситель с крыльчаткой (910—39) диаметром 90 мм; головка (910—40) диаметром 55 мм. \*3 Оснастка: головка 931—50 диаметром 38 мм,  $m = 0,05$  кг; уголкового головки (931—34) диаметром 50 мм,  $m = 0,03$  кг; устройство (125—9/16) для подвешивания на потолок или на стене.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ КЛЕЯ

ТАБЛИЦА 4.11

Наименование	Параметры питающей сети		Технологические параметры				Примечание
	электричество		ширина клевого слоя $d_B$ , мм	толщина клевого слоя $d_D$ , мм	рабочая скорость $v_A$ , м/мин	емкость запасного сосуда $V_B$ , л	
	$U$ , В	$I$ , А					
Прибор для нанесения клея ZIS608	220	6	50	$\leq 500$	—	Любая	Для жидкий и пастообразных одно- и многокомпонентных клеящих веществ; точечное, полосоное и поверхностное нанесение клея
Пистолет для клея ZIS639	—	—	—	0,02—0,25	—	100	Для полосоного нанесения жидкого и пастообразного клея; $m = 1,2$ кг
Устройство для нанесения пастообразного клея ZIS507/1	—	—	—	0,02	0,5—1,5	$\leq 15$	—
Устройство для нанесения пастообразного клея ZIS609	—	—	—	0,3	—	3	—
Устройство для впрыскивания клея ZIS610	—	—	—	0,2	$\leq 0,2$	$\geq 30s$	Для трубных соединений
Устройство для нанесения клея ZIS882	220	6	50	В зависимости от сопла: 2—100 или в виде точек 3—15	—	$\leq 50$ или $\leq 200$ точек/мин	Бесступенчатое регулирование нагрева (50— $\pm 250$ °C $\pm 5$ K) емкости с клеем
Устройство для нанесения пластафенала (Plastaphenal N)	—	—	—	—	—	—	Ручной прибор с валком или расплывающим аппаратом

ПИСТОЛЕТЫ, РАСПЫЛИТЕЛИ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ КЛЕЯ

Наименование	Параметры питающей сети		Технологические параметры				Изготовитель, примечание
	рабочее давление $P_p$ , МПа	расход воздуха $m_g$ , м <sup>3</sup> /ч	емкость $V$ , л	производительность $P_{Sp}$ , м <sup>3</sup> /мин	ширина струи $b_{St}$ , мм	скорость подачи $m_K$ , г/мм	
Высокопроизводительный пистолет — распылитель: с распыливающей головкой Р6 . . . . .	—	—	—	—	—	—	«ORSTA-Hydraulik» $m = 0,6$ кг
с набором распылителей AS 10-12 . . . . .	—	5—13	—	0,8—2,0	70—150	80—240	
с распыливающей головкой F с нагнетательной камерой TF-0,5 . . . . .	0,2—0,5	—	—	—	—	—	Подвод клея с помощью циркуляционной установки, насоса или подача клея из сосуда под давлением $m = 0,17$ кг $m = 0,1$ кг
то же, тип 06 . . . . .	—	—	0,5	—	—	—	
с набором распылителей AS 10-14 . . . . .	—	5—13	—	0,7—1,4	100—130	100—190	Подвод клея с помощью нагнетателя «ORSTA-Hydraulik» $m = 0,5$ кг
Пистолет — распылитель типа SM63-FE: с распыливающей головкой FE . . . . .	0,2—0,5	—	—	—	—	—	

Продолжение табл. 4.12

Наименование	Параметры питающей сети		Технологические параметры				Изготовитель, примечание
	рабочее давление $P_p$ , МПа	расход воздуха $m_g$ , м <sup>3</sup> /ч	емкость $V$ , л	производительность $P_{Sp}$ , м <sup>3</sup> /мин	ширина струи $b_{St}$ , мм	скорость подачи $m_K$ , г/мм	
с нагнетательной камерой TF-0,5 . . . . .	—	—	0,5	—	—	—	$m = 0,17$ кг $m = 0,1$ кг
то же, тип 06 . . . . .	—	—	0,6	—	—	—	
с распылителем GS08E . . . . .	—	0,5	—	0,4—0,6	60—100	50—100	Подвод клея с помощью нагнетателя «ORSTA-Hydraulik» $m = 0,5$ кг
Пистолет — распылитель типа SM63КЕМ: с распыливающей головкой UEM . . . . .	0,15—0,39	—	—	—	—	—	
с набором распылителей AS 10E—14E . . . . .	—	5—12	—	0,6—1,4	60—100	85—120	Подвод клея с помощью циркуляционной установки, насоса или подача клея из сосуда под давлением Общество «PREA», $m = 0,5$ кг Для малых поверхностей и изделий применяют нагнетатели TE 0,5 и тип 06
Пистолет — распылитель типа R4: с набором распылителей 0,4—1,5 мм . . . . .	—	1,5—8	—	—	—	—	
то же, 2,0—3,5 мм . . . . .	—	6—14	—	—	—	—	

## ПИТАТЕЛИ ПИСТОЛЕТОВ-РАСПЫЛИТЕЛЕЙ

ТАБЛИЦА 4.13

Наименование	Параметры питающей сети		Технологические параметры		Масса, кг	Изготовитель
	рабочее давление $P_p$ , МПа	расход воздуха $m_g$ , м <sup>3</sup> /ч	емкость $V$ , л	подача клея $m_k$ , л/мин		
Питатели краской *1: тип FSG-01 тип FSG-0,2 Сосуд для краски под давлением DB20 *2	0,5	25	60	5	40	ORSTA-Hydraulik «Gerätebau»
	0,5	35	60	12	50	
	0,6	—	20 *3 30 *4	—	35 35	

\*1 Мешалка устраняет осаждение наполнителей. \*2 Максимум для двух пистолетов-распылителей. \*3 Со вставкой. \*4 Без вставки.

## РАСПЫЛИТЕЛИ

ТАБЛИЦА 4.14

Наименование	Параметры питающей сети		Технологические параметры				Изготовитель, примечание	
	$P_A$ , ВА	рабочее давление $P_p$ , МПа	расход воздуха $m_g$ , м <sup>3</sup> /ч	производительность $P_{Sp}$ , м <sup>3</sup> /мин	ширина струи $b_{Sp}$ , МПа	давление струи $P_S$ , МПа		подача клея $m_k$ , г/мин
Распылитель низкого давления — тип NSGIII	450	—	—	—	—	0,13	—	Предприятие Elektromaschinen- und Anlagenbau; $m = 8,5$ кг; диаметр сопла: 1,0; 1,5; 2,0 мм; оснастка; нагнетательная камера TF-05, бак
Распылитель низкого давления — тип Leitag MKIIIW	400	—	—	0,6—1,3	150—220	0,9	80—170	
Распылитель — тип VYZAI	—	0,4—0,7	8*, 9—12**	—	—	—	—	
Распылитель X20A	—	—	—	—	220	—	—	Предприятие-распылитель SM63 N-FN/NS18E, комбинат ORSTA-Hydraulik Предприятие Kovoifinis, ЧССР
Электрический пистолет-распылитель — тип F11	60	—	—	—	—	—	250 100	

\* Для поршневых насосов. \*\* Для перемешивающих устройств.

## ИСТОЧНИКИ ТЕПЛА ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ КЛЕЯЩЕГО ВЕЩЕСТВА И СУШКИ СОЕДИНЯЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

ТАБЛИЦА 4.19

Наименование	Параметры питающей сети *1		Технологические параметры *2		Масса $m$ , кг	Изготовитель	Примечание
	$U$ , В	$P_A$ , кВА	температура $t$ , °C	отклонение $\gamma$ , град			
Сушильный шкаф WSUI	220	1,64	25—220	$\pm 0,5$	600×500×500 мм (150 л)	105	С циркуляционной установкой и таймером С естественной циркуляцией воздуха
Сушильный шкаф 824	220	8,1	40—220	$\pm 3$	750×600×800 мм	400	
Вакуумный сушильный шкаф *3 FTI	220	1,2	30—160	—	$d_1 = 430$ мм $t_A = 430$ мм (60 л)	125	Для вставляемых стеллажа; восьмикратная циркуляция воздуха в минуту С циркуляцией воздуха
Промышленный сушильный шкаф TSAR60	220	7,35	$\leq 300$	—	600×800×600 мм	700	
Инфракрасный лабораторный излучатель ILS4	380	15,6	35—300	—	1000×1320×1000 мм	1700	С высокотемпературным излучателем 220 В, 250 Вт
Набор излучателей Infrabox 25	—	0,25	—	—	—	8	
	—	12,5	—	—	—	—	Набор высокотемпературных излучателей 125; 250; 500 Вт или набор среднетемпературных излучателей 150; 250; 500 Вт; прибор не имеет взрывозащиты

\*1  $t = 50$  Гц. \*2 — внутренний диаметр;  $t_A$  — глубина. \*3 Допустимое давление упрочнения 0,1 МПа.

ПОДБОР КЛЕВ ДЛЯ СОЕДИН

НИЯ МАТЕРИАЛОВ

ТАБЛИЦА 4.17

№ по пор.	Материал	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20
1	PVC-H	12, 18 19	17 19		12 18	17, 19 25	17, 19 25	17 25	12, 17 25	10, 11 17	10, 11 12	12, 19 25	36	35
2	PVC-W	12 19	12 19		12 18	12, 19 25	19 25	18 25	12, 18 25	12, 18	12 18	12 18		
3	PMMA	2, 9	1 19	3 9	12 18	19 25	17 25	12 18	1, 12 18	1, 11 18	1, 11 12, 18	12 18	36	36
4	PS	33	14 33	29	14 18	14	14	19 33	19 33*	19	19	19	36	36
5	PS-s	33	14 33	29	14 18	14	14	18 33	10 33	18	10	18	36	36
6	ABS	33	33	29		15	15	15 18	10 15	18	10	18	36	36
7	UP	2, 9 22	3 19	3, 9 29	12	19	19	9 18	3, 9 12	3, 9 12	3, 6 12	12, 18 19	36	35
8	PETP	2, 9 22	3 19	3, 9 29	12	19	19	9 18	3, 6 12	3, 9 12	3, 7 12	18 19	36	36
9	PE	3 18	3 18		18	18	18	6 18	3 18	3	3	18	36	36
10	PP	3 18	3 18		18	18	18	6 18	3 18	3	3	18	36	36
11	PTFE	3, 4 18	3 18		18	18	18	6 18	1	3, 4 8	3, 4 8	18	36	36
12	PA	12 22	12 22		12	12	12	12 22	12, 18 22	12	12	12 18		
13	PA-пленка	38	38		12	38	38	12 38	12, 22 38	18	18	12	36	36
14	PF; UF; MF	3, 4 9, 22	3 18	28 29	12	19	19	9, 15 27	1, 9 15	3, 4 9	3 12	12, 18 19	36	35
15	PiB	12 28	12	29	12	12	12	12 29	12	12	12	12	36	36
16	CA	12 17	12 17		12	12	12	12 17	12 17	12	12	12 19	36	36
17	POM	12	12		12	12	12	2 12	2, 3 12	2, 3	2 3	12	36	36
18	PC		14 17		14 17	14	14	10, 14 17	10, 14 17	10	10	12	36	36
19	PUR	12	12 18		12 18	12	12	12, 18 19	12, 18 19	12	12	12, 18 19	36	35 36
20	Синтетическая смола	35	35 36	35 36	35 36	36	36			26, 35	26 35	36	36	35
21	Синтетический каучук	36	36	36	36	36	36			26, 36	26 36	36	36	
22	Резина	12, 18 19	12, 18 19	7	12	12, 18 19	12, 18 19	18, 19 37	18 37	12, 18 19	18 19	18, 19 37		
23	Стекло	2 10	3, 18 19	3	12	12, 18 19	12, 18 19	7 19	1, 3 7	3	1, 2 11, 26			
24	Керамика Фаянсовый	2, 9 10	3, 18 19	7	12	12, 17 18, 19	12, 17 18, 19	7, 9 19	1, 7 10	3, 7 8, 10 26				
25	Дерево	2, 28 30	3, 18 19	28, 30 31	12, 28 30, 31	12, 17 18, 19 25	12, 17 18, 19 25	7, 30 31	7, 30 31					
26	Фетр	2, 28 30	3, 18 19	28, 30 31	12, 28 30, 31	17, 18 19, 25	17, 18 19, 25	9, 17 30, 31						
27	PVC-H-пеннопласт	12 25	17, 19 25	29	12, 18 25	17, 19 25	17, 19 25							
28	PVC-W-пеннопласт	12 25	17, 19 25		19 12, 18	25 17, 19								
29	PUR-пеннопласт	12 28	12 28	28, 30 31	12, 19 32									
30	PS-пеннопласт	28 29	28 29	28 29										
31	PE-пеннопласт	1 3	3, 18 19											
32	PF-пеннопласт	2, 9 10, 22												

19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
10, 14 17	12	17	12	29	19	14	18	12	10	10	18	12	19	14	19	11, 14 19, 2	10, 11 12, 17	14, 19 21, 25	17, 25 34
12	14	12	17	12	19	14	18	12	10	18	18	12	19	14	19	14, 19 19, 21	12, 14 19, 25	12, 14 21, 25	
12	10 17,	2, 3 12	17	12	1, 2 12	14 38	18	2	18 10	3	3	1, 10 12, 27	10, 12 19	14	14	10, 14 21	1, 10 11, 14		
14					10 33	14 38	14	18	18	18	33	33	10		16				
14					10 33	38	14	18	18	18	15 33	33	33	33					
12	10				12	10 33	38	18	12	18	18	15 33	12	33					
12	12	2 3			12	2, 4 22	38	12	2	18 4	18 9	1, 9 12, 18	1, 9 18, 22						
12	12	2 3			12	2, 4 22	38	12	2	18 4	18 4	1, 9 12, 18							
12	12	3			3	18		4	3	3									
12	12	3			3	18		4	3										
		3 4			2 4	18		4 8											
12	12				12	12	22	38	22 38										
12	12				12	12	38	38											
12	10 17				2	17	29	2, 6 9, 10 22											
12	12	12			29														
12	12	12			17														
12	12	2 3																	
12	10, 14 17																		
12																			

Примечание. Основные материалы обозначены последовательными номерами и повторяются в головке. Обозначение клеев дано в табл. 4.6.  
 Условные обозначения: PVC-H — поливинилхлорид твердый; PVC-W — поливинилхлорид мягкий; PMMA — полиметилметакрилат; PS — полистирол; PS-s — полистирол ударно-вязкий; ABS — сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола; UP — ненасыщенная полиэфирная смола; PETP — полиэтилентерафталат; PE — полиэтилен; PP — полипропилен; PTFE — политетрафторэтилен; PA — полиамиды; PA-пленка — полиамидная пленка; PF, UF, MF — фенолформальдегидный конденсат, мочевино-формальдегидный конденсат, меламинформальдегидный конденсат; PiB — полиизобутилен; CA — ацетилцеллюлоза; POM — полиоксиметилен; PC — поликарбонат; PUR — полиуретан

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОТКАЧКИ ЛЕТУЧИХ КОМПОНЕНТОВ  
КЛЕЯЩЕГО ВЕЩЕСТВА И ПАРОВ РАСТВОРИТЕЛЯ

ТАБЛИЦА 4.10

Наименование	Параметры питающей сети и технические данные			
	$P_A$ , кВА	рабочая ширина $b_A$ , мм	рабочая высота $h_A$ , мм	общая высота $h_G$ , мм
Пульт для распыления краски по TGL 17223 *1: FS 1000 FS 1500 FS 2000	0,8 1,8 2,4	1000 1500 2000	1200 1200 1200	2000 2000 2000
Стенд для распыления краски по TGL 17223 *2: FS 2000 FS 3000	4,4 6,0	2000 3000	2100 2100	2110 2110
Лабораторный вытяжной шкаф *3	—	1250	—	2250

Наименование	Параметры питающей сети и технические данные			Объем откачиваемого воздуха $m_{га}$ , м <sup>3</sup> /ч
	рабочая глубина $t_A$ , мм	общая глубина $t_G$ , мм	масса $m$ , кг	
Пульт для распыления краски по TGL 17223 *1: FS 1000 FS 1500 FS 2000	760 760 760	1500 1500 1500	170 225 329	3 450 5 200 6 900
Стенд для распыления краски по TGL 17223 *2: FS 2000 FS 3000	1100 1100	2000 2000	380 590	11 500 17 300
Лабораторный вытяжной шкаф *3	775	—	—	— *3

\*1 Изготовитель — Marcus Helmbrecht. Воздушный двигатель взрывозащищен; устанавливается на площадках для нанесения клея и монтажа. \*2 Изготовитель — Medizin und Laboratechnik. \*3 Зависит от пропускной способности газоотвода.

4.2.3. ПРИСАДОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Подбор клеящего вещества в зависимости от основного материала — см. табл. 4.17.

Растворители для склеивания с растворенным термопластических материалов:

1. Ацетилцеллюлоза — этилацетат, ацетон, метилацетат, циклогексан.
2. Полиметилметакрилат — ацетон, метилхлорид, дихлорэтан, хлороформ, толуол.
3. Полистирол — бутилацетат, этилацетат, толуол, бензол, трихлорэтилен.
4. Полистирол ударно-вязкий — ледяная уксусная кислота, циклогексан, тетрагидрофуран.
5. Соплимер стирола и акрилонитрила — ацетон, метилацетат, бутилацетат, ксилол.
6. Соплимер акрилонитрила, бутадиена и стирола — этилацетат.
7. Поликарбонат — метилхлорид, этилхлорид, метакрезол.
8. Полиизобутилен — бензин, четыреххлористый углерод, циклогексан.
9. Полиамиды — концентрированная муравьиная кислота.
10. Пенопласт из полистирола — смесь из петролейного эфира [90 % (объемн.)], толуола [7 % (объемн.)] и метилхлорида [3 % (объемн.)].

ТАБЛИЦА 4.18

СВОЙСТВА КЛЕЯЩИХ ВЕЩЕСТВ

№	Клеящее вещество (изготовитель)	Химический состав или основа	Характеристика	Стойкость
1	Эпилокс ЕКГ19, отвердитель 3 («Leupa»)	ЭКГ19: эпоксидная смола с дибутилфталатом и разбавленная глицидовым эфиром; отвердитель 3; дипропилендиамин с пропиленамином	ЭКГ19: прозрачная желтая жидкость; отвердитель 3: прозрачное жидкотекучее эдкое вещество	ЭКГ19: 1 год; отвердитель 3: 6 мес
2	Эпилокс ЕГ34, отвердитель 3 («Leupa»)	ЕГ34: диановая эпоксидная смола; отвердитель 3: дипропилендиамин с пропиленамином	ЕГ34: светло-коричневое вещество высокой вязкости; отвердитель 3: прозрачное жидкотекучее эдкое вещество	ЕГ34: 1 год; отвердитель 3: 6 мес
3	Эпилокс ЕГ34, отвердитель 8 («Leupa»)	ЕГ34: диановая эпоксидная смола; отвердитель 8: аминополлиамид, содержащий растворитель	ЕГ34: светло-коричневое вещество высокой вязкости; отвердитель 8: красно-бурое вещество низкой вязкости	ЕГ34: 1 год; отвердитель 8: 6 мес
4	Эпилокс ЕГ34, отвердитель 105 («Leupa»)	ЕГ34: диановая эпоксидная смола; отвердитель 105 — продукт конденсации анилинформальдегида	ЕГ34: светло-коричневое вещество высокой вязкости; отвердитель 105: темно-коричневое вещество высокой вязкости вплоть до твердого	ЕГ34: 1 год; отвердитель 105: 1 год
5	Эпалозль СП11, отвердитель 3 («ASOL-Chemie»)	СП11: эпоксидная смола с железным порошком; отвердитель 3: дипропилендиамин с пропиленамином	СП11: темно-серая шпаклевка; отвердитель 3: прозрачное жидкотекучее эдкое вещество	СП11: 1 год; отвердитель 3: 6 мес
6	Эпалозль СП125, отвердитель 3 («ASOL-Chemie»)	СП125: эпоксидная смола со сланцевой мукой; отвердитель 3: дипропилендиамин с пропиленамином	СП125: темно-серая шпаклевка; отвердитель 3: прозрачное жидкотекучее эдкое вещество	СП125: 1 год; отвердитель 3: 6 мес
7	Эпалозль ЕР6, часть А, ЕР6, часть В («ASOL-Chemie»)	ЕР6, часть А: эпоксидная смола с неорганическими наполнителями; ЕР, часть В: аддитивное соединение Insitu с неорганическими наполнителями	Часть А: бежевого цвета, вещество высокой вязкости; часть В: белое вещество высокой вязкости	Часть А и часть В: 6 мес

№	Клеящее вещество (изготовитель)	Химический состав или основа	Характеристика	Стойкость
8	Эпилокс EK10 («Leupa»)	Проконденсированная эпоксидающая смола, содержащая отвердитель	Желтовато-белый порошок	2 года
9	Мокодуор L5001, отвердитель I1 (предприятие «Mölkau»)	L5001: ненасыщенный полиэфир с ускорителем; отвердитель I1: кварцевая мука с перекисью	L5001: желтоватая жидкость, отвердитель I1: белый порошок	L5001 и отвердитель I1: 6 мес
10	Каллопласт R (предприятие «Spezialchemie»)	Полиметилметакрилат с манометром	1-й компонент: белый порошок; 2-й компонент — бесцветная жидкость	6 мес
11	Фимификс, стандартный (предприятие «Kolloidchemie»)	Алкил-α-цианоакрилат	Прозрачная жидкость очень низкой вязкости	При 0 °С — 3 мес
12	Мокофлекс L3550 — изоцианат («Mölkau»)	Смола: сложный полиэфир со свободными гидроксильными группами; отвердитель: трифункциональный изоцианат	Смола: от бесцветной до слабо-желтой; отвердитель — фиолетовый	Смола и отвердитель: 6 мес
13	Мокофлекс L2837 («Mölkau»)	Поливинилацетат с добавками наполнителя	Светло-серое вещество высокой вязкости	6 мес
14	Мокофлекс L5501 («Mölkau»)	Сложный эфир полиакриловой кислоты	Светлая жидкость низкой вязкости	6 мес
15	Мокофлекс L2505 («Mölkau»)	Поливинилацетат	Светлая жидкость низкой вязкости	6 мес
16	Мокофлекс L7101 («Mölkau»)	Полистирол	Светлая жидкость низкой вязкости	6 мес
17	Мокофлекс L3001 («Mölkau»)	Сополимер винилхлорида и винилацетата	Светлая жидкость низкой вязкости	6 мес
18	Хемизоль L1503 (предприятие «Banner des Friedens»), Эрфурт	Полихлоропрен-каучук	Светлая жидкость низкой вязкости	6 мес
19	Хемизоль L1403 («Banner des Friedens»), Эрфурт	Сополимер бутадиена и акрилонитрила (буна N) с добавками смолы	Коричневая жидкость низкой вязкости	6 мес
			Темно-коричневая жидкость низкой вязкости	3 мес

№	Клеящее вещество (изготовитель)	Химический состав или основа	Характеристика	Стойкость
20	Хемипласт K1200 («Banner des Friedens»), Эрфурт	Полибутадиен	Белая клеящая замазка	1 год
21	Пиафлекс T35 (предприятие «Priesteritz»)	Сложный метиловый эфир полиметакриловой кислоты	Прозрачная жидкость низкой вязкости	Неограниченная (при герметизации)
22	Пласгазоль L47/p-толуолсульфокислота (предприятие «Plastag»)	Резоль: отвердитель: p-толуолсульфокислота	L47: жидкость низкой вязкости; отвердитель — светлая жидкость	L47: зависит от степени конденсации; отвердитель: 6 мес
23	Рейналит 50 (предприятие «Reinert»)	Поливинилацетат	Жидкость низкой вязкости светлая, с незначительным помутнением	1 год
24	Эластозоль H4, отвердитель 4	Эластозоль: буна N; отвердитель 4; изоцианат	Эластозоль: жидкость средней вязкости от белого до желтого цвета; отвердитель: жидкость от красной-бурой до фиолетовой	Эластозоль и отвердитель 4: 6 мес
25	Поликарбонат A20 (фабрика пленки «Orwo»)	Хлорированный поливинилхлорид, растворенный в ацетоне (20% закрепителя)	Светлая жидкость низкой вязкости	1 год
26	Ценуазиль (химический завод «Nünchritz»)	Отверждающийся на холоде силиконовый каучук	Белая паста	3 мес
27	Мокофикс L4001 («Mölkau»)	Нитрат целлюлозы в органических растворителях	Светлая жидкость низкой вязкости	1 год
28	Монотекс (D2501) («Mölkau»)	Дисперсный поливинилацетат	То же	1 год
29	Битум («Kitt»)	Битум	При комнатной температуре от темно-коричневого до черного цвета, субстанция с высокой вязкостью вплоть до твердого состояния	Неограниченная
30	Клей для дерева M (предприятие «Branth»)»	Дисперсный поливинилацетат	Светлая жидкость низкой вязкости	1 год

№	Клеящее вещество (изготовитель)	Химический состав или основа	Характеристика	Стойкость
31	Берлинский клей для дерева (объединение «Flemke»), Берлин	Дисперсный поливинилацетат	Светлая жидкость низкой вязкости	1 год
32	Тюплагст G1, отвердитель S, ускоритель (химический завод «Greitz-Dolau») Эпазин H1107 («ASOL-Chemie»)	G1: полисульфид—полимер Полистирол с кумароновой смолы, растворенный в органических растворителях Хлорированный поливинилхлорид, растворенный в метилденхлориде Замазка: силиконовая смола	G1: серая жидкость Бесцветная жидкость низкой вязкости	1 год 1 год
33	Иодикарбонат 15 (предприятие «Orbita»)	Полиорганосилоксан и силиконовая смола	Светлая жидкость низкой вязкости	1 год
34	Силиконовая замазка N1101/КК611/32 («Nünchritz»)	Натуральный каучук в органических растворителях Капролактам с резорцином, растворенный в метаноле Полиэтиленгликольтерфталат	Замазка: темно-серо-зеленая вязкая клейкая паста; отвердитель: прозрачная жидкость низкой вязкости	1 год
35	Клей из силиконового каучука K620/10 I/K620/1011K620/10111 («Nünchritz»)	Полиорганосилоксан и силиконовая смола	Клей: жидкость от бесцветной до коричневатой (при толстом слое), обычно прозрачная; отвердитель и ускоритель: прозрачная жидкость низкой вязкости	3 мес
37	Хемизоль L11102 («Banner des Friedens»)	Натуральный каучук в органических растворителях	Коричневатая жидкость низкой вязкости	6 мес
38	Перфольный клей (фабрика пленки «Орво») Полиэфирный плавкий клей (предприятие «Premnitz»)	Капролактам с резорцином, растворенный в метаноле Полиэтиленгликольтерфталат	Светлая жидкость низкой вязкости	6 мес
39			Твердая субстанция молочно-белого цвета	5 лет

## 4.2.4. КАЧЕСТВО

ТАБЛИЦА 4.19

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЧНОСТЬ СКЛЕИВАНИЯ

Параметр	Влияющий фактор
Клеящее вещество	Молекулярное строение; упрочнение; характер деформации в соединении; изменение свойств; стойкость
Материал склеиваемых деталей	Тип материала, структура и полярность; растворимость, состояние поверхности; предел текучести и относительное удлинение; термическое растяжение; стойкость
Условия изготовления	Климатические условия производства; период выдержки в открытом состоянии; загрязненность клеящего вещества; толщина слоя клея; усилие при сжатии и момент сжатия; длительность и температура упрочнения; охлаждение после упрочнения
Соединение	Форма: длина перекрытия или длина косого стыка; ширина соединения; толщина соединяемых деталей; толщина клеевой пленки
Нагрузка	Статическое нагружение; динамическое нагружение; нагружение в особых условиях

Примечание. В оптимальных условиях степень надежности клеевого соединения может быть принята равной 1.

ТАБЛИЦА 4.20

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛНЕНИЮ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СКЛЕИВАНИИ МЕТАЛЛОВ

Форма соединения (см. табл. 8.6)	Область применения	Толщина s, мм	Диаметр заготовки D, мм	Длина перекрытия l <sub>д</sub> , мм	Оптимальная длина перекрытия l <sub>опт</sub> , мм
1	Листовые соединения	0,5—5	—	m × σ	m × σ <sub>0,2</sub>
2	Болтовые соединения	≥ 5	10—120	m × σ	m × σ <sub>0,2</sub>

Продолжение табл. 4.20

Форма соединения (см. табл. 8.6)	Клей	Растяжение, кручение, коэффициент m, мм <sup>2</sup> /Н	Усилие прижатия деталей, МПа
1	Эпилокс EGK19/N3 Эпилокс EK 10	0,015 (s <sup>2</sup> + 5s) 0,02 (s <sup>2</sup> + 1)	— —
2	Мокодур L5001/H11 Эпилокс EGK10/H3 Эпилокс EK 10	0,025 (3s <sup>2</sup> + s) 0,05 (0,01D <sup>2</sup> + 1) 0,025 (0,01D <sup>2</sup> + 1)	— 0,03 (0,01D <sup>2</sup> + 1) 0,015 (0,01D <sup>2</sup> + 1)

Примечание. При соединениях труб подгонка соединяемых деталей выполняется таким образом, чтобы толщина клеевой пленки составляла 0,05—0,1 мм для клеев без наполнителя и 0,1—0,15 (0,2) мм для клеев с наполнителем.

## 4.3. СКЛЕИВАНИЕ МЕТАЛЛОВ

ТАБЛИЦА 4.21

### 4.3.1. СПОСОБЫ

#### Принцип склеивания

Склеивание металлов представляет собой соединение двух изделий, из которых минимум одно металлическое, при помощи клея (рис. 4.2).

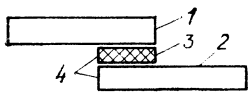


Рис. 4.2. Принцип склеивания металлов:  
1 — склеиваемое металлическое изделие; 2 — склеиваемое металлическое или неметаллическое изделие; 3 — слой клея (влияние когезии); 4 — граничный слой склеиваемого изделия — влияние адгезии

Основные операции при склеивании аналогичны операциям при склеивании пластмасс (см. табл. 4.1): обработка поверхности; подготовка и нанесение клея; соединение изделий. При этом, однако, последующая обработка поверхности имеет здесь большее значение, чем при склеивании пластмасс.

#### Границы применимости

**Положение:** все пространственные положения.

**Изделия:** любой толщины, детали всех видов, например заготовки,ковки и др.

**Материал:** склеиваются одинаковые и разные металлы, а также металлы с неметаллическими материалами разного типа; длительность  $t_V = 30 \div 48$  ч в зависимости от типа клея и условий упрочнения.

#### Оборудование

**Аппараты, машины и оснастка** (см. 4.2.1, 4.2.3, 4.3.2): устройства для транспортировки, хранения и дозирования клея и химикатов (см. 4.1.1 и 4.1.2), устройства для подготовки поверхности (см. 4.1.1 и 4.2.1), дополнительно (см. 4.2.2) аппарат для обезжиривания в парах растворителя, машина для обезжиривания ванн, машина для очистки металлических поверхностей, ультразвуковая обезжиривающая установка (импорт), устройства для предварительной обработки поверхности (см. 4.2.1 и 4.2.2), дополнительно (см. 4.3.2), струйная установка «Vacublast», устройства для обработки клея и сочленения соединяемых деталей (см. 4.2.1 и 4.2.2).

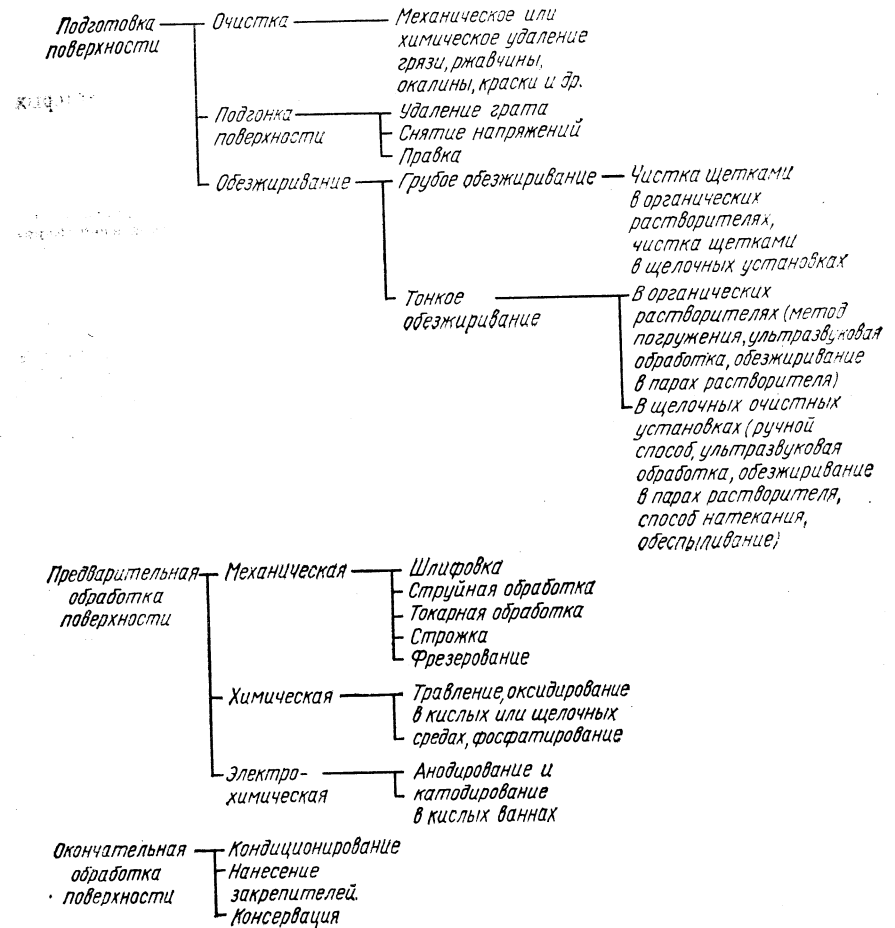
#### Выбор основных и присадочных материалов

Все металлы (и однородные, и разнородные) при соответствующей обработке поверхности и правильном выборе клея могут склеиваться между собой.

Активные клеящие вещества: эпилоск EGK19, эпилоск EG34, эпилоск EK10, эпазоль SP2, эпазоль SP4, эпазоль SP12, эпазоль SP125, эпазоль SP125, эпазоль EP2, эпазоль EP6, эпазоль EP11, эпазоль EP30N, полиэфир G, мокодур L5001, каллопласт R, фимофикс (стандартный), эластозоль H4, хемипласт K1200, пластазоль L47, пластафенал F, силиконовая замазка N1101, клей из силиконового каучука K620/10, ценузил, мокофлекс L3550.

Первичные клеящие вещества: мокофлекс L3001, мокофлекс L2837, мокофлекс L2505, хемизоль L1403, хемизоль L1503, перфорный клей, эпазин 572, поликарбонат 15, битум, полиэфирный плавкий клей.

### ОБРАБОТКА СКЛЕИВАЕМЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ



#### Техника пайки

Обезжиривание соединяемых деталей в негорючих органических растворителях:

ELT. Обезжиривание погружением в ванну. Склеиваемые поверхности опускают в жидкость: детали перемещают возвратно-поступательно или приводят в движение жидкость с помощью осушенного сжатого воздуха. Температура обезжиривания  $T_B = 20 \div 30^\circ\text{C}$ . Продолжительность  $t_B = 20$  мин.

ELU. Ультразвуковая обработка  $f_s = 800$  кГц,  $I_s = 20$  Вт/см<sup>2</sup>,  $T_B = 20^\circ\text{C}$ ,  $t_B = 1$  мин.

ELD. Обработка в парах растворителя. Склеиваемые поверхности располагают параллельно поднимающемуся потоку пара. Обезжиривание ведут при температуре пара растворителя до окончания конденсации пара на склеиваемых поверхностях. В зависимости от массы  $t_B \geq 3$  мин.

ELS. Способ «Soxhlet». Обезжиривание ведут, как и в случае обработки в парах растворителя, при температуре пара растворителя или при температуре конденсата. Продолжительность обезжиривания — пять наполнений аппарата:  $> 40$  мин.



ТАБЛИЦА 4.22

## ЖИДКИЕ ЩЕЛОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ОБЕЗЖИРИВАНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЯЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

Индекс	Способ, материал, средство для очистки *	Рабочие условия	Концентрация КВ, %	Водородный потенциал рН	Температура обработки Тв, °С	Длительность обработки tв, мин
ЕАА	Сплавы алюминия Cr-forte-super Cr-pural Латунь: Cr-pural	Бурное кипячение	1	12,4	100	2
	Обезжиривание в парах растворителя Сталь Cr-omnis Сплавы алюминия Cr-pural			11,8		
ЕАВ	Латунь Cr-pural	Прокачать ванну в течение 2—3 мин	3	11,8	80	3
	В потоке Сталь: Cr-forte-super Сплавы алюминия Cr-pural			12,4		
ЕАУ	Латунь Cr-pural	f <sub>s</sub> = 800 кГц; I <sub>s</sub> = 20 Вт/см <sup>2</sup>	3	11,8	20	1
	Ультразвуковая обработка Сталь Cr-forte-super Сплавы алюминия Cr-pural			12,4		
ЕАЕ	Латунь Cr-pural	Шелевая головка 10×2 мм; p <sub>s</sub> = 0,3 МПа	3	11,8	80	3
	Распыление Сталь Cr-forte-super			12,4		
ЕАР	Латунь Cr-pural	Расстояние сопла от поверхности a <sub>D</sub> = 5 см	2	11,8	75	3
	Латунь: Cr-omnis			12,4		
	Сплав алюминия Cr-pural	Шелевая головка 10×2 мм; p <sub>s</sub> = 0,2 МПа; a <sub>D</sub> = 5 см		11,8		
	Латунь: Cr-pural			12,4		

Примечание. После обезжиривания соединяемые детали подвергают следующей обработке: 1) промывка в воде при 60—65 °С, 5 мин; 2) промывка в проточной воде, 10 мин; 3) сушка в потоке горячего воздуха при 60—65 °С, 20 мин.

ТАБЛИЦА 4.23

## ОЦЕНКА СПОСОБОВ ОБЕЗЖИРИВАНИЯ И ВЫБОР СРЕДСТВ ОЧИСТКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МАТЕРИАЛА СОЕДИНЯЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

Материал соединяемых деталей	Способ обезжиривания		Коэффициент качества исполнения
	индекс	средство для очистки	
Легкие металлы, сталь	ELT	Перхлорэтилен, трихлорэтилен, четыреххлористый углерод, метиленхлорид	0,5—0,6
Латунь	ELU	Растворители, как и для ELT	0,6—0,7
	ELD	Перхлорэтилен, четыреххлористый углерод, метиленхлорид	0,8—0,9
Легкие металлы	ELS	Растворители, как и для ELP	1
	EAT	Cr-pural, Cr-forte-super	0,6—0,7
Латунь	EAA	Cr-pural	0,9—1
	EAU	Cr-pural	1
Сталь	EAF	Cr-pural	0,7—0,8
	EAP	Cr-pural	0,8—0,9
Нержавеющая сталь	EAT	Cr-forte super	0,6—0,7
	EAA	Cr-omnis	0,9—1
Термореактивные материалы	EAU	Cr-forte super	1
	EAF	Cr-forte super	0,7—0,8
	EAP	Cr-forte super	0,8—0,9
	ELT	Перхлорэтилен, трихлорэтилен, четыреххлористый углерод, метиленхлорид	0,8

ТАБЛИЦА 4.24

## МЕХАНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Индекс	Способ очистки	Рабочее средство	Рабочие условия							
			давление p <sub>Sch</sub> , МПа	число проходов n <sub>Z</sub>	скорость v <sub>Sch</sub> , м/мин	путь шлифовального круга L, м	угол α <sub>Sch</sub> , град	продолжительность струйной обработки t <sub>Sj</sub> , с	расстояние сопла от поверхности a <sub>D</sub> , см	диаметр сопла d <sub>D</sub> , см
АМ	Шлифовка	Абразивная бумага SKS, размер зерна 12	0,12	80—100	22,5	37,5	45	—	—	—
ВМ	То же	Абразивная бумага SKS, размер зерна 20	0,12	80—100	22,5	37,5	45	—	—	—
СМ	Струйная обработка	Дробь размером 0,1—1,0 мм	0,15	—	—	—	90	6—8	30	8

ТАБЛИЦА 4.25

ХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ  
ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Индекс	Способ обработки	Рабочие операции	Рабочие условия	
			температура обработки $T_B$ , °C	длительность обработки $t_B$ , мин
DC	Обработка в хромовой смеси	1. Травление в растворе, содержащем 24 доли по массе серной кислоты ( $\rho = 1,84$ г/см <sup>3</sup> ) 10,8 доли бихромата натрия, 65,2 доли дистиллированной воды 2. Промывка * 3. Сушка *	60—65	20
EC	То же	1. Травление в растворе, содержащем 26,8 долей по массе серной кислоты ( $\rho = 1,84$ г/см <sup>3</sup> ), 8 долей бихромата натрия, 65,2 доли дистиллированной воды 2. Промывка * 3. Сушка *	60—65	20
FC	Обработка в азотной кислоте с хлоридом железа	1. Травление в растворе, содержащем 15 долей по объему хлорида железа (III) (42 %-ный раствор), 30 долей азотной кислоты ( $\rho = 1,42$ г/см <sup>3</sup> ), 197 долей дистиллированной воды при последующем использовании клеев: эпилокс EGK 19 мокодур L 5001 фимофикс 2. Промывка * 3. Сушка *	20 20 70	6 8 6
GC	Обработка в азотной кислоте с бихроматом калия	1. Травление в растворе, содержащем 20 долей по массе азотной кислоты ( $\rho = 1,42$ г/см <sup>3</sup> ), 15 долей бихромата калия, 65 долей дистиллированной воды 2. Промывка * 3. Сушка *	20	1
HC	Обработка в метасиликате натрия и триоксиде хрома	1. Травление в растворе, содержащем 20 долей по массе метасиликата натрия, 10 долей тетрапирофосфата натрия, 1000 долей дистиллированной воды 2. Промывка в потоке воды 3. Нейтрализация в 20 %-ном растворе трехоксида хрома в воде 4. Промывка попеременно в холодной и кипящей воде 5. Сушка *	10—20 65 10—20	15 5 30 с
IC	Обработка в серной кислоте и во фториде натрия	1. Травление в растворе, содержащем 5,3 доли по массе серной кислоты ( $\rho = 1,84$ г/см <sup>3</sup> ), 3 доли фторида натрия, 1,4 доли трехоксида хрома, 80 долей дистиллированной воды 2. Промывка * 3. Сушка *	100 20	30 с 8

\* См. табл. 4.28—4.30.

ТАБЛИЦА 4.26  
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Индекс	Способ обработки	Рабочие операции	Рабочие условия				Вид тока
			температура обработки $T_B$ , °C	длительность обработки $t_B$ , мин	напряжение $U$ , В	плотность тока $S$ , А/дм <sup>2</sup>	
JE	Анодирование по Каллиске—Риттеру	1. Травление в растворе, содержащем 7 долей по массе соляной кислоты ( $\rho = 1,19$ г/см <sup>3</sup> ), 30 долей дистиллированной воды 2. Промывка в проточной воде 3. Декапирование в растворе, содержащем 50 долей по объему азотной кислоты ( $\rho = 1,40$ г/см <sup>3</sup> ), 50 долей дистиллированной воды 4. Промывка * 5. Сушка *	40—45	2	—	12	=
			8—15 40—45	5 1	—	—	
KE	Анодирование по заводскому стандарту ZN-68L-107401 (ПНР)	1. Травление в растворе, содержащем 150 мл серной кислоты ( $\rho = 1,82$ г/см <sup>3</sup> ), 5 г чистого ангидрида хромовой кислоты, 850 мл дистиллированной воды 2. Промывка в проточной воде 3. Анодирование в электролите, содержащем 15±1 % чистой серной кислоты; допустимая концентрация примесей: хлорид натрия 0,2 г/л, сульфат алюминия 20 г/л 4. Промывка в проточной воде 5. Последующее уплотнение в водном растворе, содержащем 5—10 % бихромата калия (концентрация карбоната натрия для установки водородного потенциала 6±2) 6. Сушка в вентилируемой печи	60±2	20	—	—	=
			10—20 10—15	10 21±1	10—30	1,5±0,2	

\* См. табл. 4.25—4.30.

ТАБЛИЦА 4.27  
ВЫБОР СПОСОБА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ  
ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Материал	Индекс	Способ предварительной обработки поверхности	Коэффициент качества исполнения
Алюминий и его сплавы	ЕС, DC	Обработка в хромовой смеси	0,7—0,8 1
	JE	Анодирование по Калиске—Риттеру	
Магний и его сплавы	KE	Анодирование по заводскому стандарту ZN-68/L-107401 (ПНР)	0,8—1
	GC	Обработка в азотной кислоте с бихроматом калия	0,8—1
Титан	HC	Обработка в метасиликате натрия и в трехокиси хрома	1
	IC	Обработка в серной кислоте и во фториде натрия	1
Сталь Нержавеющая сталь	AM *	Шлифовка	0,9—1
	BM	»	0,9—1
	CM	Струйная обработка	0,7—1
	DC	Обработка в хромовой смеси	0,8—1
Латунь	AM *	Шлифовка	0,9—1
	BM	»	0,9—1
	CM	Струйная обработка	0,7—1
	FC	Обработка в азотной кислоте с хлоридом железа	1
Термореактивные материалы	AM *	Шлифовка	1
	BM *	»	1

\* Для клеящих веществ с наполнителем BM; без наполнителя AM.

ТАБЛИЦА 4.28  
ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОМЫВКИ \*1

Материал	Температура воды $T_W, ^\circ\text{C}$	Время промывки $t_W, \text{мин}$
Материал без покрытий *2	60	10
Сталь *3	20	15
Легкие металлы	20	15
Латунь	80	20

\*1 Минимальный объем воды  $\dot{m}_{GW} = 6 \text{ см}^3$  на  $1 \text{ см}^2$  поверхности погружаемой детали. Минимальный расход воды  $\dot{m}_W = 20 \text{ см}^3/\text{мин}$  на  $1 \text{ см}^2$  поверхности травления. \*2 Подвод воды сверху, отвод — снизу. \*3 Количество подводимой воды равно количеству отводимой воды.

ТАБЛИЦА 4.29

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДЫ,  
ИСПОЛЪЗУЕМОЙ ДЛЯ ПРОМЫВКИ

Материал	Водородный показатель pH и общая жесткость	Концентрация ионов металла
Сталь	Жесткая известковая вода $>15^\circ \text{dH}$ не используется	Безвредна
Алюминий и его сплавы	Жесткая известковая вода $>15^\circ \text{dH}$ и жесткая кислая и мягкая кислая вода $\text{pH} < 4,6$ не используется	При нормальной концентрации ионов безвредна
Латунь	Жесткая известковая вода $>15^\circ \text{dH}$ не используется, предпочтительнее кислая вода	То же

Примечания: 1. Дистиллированная вода для промывки — это питьевая вода или вода для общего пользования; при использовании данных характеристик допустимы отклонения. 2. Добавка смачивающих агентов вредна. 3.  $1^\circ \text{dH} = 0,3566 \text{ мг экв/л}$ .

ТАБЛИЦА 4.30

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СУШКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ,  
ПРОМЫТЫХ В ВОДЕ РАЗЛИЧНОЙ ЖЕСТКОСТИ

Параметр	Жесткость воды для промывки	
	$<8^\circ$	$8-15^\circ$
Температура воздуха для сушки $T_L, ^\circ\text{C}$	60	50
Абсолютная влажность воздуха $x, \text{г/кг}$	10	10
Скорость движения воздуха $v_L, \text{м/с}$	3	4
Угол подачи воздуха к склеиваемой поверхности $\gamma, \text{град}$	$0-90$	90
Эффективная длительность сушки $t, \text{ч}$	$1,65t'_t$	$1,65t'_t$

Примечания: 1.  $t'_t = [m_W r + m_M c_M (T_K - T_M)] / A \alpha (T_L - T_K)$ , где  $t'_t$  — теоретическое время сушки;  $m_W$  — масса высыхающей воды;  $r$  — теплота испарения воды;  $m_M$  — масса соединяемой детали;  $c_M$  — теплоемкость материала соединяемой детали;  $T_K$  — предельная температура охлаждения;  $T_M$  — исходная температура;  $A$  — осушиваемая поверхность;  $\alpha$  — угол соединения. 2. При жесткости  $>15^\circ$  воду следует сделать более мягкой.

СПОСОБЫ НАНЕСЕНИЯ КЛЕЯ

ТАБЛИЦА 4.31

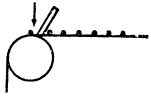
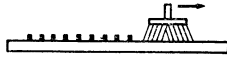
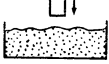
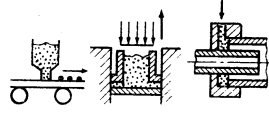
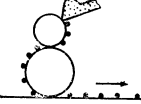
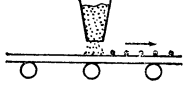
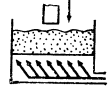
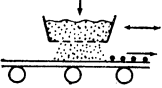
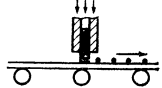
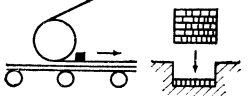
Метод нанесения	Принцип нанесения	Примечание
Промазка		Нанесение с помощью ракеля
		Нанесение кистью и соответствующими устройствами
Погружение		Погружение в ванну
Истечение		Выдавливание клея из сопла при прямом воздействии сжатого воздуха через поршень или мембрану
Накатка		Нанесение с помощью валиков, роликов и щеток
Распыление		Электростатическое, распыление сжатым воздухом, механическое, пламенное напыление
Спекание		Погружение предварительно подогретых деталей в смесь порошка с воздухом (вихревое напыление)
Рассеяние		Требуется предварительный подогрев заготовки или слоя активаторов сцепления
Плавление		Требуется предварительный подогрев заготовки или клея
Наложение		Наложение нарезанной фольги и клеевых таблеток

ТАБЛИЦА 4.32 УСЛОВИЯ УПРОЧНЕНИЯ КЛЕЯ. ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ СКЛЕИВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ \*

№ клей-эпиклея	Клеящее вещество	Количество доли по массе			Длительность использования 100 г при 20 °С t <sub>D</sub> , мин	Длительность промывки t <sub>W</sub> , мин	Температура упрочнения t <sub>У</sub> , °С	Длительность упрочнения t <sub>У</sub> , ч	Усиление прижатия p <sub>У</sub> , МПа
		клея т/VK	отвердителя т/УН	ускорителя т/УВ					
40	Эпазоль SP2, отвердитель 3	100	6	—	60	—	≥20 или 80	16	K = 0,02 ± 0,1
41	Эпазоль SP4, отвердитель 3	100	3	—	60	—	≥20 или 80	24	K
42	Эпазоль SP12, отвердитель 3	100	6	—	60	—	≥20 или 80	5	K
43	Эпазоль EP2, часть А; EP2, часть В	4	1	—	60	—	≥20 или 80	24	K
44	Эпазоль EP11, часть А; EP11, часть В	1	1	—	20	—	≥20 или 80	3	K
45	Эпазоль EP30N, часть А; EP30N, часть В	3	1	—	30	—	≥20	20	K
46	Сложный полиэфир G (пероксид циклогексана), кобальтовый ускоритель	100	2	2	20	—	≥20 или 80	24	K
47	Пластафенал	—	—	—	—	2—24	135	35 мин	0,5—1,5
48	Эпазин 572	—	—	—	—	2	145	30 мин	0,5—1,5
49	Поликарбонат 15	—	—	—	—	1—2	165	25 мин	0,5—1,5
							Комнатная	24	K
							»	24—30	K

\* Кроме того, в табл. 4.5 представлены клеящие вещества № 1—13, 15, 17, 18—20, 22, 24—26, 29, 34—36, 38, 39 (номера см. табл. 4.18).

Операции:

1. Кондиционирование соединяемой поверхности

Температура $T_{KR}$ . . . . .	20±2К
Относительная влажность воздуха $\chi$ , % . . . . .	65±3
Длительность кондиционирования, ч . . . . .	1—2

Сразу после кондиционирования наносят клей и поверхность консервируется. Консервация путем покрытия лаком или пастой: поливинилхлоридовая паста, транспортные и консервационные лаки на основе поливинилхлорида или целлюлозы.

Консервация с помощью клеевого покрытия: активные клеящие вещества твердеющие сразу или после монтажа.

Консервация путем покрытия фольгой: полиэтиленовые оболочки, как правило, удаляемые.

Средство для консервации остается при склеивании на поверхности соединяемых деталей.

2. Нанесение активатора (эпоксилан AW, эпоксилан RT 5100, эпоксилан NV 1115 винилсилан NV 1107, аминосилан RT 6201, метакрилсилан RT 5400) на склеиваемую поверхность. Все активаторы повышают прочность сцепления и водостойкость.

При склеивании алюминия, железа, меди на склеиваемую поверхность наносят 1,5—3 %-ный спиртовой раствор силана и высушивают ее, затем наносят клей.

Перед нанесением клея снять пленку пасты или лака.

Консервация путем покрытия лаком или пастой снижает прочность клеевого соединения, так как нельзя без остатка удалить слой из-за неровностей на поверхности детали.

РАЗДЕЛИТЕЛЬ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПРИЛИПАНИЯ КЛЕЯ К УСТРОЙСТВАМ В ПРОЦЕССЕ УПРОЧНЕНИЯ

Разделитель	Основа; состав	Максимальная рабочая температура $T_A$ , °C	Изготовитель, поставщик
Воск для натирки полов	Воск	30	Специализированная торговля
Пчелиный воск	Раствор 15 долей (по массе) пчелиного воска в трихлорэтилене (собственное изготовление)	30	То же
Вазелин	Вазелин	30	»
Вендаль А	Твердый воск	60	Dessau
Аэро 46	Восковая суспензия	60	Greif
Экспротект	Водо-восковая дисперсия	60	Greif
Вендаль В	Раствор поливинилового спирта (примерно 15 %-ный водный раствор)	60	Dessau
Полиэфирная пленка	Полиэтилентерефталат	90	Magnet
Полиэтиленовая пленка	Полиэтилен	90	Orbita
Перфолневая пленка	Полиамид	120	Orwo
Пленка триацетата	Триацетилцеллюлоза	160	Orwo
Силиконовая эмульсия 200	Силикон	180	Nünchritz
Силиконовая смазка NP13	То же	180	Nünchritz
Дисперсия силиконовой смазки NP80	»	180	Nünchritz
Вилафановая пленка	Гидратцеллюлоза	200	Zellstoff
Эльвифановая пленка	»	200	Zellstoff

ТАБЛИЦА 4.33

УСЛОВИЯ УПРОЧНЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ КЛЕЕВ

Клеящее вещество	Количество доли по массе		Длительность			Температура упрочнения $T_U$ , °C	Усилие прижатия $P_U$ , МПа
	клея $m_{VK}$	отвердителя $m_{UH}$	использования 100 г при 20 °C $t_D$ , мин	промывки $t_W$ , мин	упрочнения $t_U$ , ч		
Фимедин 60	—	—	—	—	12—36	20	—
Фимедин Н	—	—	—	—	15 мин	100	—
Эпизоль-стеклоклеей, часть А,	—	—	—	—	12—36	20	—
часть В	—	—	—	—	15 мин	100	—
Электроклеей Е1	4	1	60—80	0	36—48	20	К
Электроклеей Р2	100	5	60	0	24	20	К
Электроклеей Р2	2	1	5 ч	0	24—36	20	К

4.3.2. ОБОРУДОВАНИЕ

Установка для струйной механической предварительной обработки поверхности соединяемых металлических деталей.

Характеристика установки Vacu-blast SB4

Усилие $P_p$ , МПа . . . . .	0,5—0,7
Расход воздуха $m_g$ , м³/мин . . . . .	2,8
Обрабатываемая поверхность $p_{st}$ , м²/ч . . . . .	2,5—5,0
Положительность струйной обработки $t_{st}$ , мин . . . . .	12—15

Примечание. Предприятие «Doiplo». Установка работает без запыления, поскольку при работе струйной головки в вакууме рабочий материал задерживается; дробь размером 0,2—1,0 мм, масса 60 кг; длина шланга 6 (≤12) м;  $m = 210$  кг.

## УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБЕЗЖИРИВАНИЯ СОЕДИНЯЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Наименование	Параметры питания				Допустимая рабочая температура $T_A$ , °C	Количество циркулирующего средства для очистки $VU$ , л/мин	Масса, кг
	электричество		пар				
	$P_A$ , кВА	$P_{AB}$ , кВА/ч	Давление $P_D$ , МПа	количество пара для нагрева $m_A$ , кг			
Аппараты для обезжиривания в парах растворителя («Galva-potechnik») *1:							
475 л	18	6	0,3	97	32	475	—
950 л	36	12	0,3	194	65	950	—
1425 л	48	16	0,3	291	97	1425	—
1900 л	72	24	0,3	388	129	1900	—
Машины для обезжиривания ванн («Kovofinis» ЧССР):			0,3—0,8	—	—	165	70—90
VOSO, 2P *2	—	—	—	—	—	165	70—90
VOSO, 2E *2	16,5	—	—	—	—	800	70—90
VOSIP *3	—	—	0,3	—	—	800	70—90
VOSIE *3	80	—	—	—	—	800	70—90
Машины для очистки металлических деталей («Gofca») *1:							
тип I/1	13	4,5	0,05—0,1	22	9	90	320
тип I/3	22	9	0,05—0,1	32	15	160	360
тип II/1	25	9	0,05—0,1	33	13	160	400
тип II/2	95	45	0,05—0,1	150	68	800	600
							2300

\*1 Для обезжиривания натканем. \*2 Для предварительного обезжиривания в органических и кислотных средах. \*3 Для предварительного обезжиривания в щелочных средах.

## 4.3.3. ПРИСАДОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ВЫБОР КЛЕЯЩИХ ВЕЩЕСТВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА (НОМЕРА КЛЕЯЩИХ ВЕЩЕСТВ РАСШИФРОВАНЫ В ТАБЛ. 4.18 И 4.32)

Материал	Сталь	Алюминий и его сплавы	Латунь	Медь	Кадмий	Цинк	Никель	Хром	Серебро	Свинец
Сталь	1, 5, 8, 9, 11, 39, 44, 45, 46, 47	1, 5, 8, 9, 11, 39, 44, 45, 46, 47	3, 8, 9, 11, 46, 39	3, 8, 9, 11, 46, 39	1, 3	1, 9	1, 8	1, 8	1, 3	1, 3
Алюминий и его сплавы	1, 5, 8, 9, 11, 39, 44, 45, 46, 47	1, 5, 8, 9, 11, 39, 44, 45, 46, 47	1, 2, 8, 11, 39	1, 2, 8, 11	1, 3	1, 9	1, 8	1	1	1, 9, 46
Латунь	1, 5, 8, 9, 11, 39, 44, 45, 46, 39	1, 2, 8, 11, 39	1, 8, 9, 11, 39, 46	1, 8, 9, 11, 39, 46	1, 3	1, 9	1, 8	1	1	1, 9, 46
Медь	3, 8, 9, 11, 46, 39	1, 2, 8, 11, 39	1, 8, 9, 11, 39, 46	1, 8, 9, 11, 39, 46	1, 3	1, 9	1, 8	1	1	1, 9, 46
Кадмий	1, 3	1, 3	1, 3	1, 3	1, 3	1	1	1	1	1, 3
Цинк	1, 9	1, 9	1, 9	1, 9	1	1	1, 8	1, 8	1	1, 9
Никель	1, 8	1, 8	1, 8	1, 8	1	1	1, 8	1, 8	1	1
Хром	1, 8	1, 8	1, 8	1, 8	1	1	1, 8	1, 8	1	1
Серебро	1, 3	1, 3	1, 3	1, 3	1	1	1, 3	1, 3	1, 10	1, 3
Свинец	1, 3	1, 3	1, 9, 46	1, 9, 46	1, 3	1, 9	1, 3	1, 3	1, 3	1, 3, 9, 46

Продолжение табл. 4.36

Материал	Твердый поливинилхлорид	Мягкий поливинилхлорид	Полиметакрилат	Полистирол	Полиуретановый	Сополимер акрило-нитрилобутадие-н-стирола	Неиссы-щеная полиэфирная смола	Полипропилен	Политетрафторэтилен	Полиамиды	Термо-реактивные материалы *
Сталь	10, 11, 17, 49	12, 18	11, 12, 18	19, 48	10, 15, 48	10, 15	1, 9, 46	1, 3	3, 4, 8	12, 38	3, 4, 5, 15, 9, 20, 40, 41
Алюминий и его сплавы	10, 11, 17	12, 18	11, 12, 18	19, 48	10, 15, 48	10, 15	1, 9, 46	1, 3	3, 4, 8	12, 38	3, 4, 5, 9, 20
Латунь	10, 11, 17	12, 18	11, 12, 18	19, 48	15, 48	15	3, 9, 46	1, 3	3, 4, 8	12, 38	3, 4, 5, 9, 20
Медь	10, 11, 17	12, 18	11, 12, 18	19, 48	15, 48	15	3, 9, 46	1, 3	3, 4, 8	12, 38	3, 4, 5, 9, 20
Кадмий	13	13	11, 12, 18	19, 48	15, 48	15	9	1, 3	3, 4, 8	12, 38	3, 4, 5, 9, 20
Цинк	13	13	11, 12, 18	19, 48	15, 48	15	9	1, 3	3, 4, 8	12, 38	3, 4, 5, 9, 20
Никель	13	13	11, 12, 18	19, 48	15, 48	15	9	1, 3	3, 4, 8	12, 38	3, 4, 5, 9, 20
Хром	13	13	11, 12, 18	19, 48	15, 48	15	9	1, 3	3, 4, 8	12, 38	3, 4, 5, 9, 20
Серебро	13	13	11, 12, 18	19, 48	15, 48	15	9	1, 3	3, 4, 8	12, 38	3, 4, 5, 9, 20
Свинец	13	13	11, 12, 18	19, 48	15, 48	15	9	1, 3	3, 4, 8	12, 38	3, 4, 5, 9, 20

\* Фенолформальдегидный, меланинформальдегидный, мочевино-формальдегидный конденсаты.

Материал	Полиизо- бутилен	Ацетил- целлю- лоза	Поли- окси- метилен	Поли- карбонат	Поли- уретан	Силко- новые смолы	Силко- новый каучук	Резина	Стекло	Керамика, фарфор
Сталь . . . . .	12, 29	12, 17	2, 3, 12	10, 17	12	35	26, 36	12, 18, 19, 20, 24	1, 3, 5, 11, 10, 13	3, 4, 5, 8, 43
Алюминий сплавы . . . . .	12, 29	12, 17	2, 3, 12	10, 17	12	35	26, 36	12, 18, 19, 20, 24	1, 3, 5, 10, 11, 13	3, 4, 5, 8, 43
Латунь . . . . .	12, 29	12, 17	2, 3, 12	10, 17	12	35	26, 36	12, 18, 19, 20, 24	3, 11	3, 4, 5, 8, 43
Медь . . . . .	12, 19	12, 17	2, 3, 12	10, 17	12	35	26, 36	12, 18, 19, 20, 24	3, 11	3, 4, 5, 8, 43

Материал	Дерево	Фетр	Бетон	Пенопласты					
				твердый поливинил- хлорид	мягкий поливинил- хлорид	поли- уретан	поли- стирол	поли- этилен	фенол- формаль- дегидный конденсат
Сталь . . . . .	3, 5, 9, 10	9, 10, 8, 19	5, 6, 42	12, 17, 18, 19, 25, 49	12, 17, 18, 19, 25, 49	12	7, 29	3, 18, 19	2, 9, 10, 22
Алюминий сплавы . . . . .	3, 5, 9, 10	9, 10, 18, 19	5, 6, 42	12, 17, 18, 19, 25, 49	12, 17, 18, 19, 25, 49	12	7, 29	3, 18, 19	2, 9, 10, 22
Латунь . . . . .	3, 7, 9	9, 10, 18, 10	5, 6, 42	12, 17, 18, 19, 25, 49	12, 17, 18, 19, 25, 49	12	3	3, 18, 19	2, 9, 10
Медь . . . . .	3, 7, 9	9, 10, 18, 10	5, 6, 42	12, 17, 18, 19, 25, 49	12, 17, 18, 19, 25, 49	12	3	3, 18, 19	2, 9, 10

Примечание. Номера клеящих веществ расшифрованы в табл. 4.18 и 4.32.

### ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ КЛЕЯЩИХ ВЕЩЕСТВ

Клеящее вещество	Толщина наносимого слоя $d_D$ , мм	Допустимая рабо- чая температура $T_A$ , °C	Прочности при растяжении и сдвиге $\tau$ , МПа	Удельное электропро- тивление $\rho_V$ , Ом·см	Применение
Фимо- дин 60	0,025	От -50 до +150	0,6—0,8 (сталь/сталь)	—	Средство для надежного закрепления вин- тов, склеивание круглых соединений, пре- имущественно стали То же
Фимо- дин Н	0,09	От -50 до +150	0,6—1 (сталь/сталь)	—	Склеивание ровных поверхностей стекол; приклеивание дуговых цветных стекол на не- сухое стекло
Стекло- клей эпозоль	0,05	$\leq 80$	10—15 (стекло/стекло)	—	Изготовление электропроводных клеевых соединений То же
Электро- клей Е1	$\leq 0,2$	$\leq 80$	10—20 (Al-сплав/Al-сплав)	1—0,0001	
Электро- клей Р2	$\leq 0,2$	$\leq 60$	10—15 (Al-сплав/Al-сплав)	1—0,001	

### СВОЙСТВА КЛЕЯЩИХ ВЕЩЕСТВ (КЛЕЯЩИЕ ВЕЩЕСТВА № 1—39 — СМ. ТАБЛ. 4.18)

№	Клеящее вещество (изготовитель)	Химический состав или основа	Внешний вид	Стойкость
40	Эпозоль SP2, твердитель 3 (ASOL)	SP2: эпоксиэфирная смола с наполнителем; отвердитель 2: диглобулинтри- амин с пропилдиаминном	SP2: шпаклевка цвета слоновой кости; отвердитель 3: прозрачное жидкотекучее еще едкое вещество	SP2: 1 год; твердитель 3: 6 мес
41	Эпозоль SP4, твердитель 3 (ASOL)	SP4: эпоксиэфирная смола с наполнителем; отвердитель 3: диглобулинтри- амин с пропилдиаминном	SP4: шпаклевка серого цвета, отвер- дитель 3: прозрачное жидкотекучее еще едкое вещество	SP4: 1 год; твердитель 3: 6 мес
42	Эпозоль SP12, твердитель 3 (ASOL)	SP12: эпоксиэфирная смола с наполнителем; отвердитель 3: диглобулинтри- амин с пропилдиаминном	SP12: шпаклевка коричневого цвета; отвердитель 3: прозрачное жидкотекучее еще едкое вещество	SP12: 1 год; твердитель 3: 6 мес

№	Клеящее вещество (изготовитель)	Химический состав или основа	Внешний вид	Стойкость
43	Эпазоль EP2, часть A, EP2, часть B (ASOL)	EP2, часть A: эпоксида смола с неорганическими наполнителями «Insitu» с неорганическими наполнителями; часть A: эпоксида смола с неорганическими наполнителями; EP11, часть B: аддитивное соединение «Insitu» с неорганическими наполнителями	Часть A: розовое вещество средней вязкости; часть B: зеленое вещество средней вязкости	Части A и B: 6 мес
44	Эпазоль EP11, часть A; EP11, часть B (ASOL)	Эпоксида смола с неорганическими наполнителями	Часть A: белое вещество средней вязкости; часть B: белое вещество высокой вязкости	Части A и B: 6 мес
45	Эпазоль EP30N, часть A, EP30N, часть B (ASOL)	EP30N, часть A: эпоксида смола с неорганическими наполнителями; EP30N, часть B: аддитивное соединение «Insitu» модифицированной смолой	Часть A: серое вещество высокой вязкости; часть B: черное вещество высокой вязкости	Части A и B: 6 мес
46	Сложный полиэфир AS2333 перекись циклогексана, кобальтовый ускоритель («Випа» Диль)	Полиэфир AS2333 полиэфирная смола; отвердитель: перекись циклогексана A PР50 или PР60, ускоритель: кобальтовый ускоритель (1% металла)	Полиэфир G: желтоватое вещество средней вязкости; перекись: паста белого цвета; ускоритель: жидкое вещество голубовато-фиолетового цвета	Полиэфир: 6 мес; перекись: 6 мес; ускоритель: 1 год
47	Пластафнал E («Plasfa»)	Комбинация фенола и поливинилформальдегида	Коричневая жидкость	5 лет
48	Эпазин 572 (ASOL)	Полистирол, растворенный в органических растворителях	Бесцветная жидкость низкой вязкости	1 год
49	Поликарбонат 15 (Фабрика пленки «Окво»)»	Хлорированный поливинилхлорид, растворенный в метилхлориде (15% твердого вещества)	Светлая жидкость низкой вязкости	1 год

ТАБЛИЦА 4.39

## СВОЙСТВА СПЕЦИАЛЬНЫХ КЛЕЯЩИХ ВЕЩЕСТВ

Клеящее вещество (изготовитель)	Химический состав или основа	Внешний вид	Стойкость
Фимодин 60 (Kolloid-schmelz) Н (Kolloid-schmelz) Эпазоль-стеклоклее (ASOL)	Не содержащий растворителя продукт акриловой или метакриловой кислоты То же Часть A: модифицированная эпоксида смола; Часть B: отвердитель	Прозрачная жидкость низкой вязкости Жидкость средней вязкости Часть A: слабо-желтое вещество низкой вязкости, прозрачно; Часть B: слабо-коричневое вещество средней вязкости, прозрачно	При 0 °С: 3 мес. То же Части A и B: 6 мес.

Продолжение табл. 4.39

Клеящее вещество (изготовитель)	Химический состав или основа	Внешний вид	Стойкость
Электроклей E1 (Inst)	E1: эпоксида смола с коллоидальным серебром; отвердитель: дигрилоилтриамин	E1: шпаклевка сербристого цвета; отвердитель: прозрачное жидкотекучее едкое вещество	E1: 1 год. Отвердитель: 6 мес.
Электроклей P2 (Inst)	P2: линейный изоцианатмодифицированный полиэфирный спирт с коллоидальным серебром; средство синьки: триизоцианат	P2: высоковязкое вещество сербристого цвета; средство синьки: слабо-желтое вещество средней вязкости	P2: 6 мес. средство синьки 2 мес.

## 4.3.4. КАЧЕСТВО

ТАБЛИЦА 4.40

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ СТОЙКОСТИ СОЕДИНЕНИИ МЕТАЛЛОВ С ПОМОЩЬЮ КЛЕЯ (ФОРМА СОЕДИНЕНИЯ I)

Размеры соединения, мм	Материал, предел текучести $\sigma_{0,2}$ , МПа	Клей и условия упрочнения	Исходная нагрузка F, Н	Сопровождающий сдвигу F <sub>S</sub> , Н	Степень надежности соединения $\delta$	Стойкость t, ч	Разрушающая нагрузка F <sub>B</sub> , Н	Условия испытания
1,5	AlCuMg2, 275 AlCuMgF40, 260	Эпидокс EK10, 2 ч при 180 °С Эпидокс EK10, 2 ч при 180 °С	7000	3000	0,29	18 000	5000	На воздухе
			7000	3000	0,29	10 000	7000	В помещении
1,0	AlCuMgF28, 250	Эпидокс EK10, 2 ч при 180 °С	9600	5000	0,92	1 450	—	На воздухе
			9600	5000	0,77	3 000	—	»
1,0	AlMgZr23, 210	Эпидокс EK19, 24 ч при 20 °С + 2 ч при 90 °С	9600	4500	0,69	4 000	—	»
			9600	4000	0,61	10 000	9500	В помещении
1,0	AlMg5F28, 240	Модалур I.5001, 10 сут при 20 °С	6900	5000	0,77	10 000	6000	На воздухе
			6800	4000	0,64	10 000	6000	»
1,0	AlMgZr23, 210	Эпидокс EK19, 24 ч при 20 °С + 2 ч при 90 °С	6800	5000	0,80	10 000	6500	В помещении
			6800	4000	0,64	12 000	—	На воздухе
1,0	AlMg5F28, 240	Модалур I.5001, 10 сут при 20 °С	3400	2000	0,38	900	—	»
			3400	1500	0,28	1 530	—	»
1,0	AlMg5F28, 240	Модалур I.5001, 10 сут при 20 °С	3400	1600	0,19	6 350	—	»
			3400	500	0,10	8 500	2800	В помещении
1,0	AlMg5F28, 240	Модалур I.5001, 10 сут при 20 °С	6000	2000	0,19	1 470	—	На воздухе
			6000	2500	0,42	2 900	—	»
1,0	AlMg5F28, 240	Модалур I.5001, 10 сут при 20 °С	6000	2000	0,33	10 000	—	»
			6000	3000	0,50	18 000	—	В помещении



РЕЗУЛЬТАТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ,  
СКЛЕЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ЭПИЛОКСА ЕК10

ТАБЛИЦА 4.41

Форма соединения (см. табл. 8.6)	Размеры соединения		Материал	Сопротивление сдвигу $\tau$ , МПа	Сопротивление сдвигу при циклической нагрузке $\tau_{Sch} D, \tau_{Sch} D_1$ , МПа	Отношение стойкости соединения к стойкости материала $C_N$	Стойкость соединения $C_D$
	толщина $s$ , мм	длина перекрытия $l_d$ , мм					
1	1,5	25	AlZnMgCu41	430	70±15	0,77	0,20
2	1,5	25	AlZnMgCu41	430	70±30	0,91	0,23
2	5	100	AlCuMg32	330	70	0,82	0,22
1	1	15	AlCuMg26	385	100±20	0,75	0,31
2	1	15	AlCuMg26	385	100±35	0,84	0,35
1	2	10	Сталь St52	140	$\sigma_{b0} = 140$	—	—
1	1,5	10	AlCuMg2p130	190	$\sigma_{b0} = 60$	0,90	—

Примечание.  $\sigma_{b0}$  — усталостная прочность при изгибе для знакопеременного цикла.

ТАБЛИЦА 4.42

ОБЩИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛА ПРИ НАГРУЗКАХ НА ОТКРЫТОМ ВОЗДУХЕ

Клеящее вещество	Климатические условия		Реагенты ( $T \approx 20^\circ C$ )				Предельная температура для долговременных нагрузок, $^\circ C$
	нормальная температура $20^\circ C$ , относительная влажность б.в.	воздействие промышленной атмосферы	вода	масло	бензин	этанол	
Эпилокс ЕК10 Эпилокс EG34, отвердитель 3 Эпилокс EGK19, отвердитель 3 Эпилокс EGK19, отвердитель 3 с обработанной каменноугольной смолой Эпалюль EP2 Мокодур L5001, отвердитель 11 Пластафенал Финодикс Хемпласт К 1200	++++	0	0	++++	+++	+++	100 140 60 60
	++++	0	0	++++	++++	+++	60 60 60 70 80

Примечание. Условные обозначения: «+» — устойчиво; «0» — устойчиво в определенных условиях; «—» — неустойчиво.

5

## ТЕХНИКА ТЕРМИЧЕСКОЙ РЕЗКИ

### 5.1. КИСЛОРОДНАЯ РЕЗКА

#### 5.1.1. НОРМАЛЬНЫЙ ВАРИАНТ КИСЛОРОДНОЙ РЕЗКИ

##### Принцип резки

Кислородная резка состоит в том, что различные металлы сначала достаточно интенсивно прогревают газокислородным пламенем, а затем быстро разрезают в струе чистого кислорода (рис. 5.1).

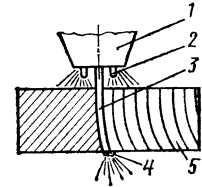


Рис. 5.1. Принцип резки [1]:

1 — подогревающее сопло и режущий мундштук резака; 2 — газокислородное пламя; 3 — струя режущего кислорода; 4 — оксид; 5 — заготовка

Процесс резки характеризуется следующими операциями [2]:

- 1) подогрев металла газокислородным пламенем почти до температуры плавления;
- 2) сжигание металла в струе кислорода с образованием оксидов;
- 3) выдувание жидких оксидов кислородной струей из образующего реза.

##### Границы применимости [3—5, 7]

Положение: преимущественно горизонтальное.

Интервал размеров: толщина материала — технически возможные пределы 2,5—2600 мм (зависят от свойств материала), экономически выгодные пределы 25—2600 мм.

Группы материалов: углеродистые и низколегированные стали. Область использования: способы резки применяют во всех отраслях металлообрабатывающей промышленности.

Параметры: скорость резки 20—700 мм/мин; точность соблюдения размеров  $\pm 0,2$  мм.

Условия обрабатываемости методом термической резки:

1) металл должен быть сгораемым, т. е. он должен соединяться с кислородом; температура воспламенения металла в кислороде должна быть ниже температуры его плавления;

2) теплоотдача сгорания металла должна быть возможно более высокой;

3) температура плавления оксидов металла должна быть ниже температуры горения металла;

4) теплопроводность металла не должна быть чрезмерно высокой.

Этим обусловлены границы использования термической резки (табл. 5.1). Пламя — нейтральное.

Расходные параметры горючего газа в кислороде — см. табл. 5.9.

Максимально допустимый отбор газа из стальных баллонов, л/ч из одного баллона:

Ацетилен . . . . . 1 000  
Кислород . . . . . 10 000

Характеристика горючих газов — см. табл. 1.3.

Рабочие параметры при контроле по манометру редуктора

Ацетилен . . . . . 0,02 (по 0,05 МПа)  
Кислород . . . . . 0,35 (до 1,0 МПа)

ТАБЛИЦА 5.1

РАЗРЕЗАЕМОСТЬ МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОЙ РЕЗКИ СТАЛЕЙ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Легирующий элемент	Резка в холодном состоянии до содержания, %	Примечание
C	0,3	Горячая резка — до 1,6 %
Si	2,5	Не поддается термической резке при содержании >4 %
Mn	13,0	Предельное содержание — до 18 % Mn при 1,3 % C
Cr	1,5	1,5—3,0 — нагрев до 600 °C
W	10,0	Допустимое содержание 0,8 % C; 0,2 % Ni, 5,0 % Cr
Ni	7,0	До 35 % Ni при максимальном содержании 0,3 % C
Mo	0,8	Начиная с 0,8 % Mo снижается скорость резки, при >2,5 % Mo не поддается резке
Cu	0,5	Начиная с 0,5 % снижается скорость резки

Горючие газы для кислородной резки — см. табл. 1.3.

Размер кусков карбида — см. табл. 1.4.

Рекомендации: прямолинейная и фигурная резка всех видов.

Расчет мундштука должен гарантировать преобразование потенциальной энергии сжатого кислорода в кинетическую энергию режущей струи без проскока горячего пламени в резак.

Режущий мундштук показан на рис. 5.2.

Размеры режущего мундштука, мм

$$d_k = 1,43 \sqrt{V_{ss}/10 (p_{ss} + p_b)},$$

$$d_a = d_k [1 + 0,05 (10p_{ss} - 1)],$$

где  $V_{ss}$  — количество проходящего через мундштук кислорода, м<sup>3</sup>/ч;  $p_{ss}$  — давление кислорода перед мундштуком, МПа;  $p_b$  — барометрическое давление воздуха, МПа.

Рис. 5.2. Режущий мундштук

Подогревающее сопло:

Общая выходная площадь  $a$  (мм<sup>2</sup>) отверстий для пропускания подогревающего пламени в устье мундштука (например, суммарная площадь клиновых прорезей мундштука) является функцией расхода подогревающего кислорода  $V_{HS}$  (м<sup>3</sup>/ч), соотношения  $m$  в смеси между подогревающим кислородом и горючим газом, а также скорости выхода потока  $w$  (м/с) подогревающего пламени; она определяется с помощью уравнения непрерывности струи

$$a = 278 (V_{HS} / w) (m + 1).$$

Для различных газов (для пламени инжектора) величина  $m$  имеет следующие значения:

Ацетилен . . . . .	1,1
Пропан . . . . .	3,5
Водород . . . . .	0,3
Городской газ (3000 кДж/м <sup>3</sup> ) . . . . .	1,4
Природный газ (7000 кДж/м <sup>3</sup> ) . . . . .	1,7

Оптимальная скорость, м/с, выхода для инжекторных резаков варьируется по отдельным горючим газам примерно в следующих пределах:

Ацетилен . . . . .	80—160
Пропан . . . . .	40—140
Водород . . . . .	70—180
Светильный газ . . . . .	60—120
Природный газ . . . . .	40—120

Требуемый расход кислорода (м<sup>3</sup>/ч) для подогревающего пламени должен быть обеспечен минимальным внутренним диаметром распыляющего сопла  $d_{dd}$  (мм) и давлением подогревающего кислорода  $P_{HS}$  МПа; эти параметры связаны следующей зависимостью

$$V_{HS} = 0,47 d_{dd}^2 (P_{HS} + 1).$$

Средняя шероховатость поверхности 30 мкм.

Выбор качества кислородной резки по стандарту TGL 14902 (табл. 5.2, рис. 5.3—5.6).

ТАБЛИЦА 5.2

## КАЧЕСТВО КИСЛОРОДНОЙ РЕЗКИ ПО TGL 14902

Качество кислородной резки	Изображение	Примеры использования	Подготовка шва
1		Для зубчатых колес, зубчатых реек, цепных передач и деталей массового производства; высокое качество поверхности, готовый рез для контактных стыков	Для всех способов сварки
2		Для деталей несущих конструкций по группам исполнения А и В по TGL 13500; фигурные резы всех типов	
3		Для деталей несущих конструкций по группам исполнения С: фланцы, кольца для люков; обрезка кромок листов	Допускается для сварки со сквозным проплавлением
4		Для кислородной резки без требований к качеству поверхности	

## Оборудование [6, 9, 10]

Оборудование для кислородной резки целесообразно разделить на кислородные резаки (табл. 5.3), машины для кислородной резки (табл. 5.4) с приборами управления (табл. 5.5), оснастку для резки (табл. 5.6) и вспомогательное оборудование (табл. 5.7). Ориентировочные параметры и исходные данные по проектированию стальных трубопроводов для кислорода и ацетилена, подаваемых с центральной газовой установки, а также ориентировочные данные для определения размера стойки для баллонов приведены в [6]. Для оборудования кислородной резки, в частности для конструирования и монтажа, обязательны монтажные испытания, и контроль качества по методике ASMW на испытательном сварочном стенде. В обязательных правилах допуска к проведению работ содержатся требования, которые изготовитель должен выполнять (см. [11]). Оснастка для резки — см. табл. 1.5.

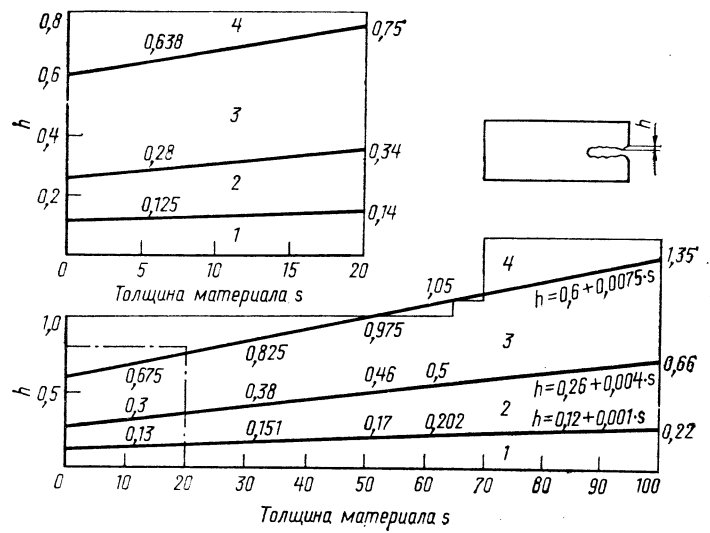


Рис. 5.3. Глубина бороздок при резке

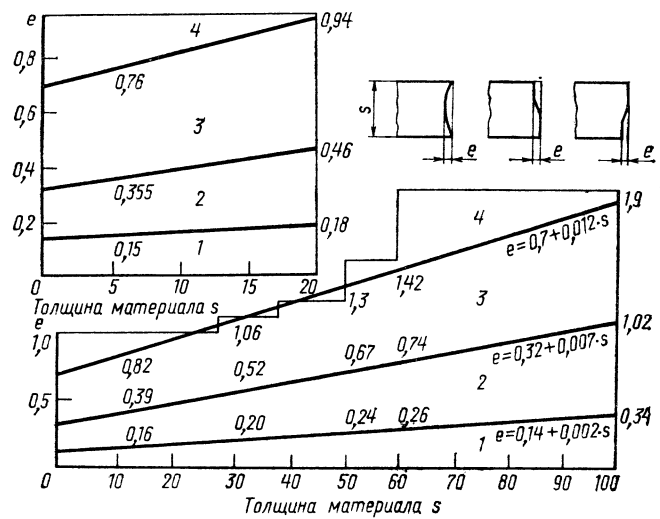


Рис. 5.4. Плоскость поверхности реза

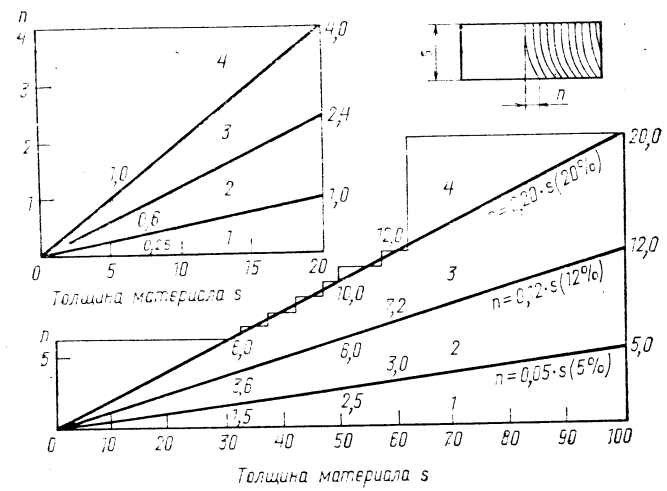


Рис. 5.5. След бороздок при резке

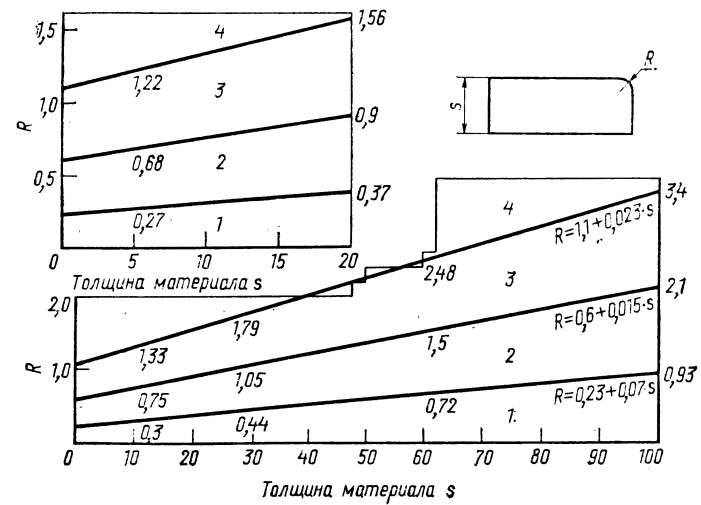


Рис. 5.6. Радиус верхней кромки реза

ТАБЛИЦА 5.3

## РЕЗАКИ ДЛЯ КИСЛОРОДНОЙ РЕЗКИ

Резаки для кислородной резки	Используемый горючий газ	Технологические параметры	Изготовитель
Универсальный резак для кислородной резки ZIS-MWW 520	Ацетилен, пропан, водород	Подогревающее сопло А1 5—100 мм; А2 100—300 мм. Режущий мундштук: К1—К6. Давление, МПа: кислорода . . . 0,25—1,0 C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> . . . . . 0,02—0,05 v <sub>s</sub> = 130÷750 мм/мин	Комбинат «Feinmechanische Werke», Галле
Монтажный резак ZIS-MWW 520	То же	Подогревающее сопло: А1 5—100 мм. Режущий мундштук: К1 5—15 мм. Давление, МПа: кислорода . . . 0,25—0,3 C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> . . . . . 0,02—0,05 v <sub>s</sub> = 420÷750 мм/мин	Комбинат «Feinmechanische Werke», Галле
Индивидуальный резак ZIS-MWW 520	Ацетилен, пропан, природный газ	Круглая головка. Подогревающее сопло: А1 5—100 мм; А2 100—300 мм. Режущий мундштук: К1—К6. Давление, МПа: кислорода . . . 0,25—1,0 C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> . . . . . 0,02—0,15 v <sub>s</sub> = 130÷750 мм/мин Плоская головка. Подогревающее сопло: НА1 3—25 мм; НА2 25—100 мм; НА3 100—300 мм. Режущий мундштук: НS1—НS8. Давление, МПа: кислорода . . . 0,2—1,0 C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> . . . . . 0,02—0,05	Предприятие «Schweißgerätebau», Брандис
Монтажный режущий комплект	Ацетилен, пропан	Подогревающие сопла: А1, А2. Режущие мундштуки: К1—К6. Давление, МПа: кислорода . . . 0,25—1,0 C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> . . . . . 0,02—0,05 v <sub>s</sub> = 130÷750 мм/мин	Комбинат «Feinmechanische Werke», Галле
Резаки для спасательных работ; длина 600 и 1500 мм	Ацетилен, пропан, природный газ	Подогревающие сопла: А1, А2. Режущие мундштуки: К1—К6. Толщина s = 5÷300 мм. Давление, МПа: кислорода . . . 0,25—1,0 C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> . . . . . 0,02—0,05 v <sub>s</sub> — до 750 мм/мин	Предприятие «Autogenschweißgeräte», Галле
Режущий комплект для заклепок ZIS-MWW 520	Ацетилен, пропан, природный газ	Для отделения головок заклепок при диаметре головок D до 60 мм. Давление, МПа: кислорода . . . 0,25—0,6 C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> . . . . . 0,02—0,05 Толщина s = 1÷10 мм	Предприятие «Autogenschweißgeräte», Галле

Продолжение табл. 5.3

Резаки для кислородной резки	Используемый горючий газ	Технологические параметры	Изготовитель
Малый резак «Mittelfein»	Ацетилен, пропан, водород, городской газ	Шесть режущих комплектов. Давление, МПа: кислорода . . . 0,3—0,65 C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> . . . . . 0,02—0,05	Предприятие «Rhöna»
Резак для машинной кислородной резки трехвентильный «Rekor» ZIS 616; длина корпуса 100 и 160 мм	Ацетилен, пропан, природный газ, городской газ	Подогревающее сопло: А1—А2. Режущий мундштук: К1—К6. Давление, МПа: кислорода . . . 0,25—0,7 C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> . . . . . 0,02—0,05 v <sub>s</sub> = 130÷750 мм/мин	То же
Резак для машинной кислородной резки трехвентильный «Liprut», двухсекционный	Ацетилен, пропан, городской газ	Подогревающее сопло К1. Режущий мундштук: К1—К4. Давление, МПа: кислорода . . . 0,15—0,55 C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> . . . . . 0,02—0,05 v <sub>s</sub> = 350÷750 мм/мин	»
Резак для машинной кислородной резки трехвентильный ZIS 616	То же	Подогревающее сопло: А1—А3. Режущий мундштук: К1—К8. Толщина s = 5÷500 мм. Давление, МПа: кислорода . . . 0,25—1,0 C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> . . . . . 0,02—0,1 v <sub>s</sub> = 70÷750 мм/мин	»
Резак для машинной кислородной резки трехвентильный ZIS 619	Пропан	Подогревающее сопло AP1 100—300 мм; AP2 300—500 мм. Режущий мундштук: 60-KL-4; 120-KL-10. Защитный колпак: SK1, SK2 Давление, МПа: кислорода . . . 0,15—1,0 пропана . . . . . 0,04—0,15 v <sub>s</sub> = 100÷180 мм/мин	»

ТАБЛИЦА 5.4

## МАШИНЫ ДЛЯ КИСЛОРОДНОЙ РЕЗКИ

Машины для кислородной резки	Применение	Технологические параметры
Ручная машина * для кислородной резки Т 01	Прямолинейная резка с направляющими, круговая резка по циркулю: диаметр 100—1000 мм; контурная резка по разметке	Толщина s = 5÷70 мм, v <sub>s</sub> = 15÷800 м/мин; горючий газ: ацетилен, пропан, природный газ

Машины для кислородной резки	Применение	Технологические параметры
Ручная машина для кислородной резки Т 02	Круговая резка, диаметр 175—1500 мм; раскрой листа на полосы шириной 60—1000 мм; прямолинейная резка с направляющими; контурная резка по разметке	Толщина $s = 5 \div 100$ мм, $v_s = 10 \div 80$ см/мин, $25 \div 200$ см/мин, бесступенчатое регулирование; возможен вариант рабочего стола с двумя суппортами. Горючие газы: ацетилен, пропан, природный газ
Машина для кислородной резки с шарнирным плечом G70	Резка по шаблону; круговая резка по циркулю; резка вручную	Толщина $s = 5 \div 10$ мм, рабочий диапазон $650 \times 850$ мм; $v_s = 100 \div 800$ и $40 \div 320$ см/мин, горючие газы: ацетилен, пропан, природный газ, городской газ
Портальная машина для кислородной резки P66/1	Прямолинейная и контурная резка листов больших размеров, от одного до трех суппортов для резаков	Толщина $s = 5 \div 100$ мм, рабочая ширина 3000, 4200 мм, рабочая длина 14 000 мм (последовательное удлинение отрезками по 2000 мм); устройство для поперечной резки
Машина для резки труб R47	Прямолинейная и косая резка, фигурная резка	Внешний диаметр труб $D = 50 \div 600$ мм, длина труб 4000 мм. $v_s = 8,5 \div 120$ см/мин, резак «Liliput»
Универсальная машина для кислородной резки*; типоразмеры I, II, III	Для серийного и индивидуального производства; резка по шаблону; круговая резка, продольная резка, фигурная резка с ручным управлением	Толщина $s = 5 \div 150$ мм, $v_s = 15 \div 120$ см/мин, длина реза 500—2500 мм, ширина реза 1000, 1500, 2000 мм; трехвентильный машинный резак «Rekord»
Машина для кислородной резки FO2—ZIS 391 с фотоэлектронным управлением, типоразмеры I и II	Автоматическая фигурная резка по эскизу, по шаблону (для поливинилхлоридной фольги), прямолинейная и фигурная резка любого вида	Толщина $s = 5 \div 300$ мм, $v_s = 8 \div 75$ и $16 \div 150$ см/мин, длина реза 2600, ширина реза 1500 и 2000 мм; трехвентильный машинный резак «Rekord»
Координатная машина для кислородной резки с фотоэлектронным управлением K70, типоразмеры I, II, III	Автоматическая фигурная резка по эскизу, по шаблону (для поливинилхлоридной фольги)	Толщина $s = 5 \div 300$ мм, $v_s = 8 \div 300$ см/мин, бесступенчатое регулирование, длина реза 6000, ширина реза 1500 и 2000 мм, трехвентильный машинный резак «Rekord»

\* Предприятие «Brennenschneidmaschinen», Апольда.

СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ МАШИНАМИ ДЛЯ КИСЛОРОДНОЙ РЕЗКИ

Вспомогательное устройство	Применение	Возможная точность, мм
<i>Резка по разметке</i>		
Приспособление для накернивания	Индивидуальное производство	±0,3
<i>Резка по эскизу</i>		
Направляющие с индикатором	Индивидуальное производство, фигурная резка	±0,3
Направляющие с накатным роликом	То же	±0,3
Световое управление или управление по перекрестию нитей	Серийное производство, фигурная резка	±0,2
Фотоэлектрическое управление, координатный импульс	Прямая и фигурная резка любого типа и любого количества изделий	±0,1
<i>Резка по шаблону</i>		
Полосовой шаблон	Среднее количество изделий	±0,2
Вставной »	Фигурная и прямая резка	±0,2
Стальной »	Профильная резка, массовое производство	±0,2
<i>Цифровое управление</i>		
Перфокарты	Серийное и массовое производство	±0,1
Магнитофонная лента	То же	±0,1

ТАБЛИЦА 5.6

ОСНАСТКА (МУНДШТУКИ) ДЛЯ КИСЛОРОДНОЙ РЕЗКИ \*

Мундштук	Горючий газ	Технологические параметры	
		интервал резки, мм	размер
Режущий с клиновыми прорезьями	Ацетилен, пропан, природный газ, городской газ	5—15	K1
		15—30	K2
		30—60	K3
		60—100	K4
		100—200	K5
		200—300	K6
		300—400	K7
		400—500	K8
Высокопроизводительный режущий	Ацетилен	3—10	H0
		10—20	H1
		20—40	H2

Мундштук	Горючий газ	Технологические параметры	
		интервал резки, мм	размер
Подогревающий	Ацетилен, пропан, природный газ, городской газ	5—100	A1
		100—300	A2
		300—500	A3
Режущий для плоской головки	Ацетилен	3—12	HS1
		12—25	HS2
		25—40	HS3
		40—65	HS4
		65—100	HS5
		100—150	HS6
		150—200	HS7
Подогревающий для плоской головки	Ацетилен	200—300	HS8
		3—25	HA1
		25—100	HA2
		100—300	HA3

\* Комбинат «Feinmechanische Werke», Галле.

ТАБЛИЦА 5.7

ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КИСЛОРОДНОЙ РЕЗКИ

Вспомогательное оборудование (см. табл. 1.6)	Применение	Технологические параметры		Изготовитель
		интервал резки, мм	см/мин	
Регулятор скорости «Кобальд»	Предохранение от рывков при ручной резке	5—300	13—47 32—100	Предприятие «Autogenschweißgeräte», Данкмарсхаузен «Löt»
Игольчатые очистители для режущих мундштуков типа К. Сверла для очистки сопла	Устранение налипших брызг То же	—	—	«Feinmechanische Werke», Галле

Выбор основных и присадочных материалов, термическая обработка

Для кислородной резки сталей St50, St52, St60, St70 при толщине  $s \geq 50$  мм требуется предварительный нагрев до 250 °С.

Технология резки

При прямой резке или при резке наклонным резаком выполняют работу по подготовке соединений под сварку.

Данные по обработке поверхностей реза приведены в табл. 5.8,

ДААННЫЕ ПО ОБРАБОТКЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ РЕЗА ПРИ КИСЛОРОДНОЙ РЕЗКЕ И ПРИ ДУГОВОЙ РЕЗКЕ

Марка стали	Толщина $s$ , мм	Обработка для подготовки сварного соединения	Резка (отдельная деталь или готовое изделие)
St 38	Любая	Гладкий рез	Гладкий рез
St 42		» »	» »
St 52		» »	» »
	$\leq 35$	Гладкий рез, если $s \geq 50$ мм, то нагреть до 150—200 °С	Нагреть на 150—200 °С или механически обработать; при $s$ от 35 до 50 мм — не менее 2 мм; от 50 до 80 — не менее 4 мм; от 80 до 100 — не менее 6 мм, более 100 мм — не менее 8 мм
	$> 55$		
St 50	Любая	Нагреть до 200—350 °С и механически обработать; при $s$ до 50 мм не менее 2 мм, от 50 и до 80 мм — не менее 4 мм, от 80 до 100 мм — не менее 6 мм, более 100 мм — не менее 8 мм	Нагреть до 200—250 °С или обработать; при $s = 50$ мм — не менее 3 мм, от 50 до 80 мм — не менее 5 мм, от 80 до 100 мм — не менее 8 мм, более 100 мм — не менее 10 мм
St 60,			
St 70			
Нелегированное стальное литье	Любая	Гладкий рез	Гладкий рез

Ориентировочные технологические параметры кислородной резки с использованием машинных резаков ZIS 616 «Rekorд» указаны в табл. 5.9 для случая применения мундштуков с клиновыми прорезями.

Ориентировочные технологические параметры ручной кислородной резки — см. табл. 5.10, допуски на размеры при газокислородной резке — в табл. 5.11. Принцип сравнения вариантов кислородной резки изложен в работе [7].

Стали чувствительные к закалке, например St52-3, St45/60, St60-2, можно надежно разрезать методом двоянной резки [8] без развития процесса закалики разрезаемых поверхностей выше допустимого, когда контурный резак связан с подогревающей сварочной горелкой.

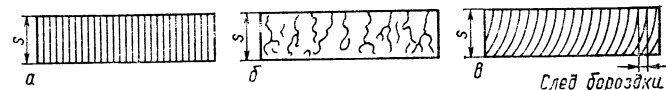


Рис. 5.7. Влияние скорости резки на образование бороздок на поверхности реза [2]:

$a$  — нормальное;  $b$  — слишком малое;  $в$  — слишком большое

Кислородная резка с применением природного газа — наиболее новый способ резки. Для него требуется специальная система мундштуков (изготовитель: предприятие «Feinmechanische Werke», Галле). В табл. 5.12 приведены сравнительные данные [9].

Ориентировочные данные кислородной резки с использованием природного газа — см. табл. 5.13.

Чистота кислорода (минимальная чистота 99,5 %), давление кислорода (среднее давление 0,35 МПа) и внутренний диаметр режущего сопла решающим образом влияют на параметры кислородной резки (табл. 5.14).

ТАБЛИЦА 5.9  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КИСЛОРОДНОЙ РЕЗКИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЗАКОВ ДЛЯ МАШИННОЙ РЕЗКИ  
ZIS 616 «Rekord»

Толщина s, мм	Тип режущего мундштука	Диаметр мундштука d <sub>ф</sub> , мм	Скорость резки v <sub>с</sub> , см/мин	Давление кислорода перед мундштуком p <sub>ss</sub> , МПа	Расход кислорода v <sub>ср</sub> , м³/ч	Ширина реза d, мм
5—15	K1	0,6	75—42	0,25—0,3	1,2—1,5	1,2
15—30	K2	0,6	45—37	0,4—0,45	2,6—2,9	1,5
30—60	K3	0,6	41—35	0,5—0,6	4,2—5,0	2,1
60—100	K4	0,6	38—35	0,5—0,7	8,6—9,2	2,5
100—200	K5	0,6	25—14	0,515—0,615	12—14	3,5—4,5
200—300	K6	0,6	17—10	0,65—0,8	19—22	6—8
200—300	K7	2,0	25—15	0,9	60	4—7
300—400	K7	2,0	15—10	0,9	60	7—10
400—500	K8	2,0	17—7	1,0	100	11—16

Таблица 5.9 (продолжение)

Толщина s, мм	Тип подогревающего сопла	Подогревающий кислород		Пропан	
		давление p <sub>НС</sub> , МПа	расход V <sub>НС</sub> , м³/ч	давление p <sub>ВГ</sub> , МПа	расход V <sub>ВГ</sub> , м³/ч
5—15	p1	0,25	0,6	0,03	0,16
15—30	p1	0,25	0,6	0,03	0,18
30—60	p1	0,3	0,7	0,03	0,20
60—100	p1	0,35	0,8	0,03	0,23
100—200	p2	0,5—1,0	1,0—2,0	0,08	0,3—0,6
200—300	p3	0,215	6,5	0,08	2,0
300—400	p3	0,515	13	0,10	3,5
400—500	p3	1,0	21	0,15	6,0

Примечание. В случае подогревающих сопел p1 и p2 расстояние от их устья режущего мундштука должно составлять примерно 2,5 мм.

Таблица 5.9 (продолжение)

Толщина s, мм	Тип подогревающего сопла	Подогревающий кислород		Ацетилен	
		давление p <sub>НС</sub> , МПа	расход V <sub>НС</sub> , м³/ч	давление p <sub>ВГ</sub> , МПа	расход V <sub>ВГ</sub> , м³/ч
5—100	A1	0,25	0,6	0,02	0,5
100—200	A2	0,3	0,7	0,03	0,7
200—300	A2	0,35	0,8	0,04	0,8
200—300	A3	0,1	4,0	0,05	4,0
300—400	A3	0,1—0,2	4,0—5,5	0,05—0,07	4,0—5,5
400—500	A3	0,15—0,25	4,5—6,0	0,06—0,1	4,5—6,0

Примечание. Приведенные параметры относятся к чистоте кислорода 99,5 % и к нелегированным сталям с содержанием углерода 0,3 % и допускают развитие бороздок на глубину, составляющую до 10 % по толщине материала. Подачу режущего кислорода следует регулировать на горелке.

ТАБЛИЦА 5.10

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КИСЛОРОДНОЙ РЕЗКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РУЧНЫХ РЕЗАКОВ [3]

Толщина реза, мм	Режущая вставка, мм	Тип режущего мундштука	Режущий кислород		Скорость резки, мм/мин			Ширина реза, мм			Расстояние между соплами, мм
			давление, МПа	расход, м³/ч	C <sub>1</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	H <sub>2</sub>	
5—15	5—300	K1	0,3	1,5	700—420	650—400	500—350	1,5	1,3	1,5	6
15—30	5—300	K2	0,45	3,0	450—350	450—350	400—350	2,0	2,0	2,0	6
30—60	5—300	K3	0,6	5,0	400—350	400—350	400—350	2,5	2,5	2,5	8
60—100	5—300	K4	0,75	10,0	380—250	380—250	380—250	3,0	3,0	3,0	10
100—200	5—300	K5	0,8	15,0	250—140	250—140	250—140	4—6	4—6	4—6	20
200—300	5—300	K6	0,1	25,0	150—80	150—100	150—100	6—10	6—10	6—10	30
100—200	100—500	K5	0,8	15	250—140	250—140	250—140	4—6	4—6	4—6	20
200—300	100—500	K6	1,0	25	150—80	150—100	150—100	6—10	6—10	6—10	30
300—400	100—500	K7s	1,4	45	120—70	130—80	130—80	9—15	9—13	9—11	40
400—500	100—500	K7s	1,8	60	110—50	120—60	120—60	12—19	12—16	11—14	50

Примечания. 1. Данные относятся к нелегированным сталям с максимальным содержанием углерода 0,3 % и к чистоте кислорода 99,5 %. 2. Параметры скорости резки, ширины реза и расстояния между соплами следует рассматривать как ориентировочные.

Таблица 5.10 (продолжение)

Толщина реза, мм	Вставной резак	Тип режущего мундштука	Тип подогревающего сопла для		Расход в подогревающем сопле, м³/ч			Ацетилен		Пропан	
			ацетилен	пропана	кислорода	ацетилен	пропана	давление, МПа	расход, м³/ч	давление, м³/ч	расход, м³/ч
5—15	5—300	K1	As1	Ps1	0,5	1,1	0,5	0,02	0,4—0,1	0,03	0,1—0,3
15—30	5—300	K2	As1	Ps1	0,7	1,7	0,7	0,02	0,6—1,2	0,03	0,2—0,5
30—60	5—300	K3	As1	Ps1	0,8	2,1	0,8	0,02	0,7—1,3	0,03	0,25—0,65
60—100	5—300	K4	As2	Ps2	1,0	2,5	1,0	0,03	0,9—1,4	0,04	0,3—0,8
100—200	5—300	K5	As2	Ps2	1,2	3,0	1,2	0,04	1,1—2,5	0,05	0,35—0,95
200—300	5—300	K6	As2	Ps2	1,4	3,6	1,4	0,04	1,3—3,0	0,06	0,4—1,1
100—200	100—500	K5	As2	Ps2	1,2	3,0	1,2	0,03	1,1—2,5	0,05	0,35—0,95
200—300	100—500	K6	As2	Ps2	1,4	3,6	1,4	0,04	1,3—3,0	0,06	0,4—1,1
300—400	100—500	K7s	As3	Ps3	2,0	4,0	2,0	0,05	1,8—5,0	0,08	0,4—2,5
400—500	100—500	K7s	As3	Ps3	2,5	5,5	2,5	0,06	2,3—5,0	0,15	0,75—5,5

Таблица 5.10 (продолжение)

Толщина реза, мм	Тип режущего мундштука	Тип подогревающего сопла	Вставной резак	Вставной резак для ацетилена			Вставной резак для водорода			расход (ориентировочный), м <sup>3</sup> /ч
				расход кислорода при доп. вентиле, м <sup>3</sup> /ч	давление ацетилена dBe = 3 мм, МПа	расход ацетилена (ориентировочный), м <sup>3</sup> /ч	расход подогревающего кислорода при доп. вентиле, м <sup>3</sup> /ч		давление dBe = 3 мм, МПа	
							закрыто	открыто		
5—15	K1	As1	5—300	0,5	0,01	1,5—2,1	0,25	0,5	0,01	0,7—1,7
15—30	K2	As1	5—300	0,7	0,01	2,0—2,5	0,35	0,85	0,01	1,0—2,0
30—60	K3	As1	5—300	0,8	0,01	2,5—4,0	0,4	1,0	0,01	1,2—3,0
60—100	K4	As1	5—300	1,0	0,01—0,02	3,0—4,5	0,5	1,2	0,01—0,02	1,5—4,0
100—200	K5	As2	5—300	1,2	0,02—0,04	4,0—7	0,6	1,5	0,01—0,05	2,5—6,0
200—300	K6	As2	5—300	1,4	0,05—0,07	7,5—15	0,7	1,7	0,04—0,08	6,5—12
100—200	K5	As2	100—500	1,2	0,02—0,04	4,0—7	0,6	1,5	0,01—0,05	2,5—6,0
200—300	K6	As2	100—500	1,4	0,05—0,07	7,5—15	0,7	1,7	0,04—0,08	4,5—12
300—400	K7s	As3	100—500	2,0	0,07—0,13	22—32	1,0	2,5	0,06—0,15	16—27
400—500	K7s	As3	100—500	2,5	0,13—2,0	32—40	2,2	3,0	0,1—0,25	27—35

ТАБЛИЦА 5.11

ДОПУСКИ НА РАЗМЕРЫ ПРИ КИСЛОРОДНОЙ РЕЗКЕ [6]

Класс точности	Длина реза, мм			
	10—99	100—299	300—999	1000—1999
1 (тонкий) . . . . .	±0,2	±0,2	±0,3	±0,5
2 (средний) . . . . .	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2
3 (грубый) . . . . .	±0,5	±0,8	±2,0	±3,0
4 (очень грубый) . . . . .	±1,0	±2,0	±3,0	±5,0
				2000—3999
				> 4000

СРАВНЕНИЕ ЗАТРАТ ПРИ КИСЛОРОДНОЙ РЕЗКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНОГО ГАЗА И АЦЕТИЛЕНА [9]

Толщина, мм	Расходы на резку, марки ГДР на 1 м <sup>2</sup>		Расход на резку марки ГДР/ч	
	ацетилен	природный газ	ацетилен	природный газ
12	0,19	0,18	4,89	3,90
20	0,31	0,25	5,84	4,75
50	0,69	0,64	8,24	7,31
80	1,10	10,6	10,54	9,61

Примечание. Расход ацетилена 0,35 м<sup>3</sup>/ч, цена 3,19 марок ГДР/м<sup>3</sup>, расход природного газа 0,40 м<sup>3</sup>/ч, цена 0,16 марок ГДР/м<sup>3</sup>, соотношение смесей горючий газ : кислород = 1 : 1.

ТАБЛИЦА 5.13

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ДАННЫЕ КИСЛОРОДНОЙ РЕЗКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Толщина реза, мм	Тип режущего мундштука	Режущий кислород		Подогревающий кислород		Природный газ		Скорость резки, см/мин	Ширина реза, мм	Расстояние между соплами, мм	Тип подогревающего сопла
		давление, МПа	расход, м <sup>3</sup> /ч	давление, МПа	расход, м <sup>3</sup> /ч	давление, МПа	расход, м <sup>3</sup> /ч				
5—15	K1	0,3	1,5	0,25	0,8	0,01	0,4	50—40	1,5—2,0	5—10	E1
15—30	K2	0,45	2,9	0,25	0,8	0,01	0,4	42—33	2,0—3,0	5—10	E1
30—60	K3	0,6	5,0	0,25	0,8	0,01	0,4	36—30	2,0—3,0	10—15	E1
60—100	K4	0,7	3,2	0,25	0,8	0,01	0,4	32—23	2,0—3,5	10—15	E1
100—200	K5	0,75	15,5	0,70	1,9	0,03	1,0	25—14	4,0—6,0	10—15	E2
200—300	K6	1,0	28,0	0,80	2,1	0,03	1,2	17—10	6,0—8,0	10—15	E3

Примечание. Природный газ с минимальным содержанием метана 95 %, резак для машинной резки («Rekord» ZIS 616), чистота кислорода 99,5 %, данные для стали St 38.

ТАБЛИЦА 5.14

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ КИСЛОРОДА НА ПАРАМЕТРЫ КИСЛОРОДНОЙ РЕЗКИ

Внутренний диаметр режущего мундштука, мм	Давление режущего кислорода, МПа	Расход, л/ч	Увеличение расхода	
			л/ч	%

Влияние давления кислорода на расход режущего кислорода

1,2	0,37	2400	—	—
1,2	0,40	2500	100	4
1,2	0,50	3000	600	25
1,2	0,60	3480	1080	48

Влияние внутреннего диаметра режущего мундштука на расход режущего кислорода

1,2	0,37	2400	—	—
1,3	0,37	3480	1080	45
1,4	0,37	4020	1620	67,5



Технологические факторы, влияющие на кислородную резку, следующие [2]: регулировка пламени (подогревающее пламя регулируется как нормальное пламя);

давление кислорода (см. табл. 5.13); повышенное давление кислорода служит причиной нечистого реза и увеличения расходов;

состояние мунштуков: рассверливание сопла изменяет его геометрию и является причиной нечистого реза и заметного увеличения затрат на резку;

скорость резки: скорость резки решающим образом влияет на образование бороздок на поверхностях реза (рис. 5.7).

#### Выбор мунштуков

Наиболее предпочтительны мунштуки с клиновыми прорезями; режущие мунштуки других видов в настоящее время не производятся.

Годовое производство мунштуков с клиновыми прорезями 1 млн. штук.

#### Техника безопасности

Инструкция по охране труда АВАО 615/1 «Сварка, термическая резка и другие способы обработки».

Положение об охране труда АСАО 870 «Хранение карбида кальция, производство и эксплуатация ацетиленовых генераторов».

### 5.1.2. РЕЗКА КИСЛОРОДОМ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

#### Принцип резки

При данном способе резки давление кислорода составляет примерно 0,25 МПа, благодаря чему образуются струя кислорода и поток оксидов, отличающиеся низкой степенью турбулентности, что облегчает резку стальных заготовок большой толщины (рис. 5.5.8) [10].

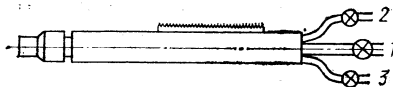


Рис. 5.8. Принцип резки:  
1 — режущий кислород; 2 — кислород подогревающего пламени; 3 — горючий газ

#### Границы применимости

Положение: преимущественно горизонтальное.

Группы материалов: углеродистые стали с содержанием углерода до 0,3%, низколегированные стали, стальное литье.

Размеры: заготовки толщиной 300—2600 мм.

Область использования: отрезка прибылей и порезка проката в сталеплавильных и прокатных цехах, обработка заготовок большой толщины в металлообрабатывающей промышленности; металлургическое производство; судостроение; энергомашиностроение, обработка поковок в тяжелом машиностроении.

Параметры: скорость резки 2—15 см/мин; соблюдение размеров характерное для грубой резки; условия резки — см. 5.1.1.

Горючий газ: ацетилен, пропан.

#### Оборудование

Используется два типа оборудования для резки кислородом низкого давления: ручной резак низкого давления ZIS 485 и резак низкого давления ZIS 543. Последний предусматривается для машинной резки. Остальное, необходимое для резки оборудование, — см. 5.1.1.

Резаки для резки кислородом низкого давления (изготовитель — «Rhöna»).

Ручной резак низкого давления ZIS 485; сопловая группа симметричная и несимметричная. Горючий газ: ацетилен, пропан (водород только по специальному заказу). Технологические параметры:

Толщина заготовки, мм	200—800
Давление кислорода, МПа	0,2—1,2
» ацетилена, МПа	0,5—0,1
Скорость резки $v_s$ , см/мин	3—15

ТАБЛИЦА 5.15

### ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РУЧНОЙ РЕЗКИ КИСЛОРОДОМ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

#### А. Подогревающие сопла при использовании ацетилена

Толщина $s$ , мм	Тип сопла	Режущий кислород		Ацетилен	
		давление, МПа	расход, м <sup>3</sup> /ч	давление, МПа	расход, м <sup>3</sup> /ч
300	A1	0,2	5,0	0,05	4,5
500	A2	0,3	6,5	0,065	6
700	A3	0,4	9,0	0,085	8
800	A4	0,4	9,0	0,10	8

#### Б. Режущие мунштуки

Толщина $s$ , мм	Тип мунштука	Режущий кислород		Скорость резки, мм/мин	Подогревающие сопла при использовании всех газов
		давление на горелке, МПа	расход, м <sup>3</sup> /ч		
300	30KL	0,95	30	90—160	Симметричное
500	50KL	0,25	50	75—90	»
700	70KL	0,25	80	50—75	»
800	90KL	0,25	110	30—50	Асимметричное

#### В. Подогревающие сопла при использовании пропана

Толщина $s$ , мм	Тип сопла	Подогревающий кислород		Пропан	
		давление, МПа	расход, м <sup>3</sup> /ч	давление, МПа	расход, м <sup>3</sup> /ч
300	P <sub>1</sub>	0,4	9	0,10	2,5
500	P <sub>2</sub>	0,8	17	0,15	4,5
700	P <sub>3</sub>	1,2	22	0,20	6,0
800	P <sub>4</sub>	1,2	22	0,20	6,0

Примечание. Приведенные параметры относятся к резке нелегированных сталей (содержание углерода до 0,3%) и к чистоте кислорода 99,5%.

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ \*1 ДЛЯ МАШИННОЙ

Тип сопла	Толщина s, мм	Режущий кислород		Подогревающий кислород	
		давление на горелке, МПа	расход, м³/ч	давление на горелке, МПа	расход, м³/ч
KL 90	400—700	0,15—0,25	75—110	0,05—0,10	16—25
	500	0,20	90	0,07	20
KL 140	800	0,25	110	0,10	25
	800	0,15	120	0,10	25
	1100	0,20	140	0,15	30
KL 200	1400	0,25	170	0,20	35
	1400	0,15	230	0,20	35
	1700	0,20	280	0,25	40
	2000	0,25	320	0,30	45
KL 230 *2	2000	0,20	360	0,30	45
	2300	0,25	420	0,40	60
	2600	0,35	540	0,50	70

\*1 Параметры относятся к минимальной чистоте кислорода 99,5 %, к материалу без углерода 0,3 % при 20 °С. \*2 Резак работает по принципу наружного смешения газов (KL 230 подлежат уточнению).

Машинный резак низкого давления ZIS 543; сопловая группа симметричная. Горючий газ: пропан. Технологические параметры:

Толщина заготовок, мм	500—2600
Контурный рез, мм	До 700
Давление кислорода, МПа	0,05—0,5
» пропана, МПа	0,01—0,15
Скорость резки, см/мин	2—15

Машины кислородной резки, оснастка и вспомогательное оборудование — см. 5.1.1.

#### Выбор основных и присадочных материалов, термическая обработка

Заготовки, нагреваемые в соответствии с технологическим процессом (подковку, прокатку), могут быть разрезаны при нагреве до 800 °С.

#### Технология резки

Технологические параметры ручной резки — кислородом низкого давления — см. табл. 5.15.

Технологические параметры машинной резки кислородом низкого давления — см. табл. 5.16.

Процесс характеризуется высокими экономическими показателями при разрезке заготовок, слябов, валов, изложниц, коленчатых валов, сосудов высокого давления, секций труб диаметром 300—900 мм.

РЕЗКИ КИСЛОРОДОМ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ \*2

Пропан		Ширина реза при раскрое, мм	Скорость резки, см/мин	Расстояние между горелками, мм	Сопловая группа
давление на горелке, МПа	расход, м³/ч				
0,005—0,03	5—12	14—16	6—10	15—20	Симметричная Асимметричная
	0,01	7	8—15	20—30	
0,01	7	15—18	4—10	20—40	»
	0,04	17			
	0,05	20			
	0,06	23			
0,06	23	20—25	3—5	25—50	»
	0,06	35			
	0,09	45			
	0,12	50			
0,10	65	35—50	2—4	30—50	»
	0,12	80			
	0,15	100			
	0,15	100			

рыхлости, пор, ликвидации, с чистой поверхностью, к нелегированной стали с содержанием цинка от проскакивания пламени в резак). \*3 Технические параметры режущего сопла KL

Отбор горючего газа и кислорода предпочтительнее производить из баллонов, размещенных в стойках.

Техника безопасности: инструкция по охране труда АВАО 615.1 «Сварка, термическая резка и другие способы обработки»: положение об охране труда АСАО 870 «Хранение карбида кальция, производство и эксплуатация ацетиленовых генераторов».

#### 5.1.3. РЕЗКА В ЗАЩИТНОМ ГАЗЕ

##### Принцип резки

Резка в защитном газе основана на том, что между струей кислорода и окружающим воздухом создается защитный слой газа или газовой смеси с низкой плотностью (например гелия или водорода) (рис. 5.9). Защитный газ может быть негорючим. В качестве такого газа используют также пропан или ацетилен, равномерно подогревая его по всей длине реза за счет сгорания в пламени с избытком горючего газа, так что вокруг струи кислорода, благодаря высокому уровню температур, образуется концентрический защитный газовый слой с низкой плотностью газа [13]. Принципиальной особенностью является засасывание защитного газа в ядро струи кислорода при контакте обоих газов и исключение разрыва пламени защитного газа перед устьем сопла. Кислород подогревающего пламени не требуется.

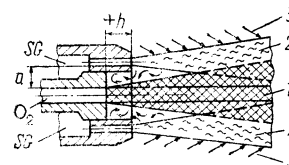


Рис. 5.9. Принцип резки [20]:

1 — ядро кислорода (O<sub>2</sub>); 2 — защитный газ (SG); 3 — воздух; a, h — монтажные размеры сопла

### Границы применимости

Положение: преимущественно вертикальное, снизу вверх.

Группы материалов: углеродистые и низколегированные стали.

Область использования: поковки, стальные ленты (в тяжелом машиностроении) толщиной 100—120 мм.

Диапазон параметров: магнитная, прямолинейная резка, фигурная резка на поворотном режущем агрегате, асимметричная сопловая группа, отсутствие просакивания пламени даже при максимальных температурах резки, устранение потребности в кислороде подогревающего пламени, скорость резки 3,5—17 см/мин; условия резки — см. 5.1.1.

Горючий газ: пропан, городской газ,

### Оборудование

Возможна резка в защитном газе с использованием переоборудованных резаков для резки кислородом низкого давления ZIS 485 и машинных резаков для резки кислородом низкого давления ZIS 789.

Машинный резак монтируется на все машины кислородной резки.

Характеристика резаков для резки в защитном газе (изготовитель — «Рhone») —

Резак для резки в защитном газе для низкого давления ZIS 485. Горючий газ — защитный газ: ацетилен, пропан, водород. Технологические параметры:

Резка . . . . .	Прямолинейная и фигурная
Толщина заготовок, мм . . . . .	200—800
Давление кислорода, МПа . . . . .	0,15—0,3
Скорость резки, см/мин . . . . .	5—17

Машинный резак для резки в защитном газе ZIS 789. Горючий газ — защитный газ: пропан, городской газ.

Реака . . . . .	Прямолинейная и фигурная
Толщина заготовок, мм . . . . .	150—1200
Давление кислорода, МПа . . . . .	0,3—1,1
» пропана, МПа . . . . .	0,02—0,05
Скорость резки, см/мин . . . . .	5—17

Машины кислородной резки, оснастка и вспомогательные устройства — см. 5.1.1.

### Выбор основных и присадочных материалов, термическая обработка

Заготовки можно разрезать в интервале температур от 20 до 700 °С без ухудшения их качества, при этом не требуется охлаждения водой. Предпочтительнее резать подогретый материал.

### Технология резки [13—17]

Ориентировочные параметры резки в защитном газе низкого давления с использованием резаков ZIS 485 — см. табл. 5.17. Используемые при этом защитные газы — см. табл. 5.18.

Ориентировочные параметры резки в защитном газе с использованием машинных резаков ZIS 789 — см. табл. 5.19.

Процесс характеризуется высокой экономичностью, например, при использовании пропана и при толщине реза 700 мм, что объясняется экономией кислорода подогревающего пламени; общее снижение затрат 18 %.

Высокое качество реза, острые кромки, высокая износостойкость деталей, работающих на истирание (сопловых групп).

По сравнению с машинными резаками для резки кислородом низкого давления экономия затрат на газ от 10 до 30 %.

Наиболее предпочтителен отбор газа из стеллажей (по 12 баллонов).

Длина газовых шлангов — менее 10 м.

ТАБЛИЦА 5.17

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЗАКОВ ДЛЯ РЕЗКИ В ЗАЩИТНОМ ГАЗЕ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ZIS 485

Толщина s, мм	Тип режущего мундштука	Сопло для защитного газа	Ацетилен		Кислород		Скорость резки, мм/мин	Ширина реза, мм	Расстояние между соплами, мм
			давление, МПа	расход, м³/ч	давление, МПа	расход, м³/ч			
200	50	As 1	0,01	1,5	0,15	35	120—170	12—16	30
350	50	As 1	0,025	3	0,25	50	100—130	13—17	40
500	50	As 1	0,04	5	0,30	57	70—90	14—18	50
500	90	As 2	0,04	6	0,15	75	75—100	15—19	50
650	90	As 2	0,06	8	0,25	106	60—75	16—20	50
800	90	As 2	0,08	10	0,30	120	50—60	17—22	60

ТАБЛИЦА 5.18

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СОПЛОВЫХ ГРУПП ЗАЩИТНОГО ГАЗА (ПРОПАНА, АЦЕТИЛЕНА И ВОДОРОДА) ДЛЯ РЕЗАКОВ ПРИ РЕЗКЕ В ЗАЩИТНОМ ГАЗЕ ZIS 485

Толщина s, мм	Тип сопла для защитного газа	Пропан		Тип сопла для защитного газа	Ацетилен		Тип сопла для защитного газа	Водород	
		давление, МПа	расход, м³/ч		давление, МПа	расход, м³/ч		давление, МПа	расход, м³/ч
200	Ps 1	0,10	4	As 1	0,01	1,5	Ps 1	0,015	20
350	Ps 1	0,15	5	As 1	0,025	3,0	Ps 1	0,10	30
500	Ps 1	0,20	6	As 1	0,04	5,0	Ps 1	0,15	40
500	Ps 1	0,20	8	As 2	0,040	6,0	Ps 1	0,15	40
650	Ps 1	0,25	9	As 2	0,060	8,0	Ps 1	0,25	50
800	Ps 1	0,30	10	As 2	0,090	10,0	Ps 1	0,30	60

Примечание. На выходе редуктора давления водорода и пропана ставится диафрагма толщиной 3 мм.

ТАБЛИЦА 5.13  
ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЗКИ В ЗАЩИТНОМ ГАЗЕ  
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МАШИННЫХ РЕЗАКОВ ZIS 789

Толщина s, мм	Режущий мундштук	Сопло для защитного газа	Кислород		Горючий газ		Скорость резки, см/мин	Ширина реза, мм	Расстояние между соплами, мм
			давление, МПа	расход, м³/ч	давление, МПа	расход, м³/ч			

Резка в защитном газе с использованием городского газа

150	S 1	LS 1	0,6	26	0,01	26	8—10	12—15	50
300	S 1	LS 1	1,1	44	0,015	32			
300	S 2	LS 2	0,4	47	0,015	49	6—8	15—20	50
600	S 2	LS 2	0,8	85	0,025	62			
600	S 3	LS 3	0,4	86	0,025	89	5—6	15—25	75
900	S 3	LS 3	0,65	125	0,05	121			
900	S 4	LS 4	0,3	127	0,05	145	3,5—5	20—35	100
1200	S 4	LS 4	0,4	165	0,06	158			

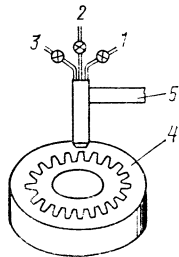
Резка в защитном газе с использованием пропана

150	S 1	PS 1	0,6	26	0,03	2,7	8—10	12—15	50
300	S 1	PS 1	1,1	44	0,045	3,3			
300	S 2	PS 2	0,4	47	0,02	4,5	6—8	15—20	50
600	S 2	PS 2	0,8	85	0,025	5,5			
600	S 3	PS 3	0,4	86	0,02	8,0	5—6	15—25	75
900	S 3	PS 3	0,65	125	0,04	11,0			
900	S 4	PS 4	0,3	127	0,02	15,5	3,5—5	20—35	100
1200	S 4	PS 4	0,45	165	0,03	19,5			

### 5.1.4. ПРЕЦИЗИОННАЯ РЕЗКА

#### Принцип резки

Под прецизионной резкой понимается такой выполняемый с помощью технических средств процесс, при котором поверхность реза не требует последующей обработки вследствие высокой точности реза. Для деталей машин прецизионная резка является одним из самых рациональных способов производства (рис. 5.10) [18—22].



#### Границы применимости

Положение: преимущественно горизонтальное.  
Группы материалов: углеродистые и низколегированные стали с содержанием углерода до 0,3%.

Рис. 5.10. Принцип резки:

1 — кислород подогревающего пламени; 2 — режущий кислород; 3 — горючий газ; 4 — заготовка; 5 — перемещение резака по шаблону

Диапазон размеров: материал толщиной 5—100 мм, допуски на размеры  $\pm 0,2$  мм.

Область использования: машиностроение, производство зубчатых колес.

Параметры: нижний предел точности фигурной резки  $\pm 0,2$  мм, удовлетворительная центровка системы резак — заготовка при номинальном диапазоне размеров заготовки 10—300 мм и толщина 5—100 мм.

Микролучевая прецизионная резка (см. 5.1.5): толщина заготовки 2—100 мм; на 30% более узкая ширина реза по сравнению с прецизионной резкой; на 20% более высокая плоскостность поверхности реза; меньшая термическая деформация по сравнению с прецизионной резкой.

#### Недостатки:

Давление режущего кислорода, МПа, для сопла FK50 до 5, FK 100 — до 10. Требуется специальное оборудование (редуктор, газовые шланги, вентили). Шероховатость поверхности реза 10—40, плоскостность поверхности реза 10—150 мкм.

Критерий точности резки: точность управления и точность направления машины кислородной резки.

#### Оборудование

Для прецизионной резки используется преимущественно следующее оборудование.

Резаки: машинные резаки трехвентильные (см. табл. 5.3).

Машины кислородной резки (см. табл. 5.4).

Оснастка: см. табл. 5.6.

Вспомогательное оборудование: см. табл. 5.7.

Выбор режущих мундштуков: K1 при толщине s до 15 мм; K2 при толщине s до 30 мм; K3 при толщине s до 60 мм; K4 при толщине s до 100 мм (см. табл. 5.6).

Размер шаблонов для машин кислородной резки с фотоэлектронным управлением (шаблоны из белой поливинилхлоридной фольги; Требуется максимальная точность изображения на эскизе!).

Используемые индексы:  $A_{Sch}$  — размер шаблона, мм;  $A_{Bl}$  — размер разрезаемой детали, мм (заданный размер); d — ширина реза, мм;  $K_M$  — корректировочный фактор машины (порядка 0,2 мм); s — толщина материала.

Для фигурной резки плоских поверхностей и для круговой резки:

а) при радиусе более 120 мм:  $A_{Sch} = A_{Bl} + K_M \pm d$  мм (для внешних резов +d, для внутренних резов -d); б) при радиусе менее 120 мм;  $A_{Sch} = A_{Bl} + K_M \pm \pm d \pm 0,5$  мм (для внешних резов +0,5 мм, для внутренних резов -0,5 мм); в) расчет d:  $d = 0,01s + 1,5$  мм.

#### Выбор основных и присадочных материалов, термическая обработка

Выбор материалов не требуется, термическая обработка не производится.

#### Технология резки

Ориентировочные параметры прецизионной резки при толщине материала 5—100 см следующие.

Постоянные параметры резки:

Давление ацетилена, МПа	0,02
Расход ацетилена м³/ч	0,25 ( $\pm 15\%$ )
Давление кислорода подогревающего пламени, МПа	0,25
Расход кислорода подогревающего пламени, м³/ч	0,26 ( $\pm 15\%$ )
Расстояние между соплами, мм	5
Чистота кислорода, %	99,5

Переменные параметры резки:

скорость резки  $v_s$ , мм/мин, в зависимости от толщины s, мм:

$$v_s = 480e^{-0,053s} + 136 (\pm 40 \text{ мм/мин});$$

давление режущего кислорода  $p_{ss}$ , МПа

$$p_{ss} = 0,1 (5,307e^{-0,037s} + 6,0);$$

допустимые отклонения  $\pm 0,025$  МПа (режущее сопло K1) и  $\pm 0,060$  (режущее сопло K2, K3, K4).

## ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МИКРОЛУЧЕВОЙ РЕЗКИ

Толщина $s$ , мм	Тип режущего мундштука	Скорость резки, см/мин	Режущий кислород расход, м <sup>3</sup> /ч	Подогревающий кислород		Ацетилен расход, м <sup>3</sup> /ч	Ширина реза, мм
				давление, МПа	расход, м <sup>3</sup> /ч		
2	FK 0-50	83	0,9	0,40	0,85	0,7	1,0—1,1
5	FK 0-50	74	0,9	0,40	0,85	0,7	1,0—1,1
5	FK 1-50	80	1,5	0,40	0,85	0,7	1,0—1,3
10	FK 1-50	62	1,5	0,30	0,7	0,6	1,0—1,2
15	FK 1-50	55	1,5	0,25	0,6	0,5	1,0—1,2
15	FK 2-50	58	3,4	0,25	0,6	0,5	1,1—1,5
20	FK 2-50	52	3,4	0,20	0,5	0,4	1,1—1,5
25	FK 2-50	48	3,4	0,20	0,5	0,4	1,1—1,5
30	FK 2-50	45	3,4	0,20	0,5	0,4	1,1—1,7
30	FK 3-50	52	4,6	0,20	0,5	0,4	1,4—2,0
45	FK 3-50	47	4,6	0,20	0,5	0,4	1,4—2,2
60	FK 3-50	44	4,6	0,20	0,5	0,4	1,4—2,2
60	FK 4-50	48	3,0	0,20	0,5	0,4	1,6—2,4
80	FK 4-50	44	9,0	0,20	0,5	0,4	1,6—2,4
100	FK 4-50	42	9,0	0,20	0,5	0,4	1,7—2,5

Примечания: 1. Параметры относятся к чистоте кислорода 99,5 %, к углеродистой стали с максимальным содержанием углерода 0,3 % и к чистой (без ржавчины!) поверхности разрезаемого материала. 2. Давление режущего кислорода 4,5 МПа, давление ацетилена 0,2 МПа, тип подогревающего сопла А1.

Ориентировочные параметры микролучевой прецизионной резки при толщине материала 5—100 мм.

Режущие сопла FK1-100, FK1-50 при толщине  $s$  до 15 мм, FK2-100, FK2-50 при толщине  $s$  до 30 мм; FK3-100, FK3-50 при толщине  $s$  до 60 мм, FK4-100, FK4-50 при толщине  $s$  до 100 мм (см. 5.1.5).

Используются постоянные прокладки (линейные листовые прокладки). Материалы толщиной до 20 мм можно охлаждать водой или сжатым воздухом с целью уменьшения распространения тепла и снижения деформации на участке резки (максимальное давление воздуха 0,35 МПа).

Техника безопасности: инструкция по охране труда АВАО 615/1 положение по охране труда АСАО 870.

### 5.1.5. МИКРОЛУЧЕВАЯ КИСЛОРОДНАЯ РЕЗКА

#### Принцип резки

Микролучевая резка является усовершенствованным вариантом прецизионной резки, когда за счет повышения давления режущего кислорода достигается технологическое повышение производительности. При этом используются подогревающие сопла в стандартном исполнении и специальные режущие мундштуки. Внутреннее отверстие режущего сопла выполняют расширяющимся, что позволяет менять акустическую скорость струи режущего кислорода.

#### Границы применимости [21, 23]

Положение: преимущественно горизонтальное.

Диапазон размеров: толщина материала 2—100 мм, допуски при соблюдении размеров  $\pm 0,2$  мм.

Группы материалов: углеродистые и низколегированные стали с содержанием углерода до 0,3 %.

Область использования: машиностроение, резка деталей сложной формы с острыми углами, узкими прорезями и углублениями; изготовление зубчатых зацеплений прямозубых цилиндрических колес, модуль  $> 12$ .

Параметры: этот вариант резки является разновидностью термической микрорезки, используемой в машиностроении. По сравнению с прецизионной резкой (см. 5.1.4) достигается: на 20 % более гладкие поверхности реза; на 30 % меньшая ширина реза; на 100 % более высокая скорость резки; уменьшение расхода режущего кислорода.

Требуется специальная оснастка (редукторы, газовые шланги, вентили).

#### Оборудование

Качество технологической резки, прежде всего точность направляющих, определяет точность микролучевой резки. Стандартные машины кислородной резки с фотоэлектронным управлением обеспечивают точность обработки по копиру около 1 мм при фигурной резке деталей с острыми углами и очень малыми радиусами, эвольвентами и другими аналогичными кривыми. В настоящее время разрабатываются необходимые мероприятия по совершенствованию указанных машин для микролучевой резки.

#### Выбор основных и присадочных материалов, термическая обработка

Выбор материалов не требуется, термическая обработка не производится.

#### Технология резки

Ориентировочные параметры микролучевой резки при толщине материала 2—100 мм — см. табл. 5.20.

При использовании режущих мундштуков для микролучевой резки и при давлении режущего кислорода 5 МПа достигается качество резки «2» и «3» по TGL 14902. В случае применения режущих мундштуков для микролучевой резки и при давлении режущего кислорода 10 МПа достигается на 5 % более высокая скорость резки.

Техника безопасности: инструкция по охране труда АВАО 615/1, положение об охране труда АСАО 870.

### 5.1.6. СКОРОСТНАЯ КИСЛОРОДНАЯ РЕЗКА (ОГНЕВАЯ СТРОЖКА)

#### Принцип резки

Скоростная кислородная резка является вариантом процесса резки, когда работают с повышенным давлением режущего кислорода и кислорода подогревающего пламени, а резак наклоняется как в направлении реза, так и под углом  $70^\circ$  к направлению реза для того, чтобы непрерывно локально нагревать заготовку по всей длине непосредственно перед режущей струей минимум до температуры воспламенения металла (рис. 5.11) [32].

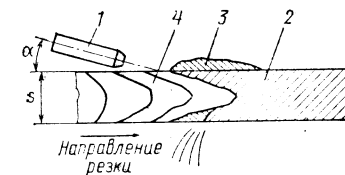


Рис. 5.11. Принцип резки [32]:

1 — резак; 2 — заготовка; 3 — жидкий шлак; 4 — бороздки реза;  $\alpha = 30-70^\circ$

#### Границы применимости

Положение: преимущественно горизонтальное.

Диапазон размеров: толщина материала 4—25 мм, прямолинейная резка.

Группы материалов: углеродистые и низколегированные стали с содержанием углерода до 0,3 %.

Область использования: производство стальных конструкций, исполнение грубых резов.

### Параметры

Данный процесс непригоден для точной и контурной кислородной резки.

Максимальная скорость резки (сталь St38,  $\alpha = 30^\circ$ , толщина  $s = 4$  мм) составляет 250 см/мин.

Среднее повышение скорости резки по сравнению с обычной кислородной резкой 50 %, затраты на резку снижаются на 65 %.

Процесс характеризуется низким качеством поверхности резания, резко выраженным образованием бороздок. Выполняется при использовании обычных машин кислородной резки (см. 5.1.1).

Интенсивный предварительный нагрев поверхности листа перед режущей струей и наклон резака относительно направления резки обеспечивают высокую скорость резки.

Расстояние сопла от поверхности листа, которые должны составлять 5 мм, поддерживается с точностью  $\pm 1,5$  мм.

Ширина реза — примерно 8 мм.

Неровность поверхности реза — около 2 мм.

ТАБЛИЦА 5.21

### ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СКОРОСТНОЙ КИСЛОРОДНОЙ РЕЗКИ

Толщина $s$ , мм	Тип режущего мундштука	Давление кислорода $p_{ss}$ , МПа	Расход кислорода $V_{ss}$ , м <sup>3</sup> /ч	Скорость резки $v_s$ , м/мин	
				обычная	максимальная
5	K 1	0,25	1	80	120
5	K 3	0,60	5	130	200
5	K 4	0,75	10	150	240
5	K 6	0,75	20	170	260
10	K 1	0,35	2	60	100
10	K 3	0,60	5	90	150
10	K 4	0,75	10	110	180
10	K 6	0,75	20	130	200
15	K 2	0,50	3	50	80
15	K 3	0,60	5	70	120
15	K 4	0,75	10	90	150
15	K 6	0,75	20	110	170
20	K 2	0,50	3	40	70
20	K 3	0,60	5	60	90
20	K 4	0,75	10	70	120
20	K 6	0,75	20	90	150
25	K 2	0,50	3	30	50
25	K 3	0,60	5	40	70
25	K 4	0,75	10	50	90
25	K 6	0,75	20	60	120

Примечание. Параметры скоростной кислородной резки относятся к углу подвода струи кислорода  $30^\circ$  и к чистоте кислорода 99,5 %; материал: сталь St 38, подогревающее сопло А1.

### Сравнение обычного и скоростного способов кислородной резки [24].

	Обычная	Скоростная
Толщина листа, мм	12	12
Режущий мундштук	K1	K4
Давление режущего кислорода, МПа	0,35	0,85
Расход режущего кислорода, м <sup>3</sup> /ч	1,5	10
Давление кислорода подогревающего пламени, МПа	0,25	0,85
Расход кислорода подогревающего пламени, м <sup>3</sup> /ч	0,6	1,5
Расход ацетилена, м <sup>3</sup> /ч	0,5	1,1
Наклон резака в направлении резки, град	0	70
Наклон резака поперек направления резки, град	70	70
Скорость резки, см/мин	45	90
Угол скоса кромок, град	20	20

### Оборудование

Резак для машинной резки «Rekord» (см. 5.1.1).

Стандартный мундштук с клиновой прорезью используется в качестве режущего мундштука (см. 5.1.1).

Подогревающее сопло А1 (см. 5.1.1).

Универсальные машины кислородной резки.

Выбор основных и присадочных материалов, термическая обработка

Выбор материалов не требуется, термическая обработка не производится.

### Технология резки

Ориентировочные параметры скоростной кислородной резки (табл. 5.21).

Горючий газ: преимущественно ацетилен.

Техника безопасности: инструкция по охране труда АВАО 615/1, положение об охране труда АСАО 870.

### 5.1.7. КИСЛОРОДНОЕ КОПЬЕ

#### Принцип резки

Под кислородным копьем понимают проплавление с помощью ацетилено-кислородного пламени. Этот процесс представляет собой случай обработки металлов, который только условно можно отнести к кислородной резке (рис. 5.12).

#### Границы применимости [34]

Положение: горизонтальное.

Диапазон размеров: стальные слитки больших размеров (толщиной 30—1200 мм).

Группы материалов: высоколегированная сталь, серый чугун, стальное литье, бетон.

Область использования: металлургия, дробление горных пород при разработке открытым способом.

Параметры: расход кислорода до 200 м<sup>3</sup>/ч, угар копья при получении отверстий — более 1 м; максимальная скорость проплавления до 20 см/мин (для бетона).

#### Оборудование

Кислородное копье: труба 3/8—1" из низкоуглеродистой низколегированной стали, заполненная стальной проволокой диаметром 3—5 мм, рукоятка с быстродействующим вентилем для кислорода, шланг для кислорода внутренним

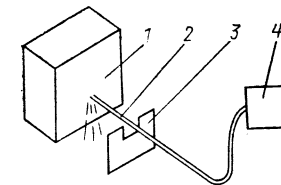


Рис. 5.12. Принцип резки: 1 — заготовка; 2 — кислородное копье; 3 — экран; 4 — рама

ТАБЛИЦА 5.22

## ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЗКИ КИСЛОРОДНЫМ КОПЬЕМ

Диаметр копья, мм		Диаметр прово- локи, мм	Число прово- лок, шт.	Давление кисло- рода, МПа	Скорость пропла- вления, см/мин	Диаметр пропла- вленного отвер- стия, мм	Глубина пропла- вления, м	Расход кисло- рода, м³
внешний	внутрен- ний							
12	7	2	12	0,7	18	30	2,5	1,1
18	12	3	12	0,6	20	40	3,0	1,9
22	10	3	9	0,6	25	55	2,2	2,1
22 *	6	4	1	1,0	18	65	3,2	4,5

\* Восьмиугольник.

диаметром 9—14 мм, высокопроизводительный редуктор (до 200 м³/ч), стойка для кислородных баллонов. Для воспламенения используют автогенный ручной резак. **Выбор основных и присадочных материалов, термическая обработка**  
Выбор материалов не требуется, термическая обработка не производится.

**Технология резки**

Ориентировочные параметры проплавления бетона толщиной 0,5 мм приведены в табл. 5.22.

**Протекание процесса:** торец копья прижимают к заготовке. С помощью ручного резака (горючий газ: ацетилен или пропан) копье нагревается до воспламенения (1300 °С) при расходе этого газа 1200—2000 л/ч; одновременно в месте контакта с копьем разогревается заготовка. На второй стадии процесса подвод кислорода осуществляется через копье, прижимаемое к заготовке усилием 300—600 Н.

На третьей стадии процесса образуется жидкоплавленный шлак, который под давлением газа выдавливается из проплавленного участка; этот участок приобретает ярко-белый цвет. При сгорании труба заменяется новой и процесс проплавления продолжается.

**Техника безопасности:** инструкция по охране труда АВАО 615/1, положение об охране труда АСАО 870.

**Внимание!** Высокая тепловая нагрузка требует смены сварщиков в период проведения процесса.

**5.1.8. РЕЗКА С ПОДАЧЕЙ ЖЕЛЕЗНОГО ПОРОШКА****Принцип резки**

Резка с подачей порошка является вариантом процесса кислородной резки с применением добавок из железного порошка. Железный порошок вдвигается сжатым воздухом через ацетилено-кислородное пламя, при этом он нагревается и сгорает с выделением значительного количества тепла в струю режущего кислорода (рис. 5.13) [1].

**Границы применимости [3—27]**

**Положение:** горизонтальное.

**Диапазон размеров:** чугунные изделия толщиной 20—300, изделия из высоколегированной стали толщиной 20—400, пределы толщины изделий 5—550 мм.

**Группы материалов:** неметаллы, высоколегированные стали, серый чугун, керамика.

**Область использования:** металлургия (отрезка прибылей при производстве хромоникелевых сталей), энергомашиностроение, тяжелое машиностроение.

**Параметры:** процесс резки экономически выгоден при толщине материала от 80 мм; скорость резки: 3—35 см/мин для металлических материалов, 2,5 см/мин для бетона.

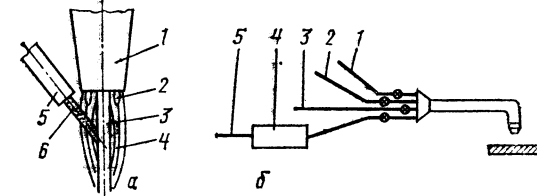


Рис. 5.13. Принцип резки [1]:

**а** — резка с подачей железного порошка (1 — подогревающее сопло и режущий мундштук; 2 — подогревающее пламя; 3 — струя режущего кислорода; 4 — светящееся подогревающее пламя; 5 — подвод железного порошка сжатым воздухом; 6 — струя сжатого воздуха с железным порошком); **б** — установка для резки с подачей железного порошка (1 — кислород подогревающего пламени; 2 — горючий газ; 3 — режущий кислород; 4 — смеситель порошка; 5 — сжатый воздух)

Точность соблюдения размеров: от  $\pm 1,0$  мм.  
Среднее рабочее давление, МПа:

Ацетилен	0,02—0,05
Кислород подогревающего пламени	0,25—0,4
Режущий кислород	0,25—1,4
Сжатый воздух	0,015—0,025

Размер зерен железного порошка 0,05—0,10 мм.

Угар легирующих элементов высоколегированных сталей — см. табл. 5.23.

Температура режущей струи — около 4200 °С.

ТАБЛИЦА 5.23

УГАР ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ РЕЗКЕ  
С ПОДАЧЕЙ ЖЕЛЕЗНОГО ПОРОШКА

Легирующий элемент	Содержание легирующих элементов, %							
	в стали	на по- верхно- сти реза	на расстоянии от поверхности реза, мм					
			0,05	0,10	0,15	0,2	0,3	0,4
Хром	18,00	6,60	10,8	11,8	14,3	16,7	17,0	17,6
Никель	10,40	8,30	9,7	9,0	10,0	10,0	10,2	10,2
Титан	0,65	0,07	0,31	0,31	0,45	0,56	0,63	0,65
Марганец	0,76	0,23	0,33	0,48	0,61	0,67	0,68	0,75
Кремний	0,68	0,21	0,31	0,55	0,66	0,66	0,67	0,68

**Оборудование**

Оборудование для резки с подачей железного порошка — порошок-смеситель, резак для резки с подачей порошка, машинный резак для резки кислородом низкого давления, машины кислородной резки, оснастка, вспомогательное оборудование.

**Выбор основных и присадочных материалов, термическая обработка**

Выбор материалов не требуется, термическая обработка не производится.



РАСХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЗКИ  
С ПОДАЧЕЙ ЖЕЛЕЗНОГО ПОРОШКА [6]

ТАБЛИЦА 5.24

Толщина s, мм	Расходные параметры			
	кислород в целом, м³/ч	ацетилен, м³/ч	сжатый воздух, м³/ч	железный порошок, кг/ч
25	4,5	1,0	0,40	4,0
50	8,0	1,0	0,45	5,4
100	18,0	1,0	0,50	7,5
200	30,0	1,0	0,60	11,5
400	65,0	1,0	0,75	17,0

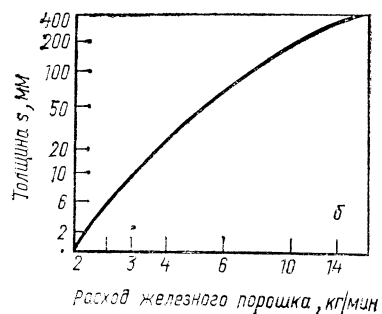
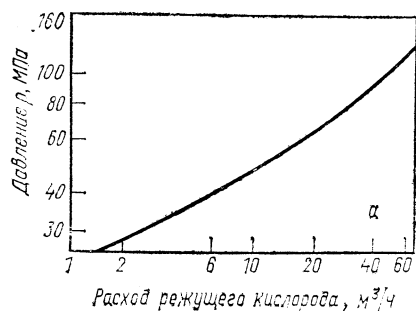


Рис. 5.14. Расходные параметры резки с подачей железного порошка:  
а — режущий кислород; б — железный порошок

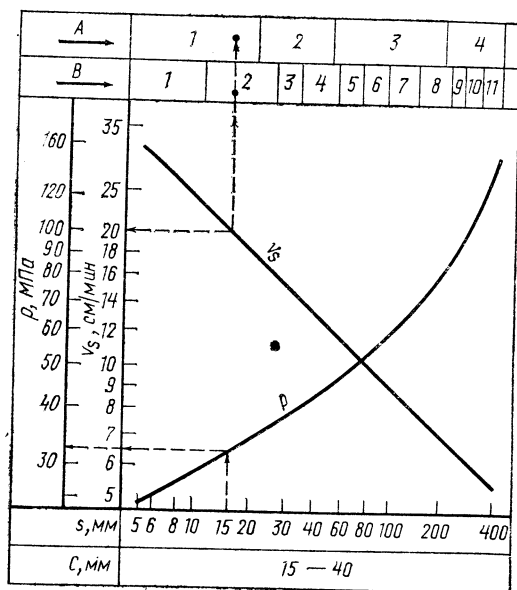


Рис. 5.15. Ориентировочные параметры для резки с подачей железного порошка

### Технология резки

Расходные параметры резки с подачей железного порошка — см. табл. 5.24, рис. 5.14.  
Ориентировочные параметры резки — см. рис. 5.15.  
Техника безопасности: инструкция по охране труда АВАО 615/1, положение об охране труда АСАО 870.

### Б.1.9. ПАКЕТНАЯ РЕЗКА

#### Принцип резки

Несколько листов укладывают в один пакет, зажимают и совместно разрезают способом кислородной резки (рис. 5.16).

#### Границы применимости

Положение: горизонтальное.

Диапазон размеров: максимальная высота пакета листов 120, максимальная толщина отдельных листов 15, минимальная 0,5 мм.

Группы материалов: листы из углеродистой стали по TGL 7960 TGL 9559.

Область использования: производство аппаратов, изготовление стальных конструкций, транспортное машиностроение.

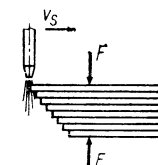


Рис. 5.16. Принцип резки

#### Параметры

Повышение давления режущего кислорода на 0,1—0,2 МПа по сравнению с обычной кислородной резкой.

Уменьшение скорости резки до 30 % по сравнению с обычной резкой; средняя скорость резки 16 см/мин.

Значительное снижение длительности резания и затрат по сравнению с единичной резкой.

Листы должны быть плоскими и чистыми.

Листовые пакеты чаще всего зажимают с помощью гидравлической системы [35]; зажимающее усилие более 2 МПа.

#### Оборудование

При данном способе резки используют оборудование для обычной кислородной резки; применяют также оборудование для плазменной резки, оборудование РА20 (см. 5.2).

#### Выбор основных и присадочных материалов, термическая обработка

Выбор материалов не требуется, термическая обработка не производится.

ТАБЛИЦА 5.25

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПАКЕТНОЙ РЕЗКИ

Толщина отдельного листа, мм	Число листов	Толщина пакета, мм	Давление режущего кислорода, МПа	Усилие зажима, МПа
0,5	100	50	0,5	6—8
1,0	50	50	0,5	8
2,0	20	40	0,4	12
4,0	10	40	0,4	15
10,0	5	50	0,5	15



## Технология резки

Листовой пакет выкладывают ступенчато в соответствии с рис. 5.16.

Сопоставление пакетной резки с холодной штамповкой листов следует проводить в зависимости от технологических параметров обоих способов.

Ориентировочные параметры пакетной резки — см. табл. 5.25.

Техника безопасности: инструкция по охране труда АВАО 615/1, положение об охране труда АСАО 870.

### 5.1.10. СТРОЖКА КАНАВОК

#### Принцип строжки

Автогенная строжка канавок является вариантом кислородной резки, при котором резак наклонен относительно направления резки; угол наклона струи режущего кислорода составляет 25° (рис. 5.17) [29, 30]. Методом строжки получают канавки и выполняют бороздки.

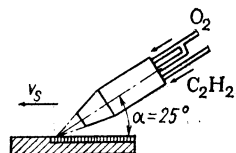


Рис. 5.17. Принцип строжки

#### Границы применимости

Положение: горизонтальное.

Диапазон размеров: толщина материала более 10, ширина реза 6—18, глубина реза 3—12 мм.

Группы материалов: углеродистые и низколегированные стали с содержанием углерода до 0,3%; данный способ не применяется для обработки высоколегированных сталей, серого чугуна.

Область использования: машиностроение, сварочное производство (удаление корневых дефектов, швов, сглаживание угловых швов и удаление прихваток).

Параметры: обработка материалов с целью подгонки состыковываемых изделий, скорость строжки до 36 м/мин (максимальная скорость 77 м/мин при температуре стали 1388 °С), процесс легко осваивается.

#### Оборудование

Отдельный резак ZIS-MWW 520 для строжки канавок продольного типа. Технологические параметры — см. табл. 5.26.

Изготовитель — предприятие «Schweißgerätebau», Брандис.

Прочее оборудование (оснастка, вспомогательное устройство) — см. 5.1.1.

#### Выбор основных и присадочных материалов, термическая обработка

Выбор материалов не требуется, термическая обработка не производится.

ТАБЛИЦА 5.26

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СТРОЖКИ КАНАВОК [10]

Параметры и оборудование	Технологические параметры		
Подогревающее сопло	A1	A2	A2
Сопло для строжки	F1	F2	F3
Ширина реза, мм	8—10	10—13	14—18
Глубина реза, мм	3—4	4—6	7—8
Давление кислорода, МПа	0,5—0,6	0,6—0,7	0,7—0,8
» ацетилена, МПа	0,015	0,05	0,05
Скорость строжки см/мин	150—200	150—200	150—200

ТАБЛИЦА 5.27

РАСХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СТРОЖКИ КАНАВОК

Ширина реза, мм	Глубина реза, мм	Сопло для строжки	Давление кислорода, МПа	Расход, л/ч		
				подогревающего кислорода	режущего кислорода	ацетилена
6—8	3—5	F1	0,3	620	1 880	620
			0,4	770	2 330	770
			0,5	910	2 840	3100
			0,6	1060	3 340	1000
10—12	4—10	F2	0,3	620	4 580	620
			0,4	780	5 720	780
			0,5	940	6 800	940
			0,6	1100	8 000	1100
15—18	5—12	F3	0,3	620	9 180	620
			0,4	800	11 200	800
			0,5	980	13 320	980
			0,6	1170	15 330	1170

#### Технология строжки

Ориентировочная величина давления кислорода в зависимости от толщины листа:

Толщина s, мм	5—10	10—20	>20
Давление режущего кислорода, МПа	0,4	0,5	—

Расходные параметры строжки канавок — см. табл. 5.27.

Для сравнения вариантов следует использовать способ дуговой строжки.

Техника безопасности: инструкция по охране труда АВАО 615/1, положение по охране труда АСАО 870.

### 5.1.11. ПОВЕРХНОСТНАЯ СТРОЖКА

#### Принцип строжки

Поверхностная строжка, или огневая зачистка, является особой формой автогенной техники и не может быть отнесена ни к какой газовой сварке, ни к кислородной резке. При поверхностной строжке производится разрыхление оксидов железа (ржавчины) на деталях конструкций под действием пламени смеси кислорода с горючим газом при избытке кислорода около 30% (рис. 5.18) [30].

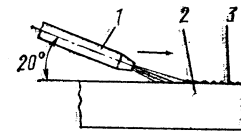


Рис. 5.18. Принцип зачистки:

1 — сварочная горелка; 2 — заготовка; 3 — ржавчина загрязненные участки

#### Границы применимости

Положение: все пространственные положения.

Диапазон размеров: любые размеры.

Группы материалов: углеродистые и низколегированные стали.

Область использования: обработка сталей, отделение слоев ржавчины, удаление слоев красок.

Параметры: окислительное пламя газо-кислородной смеси с избытком кислорода около 30%.

Горючий газ: ацетилен, пропан, водород, природный газ.

ТАБЛИЦА 5.28

АППАРАТЫ ДЛЯ ОГНЕВОЙ ЗАЧИСТКИ  
(ИЗГОТОВИТЕЛЬ — КОМБИНАТ ТОЧНОЙ МЕХАНИКИ В ГАЛЛЕ)

Аппараты	Горючий газ	Технологические параметры
Аппарат для огневой зачистки I (ZIS MWW 520)	Ацетилен, пропан, водород, природный газ	Рабочая ширина, мм: 30, 60, 100, 150 Давление, МПа: кислорода 0,25; ацетилена 0,02—0,05
Аппарат для огневой зачистки II (ZIS MWW 520)		Рабочая ширина, мм: 200, 300 Давление, МПа: кислорода 0,35—0,45; ацетилена 0,02—0,05

Выбор основных и присадочных материалов, термическая обработка  
Выбор материалов не требуется, термическая обработка не производится.

Технология строжки

Ориентировочные параметры — см. I («Газовая сварка»), дополнение — см. табл. 5.28.  
Техника безопасности: инструкция по охране труда АВАО 615/1, положение по охране труда АСАО 870.

5.2. ДУГОВАЯ РЕЗКА

5.2.1. ПЛАЗМЕННО-ДУГОВАЯ РЕЗКА

Принцип резки

При плазменно-дуговой резке, являющейся резкой неплавящимся электродом в инертном газе и называемой также аргоно-дуговой резкой, между вольфрамовым электродом и разрезаемым материалом с помощью высокочастотного прибора для поджига возбуждается дуговой разряд. Дуга сжимается с помощью медного сопла. Подводимый газ (аргон, азот, водород или смесь этих газов) нагревается до высоких температур (до температур образования плазмы) и течет с высокой скоростью (рис. 5.19) [1, 2].

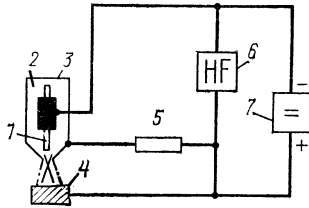


Рис. 5.19. Принцип резки [1]:  
1 — вольфрамовый электрод;  
2 — аргоно-водородная смесь;  
3 — водоохлаждаемое сопло;  
4 — заготовка; 5 — сопротивление для ограничения стартового тока дуги; 6 — высокочастотный прибор для зажигания;  
7 — источник сварочного тока

П а р а м е т р ы: скорость резки 150—2800 мм/мин; точность соблюдения размеров ±2,0 мм; плотность энергии 2·10<sup>5</sup>—2·10<sup>6</sup> Вт/см<sup>2</sup>; источник питания: источник постоянного тока с круто падающей внешней характеристикой (выпрямитель) — прямая полярность тока.

Границы применимости [3—7]

П о л о ж е н и е: горизонтальное, нижнее, горизонтальное на вертикальной поверхности.  
Д и а п а з о н р а з м е р о в: толщина материала 4—140 мм; способ экономически выгоден при толщине материала 24—80 мм.  
Г р у п п ы м а т е р и а л о в: высоколегированные стали, неметаллы, плакированные материалы, стальное литье, серый чугун.  
О б л а с т ь и с п о л ь з о в а н и я: химическое приборостроение, машиностроение, производство стальных конструкций.

Толщина материала, мм, при использовании разных установок резки плазменной струей:

РА 20, РА 20-2	До 30
РА 40	» 70
РА 100, РА 100-2	» 100

Расход газа 10—15 л/мин.  
Расстояние резака от поверхности заготовки 5 мм.  
Способ резки используется для прямолинейной и фигурной резки, для получения канавок и косых резов, глубина бороздок — около 5% от толщины деталей.  
Способ характеризуется высокой экономичностью при резке конструкционных сталей с использованием сжатого воздуха [8, 9].  
Сравнение скоростей резки на установке типа РА20-2:

Толщина s, мм	4	10	20	30
Скорость резки, м/мин:				
алюминия	6,0	4,0	1,5	0,8
конструкционной высоколегированной стали	5,0	2,5	1,0	0,4

Характеристика резки плазменной струей листовых пакетов [10]

Толщина пакета листов, мм	9,75	15,0	19,5
Скорость резки, м/мин	3,0	1,5	0,9

Сила тока 150 А, напряжение 140 В, давление воздуха 0,9 МПа, расход 28 л/мин.  
Скос поверхностей реза составляет 1—2°; отклонение размеров в листовом пакете ±1 мм; образование грата при резке незначительное; на кромках среза закалочный эффект. Способ непригоден, если предусмотрена последующая деформация материала.

Оборудование

Установки могут комбинироваться с унифицированными конструктивными узлами ZIS 650 (элементами опорных устройств, транспортными тележками и т. д.) [11, 16].  
Установки РА 20 и РА 20-2 для плазменно-дуговой резки с резаками РВ 20, РВ 20-2, РВ 20-3 для микроручековой резки («Mansfeld»):

Толщина материала, мм	5—30
Скорость резки, м/мин	0,25—2,80
Ширина реза, мм	3,0
Давление, МПа	
воды	0,2
аргона	0,8
водорода	1,1
Мощность, кВт	20

Установки РА 100 и РА 100-2 для плазменно-дуговой резки с плазменными горелками РВ 100 и РВ 100-2:

Толщина материала, мм	15—150
Скорость резки, см/мин	20—230
Ширина реза, мм	6—10
Давление, МПа:	
воды	0,2
аргона	0,8
водорода	1,1
Мощность, кВт	100

ТАБЛИЦА 5.29

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВКИ РА 20 С РЕЗАКОМ  
ДЛЯ МИКРОЛУЧЕВОЙ РЕЗКИ РВ 20

Материал	Толщина s, мм	Скорость резки, см/мин	Мощность, кВт	Материал	Толщина s, мм	Скорость резки, см/мин	Мощность, кВт
Коррозионно-окалиностойкие хромоникелевые и хромоалюминиевые стали	15	160	73	Конструкционная сталь	15	70—230	50—100
	20	100	70		20	180	100
	30	160	70		30	124	100
	80	40	100		40	70	80
					65	40	85
Алюминий	50	130	100	100	30	90	
Сплавы алюминия	80	130	132	120	20	128	
Цветные металлы	60	30	90	145	20	128	

Примечание. Ширина реза 6—10 мм. Расход режущего газа: аргона 3,5, водорода 2,0 м³/ч.

Установка РА 40 для плазменно-дуговой резки с резаками РВ 40 и РВ 40Н для микролучевой резки:

Толщина материала, мм	6—70
Скорость резки, см/мин	20—700
Ширина реза, мм	4
Давление, МПа:	
воды	0,2
аргона	0,8
воздуха	0,8
Мощность, кВт	40
Ток дуги, А	160; 240

Установка WSH III M для плазменно-дуговой резки с плазменной головкой ZIS 400 и источниками питания (для сварки неплавящимся электродом в инертном защитном газе, точечной сварки; приварки болтов) KW 510 VC, KV 700 VC, KW 1000, а также с плазменной головкой ZIS 808 и источником питания ZIS 814.

Мощность плазменной горелки, кВт	50 и 60
Скорость резки, см/мин	60 и 20—500
Ширина реза, мм	1,9—4,3 и 4—40

Технологические параметры установок для плазменно-дуговой резки:

	РА 20	РА 40	РА 100
Диапазон резки, мм	≤30 (50)	6—70	30—100 (145)
Мощность, кВт	≤20	≤40	≤100 (120)
Горелки	РВ20	РВ40	РВ100
Диаметр, мм	51	—	61
Длина, мм	235	—	240
Диаметр сопла, мм:			
а) прямая эксплуатация	1,0	—	3 и 4,5
б) косвенная эксплуатация	0,65	—	—
Максимальная плотность энергии, Вт/см²	1,9·10⁶	—	0,6·10⁶
Расход охлаждающей воды, л/мин	3	—	15
Расход газа:			
аргон, м³/ч (л/мин)	0,7	1,4	3,5
водород, м³/ч (л/мин)	0,5 (8,3)	1,1	2,0 (33)

Максимальная ширина реза, мм:

а) прямая резка	3,0	40	6—10
б) косвенная резка	1,0	—	—
Мощность питания, кВА	40	70	130
Напряжение питания, В	380/500; 3×50 Гц	380/600	380/500 3×50 Гц
Ток питания, А	58/44	125	200/152
Предохранитель питающей сети, мм²	Сu 4×10 Al 4×16	4×25	4×50 4×70

Ориентировочные параметры установки РА 20, РА 40 и РА 100 — см. табл. 5.29, 5.30 и 5.31 соответственно.

Выбор основных и присадочных материалов, термическая обработка.

ТАБЛИЦА 5.30

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВКИ РА 40 С РЕЗАКОМ  
ДЛЯ МИКРОЛУЧЕВОЙ РЕЗКИ РВ 40 (СИЛА ТОКА ДУГИ 240 А)

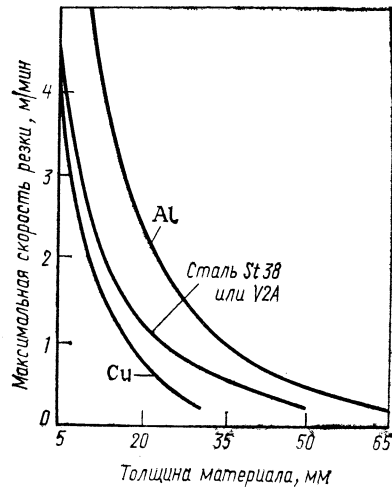
Материал	Толщина s, мм	Интервал скорости реза v <sub>с</sub> , см/мин	Ширина реза d, мм	Материал	Толщина s, мм	Интервал скорости реза v <sub>с</sub> , см/мин	Ширина реза d, мм
Хромоникелевая сталь	6	650	2	Медь	6	650	2
	10	330	3		10	330	3
	20	160	3		30	120	3
	40	60	4		40	—	—
Конструкционная сталь	6	600	2	Алюминий	10	700	3
	10	320	3		20	320	4
	20	130	4		40	10	5
	40	50	4		60	80	5
60	40	4					

ТАБЛИЦА 5.31

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВКИ РА 100  
С ПЛАЗМЕННОЙ ГОРЕЛКОЙ РВ 100

Материал	Толщина s, мм	Интервал скорости реза v, см/мин	Материал	Толщина s, мм	Интервал скорости реза v, см/мин
Коррозионные и окалиностойкие хромоникелевые и хромоалюминиевые стали	5	75—280	Латунь	6	65—220
	8	64—170		8	36—60
	10	52—120		12	25—44
	15	44—100		20	25—44
	20	35—70		4	280
	30	25—50		8	60
Алюминий, сплавы алюминия	37	3	Медь	12	25
	6	120—540		5	80—280
	8,5	84—280		10	60—140
	12	60—200		15	56—95
	20	40—100		20	38—74
	25	30—90		25	28—30
			30	28—42	

Примечание. Ширина реза b = 3,0 мм; мощность P = 17 кВт; расход аргона 0,7 м³/ч; расход водорода 0,5 м³/ч.



Выбор материалов не требуется, термическая обработка не производится.

### Технология резки

Ориентировочная величина скорости резки в зависимости от толщины листа приведена на рис. 5.20.

Вариант данного способа резки (микроручевая резка) используется при производстве мелких деталей.

Техника безопасности и инструкция по охране труда АВАО 615/1 следует соблюдать предписание комиссии по охране труда МАК [12].

Необходим отсос отходящих газов.

Рис. 5.20. Зависимость скорости резки от толщины материала. Установка для резки плазменной струей РА 20; резаки для микроручевой резки РВ 20-3; газ: аргон/водород

## 5.2.2. ВОЗДУШНО-ДУГОВАЯ РЕЗКА

### Принцип резки

Воздушно-дуговая резка является вариантом плазменно-дуговой резки (рис. 5.2.1), в которой сжатый воздух применяется в качестве рабочего газа. Воздушная плазма используется преимущественно для резки конструкционной стали при толщине материала до 30 мм (см. рис. 5.19).

### Границы применимости

Положение: горизонтальное, нижнее, горизонтальное на вертикальной поверхности.

Диапазон размеров: материал толщиной 4—50 мм (способ экономически выгоден при толщине 4—25 мм).

Группы материалов: углеродистые и легированные стали, преимущественно сталь марок St38, St42.

Область использования: производство стальных конструкций, судостроение, металлообрабатывающая промышленность.

Диапазон параметров: скорость резки 200—5000 мм/мин, точность соблюдения размеров от  $\pm 2,0$  мм; плотность энергии  $10^6$  Вт/см<sup>2</sup>.

Данный способ имеет следующие преимущества:

а) в 1,3—4 раза более высокая скорость резки по сравнению с огневой резкой; в 1,2 раза более высокая скорость резки по сравнению с резкой аргоно-водородной плазмой;

б) стойкость вольфрамового электрода дает экономический эффект лишь при мощности < 60 кВт; в 1,5—6,5 раз более низкие затраты на резку (конструкционная сталь при толщине материала  $s = 6 \div 30$  мм) по сравнению с резкой аргоно-водородной плазмой (мощность 50 кВт);

в) износ сопла при воздушно-дуговой резке на 50 % меньше, чем при резке аргоно-водородной плазмой.

Преимущественно используются циркониевые электроды, их стойкость при 50 % ПВ составляет 3 смены; необходимо интенсивное охлаждение (медный электродержатель, охлаждение водой).

Деформация стального листа после резки меньше, чем при кислородной резке.

### Оборудование

См. 5.2.1. Плазменная установка РА 20; плазменная горелка РВ 20-3 или ZIS 808, направляющая горелка комбинируется с машинами кислородной резки.

ТАБЛИЦА 8.8

### ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВОЗДУШНО-ДУГОВОЙ РЕЗКИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ [15]

#### А. Скорость прямой резки

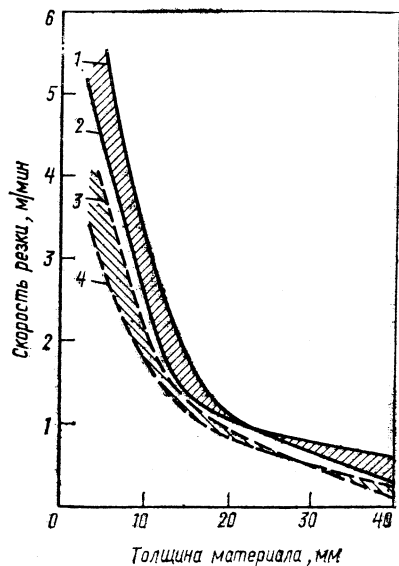
Толщина материала, мм	Скорость резки, см/мин	Мощность, кВт	Толщина материала, мм		Наклон горелки к нормали, град	Скорость резки, см/мин
			12	20		
4	450	16	12	20	30	100
6	250	17	12	20	45	80
8	180	18	16	20	30	80
10	160	18	16	20	40	60
12	120	18	20	20	35	60
16	90	18	20	20	45	50
20	70	20	20	20	45	50

#### Б. Скорость косой резки

Сопло сжатого воздуха	Расход воздуха V <sub>л</sub> , л/мин	Толщина листа s, мм	Скорость резки, см/мин		Ширина реза t <sub>0</sub> , мм, при		Примерный след бороздок l, мм, при		Напряжение V <sub>B</sub> , при		Наличие шлака на нижней кромке реза при	
			v <sub>max</sub>	по кривой v <sub>Kurv</sub>	v <sub>max</sub>	v <sub>Kurv</sub>	v <sub>max</sub>	v <sub>Kurv</sub>	v <sub>max</sub>	v <sub>Kurv</sub>	v <sub>max</sub>	v <sub>Kurv</sub>
1,4	30	10	330	260	2,5	2,0	5	160	160	Мало	Нет	
		16	210	90	2,8	2,1	7	165	170	»	»	
		25	65	35	4,0	3,5	7	175	185	»	»	
2,0	43	10	310	200	2,9	1,8	5	175	180	»	»	
		16	185	85	3,5	3,3	7	180	185	»	»	
		25	60	35	4,2	4,4	7	185	200	»	»	
3,0	55	10	280	150	3,6	3,9	5	175	175	»	»	
		16	170	60	4,3	2,6	7	170	180	Много	»	
		25	50	25	4,6	2,8	7	180	190	»	Мало	

#### В. Ориентировочные параметры воздушно-дуговой резки конструкционных сталей [15] \*

\* Сила тока 150 А; давление сжатого воздуха 1,0 МПа.



Плазменная установка РА 100-2, плазменная горелка РВ 100-2.

*Выбор основных и присадочных материалов, термическая обработка*

Выбор материалов не требуется, термическая обработка не производится.

*Технология резки*

Сравнение скоростей резки приведено на рис. 5.21.

Качество реза более высокое по сравнению с качеством реза при использовании аргоно-водородной

Рис. 5.21. Сравнение скоростей резки при вариантах резки плазменной струей конструкционных сталей с использованием установки РА 20 и резака РВ 20-3. Конструкционная сталь:

1 — максимальное количество воздуха; 2 — максимальное количество аргоно-водородной смеси; 3 — оптимальное количество воздуха; 4 — оптимальное количество аргоно-водородной смеси

плазмы при обработке конструкционных сталей. Ориентировочная величина скорости резки конструкционных сталей указана в табл. 5.32.

Техника безопасности: инструкция по охране труда. Следует соблюдать соответствующие предписания. Необходимо предусмотреть отсос газа!

### 5.2.3. СКОРОСТНАЯ ПЛАЗМЕННАЯ РЕЗКА

*Принцип резки*

Скоростная плазменная резка представляет собой вариант плазменно-дуговой резки, при котором плазменная горелка наклонена к направлению резки. Этот вариант специально разработан для резки труб (рис. 5.22).

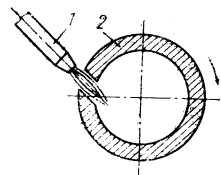


Рис. 5.22. Принцип резки: 1 — резак для микролучевой резки РВ100; 2 — заготовка

*Границы применимости*

Положение: горизонтальное на вертикальной поверхности.

Диапазон размеров: трубы с толщиной стенки до 10 мм.

Группы материалов: трубы из легированных сталей и неметаллов.

Область использования: строительство трубопроводов.

Параметры: горелки расположены не радиально, а по касательной к направлению резки.

Скорость резки 280—450 см/мин. Интенсификация скорости резки благодаря предварительно нагреваемому фронту резки при предшествующем плавлении материала и увеличению площади действия плазменной дуги.

*Оборудование*

См. 5.2.1. Дополнительно используется устройство для вращения труб.

*Выбор основного и присадочного материала, термическая обработка*

Выбор материала не требуется, термическая обработка не производится.

*Технология резки*

См. 5.2.1.

Техника безопасности: инструкция по охране труда АВАО 615/1. Следует соблюдать соответствующие мероприятия! Требуется отсос отходящих газов!

### 5.2.4. КИСЛОРОДНО-ДУГОВАЯ РЕЗКА

*Принцип работы*

Между покрытым полым электродом и разрезаемым изделием возбуждается дуга и сразу после этого через полый электрод к месту реза подается струя кислорода (рис. 5.23).

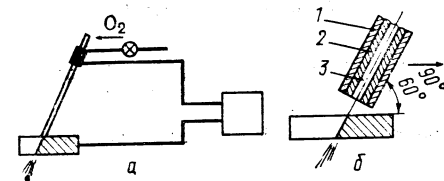


Рис. 5.23. Принцип резки: а — установка; б — электрод (1 — покрытые электрода; 2 — стальная труба; 3 — канал для кислорода)

*Границы применимости*

Положение: все пространственные положения.

Диапазон размеров: толщина материала 5—100 мм.

Группы материалов: углеродистые и легированные стали, неметаллы, серый чугун.

Параметры: для резки листов, выполнения отверстий, удаления заклепок и вырезки пазов при прямолинейной и косой резке. Сила тока 150—300 А, давление кислорода 0,5—0,8 МПа, расход кислорода 44—1600 л/м, подвод кислорода через регулировочный клапан.

Полый электрод: внутренний диаметр 1—3,5 мм, внешний диаметр 5—8 мм.

*Оборудование*

Полые электроды (импортное производство); специальные электрододержатели и оснастка (электрододержатели, регулировочные клапаны для кислорода).

Источники питания: любого типа.

*Выбор основного и присадочного материала, термическая обработка*

Выбор материалов не требуется, термическая обработка не производится.

*Технология резки*

Ориентировочные параметры кислородно-дуговой резки — см. табл. 5.33.

ТАБЛИЦА 5.34

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ (ЛАЗЕР НА CO<sub>2</sub>)

Материал	Исходная мощность						
	200 Вт				850 Вт *		
	толщина s, мм	скорость v <sub>с</sub> , см/мин	ширина b, мм	режущий газ	толщина s, мм	скорость v <sub>с</sub> , см/мин	режущий газ
Углеродистая сталь	1	300	0,1	O <sub>2</sub>	—	—	—
	3	60	0,2	O <sub>2</sub>	2,2	175	O <sub>2</sub>
Нержавеющая сталь	—	—	—	—	5	37	O <sub>2</sub>
	—	—	—	—	5	75	O <sub>2</sub>
	—	—	—	—	3	75	O <sub>2</sub>
Сплавы титана	1	150	0,1	O <sub>2</sub>	—	—	—
	2	1 800	0,2	O <sub>2</sub>	—	—	—
	10	280	1,5	O <sub>2</sub>	5	330	O <sub>2</sub>
	40	50	3,5	O <sub>2</sub>	—	—	—
Плексиглас	3	450	0,4	N <sub>2</sub>	—	—	—
	10	80	0,7	N <sub>2</sub>	32	30	Ar
Дерево	—	—	—	—	5	360	Ar
	18	20	0,7	N <sub>2</sub>	14	150	Ar
Керамика	—	—	—	—	6,5	65	Ar
Твердый поливинилхлорид	7	120	0,5	N <sub>2</sub>	—	—	—
Полистирол	3,2	420	0,4	N <sub>2</sub>	—	—	—
Полиэфир для ковров	10	260	0,5	N <sub>2</sub>	—	—	—
Нейлон	0,1	20 000	0,1	N <sub>2</sub>	—	—	—
Хлопчатобумажная ткань, многослойная	15	90	0,5	N <sub>2</sub>	—	—	—
Нейлон	0,75	500	—	O <sub>2</sub>	—	—	—
Кварцевое стекло	2	60	0,2	O <sub>2</sub>	—	—	—
Ткань	3,2	63	—	O <sub>2</sub>	—	—	—
Асбоцемент	6,3	25	—	O <sub>2</sub>	—	—	—

\* Диаметр фокусного пятна 0,3 мм, 70 % мощности на заготовку.

## Оборудование

Главный лазер на CO<sub>2</sub>.

Выбор основных и присадочных материалов, термическая обработка

Выбор материалов не требуется, термическая обработка не производится.

## Технология резки

Ориентировочные параметры — см. табл. 5.34.

ТАБЛИЦА 5.33

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КИСЛОРОДНО-ДУГОВОЙ РЕЗКИ

Диаметр электродов, мм	Толщина листа, мм	Сила тока, А	Давление кислорода, МПа	Расход кислорода, л/м
5,0	5	150	0,5—0,6	44
	8	170		72
	10	160		60
5,5	15	180	0,5—0,6	85
	20	200		115
	25	180		205
6,0	30	180	0,5—0,6	250
	40	200		340
	40	250—300		320
6,5	40	250—300	0,5—0,6	430
	50			500
	60			625
	65			700
	70			750
7,0	50	250—300	0,5—0,6	550
	60			625
	70			750
8,0	80	250—300	0,7—0,8	900
	80			1100
	90			1350
	90			1350
	100			1600

## 5.2.5. ЛАЗЕРНАЯ РЕЗКА

## Принцип резки

Лазерная резка представляет собой новый процесс, при котором световой луч высокой исходной мощности используется для термической резки разнообразных материалов. Для резки подходит газовый лазер на CO<sub>2</sub>, см. рис. 5.24 [17, 18].

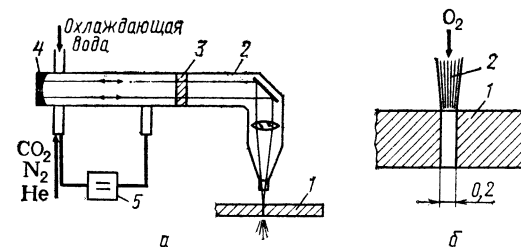


Рис. 5.24. Принцип резки:

а — установка; б — лазерная резка; 1 — заготовка; 2 — лазер CO<sub>2</sub>; 3 — полупроницаемое зеркало; 4 — зеркало; 5 — источник постоянного тока 1,5 кВт, 200 мА

## Границы применимости

Положение: все пространственные положения.

Диапазон размеров: зависит от материала (табл. 5.33).

Группы материалов: сталь, стекло, пластмассы, дерево, керамика, кожа, текстильные материалы.

Область использования: металлообрабатывающая промышленность.

Параметры: исходная мощность 200 Вт, длина волны 10,6 мкм, диаметр нефокусированного луча 15 мм, разрядная трубка 2×2 м; рабочее тело: поток смеси CO<sub>2</sub>, водорода и гелия; охлаждение водой; плотность энергии 10<sup>9</sup> Вт/см<sup>2</sup>.

Скорость резки 30—1000 см/мин (зависит от материала).

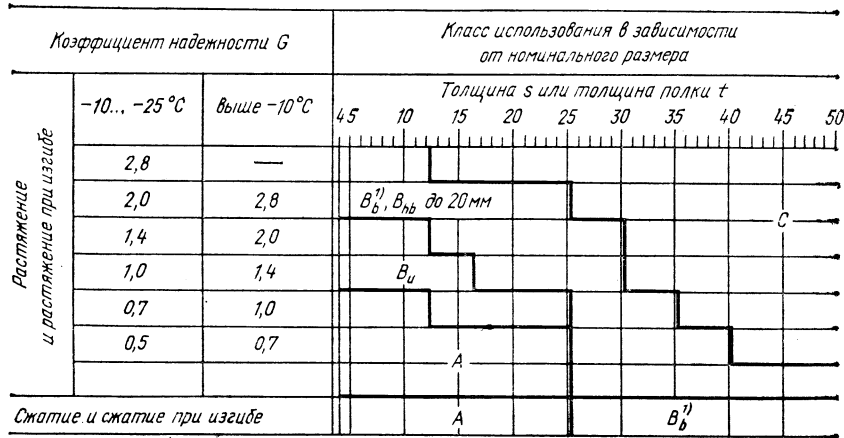
# МАТЕРИАЛЫ

## 6.1. ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ ПО TGL 12910

По стандарту выбирают материалы для конструкций из обычных конструкционных сталей (выпущен в июне 1978 г.) для толщин  $\geq 4$  мм.

При правильном выборе марки стали обеспечивается экономическое использование ее при надежной гарантии отсутствия хрупкого разрушения.

Если конструкции с заклепками или с болтами не подвергают сварке, то в общем случае применяют стали группы качества 1. При температурах эксплуатации ниже  $-25^\circ\text{C}$ , а также при ударной нагрузке следует выбирать как минимум нераскисленные стали группы качества 2.



<sup>1)</sup> CS+3CrS применяется только до толщин 30 мм

Рис. 6.1. Сварка плавлением деталей для температур эксплуатации около  $-25^\circ\text{C}$

Выбор стали по группам качества и типу разливки для сварных конструкций следует проводить отдельно для растягивающих и сжимающих нагрузок по рис. 6.1 или 6.2. Для чистого сдвига действительны параметры растягивающей нагрузки с конструктивным фактором  $K = 1,0$ . Стыковые швы на деталях из нераскисленной стали допустимы только до толщины листа 12 мм включительно. Выбор стали для холоднотемпературных элементов конструкций производится по рис. 6.3.

Для подверженных растягивающим нагрузкам деталей следует определить коэффициент надежности  $G : G = KSB$ .

Результат следует округлить до 2,8; 2,0; 1,4; 0,7 или 0,5. С помощью  $G$  по рис. 6.1 определяют используемую марку стали с учетом самой низкой температуры и толщины листа (при сортовом прокате учитывают среднюю толщину полки или фланца). Соответствие сталей классу применения приведено в табл. 6.1.

Фактор дефектности S:

$S = 0,5$  для второстепенных элементов конструкций;

$S = 0,7$  для элементов конструкций, которые важны для состояния конструкции;

$S = 1,0$  для элементов конструкций, которые важны для состояния, определяющего функциональную способность несущей конструкции в целом или для ее основных деталей.

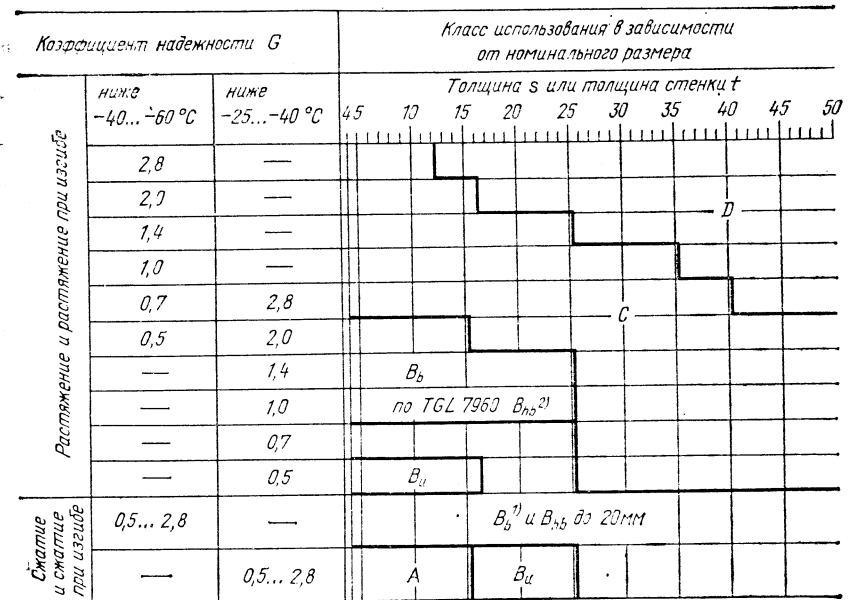
Фактор нагрузки B:

$B = 1,0$  для деталей без ударной или импульсной нагрузки;

$B = 1,4$  для деталей с ударной или импульсной нагрузкой.

Критерий:  $d\sigma/dt > 5000$  МПа/с.

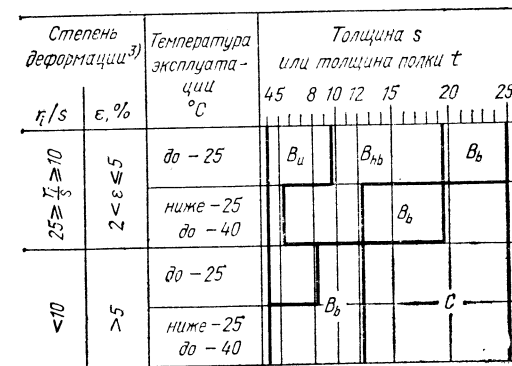
Конструктивный фактор K — см. табл. 6.2.



<sup>1)</sup> См. рис. 6.1

<sup>2)</sup>  $B_{hb}$  до 12 мм по ГОСТ 380-71 для температур от  $-25^\circ\text{C}$  до  $-40^\circ\text{C}$

Рис. 6.2. Сварка плавлением деталей для температур эксплуатации ниже  $-25^\circ\text{C}$



<sup>2)</sup>  $r_f$  — внутренний радиус;  $\epsilon = (\Delta l/l) \cdot 100$  (в процентах)

Рис. 6.3. Холодная деформация

ТАБЛИЦА 6.1

СТАЛИ И СООТВЕТСТВУЮЩИЕ КЛАССЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Класс применения по рис. 6.1, 6.2	Марки сталей	Примечание
A	Толстый лист из сталей группы качества 2, необработан: St38, St42 по TGL 7960; St35-1, St45-1 по TGL 9413/01	Для сталей по TGL 7960, TGL 28192 и ГОСТ 380—71 с толщиной более 40 мм необходимо согласовывать значения ударной вязкости
B	Кипящие стали группы качества 2 типа St38, St42 по TGL 7960 *, ССт3кп и ССт4кп категории 3 по ГОСТ 380—71	
B	Полуспокойные стали группы качества 2 по TGL 7960 * типа St38, St35hb-2 по TGL 9413/01; ССт3пс, ССт4пс категории 3 по ГОСТ 380—71	
B	Спокойные стали группы качества 2 типа St38, St42 по TGL 7960 *; St35b-2, St45-2 по TGL 9413/01; H 45-2 по TGL 22426, KT 45-2 по TGL 28192, ССт3сп, ССт3Гсп, ССт4сп категории 3 по ГОСТ 380—71	То же для сталей по TGL 7960 и 28192 с толщинами более 40 мм и для стали 09Г2 с толщиной более 32 мм
C	Стали группы качества 3 по TGL 7960, H 45-3, HS 52-3 по TGL 22426, KT 45-3 по TGL 28192, 09Г2, 16ГС, 09Г2С, 10Г2С1, 10ХСНД категории 6 по ГОСТ 19282—73; St35-3, St45-3 по TGL 9413/01 HS 52-3, H 55-3, HB 60-3, H 60-3, HS 60-3 по TGL 22426; СК15А1 по TGL 13871, 16ГС, 09Г2С, 10Г2С1, 10ХСНД категории 8 по ГОСТ 19282—73	

\* Толстый лист необходимо заказывать в состоянии поставки (нормализован).

## КОНСТРУКТИВНЫЙ ФАКТОР

ТАБЛИЦА 6.2

К	Пример
1,0	Простейшие сварные конструкции без сквозных стыковых швов, сварные полые сечения со сквозными угловыми швами (также из проката), но без продольных полос и без продольных или поперечных стыковых швов; детали и конструкции без значительных напряжений
1,4	Конструкции со сквозными стыковыми швами (также и К-швы); сварные балки, например швеллеры, сварные прутковые конструкции с продольными полосами, поперечными или продольными стыковыми швами; все другие конструкции с резкими переходами
2,0	Сварные конструкции со значительными двусосными напряжениями от внешних приложенных сил; конструкции с пересекающимися швами, когда оба шва являются источником высоких продольных и поперечных внутренних напряжений; сложные конструкции со скоплениями сварных швов

## 6.2. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

ТАБЛИЦА 6.3

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СТАНДАРТНЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ПО TGL 7960

Марка стали	C	Si	Mn	P		S	
				не более		не более	
<i>Группа качества 1</i>							
St33				Не регламентируется		Не регламентируется	
St34	≤ 0,15			Не регламентируется	Не регламентируется	0,080	0,080
St38	≤ 0,20						
St42	≤ 0,24						
St50	~ 0,32						
St60	~ 0,44						
St70	~ 0,55						
St38S	≤ 0,20			≥ 0,30		0,060	0,060
<i>Группа качества 2</i>							
St34u-2	0,09—0,15			Следы	0,25—0,50		
St34b-2	0,09—0,15	0,17—0,37		0,30—0,50			
St38u-2	0,12—0,20			Следы	0,30—0,60		
St38b-2	0,12—0,20	0,17—0,37		0,40—0,65			
St42u-2	0,17—0,24			Следы	0,40—0,70	0,050	0,055
St42b-2	0,17—0,24	0,17—0,37		0,45—0,70			
St50-2	0,28—0,37	0,17—0,37		0,50—0,80			
St60-2	0,38—0,49						
St70-2	0,50—0,62						
St34hb-2	0,09—0,15			≥ 0,30			
St38hb-2	0,12—0,20	≤ 0,17		≥ 0,40		0,050	0,055
St42hb-2	0,17—0,24			≥ 0,45			
<i>Группа качества 3</i>							
St34-3	0,09—0,15			0,30—0,50			
St38-3	0,12—0,18	0,12—0,30		0,40—0,65		0,045	0,065
St42-3	0,15—0,22			0,45—0,70			
H52-3	0,14—0,20	0,40—0,55	1,20—1,50			0,040	0,040

ТАБЛИЦА 6.4

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАЛЕЙ ПО TGL 7960

Марка стали	$\sigma_T$ (толщина стенки до 20 мм) МПа	$\sigma_B$ не менее МПа	$\delta_5$ , % не менее	Примеры использования
<i>Группа качества 1</i>				
St33	—	330	22	Только для второстепенных деталей, таких, как перила, защитные плиты, прокладки, промежуточные кольца, ролики рулевой передачи и т. д.; для сварных конструкций сталь St33 не подходит
St38	240	380—470	25	Аналогично стали St33 подходит для сварных конструкций с низкой статической нагрузкой при толщине до 12 мм, а также для конструкций с заклепками и болтами
St42	260	420—520	23	—
St50	300	500—620	19	—



Продолжение табл. 6.4

Марка стали	$\sigma_T$ (толщина стенки до 20 мм) МПа	$\sigma_B$ , не менее МПа	$\delta_5$ , % не менее	Примеры использования
St60	340	600—720	14	—
St70	370	700—850	10	
St38S	240	300—470	25	
<i>Группа качества 2</i>				
St34u-2	220	340—420	30	Конструкция с заклепками и болтами; статически нагруженные стальные конструкции
St38u-2	240	380—470	25	Детали, получаемые методом холодной деформации, например ободы
St38hb-2	240	380—470	25	
St38-2	240	380—470	25	
Si42u-2	260	420—520	23	
St42hb-2	260	420—520	23	
St42b-2	260	420—520	23	
St50-2	300	500—620	19	
В определенных условиях для сварных конструкций; детали с высокими требованиями к прочности и детали машин, например валы с низкой нагрузкой, когда не нужно опасаться износа; оси и цилиндрические колеса, работающие при низких нагрузках				
St60-2	340	600—720	14	Детали, которые из-за износа должны иметь определенную твердость, например штоки поршней и шиберов, рычаги управления, болты, винты специального назначения, кольца с резьбой, зубчатые колеса с невысокой нагрузкой; детали с повышенными требованиями к прочности, например сильно нагруженные валы, валы с уступами, валы насосов, кривошипы, шпиндели, фасонки жесткости и т. д.
St70-2	370	700—850	10	Детали с высоким поверхностным усилием, например установочные штифты, клинья, шестерни, шнеки, пресшпиндели и т. д.
St38-3	240	380—470	25	Незакаленные изнашиваемые детали
St42-3	260	420—520	23	
<i>Группа качества 3</i>				
H52-3	360	520—620	22	Сварные конструкции, подвергаемые высоким динамическим нагрузкам при низкой температуре эксплуатации
Сварные детали высокой прочности; достигается значительная экономия деталей в конструкциях при повышении на 50 % допустимого напряжения по сравнению со сталью St38b-2				

ТАБЛИЦА 6.5

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, %, КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ (ТБВ 22426)

Марка стали	C	Si	Mn	P		S		Al не менее	N	Другие элементы	$C_{\Delta}$ max
				не более	не более						
Н 45-2	0,14—0,20	0,30—0,50	0,70—1,05	0,050	0,045	—	—	—	0,010	—	0,40
Н 52-3	0,14—0,20	0,30—0,50	0,70—1,05	0,040	0,040	0,020	0,008	0,020	0,008	—	0,40
Н 52-3	0,14—0,20	0,40—0,55	1,20—1,50	0,040	0,040	0,020	0,008	0,020	0,008	—	0,47
HS 52-3	0,10—0,15	0,35—0,50	1,20—1,50	0,040	0,040	0,010	0,08—0,016	0,010	0,010	0,05—0,16 V	0,43
Н 55-3	0,11—0,16	0,40—0,60	1,25—1,55	0,040	0,040	*2	0,010—0,018	*2	0,010	0,18—0,16 V	0,44
НВ 60-3	0,15—0,20	0,40—0,60	1,35—1,65	0,040	0,040	*2	0,012—0,020	*2	0,012	0,12—0,25 Ti	0,50
Н 60-3	0,13—0,20	0,40—0,60	1,35—1,65	0,040	0,040	*2	0,012—0,020	*2	0,012	0,10—0,18 V	0,51
HS 60-3	0,13—0,18	0,40—0,60	1,35—1,65	0,040	0,040	*2	0,012—0,020	*2	0,012	0,10—0,16 V	0,46

\* Максимальный углеродный эквивалент по Кихара. \*2 Сталь раскислена алюминием.

ТАБЛИЦА 6.6

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ (ТБВ 22426)

Марка стали	$\sigma_T$ , МПа, для номинальных размеров, мм		$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , % не менее	$\sigma_H$ , Н·м/мм <sup>2</sup> , не менее			
	старая	≤16			в состоянии поставки			
					вдоль	поперек		
Н 45-2	St30/45	300	280	22	0,8	0,5	—	—
Н 45-3	St 30/45A1	300	280	22	0,9	0,5	0,4	0,3
Н 52-3	St52-3	360	340	22	0,8	0,5	0,4	0,3
HS 52-3	St52-3S	360	340	22	0,9	0,5	0,5	0,35
Н 55-3	St40/55S	400	380	20	0,7	0,5	0,45	0,3
НВ 60-3	St45/60B	450	430	20	0,8	0,5	0,4	0,3
Н 60-3	St45/60C	450	430	20	0,7	0,5	0,4	0,3
HS 60-3	St45/60CS	450	430	20	0,7	0,5	0,4	0,3

ТАБЛИЦА 6.7  
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ (%) И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ (TGL 28192)

Марка стали	C	Si	Mn	P	$\sigma_T$ , МПа для номинальных размеров, мм		$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	
					≤ 16	16—30		вдоль	поперек
КТ 45-2	≤ 0,12	0,25—0,5	0,3—0,6	0,05—0,09	300	290	450—600	22	20
КТ 45-3	≤ 0,12	0,25—0,5	0,3—0,6	0,05—0,09	300	290	450—600	22	20
КТ 50-2	0,08—0,12	0,3—0,6	0,4—0,6	0,08—0,13	350	—	500—650	22	20
КТ 52-3	≤ 0,12	0,25—0,5	*	0,05—0,09	360	350	520—620	22	20

\* По согласованию с потребителем.

ТАБЛИЦА 6.8  
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, %, КОТЕЛЬНЫХ СТАЛЕЙ (TGL 14507) \*

Марка стали	C	Si	Mn	S	Mo
Мб13	0,09—0,16	0,15—0,35	0,40—0,65	—	—
Мб16	0,12—0,20	0,15—0,35	0,40—0,70	—	—
Мб19	0,14—0,20	0,15—0,35	0,55—0,80	—	—
17Mn4	0,14—0,20	0,25—0,50	0,90—1,20	—	—
19Mn5	0,17—0,23	0,40—0,60	1,00—1,30	—	—
15Mo3	0,12—0,20	0,17—0,37	0,50—0,80	—	0,25—0,35
13CrMo4.4	0,10—0,18	0,17—0,37	0,40—0,70	0,10—1,00	0,40—0,50
10CrMo9.10	0,07—0,15	0,20—0,40	0,40—0,70	2,00—2,50	0,90—1,10

\* Содержание фосфора — не более 0,40 %.

ТАБЛИЦА 6.9  
ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА КОТЕЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Марка стали	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , Н/мм <sup>2</sup> , не менее, при температуре, °С					$\delta_5$ , % не менее	$\sigma_{H'}$ , М/см <sup>2</sup>	
		20	200	300	400	500		нормализация	старение
Мб13	350—440	220	180	140	100	—	24	80	40
Мб16	410—500	250	210	160	120	—	22	70	35
Мб19	440—530	270	230	180	140	—	20	60	30
17Mn4	470—560	280	250	210	160	—	1000/ $\sigma_B$	50	30
19Mn5	520—620	320	270	230	180	—	1000/ $\sigma_B$	50	30
15Mo3	440—530	260	250	200	170	140	1000/ $\sigma_B$	60	—
13CrMo4.4	440—560	280	270	250	210	165	1000/ $\sigma_B$	60	—
10CrMo9.10	460—600	250	230	220	200	175	1000/ $\sigma_B$	60	—

ТАБЛИЦА 6.10  
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ \*, %, СТАЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОГО ДАВЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ (TGL 6918)

Марка	Обозначение	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Область применения
13CrMo9.10	—	0,07—0,15	0,2—0,5	0,4—0,7	2,0—2,5	0,9—1,1	—	—	—	Трубы для среднего давления; < 550 °С, < 5 МПа
13CrMo5.4	—	0,10—0,18	0,2—0,4	0,4—0,7	0,9—1,2	0,4—0,5	—	—	—	Трубы для дегадратационных установок; < 550 °С, < 6 МПа
10Cr11	N5B	0,8—0,12	0,2—0,4	0,3—0,5	2,7—3,0	—	—	0,5—0,12	—	Высоконапорные емкости, специальные вставки, трубы; < 450 °С, < 32,5 МПа
16Cr9	N1K	0,12—0,20	0,2—0,4	0,3—0,5	2,2—2,5	—	—	0,5—0,12	—	Центральные трубы для намоточных емкостей; < 375 °С, < 32,5 МПа
16CrMo9.3	N1W	0,12—0,20	0,2—0,4	0,3—0,5	2,2—2,5	0,3—0,4	—	—	—	Наконечники для центральных труб; < 275 °С, < 32,5 МПа
20CrMo9	N1	0,16—0,24	0,2—0,4	0,3—0,5	2,2—2,5	0,25—0,35	0,5—0,8	—	—	Сводные высоконапорные емкости и крышки к ним; < 300 °С
24CrMo9	N1N	0,20—0,28	0,2—0,4	0,5—0,8	2,2—2,5	0,2—0,3	0,5—0,8	—	—	Кованые высоконапорные емкости; < 350 °С, < 32,5 МПа
17CrMoV10	N8N2	0,15—0,20	0,2—0,4	0,3—0,5	2,5—2,8	0,2—0,3	—	0,1—0,2	—	Высоконапорные трубопроводы и фасонные детали; < 180 °С, < 32,5 МПа
17CrMoW11	N8	0,15—0,20	0,2—0,4	0,3—0,5	2,7—3,0	0,5—0,6	—	0,5—0,12	0,5—0,65	То же
12CrV-MoW11	N10	0,18—0,25	0,2—0,4	0,3—0,5	2,7—3,0	0,35—0,45	—	0,75—0,85	0,3—0,45	Высоконапорные трубопроводы и фасонные детали; < 520 °С, < 32,5 МПа
20CrMo13.5	9	0,17—0,24	0,2—0,4	0,3—0,5	3,0—3,5	0,5—0,6	—	0,45—0,55	—	Трубы для нефтепереработки и гидратационных установок
12CrMo20	6	0,8—0,15	0,3—0,5	0,3—0,6	4,5—5,5	0,45—0,55	—	—	—	То же

\* Содержание фосфора и серы не должно превышать 0,035 % каждого, а в стали 10CrMo9.10 0,040 %.

ТЕРМООБРАБОТКА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА (МПа) СТАЛЕЙ,  
РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОГО ДАВЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ (ГОСТ 918)

ТАБЛИЦА 6.11

Марка стали	Режим улучшения	$\sigma_B$ , не менее	$\sigma_T$ , не менее, при температуре, °С					
			20	300	350	400	425	450
10CrMo9.10	920—950 °С, воздух или масло 690—700 °С, воздух или печь	450	270	220	210	200	—	190
13CrMo5.4	910—940 °С, 15—30 мин, воздух или масло 690—740 °С, воздух или печь	450	300	250	230	210	—	190
10Cr11	950—1000 °С, < 50 мм, воздух, > 50 мм — масло 650—730 °С, воздух или печь	450	220	200	190	180	170	—
16Cr9	920—970 °С, < 50 мм — воздух > 50 мм — масло	500	300	240	200	180	—	—
16CrMo9.3	650—730 °С, воздух или печь	550	350	300	260	230	210	—
20CrMo9	920—970 °С, масло	650	450	350	320	300	280	—
24CrMo9	650—730 °С, печь	650	450	350	320	300	280	—
17CrMoV10	950—980 °С, < 50 мм — воздух, > 50 мм — масло 650—730 °С, воздух или печь	650	450	400	370	340	—	300
17CrMoV11	950—980 °С; трубы, — воздух; поковки — масло 650—750 °С, воздух или печь	650	450	400	370	340	—	300
21CrVMoW11	1020—1050 °С, трубы — воздух, поковки — масло 650—730 °С, воздух или лучше — печь	800	550	520	500	460	—	420
20CrMoV13.5	1000—1030 °С, трубы — воздух, поковки — масло 650—730 °С, воздух, печь	800	550	520	490	450	—	420
12CrMo20.5	950—1000 °С, трубы — воздух, поковки — масло 650—730 °С, воздух или печь	450	250	240	230	220	—	—

ТАБЛИЦА 6.12

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ (%) КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ И КИСЛОТОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ (ГОСТ 7143)

Марка стали	C	Si	Mn**	Cr	Mo	Ni	Ti*
X7Cr14	До 0,08	≤ 0,6	≤ 0,6	13,0—15,0	—	—	—
X10Cr13	0,09—0,15	≤ 0,6	≤ 0,6	12,0—14,0	—	≤ 0,6	—
X20Cr13	0,16—0,24	≤ 0,6	≤ 0,6	12,0—14,0	—	≤ 0,5	—
X8Cr17	≤ 0,10	≤ 0,8	≤ 1,0	16,0—18,0	—	—	—
X8CrTi17	≤ 0,10	≤ 0,8	≤ 1,0	16,0—18,0	—	—	—
X8CrMoTi17	≤ 0,10	≤ 0,8	≤ 1,0	16,0—18,0	1,5—2,5	—	> 7% С до 0,90
X20CrMo13	0,16—0,24	≤ 0,6	≤ 0,6	12,0—14,0	1,0—1,3	—	> 7% С до 0,90
X22CrNi17	0,15—0,25	≤ 0,8	≤ 0,8	16,0—18,0	—	1,0—2,5	—
X12CrNi17.7	≤ 0,15	≤ 0,8	1,0—2,0	16,0—18,0	—	7,0—8,0	—
X10CrNi18.9	≤ 0,12	≤ 0,8	1,0—2,0	17,0—19,0	—	8,0—10,0	—
X3CrNi18.10	≤ 0,04	≤ 0,8	1,0—2,0	17,0—19,0	—	9,0—11,0	—
X5CrNi18.10	≤ 0,07	≤ 0,8	1,0—2,0	17,0—19,0	—	9,0—11,0	—
X8CrNiTi18.10	≤ 0,10	≤ 0,8	1,0—2,0	17,0—19,0	—	9,0—11,0	—
X5CrNiMo18.11	≤ 0,07	≤ 0,8	1,0—2,0	16,5—18,5	2,0—2,5	10,5—12,5	—
X8CrNiMoTi8.11	≤ 0,10	≤ 0,8	1,0—2,0	16,5—18,5	2,0—2,5	10,5—12,5	> 5% С до 0,70
X10CrMnNi17.9.4	≤ 0,12	≤ 0,8	0,0—10,0	16,0—18,0	—	3,5—4,5	0,15—0,25

\* Кроме этого Р ≤ 0,04 %, S ≤ 0,03 % и Cu ≤ 0,3 % (для стали X10CrMnNi17.9.4 Р ≤ 0,05). \*\* Для аустенитных сталей с 1,0—2,0 % Мп содержание его равно 1,8—% Si.

ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ И КИСЛОСТОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ

ТАБЛИЦА 6.13

Марка стали	Твердость НВ	$\sigma_{Т}$ , МПа	$\sigma_{В}$ , МПа	$\delta_{в}$ , %	$\sigma_{Н}$ , Н·м/см <sup>2</sup>	Марка стали	Твердость НВ	$\sigma_{Т}$ , МПа	$\sigma_{В}$ , МПа	$\delta_{в}$ , %	$\sigma_{Н}$ , Н·м/см <sup>2</sup>
X7Cr14	180	—	≤65	—	—	X20CrMo13	≤245	—	—	—	—
X10Cr13	≤180	—	≤65	—	—	X22CrNi17	220—260	550	750—900	14	50
X20Cr13	170—210	450	600—750	18	100	X12CrNi17.7	225—275	600	800—900	14	40
	195—240	450	650—800	16	80	X10CrNi18.9;	170—210	350	700—900	40	150
	240—285	550	800—950	14	40	X3CrNi18.10	130—180	220	500—750	50	200
X8Cr17; X8CrTi17	≤229	—	≤82	—	—	X5CrNi18.10	130—180	200	500—700	50	200
X8CrMoTi17	130—170	300	450—600	20	—	X8CrNi18.10	130—190	250	500—750	40	150
	140—180	300	500—650	20	—	X5CrNiMo18.11	130—180	200	500—750	45	200
						X8CrNiMoTi18.11	130—190	250	500—750	40	150
						X10CrMnNi17.9.4	150—250	250	550—850	40	120

ТАБЛИЦА 6.14

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СТАЛЕЙ, ВЯЗКИХ ПРИ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ, %

Марка стали	C	Si	Mn	P		S	Cr	Ni	Прочие элементы
				не более	не более				
Ск5А1	0,12—0,18	0,10—0,22	0,40—0,65	0,035	0,035	0,035	—	—	Al
18Mn5A1	0,14—0,20	0,40—0,55	1,20—1,50	0,040	0,040	0,040	—	—	Al
25CrMo4	0,22—0,29	0,17—0,37	0,50—0,80	0,035	0,035	0,035	0,9—1,2	—	0,15—0,30 Mo
12N119	0,07—0,15	0,20—0,40	0,30—0,60	0,040	0,040	0,040	—	4,5—5,5	—
10N136	≤0,13	0,20—0,40	0,50—0,90	0,040	0,040	0,030	—	8,5—9,5	—
X40MoCr22.4	0,30—0,50	0,30—0,80	21,0—24,0	0,100	0,100	0,050	3,0—5,0	—	—
X8CrNi18.10 *	≤0,10	≤0,80	1,00—2,00	0,040	0,040	0,030	17,0—19,0	9,0—11,0	Ti > 5×% C до 0,7

\* Минимальное содержание марганца составляет 1,8 + % Si.

ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА И ТЕМПЕРАТУРА ЭКСПЛУАТАЦИИ СТАЛЕЙ, ВЯЗКИХ ПРИ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

ТАБЛИЦА 6.15

Марка стали	Термическая обработка	$\sigma_{Т}$ , МПа не менее	$\sigma_{В}$ , МПа	$\delta_{в}$ , %	$\sigma_{Н}$ , Н·м/см <sup>2</sup>		Минимальная температура эксплуатации, °С
					ψ, %	не менее	
Ск15А1	Нормализация **	240	410—500	22	40	110	—60
	Улучшение	270	450—550	21	40	140	—80
18Mn5A1	Нормализация **	350	500—650	22	—	80	—
25CrMo4	Улучшение	450	700—850	15	60	120	—80
12N119	»	400	700—750	20	55	160	—180
10N136	Гомогенизация	550	750—950	16	50	130	—180
X40MnCr22.4	Аустенитизация	280	700—900	35	30	160	—180
X8CrNi18.10	»	250	500—750	40	50	150	—200

\* На образцах по ТББ 11225 с надрезом глубиной 3 мм. \*\* Все параметры для нормализованного состояния ориентированные.

ТАБЛИЦА 6.16

ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА И СВАРИВАЕМОСТЬ АРМАТУРНЫХ СТАЛЕЙ ПО ТББ 12530/01

Маркировка	$\sigma_{В}$ , МПа		$\sigma_{Т}$ , МПа		$\delta_{в}$ , %	Склонность к сварке	Примеры использования
	не менее	не менее	не менее	не менее			
StA-0	33	22	22	22	22	Стыковая сварка оплавлением	Для деталей или прокладок втулочного назначения
StA-I	38	24	24	24	25	Стыковая сварка в углекислом газе, термитная сварка, сварка вращающейся дугой со вспомогательным электродом, газопроводная сварка	Для деталей, используемых в качестве основных и несущих элементов с высокой нагрузкой
StA-III	60	40	40	40	14	Стыковая сварка в углекислом газе, термитная сварка, сварка вращающейся дугой со вспомогательными электродами	Как сталь StA-I, но для более легких деталей

ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА И ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАЛИ ДЛЯ ЗАКЛЕПОК ПО TGL 6545

ТАБЛИЦА 6.17

Маркировка	$\sigma_B$ , МПа	Напряжение сдвига $\tau_{Sch}$ , МПа		$\delta_5$ , %	Примеры использования
		не менее			
Mn8	320—400	—	31	31	Для холодновысадочной клепки
Mn11	340—420	250—360	30	30	» горячей клепки
Mn15	380—470	280—400	28	28	» холодной и горячей клепки
MS144	440—520	360—480	26	26	» горячей клепки

ТАБЛИЦА 6.18

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СТАЛЬНОГО ЛИТЬЯ ПО TGL 14395

Марка	Содержание, %			$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\sigma_{T, H}$ , Н·м/см <sup>2</sup>	Испытание на изгиб 180°
	C	Si	Mn					
GS-40.5	0,12—0,22	0,3—0,5	0,4—0,8	400	200	25	50	D-2a
GS-45.5	0,20—0,30	0,3—0,5	0,4—0,8	450	230	22	40	D-3a
GS-50.5	0,30—0,40	0,3—0,5	0,4—0,8	500	260	20	30	D-4a
GS-60.1	0,40—0,50	0,3—0,5	0,4—0,8	600	320	15	—	

Примечание. Примеры использования: GS-45.5 — крыльчатка, канатные блоки, зубчатые колеса, траверсы, колески, направляющие планки, изложницы, крышки; GS-60.1 — баллоны, реторты, чулки, опоры, баллеры, барабаны, втулки, клапаны и др.

ТАБЛИЦА 6.19

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СТАЛЬНОГО ЛИТЬЯ ТЕПЛОСТОЙКОГО (ПО TGL 7458)

Марка	Содержание, %						$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %, не менее	$\sigma_{T, H}$ , Н·м/см <sup>2</sup> , не менее
	C	Si	Mn	Cr	Mo	V					
GS-C25	0,18—0,25	0,3—0,5	0,5—0,8	0,3	—	—	45—60	22	250	22	50
GS-22Mo4	0,18—0,25	0,3—0,5	0,5—0,8	0,3	0,35—0,45	—	45—60	22	250	22	50
GS-22CrMo5.4	0,18—0,25	0,3—0,5	0,5—0,8	0,8—1,1	0,40—0,50	—	53—70	20	300	20	40
GS-20MoV5.3	0,16—0,32	0,3—0,5	0,7—0,9	0,3	0,45—0,55	0,25—0,35	50—70	18	300	18	40
GS-20MoV8.4	0,16—0,23	0,3—0,5	0,5—0,8	0,3	0,80—0,90	0,35—0,45	60—80	15	400	15	40

Примечание. Пример использования: корпус уплотнителей всех типов, вентили, катки, сопловые коробки и т. д.

ТАБЛИЦА 6.20

ОСОБО ЧИСТЫЙ И ЧИСТЫЙ АЛЮМИНИЙ

Марка	Допустимое содержание примесей, %										Механические свойства листа толщиной 2 мм											
	в целом		Si		Fe		Ti		Cu		Zn		прочие		мягкого		твердого					
	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %				
Al99.98R	0,01	0,008	0,007	0,003	0,003	0,003	0,005	0,003	0,005	0,003	0,005	0,003	0,003	40	10	33	70	40	9	100	80	5
Al99.95R	0,05	0,025	0,03	0,008	0,015	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	40	10	33	70	40	9	100	80	5
Al99.9R	0,1	0,04	0,05	0,01	0,03	0,005	0,01	0,03	0,005	0,01	0,01	0,01	0,01	40	10	33	70	40	9	100	80	5
Al99.8	0,2	0,15	0,15	0,03	0,02	0,06	0,01	0,02	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	60	20	38	90	50	9	120	100	5
Al99.7	0,3	0,20	0,25	0,05	0,03	0,07	0,02	0,03	0,07	0,02	0,02	0,02	0,02	60	20	38	90	50	9	120	100	5
Al99.5	0,5	0,30	0,40	0,05	0,05	0,07	0,03	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	70	20	35	100	70	6	130	110	5

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, %, ЛИТЕЙНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

ТАБЛИЦА 6.21

Марка	Si	Mn	Mg	Cu	Ti	Zn	Свариваемость
G-AISI12	11,0—13,5	≤0,5	—	—	—	—	Отличная
G-AISI10Mg	9,0—11,0	≤0,5	0,2—0,4	—	—	—	»
G-AISI5Mg	4,5—6,0	≤0,5	0,5—0,8	—	≤0,20	—	Хорошая
G-AISI5Cu1	5,0—6,0	≤0,5	0,3—0,6	1,0—1,5	—	—	Очень хорошая
G-AISI5Cu1Zn	5,5—7,0	0,2—0,5	0,4—0,8	1,2—2,0	—	1,5	Достаточная
G-AISI7Cu1	7,0—8,0	—	0,3—0,6	1,0—1,5	—	—	»
G-AMg3	1,3	≤0,5	2,0—4,0	—	≤0,20	—	Хорошая
G-AMg5	0,5—1,5	≤0,5	4,0—5,5	—	≤0,20	—	Отличная
G-AMg5Cu	0,5—1,5	≤0,5	4,0—3,5	0,4—0,6	≤0,20	—	Очень хорошая
GD-AISI12	11,0—13,5	≤0,5	—	—	—	—	»
GD-AISI10Mg	9,0—11,0	≤0,5	0,2—0,4	—	—	—	Достаточная
GD-AISI5Cu1Zn	5,5—7,0	0,2—0,5	0,4—0,8	1,2—2,0	—	≤1,5	»
GD-AISI7Cu1	7,0—8,0	0,2—0,5	0,3—0,6	1,0—1,5	—	—	То же, в определенных усло- виях
GD-AISI10(Cu)	6,0—10,0	0,5	—	—	—	—	—
GD-AMg3	До 1,0	0,2—0,5	7,0—10,0	—	—	—	—
GD-AISI5Cu1	5,0—6,0	До 0,5	0,3—0,6	1,0—1,5	—	—	Очень хорошая

ТАБЛИЦА 6.22

АЛЮМИНИЕВЫЕ ДЕФОРМИРУЕМЫЕ СПЛАВЫ

Марка	Содержание легирующих элементов, %					Механические свойства листа толщиной 2 мм						Свариваемость		
	Mg	Mn	Cr	Si	Cu	мягкий			полутвердый				твердый	
						σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>0,2</sub> , %	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>0,2</sub> , МПа		σ <sub>0,2</sub> , МПа	δ, %
AIRMg0,5	0,4—0,6	—	—	—	—	70	30	20	100	70	130	120	4	Очень хорошая
AIRMg1	0,8—1,2	—	—	—	—	100	40	20	130	100	160	140	3	То же
AIMg1	0,6—1,2	≤0,3	≤0,3	—	—	100	40	20	130	90	160	140	4	»
AIMg3	2,6—3,3	≤0,4	≤0,3	—	—	180	80	17	230	140	260	180	4	Хорошая до очень хорошей
AIMg5	4,3—5,5	≤0,6	≤0,3	—	—	240	110	17	280	180	320	240	4	Хорошая
AIMg3Si	2,3—3,5	0,3—0,8	≤0,30	0,5—0,8	—	180	80	17	230	140	260	180	4	Очень хорошая
AIMgSi1	0,6—1,4	≤1,0	≤0,3	0,75—1,6	—	150	—	18	200	100	320	200	10	Хорошая до очень хорошей
AlCuMg1	0,4—1,0 0,2—0,8	0,3—1,0	—	—	35—37	220	—	14	400	70	—	—	—	Сварка сопротив- лением, хорошая до очень хорошей
AlCuMg2	1,2—1,8	0,3—1,1	—	—	3,8—4,9	250	—	14	440	290	—	—	—	То же

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

ТАБЛИЦА 6.23

Термопластические материалы	Плотность, г/см <sup>3</sup>	E 10 <sup>4</sup> МПа	σ <sub>B</sub> , МПа	σ <sub>ц</sub> , МПа	Твердость при вдавлении шарика 10 <sup>3</sup> /20°/60 <sup>3</sup> , МПа	ε <sub>н</sub> , Н·см/см <sup>2</sup>	Удлинение при растяжении и разрыве R, %
Мягкий полиэтилен	0,91—0,925	1,5—5,0	9—14	—	13—20 (60)	Без разрыва	300—1000 (R)
Твердый »	0,94—0,965	8—14	20—33	—	28—65 (60)	50—20 *1	200—1000 (R)
Полипропилен	0,90—0,91	11—15	27—38	—	60—75 (20)	50—100	>650 (R)
Полистирол	1,05—1,06	30—35	30—65	90—115	110—130	20—30	3—6
Полистирол ударно-вязкий	1,05	15—30	22—50	38—95	—	60—130	16—45
Сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола	1,02—1,15	15—28	39—56	57—95	60—80	100—250	3—4
Полиметилметакрилат	1,18	26—32	68—76	≈11	155—180 (60)	20	3
Поликарбонат	1,20	22—25	65—75	75—90	90—110 (10)	>200	>80 (R)
Полиоксиметилен	1,40—1,43	30—35	65—73	110—120	140 (60)	70—80	15—30 (20 °C)
Полиамиды	1,07—1,14	13—28	50—85	30—130	60—96 (10)	30—130 *2	30—130 *2
То же, со стекловолокном	1,30—1,39	63—80	130—200	77—94	—	>450 *2	80—280 *3
Поливинилхлорид: твердый	1,38—1,39	20—35	50—65	70—96	110—120	—	—
мягкий	1,2—1,25	0,03—0,4	5—20	—	—	—	—
Полиуретан	1,20—1,21	≈9—15	<500	24—72	38—86 (10)	100—200 *4	12—36 *5
Политетрафторэтилен	2,1—2,2	3,5—4	100—500	—	—	110—150	—

\*1 Частично без разрыва. \*2 Сухой. \*3 Влажный. \*4 Частично без разрушения. \*5 Удлинение при пределе текучести.

ТАБЛИЦА 6.24

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Термопластические материалы	Поверхностное сопротивление, Ом	Удельное электросопротивление, Ом·см	Диэлектрическая прочность, кВ/см	Величина тока утечки, ступень T	Коэффициент диэлектрических потерь		Относительная диэлектрическая постоянная
					при (°C)	T <sub>ц</sub>	
Полиэтилен: мягкий твердый Полипропилен Полистирол Полистирол ударно-вязкий	>10 <sup>13</sup>	10 <sup>16</sup> —10 <sup>18</sup>	>400	5	<3·10 <sup>-4</sup> (800)	<3·10 <sup>-4</sup> (10 <sup>6</sup> )	2,28 (10 <sup>6</sup> )
	>10 <sup>13</sup>	10 <sup>16</sup> —10 <sup>18</sup>	>400	5	<5·10 <sup>-4</sup> (800)	<5·10 <sup>-4</sup> (10 <sup>6</sup> )	2,31—2,33 (10 <sup>6</sup> )
	>10 <sup>13</sup>	(5—10) 10 <sup>17</sup>	>400	5	<5·10 <sup>-4</sup> (800)	6·10 <sup>-4</sup> (10 <sup>6</sup> )	2,25 (10 <sup>6</sup> )
	>10 <sup>13</sup>	>10 <sup>16</sup>	>500	2—4	1—3·10 <sup>-4</sup> (800)	(1—3) 10 <sup>-4</sup> (10 <sup>6</sup> )	2,5 (10 <sup>6</sup> )
	>10 <sup>13</sup>	>10 <sup>16</sup>	>400	5	—	0,0005—0,01 (10 <sup>6</sup> )	2,6—2,9 (10 <sup>6</sup> )
Сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола	10 <sup>13</sup> —10 <sup>15</sup>	10 <sup>13</sup> —10 <sup>15</sup>	320—350	4—5	17—35·10 <sup>-3</sup> (800)	80) 10 <sup>-3</sup> (10 <sup>6</sup> )	3,6—3,7 (10 <sup>6</sup> )
Полиметилметакрилат	>10 <sup>15</sup>	>10 <sup>15</sup>	300	5	0,06 (50)	—	—
Поликарбонат	>10 <sup>15</sup>	(4—10) 10 <sup>15</sup>	270	2—3	0,013 (800)	0,0110 (10 <sup>6</sup> )	2,7 (10 <sup>6</sup> )
Полиоксиметилен	>5·10 <sup>11</sup>	>10 <sup>14</sup>	400—700	4	10·10 <sup>-4</sup> (50)	14·10 <sup>-4</sup> (800)	4,1 (800)
Полиамиды	10 <sup>9</sup> —10 <sup>12</sup>	5·10 <sup>8</sup> —7·10 <sup>8</sup>	280—500	—	0,01—0,03 (50)	0,02—0,04 (10 <sup>6</sup> )	3,2—3,8 (10 <sup>6</sup> )
Полиамиды со стекловолокном	—	—	—	—	~0,006 (50)	~0,021 (10 <sup>6</sup> )	3,4 (10 <sup>6</sup> )
Поливинилхлорид: твердый	~10 <sup>13</sup>	10 <sup>11</sup> —10 <sup>15</sup>	150—400	—	0,02—0,03 (800)	0,02—0,03 (10 <sup>6</sup> )	2,9—3,7 (10 <sup>6</sup> )
мягкий	—	10 <sup>10</sup> —10 <sup>14</sup>	>40	—	—	0,01 (10 <sup>6</sup> )	—
Полууретан	3·10 <sup>12</sup> —10 <sup>14</sup>	4·10 <sup>13</sup> —7·10 <sup>14</sup>	330—380	—	0,02—0,12 (50)	0,04—0,07 (10 <sup>6</sup> )	3,4—4,0 (10 <sup>6</sup> )
Политетрафторэтилен	—	10 <sup>14</sup> —10 <sup>15</sup>	250—300	—	—	0,0002	—

ТЕРМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

ТАБЛИЦА 6.25

Термопластические материалы	Коэффициент термического расширения $\alpha \cdot 10^{-4}, K^{-1}$	Теплопроводность $10^{-3} Вт/м \cdot K$	Теплостойкость, кДж/кг $\cdot K$	Допустимая температура длительной эксплуатации, $^{\circ}C$	Темперостойкость при температуре, $^{\circ}C$ , по	
					Мартенсу	Вика
Полиэтилен: мягкий твердый	2,3 1,5—2,0	0,28—0,30 0,33—0,44	2,3—2,5 1,7—1,9	<85 <95	—	55—60
						60—70
Полипропилен	1,1—1,2	0,19	1,7	110	—	85—90
Полистирол	0,6—0,8	0,11—0,15	1,5	<80	65—75	80—100
Полистирол ударно-вязкий	0,8—1,0	0,15	—	55—75	65—75	75—95
Сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола	0,8—1,0	0,14—0,18	—	70	70—80	100—120
Полиметилметакрилат	0,7—0,8	0,16	1,5	75	70—100	—
Поликарбонат	0,60—0,65	0,17—0,20	1,2	130—140	115—127	150—160
Полиоксиметилен	0,8—1,5	0,20—0,28	1,4	90—110	65—70	150—160
Полиамиды	0,7—1,2	0,18—0,27	1,7—7,1	80—100	—	205—250
Полиамиды со стекловолокном	0,3—0,4	0,50—0,60	1,2	90—100	—	200—250
Полвинилхлорид: твердый мягкий	0,7—0,8 1,8—2,0	0,14 0,13—0,15	0,3—1,0 1,7—2,4	60 40	—	80—85
						—
Полиуретан	1,1—2,1	0,25	1,7—2,4	—	—	100—180
Политетрафторэтилен	0,8—2,5	0,2	1,05	200	—	—

ТАБЛИЦА 6.26

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕРМОРЕАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Термоактивные материалы	Плотность, $г/см^3$	$E_t$ , $10^3$ МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\alpha_{HT}$ , $1/100 \cdot CM/CM^2$	$\alpha_{HT}$ , $1/100 \cdot CM/CM^2$
Фенолформальдегидный конденсат: тип 31	1,4—1,5	50—80	25	70	60	15
Текстолит НГW 2081 (G)	1,4—1,5	60—100	25	80	80	55
Гетинакс Нp2061	1,3—1,4	100	50	110	180—350	150—200
Меламинформальдегидный конденсат, тип 152	1,4—1,5	60—100	25	60—70	60	11—12
Эпоксидная смола (формовочный материал)	1,4—1,5	80—110	30	80	70	15
Фенолформальдегидный конденсат, типы 71, 72, 90, 91	1,09—2,13	22—165	30—80	55—100	30—1400	—
Ненасыщенная полиэфирная смола, усиленная 35 % (по массе) стекловолокна	1,4—1,8	50—150	20—50	50—120	35—900	20—800
Эпоксидная смола, усиленная 35 % (по массе) стекловолокна	1,45	80	100	160	600	—
Эпоксидная смола, усиленная 35 % (по массе) стекловолокна	1,45	80	120	220	600	—



## ТЕРМИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕРМОРЕАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Термоактивные материалы	Линейный коэффициент термического расширения $10^{-6}/K$	Теплопроводность, Вт/м·К	Теплостойкость по Мартенсу, °С	Поверхностное сопротивление, Ом	Удельное электросопротивление, Ом·см	Коэффициент диэлектрических потерь $tg \delta$ при 800 Гц
Фенолформальдегидный конденсат:						
тип 31	30—50	2,8	125	8	$10^{10}$	0,3
тип 54	10—30	2,5	125	7	$10^8$	0,5
Текстолит НгW2081(G)	35	~2,7	130	$10^8—10^{10}$	—	—
Гетинакс Нр 2061	40	~2,7	125	$10^8—10^{11}$	—	—
Мочевинно-формальдегидный конденсат, тип 130	40—60	3,1	100	10	$10^{10}$	0,3
Меламинформальдегидный конденсат, тип 152	50—70	3,5	120	10	$10^{10}$	0,3
Эпоксидная смола (формовочный материал)	12—100	1,1—3	100—235	$10^{12}—3 \cdot 10^{16}$	$3 \cdot 10^{12}—6 \cdot 10^{10}$	0,2
Фенолформальдегидный конденсат, типы 71, 72	—	—	125—170	—	$10^8—10^{12}$	0,02—0,4
Ненасыщенная полиэфирная смола, усиленная 35 % (по массе) стекловолоконная	27	2	120—140	$10^{12}—10^{14}$	$10^{15}$	0,006
Эпоксидная смола, усиленная 35 % (по массе) стекловолоконная	27	2	130	$10^{13}$	$10^{11}—10^{15}$	—

## ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕРМОРЕАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Термоактивные материалы	Кислоты		Щелочи		Минеральное масло	Бензин	Бензол
	слабые	конден-триро-ванные	слабые	конден-триро-ванные			
Полиэтилен:							
мягкий	+	+	+	+	+	+	+
твердый	+	+	+	+	+	+	+
Полипропилен	+	+	+	+	+	+	+
Полистирол	+	+	+	+	+	+	+
Полистирол ударно-вязкий	+	+	+	+	+	+	+
Сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола	+	+	+	+	+	+	+
Полиметилметакрилат	+	+	+	+	+	+	+
Поликарбонат	+	+	+	+	+	+	+
Полиоксиметилен	+	+	+	+	+	+	+
Полиамиды и полиамиды со стекловолокном	+	+	+	+	+	+	+
Поливинилхлорид:							
твердый	+	+	+	+	+	+	+
мягкий	+	+	+	+	+	+	+
Полиуретан	+	+	+	+	+	+	+
Политетрафторэтилен	+	+	+	+	+	+	+
Фенолформальдегидный конденсат:							
тип 31, 54, 71, 72, 90, 91	0	+	0	+	+	+	+
Текстолит НгW2081(g)	0	+	0	+	+	+	+
Гетинакс Нр 2061	0	+	0	+	+	+	+
Мочевинно-формальдегидный конденсат, тип 130	+	+	+	+	+	+	+
Меламинформальдегидный конденсат тип 152	0	+	+	+	+	+	+
Эпоксидная смола (формовочный материал)	+	+	+	+	+	+	+
Ненасыщенная полиэфирная смола, усиленная 35 % (по массе) стекловолоконная	+	+	+	+	+	+	+
Эпоксидная смола, усиленная 35 % (по массе) стекловолоконная	+	0	+	+	+	+	+

Примечание. «+» — устойчив; «+0» — от устойчив до устойчив в определенных пределах; «0» — устойчив в определенных пределах; «0-» — от устойчив в определенных пределах до неустойчив; «-» — неустойчив.

**ПЕРЕЧЕНЬ ПОСТАВЩИКОВ  
ОБОРУДОВАНИЯ  
И ТОРГОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**7.1. СВАРКА И ТЕРМИЧЕСКАЯ РЕЗКА**

ТАБЛИЦА 7.1

Краткое обозначение	Предприятия
Ap	VEB Brennschneidmaschinen Apolda 532 Апольда, Эрфуртер Штрассе, 15
ASUG	VEB Maschinenfabrik und Eisengießerei, Dessau 45 Дессау, Кабельвер
Rhöna	Автогенный завод «Rhöna», фирма «Ferch und Grafta» 6208 Кальтеннордхайм
Autogen B	VEB Autogenanlagenbau, Лейпциг «Waschgerätewerk», завод Beierfeld 943 Шварценберг
Berei	VEB Berliner Reifenwerk 111 Берлин, Айхенштрассе, 43
Bitterfeld	Химический комбинат «Bitterfeld» 44 Биттерфельд
Branson	Фирма «Branson Schallkraft» 6050 Оффенбах-на-Майне (ФРГ), Кайзерштрассе 96
BUNA	Комбинат и химический завод «Випа» 4212 Шкопау
BHK	Горно-металлургический комбинат «Albert Funk» 92 Фрайберг, Фрауэнштейн Штрассе 81
Nünchritz	Химический завод «Nünchritz» 8401 Нюнхриц
Delta	Электромеханические мастерские 1255 Вольтерсдорф Берлинский, Калькзеенштрассе, 64
DHD	Hochvakuum, Dresden 8020 Дрезден, Гунаэр Бер, 26
ESFA	«Elektroschweißmaschinenwerke Aue» 94 Ауэ, Остштрассе, 24/28
EKL	«Elektrokohle Lichtenberg» 113 Берлин — Лихтенберг, Херибергштрассе, 128/139
Eska	Комбинат «Finsterwalde» 798 Финстервальде, ул. Клары Цеткин, 28
ESW	«Elektroschweißmaschinenwerk Dresden» 809 Дрезден, ул. Вильгельма Кюльца, 18
Elektrowärme	«Elektro-Wärmetechnik» 403 Галле (Заале), Тротаэр Штрассе, 64
fwh	Комбинат «Feinmechanische Werk» 402 Галле (Заале), ул. Рудольфа Бретшнайдера, 71
Göllingen	«Inducal-göllingen» 4731 Гелинген
Grüna	Производство машин и аппаратов «Johannes Bernstein» 9125 Грюна, Миттельбахер Штрассе, 9
Harthü	Завод твердых сплавов «Immelborn» комбината по производству инструментов «Schmalkalden» 6207 Иммельборн

Краткое обозначение	Предприятия
Held	VEB Metalkombinat Heldringen 4733 Хельдриинген
Hettstedt	Комбинат «Wilhelm Pieck», прокатный завод «Hettstedt» 427 Хеттштедт
10E	«Industriefofenbau Egel» 3253 Эгельн
10G	«Industriefofenbau» 4301 Гюнтерсберге, Гарц
Jährig	«Peter Jährig» 9125 Грюна, Ягдшенкенштрассе, 9
KWO	Комбинат «Kabelwerk Oberspree» 116 Берлин, Вильгельминенхофштрассе, 76/77
Lange	Фирма «D-r Günter Lange» 1193 Берлин, Кифхольцштрассе, 402
Leuna	«Leuna Werke» 422 Лейна, 3
LEW	«Lokomotivbau-Elektrotechnische Werke» «Hans Beimler» 1422 Хеннингсдорф
Löt	«Lotgeräte» 8021 Дрезден, Бэрэнштайнер Штрассе, 23/25
1. Mafa	VEB 1. Maschinenfabrik Karl-Marx-Stadt 90 Карл-Маркс-Штадт, Курт—Буртельштрассе
Mafa Wurzen	Комбинат «Feinmechanische Werke Halle», завод III: механические мастерские «Wurzen» 725 Вурцен
MANSFELD (E)	Комбинат «Wielhelm Pieck», производство установок и приборов 425 Люттенштадт-Айслебен, пл. Маркт, 57
MANSFELD (F)	Комбинат «Wielhelm Pieck», сварочное производство «Finsterwalde» 798 Финстервальде
Medizin	«Medizintechnik» 70 Лейпциг
Mölkau	Комбинат «Banner des Friedens», завод «Schuhchemie Mölkau» 7126 Малькау, Индустриштрассе, 18120
Most	Chemické závody n. p. Литвинов/СССР
Narva	Комбинат «Narva», завод ламп накаливания 99 Плауен, Димитровштрассе, 32
Orbita	«Orbitaplast» 4371 Вайсандт-Гольцау
OWSJ	Оптический завод сварочного оборудования 69 Иена, Визенштрассе, 3

Краткое обозначение	Предприятия
Parthey	«Gernot Parthey», машиностроительный завод 9125 Грюна, ул. Мюллерштрассе, 17
Pie	Азотный завод «Piesteritz» 4602 Виттенберг—Люттерштадт—Пистерци
Plast	Завод по обработке пластмасс и производству сварочной техники 3028 Дрезден, Альтлобау
Premnitz	«Cheniefaserwerk Premnitz» 1832 Премниц
R	Комбинат качественных сталей, проволочно-канатный завод 4341 Ротенбург
Reifenhäuser	Фирма «Reifenhäuser» Тройсдорф (ФРГ)
Rein	«Paul Reinhardt» 402 Галле (Заале), Дессауэр Штрассе, 177
Rhein	Фирма «Rheinische Nadelfabriken» Аахен (ФРГ)
Schloma	«Schloma» 402 Галле (Заале), Гервегштрассе, 7
Slofnaf	«Slofnaf» Братислава, ЧССР
SLB	«Schweiß- und Lottechnik» (консультации) 403 Галле (Заале), Браквитцер Штрассе, 16
Sörnnewitz	«Elektrowärme Sörnnewitz» 8253 Зерневиц (Майссен)
Steremat	«Steremat», берлинский завод «Hermann Schlimme» 1193 Берлин—Трептов, Бушештрассе, 12
Tephy	Технико-физические мастерские 9166 Тальхайм, ул. Карла Либкнехта, 24
Trafo	Трансформаторный завод «Reichenbach» 98 Райхенбах, пер. Унтере Дункельгассе
Trusioma	Комбинат «Trusioma» 90 Карл-Маркс-Штадт, Курт-Бертель-Штрассе, 27
TUR	Трансформаторный и рентгеновский завод 8030 Дрезден, Овербекштрассе, 48
Unitra	«Unitra» 00—976 Варшава (ПНР), ул. Доманевска, 2—4, Варшава 1, ул. Чацкого, 15—17
ZEISS	«Carl Zeiss Jena» 69 Йена
ZIS	Центральный институт сварки ГДР 403 Галле (Заале), Котенер Штрассе, 33

## 7.2. ПАЙКА

*Пайка на медной основе*

Комбинат «Wilhelm Pieck», завод «Berliner Metallhütten- und Halbzeugwerke» Берлин.

*Твердый и мягкие припои с благородными металлами, свинцово-оловянные мягкие припои для тяжелых металлов, паяные фасонные детали*

Горно-металлургический комбинат «Albert Funk», Фрайберг.

*Мягкие припои для легких металлов*

«Löt- und Poliermittelwerke», Магдебург.

*Твердые припои для легких металлов*

Комбинат «Wilhelm Pieck», прокатный завод Hettstedt.

*Специальные припои*

Комбинат «Wilhelm Pieck», исследовательский институт неметаллов, Фрайберг.

*Флюсы*

«Löt- und Poliermittelwerke», Магдебург.

## 7.3. СКЛЕИВАНИЕ

ТАБЛИЦА 7.2

Краткое обозначение	Предприятие
Alex	«Alexander, Inh F. Meier», 90 Карл-Маркс-Штадт, Бланкенауэрштрассе, 25
ASOL	«ASOL—Chemie» 113 Берлин, Херцбергштрассе, 28
Berlin	«Flehmike Ko» 1054 Берлин, Бруннештрассе 192
Brauns	«W. Brauns KG» 43 Кведлинбург, ул. Ленина, 12
Dessau	VEB Dessau Chemische Fabrik 45 Дессау, Кюнхауер штрассе
Dietel	«Oswald Dietel» 95 Цриккау, Мариенталерштрассе, 125
Dolno	«Dolnoślaskie Zakłady Metalurgiczne» Нова Соль-на-Одере (ПНР), ул. М. Новотки, 52
Egeln	«Industrieofenbau» 3253 Эгелн
Elektromaschinen	«PGH Elektromaschinen und Anlagenbau» 1255 Вольтерсдорф (Берлин), Фазаненштрассе, 65/66
Erfurt	Комбинат «Banner des Friedens», завод «Schuhchemie Erfurt» 501 Эрфурт, Мигтельхайзерштрассе, 65
Feutron	«Feutron» 66 Грайц, Райхенбахерштрассе, 173
Franke	Franke KG 1182 Берлин, Дамештрассе, 25
Gal	«Galvanotechnik» 705 Лейпциг, Горгауэр Штрассе, 76
Gerätebau	«Gerätebau», завод «Engelmann-Matz, Jena» 69 Йена, Лобстедтер Штрассе, 19/21
Glas	Стекольные заводы «Stützerbach» 6316 Штютцербач (Тюрингия)
Gotha	«Gothaer Metallwarenfabrik» 58 Гота, ул. Рейнхардзбруннер Штрассе, 58
Greif	VEB Greif-Chemie 8122 Радебойль 2, Фабрикштрассе, 9
Greiz	Химический завод «Greiz—Dörlau»

Краткое обозначение	Предприятие
Helm	66 Грайц—Долау «Marcus Helmbrecht»
Infra	7027 Лейпциг, Глафейштрассе, 19 Инфракрасные установки «Oranienburg»
Kitl	14 Ораниенбург, Заксенхаузенер Штрассе, 22 «Kittwerk Pigna»
Kolloidchemie	8301 Пирна-Ротверндорф, Альт-Ротверндорф, 60162 «Kolloidchemie»
Kovo	7033 Лейпциг, Ангерштрассе, 26/28 «Kovo finis», Ледес-над-Сазавою (ЧССР)
Labortechnik	«Labortechnik»
Leuna	63 Ильменау (Тюрингия), Мариенгассе, 1 «Leuna—Werke»
Magnet	422 Лейна, 3 VEB Magnetbandfabrik
Merseburg	45 Дессау, Кохштеттер-штрассе «Merseburger Waagenfabrik»
MLW	42 Мерсебург, ул. Вайсе Мауэр, 19 Комбинат медицинской и лабораторной техники, завод «MLW Anlagenbau»
Mölkau	8023 Дрезден, ул. Гроссенмайнер Штрассе, 99 Комбинат «Banner des Freiens», химический завод «Mölkau»
Nünchritz	7126 Молькау, Индустриштрассе, 18—20 Химический завод «Nünchritz»
Orbita	8401 Нюнхритц, 2 «Orbitaplast» завод «Eilenburg»
ORSTA	728 Айленбург, Зигельштрассе, 2 Комбинат «ORSTA-Hydraulik», завод «Sprig-Holzhausen»
Orwo	7124 Хольцхаузен, ул. Вильгельма Кюльца, 2 Фабрика пленок «Wolfen»
PGH	444 Вольфен, район Биттерфельд «PGH Gute Fahrt»
Pie	795 Бад Либенверда, ул. Зюдринг, 24 Азотный завод «Piesteritz»
Plasma	4602 Виттенберг—Пистерниц «Plasma Erkner»
Präzision	125 Эркнер, Берлинер Штрассе, 3/8 Производственное объединение механиков ручной работы «Präzision»
PREA	806 Дрезден, ул. Тольятти, 32 Общество «PREA», фирма «Müller und Neumann»
Premnitz	69 Йена, ул. Енцигвер, 35 Химический завод волокна «Premnitz»
Rapido	1832 Премниц «Wägetechnik Rapido», отделение «Oschatz»
Reiner	726 Ошац, Банхофштрассе, 37 Фирма «H. Reiner»
Schieschke	7031 Лейпциг, Гамбургерштрассе, 34/36 «Horst Schieschke»
Skor	963 Хриммитшау, Мюльгассе, 17 «Franz Skorzewski»
Spezialchemie	102 Берлин, Александерштрассе, 32 «Spezialchemie Leipzig»
	7033 Лейпциг, Ангерштрассе, 32

Краткое обозначение	Предприятие
Spezi	Строительный комбинат «Magdeburg», отделение «Säureschutz», Leipzig
Spree	7039 Лейпциг, Дезнер Штрассе Фирма «Karl-Friedrich Spreewerk»
Zellstoff	102 Берлин, Лихтенбергер Штрассе, 52 VEB Zellstoff- und Zellwolle-Werke
ZIS	29 Виттенберге, Бад Вильснакер Штрассе Центральный институт сварки ГДР «ZIS»
	403 Галле (Заале), Котенер Штрассе, 32а

#### 7.4. ХИМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, СВАРОЧНЫЕ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

ТАБЛИЦА 7.9

Торговые предприятия	Адрес	Район снабжения
Росток, Фирма по сбыту сварочной оснастки и вспомогательного оборудования	27 Шверин, ул. Шмидштрассе, 22/24	Шверин, Росток, Нойбранденбург
Потсдам, Фирма по сбыту сварочной оснастки и вспомогательного оборудования	18 Бранденбург, Кракауэр Ландштрассе, 30	Потсдам
Коттбус, Коммерческий отдел по сварочной оснастке	75 Коттбус, Парцелленштрассе, 15	Коттбус
Магдебург, Коммерческий отдел по сварочной оснастке	3014 Магдебург, Хавельштрассе, 2	Магдебург
Эрфурт, Фирма по сбыту сварочной оснастки и вспомогательного оборудования	501 Эрфурт, Хоэнвинденштрассе, 15	Эрфурт, Гера, Зуль
Дрезден, Фирма по сбыту сварочной оснастки и вспомогательного оборудования	801 Дрезден, ул. Розенштрассе, 77/83	Дрезден
Галле, Фирма по сбыту сварочной оснастки и вспомогательного оборудования (продажа и складирование)	705 Лейпциг, ПСФ 40 7123 Энгельсдорф, ул. Верштэттенштрассе, 31	Галле, Лейпциг
Карл-Маркс-Штадт, Фирма по сбыту сварочной оснастки и вспомогательного оборудования (продажа и складирование)	90 Карл-Маркс-Штадт, Фойгтштрассе, 19 ул. Чайковского, 70	Карл-Маркс-Штадт
Берлин, Фирма по сбыту сварочной оснастки и вспомогательного оборудования	1125 Берлин-Хоэншенхаузен, ул. Марцанер Штрассе	Берлин, Франкфурт-на-Одере
Берлин, Государственная химическая контора	104 Берлин, Мариенштрассе, 19/20	ГДР

## ИНДЕКСЫ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

### 8.1. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

#### 1. Металлы (сварка, пайка, резка)

- $A$  — площадь, мм<sup>2</sup>  
 $A_a$  — поперечное сечение образца при испытании на растяжение, мм<sup>2</sup>  
 $A_s$  — поперечное сечение сварного шва, мм<sup>2</sup>  
 $A_{Sch}$  — размер шаблона, мм  
 $AK$  — класс исполнения  
 $a$  — толщина углового шва, мм  
 $a_H$  — ударная вязкость, Н·см/см<sup>2</sup>  
 $b$  — ширина шва, мм  
 $b_{Bd}$  — ширина полосы, мм  
 $b_{Sp}$  — ширина зазора, мм  
 $C$  — емкость конденсатора, мФ  
 $C$  — высота притупления, мм  
 $C_a$  — углеродный эквивалент, %  
 $D, d$  — диаметр, мм  
 $d$  — ширина реза, мм  
 $d_{Dr}$  — диаметр проволоки, мм  
 $d_d$  — минимальное отверстие канала сопла, мм  
 $d_E$  — диаметр электрода, мм  
 $d_{ZW}$  — диаметр присадочного материала, мм  
 $E$  — модуль упругости, МПа  
 $ED$  — относительная продолжительность включения (ПВ), %  
 $F$  — сила, Н  
 $F_{Sp}$  — усилие зажима, кН  
 $F_{St}$  — усилие обжатия, кН  
 $f_I$  — импульсная частота, Гц  
 $f$  — частота, Гц  
 $f_{St}$  — минимальное усилие обжатия, МПа  
 $HB$  — твердость по Бриннелю, МПа  
 $h$  — усилие шва, мм  
 $I_s$  — сварочный ток, А  
 $j$  — плотность тока, А/мм<sup>2</sup>  
 $L$  — длина сварного шва, мм  
 $L$  — припуск по длине, мм  
 $L_a$  — потеря длины на сгорание, мм  
 $L_S$  — потери по длине при оплавлении  
 $L_e$  — длина зажима, мм  
 $L_{St}$  — длина обжатия, мм  
 $L_{Dw}$  — потеря длины предварительного нагрева, мм  
 $m$  — масса, кг  
 $m_D$  — масса проволоки, г/м  
 $m_{AT}$  — масса сварочного материала при термитной сварке  
 $n$  — количество  
 $n$  — число оборотов в минуту  
 $P$  — мощность, Дж/с, Вт

- $P_A$  — мощность питания, кВА  
 $P_N$  — номинальная мощность, кВА  
 $P_s$  — мощность сварки, кВт  
 $P_R$  — давление рецепента, Па  
 $p$  — давление, МПа  
 $p_b$  — барометрическое давление воздуха, МПа  
 $p_{HS}$  — давление кислорода подогревающего пламени, МПа  
 $p_{ss}$  — давление кислорода перед соплом, МПа  
 $p_{St}$  — удельное давление обжатия, МПа  
 $P_V$  — усилие при подогреве, МПа  
 $Q$  — расход защитного газа, л/мин  
 $s$  — толщина заготовки листа, мм  
 $s_e$  — регулирование, мм  
 $T$  — температура, °C  
 $T_A$  — рабочая температура, °C  
 $t$  — время, мин  
 $t$  — глубина сквозного проплавления, мм  
 $t_G$  — основное время, мин  
 $t_N$  — нормативное время, мин  
 $U_s$  — напряжение дуги при сварке, В  
 $U_L$  — напряжение холостого хода, В  
 $U_L$  — зарядное напряжение конденсатора, В  
 $V_{ges}$  — общий объем, см<sup>3</sup>  
 $V$  — объем, см<sup>3</sup>  
 $v$  — скорость, см/мин  
 $v_{HS}$  — расход кислорода подогревающего пламени, м<sup>3</sup>/ч  
 $v_D$  — скорость подачи проволоки, м/мин  
 $v_R$  — скорость вращения электрической дуги, м/с  
 $v_s$  — скорость сварки, см/мин  
 $v_{St}$  — скорость осадки, мм/с  
 $v_{ss}$  — расход кислорода, м<sup>3</sup>/ч  
 $v_L$  — расход воздуха, м<sup>3</sup>/ч  
 $W$  — энергия сварки, Дж=Вт·с  
 $w$  — удельный расход энергии, кВт·ч/т  
 $w$  — скорость истечения, м/с  
 $ZW$  — присадочный материал  
 $\alpha, \beta$  — угол разделки или угол скоса кромки, град  
 $\delta_s$  — относительное удлинение, %  
 $\sigma_B$  — временное сопротивление разрыву, МПа  
 $\sigma_T$  — предел текучести, МПа  
 $\eta$  — к. п. д., %  
 $\epsilon_s, \eta_V$  — увеличение поверхности, %  
 $\epsilon_{ii}$  — уменьшение по толщине, %  
 $\Phi$  — коэффициент внутренней формы шва  
 $\Phi$  — сужение, %  
 $\Phi$  — коэффициент внешней формы шва

#### 2. Пластмассы (сварка)

- $A$  — амплитуда, мм  
 $A_n$  — полезная площадь, мм<sup>2</sup>  
 $B$  — ширина электрода, мм  
 $D$  — диаметр заготовки, мм  
 $D_D$  — диаметр нагретого дорна, мм  
 $D_F$  — внешний диаметр фитинга, мм  
 $F_d$  — усилие нажатия, Н  
 $F_s$  — усилие сварки, Н

$F_V$  — усилие на сварочный пруток, Н  
 $I$  — сила тока, А  
 $P$  — электрическая мощность, Вт, кВт  
 $P_A$  — мощность питания, ВА, кВА  
 $P_{AN}$  — мощность установки, кВт  
 $P_I$  — импульсная мощность, кВт  
 $P_S$  — мощность сварки, кВт  
 $R$  — радиус, мм  
 $T$  — температура, °С  
 $T_{AK}$  — температура режущего инструмента, °С  
 $T_{AS}$  — температура нагрева при сварке оплавлением, °С  
 $T_{BF}$  — температура в фокусном пятне, °С  
 $T_E$  — температура электрода, °С  
 $T_{FS}$  — температура нагретого инструмента при сварке фитингов и втулок, сварке в выточку, °С  
 $T_{HG}$  — температура газа для нагрева, °С  
 $T_{HS}$  — температура нагретого инструмента, °С  
 $T_{US}$  — температура ультразвуковой сварки, °С  
 $T_W$  — температура окружающей среды, °С  
 $T_{WK}$  — температура нагретого инструмента при сварке тепловым контактом, °С  
 $T_{ZW}$  — температура присадочного материала, °С  
 $U$  — напряжение питания, В  
 $U_{HK}$  — напряжение нагретого клина, В  
 $U_s$  — напряжение дуги при сварке, В  
 $V$  — объем, л  
 $V_S$  — объем нагнетания, см<sup>3</sup>  
 $ZW$  — присадочный материал  
 $a$  — толщина углового шва, мм  
 $b$  — ширина, мм  
 $b_n$  — ширина сварного шва, мм  
 $b_t$  — ширина заготовки, мм  
 $c$  — длина внахлестку, мм  
 $d, d_i$  —  $d_n$  — диаметр, мм  
 $d_a$  — внешний диаметр, мм  
 $d_{RF}$  — внутренний диаметр фокусного пятна, мм  
 $d_i$  — внутренний диаметр, мм  
 $d_K$  — диаметр головки заклепки, мм  
 $d_L$  — диаметр отверстия, мм  
 $d_M$  — расстояние между центрами, мм  
 $d_O$  — диаметр заглабления заклепки, мм  
 $d_N$  — диаметр заклепки, мм  
 $d_{RF}$  — внутренний диаметр рефлектора, мм  
 $d_s$  — диаметр сварочного прутка или шнура, мм  
 $e$  — длина, мм  
 $f$  — частота тока, Гц  
 $f_{RS}$  — частота вибрации трущихся поверхностей, Гц  
 $f_S$  — частота звука, МГц  
 $h, h_i$  —  $h_n$  — высота, мм  
 $h_K$  — высота головки заклепки, мм  
 $h_L$  — глубина отверстия, мм  
 $l$  — длина, мм  
 $l_{BF}$  — расстояние фокусного пятна от рефлектора, мм  
 $l_H$  — ход машины, мм  
 $l_{max}$  — максимальная длина загиба, мм  
 $l_n$  — длина сварного шва, мм  
 $l_s$  — путь волновода, мм

$l_t$  — длина заготовки, мм  
 $m$  — масса, кг  
 $m$  — расход воздуха, л/ч  
 $\dot{m}_g$  — расход горячего газа, л/ч  
 $\dot{m}_{ZW}$  — масса текущего присадочного материала, г/м, кг/ч  
 $n_s$  — число оборотов шнека, мин<sup>-1</sup>  
 $p_g$  — давление горячего газа, МПа  
 $p_p$  — давление пневматической системы, МПа  
 $p_R$  — усилие трущихся поверхностей, МПа  
 $p_s$  — давление при сварке, МПа  
 $p_{sp}$  — давление при нагнетании, МПа  
 $r$  — регулируемый допуск, град, %  
 $s$  — толщина стенки, мм  
 $\bar{e}$  — безразмерная толщина стенки  
 $t$  — общее время сварки, с  
 $t_A$  — время нагрева, с  
 $t_D$  — длительность нажатия, с  
 $t_I$  — продолжительность импульса, с  
 $t_K$  — время контакта, с  
 $t_{RE}$  — продолжительность трения, с  
 $t_S$  — продолжительность сварки, с  
 $t_U$  — время перестановки, с  
 $v_l$  — скорость вибрации, м/мин  
 $v_s$  — скорость сварки, см/мин  
 $v_{ss}$  — скорость резки, мм/с  
 $v_u$  — объемная скорость, м/мин  
 $\chi$  — коэффициент вариации, %  
 $\alpha$  — угол скоса кромок, град  
 $\beta$  — угол, град  
 $\sigma_B$  — временное сопротивление при растяжении, МПа  
 $\sigma$  — напряжение, МПа  
 $L$  — изменение стойкости, %  
 $T_{HK}$  — температура нагретого клина, °С  
 $T_S$  — температура плавления, °С  
 $T_{WS}$  — температура теплового импульса нагретого инструмента, °С  
 $a$  — толщина диэлектрика, мм  
 $i$  — индекс плавления, г/10 мм  
 $p$  — давление, МПа  
 $t_V$  — время опережения, с  
 $w$  — электроэнергия, Вт·с  
 $\rho$  — плотность, г/см<sup>3</sup>  
 $\Phi$  — изменение светового потока, %

### 3. Пластмассы и металлы (склеивание)

$A$  — влажная поверхность подвергаемая сушке, м<sup>2</sup>  
 $C_D$  — отношение кратковременной прочности к длительной прочности клеевого соединения  
 $C_N$  — отношение длительной прочности клеевого соединения к длительной прочности материала детали  
 $D$  — диаметр заготовки, мм  
 $F_A$  — исходная разрушающая нагрузка, Н  
 $F_E$  — разрушающая нагрузка после снятия нагружения, Н  
 $F_{max}$  — максимальная нагрузка, Н  
 $F_T$  — несущая нагрузка, Н  
 $F_{St}$  — сопротивление растяжению и срезу, Н

$I$  — сила тока, А  
 $K$  — контактное давление, МПа  
 $K_B$  — концентрация раствора в ванне, %  
 $L$  — готовность к эксплуатации (путь шлифовального круга), м  
 $P_A$  — мощность питания, снимаемая мощность, ВА, кВА  
 $P_{AB}$  — эксплуатационная нагрузка, кВА/ч  
 $P_{Sp}$  — производительность по площади склеивания, м<sup>2</sup>/мин  
 $P_{St}$  — интенсивность струйной обработки, м<sup>2</sup>/ч  
 $RT$  — комнатная температура, °С  
 $S$  — плотность тока, мА/см<sup>2</sup>, мА/дм<sup>2</sup>  
 $T$  — температура, °С  
 $T_A$  — допустимая рабочая температура, °С  
 $T_B$  — температура обработки, температура ванны, °С  
 $T_{GD}$  — предельная температура, °С  
 $T_K$  — предельная температура охлаждения, °С  
 $T_{KR}$  — температура кондиционирования, °С  
 $T_L$  — температура воздуха для сушки, °С  
 $T_M$  — исходная температура, °С  
 $T_V$  — температура твердения или схватывания, °С  
 $T_W$  — температура воды, °С  
 $U$  — напряжение, В  
 $U_p$  — напряжение поляризации, кВ  
 $V$  — емкость, мм<sup>3</sup>, мм, л  
 $V_B$  — объем запасной емкости, м<sup>3</sup>  
 $V_N$  — полезный объем, л  
 $V_U$  — количество циркулирующей среды для очистки, л/мин  
 $a_D$  — расстояние сопла от поверхности, см  
 $b$  — ширина, мм  
 $b_A$  — ширина струйной обработки, мм  
 $c_M$  — теплоемкость материала склеиваемых деталей, кДж/кг·К  
 $d$  — внутренний диаметр заготовки, мм  
 $d_B$  — ширина полосы клея, мм  
 $d_D$  — толщина полосы клея, мм  
 $d_{Dн}$  — диаметр сопла, мм  
 $d_{SB}$  — диаметр чаши, мм  
 $e$  — чувствительность, мГ  
 $f$  — частота, Гц  
 $f_S$  — частота звука, кГц  
 $h$  — высота, мм  
 $h_A$  — рабочая высота, мм  
 $h_{ges}$  — общая высота, мм  
 $h_z$  — число ходов  
 $l$  — длина, мм  
 $l_H$  — высота подъема, мм  
 $l_{\ddot{u}}$  — длина внахлестку, мм  
 $l_{\ddot{u}opt}$  — оптимальная длина внахлестку, мм  
 $m$  — масса, кг  
 $\dot{m}$  — объем воздуха, м<sup>3</sup>/мин  
 $\dot{m}_A$  — количество пара для нагрева, кг  
 $\dot{m}_B$  — количество пара для давления, кг/ч  
 $\dot{m}_g$  — объем воздуха, м<sup>3</sup>/ч  
 $\dot{m}_{ga}$  — объем отсасываемого воздуха, м<sup>3</sup>/ч  
 $\dot{m}_{GW}$  — минимальный объем воды, см<sup>3</sup>  
 $\dot{m}_{Kl}$  — расход материала, г/мин, л/мин

$m_M$  — масса детали, кг  
 $m_V$  — соотношение компонентов смеси  
 $m_{VB}$  — количество ускорителя, г  
 $m_{VH}$  — количество отвердителя, г  
 $m_{VK}$  — количество смолы, г  
 $m_{wv}$  — масса испаряющейся воды, кг  
 $\dot{m}_{wv}$  — минимальный объем проточной воды, см<sup>3</sup>/мин  
 $n$  — число оборотов, мин<sup>-1</sup>  
 $p_D$  — давление пара, МПа  
 $p_g$  — давление газа, воздуха, МПа  
 $pH$  — водородный потенциал  
 $p_p$  — рабочее давление, МПа  
 $p_{Sch}$  — усилие при шлифовании, МПа  
 $p_{St}$  — усилие при струйной обработке, МПа  
 $p_V$  — усилие при твердении или схватывании, МПа  
 $p_{Vzul}$  — допустимое давление, МПа  
 $r$  — регулируемая точность, град  
 $r$  — теплота испарения воды, кДж/кг  
 $s$  — толщина стенки, толщина заготовки, мм  
 $t$  — стойкость, ч  
 $t_A$  — рабочая глубина, мм  
 $t_B$  — время обработки, время обезжиривания, с, мин  
 $t_D$  — время использования навески весом 100 г при 20 °С, мин  
 $t_{ges}$  — общая глубина, мм  
 $t_{KR}$  — продолжительность кондиционирования, ч  
 $t_{St}$  — продолжительность струйной обработки, мин, с  
 $t_t$  — фактическое время сушки, ч  
 $t_t$  — теоретическое время сушки, ч  
 $t_W$  — время промывки, мин  
 $t_W$  — время выдержки, мин  
 $v_A$  — рабочая скорость, м/мин  
 $v_L$  — скорость воздуха для сушки, м/с  
 $v_{Sch}$  — скорость шлифования, м/мин  
 $x$  — абсолютная влажность воздуха для сушки, г/кг  
 $x'$  — относительная влажность воздуха, %  
 $t_V$  — время твердения или схватывания, ч, мин  
 $\alpha$  — угол скоса кромок, град  
 $\alpha$  — коэффициент теплопередачи, кДж/(м<sup>2</sup>·ч·К)  
 $\alpha_{Sch}$  — угол между направлением шлифования и последующей нагрузкой, град  
 $\alpha_{St}$  — угол струйной обработки, град  
 $\beta$  — угол, град  
 $\delta$  — коэффициент надежности клеевого соединения  
 $\gamma$  — угол обдува воздухом поверхности клеевого соединения, град  
 $\rho$  — плотность, г/см<sup>3</sup>  
 $\rho_V$  — удельное электросопротивление, Ом·см  
 $\sigma$  — напряжение материала детали, МПа  
 $\sigma_{g,2}$  — предел текучести материала детали, МПа  
 $\sigma_{bw}$  — предел прочности при знакопеременной нагрузке, МПа  
 $\tau, \tau'$  — предел прочности при растяжении и сдвиге, МПа  
 $\tau_{Sch D}, \tau_{Sch d}$  — предел выносливости при циклическом нагружении, МПа

## 8.2. ГРАФИЧЕСКОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ

ТАБЛИЦА 8.1

СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЙ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение	Наименование
	Перемещение электрода вручную *1		Однофазный трансформатор
	Механическое перемещение электрода		Регулируемый трансформатор
	Контакт электрододержателя с кабелем питания		Амперметр, измеритель тока
	Сопло защитного газа		Вольтметр
	Сопло горячего газа		Выпрямитель
	Плазменное сопло		Высоковольтный трансформатор 20 кВ
	Сопло для сварки под флюсом		Высоковакуумный насос
	Электрическая дуга		Форвакуумный насос
	Защитный газ, порошок		Блок энергонакопления
	Горячий газ		Направление действия силы, тепла, направленные движения
	Барaban электродной проволоки		Таймер
	Электрод (вольфрам, медь, графит и т. д.)		Электрод для роликовой сварки
	Сварочный электрод *2		Электрод для точечной сварки
	Заготовка с токоподводом		То же, с обогревом
	Источник питания *3		Электрод для рельсовой сварки
	Заземление		Двигатель привода
	В общем случае прибор или установка		Импульсный трансформатор
	Сопротивление		Ультразвуковой вибратор
	Емкость		Сонотрод (ультразвуковой сварочный элемент)
	Настроечный конденсатор		Ультразвуковая головка
	Индуктивность		Генератор высокой частоты
	Реле, защита		Источник излучения
			Витки нагревательной спирали
			Паяльник
			Нагревательный инструмент — нож (нагрев электросопротивлением)
			Нагревательный инструмент — зеркало (нагрев электросопротивлением)

Продолжение табл. 8.1

Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение	Наименование
	Инструмент для сварки горячим газом с устройством для получения воздуха		Подача
	Нагревательный клин (нагрев электросопротивлением)		Выдача
	Нагревательная лента		Передача
	Поле пламени		Продольный транспортер
	Индуктор		Стол с замкнутым транспортером
	Электронный излучатель		Стол с движущейся поверхностью
	Лазерный излучатель		Светвление
	Охлаждение		Соединение
	Станнина		Выстраивание
	Суппорт для создания осевого усилия		Позиционирование
	Круглый стол-переключатель		Качание
	Кольцевой стол-переключатель		Вращение
	Барабанная машина		Переворачивание
	Бункеровка		Определение
	Штабелирование		Зажим
	Укладка		Освобождение
			Проверка наличия
			Проверка положения
			Идентификация

\*1 а — проволока; б — лента; в — порошковая проволока; г — полоса. \*2 Только для дуговой и ультразвуковой сварки. \*3 = постоянный ток; ~ переменный; — прямая полярность; + обратная полярность (для постоянного тока).



### 8.3. ТИПЫ СТЫКОВ, ФОРМА СОЕДИНЕНИЙ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ

#### 8.3.1. ТИПЫ СТЫКОВ И ФОРМЫ СОЕДИНЕНИЙ

Таблица 8.2. Структура соединений

Код	Рисунок	Усл. обозн.	Обозначение сочетания	
			Виды стыка	Формы поперечного сечения
ST		$\neq$	Встык	Лист-лист
		$\neq$		Профиль-профиль
		$\neq$		Профиль-лист
Ü		$\neq$	Внахлестку	Лист-лист
		$\neq$		Профиль-профиль
		$\neq$		Профиль-лист
PA		$\neq$	Параллельно	Лист-лист
		$\neq$		Профиль-профиль
		$\neq$		Профиль-лист
WI		$\perp$	Угол	Лист-лист
		$\perp$		Профиль-профиль
		$\perp$		Профиль-лист

ТАБЛИЦА 8.3

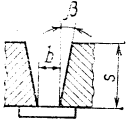
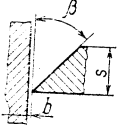
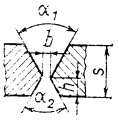
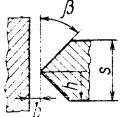
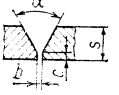
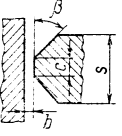
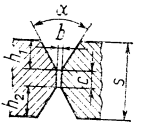
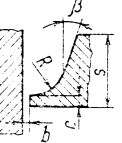
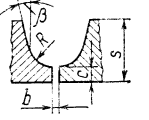
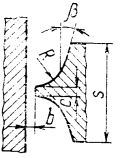
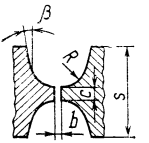


#### ТИПЫ СТЫКОВ

№ пп.	Название	Признаки	Схема
1	Встык	Детали лежат в одной плоскости	
2	Внахлестку	Детали перекрывают друг друга	
3	Параллельное	Одна деталь лежит на другой широкой гранью	
4	Вторец, в тавр	Одна деталь под прямым углом к другой соединяется с ней торцовой поверхностью	
5	Вкрест	Между двумя стыкующимися торцевыми поверхностями деталей укладывается под прямым углом третья деталь	
6	Косое соединение	Одна деталь стыкуется наклонно с другой	
7	Угловое соединение	Две детали соединяются своими торцевыми поверхностями под любым углом по отношению друг к другу	
8	Многостыковое соединение	Три и более детали стыкуются под любым углом по отношению друг к другу	

ТАБЛИЦА 8.4

#### ФОРМЫ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПО TGI. 14905

Схема, форма соединения	Наименование
<p>1 </p>	Встык без скоса кромок
<p>2 </p>	Встык с отбортовкой двух кромок
<p>3 </p>	Встык с V-образной разделкой двух кромок

Схема, форма соединения	Наименование	Схема, форма соединения	Наименование
4 	Фланговый шов с крутым скосом кромок	10 	Встык с V-образной разделкой одной кромки
5 	Встык с двусторонней симметричной V-образной разделкой кромок	11 	Встык с K-образной разделкой кромок
6 	Встык с V-образной разделкой кромок	12 	Встык с K-образной разделкой кромок с притуплением
7 	Встык с двусторонней симметричной V-образной разделкой кромок	13 	Встык с криволинейной разделкой одной кромки
8 	Встык с «рюмкообразной» разделкой кромок	14 	Встык с двусторонней криволинейной разделкой одной кромки
9 	Встык с двусторонней «рюмкообразной» разделкой кромок	15 	Вторец
		16 	Вторец с разделкой кромок

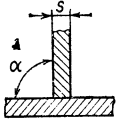
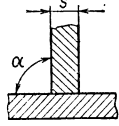
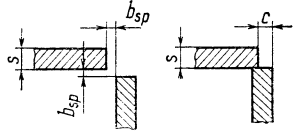






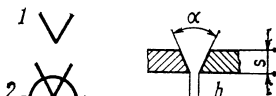
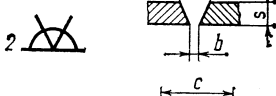
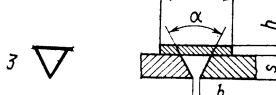
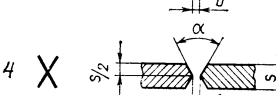
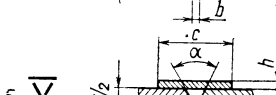
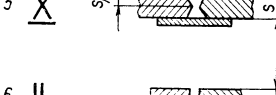

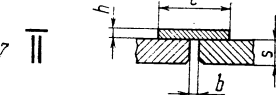

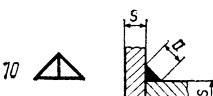

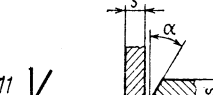
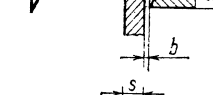

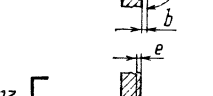
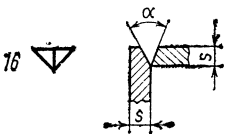
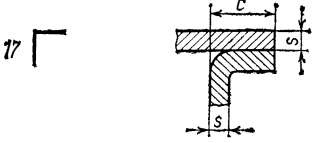
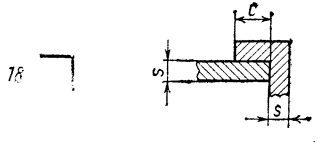
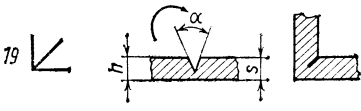
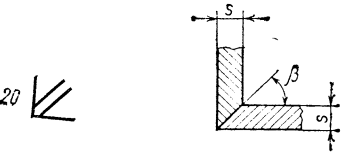


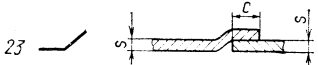
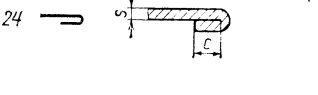
Схема, форма соединения	Наименование
17 	В тавр
18 	В тавр двустороннее без разделки кромок
19 	Угловое соединение
20 	Соединение с усилением
21 	Ребристое соединение
22 	Шов, выполненный роликовой сваркой с раздавливанием кромок
23 	Шов роликовой сварки
24 	Шов точечной сварки
25 	Шов рельефной сварки

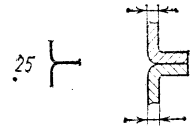
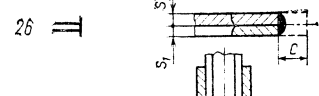
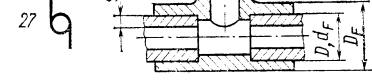
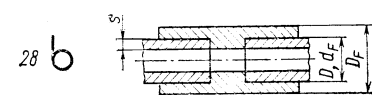

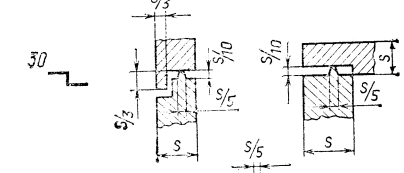
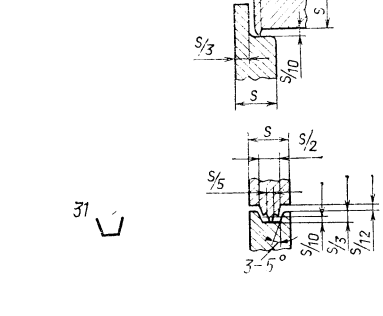
ТАБЛИЦА 8.5  
 ФОРМЫ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ ПЛАСТМАССОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

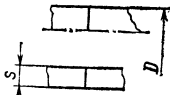
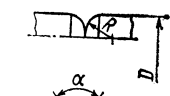
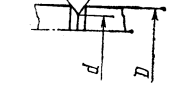
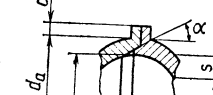
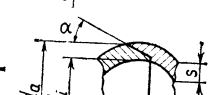
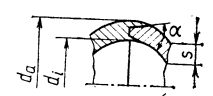

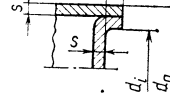
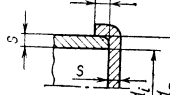
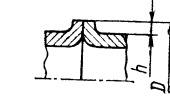
Схема, форма соединения	Наименование
	<p><i>Встык</i></p> <p>С V-образной разделкой кромок</p>
	<p>Встык с V-образной разделкой, корневая часть шва удалена, подварочный шов выполняется встречно</p>
	<p>Встык с V-образной разделкой и на подкладке</p>
	<p>Встык с двусторонней симметричной V-образной разделкой</p>
	<p>Встык с двусторонней симметричной V-образной разделкой кромок и на подкладке</p>
	<p>Встык без разделки кромок</p>
	<p>Встык без разделки кромок и на подкладке</p>
	<p>Косое соединение встык</p>
	<p><i>В тавр</i></p> <p>В тавр без разделки кромок</p>

Продолжение табл. 8.5

Схема, форма соединения	Наименование
	<p>В тавр двустороннее без разделки кромок</p>
	<p>Встык с V-образной разделкой одной кромки</p>
	<p>Встык с K-образной разделкой</p>
	<p>В выточку</p>
	<p>В прорезь</p>
	<p><i>Угловые соединения</i></p> <p>Угловое соединение с разделкой одной кромки</p>

Схема, форма соединения	Наименование
	<p>Угловое V-образное соединение с разделкой двух кромок</p>
	<p>Угловое соединение с отбортовкой одной кромки одностороннее</p>
	<p>Угловое соединение с усилением</p>
	<p>Угловое гнущее соединение</p>
	<p>Косое угловое соединение</p>
<p>Внахлестку</p>	<p>Внахлестку</p>
	<p>Внахлестку</p>
	<p>Внахлестку вустороннее без разделки кромок</p>
	<p>Внахлестку с отфланцовкой</p>
	<p>Внахлестку с загибом</p>

Схема, форма соединения	Наименование
	<p>Внахлестку с отбортовкой двух кромок</p>
	<p>В торец</p>
	<p>Соединение фитингов</p>
	<p>Соединение втулок</p>
<p>Специальные формы соединений при ультразвуковой сварке</p>	<p>Специальные формы соединений при ультразвуковой сварке</p>
	<p>Ультразвуковая сварка встык</p>
	<p>Ультразвуковая сварка ступенчатая</p>
	<p>Ультразвуковая сварка в выточку</p>

Схема, форма соединения	Наименование
<i>Специальные формы для тел вращения</i>	
32    	Встык без разделки кромок
33 ) 	Встык с галтелью
34 Y 	Встык с фаской
35    	Встык в замок
36 Y 	Встык косое
37    	В выточку
38 V 	Встык с V-образной разделкой кромок
39 L 	Угловое одностороннее с отбортовкой одной кромки
40 L 	Угловое соединение с усилением
41 T 	С отбортовкой двух кромок

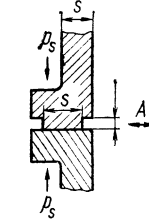
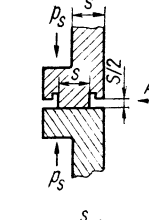
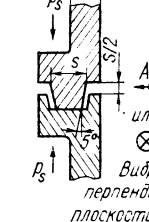
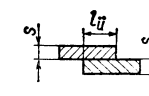
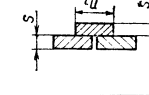
Схема, форма соединения	Наименование
<i>Специальные формы для угловых и линейных сварных соединений</i>	
42    	Встык с ребром в остаточном зазоре
43 U 	Встык с простой улавливающей зоной
44 U 	Вibroшов в выточку

ТАБЛИЦА 8.6

ФОРМЫ СОЕДИНЕНИЙ СКЛЕИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

Схема, форма соединения	Наименование
<i>Соединение плоских поверхностей</i>	
1 = 	Внахлестку с одной плоскостью склеивания
2    	На подкладке с одной плоскостью склеивания

Схема, форма соединения	Наименование
	Внахлестку с двумя плоскостями склеивания
	На подкладках с двумя плоскостями склеивания
	В ус
	Внахлестку с одной плоскостью склеивания и со скосом кромок
	Встык с V-образной разделкой кромок
<i>Соединение труб</i>	
	С внешней втулкой
	С внутренней втулкой
	Встык
	Соединение болтов
	С косым стыком

8.3.2. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ

Сварка плавлением

ТАБЛИЦА 3.7

СОЕДИНЕНИЕ СВАРКОЙ ПЛАВЛЕНИЕМ

Наименование	Изображение				
	схематическое	графическое		условное	
		общий вид	разрез	общий вид	разрез
<i>Стыковые швы</i>					
Встык с отбортовкой двух кромок	Л				
Встык без скоса кромок	П				
Встык с V-образной разделкой двух кромок	У				
Фланговый шов с крутым скосом кромок	ЛЛ				
Встык с двусторонней симметричной X-образной разделкой кромок	Х				
Встык с Y-образной разделкой кромок	У				
Встык с двусторонней симметричной Y-образной разделкой кромок	У				
Встык с «рюмкообразной» разделкой кромок	У				
Встык с двусторонней «рюмкообразной» разделкой кромок	У				
Встык с V-образной разделкой одной кромки	У				
Встык с К-образной разделкой кромок с притуплением	К				
Встык с Y-образной разделкой одной кромки	У				
Встык с К-образной разделкой кромок с притуплением	К				

Наименование	Изображение				
	схематическое	графическое		условное	
		общий вид	разрез	общий вид	разрез
Встык с криволинейной разделкой одной кромки	У				
Встык с двусторонней криволинейной разделкой одной кромки	У				
<i>Торцевые швы</i>					
Плоский шов	Ш				
С углублением	М				
<i>Швы таврового соединения</i>					
В тавр (видимое)	Д				
В тавр (невидимое)	Д				
В тавр двусторонне без разделки кромок	Д				
Угловое соединение	Д				
<i>Швы прочих видов</i>					
Побочный шов	Д				
Выровненный шов	Р				
Плоский шов	Д				
С усилением	Д				
С ослаблением	Д				
Обработанные поверхности шва	К				
С наложением подварочного шва	У				
С обратной стороны изделия	Д				

Соединение встык

Рис. 8.1. Эскизный рисунок

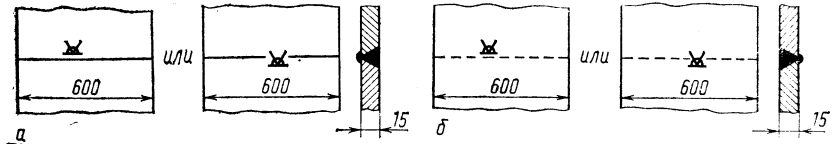
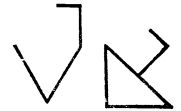


Рис. 8.2. V-образное соединение с подварочным слоем:  
а — поверхности шва видны; б — поверхности шва не видны

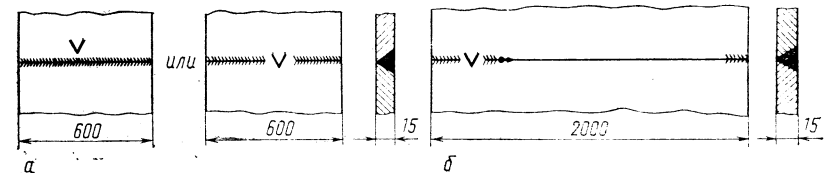


Рис. 8.3. V-образное соединение:  
а — особо выделенное; б — особо выделенное с указанием продолжения

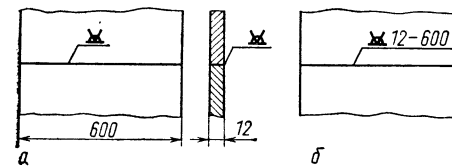


Рис. 8.4. Стыковое соединение:  
а — верхний слой виден, толщина листа 12, длина шва 600 мм (проставляются размеры детали); б — верхний слой виден, толщина листа 12, длина шва 600 мм (проставляются размеры шва)

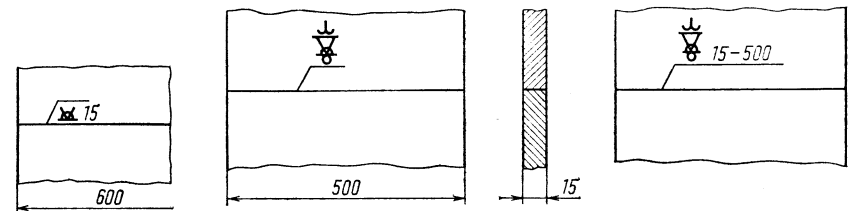


Рис. 8.5. Стыковое соединение. Верхний слой невидим, толщина листа 15, длина шва 600 мм

Рис. 8.6. Схема, дополнительное изображение и размерные данные

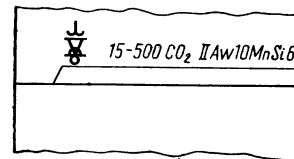


Рис. 8.7. Схема, дополнительное изображение, размерные данные, метод сварки, класс исполнения, положение шва при сварке и присадочный материал

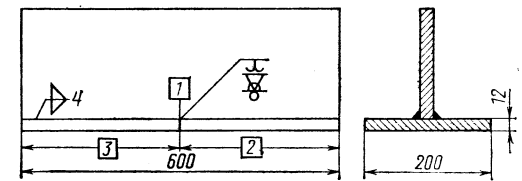


Рис. 8.8. Последовательность сварки (1—4)

## Соединения втавр

Рис. 8.9. Тавровое соединение:  
а — видно по всей длине; б — не-  
видно по всей длине

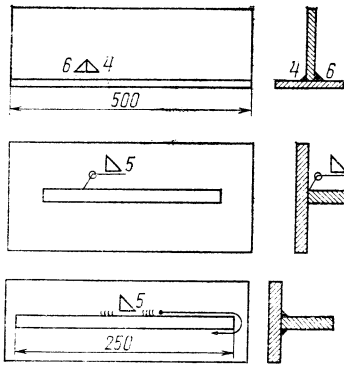
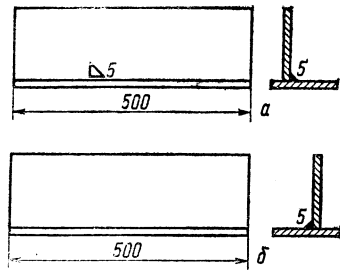


Рис. 8.10. Тавровое соединение, дву-  
стороннее

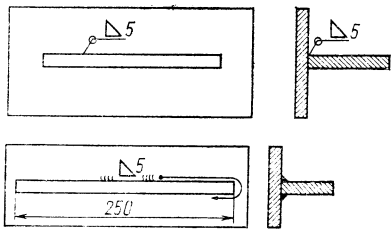


Рис. 8.11. Тавровое соединение по  
периметру

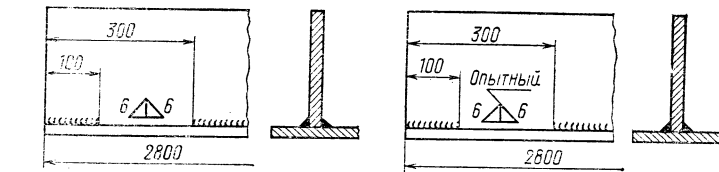


Рис. 8.12. Тавровое соединение, двустороннее, прерывистое

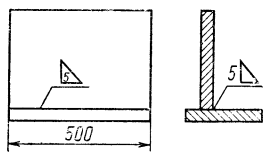


Рис. 8.13. Одностороннее тавровое соеди-  
нение, видимое;  $a = 5$  мм; длина углового  
шва 500 мм

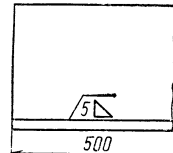


Рис. 8.14. Одностороннее тавровое соеди-  
нение, невидимое;  $a = 5$  мм; длина угло-  
вого шва 500 мм

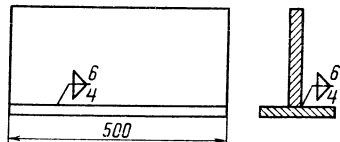


Рис. 8.15. Тавровое соединение без скоса  
крамок, двустороннее: шов во фронтальной  
проекции находится спереди,  $a = 6$  мм,  
длина шва 500 мм

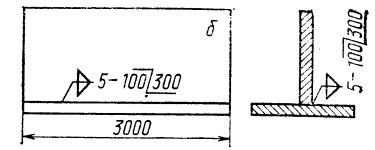
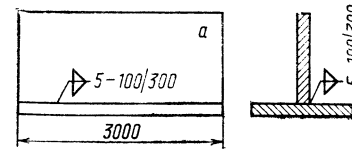


Рис. 8.16. Тавровое соединение,  
двустороннее, прерывистое,  $a =$   
 $= 5$  мм, длина детали 3000 мм, дли-  
на шва  $l = 100$  мм, шаг  $t = 300$  мм;  
а — прерывистое цепное; б — прерывистое шахматное

## Сварка давлением

### Соединения встык

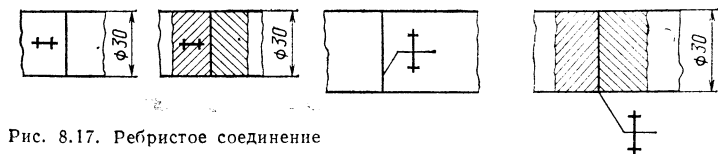


Рис. 8.17. Ребристое соединение

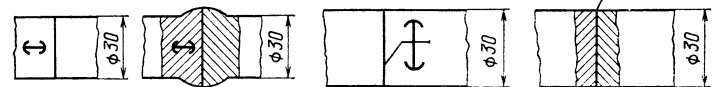


Рис. 8.18. Соединение с утолщением

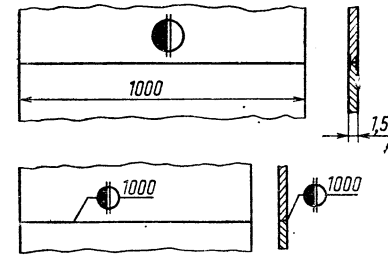


Рис. 8.19. Соединение тонких материалов

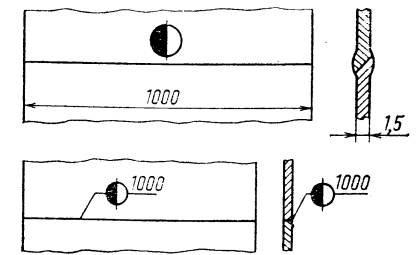


Рис. 8.20. Шов, выполненный роликовой  
сваркой с раздавливанием кромок

### Соединения внахлестку

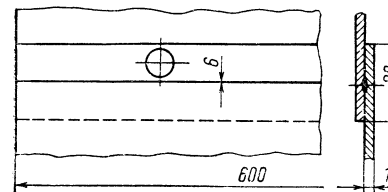


Рис. 8.21. Шов роликовой сварки. Шири-  
на шва  $d = 6$  мм, длина шва  $l =$   
 $= 600$  мм, перекрытие  $b = 20$  мм

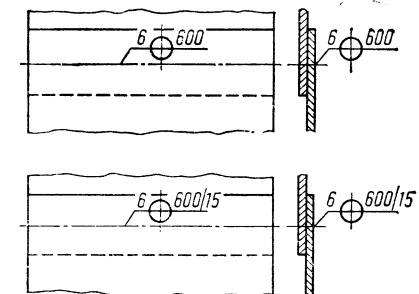


Рис. 8.22. Шов роликовой сварки



Рис. 8.23. Шов однорядной точечной сварки

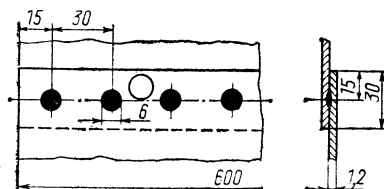


Рис. 8.24. Шов двухрядной точечной сварки

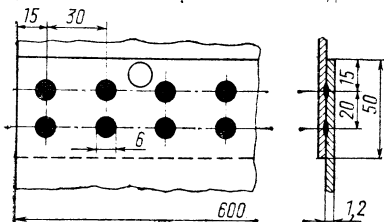


Рис. 8.25. Шов двухрядной точечной сварки, шахматный

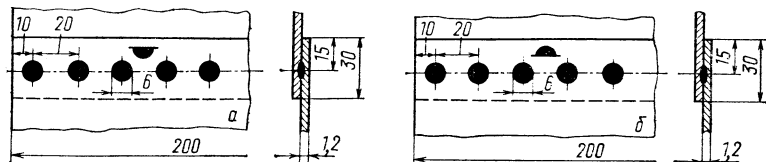
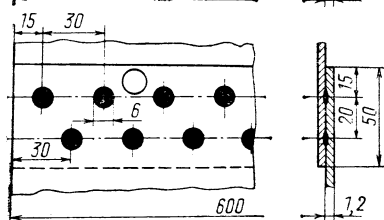


Рис. 8.26. Шов рельефной сварки:

*a* — рельеф на верхнем листе; *б* — рельеф на нижнем листе, диаметр рельефа  $v = 6$  мм; расстояние между выступами  $e_1 = 20$  мм, расстояние от кромки  $e_2 = 10$  или 15 мм; перекрытие  $b = 30$  мм

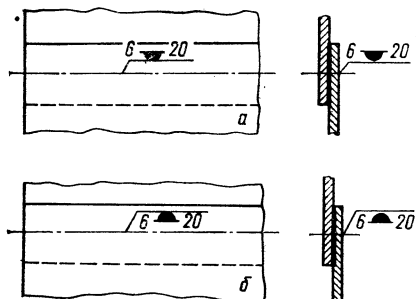
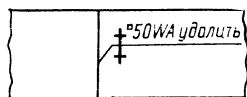


Рис. 8.27. Шов рельефной сварки: *a* — рельеф на верхнем листе; *б* — рельеф на нижнем листе

Рис. 8.28. Сваренная встык квадратная сталь (приведены схема, размерные данные, способ сварки и указания по обработке)



### Наплавка

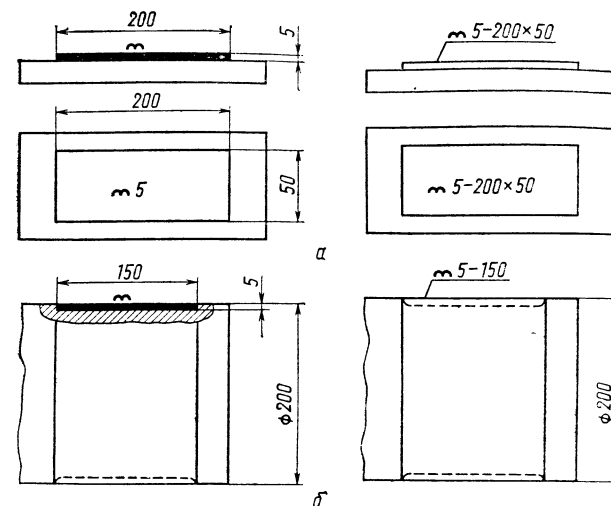


Рис. 8.29. Наплавка: *a* — лист; *б* — валок; слева — графическое изображение; справа — условное изображение

### 8.4. ПОЛОЖЕНИЕ ШВА ПРИ СВАРКЕ

ТАБЛИЦА 8.8

ПОЛОЖЕНИЕ ШВА ПРИ СВАРКЕ ПО TGL 4904, ЛИСТ 9

Изображение	Индекс принятый в ГДР	Индекс по RS18-62RGW	Наименование	Величина угла, град	
				$\alpha$	$\beta$
	$\omega$	A	Нижнее	0	0
	<i>h</i>	B	Горизонтальное	0	45
	<i>q</i>	C	То же, на вертикальной поверхности	0	90
	<i>h</i>	D	Полупотолочное	0	135
	<i>ii</i>	E	Потолочное	0	180
	<i>s</i>	V	Вертикальное снизу	90	0
	<i>f</i>	V	То же, сверху вниз	90	0

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### К разделу 1.1.10

- [1] *Pochodnja, I.K.; Suptel, A.M.; Slepakov, V.N.*: Schweißen mit Pulverdraht. Kiew: Naukova Dumka 1972.
- [2] *Elagin, A.B.; Weckslar, M.F.*: Lichtbogenschweißen mit Pulverdraht. Moskau: Strojmasch 1973.
- [3] *Pochodnja, I.K.; Slepakov, V.N.*: Schweißen mit Pulverdraht ohne zusätzlichen Gasschutz. ZIS-Mitt. 19 (1977) 9, S.1067-1076.
- [4] *Tilgner, E.*: Erprobung sowjetischer Pulverdrähte für Verbindungsschweißungen. ZIS-Mitt. 19 (1977) 9, S.1077-1083.

### К разделу 1.2.4.2

- [1] *Krohn, H.; Baehr, W.*: Automatisches Schweißen von Rohrbögen und -reduzierungen. ZIS-Mitt. 18 (1976) 10, S.982-985.
- [2] *Paasch, M.*: Schweißen von Rohrverschleiß mit dem MBL-P-Verfahren. ZIS-Mitt. 19 (1977) 10, S.1185-1188.
- [3] *Penning, E.*: MBL-Schweißen von Rohr-Flanschverbindungen. Schweißtechnik 25 (1975) 4, S.147-149.
- [4] *Krohn, H.*: Schweißen austenitischer Rohre. ZIS-Mitt. 19 (1977) 10, S.1189-1192.
- [5] *Rhau, D.*: MBL-Schweißen – ein erfolgreiches Rationalisierungsmittel zur Intensivierung der Schweißtechnik im Berliner Wohnungsbau. ZIS-Mitt. 19 (1977) 10, S.1180-1185.
- [6] *Burmeister, J.; Sachse, V.*: Schweißen mit magnetisch bewegtem Lichtbogen – ein modernes Fügeverfahren. ZIS-Mitt. 18 (1976) 10, S.986-992.
- [7] *Penning, E.; Walkewitz, K.*: Einsatz des MBL-Preßschweißverfahrens im Kraftwerksanlagenbau. Schweißtechnik 28 (1978) 1, S.35-37.
- [8] *Schlebeck, E.; Penning, E.*: Materialökonomie durch das MBL-Schweißen. ZIS-Mitt. 18 (1976) 10, S.973-981.
- [9] *Grutke, W.; Hesse, E.*: MBL-Werkstattgerät ZIS 786. ZIS-Mitt. 15 (1973) 11, S.1226 bis 1230.
- [10] *Penning, E.*: MBL-Werkstattgerät ZIS 786 mit Doppelkopf. ZIS-Mitt. 19 (1977) 10, S.1177-1179.
- [11] Verfahrensfreigabe für die MBL-Preßschweißung. ZIS-Informationsbl. M 580-75.
- [12] Verfahrensfreigabe für die MBL-Preßschweißung von Rohr-Vorschweißflansch-Verbindungen. ZIS-Informationsbl. M 588-75.
- [13] Verfahrensfreigabe für das MBL-Preßschweißen von austenitischen CrNi-Stahlrohren. ZIS-Informationsbl. M 626-76.
- [14] *Burmeister, J.*: Stromprogramm für das Schweißen mit magnetisch bewegtem Lichtbogen. ZIS-Mitt. 19 (1977) 10, S.1193-1200.

### К разделу 1.2.5.2

- [1] *Fröhlich, F.F.*: Über das Perkussionsschweißen und seine Anwendungen. Schweißtechnik 20 (1970) 9, S.399-403.
- [2] *Richter, D.*: Beitrag zur Ermittlung günstiger Arbeitswerte für das Drahtfeinschweißen am Beispiel des Perkussions-, Widerstands- und WIG-Schweißens und der Werkstoffe Nickel und Aluminium. Diss. TH Karl-Marx-Stadt, Fakultät für Maschineningenieurwesen 1971.
- [3] *Moravskij, V.E.; Kalenko, D.M.* u.a.: Perkussionsschweißen von 6 mm Draht an Platten. Avtom. svarka (1975) 4.
- [4] *Bakardjev, V.; Doiniv, E.; Doitschinov, E.*: Bolzenschweißen nach dem Kondensator-entladungsverfahren. ZIS-Mitt. 19 (1977) 3, S.399-404.

### К разделу 1.2.6

- [1] *Langer, W.*: Abbrennstumpfschweißungen. Schweißtechnik 22 (1970) 10, S.1640-1631.
- [2] *Langer, W.; Penning, E.*: Haupteinflussfaktoren beim Abbrennstumpfschweißen. ZIS-Mitt. 13 (1971) 10, S.1444-1452.
- [3] *Penning, E.; Langer, W.*: Rechnerische Erfassung von Einflußgrößen für das Abbrennstumpfschweißen. ZIS-Mitt. 13 (1971) 10, S.1438-1443.
- [4] *Langer, W.*: Gehrungsschweißen an Großoberflächenquerschnitten. ZIS-Mitt. 12 (1970) 10, S.1440-1451.
- [5] *Heinson, K.*: Zerstörungsfreie Untersuchungen zur Nahtwertigkeit von Abbrennstumpfschweißungen. ZIS-Mitt. 13 (1971) 10, S.1466-1475.
- [6] *Winterstein, H.; Langer, W.*: Möglichkeiten zur Qualitätsbeurteilung und Überwachung der Schweißparameter beim Abbrennstumpfschweißen. ZIS-Mitt. 13 (1971) 10, S.1453 bis 1465.
- [7] Hinweise zur Auswahl und Bewertung sowie Richt- und Einstellwerte zur Benutzung von Widerstands-Abbrennstumpfschweißmaschinen. VEB LEW Hans Beimler Hennigsdorf.
- [8] *Tomow, H.*: Anlagen und Ausrüstungen der Widerstandsschweißtechnik als Rationalisierungsmittel in hochproduktiven Fertigungsprozessen. Schweißtechnik 24 (1972) 1, S.5-9.
- [9] *Langer, W.*: Abbrennstumpfschweißen von Werkzeugstählen. Schweißtechnik 25 (1975) 10, S.450 und 451.

### К разделу 1.2.7

- [1] *Ulrich, D.; Becker, H.*: Neuentwickelte Band-Stumpf-Schweißmaschine BSG 32/45. ZIS-Mitt. 18 (1976) 4, S.406-408.

### К разделу 1.2.8

- [1] Richt- und Einstellwerte zur Benutzung von Widerstandspunkt- und Nahtschweißmaschinen. Betriebsschrift des VEB LEW Hennigsdorf.
- [2] TGL 11776/02 Ausführungsklassen – Widerstandspunktschweißen von Stahl.
- [3] *Fritzsche, W.; Hüttner, H.*: Widerstandsschweißen. TWA Nr.95/1. und 95/5. Halle: Zentralinstitut für Schweißtechnik der DDR 1976 und 1975.
- [4] *Brunst, W.*: Das elektrische Widerstandsschweißen. Berlin: Springer Verlag 1952.
- [5] *Pfeifer, L.*: Fachkunde des Widerstandsschweißens. Essen: Girardet Verlag 1969.
- [6] – Widerstandsschweißen VI und Mikrofügeverfahren III. Düsseldorf: Deutscher Verlag für Schweißtechnik 1973.
- [7] *Frügel, F.*: Das Kondensator-Impulsschweißen: Schweißen und Schneiden 12 (1960) 1.
- [8] *Eohtermeyer, F.*: Bisher im ZIS entwickelte Kondensator-Impulsschweißmaschinen und ihre Einsatzmöglichkeiten in der Industrie. ZIS-Mitt. 6 (1964) 6, S.988-997.
- [9] *Tschakalew, A.; Korjakowski, O.Z.*: Kondensatorimpulsschweißen von Bauelementen. Schweißtechnik 23 (1973) 9, S.411-413.
- [10] *Batschewarow, St.*: Technologie und Vorrichtungen zum Kondensator-Impulsschweißen von Kleinteilen. Schweißtechnik 23 (1973) 9, S.413-415.
- [11] *Scheel, W.*: Elektrisches Widerstandsschweißen für Kleinteile. ZIS-Informationsbl. M 549-74.

### К разделу 1.2.11.1

- [1] *Herden, G.*: Schweiß- und Schneidtechnologie. Berlin: VEB Verlag Technik 1969.
- [2] *Deubel, G.; Heller, K.*: Herstellung längsnahtgeschweißter Rohre. ZIS-Mitt. 4 (1962) 11, S.1152ff.

### К разделу 1.2.11.2

- [1] *Benkovsky, G.*: Induktionserwärmung. Berlin: VEB Verlag Technik 1973.

### К разделу 1.2.12

- [1] *Vill, W.I.*: Reibschweißen der Metalle. Leningrad: Verlag Maschinostrojenie 1970.
- [2] *Neumann, A.; Buchholz, S.*: Fertigungsmittel für das Reibschweißen. TWA Nr.85 des ZIS Halle 1971.
- [3] *Buchholz, S.; Schober, D.*: Konstruktive Gestaltung von Reibschweißverbindungen. Schweißtechnik **24** (1974) 11, S.509-512.
- [4] RGW-Forschungsberichte zum Thema „Reibschweißen“ 1969 bis 1973.
- [5] Autorenkollektiv: Handbuch Reibschweißen – Richtlinien f. Technologie, Konstruktion und Anwendung. TH Karl-Marx-Stadt, VEB WTZ GUK, Dresden 1976.

### К разделу 1.2.13

- [1] *Silin; Balandin*: Ultraschallschweißen. Moskau: Verlag Maschgis 1962.
- [2] *Maronna, G.; Weiß, B.*: Das Ultraschallschweißen – ein Überblick. Schweißtechnik **15** (1965) 4.
- [3] *Mazur, A.I.; Alechin, V.L.*: Intensivierung des Vorgangs der Verbindungsbildung beim Ultraschallschweißen. Svar. Proizvod. (1973) 8, S.24-26.
- [4] *Cholopov, Ju. V.*: Derzeitiger Stand des Ultraschallschweißens und seine Entwicklungsperspektiven. Svar. Proizvod. (1975) 8, S.38 und 39.
- [5] *Scheel, W.; Labs, J.; Schauer, L.*: Mikroschweißverfahren – Kleinserienfertigung. Schweißtechnik **25** (1975) 9, 405-407.

### К разделу 1.2.14

- [1] *Wiesner, P.*: Die Anwendungsmöglichkeiten des Diffusionsschweißens. ZIS-Mitt. **11** (1969) 1.
- [2] *Ehrhardt, H.*: Diffusionsschweißen. Forschungsbericht des ZIS Halle SK 70-11.
- [3] *Kazakov, N.*: Diffusionsschweißen und Diffusionsmetallurgie. Zvaranie **22** (1973) 8, S.225 bis 228.
- [4] *Günther, W.D.*: Praktische Erfahrungen bei der Anwendung des Diffusionsschweißverfahrens. ZIS-Mitt. **18** (1976) 1, S.56-65.
- [5] *Günther, W.D.; Mehlhorn, H.; Wiesner, P.*: Diffusionsschweißen. Berlin: VEB Verlag Technik 1978.

### К разделу 1.2.15

- [1] *Passauer, D.*: Thermokompressionsschweißen – Definition und Verfahrensbeschreibung. ZIS-Informationsbl. M 446-70.
- [2] *Rossoschinskij, A.A.; Tabeljew, W.D.; Lebiga, W.A.; Kislizin, W.M.*: Mikropreßschweißen. Kiew: Verlag Technik 1971.

### К разделу 1.2.16

- [1] *Baranow, U.B.*: Kaltschweißen plastischer Metalle. Moskau: Verlag Maschgis 1962.
- [2] *d'Angelo, R.*: Die Anwendung des Kaltpreßschweißens in der DDR. ZIS-Mitt. **11** (1969) 1.
- [3] *Blume, F.; Stefanescu, A.*: Kaltpreßschweißen in der metallverarbeitenden Industrie. Schweißtechnik **24** (1974) 9, S.389-392.
- [4] ZIS: Untersuchung des Kaltpreßschweißvorganges während des Stauchvorgangs. Inform. Mat., Kiev (1974) 1, S.43 und 44.
- [5] *d'Angelo, R.*: Verbindungsbildung beim Kaltpreßschweißen von Verbundkörpern. Schweißtechnik **24** (1974) 5, S.210-213.

### К разделу 1.2.17

- [1] *Wodara, J.*: Explosionsschweißen – ein Kaltpreßschweißen mit extrem kurzen Schweißzeiten. Schweißtechnik **13** (1963) 10.
- [2] *Rockschieß, H.*: Schweißen von Titan und dessen Einsatz im chemischen Apparatebau. Schweißtechnik **26** (1976) 9.
- [3] *Mertins, W.*: Verbesserung des ökonomischen Werkstoffeinsatzes durch Explosionsplattieren. IFL-Mitt. **10** (1971) 5, S.164.

### К разделу 1.5

- [1] *Herden, G.*: Schweiß- und Schneidtechnologie. Berlin: VEB Verlag Technik 1969.
- [2] *Beckert, M.; Neumann, A.*: Grundlagen der Schweißtechnik – Schweißverfahren, 7. Aufl. Berlin: VEB Verlag Technik 1977.
- [3] *Jahre, H.*: 999 + 1 Hinweise für den Schweißtechnologen. TWA Nr.87 Halle: Zentralinstitut für Schweißtechnik der DDR 1973.
- [4] *Thieme, G.*: Fachkunde für Schweißer. Bd.1. Berlin: VEB Verlag Technik 1978, Bd.2, 1976.
- [5] *Dienst, H.*: Zulässige Maßabweichungen in Schweißkonstruktionen. Der Praktiker (1976) 7, S.128-130.
- [6] *Petrov, G.L.; Tumajev, A.S.*: Theorie des Schweißprozesses. Moskau: Wjsschaja Schkola 1977.
- [7] *Erodim, A.A.*: Grundlagen des Schmelzschweißens. Moskau: Maschinostrojenije 1973.
- [8] *Akulov, A.L.; Beltschuk, G.A.; Demjancewitsch, W.P.*: Technologie und Ausrüstungen des Schmelzschweißens. Moskau: Maschinostrojenije 1977.
- [9] *Maronna, G.; Scheel, W.; Labs, S.*: Fügeverfahren. Lehrbrief für das Hochschulfernstudium 9416/1, 1973.
- [10] Zentralaktiv Schweißtechnik des MfC: Standards für Schweißelektroden.

### К разделу 2

- [1] TGL 9253: Plaste; Schweißstäbe aus Polyvinylchlorid.
- [2] TGL 2847/07: Schweißerprüfungen; Prüfung von Plastschweißern.
- [3] TGL 14903/01: Schweißtechnik; Plaste; Schweißen von hartem Polyvinylchlorid (PVC-hart).
- [4] TGL 14903/02: Schweißtechnik; Plaste; Schweißen von weichem Polyvinylchlorid (PVC-weich).
- [5] TGL 14903/03: Schweißtechnik; Plaste; Schweißen von Polyäthylen.
- [6] ZIS-Richtlinie R 431-72: Richtlinien für die Bezeichnung von Schweißverbindungen an PVC-hart-Konstruktionen; Grundbegriffe, Sinnbilder, Darstellungsweisen.
- [7] ZIS-Richtlinie R 433-72; Bestimmung der Schweißigenschaften von Thermoplasten.
- [8] ZIS-Richtlinie R 461-73: Richtlinie für die Oberflächenbeschichtung mit PVC-S-weich-Bahnen.
- [9] *Schrader, W.; Pannier, W.*: Kunststoffhalbzeug-Verarbeitung und -Schweißung. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1979.
- [10] *Röber, H.; Vowinkel, H.*: Kunststoffe im Apparatebau I. München: Carl Hanser Verlag 1972.
- [11] *Trostjanskaja, E.B.; Kamarov, G.W.; Schischkin, W.A.*: Plastschweißen. Moskau: Maßgüß 1967.
- [12] ZIS-Richtlinie R 03/01 (2. Entwurf 10.74): Richtlinien für den Nachweis der Sicherheit von geschweißten Bauelementen; Schweißverbindungen aus Thermoplasten.
- [13] *Colditz, W.*: Plastschweißautomat ZIS 660. ZIS-Mitt. **13** (1971) 7, S.921-927.
- [14] *Trochold, L.; Schaaf, W.*: Maschine zum Gehrungsschweißen von Rahmen aus extrudierten Plastprofilen. ZIS-Mitt. **13** (1971) 7, S.928-935.

- [15] *Funk, H.J.*: Vorrichtung an PE-Plastschweißmaschinen zur Schweißflächenbearbeitung. ZIS-Mitt. **13** (1971) 7, S. 936-940.
- [16] *Tobias, W.*: Trennmittel für Heizelement-Schweißwerkzeuge. ZIS-Mitt. **13** (1971) 7, S. 941 bis 947.
- [17] *Steinicke, H.E.; Ohe, J. v. d.*: Baueinheiten für Heizelement-Schweißautomaten ZIS 660 1. ZIS-Mitt. **15** (1973) 7, S. 737-745.
- [18] *Schaaf, W.*: Schweißgerät für Plastrohre ZIS 758 - Beitrag zur Rationalisierung der Rohrverlegung. ZIS-Mitt. **15** (1973) 7, S. 746-752.
- [19] *Colditz, W.; Tobias, W.*: Heizelementschweißen. TWA Nr. 91, Halle: Zentralinstitut für Schweißtechnik der DDR 1973.
- [20] *Steinicke, H.E.*: Segmentbogenschweißmaschine ZIS 665. ZIS-Mitt. **17** (1975) 7, S. 741 bis 749.
- [21] *Tobias, W.*: Stumpfschweißen von S-PVC-H-Halbzeugen mit profilierten Heizelementen. ZIS-Mitt. **17** (1975) 7, S. 758-768.
- [22] *Colditz, W.; Einert, S.*: Automatisches Schweißen von Elektrolyt-Kondensatoren auf der Schweißanlage ZIS 838. ZIS-Mitt. **17** (1975) 7, S. 732-740.
- [23] *Schwarz, H.*: Schlußfolgerungen aus Verfahrensanalysen zum Heizelementstumpfschweißen von Thermoplasten. ZIS-Mitt. **19** (1977) 1, S. 149-158.
- [24] *Kaliske, G.; Drey, M.*: Neue Erkenntnisse der Plastographie, dargestellt am Beispiel heizelementgeschweißter Polyäthylenstumpferverbindungen. Plaste und Kautschuk, **24** (1977) 2, S. 83-87.
- [25] Gölzathen-Rohre, Gölzathen- und Gölzalit-Fittings. Druckschrift des VEB Orbitaplast, Weißandt-Gölzau 1971.
- [26] Polyäthylenrohre und Rohrverbindungselemente. Druckschrift des VEB Orbitaplast, Weißandt-Gölzau 1972.
- [27] *Brinke, G.*: Kontinuierlich arbeitendes Folienschweißaggregat ZIS 625 und sein Einsatz. ZIS-Mitt. **13** (1971) 7, S. 958-966.
- [28] *Hermann, B.*: Temperaturregelsystem des Folienschweißaggregats ZIS 625. ZIS-Mitt. **13** (1971), S. 967-971.
- [29] *Kamenarov, G.; Bergholz, G.*: Zum Entwicklungsstand des Extrusionsschweißens von Plasten. ZIS-Mitt. **15** (1973) 7, S. 769-778.
- [30] *Bergholz, W.; Werner, M.*: Ergebnisse von Untersuchungen zum Extrusionsschweißen von Polyäthylen. ZIS-Mitt. **15** (1973) 7, S. 779-785.
- [31] *Gumm, P.; Hausdörfer, D.; Muth, W.*: Extrusionsschweißen. ein neues Verfahren zum Verbinden dickwandiger Teile aus Hart-Polyäthylen. Kunststoffe **61** (1971) 2, S. 108-114.
- [32] *Solover, W.P.; Mazjuk, L.N.; Solowewa, W.A.*: Kontakt-Extrusionsschweißen von Plasten. Svar. privzv. **40** (1970) 2, S. 24 und 25.
- [33] *Solover, W.P.; Mazjuk, L.N.*: Mechanische Eigenschaften von extrusionsgeschweißten PE-Verbindungen. Svar. privzv. **40** (1970) 5, S. 38-40.
- [34] *Bernstein, G.*: Ausarbeitung einer Aufgabenstellung für die Entwicklung einer Versuchseinrichtung zum Extrusionsschweißen. Abschlußarbeit des PG-Studiums. TH Karl-Marx-Stadt 1972.
- [35] *Colditz, W.*: Aufbau einer Extrusions-Schweißanlage für Thermoplaste. ZIS-Mitt. **18** (1976) 7, S. 698-709.
- [36] *Pauer, A.*: Reibschweißen von Plasten mittels Reibelements. ZIS-Mitt. **12** (1970) 7, S. 844 bis 851.
- [37] *Nöckel, S.*: Reibschweißen von Plasten mit oszillierendem Reibelement. ZIS-Mitt. **13** (1971) 7, S. 948-957.
- [38] *Nöckel, S.; Schuld, W.*: Reibschweißen von Plastrohren. Schweißtechnik **25** (1975) 4, S. 164-167.
- [39] *Nöckel, S.*: Probleme des Plast-Reibschweißens. ZIS-Mitt. **16** (1974) 10, S. 1264-1272.
- [40] *Nöckel, S.; Eigenmann, A.*: Reibschweißen von Plastrohren unter Baustellenbedingungen. ZIS-Mitt. **17** (1975) 10, S. 1165-1169.
- [41] *Schwarz, H.*: Vergleich von Heizelement-Stumpfschweißen und Reibschweißen von Plastrohren. ZIS-Mitt. **17** (1975) 10, S. 1170-1173.
- [42] *Brinke, G.*: Ultraschallschweißen von Formteilen. ZIS-Mitt. **12** (1970) 7, S. 852-860.
- [43] *Brinke, G.; Weber, S.*: Wirkung von Konzentratoren beim US-Schweißen von Plastrohrenteilen. ZIS-Mitt. **14** (1972) 7, S. 837-844.
- [44] *Brinke, G.*: Amplitudenmessung an Ultraschall-Schwing-Werkzeugen. ZIS-Mitt. **15** (1973) 7, S. 753-760.
- [45] *Weber, S.*: Schalleinleitung beim US-Plastschweißen. ZIS-Mitt. **15** (1973) 7, S. 761-768.
- [46] *Menges, G.; Potente, H.*: Neue Erkenntnisse beim Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen - US-Schweißen. Plastverarbeiter **21** (1970) 5, S. V 1-V 11.
- [47] *Potente, H.*: Energieumwandlung beim US-Schweißen. Plastverarbeiter **22** (1971) 8, S. 556-562; **22** (1971) 9, S. 653-658.
- [48] *Brinke, G.*: Ultraschallschweißen von metallbedampften Plastrohrenteilen. ZIS-Mitt. **17** (1975) 7, S. 750-757.
- [49] *Beckert, M.; Martinek, I.; Brinke, G.*: Verfahren und Einrichtungen der Ultraschallschweißbeignung von Thermoplasten. ZIS-Mitt. **18** (1976) 7, S. 670-676.
- [50] *Volkow, S.S.; Oslov, J.; Schwujak, B.J.*: Swarka Plastmass Ultraswukom. Moskau: Chemie-Verlag 1974.
- [51] *Steinicke, H.E.*: Lichtstrahlschweißen von Thermoplasten. ZIS-Mitt. **12** (1970) 7, S. 829 bis 843.
- [52] *Görmann, Kl.-P.*: Beispiele für das Erwärmen mit Lichtstrahlen. ZIS-Mitt. **14** (1972) 7, S. 824-828.
- [53] *Steinicke, H.E.*: Versuche mit Lichtstrahlern. ZIS-Mitt. **15** (1973) 7, S. 786-797.
- [54] *Görmann, Kl.-P.*: Schweißen dünner Folien mit Lichtstrahler. ZIS-Mitt. **18** (1976) 7, S. 710-713.
- [55] *Stambrau, J.*: CO<sub>2</sub>-Gaslaser in der Kunststoffverarbeitung. Kunststoffberater (1977) **3**, S. 129 und 130.
- [56] *Nenzel, M.; Hofmann, J.; Herforth, H.*: Einsatzmöglichkeiten des Lasers zum Schneiden von Kunststoffhalbzeugen für den Apparatebau. Plastverarbeiter **27** (1976) 1, S. 1-8.
- [57] *Steinicke, H.E.*: Physikalische Vorgänge und Erscheinungen beim Plastschweißen. ZIS-Mitt. **13** (1971) 7, S. 908-919.
- [58] *Abele, G.F.*: Hochfrequenzschweißtechnik. Speyer: Zechner & Hüttig Verlag 1973.

### К разделу 3

- [3.1] *Lüder, E.*: Handbuch der Löttechnik, Berlin: Verlag Technik GmbH 1952.
- [3.2] *Ladret, L.*: Widerstandshartlöten. Schweißtechnik **16** (1965) 5, S. 206-209.
- [3.3] *Mehra, H.I.*: Technique for Resistance brazing of thin Copper Conductors. Welding Journal **52** (1973) 10, S. 652-657.
- [3.4] *Böhme, H.; Schlegel, H.*: Diffusionslötten von Schaltkontakten auf Widerstandschweißmaschinen. ZIS-Mitt. **16** (1974) 3, S. 275-286.
- [3.5] *Benkowsky, G.*: Induktionserwärmung. Berlin: VEB Verlag Technik 1973.
- [3.6] *Wolf, H.-J.*: Beitrag zur effektiven Nutzung des HF-Induktionslötens. Diss. TH Karl-Marx-Stadt 1975.
- [3.7] *Wiesner, P.*: Neue Energiequellen für die Schweißtechnik. ZIS-Mitt. **11** (1969) 1.
- [3.8] *Klose, J.*: Erfahrungen beim Einsatz von Lichtstrahlen zum Löten. Schweißtechnik **24** (1974) 2, S. 71-73.
- [3.9] *Bernsdorf, G.; Rubel, W.*: Löttechnik für den Praktiker. TWA-Nr. 67, ZIS Halle (Saale).
- [3.10] *Preußner, G.*: Schwallötmaschinen zum automatischen Löten bestückter Leiterplatten. ZIS-Mitt. **15** (1973) 4, S. 404-412.
- [3.11] *Rapsch, M.; Franz, K.*: Hartlöten unter Schutzgas in elektrisch beheizten Industrieöfen. ZIS-Mitt. **16** (1973) 4, S. 438-453.
- [3.12] *Lange, H.*: Anwendung des Hochttemperaturlötens im Vakuum zum stoffschlüssigen Verbinden warmfester Legierungen. Metall **26** (1972) 8, S. 814-820.

- [3.13] *Bernsdorf, G.*: Wirtschaftliches Löten im Grobvakuum. ZIS-Mitt. 15 (1973) 4, S.433 bis 437.
- [3.14] *Zimmermann*: Hartlöten – Regeln für Konstruktion und Fertigung. Fachbuchreihe Schweißtechnik Nr. 52. Düsseldorf: Deutscher Verlag für Schweißtechnik.
- [3.15] *Dittmann, B.*: IfL-Katalog, Teil „Löten“. Dresden: Institut für Leichtbau 1974.
- [3.16] *Beckert, M.; Neumann, A.*: Grundlagen der Schweißtechnik-Löten. Berlin: VEB Verlag Technik 1977.

#### К разделу 4

- [1] TGL 24006: Klebstoffe und Klebstoffverarbeitung; Begriffe.
- [2] TGL 26446/01: Klebstoffe und Klebverbindungen; Formelzeichen für Prüfung.
- [3] TGL 26446/02: Klebstoffe und Klebverbindungen; Begriffe für Prüfung.
- [4] TGL 14910/01-05: Prüfung von Metallklebverbindungen (Oberflächenbehandlung; Zug-scherversuch; Winkelschälversuch; Druckscherversuch; Schwellversuch).
- [5] *Schrader, W.; Pannier, W.*: Die Kunststoff-Verarbeitung und -Schweißung. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1979.
- [6] *Schwarz, H.; Schlegel, H.*: Metallkleben und glasfaserverstärkte Plaste in der Technik. Berlin: VEB Verlag Technik 1974.
- [7] *Dimter, L.; Gerbet, D.; Kaliske, G.; Naumann, L.; Schlegel, H.*: Konstruktionsrichtlinie Metallkleben. TWA 68 ZIS Halle, 1970.
- [8] *Ludeck, W.*: Kleben in der Amateuertechnik. Berlin: Militärverlag der DDR 1976.
- [9] *Kardaschow, D.A.*: Synthetische Klebstoffe. Moskau: Verlag Chemie 1976.
- [10] *Kaliske, G.; Kroll, H.*: Einführung in die Kleb-, Gießharz- und Laminiertechnik. Berlin: KDT-Verlag 1971.
- [11] *Kaliske, G.*: Probleme der Oberflächennachbehandlung metallischer Füge-teile in der Klebtechnik. ZIS-Mitt. 14 (1972) 6, S.713-721.
- [12] *Kaliske, G.*: Zu Problemen der Oberflächenvorbehandlung metallischer Füge-teile in der Klebtechnik unter besonderer Berücksichtigung der mechanischen Vorbehandlung. Plaste und Kautschuk 18 (1971) 6, S.446-452.
- [13] *Kaliske, G.*: Physikalische und physikalisch-chemische Effekte bei der Verfestigung kalt-härtender Klebstoffe. Plaste und Kautschuk 22 (1975) 4, S.338-342.
- [14] *Kaliske, G.*: Einfluß von Wasserbeschaffenheit und Spülbedingungen auf die Klebfestig-keit vorbehandelter Metallteile. Schweißtechnik 26 (1976) 10, S.455-457.
- [15] *Kaliske, G.; Koch, K.H.*: Schnellverfestigen von Metallklebstoffen. Schweißtechnik 25 (1975) 11, S.485-487.
- [16] *Kaliske, G.*: Grundlagen und Anwendung der Klebtechnik für die Bedingungen der Gerätetechnik. Heft 5 des 22. Intern. Wiss. Kolloquium, S. 55-58, der TH Ilmenau 1977.

#### К разделу 5.1

- [1] *Beckert, M.; Neumann, A.*: Grundlagen der Schweißtechnik – Schweißverfahren. Berlin: VEB Verlag Technik 1977.
- [2] *Endter, H.*: Fachkunde für Schweißer. Bd.1 – Grundausbildung. Berlin: VEB Verlag Technik 1978.
- [3] *Herden, G.*: Schweiß- und Schneidtechnologie. Berlin: VEB Verlag Technik 1969.
- [4] *Znacker, K.*: Bau-, Bauart- und Güteprüfung von Handbrennschneidmaschinen und deren Zubehör. ZIS-Mitt. 12 (1970) 3, S.374-377.
- [5] *Boschnakow, J.*: Spezial-Handschneidbrenner ZIS-MWW 520. ZIS-Mitt. 16 (1974) 2, S.144-151.
- [6] *Schlebeck, E.*: Beitrag zur Genauigkeit beim Brennschneiden. ZIS-Mitt. 12 (1970) 10, S.1475-1490.
- [7] *Domrau, H.*: Variantenvergleiche bei schneidtechnischen Rationalisierungsobjekten. ZIS-Mitt. 16 (1974) 2, S.177-186.

- [8] *Hachmeister, W.; Goltz, G.*: Verfahren zum Brennschneiden von aufhärtungsempfind-lichen Baustählen. ZIS-Mitt. 12 (1970) 3, S.319-326.
- [9] *Bastian, H.*: Brennschneiden mit Erdgas. ZIS-Mitt. 15 (1973) 3, S.329-334.
- [10] *Boschnakow, J.*: Neue Geräte für das mechanisierte und maschinelle Brennschneiden. ZIS-Mitt. 12 (1970) 3, S.274-285.
- [11] *Bastian, H.*: Einsatz des Niederdruck-Starkbrennschneidens im VEB Leuna-Werk „Wal-ter Ulbricht“. ZIS-Mitt. 12 (1970) 3, S.287-294.
- [12] *Petschauer, K.; Marold, G.*: Starkbrennschneiden von 1800 mm dicken Schablonen. ZIS-Mitt. 12 (1970) 3, S.295-301.
- [13] *Boschnakow, J.*: Entwicklungstendenzen auf dem Gebiet des thermischen Trennens. Schweißtechnik 21 (1971) 10, S.452.
- [14] *Marold, G.; Wellendorf, K.*: Schutzgas-Brennschneiden mit verändertem Niederdruck-Starkschneidbrenner ZIS 485. ZIS-Mitt. 13 (1971) 11, S.1628-1635.
- [15] *Böhme, O.*: Neue Möglichkeiten zum Azetylen-Schutzgasbrennschneiden. ZIS-Mitt. 15 (1973) 3, S.323-328.
- [16] *Boschnakow, J.*: Niederdruck-Schutzgasbrenner ZIS 485. ZIS-Mitt. 16 (1974) 2, S.152 bis 157.
- [17] *Böhme, O.*: Schutzgasschneidbrenner ZIS 789. ZIS-Mitt. 16 (1974) 2, S.158-164.
- [18] *Schlebeck, E.; Geilderfuß, W.*: Untersuchungen an Schneiddüsen für das Genaubrennschneiden. ZIS-Mitt. 12 (1970) 10, S.1491-1504.
- [19] *Scheibner, P.*: Untersuchungen zum Genaubrennschneiden. ZIS-Mitt. 13 (1971) 8, S.1222 bis 1229.
- [20] *Müller, K.-H.*: Schablonen für das Genaubrennschneiden mit lichtelektronisch gesteuerten Schneidmaschinen. ZIS-Mitt. 14 (1972) 8, S.988-994.
- [21] *Müller, K.-H.*: Neue Möglichkeiten des Genaubrennschneidens durch Anwendung des Feinstrahlprinzips. ZIS-Mitt. 15 (1973) 3, S.269-275.
- [22] *Schlebeck, E.*: Beitrag zur Genauigkeit beim Brennschneiden. ZIS-Mitt. 12 (1970) 10, S.1475-1490.
- [23] *Fröhlich, H.*: Leistungssteigerung des Brennschneidens durch Anwendung energiereicher Schneidstrahler. ZIS-Mitt. 15 (1973) 3, S.265-268.
- [24] *Schiefelbein, D.*: Anwendungsbeispiel des Schnellschneidens von allgemeinen Baustählen. ZIS-Mitt. 15 (1973) 3, S.288-291.
- [25] *Boschnakow, J.*: Hochleistungsbrennschneiden. ZIS-Mitt. 10 (1968) 7, S.970-981.
- [26] *Boschnakow, J.*: Schnellbrennschneiden. Schweißtechnik 20 (1970) 3, S.97-101.
- [27] *Boschnakow, J.; Marold, G.*: Schmelzbohren und thermisches Zerlegen von nichtmetalli-schen Werkstoffen. ZIS-Mitt. 15 (1973) 3, S.335-343.
- [28] *Ehlert, J.*: Paketbrennschneidmaschine nach DWP 54869. ZIS-Mitt. 12 (1970) 4, S. 433 und 434.
- [29] *Hey, K.*: Ökonomischer Vergleich beim Fugenhobeln. ZIS-Mitt. 13 (1971) 8, S.1216 bis 1221.
- [30] *Boschnakow, J.; Fröhlich, H.*: Schnittgeschwindigkeitsgrenzen beim Brennschneiden, Flämmen und Fugenhobeln. ZIS-Mitt. 13 (1971) 11, S.1582-1588.

#### К разделу 5.2

- [1] *Beckert, M.; Neumann, A.*: Grundlagen der Schweißtechnik – Schweißverfahren, Berlin: VEB Verlag Technik 1977.
- [2] *Schmidt, J., u.a.*: Industrielle Anwendung des Plasmaschneidens mit Feinstrahlbrenner PB 20/2 an hochlegierten und unlegierten Stählen kleiner 5 mm Blechdicke. ZIS-Mitt. 12 (1970) 12, S.1906-1914.
- [3] *Heinze, B.*: Plasmaschneiden von unlegiertem Baustahl. ZIS-Mitt. 12 (1970) 3.
- [4] Thermische Schneidtechnik. Schweißtechnische Inform. M 542-74 ZIS Halle/Saale.
- [5] *Igelhof, D.; Wötzel, W.*: Schneiden von Dünnblechen im Paket. ZIS-Mitt. 15 (1973) 3.

- [6] *Igelhof, D.*: Plasmaschneiden mit Formiergas, ZIS-Mitt. **12** (1970), 3. S. 360–368.
- [7] *Kaufmann, H., u.a.*: Arbeitsschutzuntersuchungen beim Druckluft-Plasmaschneiden ZIS-Mitt. **13** (1971) 11, S. 1654–1663.
- [8] *Heinze, B.*: Schneiden von Baustahl mit erhöhten Geschwindigkeiten. ZIS-Mitt. **15** (1973) 3, S. 276–281.
- [9] *Boschnakow, J., u.a.*: Druckluftschnitten unlegierter Kohlenstoffstähle im Schiffbau, Schweißtechnik **20** (1970) 12, S. 542–544.
- [10] *Ardenne, M. v., u.a.*: Universal-Plasmaschmelzschneidanlage PA 20-2, Schweißtechnik **21** (1971) 1, S. 21–25.
- [11] Plasma-Schmelzschneidanlage PA 40, VEB Mansfeld-Kombinat, Betrieb Finsterwalde.
- [12] *Buneß, G.*: Schneiden mit CO<sub>2</sub>-Laser, Schweißtechnik **23** (1973) 10, S. 449–454.
- [13] *Buneß, G.*: Erste Schneidversuche mit dem CO<sub>2</sub>-Laser. ZIS 738. ZIS-Mitt. **15** (1973) 3.

#### **К разделу 6**

- [1] TGL 11 776: Ausführungsklassen.
- [2] *Wollny, F.*: Schweißerprüfungen. TWA Nr. 79. Halle: ZIS 1971.
- [3] *Jahre, H.*: 999 + 1 Hinweise für den Schweißtechnologen. TWA Nr. 87. Halle: ZIS 1975.
- [4] M 622–76 Geschweißte Dampfkessel, Druckgefäße, Apparate und Rohrleitungen – Auswahl der Ausführungsklassen.
- [5] TGL 11 776/02 Ausführungsklassen Widerstands-Punktschweißen von unlegiertem Stahl.
- [6] *Fritsche, W.; Hüttner, H.*: Widerstandsschweißen, TWA Nr. 95/5. Halle: ZIS 1976.
- [7] *Winterstein, Koch*: Richtlinien zur Klassifizierung von Preßstumpfschweißungen an Stahl. ZIS-Informationsbl. M 640–77.
- [8] Autorenkollektiv: Handbuch Reibschweißen – Richtlinien für Technologie, Konstruktion und Anwendung. TH Karl-Marx-Stadt und VVB Getriebe und Kupplungen 1976.