

П. Л. ЧУЛОШНИКОВ

Контактная сварка

В помощь рабочему-сварщику



Москва «МАШИНОСТРОЕНИЕ» 1977

6П4.3
Ч 89
УДК 621.791.76

Рецензент канд. техн. наук Г. Ф. Скакун

Чулошников П. Л.

Ч 89 Контактная сварка. В помощь рабочему-сварщику. М., «Машиностроение», 1977.

144 с. с ил.

В книге приведены практические сведения о методах контактной сварки, устройстве оборудования, режимах сварки и контроле качества соединений. Рассмотрены вопросы наладки и эксплуатации машин, а также техника безопасности при выполнении сварочных работ.

Книга предназначена для рабочих, наладчиков и мастеров, занятых контактной сваркой.

Ч $\frac{31206-101}{038(01)-77}$ 101-77

6П4.3

© Издательство «Машиностроение», 1977 г.

**1. СПОСОБЫ СВАРКИ И ОБРАЗОВАНИЕ
СОЕДИНЕНИЙ**

Все способы контактной сварки основаны на нагреве металла теплотой, выделяющейся при протекании по деталям электрического тока. Количество теплоты в основном зависит от силы тока, длительности его протекания и сопротивления металла зоны сварки.

При сварке к двум (или более) сжатым между собой деталям с помощью специальных электродов подводят ток небольшого напряжения (обычно 3—8 В) и большой силы (до нескольких десятков кА). Теплота, используемая при сварке, выделяется непосредственно в деталях, контактах между ними и контактах деталей с электродами. Электрическое сопротивление имеет существенное значение в процессах контактной сварки.

Рассмотрим кратко строение и основные особенности электрического контакта. Если наблюдать при большом увеличении поверхность любого металла после обработки резанием или давлением, то на ней видны значительные неровности (выступы и впадины). При сжатии деталей образуется контакт, который представляет собой соприкосновение двух поверхностей по небольшому числу отдельных точек. Площадь контакта в каждой точке и число точек зависят от усилия сжатия деталей, механических свойств металла и состояния поверхности. Чем мягче металл и меньше высота неровностей на его поверхности, тем ниже так называемое контактное сопротивление при постоянном усилии сжатия.

Контактное сопротивление вызвано резким уменьшением сечения проводника в зоне контакта и наличием на соприкасающихся поверхностях пленок окислов, имеющих низкую электропроводность. С повышением усилия сжатия отдельные выступы на поверхности металла сминаются, площадь фактического контакта деталей увеличивается и контактное сопротивление снижается. Смятие металла под действием усилия способствует разрушению пленок окислов на поверхности, что также сни-

жает контактное сопротивление. Контактное сопротивление значительно изменяется при нагреве деталей из-за повышения удельного сопротивления зон металла, прилегающих к контакту, а также увеличения числа и площади отдельных контактов в результате более интенсивного смятия нагретого металла. При нагреве увеличивается площадь контактов, поэтому с повышением температуры контактное сопротивление существенно уменьшается. Роль контактных сопротивлений в тепловыделении зависит от применяемого способа сварки и режима, в частности от силы сварочного тока и длительности его протекания.

Применяют следующие основные способы контактной сварки: точечную, рельефную, шовную и стыковую.

Точечная сварка — способ, при котором детали 2 свариваются не по всей поверхности соединения, а в отдельных точках, соответствующих контактам с деталями стержней-электродов 1, передающих усилие и подводящих ток (рис. 1). Сопротивление участка металла, зажато между электродами, складывается из двух контактных сопротивлений контактов электрод—деталь, контактного сопротивления контакта деталь—деталь и собственного сопротивления металла двух деталей. На основании опытов установлено, что контактное сопротивление электрод—деталь примерно в 2 раза меньше контактного сопротивления деталь—деталь.

При включении сварочного тока в первую очередь за счет концентрации линий тока разогреваются выступы контакта (рис. 1, а), а затем и металл, находящийся в непосредственной близости к контакту. Электроды, используемые при точечной сварке, изготавливают из медных сплавов, имеющих высокую теплопроводность. Чтобы поверхности деталей, контактирующих с электродами, нагревались медленнее, чем внутренние слои металла зоны сварки, электроды охлаждают водой.

С повышением температуры металла контактные сопротивления снижаются и теплота выделяется в основном за счет сопротивления деталей. В процессе сварки собственное сопротивление деталей из низкоуглеродистых сталей увеличивается, а деталей из коррозионно-стойких (нержавеющих) сталей изменяется незначительно. Ток пропускают до тех пор, пока в центральной, наиболее нагретой зоне металл свариваемых деталей не расплавится. В результате расплавления образуется че-

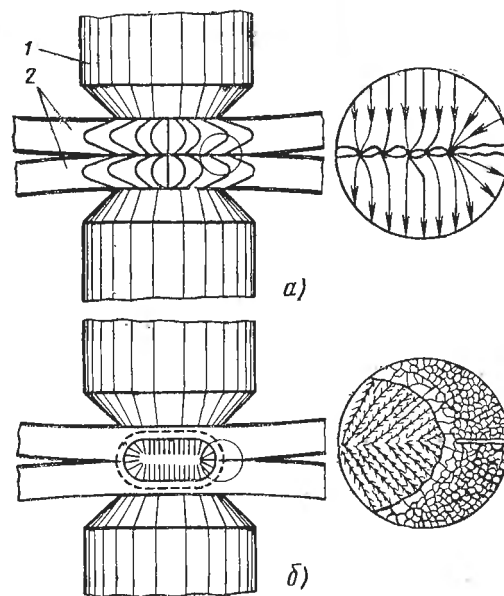


Рис. 1. Схема процесса точечной сварки

чевицеобразная зона жидкого металла, окруженная плотным кольцом нагретого металла, в пределах которого имеет место достаточно прочное соединение в пластическом состоянии (без расплавления). Это кольцо-поясок, сжатое при нагреве усилием электродов, является уплотнением, препятствующим вытеканию жидкого металла в зазор между свариваемыми деталями. После получения зоны расплавления необходимых размеров сварочный ток выключают, металл охлаждается и в результате его затвердевания — кристаллизации формируется литое ядро сварной точки (рис. 1, б).

Литое ядро точки у большинства металлов имеет дендритную структуру, подобную структуре металла, отлитого в металлическую форму (кокиль). Литое ядро окружено металлом, структура и свойства которого изменились в результате нагрева в процессе сварки. Зона, в пределах которой произошли эти изменения, называется зоной термического влияния или переходной зоной.

На производстве для соединения деталей применяют различные приемы точечной сварки (рис. 2), которые

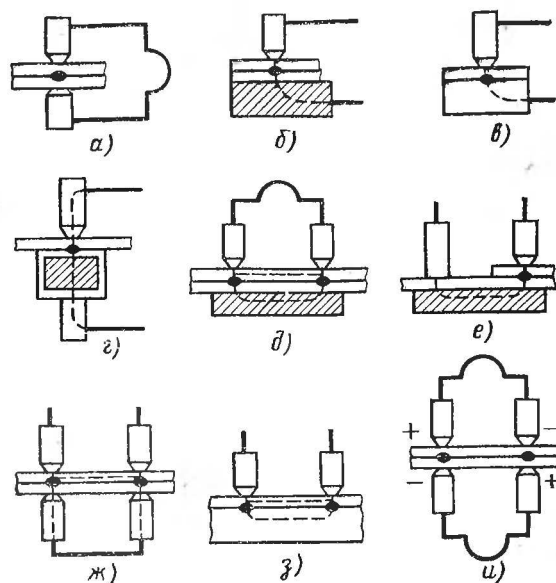


Рис. 2. Способы точечной сварки

в основном характеризуются способом подвода тока. Наиболее распространена сварка двумя электродами с двусторонним подводом тока (рис. 2, а). Иногда в качестве одного из электродов используют плоскую подкладку — шину (рис. 2, б), что удобно для сварки-прихватки в процессе сборки деталей в различных приспособлениях. Для этой цели медные подкладки устанавливают в месте постановки сварных точек. Если одна из свариваемых деталей имеет значительно большую толщину, чем другая (в 3 раза и более), ток можно подвести к этой детали (рис. 2, в). При этом прочность нижней детали должна быть такой, чтобы под действием усилия электрода она не прогибалась в месте сварки (не деформировалась). Детали, из которых одна тонкостенная и полая, сваривают с использованием токопроводящей вставки (рис. 2, е).

На практике используют приемы точечной сварки с односторонним подводом тока, так называемую одностороннюю сварку. Преимуществами этого вида сварки являются увеличение производительности благодаря постановке одновременно двух точек, меньшая электри-

ческая мощность оборудования и большие возможности механизации процесса сварки по сравнению с двусторонним подводом тока. В большинстве случаев сварку выполняют с использованием токопроводящей подкладки (рис. 2, *д*, *е*) или замкнутых накоротко нижних электродов (рис. 2, *ж*). Одностороннюю сварку можно вести и без токопроводящей подкладки (рис. 2, *з*), если толщина детали, обращенной к электродам, значительно меньше толщины другой детали. Особенность приемов сварки с односторонним подводом тока (кроме приема, показанного на рис. 2, *е*) заключается в том, что часть тока, подводимого электродами, не проходит через зону сварки, а замыкается (шунтируется) по верхнему листу. Ток, проходящий по верхнему листу, вызывает его нагрев и повышенный износ электродов. В специальных машинах используют схему двухточечной сварки с двусторонним подводом тока (рис. 2, *и*).

Рельефная сварка — способ, аналогичный точечной сварке, при котором детали обычно соединяются одновременно в нескольких точках. Положение этих точек определяется выступами — рельефами, образованными (штамповкой, обработкой резанием) на одной или обеих деталях. При рельефной сварке контакт между деталями определяется формой их поверхности в месте соединения, а не формой рабочей части электродов, как при точечной сварке.

Процессы образования соединения при рельефной и точечной сварке имеют много общего. Две детали 2 из листа, на одной из которых выштампованы рельефы сферической формы, зажимаются между электродами 1 с большой контактной поверхностью (плитами), подводящими ток к соединяемым деталям (рис. 3, *а*). Для обеспечения одинаковых условий нагрева каждого рельефа необходимо, чтобы приложенное усилие $F_{эл}$ и ток I_2 (рис. 3, *б*) равномерно распределялись между всеми точками контакта деталей ($F_{св}$, $I_{св}$).

Рассмотрим процесс образования соединения. При сжатии деталей электродами из-за малой площади контакта рельефа с плоской деталью (рис. 3, *а*) контактное сопротивление деталь—деталь при рельефной сварке больше, чем при точечной сварке того же металла. После включения сварочного тока металл рельефа интенсивно нагревается и его вершина деформируется; контактное сопротивление быстро уменьшается и теплота выделяет-

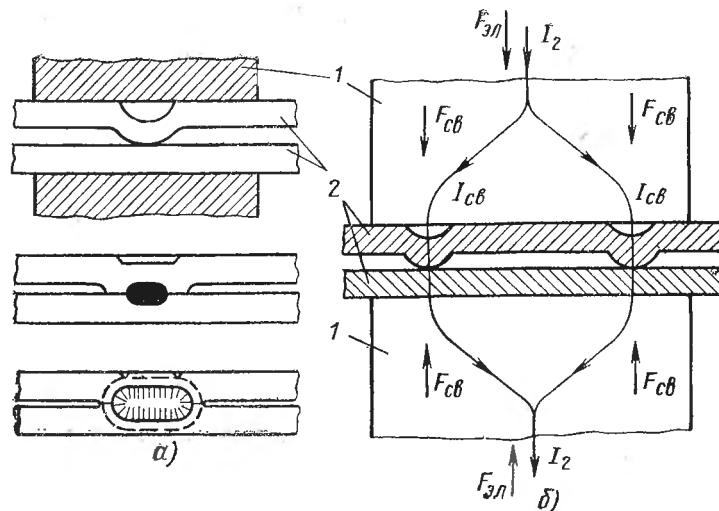


Рис. 3. Схемы процесса рельефной сварки:

а — последовательность образования соединения; *б* — распределение токов и усилий

ся в основном за счет собственного сопротивления металла рельефа. Нагреваемые рельефы не должны сильно деформироваться до образования зоны расплавления в контакте деталей. Если это произойдет, то детали придут в соприкосновение по всей их внутренней поверхности, ток пойдет, минуя рельефы, через холодные участки металла, имеющие малое сопротивление, дальнейший нагрев рельефа резко уменьшится и соединение будет непрочным.

При правильно выбранном режиме сварки в результате теплового расширения металла в зоне соединения между деталями образуется некоторый зазор, препятствующий их случайному соприкосновению и появлению дополнительных (помимо рельефа) путей прохождения тока через детали. По мере протекания тока зона расплавления увеличивается в объеме, металл рельефа интенсивно деформируется и выходит на наружную поверхность детали (остается лишь небольшая кольцевая канавка). Когда зона расплавления достигнет необходимых размеров, сварочный ток выключают, металл охлаждается и кристаллизуется, при этом образуется литое ядро. Как и при точечной сварке литое ядро ок-

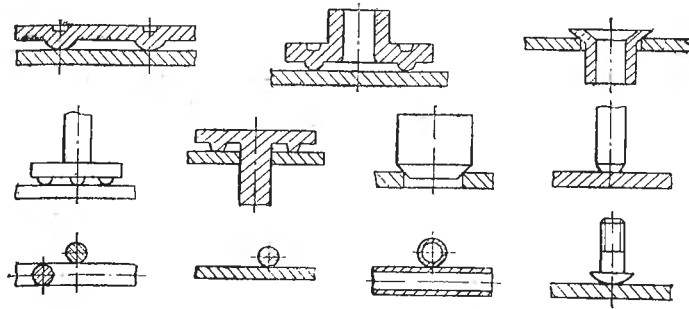


рис. 4. Способы рельефной сварки

ружает плотный поясок металла, по которому соединение произошло без расплавления. Для лучшей осадки рельефов и улучшения качества соединений иногда применяют повышенное усилие, которое прикладывают в процессе кристаллизации расплавленного металла ядра.

Разновидностью рельефной сварки (рис. 4) является Т-образная сварка, при которой к детали с большой поверхностью, например листу, приваривается деталь относительно малого сечения, причем соединяемой поверхности этой детали придают необходимую для сварки форму (сферу, конус, замкнутый или незамкнутый рельеф). Сварка вкрест прутков, труб, а также проволоки (прутка) с листом также может быть отнесена к рельефной сварке. Стабильное качество соединений можно получить при рельефной сварке с расплавлением металла и без расплавления. Соединения с точечными рельефами обычно образуются с расплавлением металла. Для большинства случаев Т-образной сварки характерны соединения без расплавления. Благодаря интенсивному нагреву зоны сварки и большой пластической деформации металла рельефа создаются благоприятные условия для получения соединений стабильной прочности.

Шовная сварка — способ, при котором детали соединяются швом, состоящим из отдельных сварных точек (литых зон), перекрывающих или неперекрывающих одна другую. При сварке с перекрытием точек шов будет герметичным (рис. 5), а при сварке без перекрытия шов практически не отличается от ряда точек (шва), полученных при точечной сварке. Особенность швовой сварки состоит в том, что она выполняется с помощью двух (или одного) вращающихся дисковых электродов-роли-

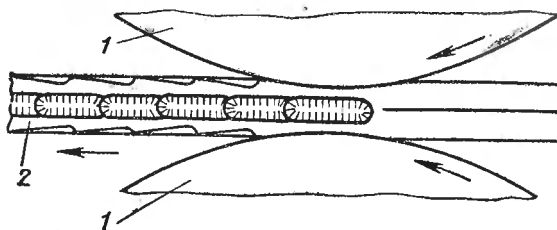


Рис. 5. Схема процесса шовной сварки

ков 1, между которыми с усилием сжаты и прокатываются соединяемые детали 2. К роликам подводится сварочный ток, который нагревает и расплавляет металл (так же, как и при точечной сварке) в месте соединения.

Шовная сварка, выполняемая при непрерывном движении деталей и непрерывном протекании сварочного тока, называется непрерывной шовной сваркой. Такую сварку редко применяют из-за сильного перегрева поверхности деталей, контактирующей с роликами. Наибольшее распространение имеет прерывистая шовная сварка, при которой детали перемещаются непрерывно, а ток включается и выключается на определенные промежутки времени и при каждом включении (импульсе) тока образуется единичная литая зона. Перекрытие литых зон, необходимое для герметичности шва, достигается при определенном соотношении скорости вращения роликов и частоты импульсов тока. Применяют также шаговую сварку, при которой детали перемещаются прерывисто (на шаг), а сварочный ток включается только во время их остановки, что улучшает охлаждение металла в контактах ролик—деталь по сравнению с непрерывным движением свариваемых деталей. Шовная сварка в большинстве случаев производится с наружным водяным охлаждением, что также снижает перегрев внешних слоев металла.

Разнообразные виды шовной сварки, встречаемые на практике, в основном различаются способом подвода сварочного тока (односторонний или двусторонний) и расположением роликов относительно свариваемых деталей (рис. 6). Двусторонняя шовная сварка аналогична точечной двусторонней (рис. 6, а—е). Вместо одного из роликов может быть применена оправка, плотно контактирующая с внутренней деталью (рис. 6, з). Для

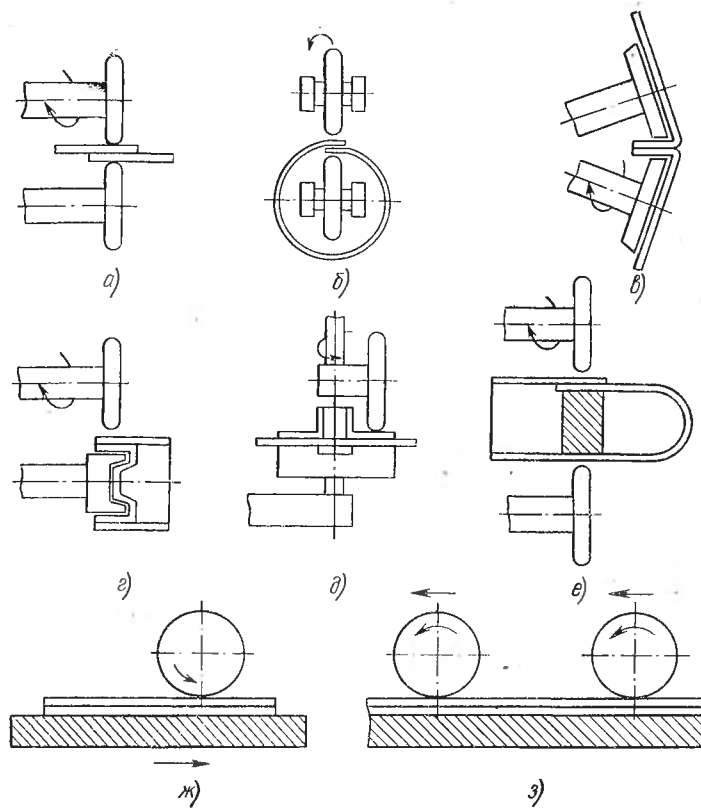


Рис. 6. Способы шовной сварки

сварки неподвижных деталей кольцевым швом на плоскости используется верхний ролик, который вращается вокруг своей оси, а также вокруг оси шва (рис. 6, д). Нижняя деталь контактирует с электродом, имеющим форму чашки. Иногда свариваемые детали устанавливают на медную шину, при этом подвод тока может быть двусторонний или односторонний. При сварке на шине возможны варианты подвижной (рис. 2, ж) и неподвижной шин, когда два ролика, к которым подведен ток, вращаются вокруг своих осей и катятся по деталям (рис. 2, з). При односторонней шовной сварке, как и при точечной, наблюдается шунтирование тока в деталь, контактирующую с роликами.

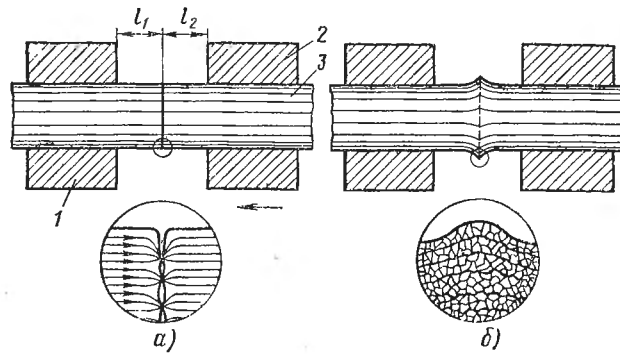


Рис. 7. Схемы процесса стыковой сварки сопротивлением

Стыковая сварка — способ, при котором детали соединяются (свариваются) по всей плоскости их касания под воздействием нагрева и сжимающего усилия. Детали одинакового или близкого по размерам сечения закрепляют в электродах-губках машины, к которым подводят ток. При нагреве и пластической деформации металла в зоне стыка часть элементарных частиц—зерен металла разрушается с одновременным образованием новых (общих для обеих деталей) зерен. Этот процесс называется рекристаллизацией и имеет важное значение для образования соединений при стыковой сварке. Кроме того, обязательным условием получения надежного соединения является удаление пленки окислов на торцах деталей или ее разрушение.

Для сварки используется теплота, выделяемая в контакте между торцами соединяемых деталей (за счет контактного сопротивления) и в самих деталях, имеющих собственное сопротивление. При стыковой сварке переходные сопротивления губка—деталь весьма малы и практически не оказывают влияния на общее количество теплоты. В стыковой сварке различают сварку сопротивлением и оплавлением.

Сварка сопротивлением — способ стыковой сварки, при котором ток включается после сжатия деталей 3 усилием, передаваемым губками машины 1, 2 (рис. 7, а). В начале процесса детали контактируют только по отдельным выступам, что и создает контактное сопротивление. После включения тока благодаря его высокой плотности на выступах металл зоны контакта деталей

интенсивно нагревается и под действием усилия выступы сминаются. Контактное сопротивление быстро уменьшается и далее нагрев происходит за счет собственного сопротивления деталей, которое увеличивается с повышением температуры. Когда температура в зоне контакта станет близкой к температуре плавления металла, детали под действием усилия свариваются в результате рекристаллизации с образованием плавного утолщения-усиления (рис. 7, б). При стыковой сварке важной характеристикой процесса является вылет деталей из губок — установочная длина l_1 и l_2 (см. рис. 7, а). В связи с тем, что губки интенсивно отводят теплоту, температура в зоне стыка деталей, а следовательно, и качество сварки существенно зависят от установочной длины. При стыковой сварке сопротивлением для сжатия деталей используют постоянное или резко возрастающее к концу нагрева усилие, которое снимают после выключения тока.

Сварка оплавлением — способ стыковой сварки, при котором торцы соединяемых деталей нагревают током до расплавления металла при их сближении под действием небольшого усилия и затем быстро сжимают детали осадкой. При сварке оплавлением зажатые в губках детали, к которым подведено напряжение, медленно перемещают навстречу одна другой с постоянной или возрастающей скоростью до соприкосновения торцов. Вследствие небольшой начальной площади контакта деталей в месте их соприкосновения создается высокая плотность тока, металл контакта мгновенно нагревается до температуры кипения и испаряется, что сопровождается небольшим взрывом единичных контактов-перемычек. В результате взрыва часть металла перемычек выбрасывается из стыка в виде искр и брызг. Таким образом, при сближении деталей непрерывно возникают и разрушаются контакты-перемычки с выбросом частиц и паров металла и образованием на торцах равномерного расплавленного слоя металла (рис. 8, а). При этом процессе, называемом оплавлением, уменьшается установочная длина деталей.

При сварке оплавлением контактное сопротивление к концу процесса оплавления уменьшается вследствие увеличения числа перемычек, а собственное сопротивление деталей повышается с нагревом металла, поэтому общее сопротивление металла между губками изменяется

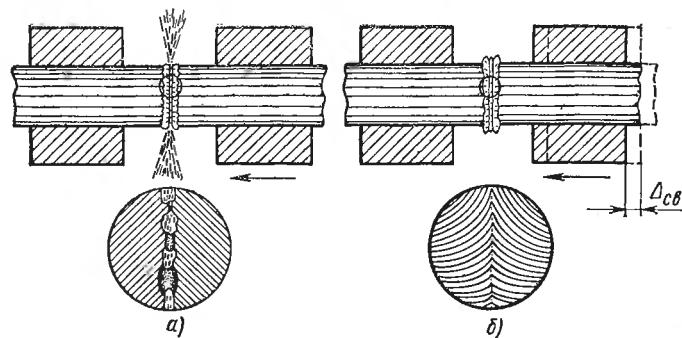


Рис. 8. Схема процесса стыковой сварки оплавлением

незначительно. Во время оплавления контактное сопротивление значительно больше сопротивления деталей, поэтому нагрев в основном идет за счет теплоты, выделяющейся в металле торцов деталей. Удаленные от торцов слои металла нагреваются вследствие теплопроводности от оплавливаемых поверхностей. После определенного укорочения деталей оплавлением их быстро сжимают нарастающим усилием — осадкой.

При осадке расплавленный и перегретый металл с окислами выдавливается из стыка деталей, образуя сварное соединение, а металл околостыковой зоны деформируется с характерным искривлением волокон, образуя усиление и грат в виде окисленного и перегоревшего металла (рис. 8, б). В процессе оплавления и осадки существенно уменьшается установочная длина на величину припуска на сварку $\Delta_{св}$.

Для соединения деталей больших сечений с целью снижения электрической и механической мощности оборудования используют так называемую **сварку оплавлением с подогревом**, при которой концы деталей вначале нагревают аналогично сварке сопротивлением. Детали при подогреве периодически сжимают небольшим усилием, нагревают током, затем размыкают. После подогрева до определенной температуры торцы оплавляются и детали осаживаются.

2. ТИПЫ И РАЗМЕРЫ СОЕДИНЕНИЙ

При точечной, рельефной и шовной сварке в большинстве случаев детали соединяют внахлестку. При стыковой сварке детали соединяют встык по всему се-

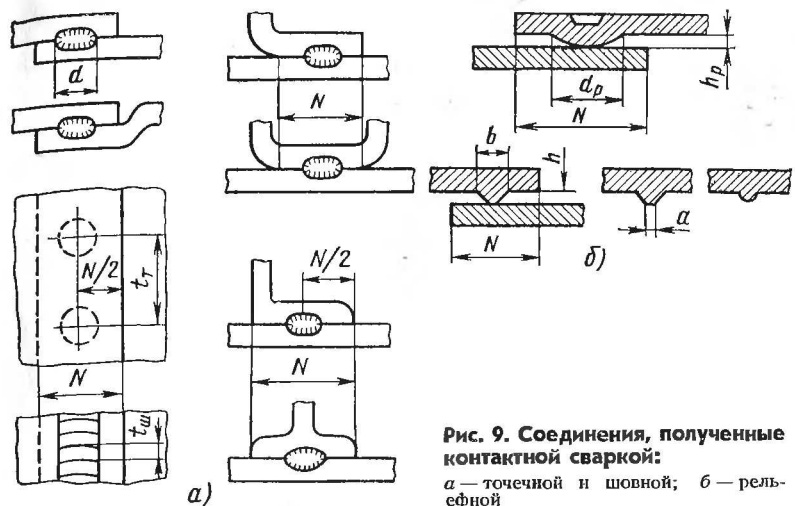


Рис. 9. Соединения, полученные контактной сваркой:
a — точечной и шовной; *б* — рельефной

чению, поэтому какие-либо специфические размеры соединения не требуются. Точечной, шовной и рельефной сваркой соединяют детали, изготовленные из листа, профиля, а также полученные обработкой резанием и холодной высадкой (при рельефной сварке). Сварка деталей, изготовленных литьем и ковкой, возможна при удовлетворительном качестве исходного металла (отсутствии трещин, пор, раковин, рыхлот, волосовин и т. п.).

С целью обеспечения высокого и стабильного качества сварных соединений они должны иметь определенные размеры. К размерам точечных, шовных и рельефных (с расплавлением внахлестку) соединений относятся диаметр литого ядра точки или ширина литой зоны d , ширина нахлестки N , расстояние между точками в ряду — шаг t_r (рис. 9, *a*). Нахлестку определяют по плоской части сопрягаемых деталей без учета радиусов изгиба. Наряду с однорядными точечными швами иногда применяют двухрядные с шахматным расположением сварных точек, которые характеризуются соответственно увеличенной нахлесткой и расстоянием между рядами точек. Размеры сварных соединений для стали указаны в ГОСТ 15878—70.

Рекомендуемые размеры точечных и шовных соединений приведены в табл. 1. При сварке деталей нерав-

Таблица 1

Рекомендуемые размеры точечных и шовных сварных соединений, мм

Толщина тонкой детали	Минимальная нахлестка при одностороннем шве N		Диаметр литого ядра точки d	Ширина литой зоны роликового шва d	Минимальный шаг при точечной сварке t_T		
	Коррозионно-стойкие, жаропрочные стали и сплавы, титан, низкоуглеродистые и низколегированные стали	Алюминиевые, магниевые и медные сплавы			Низкоуглеродистые и низколегированные стали	Коррозионно-стойкие, жаропрочные стали и сплавы титана	Алюминиевые, магниевые и медные сплавы
0,3	6	8	2,5—3,5	2,0—3,0	8	7	8
0,5	8	10	3,0—4,0	2,5—3,5	10	9	11
0,8	10	12	3,5—4,5	3,0—4,0	13	11	13
1	12	14	4,0—5,0	3,5—4,5	14	12	15
1,2	13	16	5,0—6,0	4,5—5,5	15	13	16
1,5	14	18	6,0—7,0	5,5—6,5	17	15	20
2	17	20	7,0—8,5	6,5—8,0	21	18	25
2,5	19	22	8,0—9,0	7,5—9,0	23	20	30
3	21	26	9,0—10,5	8,0—9,5	28	24	35
3,5	24	28	10,5—12,0	9,0—10,5	32	28	40
4	28	30	12,0—13,5	10,0—11,5	38	32	45
4,5	32	34	13,5—15	—	46	38	50
5	34	36	14—16	—	50	44	55
5,5	38	40	15—17	—	55	50	60
6	42	44	16—18	—	60	55	65
6,5	44	46	17—19	—	65	60	70
7	48	50	18—20	—	70	65	75

ной толщины значения d , N и t_T устанавливают, исходя из толщины тонкой детали соединения. Уменьшение нахлестки, а также увеличение диаметра литого ядра или ширины литой зоны по сравнению с рекомендуемыми могут вызвать внутренний выплеск расплавленного металла из ядра или разрывы края металла нахлестки, что снижает прочность и надежность сварного соединения. При сварке небольших деталей, соединения которых не передают значительных нагрузок, минимальные размеры d и N могут быть уменьшены на 20—25%, что в условиях массового производства дает экономию металла за счет уменьшения нахлестки и позволяет применять оборудование меньшей мощности.

Диаметр наружного отпечатка (вмятины) от электродов при точечной сварке, принимаемый иногда за раз-

мер сварной точки, не характеризует диаметр литого ядра и прочность соединения. Диаметр наружного отпечатка обычно превышает диаметр ядра точки или равен ему.

При рельефной сварке деталей из листа с точечными выштампованными рельефами (см. рис. 9, б) соединение характеризуется шириной нахлестки N , диаметром литого ядра d и размерами рельефов: диаметром d_p и высотой h_p (табл. 2). Для рельефной сварки цилиндрических деталей типа втулок и штуцеров с листовой деталью используют кольцевые рельефы трапециевидальной или закругленной формы (рис. 9, б) с высотой $h=0,5\div 0,8$ мм, а шириной у основания $b=1,5\div 2$ мм и шириной у вершины $a=0,4\div 0,7$ мм при толщине листовой детали 1—2 мм.

При сварке иногда часть тока $I_{ш}$, подводимого к электродам, протекает в деталях, минуя зону сварки. Это явление называется шунтированием тока. При стыковой сварке шунтирование наблюдается в детали, имеющей замкнутый контур (рис. 10, а). При сварке последовательно ряда или группы точек шунтирование тока происходит через ранее полученные точки (рис. 10, б) или через случайные контакты между деталями. В связи с этим в зоне сварки протекает ток недостаточной величины, в результате литое ядро полученной точки будет уменьшенных размеров.

Таблица 2

Рекомендуемые размеры рельефных сварных соединений, мм

Толщина деталей	Диаметр литого ядра точки	Минимальная нахлестка	Диаметр рельефа	Высота рельефа	Минимальный шаг точек
0,3	2—2,5	3,5	1,4	0,4	6
0,5	2,5—3	4	1,7	0,45	7
0,8	3—3,5	5,5	2,4	0,55	9
1	4—5	7	3	0,7	10
1,2	5—6	8	3	0,7	12
1,5	6—7	10	4	0,9	15
2	7—8,5	12	4,8	1,1	18
2,5	8—9,5	14	5,6	1,2	23
3	9—10,5	17	6,8	1,4	27
3,5	10—12	20	8	1,6	30
4	11—13	22	8,7	1,8	34
4,5	12—14	24	9,5	2	38
5	13—15	26	10,6	2,2	42

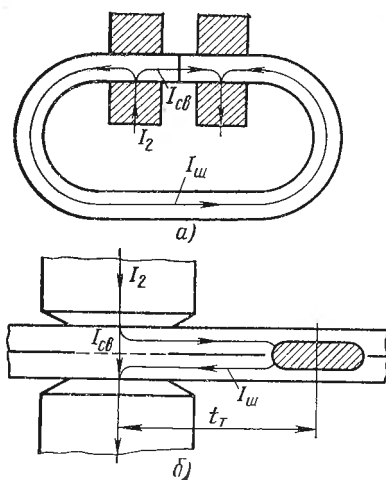


Рис. 10. Шунтирование тока при сварке:
 а — стыковой; б — точечной

шва размеры литой зоны второй и последующих точек меньше, чем первой точки, полученной без шунтирования тока.

Шовную сварку чаще всего применяют для получения герметичных соединений; шаг точек шва $t_{ш}$ (см. рис. 9, а) рекомендуется принимать равным половине минимальной ширины литой зоны (см. табл. 1).

При точечной и шовной сварке трех и более деталей нахлестка должна быть на 25—30% больше величины, приведенной в таб. 1. Желательно, чтобы во всех случаях отношение толщин соединяемых деталей было не более 3:1.

Все способы контактной сварки находят широкое применение при изготовлении самых разнообразных изделий. Наиболее распространены точечная и шовная сварка, используемые в массовом производстве изделий из стального листа и других металлов для автомобилей, вагонов, судов, сельскохозяйственной техники, а также товаров народного потребления: холодильников, стиральных машин и т. п. В этих изделиях точечной сваркой обычно соединяют детали толщиной 0,5—5 мм, а шовной сваркой — толщиной не более 3 мм. Шовную сварку используют при изготовлении различных емко-

Минимальный шаг $t_{т}$ точек, приведенный в табл. 1, установлен из условия, что для дальнейшего уменьшения его и сохранения размеров литого ядра требуется повышение тока для компенсации шунтирования тока в соседние точки.

Шунтирование тока имеет место и при шовной сварке. Вследствие особенностей шовной сварки (несмотря на малый шаг точек шва) ток шунтирования не превышает 15% сварочного тока. При сварке герметичного

стей для жидкостей и газов, например бензобаков для автомобилей, отопительных радиаторов и т. п.

Рельефная сварка находит достаточное применение благодаря высокой производительности за счет получения за один ход машины нескольких точечных соединений (иногда до 20) или герметичного соединения длиной до 100 мм, уменьшения нахлестки и вмятины от электродов, а также высокой стойкости электродов в процессе эксплуатации. Этот способ используют для соединения с листовыми деталями различных крепежных деталей (болтов, шпилек, гаек). Рельефную сварку применяют для соединения проволоки и стержней в крест. Рельеф в таких соединениях образуется естественной формой свариваемых деталей. При изготовлении железобетонной арматуры диаметр свариваемых стержней может достигать 30 мм и более. Т-образную рельефную сварку стержней с деталями из листа используют, например, для соединения шипов с котельными трубами.

Стыковая сварка оплавлением получила наибольшее распространение. Сваркой оплавлением соединяют детали как компактного сечения (круг, квадрат), так и с развитым сечением (различные профили, тонкостенные трубы, тонкие и широкие листы) из сталей и цветных сплавов. Ее применяют при изготовлении режущего инструмента, различных кольцевых заготовок (для фланцев, ободьев колес и т. п.), цепей, железнодорожных путей (сварка рельсов в плети), магистральных трубопроводов, при непрерывной прокатке металла (сварка горячих заготовок).

Сваркой сопротивлением соединяют детали небольшого компактного сечения, обычно до 300 мм² (проволоку, прутки и толстостенные трубы малого диаметра).

Наряду со стыковой сваркой заготовок (деталей), расположенных на одной оси, иногда соединяют заготовки, оси которых расположены под углом, например при изготовлении оконных переплетов из алюминиевого профиля и велосипедных рам из труб.

3. ПОНЯТИЕ О РЕЖИМЕ СВАРКИ И СВАРИВАЕМОСТИ

Под режимом сварки следует понимать совокупность параметров процесса того или иного способа сварки, устанавливаемых соответствующими органами управле-

ния сварочной машины, а также форму и размеры используемых электродов (роликов, губок), которые обеспечивают получение сварных соединений требуемых размеров и качества. Режим сварки зависит от физических свойств свариваемого металла и типа сварочного оборудования, а иногда и от конструкции свариваемых деталей.

Основными параметрами режимов контактной сварки являются: сила и длительность протекания сварочного тока и усилие сжатия (осадки) деталей. Сила тока измеряется в амперах (А) или килоамперах (кА), длительность в секундах (с) и усилие в килограмм-силах (кгс). При стыковой сварке обычно ток задают по его плотности в А/мм², а усилие — давлением в кгс/мм², отнесенным к сечению свариваемых заготовок.

Режимы можно условно разделить на так называемые «жесткие» и «мягкие». Жесткие режимы сварки характеризуются малой длительностью протекания сварочного тока, а следовательно, и кратковременным нагревом свариваемого металла; мягкие режимы — относительно большой длительностью протекания тока.

Режимы различных способов сварки имеют свои специфические особенности. Параметры режима рассмотрим на примере циклограмм (диаграмм) способов сварки. Циклограмма представляет собой совмещенные во времени графики изменения основных параметров режима сварки.

При точечной, рельефной и шовной сварке режим характеризуется следующими параметрами: силой сварочного тока $I_{св}$, длительностью его протекания $t_{св}$ и усилием электродов $F_{св}$ (рис. 11). Иногда для лучшего уплотнения затвердевающего металла ядра применяют повышенное, так называемое ковочное усилие $F_{к}$ (рис. 11, а, б). С целью плавного нагрева и замедленного охлаждения металла в зоне сварки иногда используют модулированный сварочный ток с длительностью нарастания $t_{н}$ и спада $t_{сп}$ (рис. 11, б). При сварке ряда металлов возникает необходимость после протекания сварочного тока и некоторой паузы $t_{п}$ включать дополнительный ток силой $I_{д}$ и длительностью $t_{д}$ (рис. 11, в). Точечную и рельефную сварку металла большой толщины (более 3 мм) часто выполняют, периодически включая и выключая сварочный ток (пульсирующая сварка) длительностью $t_{св}$ и паузой $t_{п}$ (рис. 11, г). Ре-

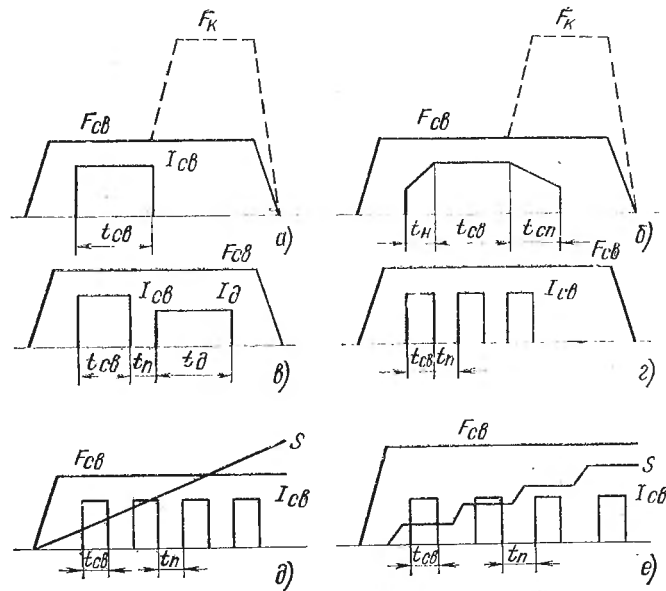


Рис. 11. Циклограммы точечной, рельефной и шовной сварки

жимы шовной сварки с непрерывным (рис. 11, в) и прерывистым (шаговым) перемещением деталей S (рис. 11, г, д) дополнительно характеризуются соответственно скоростью сварки и шагом точек шва.

При стыковой сварке сопротивлением режим определяется следующими параметрами: установочной длиной деталей $l_1 + l_2$, током $i_{св}$, длительностью нагрева $t_{св}$, усилием и величиной (припуском) осадки $F_{ос}$, $\Delta_{ос}$ (рис. 12, а).

Режим стыковой сварки оплавлением определяется следующими параметрами: установочной длиной $l_1 + l_2$, усилием зажатия деталей в губках машины $F_з$, припуском на оплавление $\Delta_{оп}$ (суммарным уменьшением установочной длины при оплавлении), скоростью оплавления $v_{оп}$, током и длительностью оплавления $i_{оп}$, $t_{оп}$, величиной осадки $\Delta_{ос}$ и ее скоростью $v_{ос}$, током и длительностью осадки $i_{ос}$, $t_{ос}$, усилием осадки $F_{ос}$ (рис. 12, б). При сварке оплавлением с подогревом дополнительно задают ток подогрева $i_{под}$, длительность подогрева $t_{под}$, а также длительность импульсов тока подогрева и пауз между ними (рис. 12, в).

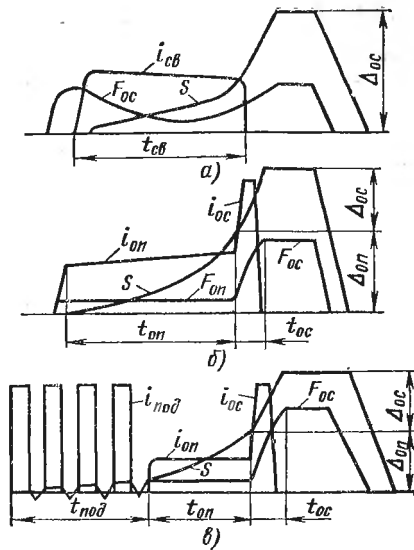


Рис. 12. Циклограммы стыковой сварки

В настоящее время большинство металлов можно соединять контактной сваркой. Качество сварных соединений оценивают, исходя из следующих общих требований:

1) металл литой и переходной зон соединения должен быть структурно однородным и плотным, без заметных нарушений сплошности;

2) в соединении не должно происходить значительного разупрочнения металла и образования хрупких структур, особенно в переходной зоне;

3) не должна снижаться стойкость металла зоны сварки против коррозии;

4) деформации деталей после сварки должны быть в допустимых пределах.

Если большинство указанных требований выполняется при использовании несложного оборудования и широкого диапазона параметров режима, то считают, что металл обладает хорошей свариваемостью. Если сварное соединение может быть получено только в очень узком интервале параметров режима или имеет низкую прочность, то считают, что металл имеет плохую свариваемость. Понятие свариваемость обычно служит для качественной оценки металла. Из этого следует, что свариваемость не является постоянным свойством данного металла. По мере совершенствования оборудования и технологии свариваемость металлов может улучшиться.

На свариваемость оказывают влияние многие свойства металла: электро- и теплопроводность, прочность при высоких температурах, температура плавления, коэффициент линейного расширения, твердость и чувствительность к термическому циклу сварки (изменение

свойств под воздействием нагрева). С уменьшением электро- и теплопроводности снижается сила сварочного тока, а следовательно, на образование соединения затрачивается меньшая электрическая мощность. Высокая прочность при повышенных температурах требует больших усилий для необходимой деформации свариваемого металла. При сварке металлов с высокой твердостью приходится также использовать повышенные усилия или применять предварительный подогрев металла. С повышением коэффициента линейного расширения увеличивается усадка металла в процессе кристаллизации и могут возникать большие внутренние напряжения, что ведет к образованию раковин и трещин в литом металле.

Рассмотрим кратко свариваемость основных групп металлов.

Низкоуглеродистые стали имеют относительно высокое электросопротивление (в 7 раз больше, чем у меди) и низкую прочность, поэтому их можно сваривать в широком диапазоне режимов. При точечной сварке используют небольшие плотности тока (до 600 А/мм²) и давление (до 15 кгс/мм²) отнесенные к площади сечения литого ядра в плоскости соединения. Эти стали хорошо свариваются при всех видах контактной сварки. При стыковой сварке оплавлением плотность тока должна быть 10—30 А/мм², скорость осадки не менее 30 мм/с, давление осадки 6—8 кгс/мм². Эта группа металлов характеризуется малым снижением прочности в результате сварочного нагрева, хорошей пластичностью сварных соединений и малой склонностью к образованию трещин.

Низколегированные и углеродистые стали при контактной сварке склонны к закалке из-за относительно высоких скоростей нагрева и охлаждения, используемых при ней, поэтому при точечной и шовной сварке используют более мягкие режимы для уменьшения опасности возникновения раковин и трещин в результате образования структур закалки в литой и околошовной зонах металла сварного соединения. Структуры закалки повышают хрупкость и снижают пластичность соединений. Для повышения прочности и пластичности металла необходима термическая обработка в печи или непосредственно в сварочной машине. При точечной и шовной сварке этих металлов используют токи ниже (на 25—30%), а давления выше (в 1,5—2 раза), чем при сварке

низкоуглеродистой стали. Низколегированные и углеродистые стали имеют хорошую свариваемость при стыковой сварке. Благодаря повышенному содержанию углерода уменьшается окисление металла и облегчается получение соединений свободных от окислов. Пластичность соединений повышают подогревом или последующей термической обработкой. В связи с большой прочностью металла при высоких температурах, а также для предотвращения усадочных дефектов в зоне соединения применяют повышенные давления осадки (8—12 кгс/мм²).

Коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали обладают высоким электросопротивлением (в 5—6 раз большим, чем у низкоуглеродистой стали), поэтому для их сварки требуются небольшие токи. Точечную и шовную сварку выполняют с использованием жестких режимов из-за высокого коэффициента теплового расширения и опасности возникновения в связи с этим значительных тепловых деформаций сварных узлов, а также из-за склонности некоторых сталей к коррозии при длительном нагреве. Высокая прочность металла обуславливает применение повышенных давлений при сварке (25—40 кгс/мм²). При стыковой сварке этих сталей в связи с их жаропрочностью и склонностью к окислению скорость осадки должна быть не менее 50 мм/с, а усилие осадки в 2,5—3 раза больше, чем при сварке низкоуглеродистой стали.

Жаропрочные (никелевые) сплавы обладают очень высокой прочностью в нагретом состоянии, в связи с чем точечную и шовную сварку выполняют при больших давлениях (60—90 кгс/мм²) и длительностях протекания сварочного тока. Эти сплавы имеют повышенную склонность к внутренним выплескам металла и образованию дефектов усадочного характера в литом ядре. При стыковой сварке оплавлением никелевых сплавов для удаления тугоплавких окислов из стыка требуются большие скорости оплавления (8—10 мм/с) и осадки (более 60 мм/с). Давление осадки составляет 40—50 кгс/мм². Для снижения давления осадки используют предварительный подогрев сопротивлением зоны сварки.

Титановые сплавы обладают очень высоким электросопротивлением. Режимы точечной и шовной сварки (сила тока и длительность протекания) этих сплавов близки к режимам сварки коррозионно-стойких сталей.

При нагреве пластичность их значительно повышается, что позволяет использовать при сварке низкие давления (15—20 кгс/мм²). Отсутствие контакта с атмосферой позволяет выполнять точечную и шовную сварку без какой-либо защиты. Стыковую сварку титановых сплавов из-за активного взаимодействия их с газами и склонности к перегреву ведут при высокой интенсивности процесса (больших токах при их малой длительности и высокой скорости осадки). При сварке титановых сплавов в среде аргона или гелия улучшается формирование и повышается пластичность сварных соединений, поэтому их можно сваривать не только оплавлением, но и сопротивлением (малые сечения).

Медные сплавы (латуни, бронзы) характеризуются высокой электро- и теплопроводностью, низкой прочностью при нагреве, поэтому для сварки этих сплавов используют большие токи при малой длительности их протекания. При точечной и шовной сварке латуни сила тока в 2—2,5 раза больше, чем при сварке низкоуглеродистой стали, практически при таких же давлениях. При сварке бронзы сварочные токи несколько меньше, так как у нее более высокое электросопротивление. Латунь и бронза хорошо свариваются стыковой сваркой оплавлением. Сварка чистой меди представляет определенные трудности и зависит от степени ее чистоты. Увеличение примесей в меди приводит к повышению хрупкости сварного соединения. Медь и ее сплавы можно сваривать сопротивлением при большой установочной длине и специальной конструкции устройств, сужающих зону деформации при осадке.

Алюминиевые и магниевые сплавы обладают очень высокой электропроводностью. При точечной и шовной сварке этих сплавов используют кратковременные импульсы тока очень большой величины (в 3—3,5 раза больше, чем для низкоуглеродистой стали). При сварке пластичных (неупрочненных) алюминиевых и магниевых сплавов давления практически такие же, как при сварке низкоуглеродистой стали. Сварку сплавов, упрочненных термической обработкой или деформацией, выполняют с такими же давлениями, как при сварке коррозионно-стойких сталей. Высокопрочные алюминиевые сплавы при точечной сварке склонны к образованию дефектов усадочного характера (пор, раковин, трещин), поэтому их сваривают с использованием ковочного усилия (см.

рис. 11), которое прикладывают в процессе кристаллизации расплавленного металла ядра.

Особенностью точечной и шовной сварки алюминиевых и магниевых сплавов является интенсивный перенос свариваемого металла на рабочую поверхность электродов (роликов) и обратно, что вызывает их повышенное загрязнение, особенно при сварке магниевых сплавов. Значительные загрязнения на поверхности точек и швов снижают стойкость металла против коррозии.

Стыковую сварку оплавлением алюминиевых сплавов выполняют с большими скоростями и давлениями осадки (соответственно более 150 мм/с и до 50 кгс/мм²). С целью предупреждения расслоений и рыхлот в стыке, а следовательно, для повышения качества сварных соединений применяют специальные формирующие губки (электроды). Упрочненные алюминиевые сплавы сваривают с кратковременным нагревом при больших конечных скоростях оплавления. Для сварки неупрочненных (пластичных) сплавов можно использовать более мягкие режимы.

Сварку сопротивлением алюминиевых сплавов применяют для соединения проволоки и прутков диаметром 3—10 мм.

**УСТРОЙСТВО МАШИН КОНТАКТНОЙ
СВАРКИ****1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ
ПАРАМЕТРЫ**

Все машины контактной сварки в процессе работы выполняют две основные функции — сжатие и нагрев соединяемых деталей. Машины для шовной сварки дополнительно обеспечивают движение деталей, а машины для стыковой сварки — зажатие деталей в губках (электродах). Особенности устройства машины обусловлены способом сварки. В соответствии с рассмотренными выше способами контактной сварки все машины можно разделить на две группы, существенно отличающиеся по конструкции: для точечной, рельефной, шовной сварки и для стыковой сварки.

В конструкции любой машины можно выделить механическое и электрическое устройства, однако некоторые детали могут быть частями как механического, так и электрического устройств машины.

Основной частью механического устройства машины для точечной сварки (рис. 13) является корпус 1, на котором закреплены нижний кронштейн 2 с нижней консолью 3 и электрододержателем 4 с электродом и верхний кронштейн 7. Нижний кронштейн 2 обычно выполняют переставным или передвижным (плавно) по высоте, что дает возможность регулировать расстояние между консолями в зависимости от формы и размера свариваемых деталей. На верхнем кронштейне установлен пневмопривод усилия сжатия электродов 6, с которым соединена верхняя консоль 5 с электрододержателем 4. Для управления работой пневмопривода на машине установлена соответствующая пневмоаппаратура 8. Привод усилия может быть также пневмогидравлическим, гидравлическим, пружинным и грузовым. Корпус, верхний и нижний кронштейны и консоли воспринимают усилие, развиваемое пневмоприводом, и поэтому должны иметь высокую жесткость (малые деформации от действия усилия). Корпуса машин, верхние и нижние

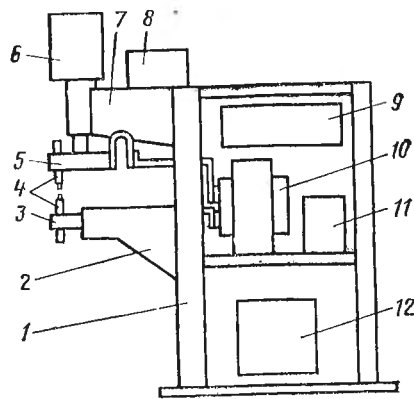


Рис. 13. Устройство точечной машины

кронштейны обычно сварные и выполнены из профильного и листового проката.

Электрическое устройство машины состоит из сварочного трансформатора 10 с переключателем ступеней 11, контактора 12 и блока управления 9. Часто аппаратура управления смонтирована в отдельном шкафу. Контактор 12 подключает сварочный трансформатор к электрической

питающей сети и отключает его.

К электрическому устройству относится также вторичный контур машины, который образуют токоподводы, идущие от трансформатора к свариваемым деталям. Ток от трансформатора через жесткие и гибкие шины подводится к верхней 5 и нижней 3 консолям с электрододержателями 4. Нетрудно видеть, что консоли и электрододержатели с электродами участвуют в передаче сварочного тока и усилия и поэтому одновременно являются частями электрического и механического устройств машины. Все части вторичного контура изготовляют из меди или медных сплавов, имеющих высокую электропроводность. Большинство элементов вторичного контура, сварочный трансформатор и контактор имеют внутреннее водяное охлаждение. В машинах для рельефной сварки вместо электрододержателей установлены контактные плиты, для шовной сварки — электродные головки с роликами. Шовные машины снабжены приводом вращения роликов.

Механическое устройство машины для стыковой сварки (рис. 14) состоит из станины 3 с направляющими, неподвижной 5 и подвижной 7 плит. На каждой из плит установлены приводы 6 зажатия свариваемых деталей с губками 4. Подвижная плита 7 соединена с приводом подачи и осадки 8. Станина 3 воспринимает большие усилия зажатия и осадки и должна без деформаций обеспечить соосность деталей в процессе сварки.

Электрическое устройство машины состоит из сварочного трансформатора 2, переключателя ступеней 1, контактора 9 и аппаратуры управления. Вторичный контур здесь проще, чем у машин других типов, он включает гибкие шины и колодки трансформатора, соединенные с губками. У большинства машин вертикально перемещаются верхние губки, обеспечивая зажатие свариваемых деталей.

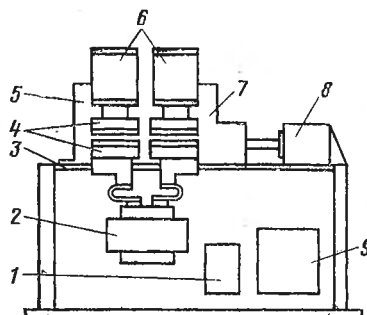


Рис. 14. Устройство стыковой машины

Пригодность той или иной машины для сварки конкретных деталей определяют по ее основным параметрам.

Номинальный сварочный ток — ток во вторичном контуре, который можно получить при сварке деталей заранее установленной марки металла и толщины при номинальных размерах рабочего пространства машины.

Если машина предназначена для сварки металлов с высоким электросопротивлением (сталей, титана), то номинальный сварочный ток составляет в зависимости от типа машины 0,9—0,7 тока короткого замыкания (электроды машины замкнуты без деталей). Если машина предназначена для сварки легких сплавов, то номинальный сварочный ток практически равен току короткого замыкания.

Номинальное усилие — усилие сжатия электродов или осадки, составляющее для машин с пневмоприводом не более 80% максимального усилия. Номинальное усилие машины обычно обеспечивается при давлении сжатого воздуха 4—4,5 кгс/см².

Раствор консолей — минимальное расстояние между консолями или их выступающими частями при одном из возможных положений нижней консоли.

Вылет электродов точечных и шовных машин — расстояние от оси электродов до передней стенки корпуса машины. Вылет рельефных машин — расстояние от центра плит до передней стенки.

Номинальные раствор и вылет устанавливают при проектировании сварочной машины.

Раствор и вылет являются характеристиками рабочего пространства машины, в значительной степени определяющими технологические возможности машины при сварке деталей различных размеров и формы.

В нашей стране в основном используются обозначения типов машин контактной сварки из букв и цифр. Первой буквой обозначения могут быть: А — автомат, П — полуавтомат, М — машина, У — установка. Вторая буква характеризует способ сварки: Т — точечная, Ш — шовная, Р — рельефная и С — стыковая. Третья буква обозначения (если имеется) указывает характер сварочного тока (кроме переменного тока): К — конденсаторная машина; В — машина с выпрямлением тока во вторичном контуре (машина постоянного тока) либо число одновременно свариваемых точек — М (многоэлектродная). Различные типы машин обозначаются: МТ, МР, МШ — машины соответственно точечные, рельефные, шовные переменного тока; МТК, МШК — машины точечные и шовные конденсаторные; МТВ, МШВ — машины точечные и шовные постоянного тока; МТМ — машина точечная переменного тока многоэлектродная. Иногда в обозначении машины имеется четвертая буква, указывающая на конструктивное исполнение машины или ее специальное назначение. Например, МТВР — машина точечная постоянного тока радиального типа (с ходом верхнего электрода по дуге окружности) или АТМС — автомат многоэлектродный для сварки сетки. Кроме букв в обозначение машины входят цифры, характеризующие номинальный сварочный ток в кА и модель или исполнение (две последние цифры). Например, МТ-1618 — машина с номинальным сварочным током 16 кА, модель 18. Изменения конструкции машины или типа аппаратуры управления отражаются в номере модели.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО

Электрическое устройство машины предназначено для обеспечения необходимой программы нагрева металла в зоне сварки. В качестве примера рассмотрим электрическое устройство точечной машины переменного тока (рис. 15), которое состоит из элементов вторичного

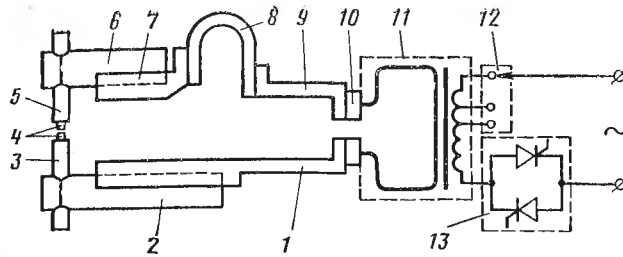


Рис. 15. Силловая электрическая схема точечной машины

контура 1—9, трансформатора 11, переключателя ступеней 12, контактора 13 и аппаратуры управления. Вторичный контур включает электроды 4, непосредственно контактирующие с деталями, подводящие ток и передающие усилие; электрододержатели 3, 5; нижнюю 2 и верхнюю 6 консоли; токопроводы 1, 7, 9 и гибкую шину 8. Жесткие элементы контура изготавливают из медного проката и отливают из меди или бронзы; гибкие шины чаще всего набирают из медной фольги. Принято также включать в число элементов вторичного контура машины вторичный виток трансформатора с выводными колодками 10. Электроды, электрододержатели, а иногда и консоли являются сменными частями машины, их конструкция и размеры определяются свариваемыми деталями.

С целью электробезопасности обслуживающего персонала одну из ветвей вторичного контура соединяют с корпусом машины, который заземлен, а другую изолируют от корпуса. В современных точечных, рельефных и шовных машинах изолирована от корпуса верхняя ветвь (элементы, соединяющие колодку 10 с подвижным электродом), а в стыковых машинах — губка, установленная на неподвижной плите.

Размеры вторичного контура (вылет электродов и раствор консолей) и сечения токоведущих элементов определяют полное электрическое сопротивление контура. Сопротивление вторичного контура шовных машин обычно больше, чем точечных рельефных и стыковых машин из-за наличия двух подвижных контактов в электродных головках. Чем больше вылет и раствор и меньше сечение, тем больше сопротивление, и для получения номинального сварочного тока требуется повышать напря-

жение вторичной обмотки трансформатора, а следовательно, и электрическую мощность машины. Поэтому необходимо обеспечить возможно более низкое сопротивление вторичного контура.

Токоведущие элементы вторичного контура имеют болтовые, конусные или клиновые соединения. От надежности электрических контактов в этих соединениях зависит стабильность сопротивления вторичного контура, а следовательно, и сварочного тока. В процессе эксплуатации возможны окисление контактов и ослабление затяжки болтов, что приводит к увеличению сопротивления вторичного контура. Удельное электросопротивление меди и ее сплавов при нагреве существенно повышается (примерно 4% на 10°C), поэтому при нагреве элементов вторичного контура его сопротивление также возрастает и сварочный ток уменьшается.

Для преобразования электрической энергии промышленной питающей сети в энергию, необходимую для контактной сварки, машины снабжают понижающим трансформатором, позволяющим получать большие сварочные токи (десятки кА). В связи с относительно небольшим полным сопротивлением вторичного контура (включая сопротивление свариваемых деталей) большие токи достигаются за счет низкого напряжения вторичной обмотки сварочного трансформатора (для стационарных машин не более 10 В). Для получения таких низких напряжений вторичную обмотку трансформатора обычно выполняют из одного или реже из двух витков.

Трансформатор машин контактной сварки, как и любой трансформатор, состоит из трех основных узлов: сердечника (магнитопровода), первичной и вторичной обмоток. Трансформаторы работают в режиме кратковременных повторяющихся нагрузок с большими токами, поэтому их обмотки испытывают значительные динамические нагрузки. Необходимым требованием высокой механической прочности лучше всего удовлетворяет трансформатор с сердечником броневое типа и чередующимися первичной и вторичной дисковыми обмотками (рис. 16).

Сердечник 9 имеет три стержня, из них средний, на котором расположены обмотки, по сечению в 2 раза больше, чем каждый из крайних стержней. Сердечник собирают из пластин специальной электротехнической стали толщиной 0,5 мм. Сборку сердечника выполняют

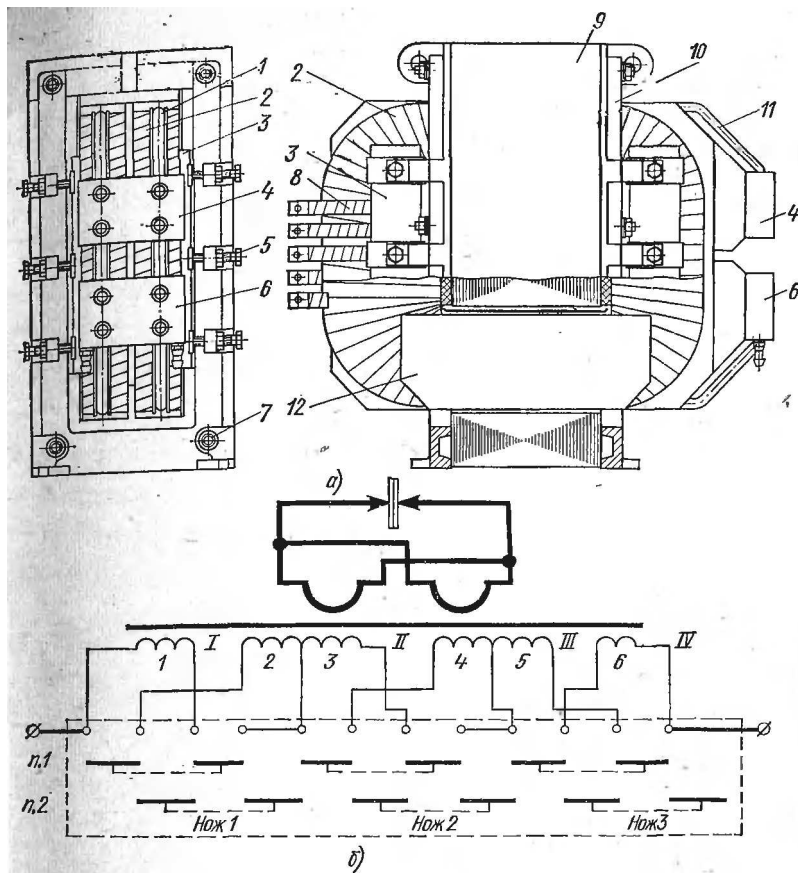


Рис. 16. Сварочный трансформатор:
 а — конструкция; б — схема подключения к переключателю ступеней

внахлестку из отдельных штампованных из листа пластин П- или Ш-образной формы. Собранный сердечник зажимают между двумя сварными или литыми рамами 10 и стягивают изолированными шпильками 7. Рама служит также для закрепления обмоток и установки трансформатора в машине.

Первичная обмотка трансформатора, состоящая из отдельных дисков (катушек) 2, выполнена из изолированного обмоточного медного провода прямоугольного сечения. Каждая катушка имеет выводы 8, которые при-

соединены к обмотке пайкой или сваркой. После намотки катушки изолируют, пропитывают лаком и сушат. Вторичная обмотка имеет один виток и выполнена из двух дисков 1, вырезанных из листовой меди. Диски соединены между собой параллельно посредством колодок 4, 6, служащих для присоединения шин вторичного контура. Диски вторичной обмотки охлаждаются водой, проходящей по медным трубкам 11, напаянным по наружному контуру каждого диска и по каналам в каждой колодке 4 и 6. Катушки первичной и диски вторичной обмоток расположены поочередно на среднем стержне сердечника 9 и плотно прижаты одна к другой болтами 5 и прижимными планками 3. В собранном трансформаторе первичная и вторичная обмотки надежно изолированы от сердечника и между собой. В качестве изоляции применяют прокладки 12 из листового гетинакса, текстолита или других изоляционных материалов.

С целью снижения расхода материалов, увеличения надежности и долговечности обмотки трансформаторов заливают эпоксидным компаундом в единый блок, а сердечник выполняют из ленты холоднокатаной стали путем навивки.

Для регулирования силы сварочного тока изменяют напряжение вторичной обмотки трансформатора путем включения в питающую сеть различного числа витков секций первичной обмотки. При этом изменяется коэффициент трансформации — отношение чисел витков первичной и вторичной обмоток. При увеличении числа витков первичной обмотки (повышении коэффициента трансформации) напряжение вторичной обмотки, а следовательно, и сварочный ток уменьшаются, при уменьшении числа витков — увеличиваются.

Выводы от секции (катушек) подключают к специальному переключателю ступеней вторичного напряжения трансформатора. Переключатель позволяет получать различные комбинации соединений секций для включения в сеть необходимого числа витков первичной обмотки. В зависимости от пределов регулирования вторичного напряжения (и сварочного тока) и мощности трансформаторов применяют различные схемы переключения витков первичной обмотки, используя переключатели разных типов: пакетные, кулачковые, ножевые (штепсельные) и барабанные.

На рис. 16, б приведена типичная схема включения первичной обмотки трансформатора (см. рис. 16, а), состоящей из четырех катушек I—IV и шести секций 1—6. Для переключения числа витков используют ножевой переключатель, имеющий три ножа. На первой ступени (положение п. 2) все секции первичной обмотки соединены последовательно (вторичное напряжение и ток минимальные), на промежуточных ступенях секции соединены последовательно и параллельно (например, нож 1 — п.2, ножи 2 и 3 — п.1), на последней ступени (напряжение и ток максимальные) все секции соединены параллельно (п. 1).

3. АППАРАТУРА УПРАВЛЕНИЯ

Для включения (и выключения) сварочного трансформатора в сеть служат специальные устройства — контакторы. На машинах небольшой мощности с невысокими требованиями к качеству сварных соединений иногда используют электромагнитные контакторы (электромагнитные реле с мощными контактами). В большинстве машин применяют контакторы с так называемыми управляемыми вентилями — игнитронами и тиристорами.

Игнитрон — газоразрядный (ионный) прибор, способный пропускать большие токи при подаче соответствующей электрической команды на управляющий электрод — поджигатель. Тиристор — полупроводниковый кремниевый прибор, проводящий ток при подаче кратковременных импульсов небольшого тока на его управляющий электрод. Контактторы, включаемые в сеть последовательно с первичной обмоткой трансформатора, состоят из двух встречно и параллельно соединенных вентиляй. Различают асинхронные и синхронные контакторы с управляемыми вентилями.

Асинхронный игнитронный контактор КИА (рис. 17, а) включает сварочный трансформатор в любой момент времени, не связанный по фазе с изменением напряжения питающей сети, в результате чего возможны несимметрия и нечетное число положительных и отрицательных полупериодов (полуволн) тока, а следовательно, намагничивание сердечника трансформатора и нестабильность сварочного тока.

Управляющим элементом контактора является замыкающий контакт Р, который должен быть замкнут на

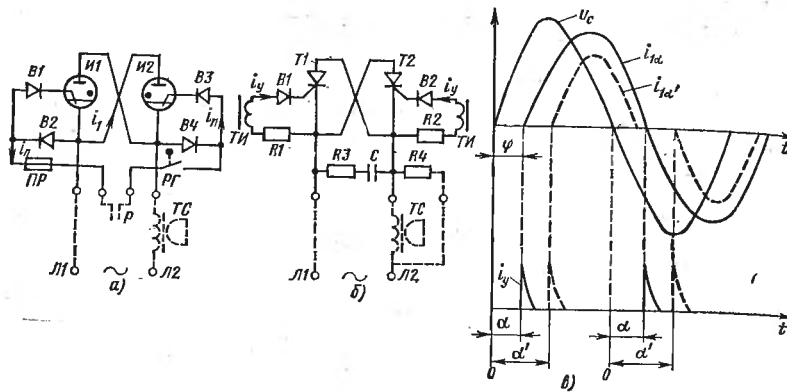


Рис. 17. Контакторы:
 а — игнитронный; б — тиристорный; в — диаграмма напряжений и токов

время протекания сварочного тока. При замыкании контакта P (реле в регуляторе цикла сварки) и полярности, при которой на анод игнитрона $I2$ подан положительный полупериод питающего напряжения (клеммы $L1, L2$), ток $i_{п}$ потечет от $L1$ через диод $B2$, предохранитель PP , контакт P , контакт PG гидравлического реле, диод $B3$ и поджигатель игнитрона $I2$ к $L2$. Игнитрон загорится и в первичной обмотке сварочного трансформатора потечет ток i_1 . В конце полупериода течение тока i_1 прекратится и с этого момента (плюс на клемме $L2$) начнет проходить ток $i_{п}$ по цепи поджигателя игнитрона $I1$, что приведет к зажиганию последнего и прохождению второго полупериода тока i_1 . Такое поочередное горение игнитронов будет происходить до размыкания контакта P , после чего игнитронный контактор отключит первичную обмотку TC от сети при нулевом значении тока, протекающего через последний горящий игнитрон.

В последние годы вместо игнитронов в контакторах используют только тиристоры. В синхронном тиристорном контакторе (рис. 17, б) применено фазовое управление током, протекающим через первичную обмотку трансформатора TC , а следовательно, и сварочным током.

Контактор включает трансформатор TC всегда в строго определенный момент времени, связанный с изменением напряжения питающей сети u_c . Поочередное

включение тиристоров $T1$ и $T2$ обеспечивается подачей на их управляющие электроды кратковременных импульсов тока i_y от трансформаторов $ТИ$.

Положение импульсов i_y по отношению к нулю напряжения сети u_c (рис. 17, в), определяемое углом α , можно регулировать специальным фазорегулирующим устройством. Если $\alpha = \varphi$ (φ — угол сдвига между напряжением и током), то ток, протекающий через первичную обмотку трансформатора $ТС$, имеет полнофазное (наибольшее) значение $i_{1\alpha}$. При $\alpha' > \varphi$ длительность включения тиристора ($T1$ или $T2$) в течение каждого полупериода уменьшается, в результате чего уменьшается действующее значение тока $i_{1\alpha'}$ и сварочного тока. Изменяя плавно угол α , получают регулирование сварочного тока.

Цепочка $R3, C$ служит для снижения скорости нарастания напряжения на тиристорах и исключения их самопроизвольного включения (рис. 17, б). При наличии этой цепочки на первичную обмотку $ТС$ даже до включения сварочного тока подается небольшое напряжение, что может вызывать искрение при размыкании электродов машины. Для устранения этого нежелательного явления параллельно первичной обмотке включают резистор $R4$.

Сварочные машины в зависимости от мощности комплектуют тиристорными контакторами КТ-1 (на тиристорах ТВ-200), КТ-03 (на тиристорах ТВ-500) и КТ-04 (на тиристорах ТВ-800). Тиристоры имеют внутреннее водяное охлаждение. Таким образом, при использовании в машинах синхронных контакторов с фазовым управлением сварочный ток можно изменять ступенчато переключением витков первичной обмотки трансформатора и плавно, регулируя момент включения управляемых вентилях (игнитронов или тиристоров) в каждом полупериоде тока.

Синхронный контактор с фазовым управлением и электронным реле времени, обеспечивающим регулирование длительности протекания сварочного тока и паузы (при шовой сварке), называют синхронным прерывателем тока. Применение получили синхронные игнитронные прерыватели тока типов ПИТ и ПИШ. Точечные прерыватели ПИТ позволяют получать одиночные импульсы тока, шовные прерыватели ПИШ — равные по величине и длительности импульсы тока через одинако-

вые паузы. Длительность импульса (ПИТ и ПИШ) и паузы (ПИШ) независимо регулируются в пределах 1—19 периодов частоты сети (0,02—0,38 с) ступенчато через один период. Прерыватели имеют фазовое управление (рукоятка «Нагрев») для плавного изменения действующего значения (теплого действия) сварочного тока в пределах 40—100% — тока данной ступени трансформатора машины (изменением угла α).

Электрическая схема прерывателей ПИТ и ПИШ выполнена с применением электровакуумных приборов (электронных ламп и тиратронов), в результате старения которых при длительной эксплуатации возможно нарушение стабильности работы прерывателей.

В прерывателях типа ПСЛ этот недостаток устранен применением полупроводниковых логических элементов. Длительность импульсов тока и пауз регулируется дискретно от 1 до 20 периодов с частотой питающей сети, что обеспечивает практически абсолютно точный отсчет времени. Прерыватели ПСЛ являются универсальными и пригодны для точечной (рельефной) и шовной сварки. Их выпускают в двух вариантах: с тиристорным контактором (ПСЛ-200, ПСЛ-700, ПСЛ-1200) и игнитронным (ПСЛ-1500). Они также позволяют плавно регулировать сварочный ток (40—100%).

Кроме того, все прерыватели ПИТ, ПИШ, ПСЛ обеспечивают автоматическую стабилизацию сварочного тока при колебаниях напряжения сети, питающей машину. Изменение тока, вызываемое колебанием напряжения, может снизить качество получаемых сварных соединений, поэтому в прерывателях предусмотрено специальное компенсирующее устройство, которое автоматически изменяет момент включения управляемых вентилей-игнитронов или тиристоров (угол α , рис. 17, в), благодаря чему поддерживается заданный сварочный ток.

Работа сварочной машины по заданной циклограмме (см. гл. I) не может быть обеспечена применением одного только контактора или прерывателя тока. Для этой цели необходима аппаратура, которая выдает в нужные моменты времени команды на включение и выключение соответствующих исполнительных элементов, управляющих всеми электрическими и механическими устройствами машины. Эту аппаратуру принято называть регулятором цикла сварки (РЦС).

В общем случае РЦС представляет собой электронное устройство, обеспечивающее отсчет последовательных, а иногда и параллельных выдержек времени интервалов цикла сварки. В начале и конце каждо-

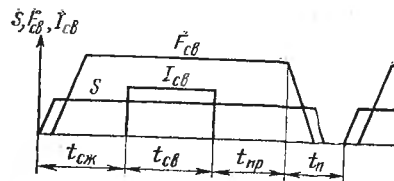


Рис. 18. Циклограмма работы регулятора цикла сварки РЦС-403

го интервала выдается команда на соответствующий исполнительный элемент машины. Все РЦС работают в одиночном цикле сварки, а также в автоматическом повторяющемся режиме. Наиболее простые РЦС предназначены для управления точечными и рельефными машинами, выполняющими в процессе сварки четыре операции (интервала) цикла (рис. 18). При включении цикла сварки (обычно pedalной кнопкой) выдается команда на движение S вниз верхнего электрода и сжатие деталей $F_{св}$ и начинается отсчет интервала «Сжатие» — $t_{сж}$. После отсчета установленного $t_{сж}$ поступает команда на включение сварочного тока $I_{св}$, который протекает в течение времени «Сварка» — $t_{св}$. После выключения тока отсчитывается интервал «Проковка» — $t_{пр}$, в конце которого дается команда на подъем электрода. Если pedalная кнопка остается нажатой, то после отсчета времени «Пауза» — $t_{п}$ цикл сварки повторяется.

В машинах старых выпусков указанный цикл сварки осуществляется с помощью РЦС типа РВЭ-7 (реле времени с электронными лампами), построенного с использованием RC -цепочек для отсчета времени. Регулятор РВЭ-7 работает в комплекте с асинхронным ионитронным контактором КИА, который включается и выключается замыкающим контактом P регулятора (см. рис. 17, а); при этом невозможно плавное (фазовое) регулирование сварочного тока. Контакт P может также подавать команду на включение прерывателя ПИТ, ПСЛ и т. п. В этом случае длительность протекания сварочного тока будет определяться не РВЭ-7, а прерывателем, который обеспечит также и плавное изменение тока.

В современных машинах для точечной сварки применяют регулятор цикла РЦС-403, выполненный на полупроводниковых логических элементах. Он работает по

циклограмме РВЭ-7 (рис. 18) совместно с тиристорными контакторами КТ-1, КТ-03, КТ-04 или тиристорным блоком поджигания игнитронов. К преимуществам РЦС-403 следует отнести бесконтактное включение и выключение электропневматического клапана привода усилия машины, возможность плавного изменения сварочного тока путем фазового регулирования и более точный отсчет времени интервалов цикла сварки. Длительности интервалов $t_{сж}$, $t_{пр}$, $t_{п}$ регулируются плавно в пределах 0,04—1,7 с и $t_{св}$ ступенчато от 0,02 до 2,2 с.

Для управления более сложными точечными и рельефными машинами применяют специальные многопрограммные РЦС, выполняемые в виде отдельных блоков или шкафов (ШУ-123, ПСЛТ-1200 и т. п.). Такие регуляторы позволяют вести сварку с различными вариантами изменений усилия и сварочного тока. Для управления машинами шовной сварки обычно не требуется специальных регуляторов, а необходимый цикл «Сварка»—«Пауза» обеспечивается применением синхронных прерывателей ПИШ, ПСЛ и т. д. Для управления работой пневмоклапанов и двигателем вращения роликов используют простые релейные устройства.

В большинстве машин стыковой сварки включение и выключение сварочного тока выполняют электромагнитные контакторы. Иногда при сварке оплавлением и в специальных машинах для сварки сопротивлением с целью стабилизации процесса используют контакторы с управляемыми вентилями (игнитронами и тиристорами). Для управления циклом сварки применяют реле времени и напряжения на тиратронах и электронных лампах, а в последнее время — на полупроводниковых логических элементах.

4. ПРИВОДЫ УСИЛИЯ

К приводам усилия машин контактной сварки предъявляются требования стабильности усилия ($\pm 8—10\%$) и достаточно глубокого регулирования (отношения максимального и минимального усилий) 5:1 и более. В машинах используют различные конструкции приводов усилия (осадки, зажатия): пружинные, грузовые, рычажные, электромеханические, пневматические и гидравлические.

Пружинные и грузовые приводы обычно применяют

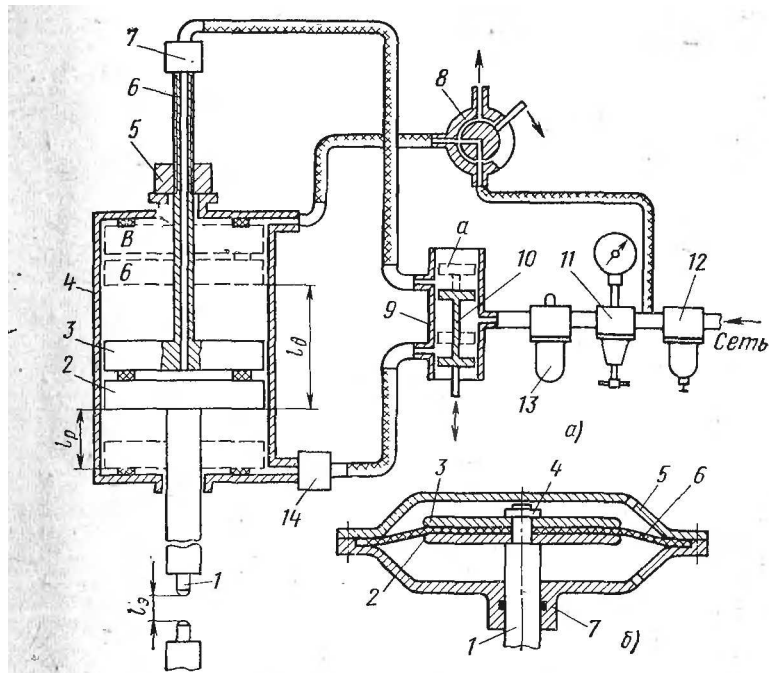


Рис. 19. Привод усилия:

а — схема пневмоцилиндрического привода; *б* — пневмодиафрагменный привод.

в машинах малой мощности с усилием до 150 кгс. Недостатком пружинного привода является зависимость усилия от исходного расстояния между электродами. Рычажные и электромеханические приводы используют только в стыковых машинах для перемещения подвижной плиты и осадки с максимальным усилием 5000—6000 кгс. Пневматические (до 8000 кгс) и гидравлические (10 000 кгс и более) приводы применяют в машинах для различных способов сварки.

Наибольшее распространение получили пневматические приводы благодаря простоте конструкции и эксплуатации. Рассмотрим устройство и работу пневматического привода усилия с рабочим и дополнительным ходом (рис. 19). Привод представляет собой трехкамерный цилиндр 4 с двумя поршнями. Рабочий ход верхнего электрода 1 и сжатие свариваемых деталей происходят

при движении поршня 2 вниз. Поршень 3 предназначен для регулирования рабочего хода l_p поршня 2 и для получения дополнительного хода l_d электрода вверх, необходимого для его перехода через высокие части свариваемых деталей, а также зачистки и смены электродов. Изменяя с помощью гайки 5 на штоке 6 положение поршня 3, можно уменьшать рабочий ход l_p поршня 2. Такая конструкция позволяет быстро переходить от небольшого расстояния между электродами $l_0 = 5 \div 10$ мм к большому $l_0 + l_d = 70 \div 80$ мм.

В исходном положении в верхней камере цилиндра находится воздух под сетевым давлением, который подается через трехходовой кран 8, а в нижней камере — воздух под давлением, заданным регулятором (редуктором) 11, в зависимости от требуемого усилия электродов. Усилие поршня 3, направленное вниз, всегда больше усилия поршня 2, направленного вверх, поэтому первый служит упором, определяющим верхнее положение поршня 2. Если повернуть кран 8 в направлении, показанном стрелкой, то воздух из верхней камеры будет выходить в атмосферу, и поршень 3 под действием усилия поршня 2 займет положение В, а последний — положение Б. При этом произойдет дополнительный ход верхнего электрода. При обратном повороте крана 8 поршни 3 и 2 примут положение, показанное на рис. 19, а.

Опускание электрода и сжатие деталей происходят при включении пневмоклапана 9, золотник 10 которого займет положение а и воздух от редуктора 11 будет поступать по полуму штоку 6 в среднюю камеру цилиндра. В это время воздух из нижней камеры через дросселирующий клапан 14 и пневмоклапан 9 будет выходить в атмосферу и после упора верхнего электрода в свариваемые детали начнется их сжатие заданным усилием F_0 . Величина F_0 зависит от давления воздуха, которое регулируют редуктором 11 по манометру.

При подъеме электрода пневмоклапан переключает подачу воздуха из средней камеры в нижнюю; из средней камеры через клапан 9 воздух отводится в атмосферу.

Чтобы исключить удар верхнего электрода о свариваемые детали из-за быстрого нарастания усилия или удар поршня 2 в поршень 3 при ходе вверх, применяют дросселирующие клапаны 7 и 14. Конструкцией дросселирующего клапана предусмотрен свободный проход

воздуха в одном направлении и затруднение прохода его в обратном направлении. Например, при подъеме поршня 2 клапан 14 свободно пропускает воздух, а клапан 7 замедляет его выход; при опускании поршня 2, наоборот, клапан 7 легко пропускает воздух, а клапан 14 тормозит его выход. На входе воздуха от сети установлен фильтр-пылевлагоотделитель 12, предназначенный для отделения от сжатого воздуха воды, масла и твердых частиц. Последние удаляются при повороте спускного крана на дне влагоотделителя. Для смазки резиновых уплотнений — манжет поршней в сжатый воздух, поступающий в камеры привода, с помощью маслораспылителя (лубликатора) 13 периодически подаются капли масла.

Наряду с поршневыми пневмоприводами в машинах применяют диафрагменные приводы усилия (рис. 19, б). Рабочий ход (и усилие) происходит при подаче редуцированного воздуха в верхнюю полость диафрагменной камеры. Резиновая диафрагма 6 зажата по периферии между корпусом 7 и крышкой 5, а в центральной части — тарелками 2 и 3 с помощью гайки 4. Под действием давления воздуха диафрагма деформируется и шток 1, связанный с верхним электродом, перемещается вниз. При подаче воздуха в нижнюю полость электрод поднимается.

Преимуществом диафрагменного привода является простота конструкции, отсутствие смазки пневмокамеры (кроме штока) и малые силы трения (только из-за резиновых уплотнений штока); недостатком — небольшой рабочий ход (до 20 мм) и невозможность дополнительного хода. При использовании диафрагменного пневмопривода дополнительный ход осуществляют с помощью гайки и винта, вращаемого электродвигателем. Для получения больших усилий или ступенчатого цикла изменения усилия камеры с диафрагмами соединяют в блоки с общим штоком (2—3 диафрагмы). Усилие, развиваемое таким приводом, равно сумме усилий, создаваемых каждой пневмокамерой.

Гидравлические приводы усилия обычно применяют в тех случаях, когда для создания требуемых усилий необходим пневматический привод очень больших размеров, например, в специальных многоэлектродных машинах, где расстояние между точками небольшое, или в подвесных машинах-клещах, где для удобства работы

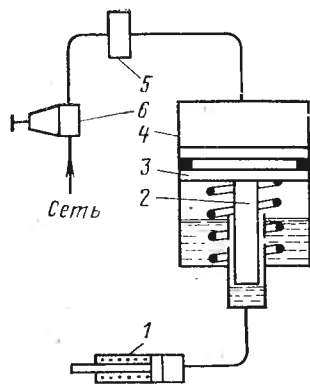


Рис. 20. Схема пневмогидравлического привода усиления

лению жидкости ($50\text{--}80\text{ кгс/см}^2$) диаметр цилиндра гидравлического привода в среднем в $3\text{--}3,5$ раза меньше, чем пневматического привода с одинаковым усилием.

В сварочных машинах используют два основных варианта питания привода: от насосной станции и от пневмогидравлического преобразователя. Первый способ применяют в тех случаях, когда требуется большой расход масла, например в приводах с большим ходом поршня или при наличии нескольких приводов.

Привод с пневмогидропреобразователем, обычно используемый в клещах, работает следующим образом (рис. 20). Воздух от сети через редуктор *б* и электропневматический клапан *5* поступает в верхнюю полость пневмогидропреобразователя *4*. Усилие, создаваемое воздухом от поршня *3*, передается штоку *2*, который сжимает масло, обеспечивая высокое давление ($50\text{--}80\text{ кгс/см}^2$). Давление масла больше давления воздуха во столько раз, во сколько площадь поршня *3* больше площади штока *2*. Масло по трубопроводу поступает в гидроцилиндр *1* и перемещает поршень и шток, связанный с электродом. Для обратного хода электрода отключается электропневматический клапан *5*, воздух из верхней полости выходит в атмосферу, а поршни пневмогидропреобразователя и гидроцилиндра под действием пружин возвращаются в исходное положение и усилие

необходим привод малых размеров и массы. Для создания больших усилий (более 6000 кгс) и удобства регулирования скорости перемещения подвижной плиты по определенному закону в стыковых машинах для сварки оплавлением также используют гидравлические приводы. По конструкции гидравлический привод не имеет принципиальных отличий от пневматического привода, с той лишь разницей, что вместо воздуха для создания давления используется жидкость (масло, реже вода). Благодаря высокому давлению

снимается. Усилие гидроцилиндра 1 изменяют с помощью редуктора 6.

Наряду с рассмотренными пневматическим и гидравлическим приводами, в стыковых машинах применяют электромеханический привод перемещения и осадки. Это устройство может автоматически выполнять подогрев, оплавление и осадку или работать в полуавтоматическом цикле, при котором подогрев выполняют вручную рычажным приводом, а оплавление и осадка производятся автоматически. Заданная программа перемещения подвижной плиты машины осуществляется с помощью кулачка специального профиля. Скорость перемещения плиты изменяют путем регулировки скорости вращения кулачка с помощью электродвигателя, постоянного тока или бесступенчатого вариатора. Преимуществом электромеханического привода является простота и надежность конструкции, недостатком — невысокие скорости осадки (до 25 мм/с).

Приводы зажатия предназначены для закрепления свариваемых деталей в губках стыковой машины. В машинах малой мощности используют рычажные, эксцентровые или винтовые зажимы с ручным приводом. Машины средней и большой мощности и высокой производительности оснащают быстродействующими зажимами с пневматическим, гидравлическим или электромеханическим приводом.

Для управления работой пневматических приводов усилия используют электропневматические клапаны — для подачи (переключения) воздуха в различные полости пневмоцилиндра, регуляторы давления (редукторы) — для установки необходимого рабочего давления воздуха, дроссели — для регулирования скорости подачи и выпуска воздуха. В машинах контактной сварки чаще применяют электропневматические клапаны типа КПЭМ, КЭП-15 и КПЭ-4. Клапаны представляют собой двухпозиционные воздухораспределители с электропневматическим управлением.

Клапан КПЭМ (рис. 21, а) состоит из корпуса 2, имеющего четыре гнезда с седлами для тарельчатых клапанов 6 с резиновым уплотнением, собранных на двух штоках 1 и 5. Распорная пружина 3 прижимает тарельчатые клапаны к соответствующим седлам, а штоки — опорные чашки 12 к мембранам 11. В корпусе 2 имеются три отверстия 4, 13 и 14 для подвода и от-

вода сжатого воздуха и щели 15 для выброса воздуха в атмосферу. На корпусе укреплены тяговый электромагнит 10 и шариковый клапан, состоящий из колодки 7 с шариком 8 и штоком 9, соединенным с якорем электромагнита. Колодка имеет отверстия для подключения сетевого воздуха давлением p_c и для выхода воздуха в атмосферу.

При обесточенном электромагните 10 шарик 8 под действием пружин через шток 9 перекрывает доступ воздуха из сети в диафрагменные камеры (камеры при этом сообщаются с атмосферой); под давлением пружин и редуцированного воздуха (давлением p_p), подводимого к входному отверстию 4, нижний тарельчатый клапан открывается и пропускает воздух в отверстие 14. Верхний тарельчатый клапан отсекает отверстие 13 от входного отверстия 4 (отверстие 13 соединено с атмосферой). Выходные отверстия 13 и 14 клапана соединяют соответственно со средней и нижней камерами пневмоцилиндра привода (см. рис. 19, а).

При включении электромагнита якорь притягивается и шток 9 освобождает шарик (рис. 21). Под давлением воздуха p_c шарик 8 отбрасывается от входного отверстия, соединяющего внутреннюю полость шарикового клапана с атмосферой. Воздух под давлением p_c попадает в диафрагменные камеры, резиновые мембраны 11 прогибаются и передвигают тарельчатые клапаны навстречу друг другу. Открывая и закрывая соответствующие седла, клапаны направляют воздух под давлением p_p к отверстию 13, а отверстие 14 соединяют с атмосферой. В результате редуцированный воздух подается в среднюю камеру пневмоцилиндра, а из нижней камеры — выпускается и происходит рабочий ход поршня привода. При выключении электромагнита пружина возвращает тарельчатые клапаны в исходное положение. Катушка электромагнита клапана КПЭМ питается переменным током напряжением 36 В.

Клапан КЭП-15 (рис. 21, в) в отличие от КПЭМ имеет электромагнит постоянного тока (напряжение 24 В), благодаря чему повышается стабильность его работы и быстродействие. Редуцированный воздух подводится к полости 9 через отверстие 13. При обесточенной катушке электромагнита шток 3 с закрепленными на нем резиновыми клапанами 2 и 4 под действием пружины 1 занимает крайнее верхнее положение. Из полости 9 воз-

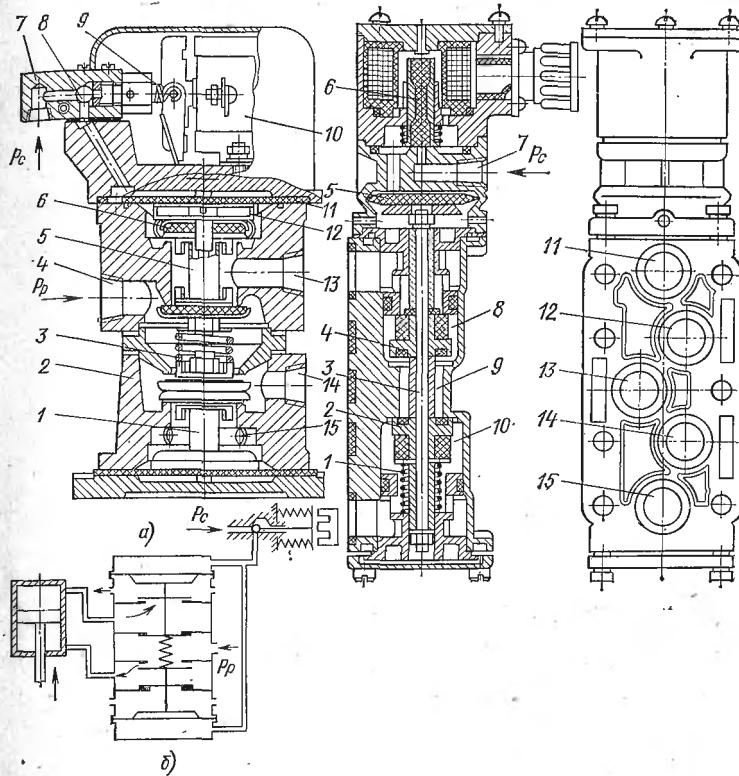


Рис. 21. Электропневматические клапаны:

а — устройство клапана КПЭМ; *б* — схема КПЭМ; *в* — устройство клапана КЭП-15

дух поступает через полость 8 в отверстие 12, а отверстие 14 через полость 10 и отверстие 15 сообщается с атмосферой. При включении электромагнита якорь 6 втягивается и воздух под давлением сети p_c поступает через отверстие 7 в полость над мембраной 5. Последняя прогибается и смещает шток 3 в крайнее нижнее положение. При этом редуцированный воздух из полости 9 поступает в полость 10 и в отверстие 14, а отверстие 12 сообщается с атмосферой через отверстие 11. Отверстия 12 и 14 соответственно соединены с нижней и средней камерами пневмоцилиндра привода усилия. Клапан КЭП-15 допускает установку глушителей шума при выходе воздуха из отверстий 11 и 15. Конструкция и прин-

тип работы электропневматических клапанов КЭП-15 и КПЭ-4 аналогичны.

В качестве воздушных редукторов и дросселей в схемах управления пневматическими приводами усилия используют стандартную пневмоаппаратуру.

Для управления гидравлическими приводами в машинах контактной сварки применяют аппаратуру, аналогичную по назначению аппаратуре, используемой в пневмосхемах. Для регулирования и поддержания стабильного давления масла используют редукционные клапаны, например, типа Г57-1. Для переключения подачи и выпуска масла применяют реверсивные распределители с электрическим, электрогидравлическим и гидравлическим дистанционным управлением. Иногда для этой же цели используют распределители с ручным управлением или управлением от кулачка.

5. ОСОБЕННОСТИ МАШИН ДЛЯ ШОВНОЙ СВАРКИ

Особенностью шовных машин является наличие электродных головок с подвижным электрическим контактом и привода вращения роликов. К контактам вторичного контура машины предъявляются требования малого и стабильного сопротивления. В шовных машинах используют электродные головки двух типов: с подвижным контактом, передающим ток и усилие роликов, и с разгруженным от усилия подвижным контактом.

Электродная головка первого типа (рис. 22, а) представляет собой втулку 3, в которой вращается вал 4 с роликом 1. Втулка 3 закреплена в корпусе 2, к которому присоединен токоподвод вторичного контура машины. На трущиеся поверхности вала и втулки периодически наносят графитовую смазку через специальную масленку. Во избежание нагрева электродной головки протекающим сварочным током вал 4 и корпус 2 имеют внутреннее водяное охлаждение. Совместное действие тока, усилия и вращения вала приводят к повышенному износу контактных поверхностей и увеличению сопротивления контакта.

Большую долговечность и стабильное сопротивление контакта имеет электродная головка, в которой разделены функции токоподвода и передачи усилия (рис. 22, б). Вал 4 с роликом 1 вращается в упорных шарикопод-

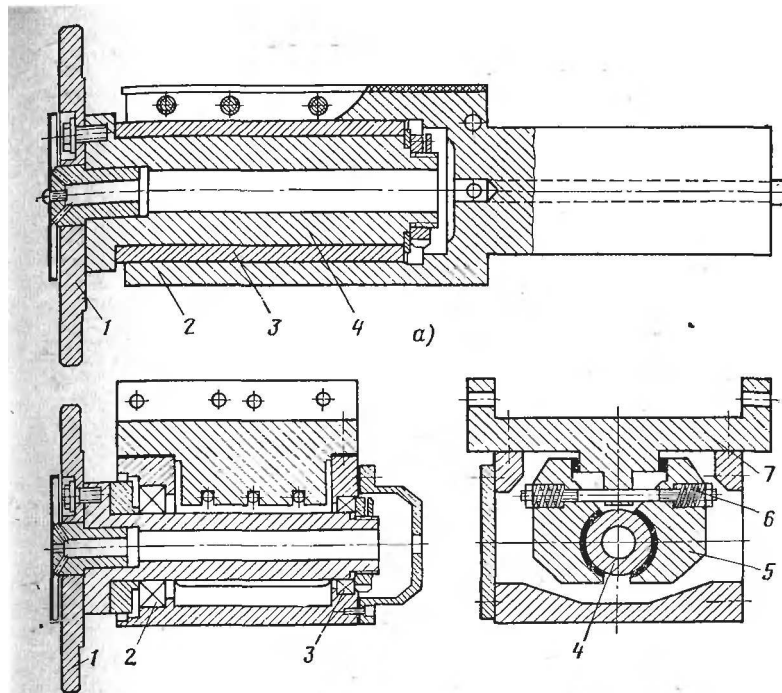


Рис. 22. Электродные головки шовных машин:

а — с контактом, передающим усилие; *б* — с контактом, не передающим усилие

шипниках 2, 3. Сварочный ток передается к ролику 1 следующим образом. Головка основанием 7 контактирует с токоподводом вторичного контура. Сухари 5 прижаты с помощью пружин 6 одной стороной к выступу основания 7, другой — к валу 4. Для смазки вала 4 используется касторовое масло, которое залито во внутреннюю полость головки. Преимуществом такого подвижного контакта является компенсация износа вала 4 и сухарей 5, а также отсутствие графитовой смазки.

С целью стабилизации сопротивления подвижного контакта в электродных головках втулку или сухари выполняют из металла с меньшей твердостью — меди М1, а вал — из медных сплавов с повышенной твердостью, например из бронзы Бр.Х. Это создает хорошие условия для притирки контактных поверхностей в процессе работы.

В шовных машинах приводным чаще является один из роликов и реже — оба ролика. В последнем случае применяют специальные устройства, уравнивающие линейные скорости роликов (приводные шарошки или дифференциал). Шарошка — ролик из термически обработанной стали с проточкой, форма которой соответствует форме рабочей части ролика. Шарошки соединены с приводом вращения и прижаты к роликам машины с помощью пружин или пневмоцилиндров. Они не только вращают ролики в процессе сварки, но также зачищают и поддерживают постоянным профиль рабочей поверхности. Однако применение шарошек увеличивает износ роликов, поэтому их используют только при необходимости, например при сварке металлов с покрытиями.

Приводной ролик вращается от электродвигателя через редуктор и систему шестерен, снижающих число оборотов. Для изменения числа оборотов приводного ролика (скорости шовной сварки) применяют электродвигатель постоянного тока с соответствующей системой регулирования (электромашинный и тиристорные приводы) или асинхронный двигатель с магнитной муфтой скольжения, которая обеспечивает регулирование скорости сварки в диапазоне до 1:10, имеет небольшие габаритные размеры и надежна в эксплуатации.

Для прерывистого перемещения деталей при шаговой шовной сварке используют быстродействующую электромагнитную муфту или пневматическое устройство с храповым колесом, обеспечивающее нериодические поворот и остановку роликов.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ МАШИН

Для контактной сварки используют большое число различных машин и установок. Принята следующая классификация машин.

По назначению — универсальные и специальные машины. Универсальные — машины традиционной конструкции с консольным расположением электродов, пригодные для сварки разнообразных узлов. Специальные машины предназначены для сварки одного определенного узла или группы однотипных узлов. Универсальные машины подразделяются на машины общего назначения и ответственного назначения. К машинам общего назначения относятся наиболее простые машины переменного тока, предназначенные в основном для сварки черных металлов.

К машинам ответственного назначения относятся машины, удовлетворяющие повышенным требованиям к качеству сварных соединений, они предназначены для сварки легированных сталей жаропрочных, титановых и легких сплавов.

По характеру установки — стационарные и передвижные. К передвижным машинам относятся подвесные точечные и шовные машины, переносные головки для односторонней двухточечной сварки и ручные одноточечные пистолеты.

По роду сварочного тока — машины переменного тока (однофазные), низкочастотные (трехфазные), конденсаторные (однофазные и трехфазные) и постоянного тока (трехфазные).

По числу одновременно выполняемых сварных точек и швов — одноточечные и многоточечные (многоэлектродные).

По перемещению подвижного электрода — машины с прямолинейным ходом (прессовые) и с ходом по дуге окружности (радиальные). Рельефные и стыковые ма-

шины имеют только прямолинейное перемещение подвижного электрода (подвижной плиты).

По направлению оси шва при шовной сварке — машины для поперечной или продольной сварки. Для поперечной сварки, когда ось шва перпендикулярна, а для продольной — параллельна оси консолей машины. Машины некоторых типов можно переналаживать для поперечной и продольной сварки.

2. МАШИНЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Для контактной сварки наибольшее применение имеют точечные машины (более 70% всего оборудования). Из них широко распространены машины радиального и прессового типа на номинальные токи до 16 кА с вылетом до 500 мм. Машины снабжены пневматическим приводом верхнего электрода и тиристорным контактором для коммутации сварочного тока. Серийно выпускаются точечные радиальные машины МТ-604, МТ-810, МТ-1614 (табл. 3). Машину МТ-604 можно комплектовать педальным пружинным приводом, что позволяет использовать ее при отсутствии сети сжатого воздуха.

Машины МТ-810, МТ-1214 и МТ-1614 конструктивно одинаковы и отличаются одна от другой только размерами и основными параметрами (рис. 23). Передняя стенка 1 является силовым элементом корпуса машины, на котором закреплены нижний кронштейн 3, верхний рычаг (кронштейн) 4 и пневматический привод усилия 5. Внутри корпуса на кронштейне установлен сварочный трансформатор 2 с переключателем ступеней 10, а также тиристорный контактор 11. Сварочный трансформатор и тиристорный контактор имеют внутреннее водяное охлаждение.

Для управления пневмоприводом служит электропневматический клапан 7 и редуктор 6. На задней стенке корпуса 8 установлен автоматический выключатель 9 с дистанционным расцепителем, отключающим машину от электрической сети при открывании дверцы и превышении максимально допустимого первичного тока. Для управления циклом работы машин этого типа используют регуляторы РЦС-301 (МТ-604) и РЦС-403.

Конструктивные особенности большой группы точеч-

Таблица 3

Основные данные машин общего назначения для точечной и шовной сварки

Тип машины	Номинальный сварочный ток, кА	Номинальная мощность, кВт·А	Усилие, кгс		Вылет, мм	Раствор, мм	Максимальный ход электрода, мм		Тип аппаратуры управления
			номинальное*	минимальное сварочное			рабочий	дополнительный	
MT-604**	6	14	200	40	200—275	150—270	20	—	РЦС-301
MT-810**	8	20	300	50	200—315	150—270	20	—	РЦС-403
MT-1214**	12,5	50	500	80	250—420	150—270	30	—	РЦС-403
MT-1215	12,5	53	500	120	500	80—220	80***	—	РЦС-403
MT-1216	12,5	53	500	120	500	80—220	80***	—	РЦС-502
MT-1217	12,5	60	300	80	500	270—370	50	—	БУ-БИПС
MT-1219	12,5	44	630	150	300	100—250	10	40	РЦС-502
MT-1220	12,5	44	630	150	300	100—250	10	40	РЦС-403
MT-1613	16	86	630	150	500	80—220	80***	—	РЦС-403
MT-1614**	16	85	630	120	350—600	150—300	30	50	РЦС-403
MT-1615	16	83	630	150	500	100—250	10	40	РЦС-502
MT-1616	16	83	630	150	500	100—250	10	40	РЦС-403
MT-1617	16	92	630	150	500	270—370	50	—	БУ-БИПС
MT-1618	16	100	630	150	500	80—320	80***	—	РЦС-403
MT-2517	25	215	1250	300	500	240—545	80	—	БУ-БИПС
МШ-1001**	10	27	250	60	400	65	30	—	—
МШ-1601	16	60	500	160	400	100	50	—	ПСЛ-200
МШ-2001-1	20	130	800	230	800	105	70	—	Логика
МШ-3201	32	310	1200	350	800	105	70	—	»

* При цикле с проковкой — максимальное ковочное усилие.

** Машины радиального типа.

*** Полный ход электрода: рабочий и дополнительный.

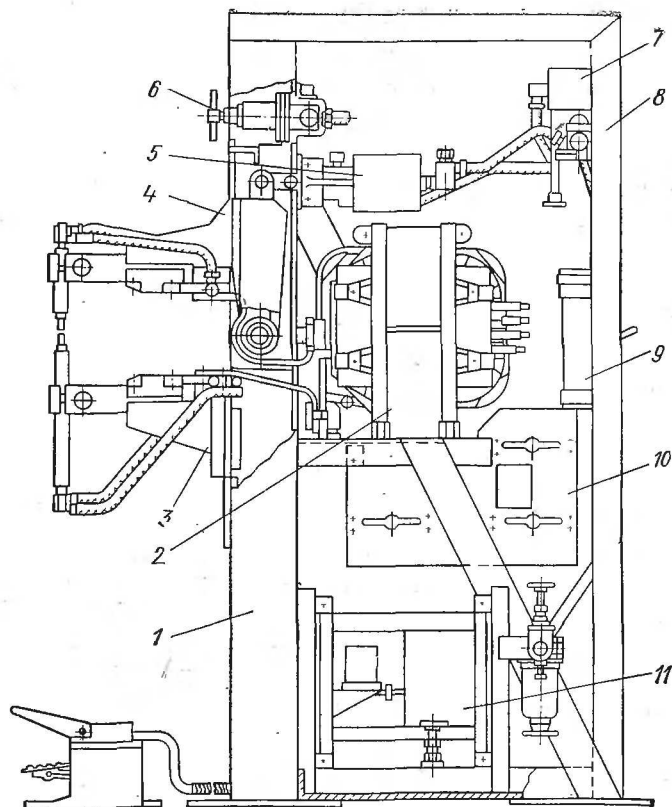


Рис. 23. Точечная машина МТ-810

ных машин прессового типа на сварочные токи 12—25 кА (МТ-1215, 1216, 1217, 1613, 1617, 1618, 2517) рассмотрим на примере машины МТ-1613 (рис. 24). На передней стенке сварного корпуса 1 закреплен болтами нижний кронштейн 2, несущий консоль 3 с электрододержателем 4. Нижний кронштейн 2 можно переставлять по высоте. Верхний кронштейн 7 соединен с корпусом 1 сваркой.

Пневматический привод 8 с направляющим устройством установлен на верхнем кронштейне 7. На его штоке закреплена подвижная консоль 5 с верхним электрододержателем 6. Управление приводом осуществляется с помощью электропневматического клапана 9

(КПЭ-4), маслораспылителя 10, воздушного редуктора 11 и крана дополнительного хода 12. Консоли 3 и 5 соединены с выводами вторичной обмотки трансформатора 13 жесткими и гибкими шинами. Трансформатор 13, автоматический выключатель 14 и переключатель ступеней 15 ножевого типа установлены внутри корпуса машины. Для управления машиной служит регулятор цикла сварки 16 (РЦС-403). Первичный (и сварочный) ток включается и выключается тиристорным контакто-

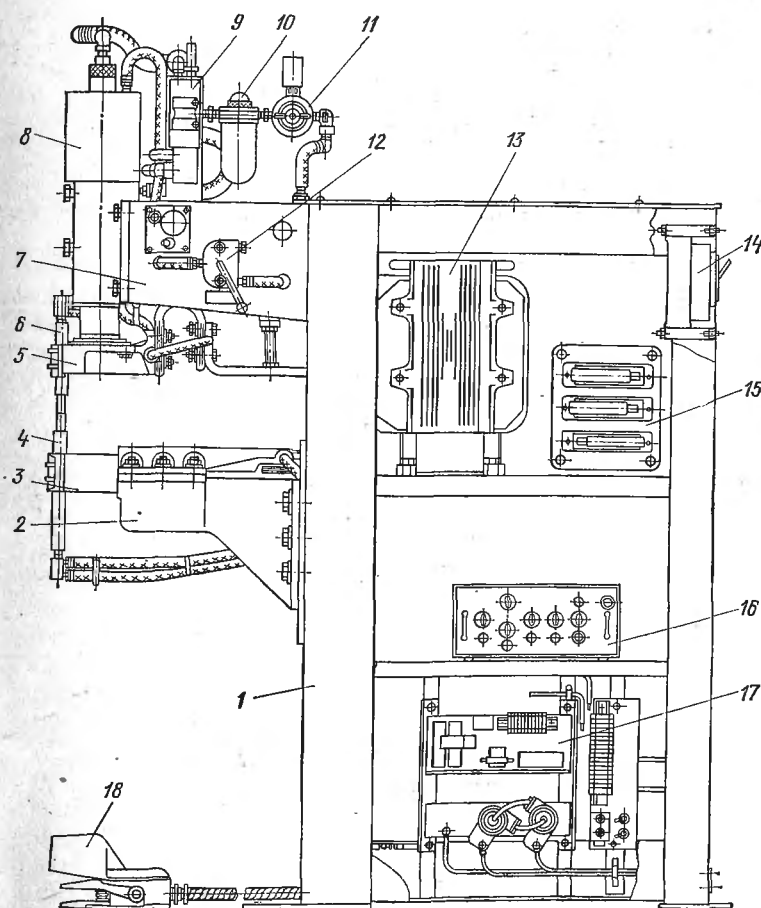


Рис. 24. Точечная машина МТ-1613

ром 17 (КТ-1). Для включения цикла сварки используется pedalная кнопка 18.

Все машины имеют пневматический поршневой привод усилия; шток привода перемещается в направляющих с трением скольжения. Средняя производительность машин при рабочем ходе 10 мм составляет 120—150 сварок/мин. Следует отметить, что производительность машины зависит не только от быстродействия привода и рабочего хода, но и от используемого режима сварки (длительности интервалов цикла). Последний, естественно, определяется маркой и толщиной свариваемого металла.

Для точечной сварки с более высокой производительностью (300—600 точек/мин) используют машины прессового типа МТ-1219, 1220, 1615, 1616 (см. табл. 3). В отличие от машин обычного исполнения в них использован специальный пневматический привод усилия, в котором рабочий ход осуществляется с помощью диафрагмы, а дополнительный — поршнем.

Шовные машины общего назначения, выпускаемые на токи 10—32 кА, предназначены для сварки поперечных и продольных швов при непрерывном вращении роликов. Во всех машинах применен пневматический привод усилия, а привод вращения связан с верхним роликом. Машина МШ-1001 — радиального типа, выполняет сварку при непрерывном протекании тока (без пауз), который включается и выключается электромагнитным контактором в цепи первичной обмотки сварочного трансформатора.

Машины МШ-1601, МШ-2001-1 и МШ-3201 с прямолинейным ходом верхнего ролика имеют игнитронный контактор для коммутации сварочного тока и аппаратуру управления, обеспечивающую прерывистое протекание тока.

Машина МШ-2001-1 (рис. 25) состоит из корпуса, верхнего и нижнего кронштейнов, на которых установлены привод усилия 4, верхняя 3 и нижняя 2 электродные головки. Для выполнения продольных швов верхняя электродная головка поворачивается на 90°, а нижняя головка заменяется электродной головкой (вставкой) для продольной сварки. Верхний ролик вращается от электродвигателя 10 с бесступенчатым вариатором скорости ПМСМ через редуктор 7 и карданный вал 6. Выше привода вращения находятся регулятор скорости

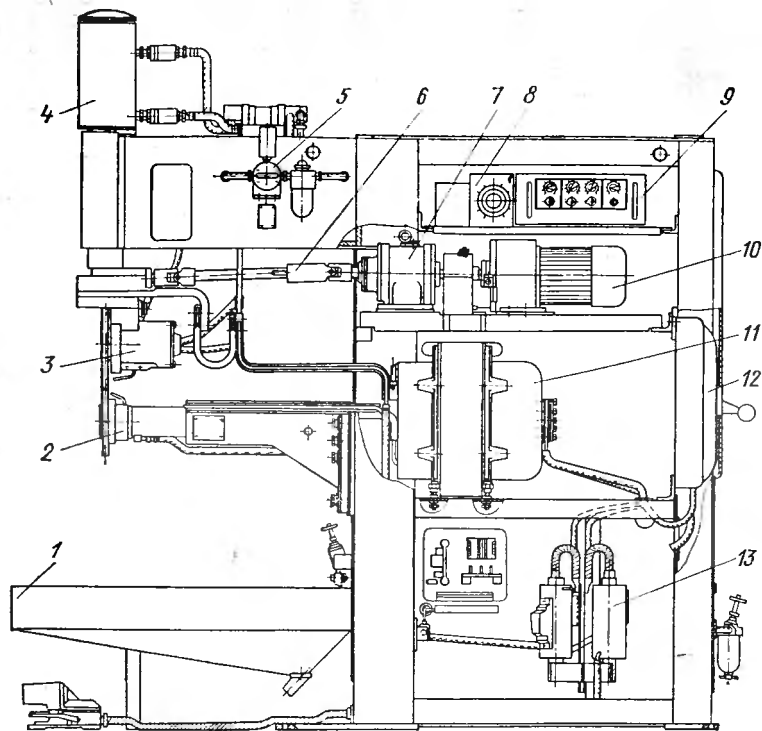


Рис . 25. Шовная машина МШ-2001-1

роликов 8 и регулятор цикла сварки 9, выполненный на полупроводниковых логических элементах.

Внутри корпуса машины расположены сварочный трансформатор 11, автоматический выключатель 12 и игнитронный контактор 13. Сварочный трансформатор, токоподводы и игнитроны имеют внутреннее водяное охлаждение, а ролики — наружное. Для сбора охлаждающей воды предназначен поддон 1. Машина управляется от педальных кнопок. Усилие сжатия роликов регулируется с помощью воздушного редуктора 5. Машина МШ-3201 имеет аналогичную конструкцию и отличается только номинальными сварочным током (мощностью трансформатора) и усилием.

Большинство точечных и шовных машин переменного тока предназначено для сварки черных металлов,

Толщины деталей (мм) из различных металлов, рекомендуемых для сварки на точечных и шовных машинах общего назначения

Тип машины	Сталь 08кп	Сталь 30ХГСА	Сталь 12Х18Н9Т	Сплав ОТ4-1	Сплав ВЖ98	Латунь Л62	Сплав АМг	Сплав МА2-1
МТ-604	0,2—1	0,3—0,5	0,3—0,5	0,3—1	—	—	—	—
МТ-810	0,3—1	0,3—0,8	0,3—0,8	0,3—1,2	—	—	—	—
МТ-1214	0,5—1,5	0,3—1,5	0,3—1,2	0,3—1,8	—	0,3—0,5	—	—
МТ-1215	0,5—1,5	0,3—1,5	0,3—1,2	0,3—1,8	—	0,3—0,5	—	—
МТ-1216	0,5—1,5	0,3—1,5	0,3—1,2	0,3—1,8	—	0,3—0,5	—	—
МТ-1217	0,3—1,5	0,3—1	0,3—0,8	0,3—1,5	—	0,3—0,5	—	—
МТ-1219	0,3—1,5	0,3—1,5	0,3—1,5	0,5—2	—	0,3—0,5	—	—
МТ-1220	0,3—1,5	0,3—1,5	0,3—1,5	0,5—2	—	0,3—0,5	—	—
МТ-1613	0,3—2	0,3—2	0,3—1,5	0,5—2	—	0,3—0,8	—	—
МТ-1614	0,3—2	0,3—2	0,3—1,5	0,5—2	—	0,3—0,8	—	—
МТ-1615	0,5—2	0,5—2	0,3—1,5	0,5—2	—	0,5—0,8	—	—
МТ-1616	0,5—2	0,5—2	0,3—1,5	0,5—2	—	0,5—0,8	—	—
МТ-1617	0,5—2	0,5—2	0,3—1,5	0,5—2	—	0,5—0,8	—	—
МТ-1618	0,5—2	0,5—2	0,3—1,5	0,5—2	—	0,5—0,8	—	—
МТ-2517	0,8—3	0,8—3	0,8—2,5	1—3	0,5—1	0,8—1,0	0,8—1,0	1—1,2
МШ-1001	0,5—1,2	0,3—0,8	0,3—0,6	0,3—1	—	—	—	—
МШ-1601	0,5—1,5	0,3—1	0,3—1,2	0,3—1,5	—	—	—	—
МШ-2001-1	0,5—1,8	0,5—1,5	0,5—1,5	0,5—2,5	0,5—1	0,5—0,8	0,5—0,6	0,5—1
МШ-3201	0,8—2,5	0,8—2,5	0,5—2	0,8—3	0,5—1,8	0,5—1,5	0,6—1	0,8—1,2

- Примечания: 1. Толщина деталей дана при сварке с использованием синхронных прерывателей (ПСЛ, ПСЛТ, ПИТ и др.).
 2. Для стали 08кп приведены жесткие режимы; при сварке на мягких режимах толщина деталей может быть увеличена в 1,8—2 раза.
 3. Все машины не рекомендуется использовать при сварке алюминиевых и магниевых сплавов для ответственных соединений.

однако отдельные типы машин позволяют выполнять и сварку цветных металлов (табл. 4).

Машины для рельефной сварки отличаются от машин для точечной сварки повышенной жесткостью станины и кронштейнов, высокой подвижностью верхней электродной части и небольшим вылетом (табл. 5).

Таблица 5

Основные данные машин для рельефной сварки

Параметры	МР-2517	МР-4017	МР-6303	МР-8001
Номинальный сварочный ток, кА	25	40	63	80
Номинальная мощность, кВ·А	160	350	600	850
Номинальное усилие, кгс	1600	2500	3200	3200
Вылет, мм	300	300	300	300
Расстояние между плитами, мм	70—330	70—330	50—450	50—450
Ход верхней плиты, мм:				
рабочий	100*	100*	50	50
дополнительный	—	—	150	150
Установочное перемещение нижней плиты, мм	—	—	200	200
Число свариваемых точек на деталях из низкоуглеродистой стали толщиной 1+1 мм **	3	5	8	10

* Полный ход: рабочий и дополнительный.
 ** Размеры соединений по ГОСТ 15878—70.

Машины имеют пневматический привод, позволяющий регулировать в широком диапазоне рабочий ход и усилие сжатия. Контактные плиты выполнены из медного сплава и снабжены Т-образными пазами для установки электродов и различных приспособлений, фиксирующих свариваемые детали. Машины МР-2517 и МР-4017 кроме плит имеют устройства для точечной сварки, в них установлен один трансформатор. В машинах МР-6303 и МР-8001 предусмотрены два сварочных трансформатора, работающих параллельно.

В машинах рельефной сварки обычно применяют аппаратуру управления точечных машин, а в машинах большой мощности — специальные шкафы управления, которые позволяют обеспечить сложные циклы сварки

с переменным усилием и несколькими импульсами сварочного тока. Управление машинами рельефной сварки производится путем нажатия кнопок двумя руками, чтобы исключить возможные травмы рук сварщика.

Машины для стыковой сварки общего назначения можно разделить на три группы: неавтоматические малой мощности для сварки сопротивлением, неавтоматические средней мощности для сварки сопротивлением и оплавлением и автоматические средней и большой мощности для сварки оплавлением (оплавление с подогревом).

К первой группе относятся машины МС-301, МС-403 и МС-502 (табл. 6). Эти машины снабжены рычажно-

Таблица 6

Основные данные стыковых машин общего назначения

Параметры	МС-301	МС-403 *	МС-502	МС-802	МС-1202	МС-1602	МС-2008
Номинальный сварочный ток, кА	3,2	4	5	8	12	16	20
Номинальная мощность, кВ·А	5	7,2	12,2	40	55	97	150
Привод *:							
зажатия	Р	Р	Р	Р	Р	Р	П
осадки	РП	РП	РП	РП	РР	РР	ЭМ
Усилие, кгс:							
зажатия	500	63	500	2500	5000	7500	10000
осадки	120	16	70	2000	3200	5000	6300
Производительность, сварок/ч	200	200	150	120	100	60	80
Максимальное сечение низкоуглеродистой стали при сварке, мм ² :							
сопротивлением	50	28	78,5	120	—	—	—
непрерывным оплавлением	—	—	—	300	200	600	1000
оплавлением с подогревом	—	—	—	—	700	1400	2000

* Р — ручной; РП — ручной пружинный; П — пневматический; РР — ручной рычажный; ЭМ — электромеханический.

эксцентриковым механизмом подачи и осадки, а также устройством для отжига металла зоны сварки непосредственно в зажимах машины.

Машина МС-301 (рис. 26) представляет собой сварной корпус 8, на верхней плите которого помещен неподвижный зажим 3. Подвижный зажим 4 закреплен на качающемся рычаге 2, эксцентриковая ось которого установлена в отверстиях на передней и задней стенках

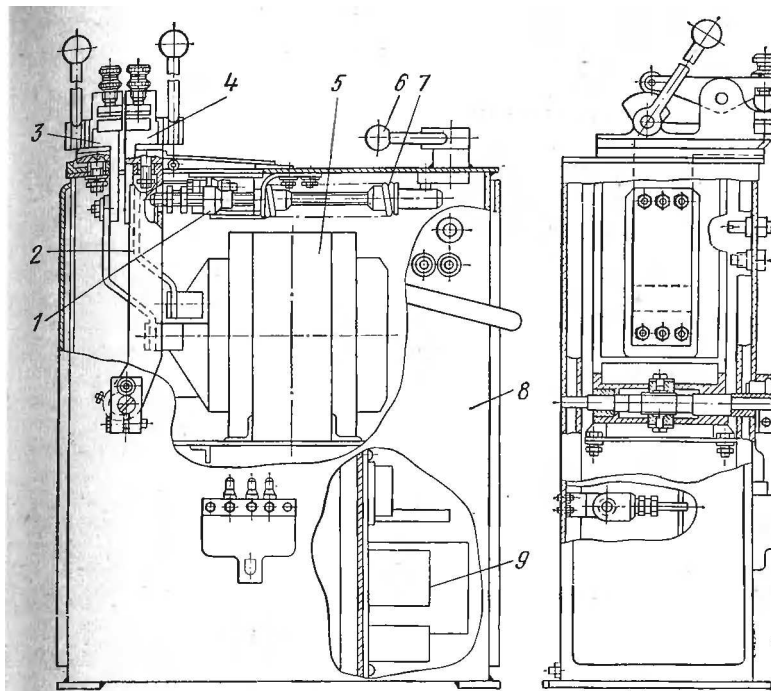


Рис. 26. Стыковая машина МС-301

корпуса 8. В корпусе установлены сварочный трансформатор 5 с переключателем ступеней и блок управления 9 с электромагнитным контактором. Для регулировки расстояния между подвижным и неподвижными зажимами служит винт 1, который передает усилие осадки, создаваемое пружиной 7. Пружина сжимается поворотом до упора рычага 6 с кривошипом. Сварочный ток выключается автоматически конечным выключателем, установленным на верхней плите.

Ко второй группе относятся машины МС-802, МС-1202 и МС-1602, предназначенные для стыковой сварки оплавлением и оплавлением с подогревом деталей из сталей и некоторых цветных сплавов. Машину МС-802 можно также использовать для сварки сопротивлением, для чего предусмотрен отдельный пружинный привод осадки. Все машины имеют ручной рычажный привод подачи и осадки и рычажно-эксцентрико-

вые механизмы зажатия с радиальным ходом верхней губки. Сварочный ток выключается в конце осадки конечным выключателем. Возможен отжиг сварного соединения в губках машины.

К третьей группе относится машина МС-2008, выпускаемая вместо МСМУ-150. Машина производит сварку непрерывным оплавлением в автоматическом цикле и полуавтоматическом — с предварительным подогревом торцов свариваемых деталей. Машина имеет электромеханический привод, обеспечивающий непрерывное оплавление и осадку с помощью кулачка, приводимого в движение электродвигателем. Предварительный подогрев деталей выполняют путем их замыкания перемещением вручную рычага, который связан с подвижным зажимом.

Для сварки оплавлением и оплавлением с подогревом деталей больших сечений (до 8000 мм²) из низкоуглеродистой и низколегированной сталей предназначена машина МСГУ-500. Для зажатия деталей используется пневмогидравлический привод, для подачи и осадки — гидравлический с питанием от насосной станции.

3. МАШИНЫ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Машинами ответственного назначения для точечной и шовной сварки принято считать некоторые машины переменного тока, низкочастотные, конденсаторные и постоянного тока, обеспечивающие высокие стабильность параметров режима и качество сварных соединений.

Для точечной сварки предназначены машины переменного тока МТ-1223, МТПУ-300 и МТ-3201 с вылетом 500 мм и МТП-150/1200-1М, МТП-200/1200-3 и МТ-2002 с вылетом 1200 мм. Машина МТ-3201 выпускается взамен машины МТПУ-300, машина МТ-2002 — взамен МТП 150/1200-1М и МТП-200/1200-3. Аппаратура управления этих машин, выполненная на полупроводниковых логических элементах, позволяет получать один или два импульса сварочного тока с независимой регулировкой величины и длительности паузы между ними, а также модуляцию переднего и заднего фронта импульса сварочного тока. Наряду со сваркой черных металлов на машинах МТПУ-300 и

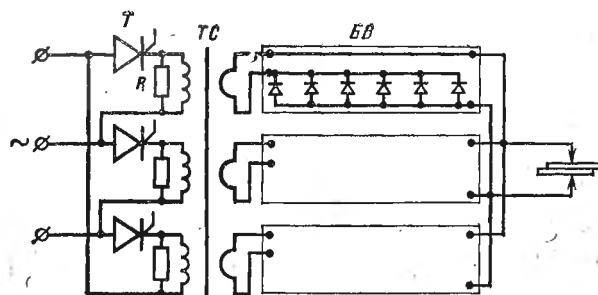


Рис. 27. Схема машины постоянного тока

МТ-3201 можно сваривать легкие сплавы, для чего предусмотрен цикл сварки с ковочным усилием.

Для точечной и шовной сварки деталей из легких сплавов и некоторых других металлов используют низкочастотные машины типов МТПТ, МИШИ, МШШТ и другие, разработанные в 50-х годах. Наряду с преимуществами эти низкочастотные машины имеют узкие технологические возможности сварки, большие размеры и массу и несовершенную аппаратуру управления.

Для точечной и шовной сварки крупногабаритных узлов из любых свариваемых металлов взамен низкочастотных машин выпускают машины постоянного тока типов МТВ и МШВ. При сварке на этих машинах можно использовать однополярные импульсы тока практически неограниченной длительности.

Выпрямление переменного тока происходит непосредственно во вторичном контуре машины с помощью мощных кремниевых вентилях (рис. 27). Управляемые вентили-тиристоры Т поочередно подключают к фазам сети первичные обмотки трехфазного трансформатора ТС. Для улучшения работы тиристоров параллельно первичным обмоткам включены резисторы R. Во вторичном контуре использована схема трехфазного однополупериодного выпрямления. К выходам каждой из трех вторичных обмоток присоединен выпрямительный блок БВ, состоящий из нескольких параллельно включенных кремниевых вентилях. Выходные зажимы всех блоков БВ соединены параллельно и подводят постоянный ток ко вторичному контуру машины.

Машины постоянного тока по сравнению с низкочастотными имеют сварочный трансформатор меньшей

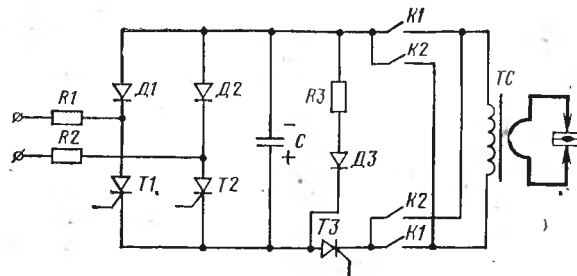


Рис. 28. Схема конденсаторной машины

массы и более технологически универсальны за счет широкого регулирования формы импульсов сварочного тока. Импульсы сварочного тока характеризуются плавным нарастанием $t_{\text{н}}=0,1 \div 0,14$ с (см. рис. 29, а) и таким же спадом. Амплитудное значение тока регулируется ступенчато переключением ступеней трансформатора (I, II, III и т. д.) и плавно изменением угла включения тиристоров (см. рис. 17, в).

Конденсаторные машины используют для точечной и рельефной сварки различных металлов и сплавов. Машины малой мощности применяют также и для шовной сварки деталей небольшой толщины (0,5 мм и менее).

Импульс сварочного тока образуется при разряде заряженной конденсаторной батареи С на первичную обмотку трансформатора ТС машины (рис. 28). Батарея заряжается от однофазной сети через зарядные резисторы R1, R2 и силовой управляемый выпрямитель, образованный вентилями D1, D2 и тиристорами T1, T2. Конденсаторы С разряжаются на первичную обмотку трансформатора ТС через тиристор T3. Во избежание насыщения магнитопровода трансформатора полярность напряжения, подаваемого на ТС, чередуется путем поочередного включения контакторов K1 или K2. В связи с тем, что в машинах использованы электролитические конденсаторы, не допускающие перезаряд напряжением обратной полярности, в схеме предусмотрен шунтирующий вентиль D3 и ограничивающий резистор R3.

Конденсаторные машины характеризуются высокой стабильностью импульсов сварочного тока, так как его параметры (амплитуда и длительность) при данной ем-

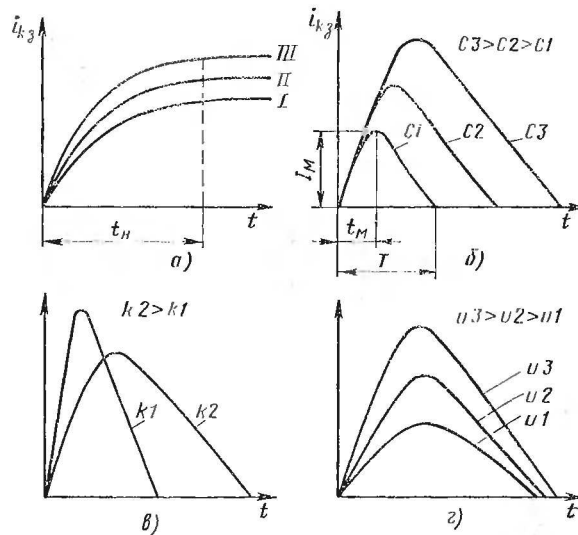


Рис. 29. Графики токов

кости конденсаторов определяются только напряжением, до которого заряжены конденсаторы. Импульсы тока конденсаторных машин имеют относительно малую длительность при большой амплитуде, что особенно эффективно при сварке металлов с высокой теплоэлектропроводностью.

Форма импульсов тока $i_{кз}$ зависит от емкости батареи конденсаторов C , напряжения на конденсаторах u и коэффициента трансформации k . При увеличении емкости конденсаторов значительно увеличивается амплитуда тока I_M и длительности t_M и T (рис. 29, б). Изменение коэффициента трансформации k (рис. 29, в) приводит примерно к пропорциональному изменению t_M и T ; от напряжения u в основном зависит I_M , а длительности t_M и T остаются практически неизменными (рис. 29, г). Длительность импульсов тока серийных точечных конденсаторных машин типа МТК можно регулировать в пределах $t_M = 0,005 \div 0,08$ с; $T = 0,01 \div 0,26$ с; амплитуда тока I_M достигает 80 кА.

Большинство точечных и шовных машин ответственного назначения предназначено для сварки крупногабаритных узлов (табл. 7), так как они имеют большие

Основные данные машин ответственного назначения для точечной и шовной сварки

Таблица 7

Тип машины	Номинальный сварочный ток, кА	Номинальная мощность, кВ·А/число фаз	Усилие, кгс			Вылет, мм	Раствор, мм	Максимальный ход электрода, мм	
			номинальное*	минимальное сварочное	максимальное сварочное при цикле с проковкой			рабочий	дополнительный
МТ-1223	12,5	70×1	1600	150	600	500	150—300	100****	—
МТ-2002	20	220×1	2000	180	650	1200	200—300	100****	—
МТ-3201	32	350×1	1600	150	600	500	150—300	100****	—
МТП-150/1200-1м***	16	170×1	1500	250	—	1200	120—270	120****	—
МТП-200/1200-3***	20	190×1	2000	350	—	1200	110—260	120****	—
МТПУ-300	32	300×1	1500	100	500	500	140—300	90****	—
МТВ-2001	20	110×3	2000	180	650	1200	150—300	100****	—
МТЕР-4001**	40	300×3	1200	120	—	800—1200	140—390	20	200
МТВ-6304	63	600×3	5000	180	2500	1500	450	20	150
МТВ-8002	80	675×3	7200	450	3600	1500	600	30	200
МТВ-16002	160	1200×3	25 000	1300	10000	1700	650	30	200
МТК-5001	50	20×1	1600	150	650	600	150—300	120****	—
МТК-6301***	63	40×3	2000	150	950	1200	300	20	200
МТК-75***	80	75×3	3200	250	1200	1500	500	30	300
МТК-8004	80	100×1	5000	180	2500	1500	450	20	150
МШВ-1601	16	130×3	2000	200	—	1500	500	20	150
МШВ-6301-2	63	600×3	2500	200	1250	1200	300	15	200
МШВ-12001	120	1000×3	5000	575	—	1300	200	30	150

* При цикле с проковкой — максимальное ковочное усилие.

** Машина радиального типа.

*** Машины с 1977 г. не выпускаются.

**** Полный ход электрода: рабочий и дополнительный.

Таблица 8

Толщины деталей (мм) из различных металлов, рекомендуемых для сварки на точечных и шовных машинах ответственного назначения

Тип машины	Сталь 08 кп	Сталь 30ХГСА	Сталь 12Х18Н9Т	Сплав ОТ4-1	Сплав ВЖ98	Латунь Л62	Сплав Д16Т	Сплав АМг	Сплав МА2-1
МТ-1223	0,3—1,5	0,3—2,5	0,3—2,5	0,3—2,5	0,5—2	0,3—0,8	—	—	—
МТ-3201	0,3—4	0,3—2,5	0,3—2,5	0,3—3	0,5—2	0,3—2	0,3—1,5	0,5—1,5	0,5—2
МТП-150/1200-1м	0,8—2	0,3—3	0,5—3	0,5—3,5	0,5—2	0,5—1	0,5—0,8	0,5—0,8	0,5—1
МТП-200/1200-3	1—3	0,8—4	0,8—4	0,8—4	0,5—3	0,8—1,2	0,8—1	0,8—1	0,8—1,2
МТПУ-300	0,3—4	0,3—2,5	0,3—2,5	0,3—3	0,5—2	0,3—2	0,3—1,5	0,5—1,5	0,5—2
МТ-2002	0,5—2,5	0,5—4	0,3—4	0,5—4	0,5—3	0,5—1,2	0,5—0,8	0,5—1	0,5—1
МТВ-2001	0,5—3	0,5—3	0,5—3	0,5—3	0,3—2,5	0,5—1	—	—	—
МТВР-4001	0,5—3	0,5—2,5	0,3—2,5	0,5—3	0,3—1,2	0,3—2	0,3—1,5	0,3—2	0,3—2
МТВ-6304	0,5—4	0,5—4	0,5—3,5	0,5—4	0,3—3	0,5—3,5	0,5—3	0,5—3	0,5—3,5
МТВ-8002	1—8	1—8	0,8—6	1—8	0,3—5	1—6	1—4,5	1,5—4,5	1,5—5
МТВ-16002	3—15	3—12	3—12	3—15	2—8	1—10	3—10	3—10	4—12
МТК-5001	0,3—1,5	—	0,3—1,2	0,3—1,5	—	0,3—2	0,3—1,5	0,3—2	0,3—2
МТК-6301	0,3—2	—	0,3—1,5	0,5—2	—	0,3—2,5	0,4—2	0,4—2,5	0,5—2,5
МТК-75	1—2	—	0,8—1,5	0,8—2	—	0,8—3	0,8—2,5	0,8—2,5	0,8—3
МТК-8004	0,5—2	—	0,3—1,5	0,5—2	—	0,5—3	0,3—3	0,3—3	0,5—3,5
МШВ-1601	0,5—3	0,3—3	0,3—3	0,3—3,5	0,3—3	0,3—0,8	—	—	—
МШВ-6301-2	0,5—3	0,3—3	0,3—3	0,3—3,5	0,3—3	0,5—3,5	0,5—3	0,5—3	0,5—3
МШВ-12001	2—6	2—6	2—5	2—6	2—5	1,2—5	1,2—4,5	1,5—5	1,5—5

размеры рабочего пространства (вылет до 1500 мм, раствор до 600 мм). На них можно выполнять сварку различных металлов (табл. 8). Все машины, кроме МТВ-16002, снабжены пневматическим приводом усилия, МТВ-16002 — гидравлическим от насосной станции. Аппаратура управления машин выполнена на полупроводниковых логических элементах, в силовых цепях вместо игнитронов используются тиристоры. Аппаратура машин постоянного тока выполнена с дискретным отсчетом всех интервалов цикла сварки с частотой питающей сети и стабилизацией сварочного тока.

В шовных машинах постоянного тока использованы многие узлы точечных машин (приводы усилия, выпрямительные блоки, шкафы управления). Особенность шовных машин заключается в том, что привод роликов позволяет получать непрерывное и прерывистое (шаговое) перемещение свариваемых деталей. Приводным является верхний ролик, а в машине МШВ-1601 — любой из роликов.

Механическое устройство точечных конденсаторных машин не отличается от механических устройств машин других типов. Например, конструкции силового корпуса, кронштейнов и пневматического привода усилия машин МТК-8004 и МТВ-6304 полностью унифицированы. Батарею конденсаторов монтируют в отдельных шкафах (МТК-8004) или в корпусе машины (МТК-1601).

Несмотря на достаточные сварные токи и усилия конденсаторных машин, сварка черных металлов на них ограничена по толщине, а закаливающихся сталей и жаропрочных сплавов невозможна из-за относительно небольшой длительности протекания тока (см. табл. 8). Кроме мощных конденсаторных машин для сварки деталей малой толщины (0,1—0,5 мм) используют машины ТКМ-15, МТК-1201, МТК-1601, МРК-5 и МШК-1601.

4. ПЕРЕДВИЖНЫЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Для сварки крупногабаритных узлов большой массы используют передвижные (подвесные и переносные) машины. Наиболее широкое применение нашли точечные подвесные машины для сварки узлов автомобилей, сельхозмашин и пространственной арматуры железобетонных конструкций. Подвесные машины могут быть с

вынесенным (отдельным) и встроенным трансформатором. Машина с вынесенным трансформатором, включающая трансформатор, гибкий кабель и рабочий инструмент — клещи, комплектуется пневматическим или пневмогидравлическим устройством, обеспечивающим получение требуемых усилий сжатия, контактором и аппаратурой управления.

Подвесные машины выпускают с пневматическим (МТПП-75) или пневмогидравлическим (МТПГ-75,

Таблица 9

Основные технические данные подвесных машин для точечной сварки

Параметры	МТПП-75	МТПГ-75-6	МТП-1203	МТПГ-150-2
Напряжение сети, В	220, 380	220, 380	380	380
Номинальная мощность, кВ·А	75	75	170	165
Номинальный сварочный ток, кА	8	8	12,5	12,5
Усилие сжатия клещей, кгс:				
прессового типа	270	325	500	630
радиального типа	200	275	250	—
Вылет клещей, мм:				
прессового типа	50	42	150	300
радиального типа	140	140	300	—
Рабочий ход электрода, мм	25	25	25	30
Производительность, точек/мин	120	80	130	80
Толщина свариваемых деталей из низкоуглеродистой стали, мм	0,5—1,5	0,5—1,5	0,3—2,5	0,5—3

Примечание. С 1977 г. выпускаются машины МТП-806 и МТП-807 с параметрами, близкими соответственно параметрам машин МТПП-75 и МТПГ-75-6. Аппаратура управления этих машин выполнена на полупроводниковых логических элементах и тиристорах.

МТП-1203, МТПГ-150) приводом усилия на токи 8 и 12,5 кА (табл. 9). Машины снабжены клещами различных конструкций прессового и радиального типов.

В машине МТПП-75 (рис. 30) сварочные клещи 6 соединяются с трансформатором 4, закрепленным на подвеске 3 двумя кабелями 7, состоящими из гибких медных проводов, заключенных в изолирующий резино-

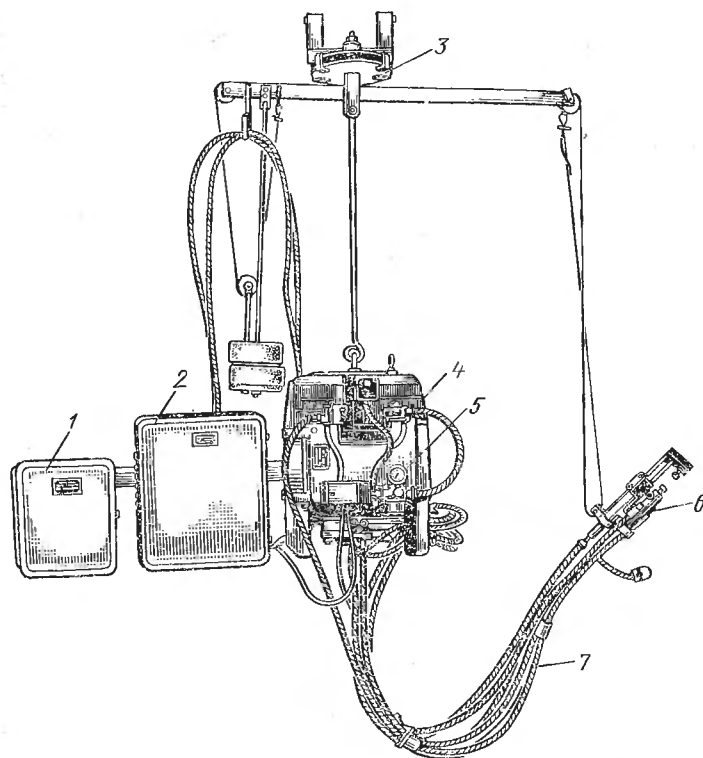


Рис. 30. Подвесная машина МТПП-75

тканевый рукав. Концы каждого кабеля имеют наконечники для присоединения к трансформатору и токоведущим консолям клещей. Внутреннее водяное охлаждение кабеля позволяет обеспечить высокую плотность тока в токоведущих проводах.

Вторичная обмотка сварочного трансформатора состоит из двух витков, которые можно соединять параллельно и последовательно, что позволяет с учетом переключения ступеней регулировать вторичное напряжение в больших пределах (5—19 В). Последовательное соединение вторичных витков рекомендуется при использовании нестандартного кабеля (меньшего сечения или большей длины). На трансформаторе 4 установлена панель 5 с пневмоаппаратурой. На подвесных машинах типа МТПГ (см. табл. 9) здесь же помещен пнев-

могидропреобразователь (см. рис. 20). Для управления работой машины МТП-75 используют игнитронный контактор 2 и регулятор цикла сварки 1 (типа РВЭ-7).

Для создания усилия в клещах (рис. 31, а) применяют два (или три) пневматических цилиндра 1. Шток 2 передает усилие подвижной консоли 3, которая находится на оси 4, установленной в неподвижной консоли 5. Консоли 3 и 5, выполненные из медного сплава, электрически изолированы одна от другой. На торцах консолей имеются резьбовые конусные отверстия для присоединения зажимов гибкого кабеля, который также подводит и отводит воду, охлаждающую консоли клещей и электроды. Обратный ход консоли 3 осуществляется с помощью пружин 6 и 7. Полости цилиндра 1 соединены с электропневматическим клапаном (на панели 5, см. рис. 30) резиновым шлангом.

При пневмогидравлическом приводе в клещах установлены гидроцилиндры одностороннего действия (обратный ход обеспечивается пружинами). Гидроцилиндры соединяются с пневмогидропреобразователем гибким шлангом высокого давления.

На производстве при необходимости сварки узлов различных размеров и формы стандартные клещи подвесных машин часто заменяют специальными.

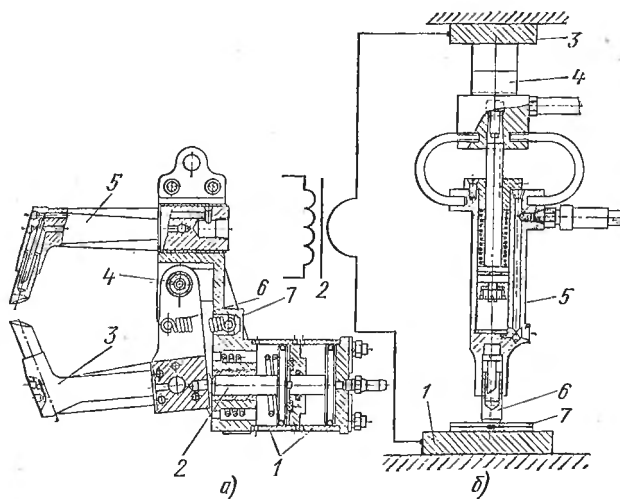


Рис. 31. Клещи [а] и распорный пистолет [б]

Точечную сварку на сборочных операциях иногда выполняют распорными пистолетами (рис. 31, б), для питания которых применяют трансформаторы и аппаратуру подвесных машин. Для сварки детали 7 помещают на нижний токоподвод 1 и устанавливают распорный пистолет. Над местом сварки расположен верхний токоподвод 3, в который при подаче масла в гидроцилиндр пистолета упирается колодка 4. Последняя соединена гибкими шинами с токопроводящим корпусом 5, в котором находится электрод 6. Таким образом, к зоне сварки подводится ток от трансформатора 2, а усилие создается за счет упора колодки 4 в жестко закрепленный токоподвод 3. Распорные пистолеты не имеют громоздкого кабеля. Благодаря простоте конструкции и относительно небольшой массе они удобны в работе.

Иногда при точечной сварке громоздких деталей толщиной до 1,5 мм применяют ручные пистолеты, у которых усилие нажатия (до 30 кгс) на соединяемые детали создает рабочий сварщик. В этом случае ток от трансформатора одним гибким кабелем подводится к электрододержателю пистолета, другим — к токоведущей подкладке, на которой расположены свариваемые детали (см. рис. 2, б). При сварке детали небольшой толщины с деталью большей толщины (более 5 мм) токоведущую подкладку можно не применять, а ток непосредственно подводить кабелем к нижней детали (см. рис. 2, в).

Все подвесные и переносные машины с вынесенным трансформатором имеют значительную установочную мощность из-за больших потерь в гибком кабеле (более 70% мощности машины). Толчки и вибрация кабеля, возникающие при протекании тока вследствие действия электродинамических сил, быстро разрушают гибкие медные проводники и, кроме того, утомляют рабочего.

Подвесные и переносные машины со встроенными трансформаторами более удобны в работе и не утомляют рабочего, так как в них нет тяжелых токоподводящих кабелей. К их недостатку можно отнести меньшую маневренность при сварке в труднодоступных местах.

Машины (клещи) со встроенным трансформатором могут иметь ручной, пневматический или пневмогидравлический приводы усилия с прямолинейным или ради-

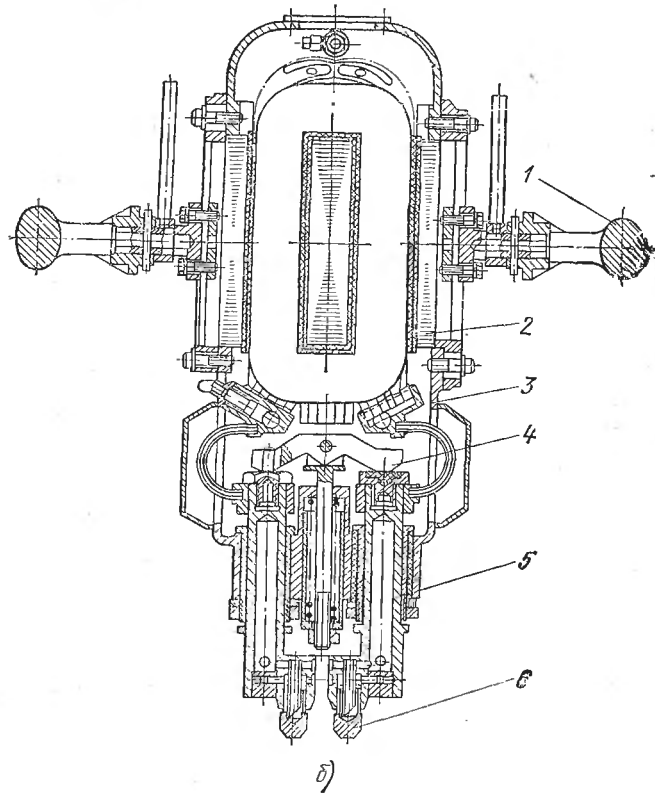
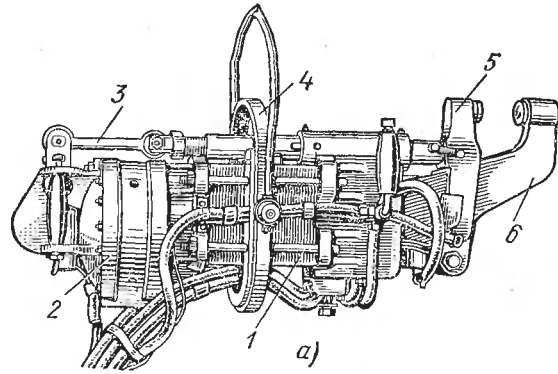


Рис. 32. Подвесные машины со встроенным трансформатором:
 а — клещи К-243В; б — пистолет для односторонней сварки К-264

альным ходом электродов. Основным узлом клещей К-243В (рис. 32, а) является трансформатор 1, на задней крышке которого укреплен пневмодиафрагменный привод 2. Последний действует на толкатель 3, связанный с подвижной консолью 5. Неподвижная консоль 6 установлена на передней крышке трансформатора 1, внутри которой расположены гибкие шины, подводящие ток от вторичной обмотки к консолям с электродами. Благодаря применению специальной трансформаторной стали для магнитопровода и стойкой тонкой изоляции обмоток трансформатор имеет достаточную мощность (90 кВ·А), небольшие габаритные размеры и массу. Клещи установлены в круглой раме 4 турельного типа, которая закреплена на стальном гибком тросе пружинного балансира (противовеса), уравнивающего клещи при их перемещении вверх и вниз.

Пистолет (головка) К-264 для односторонней двухточечной сварки (рис. 32, б) имеет встроенный трансформатор 2, в передней крышке 3 которого расположены два электрододержателя 5 с электродами 6. Усилие (нажатие) электродов создается вручную рабочим, для чего служат рукоятки 1. Равные усилия электрододержателей обеспечиваются с помощью подпружиненного коромысла 4. Одностороннюю двухточечную сварку пистолетом можно выполнять на токопроводящей подкладке (см. рис. 2, д) и без нее (см. рис. 2, з). Расстояние между электродами (сварными точками) можно изменять в пределах 30—60 мм.

Клещи и пистолет питаются от сети через промежуточный понижающий трансформатор. Изменением его коэффициента трансформации можно ступенчато регулировать напряжение, подаваемое на первичную обмотку трансформатора клещей, а следовательно, и силу сварочного тока. Промежуточный трансформатор, контактор и аппаратура управления смонтированы в отдельном шкафу. Наряду с точечными передвижными (подвесными) машинами иногда используют клещи для шовной сварки, которые могут иметь как вынесенные, так и встроенные трансформаторы.

Специальные машины и установки применяют для сварки разнообразных узлов в серийном и массовом производстве. Часто специальные сварочные машины устанавливают совместно с транспортирующими устройствами, образуя единые линии сборки и сварки, на-

пример в производстве автомобилей, холодильников и других массовых изделий. Основой таких линий обычно являются многоэлектродные (многоточечные) машины, состоящие из унифицированных узлов: сварочных пистолетов (головок), трансформаторов, пневмо- и гидроаппаратуры и аппаратуры управления. Многоэлектродные машины также используют для сварки плоской сетки — арматуры железобетонных изделий.

В многоэлектродных машинах при точечной сварке деталей из низкоуглеродистой стали толщиной до 1 мм применяют односторонний подвод тока (см. рис. 2, *д, ж*), при большей толщине — двусторонний подвод тока к двум точкам (см. рис. 2, *и*). Сварочный трансформатор имеет два вторичных витка, изолированных друг от друга, каждый из которых соединен с двумя пистолетами. В машинах используют пневматические и гидравлические пистолеты.

Пневматический пистолет (рис. 33, *а*) состоит из четырех цилиндров 3, усилия которых суммируются. Для создания усилия редуцированный воздух поступает в полость *A* верхнего цилиндра, а из него через полые штоки 4 в полости других цилиндров. Обратный ход электрододержателя 2 с электродом 1 обеспечивается путем подачи воздуха в полость *B*. Пистолет крепится к станине машины кронштейном 5.

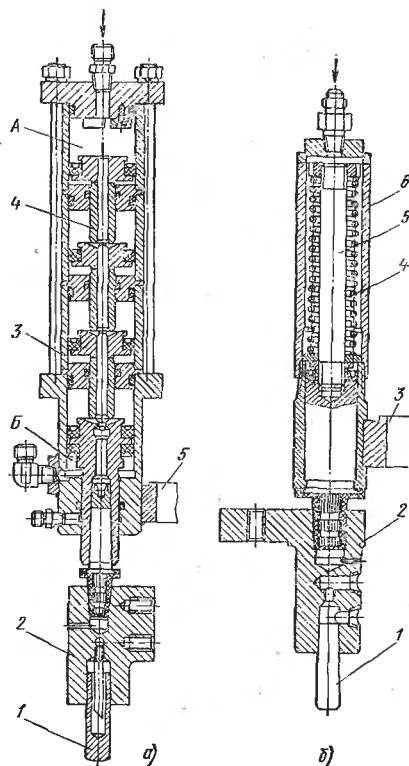


Рис. 33. Пистолеты многоэлектродных машин:

а — пневматический; *б* — гидравлический

Гидравлический пистолет (рис. 33, б) состоит из корпуса 6, штока 5 с уплотнительной манжетой и электрододержателя 2 с электродом 1, закрепленным на конце штока. При подаче масла под давлением в полость корпуса 6 шток 5 перемещается вниз и создает усилие электрода. При этом сжимается пружина 4, которая при выпуске масла обеспечивает обратный ход штока и электрода 1. Для закрепления пистолета на машине служит кронштейн 3. Пистолеты в многоэлектродных машинах устанавливают с возможностью небольшого изменения расстояния между осями электродов.

В массовом производстве для точечной сварки наряду с многоэлектродными машинами применяют универсальные манипуляторы — роботы. Робот перемещает в пространстве клещи (со встроенным или вынесенным трансформатором), подводя их к месту сварки. Робот обладает «памятью» и его можно «обучать» (переналаживать) для сварки узлов различных размеров и формы.

На производстве применяют специальные машины и установки для рельефной, шовной и стыковой сварки сепараторов шарикоподшипников, бензобаков, цепей, ободьев, лент в процессе прокатки и других изделий.

1. ПОДГОТОВКА ДЕТАЛЕЙ

Качество сварных соединений существенно зависит от подготовки к сварке. Основные этапы подготовки деталей: придание деталям необходимой формы в местах сварки (при стыковой и рельефной сварке); подготовка поверхности деталей; сборка деталей под сварку.

При стыковой сварке форма и размеры соединяемых деталей должны обеспечивать надежное закрепление их в зажимах машины и подвод тока вблизи зоны сварки. Для создания условий равномерного нагрева и одинаковой пластической деформации обеих деталей форму и размеры сечения их вблизи стыка выполняют по возможности одинаковыми. Разница в диаметрах свариваемых деталей должна быть не более 15%, а по толщине — 10%. При большей разнице сечения деталь (заготовка) большего диаметра должна быть обработана на определенной длине до диаметра детали меньшего сечения.

Для получения заданной длины сваренных деталей предусматривают припуски на сварку (подогрев, оплавление, осадку). Величину припуска устанавливают опытным путем при отработке режима сварки и получения соединения требуемого качества. На заготовки рекомендуется наносить установочные риски, которые должны совпадать с торцом зажимов машины. Концы трубчатых и профильных заготовок рекомендуется калибровать в штампе для совмещения сечений при установке в зажимах машины.

Соединяемые торцы должны быть перпендикулярны оси заготовок и иметь шероховатость поверхности не ниже 4-го класса (ГОСТ 2789—73) для сварки сопротивлением и 1-й класс для сварки оплавлением. Подготовку торцов к сварке выполняют резкой на ножницах, пилах, металлорежущих станках, а также с помощью плазменной и газовой резки с последующим удалением

металла зоны термического влияния обработкой резанием. Плоские торцы деталей при сварке сопротивлением необходимо точно подгонять, в противном случае затрудняется равномерный нагрев зоны сварки, поэтому их обрабатывают на конус (усеченный конус) или сферу. Такая подготовка торцов локализирует нагрев и способствует удалению окислов из стыка.

Поверхность деталей на установочной длине и в месте контакта с токоподводящими губками машины зачищают от окислов и других загрязнений. При плохой зачистке возрастают потери мощности, ухудшается качество соединений и увеличивается износ губок. Для зачистки поверхности используют дробеструйную, гидropескоструйную обработку, наждачные круги и металлические щетки, а также травление в специальных растворах. Заготовки из цветных сплавов обрабатывают травлением или зачищают стальными проволочными щетками.

При рельефной сварке деталям в месте соединения придают соответствующую форму (см. рис. 9, б). При толщине деталей $\leq 1,2$ мм допуск на диаметр штампованного рельефа составляет $\pm 0,1$ мм и высоту $\pm 0,05$ мм; при толщине $> 1,2$ мм соответственно $\pm 0,15$ и $\pm 0,12$ мм. Получение рельефов рационально совмещать со штамповкой деталей, подлежащих сварке.

К состоянию кромок и поверхности деталей, соединяемых рельефной сваркой, предъявляются повышенные требования. Наличие заусенцев на кромках и выпуклостей на поверхности деталей может привести к случайным контактам, шунтированию тока и ухудшению качества соединений.

Требования к шероховатости поверхности деталей при рельефной сварке такие же, как при точечной и шовной сварке.

При точечной и шовной сварке от состояния поверхности деталей (шероховатость, окислы, загрязнения) существенно зависит качество соединений и стойкость электродов. Поверхность деталей перед сваркой очищают от жира, краски и других загрязнений. Обезжиривание поверхности выполняют ацетоном, бензином и другими растворителями, а также путем обработки в специальных растворах. Для деталей из коррозионно-стойких сталей, жаропрочных и титановых сплавов, не подвергаемых термической обработке, не требуется ника-

кой подготовки, кроме обезжиривания. В серийном и массовом производстве (автомобиле- и вагоностроении) подготовка поверхности деталей из холоднокатаной стали не требуется, так как тонкий слой масла практически не влияет на процесс сварки и ведет лишь к увеличению износа электродов.

С поверхности деталей, изготовленных из горячекатаных сталей, перед сваркой следует удалять окалину. Это может быть выполнено путем травления в специальных растворах (обычно водных растворах кислот) или механической обработки: гидropескоструйной, дробеструйной, абразивной и т. п.). После механической обработки с поверхности деталей должны быть удалены остатки песка и абразивной пыли. Поверхность в местах сварки должна иметь равномерный металлический блеск или матовый оттенок.

В некоторых случаях при снижении требований к стабильности рельефной сваркой можно соединять детали из горячекатаной стали без очистки поверхности от окалины. Деформация металла при смятии рельефа облегчает разрушение окалины в контакте деталей.

Более высокие требования предъявляются к качеству поверхности деталей из алюминиевых и магниевых сплавов. Целью подготовки поверхности под сварку является удаление без повреждения металла относительно толстой пленки окислов с высоким и неравномерным электрическим сопротивлением. Окислы можно удалять механической зачисткой проволочной щеткой или абразивным полотном, а также химическим травлением. После механической зачистки или травления в щелочных растворах происходит активация поверхности деталей и через короткий промежуток времени (несколько часов) они вновь покрываются неоднородной окисной пленкой. Поэтому в состав травильного раствора вводят пассиваторы, тормозящие процесс нарастания окисной пленки. Для травления алюминиевых сплавов применяют водный раствор ортофосфорной кислоты с калиевым или натриевым хромпиком в качестве пассиватора. Порядок и режимы травления выбирают в зависимости от марки сплава, из которого изготовлены свариваемые детали.

Обработанные в таком растворе детали имеют стабильное и достаточно низкое контактное сопротивление (80—120 мкОм), которое сохраняется в течение несколь-

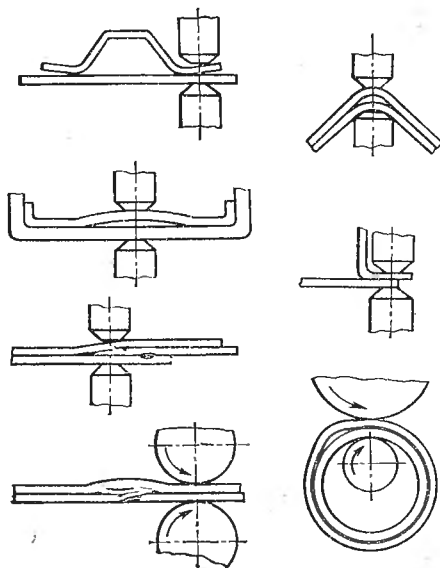


Рис. 34. Примеры неправильной сборки деталей под сварку

ких суток. Косвенным показателем качества подготовки поверхности легких сплавов под точечную и шовную сварку служит число сварных точек, выполненных без зачистки электродов. Так, при травлении с пассивацией число точек составляет около 100 (достигает 300 точек); при механической зачистке проволочной щеткой — 15—20 точек.

Если свариваемые детали изготовлены путем обработки резанием (точение, фрезерование),

то шероховатость поверхности в местах сварки допускается не ниже 4-го класса для черных металлов и не ниже 5-го класса для легких сплавов.

Выбор того или иного способа подготовки поверхности зависит от характера производства (единичное, серийное), марки металла и размеров деталей, исходного состояния поверхности и требований к качеству сварных соединений.

Сборка перед точечной, рельефной и шовной сваркой предназначена для обеспечения правильного взаимного расположения свариваемых деталей и минимальных зазоров между соединяемыми поверхностями. При сборке не допускаются грубая подгонка деталей с образованием хлопнунов и больших зазоров и загрязнение нахлестки. При неправильной сборке деталей под точечную и шовную сварку (рис. 34) возникают дефекты в виде выплесков металла, прожогов, искажения формы сварного узла, которые снижают стабильность прочности и надежность соединений. Допустимые зазоры между деталями под точечную сварку после сборки и

прихватки должны быть не более 0,5—0,3 мм на длине 100 мм соответственно для деталей толщиной 0,8—3 мм. Для шовной сварки допустимые зазоры между деталями должны быть еще меньше. Если детали не взаимозаменяемы, то перед подготовкой поверхности необходима предварительная сборка, в процессе которой выполняют подгоночные работы. При полной взаимозаменяемости соединяемых деталей (при массовом и серийном производстве) предварительная сборка не требуется.

При сборке используют съемные болты, фиксаторы, струбины и специальные приспособления. Сборочные приспособления, входящие в процессе сварки в рабочее пространство машины, изготавливают из немагнитных материалов. Прихватка после сборки обеспечивает жесткое закрепление деталей сварного узла и сохранение его размеров. Если с помощью сборочного инструмента и приспособлений выполнены указанные условия, то после сборки сразу приступают к сварке без операции прихватки. При точечной сварке места постановки прихваточных точек совпадают с расположением основных точек. Точки прихватки под шовную сварку должны располагаться по осевой линии шва. В зависимости от конструкции узла точки прихватки выполняют с шагом 100—200 мм; зазоры должны быть не более допустимых для сборки деталей.

Для стыковой сварки детали собирают непосредственно в зажимах машины. При сварке оплавлением непараллельность торцов деталей не должна превышать 0,5 мм; при сварке сопротивлением торцы должны плотно прилегать друг к другу.

2. ЭЛЕКТРОДЫ

Электроды осуществляют непосредственный контакт машины со свариваемыми деталями. В процессе сварки они сжимают детали, подводят ток, отводят теплоту, выделяющуюся в деталях, и перемещают детали (при шовной сварке). Форма и размеры рабочей поверхности, контактирующей с деталями, и конструкция электродов значительно влияют на качество соединений и производительность сварки.

При сварке электроды нагреваются до высоких температур за счет теплоты, выделяющейся в них при протекании тока, и передачи теплоты от свариваемых де-

талей. Переменное действие температур и усилий вызывает износ электродов, в результате чего изменяются размеры литой зоны соединений и ухудшается их качество. В связи с этим электроды, ролики и губки следует изготавливать из жаропрочного металла с высокой электропроводностью. Для изготовления электродов используют специальные медные сплавы (табл. 10).

Таблица 10

Медные сплавы, используемые для электродов

Сплав	Легирующие элементы, %	Минимальная электропроводность, % от электропроводности меди	Минимальная твердость по Бринеллю, кгс/мм ²	Температура разупрочнения, °С	Основное назначение сплава
Кадмиевая бронза Бр.Кд1 (МК)	0,9—1,2 Cd	85	110	300	Для электродов и роликов при сварке легких и медных сплавов
Хромоциркониевая бронза Бр. ХЦр 0,3—0,09 (Бр. ХЦрА)	0,15—0,35 Cr, 0,07—0,15 Zr	85	110	350	То же
Хромоциркониевая бронза Бр. ХЦр 0,6—0,05	0,4—1 Cr, 0,03—0,08 Zr	80	130	500	Для электродов и роликов при сварке углеродистых, низколегированных сталей и титановых сплавов
Хромовая бронза Бр. Х	0,4—1 Cr	80	120	370	То же
Никелебериллиевая бронза Бр. НБТ	1,4—1,6 Ni, 0,2—0,4 Be, 0,05—0,15 Ti	50	170	510	Для электродов, губок, роликов при сварке углеродистых и коррозионно-стойких сталей, жаропрочных и титановых сплавов
Хромовая бронза Бр. Х08	0,4—0,7 Cr	80	120	400	Для губок стальных машин
Кремненикелевая бронза Бр. КН1-4	0,6—1 Si, 3—4 Ni	40	140	450	То же

Примечание. Минимальная твердость дана для сплавов в упрочненном состоянии.

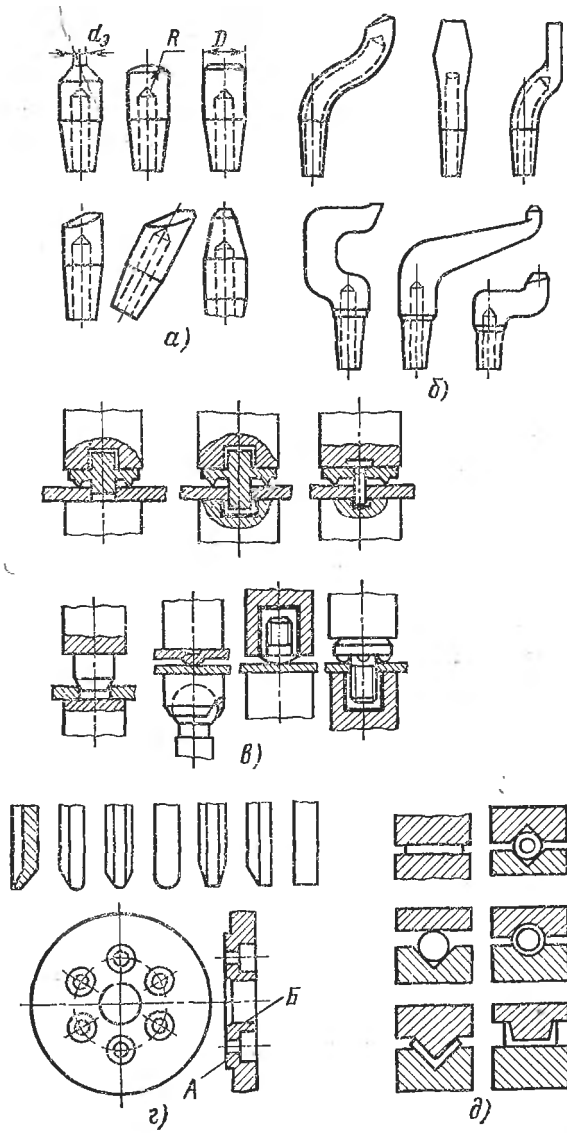


Рис. 35. Электроды для сварки:
 а, б — точечной; в — рельефной; г — шовной; д — стыковой

При выборе сплавов для электродов необходимо учитывать, что их электротеплопроводность должна повышаться с повышением электротеплопроводности свариваемых металлов. Для сварки с малой длительностью протекания сварочного тока («ужесточением» режима сварки) следует применять электроды из сплавов с высокой электротеплопроводностью. Применение чистой меди (М1) для изготовления электродов не рекомендуется из-за низкой стойкости (число сварных точек до переточки).

В зависимости от конструкций электроды для точечной сварки подразделяют на прямые и фигурные. Наиболее распространены прямые электроды (рис. 35, а), которые используют при сварке деталей, имеющих свободные подходы электродов. Прямые электроды изготовляют в соответствии с ГОСТ 14111—69 диаметрами 12, 16, 20, 25, 32 и 40 мм. К фигурным относятся электроды (рис. 35, б), у которых ось, проходящая через центр рабочей поверхности, значительно смещена относительно оси посадочной части. Фигурные электроды сложны в изготовлении, менее удобны в эксплуатации и обычно имеют пониженную стойкость, поэтому такие электроды целесообразно применять, когда сварка без них неосуществима.

Посадочные части электродов и роликов должны обеспечивать надежную передачу сварочного тока и усилия от электрододержателей и валов сварочных машин. У электродов эти функции выполняет чаще всего конусная посадочная часть, хотя возможны и другие виды соединений с электрододержателем (по резьбе, по цилиндрической поверхности). У роликов электрический контакт со вторичным контуром машины обеспечивается поверхностью А (рис. 35, г), а усилия передаются поверхностью Б. С целью получения надежного электрического контакта, а в электродах также герметичного соединения посадочные поверхности должны быть обработаны не ниже 7а класса шероховатости и не должны иметь механических повреждений, окислов и других загрязнений.

При рельефной сварке применяют электроды с плоской рабочей поверхностью (рис. 35, в). Часто в одном или в обоих электродах предусматривают отверстия для размещения выступающих частей свариваемых деталей. Если свариваемая деталь, контактирующая с одним

электродом, располагается в отверстии другого электрода, то для предотвращения шунтирования тока это отверстие изолируют от детали (например, текстолитовой втулкой).

Губки стыковых машин подводят ток к деталям и удерживают их от проскальзывания при осадке. Губки, не проводящие ток, часто изготавливают из стали, иногда на них делают насечку для увеличения трения. Рабочая поверхность губок должна соответствовать форме деталей (рис. 35, *б*). Для сварки прутков и толстостенных труб применяют призматические губки, а труб с толщиной стенки $\leq 0,15$ наружного диаметра — только цилиндрические губки. Длина губок должна быть не менее 2,5 диаметра (толщины) свариваемых деталей.



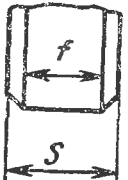
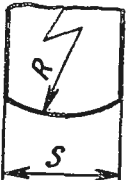
Электроды для точечной и рельефной сварки должны иметь внутреннее охлаждение. Шовную сварку чаще выполняют с наружным охлаждением роликов и свариваемых деталей. При сварке закаливаемых сталей и магниевых сплавов наружное охлаждение не допускается.

Наибольшее применение для точечной сварки находят электроды с плоской (диаметром $d_э$) и сферической (радиусом R) рабочими поверхностями (рис. 35, *а*), а для шовной — ролики с цилиндрической и сферической поверхностями. При сварке большинства металлов можно использовать электроды и ролики с плоской (цилиндрической) или сферической рабочей поверхностью. Электроды со сферической поверхностью имеют большую стойкость и менее чувствительны к перекосам при установке, чем электроды с плоской поверхностью. Поэтому со сферической поверхностью рекомендуется изготавливать электроды, используемые в машинах радиального типа и клещах, а также фигурные электроды, работающие с большими прогибами. При сварке легких сплавов применяют только электроды и ролики со сферической поверхностью. Использование для этой цели электродов с плоской, а роликов с цилиндрической поверхностью приводит к чрезмерным вмятинам и подрезам на поверхности точек и швов и повышенным зазорам между деталями после сварки. Размеры рабочей поверхности электродов и роликов выбирают в зависимости от толщины свариваемых металлов (табл. 11).

Выбор рабочей поверхности электродов и роликов зависит от следующих основных факторов: сочетания

Таблица 11

Размеры электродов и роликов, мм

Толщина деталей, мм										
	Углеродистые, коррозионно-стойкие, жаропрочные стали и сплавы						Алюминиевые, магниевые и медные сплавы			
	D	d ₃	R	S	f	D	S	R		
0,3	12	3	15—25	6	3	12	12	25		
0,5	12	4	25—50	6	4	16	16	50		
0,8	12	5	50—75	10	5	16	16	50—75		
1	12	5	75—100	10	5	16	16	75		
1,2	16	6	75—100	12	6	16	16	75		
1,5	16	7	100—150	12	7	20	20	75—100		
2	20	8	100—150	15	8	20	20	100		
2,5	20	9	150—200	18	9	25	25	100		
3	25	10	150—200	20	10	25	25	100—150		
3,5	25	11	200—250	22	11	25	25	150		
4	25	12	200—250	24	11	32	32	200		
5	25	—	200—250	—	—	32	—	200		
6	32	—	250	—	—	40	—	250		
7	32	—	250	—	—	40	—	300		

Примечание. Размеры D , S — минимально рекомендуемые.

марок металла и толщины свариваемых деталей, формы деталей и требований к наружной поверхности. При сварке деталей неравной толщины размеры электродов и роликов (в случае швов на плоскости) устанавливают по табл. 11 для каждой из деталей. При сварке деталей с отношением толщин более 2 : 1 со стороны тонкой детали рекомендуется устанавливать электрод (ролик) с меньшими на 25—30% размерами, чем указано в табл. 11 (рис. 36, а).

При точечной сварке деталей неравной толщины иногда применяют электрод 1 с вольфрамовой вставкой 2 (рис. 36, б). Благодаря низкой электропроводности вольфрама уменьшается отвод теплоты из зоны сварки и создается дополнительное выделение теплоты в контакте электрод—деталь, что обеспечивает стабильное проплавление тонкой детали. Для этой же цели между электродом и тонкой деталью устанавливают тепловой экран-прокладку 6 толщиной 0,15—0,25 мм из того же металла, что свариваемые детали (рис. 36, в).

Нормальное проплавление детали и небольшую вмятину (5% толщины детали) получают с помощью электрода, имеющего на рабочей части 1 стальное кольцо 3 (рис. 36, г). Наличие кольца повышает плотность тока в контакте электрод — деталь и несколько уменьшает отвод теплоты от зоны сварки. При точечной сварке трех деталей электроды выбирают по толщине наружных деталей в соединении (рис. 36, д, е).

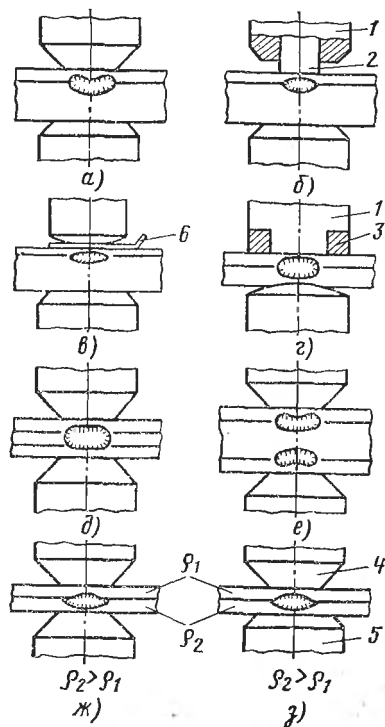


Рис. 36. Выбор электродов при точечной сварке

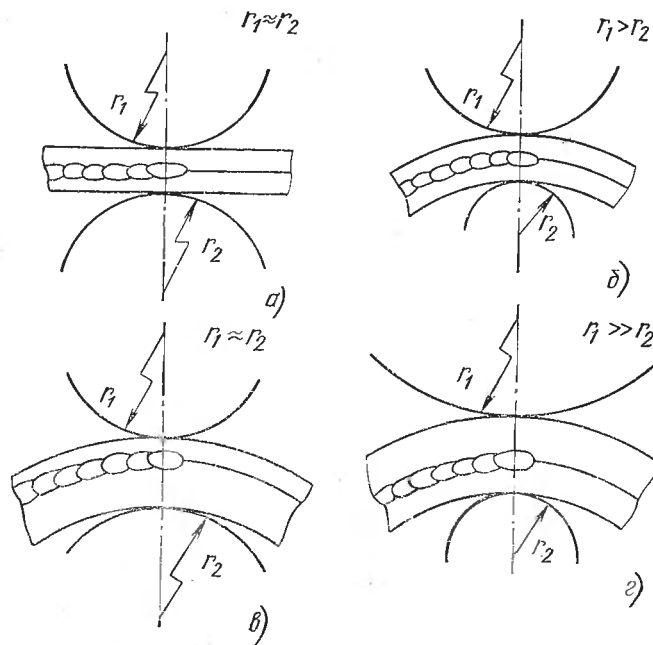


Рис. 37. Выбор диаметра роликов при шовной сварке

При сварке металлов с различными теплофизическими свойствами меньшее проплавление наблюдается в детали с меньшим сопротивлением ρ_1 (рис. 36, ж). Изменением размеров рабочей поверхности и теплоотвода в электроды удастся получить нормальное проплавление обеих деталей (рис. 36, з). Увеличение теплоотвода от зоны сварки детали с сопротивлением ρ_2 достигается применением электрода 5 с плоской рабочей поверхностью, изготовленного из хромовой бронзы Бр.Х, имеющей большую теплопроводность, чем бронза Бр.НТБ, из которой изготовлен электрод 4.

При шовной сварке наряду с размерами рабочей поверхности роликов f, R (см. табл. 11) на формирование литой зоны соединений оказывает влияние диаметр (радиус r) роликов. Плоские детали равной толщины сваривают роликами с одинаковыми рабочими поверхностями и равными диаметрами (рис. 37, а). При сварке кольцевых швов (обечаек), если рабочие поверхности роликов имеют одинаковые размеры, внутренний

ролик должен быть меньшего размера (рис. 37, б); если диаметры роликов одинаковые, то внутренний ролик должен иметь рабочую поверхность меньшего размера (меньшие R или f). При шовной сварке цилиндрических деталей неравной толщины, когда тонкая деталь находится снаружи, могут быть применены ролики одинакового диаметра (рис. 37, в). Если тонкая деталь находится внутри обечайки, то для стабильного ее проплавления нижний ролик должен иметь меньшие размеры, чем верхний (рис. 37, г).

3. РЕЖИМЫ СВАРКИ

Режим сварки определяет внешний вид, размеры литой зоны и прочность соединения. Важной характеристикой режима контактной сварки является его жесткость, которая зависит от длительности протекания тока, а также от толщины и температуропроводности свариваемого металла. При одинаковой длительности протекания тока более жестким будет режим, применяемый при сварке металла большей толщины или металла с меньшей температуропроводностью. Например, при одной и той же длительности тока режим сварки низкоуглеродистой стали будет более жестким, чем алюминиевого сплава.

Форма и расположение зоны расплавления металла в месте сварки определяются тепловыделением и теплоотводом в электроды и детали. С изменением длительности тока (изменением жесткости режима) влияние тепловыделения и теплоотвода на формирование соединений меняется.

При точечной, рельефной и шовной сварке на жестких режимах форма и расположение литой зоны обуславливаются распределением плотности тока в контакте деталь — деталь. Плотность тока зависит от толщины свариваемых деталей и размеров рабочей поверхности электродов. В связи с тем, что сварка ведется при малых длительностях тока, теплоотвод практически не влияет на формирование зоны расплавления.

При сварке на мягком режиме форма и расположение литой зоны зависят от теплоотвода в электроды и свариваемые детали. Литое ядро располагается практически на равном удалении от наружных поверхностей деталей (рис. 38, а), поэтому в случае сварки деталей

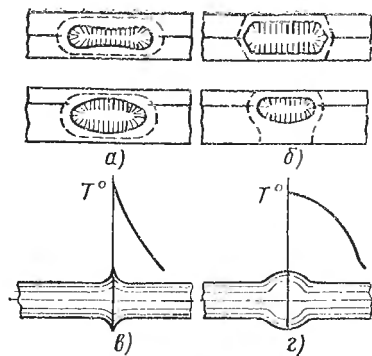


Рис. 38. Формирование сварных соединений на мягком (а, б) и жестком (б, в) режимах

неравной толщины оно смещено в деталь большей толщины. В связи с большей длительностью нагрева при использовании мягких режимов размеры зоны термического влияния (штриховые линии) и пластического пояса больше, чем в случае жестких режимов.

При сварке на жестком режиме литое ядро расположено более симметрично относительно плоскости соединения деталей (рис. 38, б). Незначительный теплоотвод в электроды при сварке на жестких режимах деталей равной толщины позволяет получить большую высоту литой зоны.

Наряду с преимуществами (экономичность, производительность, небольшие вмятины от электродов, высокая стойкость электродов) жесткие режимы требуют повышенных усилий электродов из-за опасности выплесков металла и более стабильную длительность протекания тока. Это ограничивает использование жестких режимов при сварке деталей сложной формы на фигурных электродах, имеющих малые сечения.

При стыковой сварке сопротивлением форма сварного соединения также зависит от жесткости режима. При жестком режиме с малой длительностью тока и высоком контактом сопротивлении размеры зоны нагрева и пластической деформации значительно меньше, чем при мягком. Различное контактное сопротивление получают изменением усилия осадки.

В связи с тем, что расчетные методы определения режимов сварки разработаны недостаточно полно, режимы сварки новых сочетаний толщин и марок металлов определяют опытным путем. Для этого используют общие требования к режимам сварки металлов определенной группы и опытные данные по сварке металлов, близких по своим свойствам к свариваемому металлу.

Производственным опытом установлено, что при точечной, рельефной и шовной сварке зависимость основ-

ных параметров режима ($I_{св}$, $t_{св}$, $F_{св}$) от толщины металла носит практически линейный характер (рис. 39). Это существенно упрощает определение режимов сварки. Например, зная режимы сварки металла минимальной и максимальной толщины, можно, построив зависимость основных параметров от толщины, определить ориентировочные параметры режимов сварки промежуточных толщин металлов. Подробно выбор режима сварки рассмотрен в гл. VI.

В табл. 12—21 приведены ориентировочные режимы сварки наиболее распространенных металлов, обеспечивающие получение сварных соединений размерами, указанными в табл. 1, 2. Режимы даны применительно к сварке деталей с отношением толщин до 2:1. При большем отношении толщины режимы должны быть соответствующим образом изменены. В режимах приведены максимальные действующие значения тока $I_{св.д}$ для машин переменного тока и максимальные (амплитудные) значения тока $I_{св.м}$ для машин низкочастотных, конденсаторных и постоянного тока.

Для точечной сварки низкоуглеродистой стали может быть использован широкий диапазон режимов по жесткости (табл. 12). При точечной сварке сталей 10, 20 на жестких режимах (табл. 12) в зоне термического влияния возможно образование структур закалки, что придает хрупкость сварным точкам. Для устранения этого явления увеличивают длительность тока в 1,5—2 раза или сваренные детали подвергают термической обработке непосредственно в машине путем повторного включения тока.

При точечной сварке закалывающихся низколегиро-

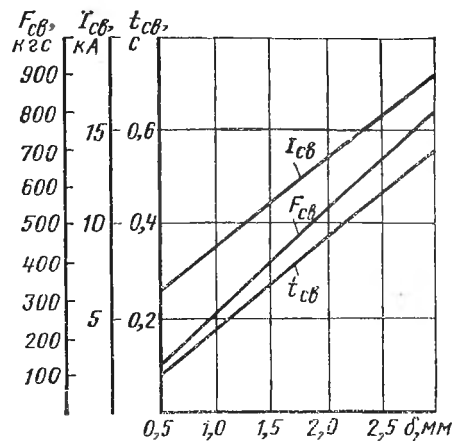


Рис. 39. Зависимость параметров режима точечной сварки низкоуглеродистой стали от толщины деталей

Таблица 12

Режимы точечной сварки низкоуглеродистых сталей *

Толщина деталей, мм	Ток $I_{св.д.}$, кА	Длительность тока $t_{св.}$, с	Усилие электродов $F_{св.}$, кгс
Жесткие режимы			
0,5	5,5—6	0,08—0,1	120—180
0,8	6,5—7	0,1—0,14	200—250
1	7,5—8	0,12—0,16	250—300
1,2	9—10	0,14—0,18	300—400
1,5	10,5—11,5	0,16—0,22	400—500
2	13—15	0,18—0,24	600—700
3	18—20	0,24—0,3	900—1000
3,5	20—22	0,3—0,4	1100—1200
4	23—20	0,4—0,56	1300—1500
Мягкие режимы			
0,6	3,5	0,2	80
0,8	4	0,3	120
1	5	0,4	150
1,2	5,5	0,5	200
1,5	6,5	0,6	220
1,8	7	0,7	300
2	7,5	0,8	350
2,5	9,5	1	400
3	12	1,3	500

* Здесь и далее приведены режимы сварки на машинах переменного тока без указания их типа.

ванных сталей (типа 30ХГСА) также необходима термическая обработка. Пауза, чтобы зафиксировать структуру закалки, $t_{п} = (1,1 \div 1,4)t_{св.}$. Длительность термической обработки — отпуска $t_{доп} = (1,5 \div 1,8)t_{св.}$, а ток $I_{доп} = (0,7 \div 0,8)I_{св.}$ (см. рис. 11, в).

Режимы рельефной сварки низкоуглеродистой стали близки к режимам точечной сварки с теми же размерами литой зоны (табл. 13). Для устранения всплесков обеспечивают плавное нарастание сварочного тока при $t_{н} = 0,3t_{св.}$ (см. рис. 11, б).

Шовная сварка низкоуглеродистой стали выполняется на жестких режимах (табл. 14). В связи с меньшими $t_{св.}$ и некоторым шунтированием тока в ранее сформированные литые зоны шва сварочные токи на 40—50% больше, чем при точечной сварке.

Коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали из-за высокого коэффициента теплового расширения и де-

Таблица 13

Режимы рельефной сварки низкоуглеродистой стали

Толщина деталей, мм	Ток $I_{св. д.}$, кА	Длительность тока $t_{св.}$, с	Усилие электродов $F_{св.}$, кгс
0,5	5	0,08	80
0,8	6,5	0,1	100
1	7,5	0,16	150
1,5	10,5	0,26	250
2	12	0,4	350
2,5	14	0,54	450
3	16	0,74	600
4	20	1,2	950

Таблица 14

Режимы шовной сварки низкоуглеродистых сталей

Толщина деталей, мм	Ток $I_{св. д.}$, кА	Длительность, с		Усилие роликов $F_{св.}$, кгс	Скорость сварки, м/мин*
		тока $t_{св.}$	паузы t_{II}		
0,5	7—8	0,02—0,04	0,04—0,06	150—200	1,2—1,6
0,8	8,5—10	0,04—0,06	0,04—0,08	200—300	1—1,4
1	10,5—12	0,06—0,08	0,08—0,1	300—400	0,8—0,9
1,2	12—13	0,08—0,1	0,1—0,12	400—500	0,7—0,9
1,5	13—14,5	0,12—0,14	0,12—0,14	500—600	0,6—0,7
2	15,5—17	0,16—0,18	0,18—0,22	700—800	0,5—0,6
3	18—22	0,24—0,32	0,28—0,34	1000—1100	0,4—0,5

* Большие скорости сварки достигают при уменьшении $t_{св.}$, t_{II} и повышении $I_{св. д.}$

формаций сварных узлов сваривают на жестких режимах с повышенными усилиями (табл. 15, 16). Для сварки титановых сплавов используют усилия, на 30—40% меньшие, чем при сварке коррозионно-стойких сталей, и практически такие же токи.

Точечную и шовную сварку жаропрочных сплавов на никелевой основе выполняют при высоких усилиях и большой длительности протекания сварочного тока (соответственно в 1,8—2 и в 2—3 раза больших, чем при сварке стали 12X18H9T). Для устранения дефектов (пор и трещин) шовную сварку ведут на малой скорости.

Таблица 15

Режимы точечной сварки коррозионно-стойких сталей типа 12Х18Н9Т

Толщина деталей, мм	Ток $I_{св. д.}$ кА	Длительность тока $t_{св.}$ с	Усилие электродов $F_{св.}$ кгс
0,3	5—5,5	0,06—0,08	150—200
0,5	4,5—5	0,08—0,12	250—300
0,8	4,5—5	0,12—0,16	300—400
1	5—5,5	0,16—0,18	350—450
1,2	5,5—6	0,18—0,2	450—550
1,5	6—7,5	0,2—0,24	500—650
2	7,5—8,5	0,24—0,3	800—900
2,5	9—10	0,3—0,34	1000—1100
3	10—11	0,34—0,38	1200—1400

Таблица 16

Режимы шовной сварки коррозионно-стойких сталей типа 12Х18Н9Т

Толщина деталей, мм	Ток $I_{св. д.}$ кА	Длительность, с		Усилие роликов $F_{св.}$ кгс	Скорость сварки, м/мин
		тока $t_{св.}$	паузы $t_{п.}$		
0,3	4,5—6	0,02	0,04—0,06	200—250	0,8—1,4
0,5	5—7	0,02—0,04	0,06—0,08	300—350	0,6—1,3
0,8	7—9	0,04—0,06	0,08—0,12	400—500	0,5—1
1	9—11	0,06—0,08	0,12—0,16	500—650	0,5—0,8
1,2	10—12	0,06—0,08	0,14—0,18	600—700	0,5—0,8
1,5	11,5—13	0,08—0,1	0,16—0,2	700—900	0,4—0,7
2	12—16	0,12—0,16	0,24—0,32	1000—1300	0,3—0,6
2,5	13—17	0,16—0,2	0,32—0,4	1100—1400	0,3—0,5
3	14—18	0,2—0,3	0,6—0,7	1300—1600	0,2—0,4

В связи с высокой теплоэлектропроводностью и низкой прочностью при нагреве точечная и шовная сварка цветных сплавов выполняется на жестких режимах. Мягкие режимы сварки вызывают интенсивное загрязнение рабочей поверхности электродов, особенно при сварке пластичных алюминиевых и магниевых сплавов. Высокое качество сварных соединений цветных сплавов получают при сварке на машинах конденсаторных, низкочастотных, постоянного тока. При точечной сварке высокопрочных алюминиевых и магниевых сплавов для

устранения пор и трещин используют переменный график усилия с F_K (см. рис. 11, а, б).

Машины переменного тока можно использовать для сварки деталей из цветных сплавов толщиной до 1,5 мм. Сварка деталей бóльшей толщины ограничена из-за значительной установочной мощности машины. При

Таблица 17

Ориентировочные режимы точечной сварки цветных сплавов

Толщина деталей, мм	Усилие электродов, кгс		Начало ковочного усилия t_K, c	Параметры тока			
	сварочное $F_{св}$	ковочное F_K		$I_{св}, A$	t_H	$t_{св}$	$t_{сп}$
Алюминиевые сплавы типа Д16АТ							
0,5	220	—	—	23	—	0,08	—
	200	—	—	24	0,04	0,08	0,08
0,8	350	—	—	27	—	0,1	—
	300	—	—	26	0,04	0,1	0,1
1	450	—	—	28	—	0,12	—
	350	—	—	27	0,04	0,12	0,12
1,5	650	—	—	34	—	0,16	—
	550	—	—	33	0,06	0,16	0,16
	450	1000	0,24	31	0,06	0,16	0,16
	450	1200	0,18	32	—	0,16	—
Алюминиевые сплавы типа АМгАМ							
0,5	130	—	—	22	—	0,04	—
0,8	190	—	—	26	—	0,04	—
1	250	—	—	30	—	0,06	—
1,5	350	—	—	34	—	0,08	—
2	500	—	—	38	—	0,1	—
Магниеые сплавы							
0,8	300	—	—	20	—	0,1	—
1	400	—	—	24	—	0,12	—
1,5	500	—	—	27	—	0,14	—
2	700	—	—	30	—	0,18	—
Медные сплавы типа Л162							
0,5	120	—	—	15	—	0,1	—
0,8	170	—	—	17	—	0,14	—
1	200	—	—	19	—	0,16	—
1,5	300	—	—	24	—	0,2	—
2	400	—	—	30	—	0,24	—

сварке на машинах переменного тока применяют плавное нарастание тока для уменьшения загрязнения электродов и вероятности выплесков металла и плавное снижение тока (см. рис. 11, б) для исключения образования пор и трещин в литом ядре точек (табл. 17). Однако качество получаемых сварных соединений ниже, чем при сварке на машинах с непрерывным током (конденсаторных, низкочастотных и постоянного тока). Достаточно плавные нарастания и спад тока в указанных машинах создают благоприятные условия для сварки легких сплавов.

Мягкие алюминиевые сплавы (АМг, АМц), имеющие низкую прочность, сваривают на пониженных усилиях и с использованием электродов с меньшей сферой рабочей поверхности (на 25—30%), чем при сварке высокопрочных алюминиевых сплавов (Д16Т, АМг6).

Наиболее жесткие режимы применяют при сварке алюминиевых сплавов на конденсаторных машинах. Благоприятная для сварки форма импульса тока и относительно небольшая длительность позволяют получить на конденсаторных машинах очень высокую стойкость электродов (200—250 точек при сварке металла толщиной 1+1 мм).

Шовную сварку цветных сплавов толщиной до 1,5 мм можно выполнять при непрерывном вращении роликов (см. рис. 11, д) на машинах переменного тока (табл. 18). Прерывистое (шаговое) вращение роликов с остановкой на время включения тока (см. рис. 11, е) применяют для уменьшения загрязнения рабочей поверхности роликов и лучшего обжата металла шва.

При шовной сварке алюминиевых сплавов на машинах низкочастотных и постоянного тока используют более мягкие режимы сварки, чем при точечной. Прерывистое перемещение свариваемых деталей может быть применено при сварке отдельными точками на шовной машине вместо точечной сварки.

Наряду с электрическими и механическими параметрами процесса стыковой сварки важное значение имеет установочная длина деталей. При малой установочной длине теплота интенсивно отводится в губки и нагрев металла в зоне стыка недостаточен для получения качественного сварного соединения. При большой установочной длине возможен перегрев деталей и увеличение длины деформируемого участка металла около

стыка, а также перекося и смещение торцов. Установочная длина зависит от теплоэлектропроводности свариваемого металла и увеличивается с ее повышением (рис. 40). При сварке разноименных металлов установочную длину выбирают различной для каждой из деталей.

С увеличением сечения деталей применяют более мягкие режимы сварки сопротивлением с меньшими плотностью тока и усилием осадки и большей длительностью протекания тока (табл. 19). При повышении теплоэлектропроводности металла режим сварки уже становится. При небольших сечениях деталей (до 50 мм²) сварка сопротивлением дает возможность получать ка-

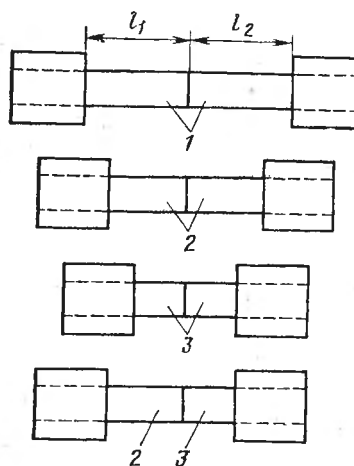


Рис. 40. Установочная длина деталей l_1+l_2 при стыковой сварке сопротивлением:

1—латунь; 2—низкоуглеродистая сталь; 3—легированная сталь

Таблица 18

Ориентировочные режимы шовной сварки цветных сплавов

Толщина деталей, мм	Усилие сжатия роликов $F_{св}$, кгс	Сварочный ток $I_{св.д.}$, кА	Длительность, с		Скорость сварки, м/мин
			тока $t_{св}$	паузы $t_{п}$	
Алюминиевые сплавы типа АМгАМ					
0,5	250	24	0,04	0,1	0,7
0,8	300	29	0,04	0,14	0,6
1	350	33	0,06	0,18	0,5
1,2	400	35	0,08	0,2	0,45
1,5	450	38	0,1	0,24	0,4
Медные сплавы типа Л62					
0,5	200	19	0,06	0,06	0,75
0,8	300	23	0,08	0,08	0,7
1	400	27	0,08	0,1	0,7
1,2	450	31	0,1	0,12	0,65
1,5	550	36	0,12	0,14	0,6

качественные соединения большинства легированных сталей и цветных сплавов. Для уменьшения окисления при нагреве и получения качественных соединений при небольшой деформации сварку сопротивлением иногда выполняют в защитной газовой среде или вакууме.

Стыковая сварка оплавлением низкоуглеродистых сталей обеспечивает получение соединений высокого качества в широком диапазоне сечений деталей (20—20 000 мм²). При сварке стержней используют умеренные параметры режима (табл. 20). Стержни диаметром до 50 мм сваривают непрерывным оплавлением, а боль-

Таблица 19

Режимы стыковой сварки сопротивлением стержней из углеродистой стали

Площадь поперечного сечения, мм ²	Установочная длина, мм	Давление осадки, кгс/мм ²	Плотность тока, А/мм ²	Длительность тока, с	Припуск на осадку, мм
10	6	2—4	250	0,3	2
25	8	2—4	200	0,6	2,5
50	10	1—3	160	0,8	2,7
100	12	1—3	140	1	3
250	16	1—3	100	1,5	4
500	24	1—2	60	2,5	6

Примечания: 1. Припуск на осадку под током составляет 60—70% общего припуска.
2. Установочная длина дана на обе детали.

ших диаметров — только оплавлением с подогревом. Стержни квадратного и прямоугольного сечений свариваются хуже из-за затрудненной деформации металла в углах. Применение подогрева позволяет сваривать детали относительно больших сечений на машинах малой мощности.

Сварку оплавлением выполняют с относительно большими усилиями осадки, которые могут вызвать проскальзывание деталей в губках машины. Усилие зажатия должно обеспечивать надежный электрический контакт и исключать проскальзывание. Усилие зажатия круглых стержней из низкоуглеродистой стали в 1,4—1,7 раза больше усилия осадки.

Стыковую сварку оплавлением с подогревом широко используют при изготовлении режущего инструмен-

Таблица 20

Режимы стыковой сварки оплавлением низкоуглеродистой стали (припуски даны на две детали)

Площадь поперечного сечения, мм ²	Припуск при сварке непрерывным оплавлением, мм			Припуск при сварке оплавлением с подогревом, мм	
	на оплавление	на осадку	на подогрев	на оплавление	на осадку
75	5—5,5	2—3	2,5	4,5	3,5
100	5,5—6,5	2,4—3	3	5	3,5
200	7—7,5	3—3,5	4	5,5	3,5
300	9—10	3,5—4	4	7	4
600	11—12,5	4—4,5	4	7	4
1000	14—17,5	4,5—5,5	4	10	4
1250	17—20	5—5,5	4	11	4
1500	18—22	5,5—6,5	4,5	11,5	4,5
2000	20—25	6—6,5	5	12	5

Параметры режимов. Плотность тока при оплавлении 10—15 А/мм², при осадке 20—30 А/мм². Давление осадки при сварке оплавлением 6—10 кгс/мм², при сварке оплавлением с подогревом 4—6 кгс/мм². Скорость осадки 50—70 мм/с. Установочная длина одной детали равна 0,7—0,9d, где d — диаметр стержней.

та (сверл, разверток и т. п.). Рабочую часть инструмента изготавливают из быстрорежущей стали, а хвостовую — из углеродистой стали. При сварке инструмента подогрев перед оплавлением должен обеспечивать температуру концов заготовок на длине 5—10 мм в пределах 1100—1200°С. Из-за разных теплоэлектропроводностей свариваемых металлов установочная длина заготовки из углеродистой стали в 1,3—1,5 раза больше, чем заготовки из быстрорежущей стали. Для предупреждения образования хрупких структур закалки и трещин заготовки сразу после сварки следует подвергать термической обработке.

4. ОСОБЫЕ СЛУЧАИ СВАРКИ

При изготовлении ряда узлов возникает необходимость точечной и шовной сварки деталей неравной толщины из коррозионно-стойких сталей при отношении толщин более 3:1 (толщина тонкой детали 0,1—0,6 мм). Такие детали можно сваривать на жестком и мягком режимах.

Жесткие режимы сварки выполняют на конденсаторных машинах и машинах переменного тока при

$t_{св} = 0,01 \div 0,04$ с. При сварке на мягких режимах для повышения температуры в тонкой детали применяют тепловой экран-прокладку толщиной 0,15—0,25 мм (см. рис. 36, в). Режим сварки должен быть таким, чтобы прокладка легко отделялась от поверхности тонкой детали. Для этого поверхности прокладки и тонкой детали должны быть тщательно зачищены. Точечную и шовную сварку деталей с прокладками ведут с длительностью тока 0,06—0,14 с (при толщине тонкой детали 0,2—0,6 мм).

Шовную сварку деталей неравной толщины типа сильфонов и мембран с арматурой выполняют на жестких режимах с применением специальных приспособлений, токопроводящих патронов и планшайб, наружных и внутренних цапг. При сварке деталей неравной толщины со стороны тонкой детали устанавливают электроды и ролики со сферической рабочей поверхностью.

Для точечной сварки тонких деталей (экранов, термомпар) с крупногабаритными деталями большой толщины целесообразно применять малогабаритный ручной пистолет. При этом необходимое усилие создается сварщиком, а сварочный ток включается при сжатии пружины и срабатывании микровыключателя. Сварочный ток к пистолету и к детали большой толщины подводится гибким кабелем от стационарной машины или отдельного трансформатора (см. рис. 2, в). Сварку ведут на жестких режимах.

Стержни (проволоку) из низкоуглеродистой и коррозионно-стойкой сталей сваривают в крест на точечных (по одной или нескольким точкам) или специальных машинах. Для сварки используют электроды с плоской рабочей поверхностью. Обязательным условием получения качественных соединений является уменьшение толщины свариваемых стержней (осадка) в месте сварки на 25—35% их исходной высоты. Режимы сварки стержней из низкоуглеродистой стали выбирают из соотношений:

$$\begin{aligned} I_{св} &= (600 \div 800) d \text{ А}; \\ t_{св} &= (0,06 \div 0,08) d \text{ с}; \\ F_{св} &= (35 \div 50) d \text{ кгс}, \end{aligned}$$

где d — диаметр стержней, мм.

Шовную сварку можно выполнять не только внахлестку, но и встык. Стыковые соединения имеют сле-

дующие преимущества перед нахлесточными: экономия и меньшая масса металла благодаря отсутствию нахлестки и гладкая поверхность шва, а также большая прочность соединений при переменных нагрузках. Для получения стыкового соединения между роликками 1, 4 и деталями 2 помещают две тонкие накладки 3 из того же металла, что и детали (рис. 41). Использование накладок повышает тепловыделение, снижает отвод теплоты в роликки и позволяет получить 100%-ное проплавление деталей (рис. 41, б). При сварке встык с накладками не требуется специальная подготовка кромок деталей и допускаются зазоры до 20% толщины деталей. Соединения встык рационально применять для деталей из черных металлов толщиной 1—3 мм при ширине накладок 3,5—6 мм и толщине 0,3—0,5 мм.

Для точечной и шовной сварки деталей с легкоплавкими защитными металлическими покрытиями (цинкование, кадмирование и т. п.) характерно сильное загрязнение рабочей поверхности электродов и роликков, а также расплавление и выдавливание металла покрытия в зазор между деталями. Последнее для получения качественных соединений требует увеличения сварочного тока и усилия. Сварку таких деталей выполняют на жестких режимах с интенсивным наружным охлаждением электродов и свариваемых деталей. При шовной сварке применяют специальные устройства для зачистки рабочей поверхности роликков в процессе сварки.

Для уменьшения загрязнения электродов и улучшения коррозионной стойкости поверхности сварных точек используют пасту, состоящую из 40% алюминиевой пудры, 40% порошка графита и 20% смазки (вазелин, пушсало). Эту пасту наносят перед сваркой на наружную поверхность деталей. Наружное охлаждение при этом не применяют.

При точечной и шовной сварке разноименных металлов литая зона смещается в деталь с более низкой теплоэлектропроводностью. Например, при сварке углеродистой стали с коррозионно-стойкой 12Х18Н10Т литая

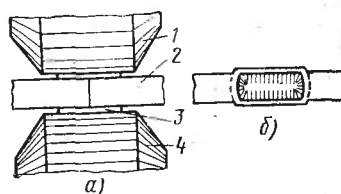


Рис. 41. Шовная сварка встык с накладками

зона смещена в сталь 12X18H10T. Для получения более равномерного проплавления деталей соответствующим образом выбирают размеры рабочих поверхностей электродов (роликов), кроме того, со стороны более теплопроводного металла применяют электрод, изготовленный из медного сплава с низкой теплоэлектропроводностью, например, бронзы Бр.НБТ. При сварке легких сплавов варьируют только размерами рабочей поверхности электродов и используют жесткие режимы сварки на конденсаторных машинах.

Точечную и шовную сварку коррозионно-стойких алюминиевых сплавов (типа АМц, АМг) при большом отношении толщин деталей для получения проплавления тонкой детали выполняют с тепловым экраном-прокладкой из стали 12X18H9T толщиной 0,15—0,25 мм. Прокладка, установленная между электродом и тонкой деталью, обеспечивает сквозное проплавление последней. Такой прием может быть применен при сварке алюминиевых сплавов на машинах с малыми сварочными токами. В этом случае прокладки устанавливают между обоими электродами и деталями.

Для защиты от коррозии внутреннюю полость нахлестки деталей покрывают перед сваркой лаками, грунтами, а иногда клеями. При точечной сварке такое жидкое покрытие выдавливается из контакта деталей и не препятствует формированию литого ядра. При сварке черных металлов используют электропроводные покрытия из лака 170 с наполнителем из алюминиевой пудры, а при сварке алюминиевых сплавов — грунты типа АЛГ-1 и специальные пасты. Для более полного выдавливания жидкого покрытия рекомендуется увеличивать усилие электродов. Сварка деталей с предварительно нанесенным покрытием возможна в течение определенного времени его жизнеспособности, зависящей от состава покрытия и температуры помещения.

Кроме соединений внахлестку деталей из листа с выштампованными рельефами (см. рис. 3, а) применяют Т-образную рельефную сварку деталей типа болтов, шпилек, стержней торцом к листу. На торцах деталей, свариваемых с листом, должны быть образованы рельефы для концентрации нагрева в стыке деталей. Наиболее распространенной является коническая и сферическая обработка торцов. Лучшие результаты достигаются при подводе сварочного тока к боковой поверхности

стержня, ближе к месту сварки. При небольшой высоте и достаточном сечении деталей допускается подводить ток с торца. При Т-образной сварке соединение формируется преимущественно без расплавления металла (в твердой фазе), аналогично стыковой сварке сопротивлением. Несмотря на отсутствие литой зоны при использовании рациональных режимов сварки соединения обладают высокой прочностью и разрушаются с вырывом по основному металлу.

1. ДЕФЕКТЫ ПРИ СВАРКЕ

Нарушения технологического процесса изготовления сварных узлов на любом его этапе могут приводить к образованию дефектов. Дефекты, возникающие при сварке, можно разделить на дефекты сварных узлов и сварных соединений.

К дефектам сварных узлов относятся нарушения их размеров (формы). Причинами этих дефектов могут быть деформации узла, возникающие при сварке в результате термомеханического воздействия на металл; деформации, связанные с работой оборудования, приспособлений и положением узла при сварке; дефекты собственно сварных соединений; нарушения размеров при сборке деталей. Контроль размеров узла после сварки обычно не вызывает затруднений, выполняют его с помощью измерительного инструмента и специальных шаблонов.

Дефекты сварных соединений разделяют на три основные группы:

1) изменения заданных размеров литой зоны соединяемых деталей (для способов сварки с расплавлением металла);

2) нарушения сплошности металла в зоне соединения (внутри и снаружи);

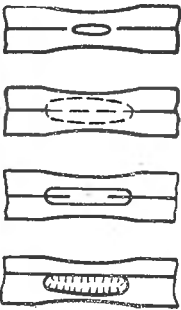


3) изменения свойств металла в зоне соединения.

Возможные дефекты сварных соединений, причины их образования и способы для обнаружения приведены в табл. 21, 22. Дефекты соединений, выполненных рельефной сваркой, в основном аналогичны дефектам точечных соединений. При наличии в сварных соединениях дефектов могут изменяться заданные механические и антикоррозионные свойства, качество поверхности и эксплуатационные характеристики сварных узлов и изделий.

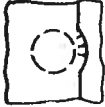



Отсутствие или малые размеры литой зоны при то-

Таблица 21

Основные дефекты точечной и шовной сварки и методы их обнаружения

Дефект	Причины образования дефектов	Способы обнаружения дефектов
<p>Непровар полный или частичный (недостаточные размеры литой зоны)</p> 	<p>Сварочный ток мал, усилие сжатия велико. Ковочное усилие прикладывается раньше выключения сварочного тока. Рабочая поверхность электродов изношена. Точка поставлена близко от соседней, ранее сваренной точки. Электрод (ролик) при сварке коснулся вертикальной стенки (профиля). Большие зазоры между деталями. Сильный внутренний выплеск. Велика толщина лакирующего слоя</p>	<p>По образцам технологической пробы, внешний осмотр: контроль щупом; местное приподнимание кромки детали пробником; измерение диаметра отпечатка электрода. Рентгеновское просвечивание. По приборам, контролирующим параметры процесса сварки</p>
<p>Наружные трещины</p> 	<p>Сварочный ток велик. Мало усилие сжатия. Мало ковочное усилие. Грязная поверхность деталей или электродов. Велико контактное сопротивление деталей</p>	<p>Внешний осмотр невооруженным глазом или через лупу. Рентгеновское просвечивание</p>
<p>Темная (окисленная) поверхность точки (шва)</p> 	<p>Велик сварочный ток. Велика длительность импульса. Мало усилие сжатия. Грязная поверхность детали или электрода</p>	<p>Внешний осмотр невооруженным глазом</p>

Продолжение табл. 21

Дефект	Причины образования дефектов	Способы обнаружения дефектов
<p>Разрыв и наружные трещины металла у кромок нахлестки</p> 	<p>Точки (шов) выполнены слишком близко от края шва. Мала нахлестка</p>	<p>Внешний осмотр невооруженным глазом или через лупу</p>
<p>Чрезмерные вмятины от электрода</p> 	<p>Мал размер рабочей поверхности электродов (роликов). Велики размеры литой зоны. Сильный внутренний выплеск. Велико ковочное усилие. Неправильно установлены электроды</p>	<p>Внешний осмотр и измерение глубины вмятины индикатором</p>
<p>Наружный или внутренний выплеск</p> 	<p>Мало усилие сжатия. Велик ток или длительность импульса. Грязная поверхность детали или электродов. Неправильно установлены электроды</p>	<p>Внешний осмотр невооруженным глазом. Рентгеновское просвечивание</p>
<p>Внутренние трещины и раковины</p> 	<p>Мало усилие сжатия. Мало ковочное усилие. Запаздывает включение ковочного усилия. Грязная поверхность деталей или электродов. Велик ток или длительность импульса. Велико контактное сопротивление деталей</p>	<p>Рентгеновское просвечивание. Внешний осмотр соединения после разрушения</p>

Продолжение табл. 21


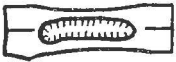

Дефект	Причины образования дефектов	Способы обнаружения дефектов
<p>Большие зазоры между деталями</p> 	<p>Большие зазоры при сборке. Велико усилие электродов. Неправильно выбраны электроды. Ковочное усилие прикладывается раньше выключения тока. Был внутренний выплеск</p>	<p>Внешний осмотр, измерение зазоров щупом</p>
<p>Выдавливание металла на поверхности точек (швов)</p> 	<p>Форсированный режим сварки. Неправильно установлены электроды</p>	<p>Внешний осмотр.</p>
<p>Неправильная форма литой зоны в плоскости соединения</p> 	<p>Плохая подготовка поверхности. Неправильно установлены электроды</p>	<p>По образцам технологической пробы</p>
<p>Прожоги</p> <p>Вырыв точек</p> <p>Смещение точки шва от намеченной линии</p>	<p>Мало или отсутствует усилие сжатия электродов во время прохождения тока. Засох грунт или клей. Оксидирована или сильно загрязнена поверхность деталей. Большие зазоры при сборке</p> <p>Большие натяги деталей при сварке из-за плохой сборки или в процессе правки</p> <p>Небрежная работа сварщика</p>	<p>Внешний осмотр невооруженным глазом</p> <p>То же</p> <p>Внешний осмотр с применением измерительного инструмента</p>

Таблица 22

Основные дефекты соединения стыковой сварки
и методы их обнаружения

Дефекты (внешние признаки)	Причины образования дефектов	Способы обнаружения дефектов
Непровар (малое количество деформированного металла)	Снижение тока. Выключение тока до начала осадки. Мала осадка под током. Малое оплавление. Большая скорость оплавления. Малая скорость осадки	Внешний осмотр. Механические испытания образцов. Измерение параметров режима
Перегрев (наружные трещины, широкая зона цветов побежалости)	Большое оплавление. Малая скорость оплавления. Снижение скорости осадки под током	Внешний осмотр. Исследование макрошлифов
Внутренние трещины	Большая осадка под током. Деформация зажимов при осадке. Отход подвижной плиты с зажатыми деталями. Дефекты основного металла	Исследование макрошлифов. Контроль ультразвуком
Поджоги на поверхности деталей (подплавленные и окисленные участки металла в местах контакта с губками)	Мало усилие зажатия. Мала рабочая поверхность губок или ее несоответствие форме и размерам деталей. Износ губок. Грязная поверхность деталей или губок	Внешний осмотр
Смещение торцов	Плохая подготовка торцов. Недостаточная жесткость губок и зажимных устройств. Мало или велико усилие зажатия. Большая установочная длина	Внешний осмотр. Измерение размеров

чечной и шовной сварке резко снижают прочность соединений. Наиболее опасным дефектом является отсутствие литой зоны — непровар в виде так называемой склейки (соединение без расплавления металла), кото-

рая может иметь нормальную прочность при статических нагрузках и разрушаться при действии переменных нагрузок и температур. Прочность соединения снижается также при наличии больших вмятин от электродов, разрывов и трещин кромки нахлестки, выплесков металла и наружных трещин. Выход литой зоны на поверхность снижает антикоррозионные свойства сварных соединений ряда алюминиевых и особенно магниевых сплавов.

Допустимость дефектов и необходимость их исправления зависит от степени ответственности данного соединения в конструкции сварного узла (изделия) и указывается в ТУ и действующих технологических инструкциях по сварке. В зависимости от вида, расположения и размера дефектов их исправляют повторной точечной или шовной сваркой; обработкой резанием дефектного места и последующей газовой или дуговой электросваркой в среде защитных газов; сверлением отверстий и постановкой заклепок; зачисткой поверхности сварных швов; термической обработкой сварного узла. Дефекты сварных узлов (изменение формы и размеров) исправляют путем местного нагрева, постановки «холостых точек», прокаткой между стальными роликами, а также правкой ударом и обжатием.

Для своевременного предупреждения образования дефектов необходимо контролировать операции технологического процесса, предшествующие сварке: подготовку формы и поверхности деталей, сборку и прихватку. Контроль подготовки поверхности особенно важен при точечной и шовной сварке легких сплавов. Его выполняют измерением сопротивления холодных деталей, совмещенных, как при сварке, и сжатых заданным усилием.

2. КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССА СВАРКИ

Для контроля качества соединений в процессе сварки применяют следующие способы: внешний осмотр образцов и сварных узлов; разрушение образцов (технологическая проба); исследование макроструктуры металла сварных соединений на образцах; механические испытания образцов; измерение параметров режима; рентгеновское просвечивание образцов и сварных узлов; испытание на герметичность; выборочное разрушение узла (при приемке партии узлов).

Применение различных способов контроля и его объем определяют по степени ответственности сварных

соединений (узлов) и записывают в картах технологического процесса. На производстве для контроля качества сварных соединений широко используют периодические испытания и исследования технологических образцов, свариваемых в тех же условиях, что и детали. Для того чтобы по результатам контроля технологических образцов можно было судить о качестве сварных соединений узла, необходимо обеспечить идентичность металла, формы, размеров сварного шва, подготовки поверхности и режима сварки технологических образцов и деталей узла.

Внешний осмотр соединений проводят невооруженным глазом или через лупу 7—10-кратного увеличения. При осмотре проверяют расположение сварных точек и швов, форму и размеры вмятины от электродов (роликов), наличие наружных дефектов, зазоры между деталями.

Внешним осмотром соединений стыковой сварки выявляют дефекты геометрической формы (перекосы, смещения, укорочения), подгар поверхности, пережог металла стыка. После снятия заподлицо грата и усиления шва, полирования и травления могут быть выявлены трещины, окисные включения и местный непровар.

Размеры отпечатков от электродов (роликов) не могут служить объективным показателем качества сварного соединения. Однако изменение размеров отпечатков при неизменной настройке машины свидетельствует о нарушении процесса сварки (изменений рабочей поверхности электродов, параметров режима и т. п.) и о возможном изменении качества соединения. В этом случае сварку узла прекращают, сваривают технологический образец и подвергают его контролю.

Отпечатки сварных точек должны иметь круглую форму (допускается некоторая овальность), отпечатки шва — равномерную чешуйчатость. Если требуется, глубину вмятины от электродов измеряют индикатором часового типа. Нормальная глубина вмятины составляет 10—15% толщины деталей, а при сварке деталей неравной толщины может увеличиваться до 25%. На поверхности точек и швов не должно быть выплесков металла. Допустимы небольшие наружные выплески при шовой сварке деталей неравной толщины типа сильфонов с арматурой. При внешнем осмотре соединений рельефной сварки контролируют заполнение выштампованного

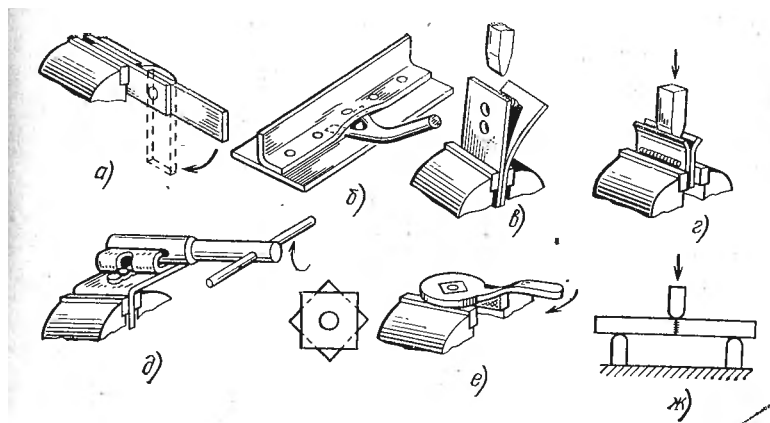


Рис. 42. Приемы технологической пробы

углубления рельефа. По степени его заполнения металлом можно судить о качестве соединения.

Качество соединений при подборе режима и в процессе сварки контролируют технологической пробой (разрушением образцов), позволяющей установить примерные размеры литой зоны (если она имеется) и характер разрушения соединения. Технологическую пробу для образцов точечных, рельефных и шовных соединений обычно выполняют в тисках с помощью зубила, молотка или специальных приспособлений (рис. 42). При этом разрушение соединения должно происходить по зоне термического влияния, основному (рис. 42, б—д) или литому металлу (при скручивании сварных точек, рис. 42, а, е).

При несквозном разрушении измеряют глубину впадины или высоту выступающей части металла соединения, и если она составляет не менее 30% толщины детали, то проплавление считается нормальным. Диаметр вырыва и ширина шва на разрушенных образцах должны быть не менее минимальных размеров литой зоны (см. табл. 1, 2). Следует отметить, что разрушение образцов соединений неравной толщины (при тонкой детали толщиной 0,1—0,5 мм) со сквозным вырывом еще не свидетельствует о наличии взаимной литой зоны, что может быть установлено только при металлографическом исследовании. Диаметр литого ядра, а также наличие выплесков, трещин и раковин можно определить

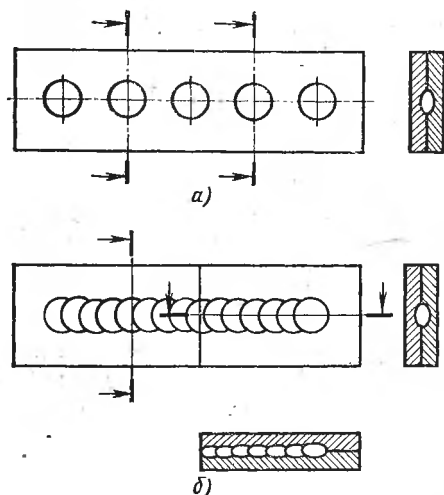


Рис. 43. Схемы вырезки шлифов из образцов

по излому после скручивания сварных точек. По технологической пробе можно также оценить степень пластичности сварного соединения (по углу поворота образца, хрупкому разрушению).

Технологическая проба образцов стыковой сварки при плоских заготовках проводится на изгиб (рис. 42, ж) до разрушения или на угол 180° . При разрушении осматривают поверхность излома

и сравнивают с эталоном. Трубчатые заготовки в месте стыка сплющивают ударами молотка или на прессе. Сварные заготовки инструмента (быстрорежущая сталь + углеродистая сталь) контролируют путем удара об угол массивной металлической плиты.

Металлографические исследования макроструктуры сварных соединений проводят на шлифах для определения размеров литой зоны и выявления внутренних дефектов. Для этой цели сварные образцы разрезают перпендикулярно по центру сварной точки (рис. 43, а) или поперек и вдоль шва (рис. 43, б).

Образцы из черных металлов удобно разрезать абразивным отрезным кругом, а из легких и цветных сплавов — ножовкой или высокооборотными дисковыми пилами. При вырезке шлифов следует избегать сильного нагрева и деформации металла. Шлифы обрабатывают напильником и шлифуют шкуркой или на абразивном круге с резиновой основой.

После шлифования на поверхность шлифа наносят раствор травителя и после выявления литой зоны соединения шлиф промывают водой и сушат. На полученном макрошлифе должна быть отчетливо видна граница между литым и основным металлом. На продольном

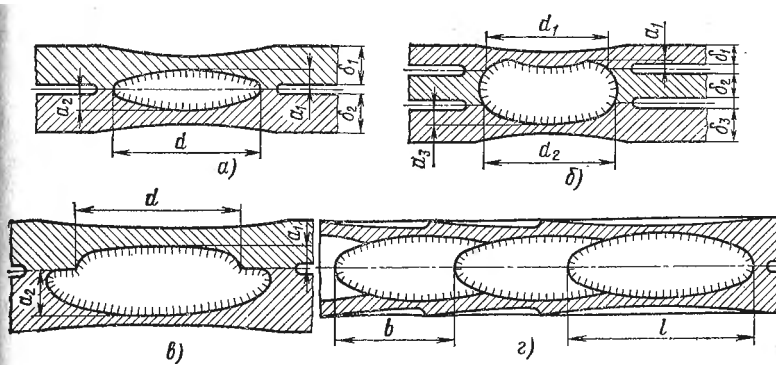


Рис. 44. Схемы определения на макрошлифе размеров литой зоны и перекрытия шва

шлифе сварного шва должно быть видно перекрытие литых зон.

Диаметр литого ядра точек или ширину литой зоны шва d определяют на макрошлифах по линии соединения (рис. 44, а). На образцах более двух свариваемых деталей d находят отдельно для каждой пары соединенных деталей (рис. 44, б). Для соединения разноименных металлов d определяют как наименьший диаметр литой зоны (рис. 44, в).

Проплавление A равно отношению расстояния от линии соединения до границы литой зоны a на макрошлифе к толщине детали δ . Проплавление вычисляют для каждой детали, входящей в соединение:

$$A_1 = \frac{a_1}{\delta_1} 100\%, \quad A_2 = \frac{a_2}{\delta_2} 100\%.$$

Для большинства металлов A должно быть в пределах 20—90%. При подборе режима сварки на технологических образцах рекомендуется иметь $A=40\div 70\%$. При сварке деталей неравной толщины проплавление A каждой детали должно быть не менее 20% толщины тонкой детали. При сварке трех и более деталей нормальным является сквозное проплавление средних деталей.

Величину перекрытия литых зон шва находят из выражения (рис. 44, г)

$$B = 1 - \frac{b}{l} 100\%,$$

где b — неперекрытая часть литой зоны (определяют на продольном макрошлифе в любом месте шва); l — длина последней литой зоны шва.

Перекрытие B герметичного сварного шва должно быть в пределах 25—50%. Если последняя литая зона шва на шлифе отсутствует, то точно определить перекрытие невозможно.

Размеры литой зоны сварных соединений на макрошлифах устанавливают в заводской лаборатории (при отработке нового режима) с помощью микроскопа, а в цеховых условиях в процессе сварки узлов — с помощью лупы 10-кратного увеличения.

Высокая и стабильная прочность является основным показателем качества сварных соединений. Прочность соединений, полученных точечной, рельефной и шовной сваркой, зависит от размеров литой зоны, свойств литого металла и зоны термического влияния. Наибольшее влияние на прочность точечных соединений оказывает диаметр литого ядра. Прочность соединений шовной сварки на срез (разрыв) мало зависит от ширины литой зоны, так как уже начиная с ширины литой зоны, равной 50—60% рекомендуемой (см. табл. 1), соединения разрушаются с разрывом основного металла в зоне термического влияния.

Для большинства металлов прочность соединений практически не зависит от жесткости режима сварки. Исключение составляют закалывающиеся стали, чувствительные к термическому циклу сварки. Прочность соединений, полученных без расплавления (Т-образная и в крест рельефная и стыковая сварка), существенно зависит от режима сварки.

Прочность соединений определяют по результатам механических испытаний образцов на срез (разрыв) и реже на отрыв (точечные соединения) и ударную вязкость (соединения стыковой сварки). Образцы испытывают на специальных разрывных машинах в лаборатории механических испытаний. Образцы для испытаний точек на срез (5—10 образцов) выполняют одноточечными шириной 15—40 мм и длиной 75—150 мм (каждая пластина) соответственно для металла толщиной 0,5—4 мм. Образцы для испытаний сварных швов на срез шириной 15—30 мм вырезают из жарт с длиной шва 250—300 мм.

При испытаниях на срез сварные точки разрушаются

как со срезом литого металла, так и с вырывом ядра (сквозным и несквозным) из основного металла. Со сквозным вырывом преимущественно разрушаются сварные точки на образцах пластичных металлов и малой толщины (0,3—0,8 мм). Однако четкого разграничения по характеру разрушения одноточечных образцов нет. Разрушение одноточечного образца по основному металлу свидетельствует о недостаточной ширине образца, и по нему нельзя судить о прочности точки. Образцы сварных швов при испытаниях на срез разрушаются только с разрывом по границе шва или по основному металлу. Срез шва свидетельствует о его малой ширине.

Для механических испытаний соединений стыковой сварки изготавливают стандартные образцы со стыком, расположенным в середине образца. Т-образные и крестообразные соединения рельефной сварки испытывают на разрыв в специальных приспособлениях.

Сварные соединения считают доброкачественными, если разрушающее усилие образцов не ниже минимально допустимого, которое устанавливают на 15—25% ниже средних показателей прочности (рис. 45). Механические испытания образцов обычно выполняют при отработке режима сварки нового металла, а также периодически в процессе сварки для проверки стабильности работы сварочного оборудования.

В связи с тем, что в большинстве случаев контактная сварка выполняется машиной автоматически, без вмешательства человека, качество соединений во многом зависит от стабильности установленных параметров режима сварки. В результате производственного опыта по контактной сварке допускаются следующие отклонения параметров режима (%):

Сила сварочного тока	±5
Длительность протекания тока	±5
Пауза между импульсами тока при шовной сварке	±5
Усилие:	
сварочное	±10
ковочное	±15

Большинство параметров режима сварки характеризуется кратковременностью действия, а сварочный ток — несинусоидальной формой, поэтому измерение и контроль параметров часто не могут быть выполнены стандартной аппаратурой. Для этой цели разработаны и применяются специальные приборы.

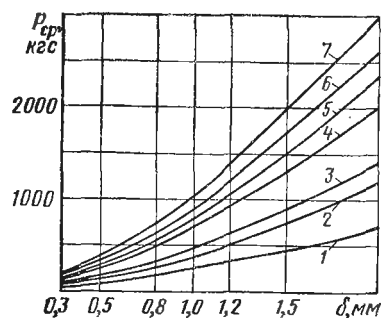


Рис. 45. Средние разрушающие усилия на срез сварных точек:
 1 — алюминиевый сплав Д16Т; 2 — латунь Л62; 3 — низкоуглеродистая сталь 08кп; 4 — коррозионно-стойкая сталь 12Х18Н10Т; 5 — титановый сплав ОТ4; 6 — жаропрочный сплав ХН77ТЮР (ЭИ437Б); 7 — сталь ВНС2

Для измерения действующего значения тока (машин переменного тока) и его амплитудного значения (низкочастотных, конденсаторных и машин постоянного тока) используют прибор АСУ-1м. Датчиком прибора (устройством, преобразовывающим ток в измеряемый сигнал) служит тороидальная катушка, которая надевается на токоведущую часть вторичного контура машин (электрододержатель, консоль). Прибор АСУ-1м позволяет измерять сварочные токи в пределах 2—200 кА.

Для наблюдения и регистрации быстроизменяющихся электрических сигналов (пропорциональных параметрам процесса сварки) используют электронные и светолучевые (шлейфовые) осциллографы. При этом изменение во времени исследуемого сигнала изображается в виде кривой, которая наблюдается на экране или записывается (регистрируется) на фотопленку или бумагу. Для наблюдения и регистрации параметров сварки применение находят электронные осциллографы С1-19Б и светолучевые осциллографы Н-102, Н-105 и Н-115. Осциллографы Н-105 и Н-115 записывают сигналы на специальной бумаге, не требующей мокрого проявления, что позволяет оперативно получать информацию об исследуемых параметрах.

С помощью осциллографов наблюдают и записывают кривые сварочного тока и усилия. Зная масштаб наблюдения или записи, можно определить длительность изменения и действия отдельных параметров режима, например длительность протекания сварочного тока или пауз при шовной сварке. Для контроля параметров процесса стыковой сварки применяют самопишущие приборы типа Н-320, в которых электрические сигналы

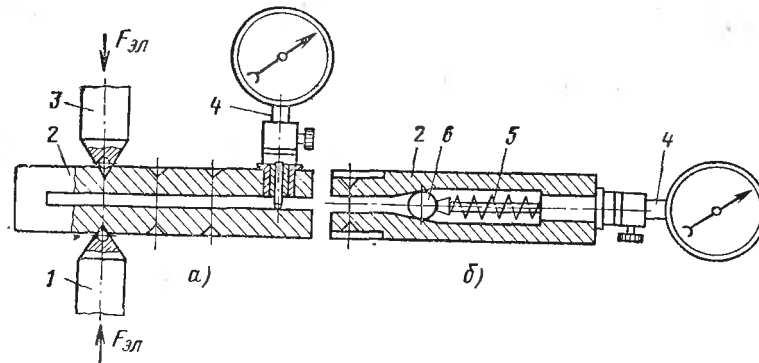


Рис. 46. Пружинные динамометры для измерения усилия электродов

регистрируются чернилами на бумаге. Осциллографы соединяются со сварочной машиной с помощью соответствующих датчиков (преобразователей) сварочного тока, усилия и т. п.

Для измерения статических усилий в машинах контактной сварки применяют динамометры различных типов. Наиболее распространены пружинные динамометры (рис. 46). Измеряемое усилие $F_{эл}$ определяется упругой деформацией пружины в виде скобы 2, которая фиксируется индикатором часового типа 4. Для измерения вместо электродов устанавливают вставки 1, 3 с шариком, входящим в углубления скобы (рис. 46, а). В зависимости от точки приложения усилия (дальше или ближе к оси индикатора) изменяется диапазон измеряемых усилий. На шовных машинах вставки с шариками закрепляются на роликах. Для измерения усилий на машинах с ограниченным подходом к электродам используют малогабаритный динамометр (рис. 46, б). Деформация скобы 2 передается шарiku 6 (поджтому пружинной 5), который перемещает ножку индикатора 4.

Каждый динамометр тарируют и составляют график, устанавливающий соответствие между показаниями индикатора и усилием $F_{эл}$.

При измерении быстро нарастающих усилий, например ковочного усилия, во избежание поломки индикатора рекомендуется несколько раньше приложения усилия отвести вверх ножку индикатора и опустить ее после нарастания $F_{эл}$.

Для измерения скорости шовной сварки между роликами помещают полосу металла известной длины и фиксируют время ее перемещения.

Периодичность контроля параметров режима сварки зависит от степени ответственности сварных узлов, типа сварочного оборудования и характера производства (опытное, серийное).

3. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Контроль сварных соединений без разрушения можно выполнять непосредственно при сварке деталей и на готовых сварных узлах. При сварке деталей для этой цели используют обобщающие параметры процесса, связанные с качеством сварных соединений (размерами литой зоны). В качестве таких параметров для контроля принципиально могут быть применены: температура зоны сварки, интенсивность прохождения ультразвуковых колебаний через зону сварки и тепловое расширение металла, которое проявляется в перемещении подвижного электрода машин в процессе образования соединения.

С размерами литой зоны соединений наиболее тесно связана температура металла в зоне сварки. Однако воспользоваться этим параметром для контроля практически невозможно из-за кратковременности нагрева и трудности расположения датчиков температуры. Вместо температуры можно использовать косвенную характеристику степени нагрева и деформации металла в зоне сварки — напряжение между электродами машины. Этот метод в ряде случаев достаточно эффективен.

При контроле точечной сварки с помощью ультразвуковых колебаний (УЗК) в одном из электродов машины установлен излучатель, в другом — приемник УЗК. В процессе образования зоны расплавления изменяется интенсивность прохождения УЗК через свариваемые детали. Степень затухания УЗК зависит от площади зоны расплавления металла (диаметра ядра). При достаточно большой зоне расплавления происходит почти полное затухание УЗК, при ядре малых размеров — частичное. Степень изменения прохождения УЗК через зону сварки контролируется соответствующей аппаратурой. Имеются практические данные о возможности контроля с применением УЗК точечной сварки сталей

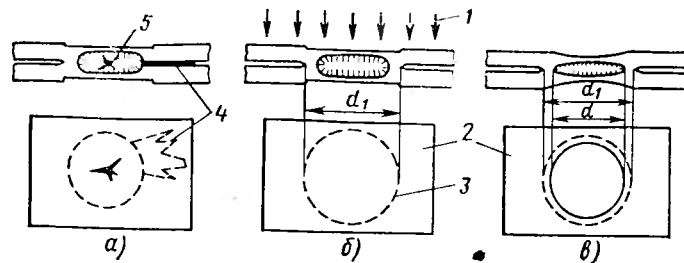


Рис. 47. Схемы рентгеновского просвечивания сварных соединений:

1 — рентгеновские лучи; 2 — рентгенограмма; 3 — диаметр отпечатка пояски; 4 — выплеск; 5 — трещина

толщиной 0,5—1,5 мм и алюминиевых сплавов толщиной 1,2—2 мм.

В процессе точечной и шовной сварки при нагреве и расплавлении металл, находящийся между электродами, увеличивается в объеме и перемещает подвижный электрод (ползун привода усилия) сварочной машины относительно корпуса привода усилия. Величина этого перемещения зависит от размеров получаемой литой зоны соединения. При определенных требованиях к конструкции сварочной машины и режимам сварки контроль по тепловому расширению металла может быть применен для деталей толщиной 1 мм и более.

Контроль размеров литой зоны при точечной сварке может быть осуществлен путем одновременного измерения нескольких параметров процесса сварки (тока, напряжения между электродами, усилия) и соответствующих математических расчетов, выполняемых электронно-вычислительной машиной по специальной программе. Эта программа позволяет получить экспериментальную зависимость размеров литой зоны от измеряемых параметров процесса сварки. Результаты контроля — диаметр литого ядра и проплавление, а также параметры режима фиксируются на световом табло прибора.

Рентгеновское просвечивание применяют для выявления внутренних дефектов сварных соединений: пор, раковин, трещин, выплесков. Возможность их обнаружения объясняется тем, что несплошности металла лучше пропускают рентгеновские лучи, чем сплошной металл, дефекты выявляются на снимке как более темные места (рис. 47, а).

Рентгеновское просвечивание для большинства металлов не позволяет установить наличие литой зоны сварных соединений, так как коэффициенты ослабления рентгеновских лучей литого и основного металлов практически одинаковы. Поэтому на рентгеновском снимке граница литого ядра не выявляется, а видимый кругшой контрастности связан со вмятиной от электродов и пластическим пояском точки d_1 (рис. 47, б). Однако имеются металлы (Д16, В95, МА2), у которых в результате сварки металл литой зоны неоднороден по химическому составу. Это приводит к неодинаковому ослаблению рентгеновских лучей различными участками литого ядра. При сварке, например, алюминиевого сплава Д16 вследствие обеднения периферии литого ядра медью и обогащения ее алюминием рентгеновские лучи ослабляются меньше на периферии, чем на других участках ядра, и на рентгенограмме наблюдается темное кольцо по границе литого ядра точки (рис. 47, в).

Можно также искусственно вызвать химическую неоднородность металла зоны сварки, введя предварительно в нахлестку соединения рентгеноконтрастный материал (РКМ), имеющий высокий коэффициент ослабления рентгеновских лучей. РКМ в виде суспензии порошка вольфрама или прокладки — фольги толщиной 0,1—0,2 мм вводят в нахлестку при сборке деталей. При расплавлении металла в ядре порошок вольфрама перемещается на периферию. При просвечивании на рентгенограмме видно светлое кольцо, соответствующее диаметру литого ядра. Если литое ядро не образовалось, то порошок равномерно распределен в нахлестке и светлого кольца нет. При наличии литой зоны сварные соединения с РКМ в виде прокладки также дают на рентгенограмме характерную светотеневую картину. При контроле с использованием РКМ повышается трудоемкость изготовления сварного узла, поэтому применение его рекомендуется только для ответственных соединений. При контроле ответственных сварных соединений рентгеновскому просвечиванию подвергают технологические образцы и готовые сварные узлы.

Перспективным является контроль соединений точечной и шовной сварки с использованием электромагнитного метода, основанного на измерении электропроводности металла зоны сварки. Исследованиями установлено, что электропроводность литого металла на 10—

15% ниже электропроводности основного металла. Для контроля на поверхность сварной точки одной из деталей устанавливают датчик (катушку с ферромагнитным сердечником). В зависимости от электропроводности металла зоны сварки изменяется полное сопротивление катушки, которое измеряется специальной аппаратурой со стрелочным прибором. В настоящее время освоен контроль электромагнитным методом точечных сварных соединений алюминиевых сплавов при толщине деталей 0,8—2 мм.

В качестве неразрушающих методов контроля на производстве используют испытания сварных узлов и готовых изделий в условиях, превышающих эксплуатационные (более высокие нагрузки, давление, вибрации, температура), но не приводящих к разрушению сварных соединений. Например, баки и емкости, выполненные с применением шовной сварки, испытывают при давлениях, превышающих рабочие давления на 30—50% (условия испытаний указывают в ТУ на сварной узел). Такие испытания позволяют одновременно контролировать прочность сварных швов и герметичность соединений. Испытания давлением целесообразно сочетать с вибрацией или нагружением узла, чтобы выявить соединения с непроваром в виде склейки. При испытаниях узлов повышенным давлением должны быть приняты соответствующие меры безопасности для обслуживающего персонала, особенно при использовании для этой цели воздуха.

Качество соединений стыковой сварки кольцевых заготовок контролируют в процессе их калибровки растяжением для придания им правильной формы.

Герметичность сварных соединений контролируют в тех случаях, когда они разделяют полости узла с различными жидкостями и газами или давлениями. Трудностью и особенностью испытаний на герметичность нахлесточных соединений шовной сварки является недоступность для наблюдения шва под нахлесткой, в результате чего из-за плотного прилегания двух деталей около несплошности (течи) возможны ошибки в обнаружении и фиксировании дефектного места (обычно в стороне от дефекта). Основными дефектами, нарушающими герметичность сварных швов, являются: недостаточные размеры и малое перекрытие литых зон, внутренние и наружные выплески; прожоги.

Испытания швов на герметичность выполняют керосиново-меловой пробой. На поверхность и торцы нахлестки деталей наносят водный раствор мела и сушат, после чего шов с обратной стороны обильно промазывают керосином. Проникновение керосина через нахлестку — появление темных пятен на меловой пленке — свидетельствует о негерметичности участка шва. Для лучшего выявления негерметичности в керосин добавляют специальную краску.

Емкости также испытывают на герметичность погружением в воду с созданием внутри избыточного давления воздуха.

Наибольшей чувствительностью к обнаружению негерметичности сварных швов обладают специальные теческатели, например гелиевые, которые используют для контроля ответственных сварных узлов и изделий.

В производстве ответственных сварных узлов применяют испытания разрушением (нагрузением или давлением), которым подвергают один узел из партии. Полученные результаты служат основанием для приемки всей партии. Из разрушенных узлов вырезают образцы сварных швов и контролируют на макрошлифах размеры литой зоны соединений. Результаты контроля используют для совершенствования технологии изготовления сварных узлов.

**1. НАЛАДКА МАШИНЫ И УСТАНОВКА
РЕЖИМА СВАРКИ**

Наладка сварочного оборудования является одной из важнейших операций технологического процесса, от правильности выполнения которой зависит качество сварки. К наладке следует приступать только в том случае, когда есть полная гарантия, что машина находится в исправном состоянии.

Началом работы является механическая наладка. Не включая машины в электрическую сеть, подают сжатый воздух в пневмосистему. Регулятором давления воздуха (редуктором) устанавливают небольшое усилие (20—30% номинального); верхний электрод при этом должен подняться. Затем в зависимости от размеров и формы свариваемых деталей (по чертежу или натуре) регулируют размеры рабочего пространства (вылет, раствор) машины, которые с целью экономии установочной мощности желательно выбирать минимальными. Следует помнить, что с увеличением рабочего пространства снижается возможный сварочный ток машины. В машинах шовной сварки вылет и раствор обычно не регулируют.

Вылет точечной машины регулируют перемещением консолей (см. рис. 24), раствор — вертикальным перемещением (перестановкой) нижнего кронштейна. Во избежание больших прогибов и поломки сварку на машине со снятым откосом нижнего кронштейна можно выполнять при усилиях до 40—50% номинального (указано в паспорте машины).

После регулировки рабочего пространства устанавливают электроды, необходимые для выполнения сварки узла.

Затем приступают к регулировке положения электрододержателей по высоте (положения плоскости сварки). От рабочей длины электрододержателей зависит взаимное смещение вертикальных осей электродов в горизонтальной плоскости в процессе сварки, а следовательно,

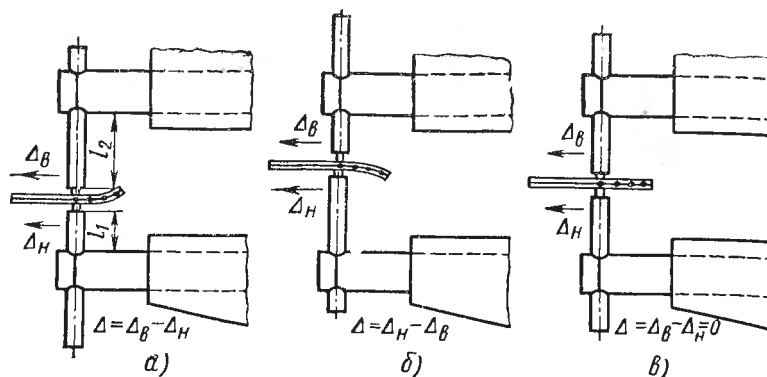


Рис. 48. Устранение сдвига осей электродов при точечной сварке

деформации и коробления свариваемых деталей. При разной рабочей длине электрододержателей l_1 и l_2 и различных жесткостях верхнего и нижнего кронштейнов при сварке возникают смещения осей электрододержателей Δ_B и Δ_H от вертикального положения (рис. 48, а). Взаимное смещение электродов Δ вызывает сдвиг верхней детали относительно нижней и их коробление. При изменении рабочей длины электрододержателей направление коробления деталей также изменяется (рис. 48, б). Регулировкой добиваются равенства Δ_B и Δ_H и отсутствия коробления деталей (рис. 48, в).

В шовных машинах жесткость нижнего кронштейна обычно ниже, чем верхнего, что при сварке вызывает его прогиб на угол α вниз относительно горизонтального положения (рис. 49, а). Это ведет к короблению свариваемых деталей, характерному смещению чешуек шва и подрезу металла на поверхности (рис. 49, б). Для устранения этого нежелательного явления рекомендуется нижний кронштейн машины устанавливать под некоторым углом α вверх относительно горизонтального положения (рис. 49, в). Изменение положения нижнего кронштейна достигается ослаблением болтов, крепящих кронштейн к корпусу, постановкой прокладок нужной толщины и затяжкой болтов.

Одновременно с регулировкой рабочей длины электрододержателей точечных машин добиваются совмещения вертикальных осей и рабочих поверхностей электродов. Для этого ослабляют затяжку болтов, крепящих

консоли, так, чтобы последние могли перемещаться в горизонтальном направлении. Оси совмещают с помощью втулки или двух призм, в которых устанавливают оба электрододержателя. После совмещения осей электродов закрепляют положение консолей. Если при сварке обнаружено несовпадение или взаимный сдвиг осей, то выполняют соответствующую повторную регулировку.

Совмещение вертикальных осей роликов выполняют перемещением нижней электродной части в кронштейне машины. Если ролики одинаковой толщины, то их взаимное положение контролируют при действии усилия с помощью линейки, прижатой к торцу одного из роликов.

При механической наладке машин для рельефной сварки регулируют высоту нижнего кронштейна и параллельность поверхностей контактных плит (электродов). Параллельности добиваются установкой прокладок не в электрических контактах плит с токоведущими элементами вторичного контура, например в месте крепления нижнего кронштейна к корпусу машины. Окончательную проверку параллельности выполняют по отпечаткам, полученным с помощью чистой и копировальной бумаги, помещенной между сжатыми рабочими поверхностями электродов (плит).

Расстояние между электродами при точечной сварке устанавливают равным 8—12 мм при толщине деталей до 2 мм. При большей толщине деталей расстояние между электродами соответственно увеличивают. При наладке машины следует различать расстояние между электродами l_3 и возможный рабочий ход привода l_p

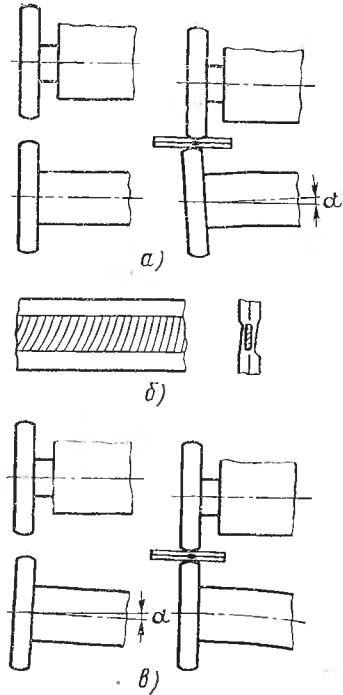


Рис. 49. Устранение сдвига роликов при шовной сварке

(см. рис. 19, а), который всегда должен быть на 8—10 мм больше, чем l_3 . Если $l_p \leq l_3$, то при износе электродов увеличится l_3 , поршень 2 упрется в дно цилиндра 4 и усилие будет отсутствовать. Для регулировки l_p и l_3 с помощью крана 8 обеспечивают дополнительный ход верхнего электрода вверх и вращают гайку 5, а затем поворотом крана 8 возвращают верхний электрод в рабочее положение. Если регулировкой l_p не удастся установить нужное l_3 , то изменяют рабочую длину электрододержателей.

В машинах рельефной сварки расстояние между контактными плитами регулируют так же, как в точечных машинах, а при необходимости большего расстояния опускают нижний кронштейн. В машинах шовной сварки специальную регулировку расстояния между роликами не делают. При этом необходимо следить за тем, чтобы исходное расстояние между роликами (верхний ролик поднят) было не больше рабочего хода привода. В точечных, рельефных и шовных машинах с приводом дополнительного хода от электродвигателя расстояние l_3 регулируют с помощью последнего.

В машинах стыковой сварки устанавливают начальное (с припуском на оплавление и осадку) и конечное (после осадки) расстояния между подвижной и неподвижной плитами. Для этого регулируют положение электродов и ход подвижной плиты. В машинах с ручным рычажным приводом конечное расстояние должно быть равным установочной длине деталей с вычетом припусков на оплавление и осадку. После установки конечного расстояния между электродами по регулируемому упору отводят подвижную плиту рычагом до положения, соответствующего установочной длине деталей, и это положение рычага фиксируют упором. Регулировку взаимного положения осей губок (центровку) выполняют путем зажима и совмещения свариваемых деталей или с помощью шаблонов и калибров. Вначале клином регулируют вертикальное положение правой губки, а затем призматическими прижимными планками — горизонтальное.

В стыковых машинах с электромеханическим приводом и кулачковым механизмом подачи при установке губок следует учитывать начальное и конечное положения кулачка. Начальное расстояние между плитами, равное установочной длине деталей, необходимо увеличить

на 1—1,5 мм для того, чтобы свариваемые детали вошли в соприкосновение лишь после начала вращения кулачка, что обеспечит возбуждение процесса оплавления. В машинах с гидравлическим приводом начальное и конечное расстояния между неподвижной и подвижной плитами изменяются регулировкой положения плунжера золотника, управляющего приводом.

После указанных операций на машину подают питание от электрической сети и охлаждающую воду. Машину считают готовой к работе, когда прогреются лампы регулятора времени и прерывателя (если имеется). Аппаратура управления на полупроводниковых логических элементах готова к работе сразу после включения. Соответствующим переключателем на машине или панели аппаратуры управления устанавливают цикл работы без включения тока. Если этого сделать нельзя, то из переключателя ступеней вынимают контактные ножи. Во избежание повреждения рабочей поверхности электродов при создании усилия между ними устанавливают металлическую пластинку толщиной 1—2 мм.

Установив на панели регулятор времени длительности интервалов цикла сварки (см. рис. 18), нажимают педаль точечной машины. С нажатием педали верхний электрод должен опуститься на пластинку с легким ударом и через некоторое время подняться без удара. Если имеют место удары, то их устраняют регулировкой дросселирующих клапанов 7 и 14 (см. рис. 19, а), тормозящих выход воздуха из нижней (при опускании) и средней (при подъеме) камер цилиндра пневмопривода. Аналогичную регулировку дросселей (если необходимо) выполняют на рельефных и шовных машинах.

Затем устанавливают первую ступень трансформатора машины и включают цикл сварки. Сварочный ток должен включаться после создания усилия и выключаться до его снятия. Моменты включения и выключения тока можно установить по вибрации элементов вторичного контура (на слух или ощупь), а также с помощью легкой стальной пластинки, внесенной в контур машины. При необходимости производят соответствующую регулировку длительности интервалов цикла «Сжатие» $t_{сж}$ и «Проковка» $t_{пр}$ (см. рис. 18) на панели регулятора времени (РВЭ-7, РЦС-403 и т. п.) Минимальные значения $t_{сж}$ и $t_{пр}$ при которых ток включается при установившемся усилии и выключается до его снятия, обеспе-

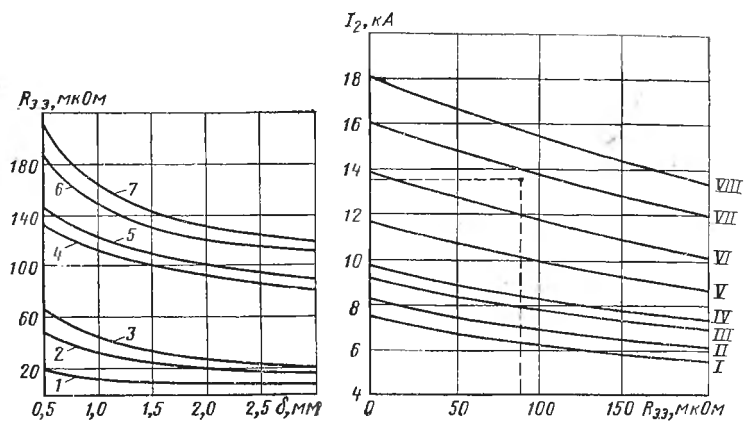


Рис. 50. Значение R_{33} для различных металлов:

1 — сплав Д16Т; 2 — латунь Л62; 3 — бронза Бр. Б2; 4 — сталь 08кп; 5 — сталь 30ХГСА; 6 — сталь 12Х18Н10Т; 7 — сплав ОТ4

Рис. 51. Определение сварочного тока по нагрузочной характеристике машины МТ-1223; I—VIII — ступени трансформатора

чивают максимальную производительность машины при заданных длительности тока $t_{св}$ и расстоянии между верхним электродом и свариваемыми деталями. Увеличение минимальных значений $t_{сж}$ и $t_{пр}$ не влияет на процесс сварки, а лишь снижает производительность.

При установке параметров режима сварки пользуются таблицами ориентировочных режимов, которые разработаны для основных групп металлов, встречающихся на практике. Если необходимо сваривать новый металл, то, зная его основные свойства (электропроводность, жаропрочность, температуру плавления), всегда можно найти группу металлов с близкими свойствами, для которой известен режим сварки. Режим сварки устанавливают (настраивают) на технологических образцах (см. рис. 43). Нахождение оптимального (удовлетворяющего требованиям качества и стабильности) режима сварки является наиболее сложной операцией, которую должны выполнять наладчики или сварщики высокой квалификации. На машинах различных типов установка режима имеет свои особенности. Можно предложить следующий общий порядок выполнения этой операции.

На машине с помощью редуктора устанавливают усилие электродов $F_{св}$, а на панели регулятора цикла сварки — длительность протекания тока $t_{св}$ (по таблицам режимов или практическому опыту). Наибольшие затруднения возникают при установке необходимой силы тока $I_{св}$. Дело состоит в том, что $I_{св}$ при данной ступени трансформатора и положении регулятора «Нагрев» зависит от сопротивления свариваемых деталей $R_{э.э}$ (участок электрод—электрод) и нагрузочной характеристики данной машины. На рис. 50 приведены значения $R_{э.э}$ при точечной сварке разных металлов в зависимости от их толщины. Значения $R_{э.э}$ при шовной сварке герметичным швом составляют $(0,6—0,8)R_{э.э}$ при точечной сварке для тех же металлов и толщин деталей.

Если известны $I_{св}$ (из таблиц) и $R_{э.э}$, то необходимую ступень машины можно найти по нагрузочной характеристике, которая прилагается к паспорту машины (рис. 51). Например, точечную сварку низкоуглеродистой стали 08кп толщиной 2+2 мм ($R_{э.э} \approx 90$ мкОм, см. рис. 50) при $I_{св} = 13,5$ кА (см. табл. 12) выполняют на VII ступени машины МТ-1223 с некоторым снижением тока регулятором «Нагрев». Если для точного определения ступени машины данных недостаточно, то устанавливают заведомо меньший ток и затем постепенно повышают его до получения соединений (литой зоны) требуемых размеров (см. табл. 1,2). Установка $I_{св}$ переключением ступеней машины рекомендуется при среднем положении регулятора «Нагрев» РЦС или прерывателя. Окончательную настройку $I_{св}$ выполняют регулятором «Нагрев».

Если при установленных $t_{св}$ и $F_{св}$ не удается получить литой зоны необходимых размеров из-за выплесков металла, то увеличивают $t_{св}$ или $F_{св}$, а затем повышают $I_{св}$. Для получения устойчивого режима без опасности выплеска максимальный диаметр литого ядра, при котором начинаются выплески, должен быть на 10—15% больше требуемого номинального диаметра d (обычно среднего в пределах, указанных в табл. 1,2 для данной толщины деталей). Размеры литой зоны контролируют по технологической пробе и макрошлифам.

Следует отметить, что настройка режима сварки на точечных машинах переменного тока с регуляторами времени РВЭ-7 и РЦ-4 затруднена, так как невозмож-

но плавное регулирование $I_{св}$ из-за отсутствия регулятора «Нагрев». Особенно это относится к режимам сварки деталей относительно небольшой толщины (менее 0,8 мм) из металлов с высоким $R_{0,2}$ (коррозионно-стойкие стали, сплавы титана). В таких случаях окончательную подстройку режима приходится выполнять регулировкой в небольших пределах $t_{св}$ и $F_{св}$.

На точечных конденсаторных машинах при определении режима первоначально устанавливают $F_{св}$, коэффициент трансформации k и емкость конденсаторов C (из таблиц режимов). После этого регулируют напряжение конденсаторов (при этом изменяется амплитуда сварочного тока $I_{св.м}$) до получения необходимой литой зоны соединений. Если не удастся получить требуемый d , то увеличивают $F_{св}$ или длительность импульса тока $t_{м}$ (см. рис. 29, б—г).

При шовной сварке порядок установки режима в основном такой же как при точечной (рельефной с расплавлением) сварке. Однако сначала необходимо получить на машине требуемый шаг литых зон шва $t_{ш} = (0,4 \div 0,5)d$ (для герметичного шва). Шаг $t_{ш}$ зависит от трех параметров: скорости сварки v , длительности $t_{св}$ и $t_{п}$. Шаг $t_{ш}$ измеряют штангенциркулем или линейкой на технологическом образце или одной пластине любого металла по отпечаткам роликов (чешуйкам) на поверхности шва при установке рекомендованных $t_{св}$, $t_{п}$, $F_{св}$ и пониженном $I_{св}$. Необходимый $t_{ш}$ получают, регулируя соответствующим образом $t_{п}$ и v . После получения $t_{ш}$ режим выбирают так же, как при точечной сварке.

При установке режима точечной сварки с термической обработкой в электродах машины сначала получают литое ядро номинальных размеров (без включения тока отпуска), затем включают дополнительный ток и, регулируя его силу, длительность и паузу добиваются получения сварных точек с заданными механическими свойствами (прочностью, пластичностью).

При отработке режимов сварки ферромагнитных металлов следует учитывать, что ток, установленный при сварке технологических образцов, может значительно снизиться при внесении во вторичный контур машины свариваемых деталей. Для получения сварных соединений постоянных размеров необходимо поддерживать постоянной силу тока (по измерительному прибору) или

использовать опытную зависимость положения регулятора «Нагрев» от положения свариваемых деталей в контуре машины.

При установке режима сварки не следует одновременно изменять более одного параметра, не проконтролировав размеры сварных соединений. Причем, изменяя какой-либо параметр режима, необходимо знать, как это отразится на размерах литой зоны (рис. 52).

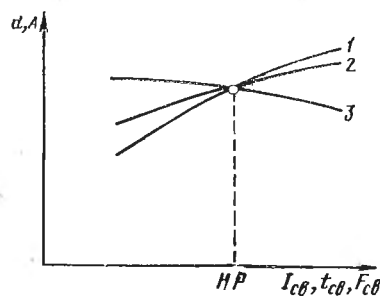


Рис. 52. Общий характер зависимости размеров литой зоны от изменений $I_{св}$ (1), $t_{св}$ (2), $F_{св}$ (3)

Установленные при подборе режима параметры могут колебаться в некоторых пределах, указанных выше. Для выяснения влияния возможных колебаний параметров на размеры литой зоны рекомендуется проверять номинальный режим (НР) сварки на устойчивость путем изменения $I_{св}$, $t_{св}$, $F_{св}$ (каждого в отдельности) в некоторых пределах (соответственно ± 5 , ± 10 и $\pm 10\%$). При этом размеры литой зоны соединений должны быть не менее заданных минимальных значений и не должно быть выплесков металла. Если при переходе от сварки одиночных точек к сварке ряда точек с заданной производительностью наблюдаются выплески, то это свидетельствует о снижении давления воздуха (контролируют по манометру), а следовательно, и усилия. Для устранения указанного дефекта необходимо снизить производительность сварки, увеличивая $t_{сж}$, $t_{пр}$ и $t_{п}$ (при автоматической работе), или несколько повысить установленное давление воздуха редуктором.

Выбор параметров режима стыковой сварки начинают с усилия зажатия деталей, которое должно исключать проскальзывание деталей при сварке и обеспечивать надежный электрический контакт между губками и деталями. Если сварка выполняется с упором деталей, то усилие зажатия должно создавать только электрический контакт. Усилие зажатия следует проверять при сварке деталей, так как при проверке на холодных деталях возможна перегрузка привода осадки.

При стыковой сварке сопротивлением выбор пара-

метров режима начинают с установки усилия осадки (например, степенью сжатия пружины). Затем после установки рекомендованной длительности $t_{св}$ регулируют силу тока до получения качественных сварных соединений с нормальным количеством деформированного металла в зоне стыка.

На стыковых машинах с ручным приводом скорости оплавления и осадки, а также усилие осадки в процессе сварки регулирует сварщик. Сближением деталей сварщик вызывает процесс оплавления и, не прекращая его, должен постепенно увеличивать скорость подачи подвижного зажима. При недостаточной скорости оплавления процесс прекращается, детали охлаждаются и требуется вновь возбуждать оплавление. При большой скорости оплавления процесс также прекращается, детали касаются одна другой торцами и происходит сварка сопротивлением. При нормальном оплавлении сварщик, не останавливая подвижного зажима, производит осадку со скоростью, в 12—15 раз большей скорости оплавления.

Вся осадка включает процессы сжатия деталей под током и без тока, который выключается концевым выключателем при перемещении подвижного зажима машины. Концевой выключатель тока настраивают таким образом, чтобы осадка без тока составляла около $\frac{1}{3}$ всей величины осадки. От соотношения между длительностями осадки под током и без тока зависит качество сварных соединений.

В стыковых машинах с электромеханическим приводом подвижного зажима момент выключения тока при осадке определяется профилем кулачка, сидящего на одной оси с кулачком подачи и осадки. Скорости оплавления и осадки регулируются вариатором скорости. Скорость оплавления подбирают по интенсивности искрообразования, которая постепенно усиливается и к концу оплавления достигает максимума.

После получения на установленном режиме сварки требуемых размеров и качества соединений, которые контролируются в соответствии с рекомендациями, приведенными в гл. V, можно приступать к сварке деталей.

Если отрабатывается новый режим сварки, то рекомендуется первый сварной узел разрушить для контроля качества сварки и определения влияния на него конст-

руктивных особенностей узла (кривизны, зазоров, шунтирования тока, теплоотвода, деформаций и т. п.). При необходимости режим сварки корректируют.

В процессе работы машины сварщик обязан наблюдать: за правильностью расположения и внешним видом точек и швов; за положением деталей относительно электродов и роликов, не допуская перекосов и искажения формы узла, а также соприкосновения деталей с токоведущими элементами вторичного контура; за состоянием и чистотой рабочей поверхности электродов (роликов); за стабильностью работы машины (на слух и по приборам); за интенсивностью охлаждения вторичного контура, электродов (роликов) и свариваемых деталей.

Если обнаружены глубокие вмятины, подрезы, трещины, непровары, выплески или другие дефекты, сварку следует прекратить и выяснить причину их появления. Сварку можно продолжить только после устранения причин образования дефектов.

При шовной сварке рекомендуется выполнение шва за один проход. При обрыве шва сварку продолжают за три—пять точек до места обрыва. Замыкание кольцевых и круговых швов следует выполнять с перекрытием не менее чем пятью точками.

Крупногабаритные узлы малой жесткости рекомендуется сваривать с использованием столов, рольгангов, стеллажей, опор и других приспособлений. Конструкция приспособлений должна предотвращать искажение формы свариваемых деталей (перекосы, провисание, скручивание).

Для уменьшения коробления узлов при сварке рекомендуется применять жесткие режимы с интенсивным охлаждением электродов, роликов и деталей; использовать по возможности электроды и ролики с одинаковыми рабочими поверхностями; следить, чтобы взаимное смещение электродов в процессе сварки было минимальным.

2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

При эксплуатации машин контактной сварки необходимо систематическое наблюдение и уход за механизмами и электрооборудованием.

Работа механизмов приводов усилия (осадки), перемещения и дополнительного хода существенно зависит от смазки подвижных частей. Направляющие ползуна штока и подвижной плиты необходимо регулярно смазывать техническим вазелином или тавотом через маслоприемные отверстия с шариковыми клапанами и тавотницами. В редукторы привода вращения роликов заливают машинное масло. Открытые зубчатые передачи смазывают тавотом или техническим вазелином. В маслораспылители (лубликаторы) для смазки пневмосистемы машины заливают техническое касторовое масло рафинированное 1-го сорта (ГОСТ 6757—73) или турбинное масло 22 (ГОСТ 32—74). Другие сорта масла применять не следует во избежание разбухания и выхода из строя резиновых манжет и уплотнений. Масло должно быть профильтровано и храниться в чистой закрытой посуде. Маслораспылитель регулируется игольчатым клапаном так, чтобы за каждые 10—15 ходов привода поступали 1—2 капли масла. Внутри пневмоцилиндра, на верх поршня, рекомендуется заливать 50—100 г технического касторового или турбинного масла.

Скользящие токопередающие контакты шовных машин не реже одного раза в смену смазывают графитокасторовой смазкой с помощью пресс-масленки. Смазку готовят из 25—30% чистого графита марки П (ГОСТ 8295—73) и 75—70% технического касторового масла рафинированного 1-го сорта. Графит не должен иметь металлических и других включений, которые могут повредить подвижные контакты.

Номинальный сварочный ток обеспечивается машиной только при определенном сопротивлении $R_{2п}$ вторичного контура постоянному току, поэтому необходимо периодически контролировать величину $R_{2п}$ специальными приборами, предназначенными для измерения малых сопротивлений, например микроомметрами М-246 или Ф-415. Величина $R_{2п}$ не должна отличаться от приведенных в паспорте значений более чем на 20% для машин переменного тока и на 10% для всех других типов машин. При увеличении $R_{2п}$ выше допустимых пределов измеряют сопротивление отдельных неподвижных и подвижных контактов вторичного контура. Нормальное сопротивление неподвижных контактов в среднем составляет 1—2 мкОм, подвижных — 2—3 мкОм. Неподвижные контакты с повышенным $R_{2п}$ (вследствие

ослабления затяжки и окисления) разбирают и зачищают или шабруют, подвижные контакты заправляют графито-касторовой смазкой.

При работе машин возможны переменные нагрузки и вибрация, поэтому следует периодически проверять и подтягивать болтовые соединения вторичного контура, кронштейнов, консолей, электродержателей, а также сварочного трансформатора (при снятии напряжения). Необходимо также следить, чтобы не было зазоров в направляющих и элементах подачи подвижной плиты (в стыковых машинах). При обнаружении зазоров в электромеханическом приводе должны быть заменены шестерни, валики и втулки в шарнирных соединениях, а также изношенные шпонки.

В гидро- и пневмосистемах проверяют плотность соединений и надежность крепления резиновых шлангов и рукавов высокого давления. Уровни масла в пневмогидравлическом и гидравлическом приводах должны соответствовать контрольным отметкам. Водяное охлаждение машины проверяют периодически, наблюдая за прохождением воды по всем ветвям системы и герметичностью соединений. Если вода не проходит по отдельным частям системы, то их продувают сжатым воздухом. Вода может плохо проходить из-за засорения струйных гидрореле типа РГС, имеющих относительно небольшое отверстие выходного штуцера. Штуцер вывертывают из корпуса гидрореле и прочищают. Отверстие выходного штуцера нельзя увеличивать, так как при этом нарушится нормальная работа реле.

Для нормальной работы пневмосистемы машины необходимо перед началом смены (утром) спускать воду из отстойников (рессиверов) и пылевлагоотделителей. При проверке работы регуляторов давления (редукторов) поворачивают регулировочный винт против часовой стрелки до его свободного хода и подают воздух в пневмосистему машины. Если редуктор исправен, то манометр на нем не должен показывать давление. Если же после подачи воздуха манометр показывает давление, то это свидетельствует либо о неисправности редуктора, либо о нарушении герметичности резиновых уплотнений поршня в пневмоцилиндре; в машинах с пневмодиафрагменным приводом — о нарушении герметичности резиновой диафрагмы. Иногда манометр показывает давление вследствие попадания под тарельчатый кла-

пан редуктора грязи или каких-либо частиц вместе с сжатым воздухом. Поворачивая регулировочный винт редуктора по часовой стрелке, проверяют его работу; после резкого поворота винта стрелка манометра должна останавливаться через 2—3 с.

У стыковых машин для сварки оплавлением необходимо периодически очищать от брызг расплавленного металла токоподводы вторичного контура и сварочный трансформатор.

Для проверки соответствия параметров машины паспортным данным, а также стабильности параметров в процессе эксплуатации, машины, предназначенные для сварки ответственных соединений, должны быть аттестованы. Аттестацию проводят периодически (раз в год) при пуске машины и после ее капитального ремонта. При аттестации составляют паспорт и свидетельство, разрешающее эксплуатацию машины при сварке определенных металлов в узлах с различными требованиями к качеству соединений.

Паспортизация — это определение электрических и механических параметров машины. Для заполнения свидетельства, разрешающего эксплуатацию машины, сваривают технологические образцы, толщина и марка материала которых заранее установлены для данной машины, и контролируют качество сварки. Если последнее удовлетворяет необходимым требованиям, то эксплуатация машины разрешается.

При эксплуатации особое внимание следует обращать на состояние электродов, роликов и губок машин и, в частности, их форму и размеры рабочей поверхности. Следует различать зачистку и переточку — восстановление изношенной рабочей поверхности. Зачистку электродов выполняют непосредственно в сварочной машине. Для переточки электроды с машины снимают и обрабатывают на токарном (фрезерном) станке.

При зачистке с рабочей поверхности электродов снимают малый слой окисленного и загрязненного металла. Электроды с плоской рабочей поверхностью зачищают личным напильником или абразивным полотном. При этом необходимо следить за параллельностью поверхностей обоих электродов. Электроды и ролики со сферической поверхностью зачищают абразивным полотном на резиновой пластине толщиной 15—20 мм. Для зачистки электродов точечных машин эту пластину по-

мещают между электродами, сжимают небольшим усилием (обычно за счет установки расстояния между электродами несколько меньшего, чем толщина пластины) и вручную вращают ее вокруг оси электродов. После этого рабочую поверхность электродов протирают чистой тканью. Поверхность роликов с наружным водяным охлаждением после зачистки промывают водой. Квалифицированному сварщику разрешается сферическую рабочую поверхность электродов зачищать (восстанавливать) с помощью напильника: можно рекомендовать специальные напильники с вогнутой поверхностью.

Необходимость зачистки и восстановления сварщик определяет визуально по степени загрязнения и износа рабочей поверхности. При сварке черных металлов с чистой поверхностью без зачистки и восстановления можно сварить большое число точек (до 5000), а при сварке легких сплавов очень быстро загрязняются поверхности электродов (от 10—15 до нескольких сотен точек). При шовной сварке легких сплавов поверхности роликов зачищают через один-два оборота ролика. Интенсивность загрязнения рабочей поверхности электродов (роликов) зависит от качества подготовки поверхности деталей и режима сварки.

Форму и размеры рабочей поверхности электродов (роликов) контролируют специальными шаблонами. При износе плоской (цилиндрической) поверхности более 15%, сферической — 30% номинальной производят ее восстановление.

Для зачистки и восстановления рабочей поверхности электродов и роликов без съема их с машины применяют специальные устройства.

При эксплуатации машин следует обеспечивать надежный электрический контакт посадочных поверхностей электродов и роликов с электрододержателями и осями. Износ и неправильные размеры мест посадки вызывают повышение сопротивления и нагрев контакта, течь воды в конусных соединениях, что затрудняет съем электродов. Посадочные (контактные) поверхности тщательно зачищают, плотно подгоняют (шабруют для роликов). Запрещается применять какие-либо прокладки в местах посадки. Конусные посадочные поверхности электродов и электрододержатели необходимо периодически контролировать специальными калибрами (соот-

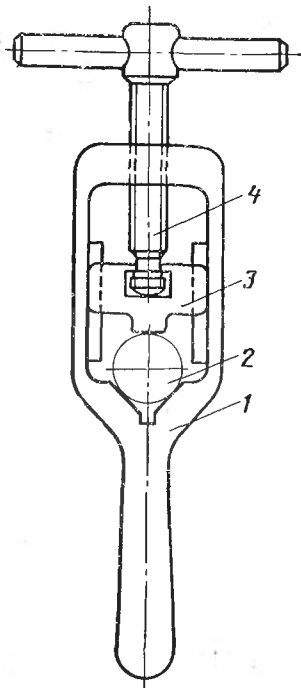


Рис. 53. Съемник для электродов

ветственно втулкой и пробкой). При износе конуса электрододержателя его обрабатывают на токарном станке и доводят до требуемых размеров и шероховатости конусной разверткой.

Трудной операцией является съем электродов. Для этого используют специальные съемники (рис. 53). Электрод 2 зажимают между корпусом 1 и прижимом 3 с помощью винта 4. Затем ударами текстолитового или алюминиевого молотка по рукоятке корпуса съемника поворачивают и вынимают электрод из электрододержателя. Следует помнить, что затруднения при съеме электродов происходят из-за плохого качества посадочных поверхностей электродов и электрододержателей.

В процессе сварки необходимо следить за интенсивностью охлаждения электродов, роликов, губок, не допуская их

нагрева, что снижает их стойкость и ухудшает качество сварки.

От организации рабочего места сварщика зависит производительность труда и качество сварки деталей. На рабочем месте сварщика должны быть предусмотрены стеллажи (столы) для собранных под сварку и готовых сварных узлов (для деталей небольшого размера). Для закрепления, поддержки и подачи в зону сварки крупногабаритных деталей необходимо использовать соответствующие приспособления и устройства, не требующие большой затраты мускульной силы сварщика и не утомляющие его.

В большинстве случаев сварщик выполняет работу стоя около машины, поддерживая и направляя детали в зону сварки. Для выполнения некоторых сварочных работ и отдыха целесообразно, чтобы на рабочем мес-

те сварщика был стул, желательнo поворотный с регулируемой высотой. На рабочем месте (в зоне сварки) должно быть общее и местное освещение; освещенность должна соответствовать нормам для выполнения точных работ.

В непосредственной близости от машины устанавливают тумбочку для хранения инструмента, чертежей, средств индивидуальной защиты и т. п. При серийном и массовом производстве эти вещи обычно помещают в металлический чемодан, сдаваемый сварщиком на хранение в кладовую после окончания смены.

Сварщик должен иметь следующий личный инструмент и другие вещи: личной и драчевый напильники; абразивную шкурку; резиновую пластину размером 100×100 мм, толщиной 15—20 мм; молоток; набор клеев; чистую хлопчатобумажную салфетку; защитные очки; перчатки; щетку; сметку для уборки машины; набор электродов; шаблоны для контроля электродов и съемник.

Для проведения технологической пробы, резки шлифов и других слесарных работ на участке контактной сварки должен находиться верстак с тисками. При сварке ответственных узлов на участке целесообразно иметь экспресс-пост с контролером ОТК для изготовления и контроля макрошлифов. Пост должен быть оборудован устройством для резки технологических образцов на шлифы, станком для шлифования шлифов, вытяжным шкафом с устройством для травления шлифов. Кроме того, необходимо рабочее место для просмотра готовых шлифов. Работы по изготовлению шлифов обычно выполняет сварщик.

После окончания смены сварщик приводит в порядок рабочее место и сдает его сменщику или мастеру.

При контактной сварке для обслуживающего персонала представляют опасность загрязнение воздуха, а также возможность ожогов, поражения электрическим током и травм подвижными частями машины.

К самостоятельным работам на машинах допускаются сварщики не моложе 18 лет, сдавшие экзамены по технике безопасности и правилам эксплуатации электроустановок (квалификационная группа по электробезопасности должна быть для сварщиков контактных машин не ниже II, для наладчиков — не ниже III).

Для защиты от выплесков расплавленного металла и предупреждения ожогов сварщику выдают защитные очки с бесцветными стеклами, рукавицы (перчатки); хлопчатобумажную огнестойкую или брезентовую спецодежду, а сварщикам, работающим с наружным водяным охлаждением, — брезентовый фартук, резиновые сапоги (галоши).

На стыковых машинах должны быть установлены щитки для защиты сварщика от вылетающих при оплавлении брызг расплавленного металла. Для защиты окружающих от ожогов около машин стыковой сварки следует устанавливать переносные щиты или отгораживать для них участки цеха по аналогии с кабинами дуговой электросварки. При стыковой сварке выделяется большое количество металлической пыли, загрязняющей воздух, поэтому должна быть предусмотрена общая приточно-вытяжная и местная вытяжная вентиляция.

Вторичное напряжение контактных машин мало и безопасно. Однако в случае пробоя первичной обмотки сварочного трансформатора на вторичную возможно попадание высокого напряжения на электроды и корпус машины. Поэтому вторичный контур соединяют с корпусом машины, который, так же как и корпус шкафов управления, должен быть надежно заземлен. **Работа без надежного заземления корпуса сварочной машины категорически запрещается.**

Во время работы все токоведущие части машины и шкафов управления должны быть надежно закрыты дверями, имеющими блокировку для снятия напряжения при их открывании. Пол около машины у места сварщика должен быть сухим, покрыт деревянной решеткой или резиновым ковриком. Сварщику категорически запрещается вскрывать и ремонтировать электрические части машины.

В случае неисправности последних необходимо немедленно прекратить работу и сообщить об этом мастеру или наладчику-электрику.

При невнимательном и небрежном отношении к движущимся частям машин сварщик может получить травму. При зачистке и смене электродов на сварочных машинах необходимо соблюдать меры предосторожности, исключая случайное перемещение подвижного электрода и травму рук. Для включения привода рельефной

машины рекомендуется использовать две кнопки, чтобы были заняты обе руки сварщика.

Сварочную машину следует содержать в чистоте; ответственным за это является сварщик, он должен убирать и чистить машину после выключения напряжения и давления воздуха. Шкафы управления должен чистить наладчик-электрик. На участке на видном месте должны быть вывешены основные правила техники безопасности при работе на машинах контактной сварки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксельрод Ф. А., Миркин А. М. Оборудование для сварки давлением. М., «Высшая школа», 1975, 232 с.
2. Бобринский Ю. Н., Сергеев Н. П. Устройство и наладка контактных сварочных машин. М., «Машиностроение», 1967. 171 с.
3. Гилевич В. А. Технология и оборудование рельефной сварки. Л., «Машиностроение», 1976. 152 с.
4. Гуляев А. И. Технология точечной и рельефной сварки сталей. М., «Машиностроение», 1969. 239 с.
5. Кабанов Н. С., Слепак Э. Ш. Технология стыковой контактной сварки. М., «Машиностроение», 1970. 263 с.
6. Технология и оборудование контактной сварки. Учебное пособие для втузов. М., «Машиностроение», 1975. 532 с. Авт.: Б. Д. Орлов, Ю. В. Дмитриев, А. А. Чакалев, В. А. Сидякин, А. Л. Марченко.

УКАЗАТЕЛЬ ТЕРМИНОВ

- Аттестация машины 136
Блокировка 140
Вторичный контур 28
Вылет электродов 29
Выплеск 106, 129
Гидравлический привод 44
Дефект сварки 105—108
Диаметр литого ядра 15—17, 113
Динамометр 117
Дополнительный ход электрода 42
Дросселирующий клапан 42
Заземление 140
Игнитрон 35
Клещи 69—71
Ковочное усилие 20
Консоль 27, 28, 125
Контактное сопротивление 3, 4
Контактор игнитронный 35
Контактор тиристорный 37
Кронштейн 27, 28, 123—125
Литое ядро 5
Макрошлиф 112
Машина конденсаторная 64, 65
Машина многоэлектродная 75
Машина переменного тока 30
Машина постоянного тока 63, 64
Машина прессового типа 52
Машина радиального типа 52
Нагрузочная характеристика 129
Нахлестка 15, 16
Номинальное усилие 29
Номинальный сварочный ток 29
Осциллограф 116
Переключателей ступеней 34, 35
Перекрытие литых зон 10, 113
Пистолет многоэлектродных машин 75
Пистолет распорный 72
Пневматический привод 41—43
Пневмогидравлический привод 44, 135
Подвесная машина 72
Прерыватель тока 37—38
Привод вращения роликков 50
Привод зажатия 28, 60
Привод осадки 28, 60
Привод усилия 40
Проплавление деталей 113
Рабочий ход электрода 41—43
Раствор консолей 29
Регулятор давления 42
Регулятор цикла сварки 38—40
Режим сварки 19, 20, 128, 131
Рельефная машина 28, 59
Рельефная сварка 7
Робот 76
Ролик 9, 86, 88, 89
Свариваемость 22—26
Сварка оплавлением 13, 14
Сварка сопротивлением 12, 13
Специальная машина 51, 74
Стыковая сварка 12
Технологическая проба 111
Тиристор 35
Точечная машина 27, 52
Точечная сварка 4
Трансформатор 32—35
Усилие зажатия 21
Усилие осадки 21
Установочная длина 13, 96, 97
Цикл сварки 39
Циклограмма сварки 20, 21, 38, 39
Шарошка 50
Шовная машина 48—50
Шовная сварка 9
Шовная шаговая сварка 10
Шунтирование тока 17, 18
Электрический контакт 3
Электрод 82, 86, 87, 88
Электродная головка шовной машины 48, 49
Электрододержатель 28
Электропневматический клапан 45—48

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава I. Соединение деталей при контактной сварке	3
1. Способы сварки и образование соединений	3
2. Типы и размеры соединений	14
3. Понятие о режиме сварки и свариваемости	19
Глава II. Устройство машин контактной сварки	27
1. Общие сведения и основные параметры	27
2. Электрическое устройство	30
3. Аппаратура управления	35
4. Приводы усилия	40
5. Особенности машин для шовной сварки	48
Глава III. Сварочное оборудование	51
1. Классификация машин	51
2. Машины общего назначения	52
3. Машины ответственного назначения	62
4. Передвижные и специальные машины	68
Глава IV. Технология сварки	77
1. Подготовка деталей	77
2. Электроды	81
3. Режимы сварки	89
4. Особые случаи сварки	99
Глава V. Контроль качества сварки	104
1. Дефекты при сварке	104
2. Контроль процесса сварки	109
3. Неразрушающий контроль сварных соединений	118
Глава VI. Выполнение сварочных работ	123
1. Наладка машины и установка режима сварки	123
2. Эксплуатация оборудования и техника безопасности	133
Список литературы	142
Указатель терминов	143

ИБ № 814

Павел Леонидович ЧУЛОШНИКОВ

КОНТАКТНАЯ СВАРКА

Редактор издательства Г. Н. Соболева

Технический редактор И. В. Завгородняя

Корректор Ж. Л. Суходолова

Обложка художника Н. Г. Песковой

Сдано в набор 2/III-1977 г. Подписано к печати 15/IV-1977 г. Т-02196
 Формат 84×108¹/₃₂ Бумага типографская № 2 Усл. печ. л. 7,56 Уч.-изд. л. 7,65
 Тираж 50 000 экз. Заказ 507 Цена 27 коп.

Издательство «Машиностроение» 107885, Москва, Б-78,
 1-й Басманный пер., 3
 Московская типография № 32 Союзполиграфпрома при
 Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств,
 полиграфии и книжной торговли.
 Москва, К-51, Цветной бульвар, д. 26.