

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ КОНТАКТНАЯ СВАРКА

ОСНОВЫ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

При электрической контактной сварке заготовки в месте соединения нагревают и сжимают определенным усилием. Нагрев осуществляют теплом, которое выделяется в заготовках и в контактах между ними при прохождении электрического тока.

Для получения качественных сварных деталей металл в месте соединения нагревают до расплавления и лишь в отдельных способах (например, при стыковой контактной сварке сопротивлением) — до пластического состояния. Примыкающие к месту соединения зоны должны быть нагреты до температур, обеспечивающих требуемую пластическую деформацию заготовок. В процессе этой деформации происходит удаление окислов из места соединения, устранение раковин и уплотнение металла.

Количество тепла, выделяемого в зоне сварки, определяют по формуле Ленца—Джоуля:

$$Q = 0,24 I^2 R t,$$

где Q — количество тепла, кал; I — сила сварочного тока, А; R — общее сопротивление зоны сварки, Ом; t — время нагревания, с.

Основное влияние на нагрев оказывает сила сварочного тока. Например, при данном количестве тепла, расходуемом за один сварочный цикл, увеличение силы тока вдвое приведет к уменьшению времени нагревания более чем в 4 раза.

Характер нагрева заготовок, оказывающий большое влияние на качество сварного соединения, в значительной мере зависит также от величины общего сопротивления зоны сварки и соотношения между его отдельными составляющими. Общее сопротивление состоит из контактного сопротивления между заготовками, сопротивлений самих заготовок и сопротивлений между электродами и заготовками. При сварке неочищенных заготовок контактные сопротивления изменяются в широких пределах. Это приводит к изменению температур нагрева заготовок, в результате чего снижается стабильность прочностных показателей сварных соединений. Кроме того, при сварке неочищенных заготовок увеличивается износ электродов, а в сварных соединениях возникают дефекты.

Контактная сварка высокопроизводительна, позволяет значительно проще механизировать и автоматизировать процессы изготовления деталей, сократить расход основных и вспомогательных материалов. Эти преимущества особенно заметно проявляются в массовом и крупносерийном производстве.

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Наиболее широкое применение получили следующие основные виды контактной сварки: стыковая, точечная и роликовая (шовная). Каждый из этих видов сварки может осуществляться различными способами, отличающимися по технологическим признакам, роду используемой электроэнергии и способу подвода тока к свариваемым заготовкам.

Стыковая сварка (рис. 121).

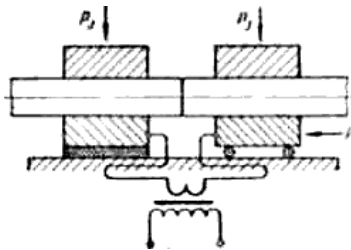


Рис. 121. Схема процесса стыковой сварки: P_z — усилие зажатия; P_{oc} — усилие осадки

Заготовки сваривают по всей плоскости их касания. В зависимости от марки металла, площади сечения заготовок и требований к качеству соединения стыковую сварку можно выполнять одним из способов, приведенных в табл. 111.

111. Области применения различных способов стыковой сварки

Свариваемые заготовки			Способ стыковой сварки
Металл	Форма сечения	Размеры сечения	
Сталь, нихром, медь, алюминий, сплавы меди, сплавы алюминия	Компактное (круглое, квадратное)	Проволока диаметром до 6 — 8 мм, звенья цепей диаметром до 20 мм, трубы диаметром до 40 мм при газовой защите и специальной подготовке кромок	Сопротивлением
Сталь, медь, алюминий и их сплавы; заготовки из разнородных материалов	Стержни, трубы, листы, уголки и другой профильный прокат; поковки, штамповки	Стальные стержни и толстостенные трубы до 3000 мм ² , стальные листы и тонкостенные трубы до 6000 мм ² и выше, рельсы	Непрерывным оплавлением
Сталь	Рельсы, трубы, прокат	Большое поперечное сечение (40 000—60 000 мм ² и выше)	Непрерывным оплавлением на специальных стыковых машинах
Сталь незакаливающаяся	Прутки, трубы	В мелкосерийном производстве более 300 мм ² , в массовом производстве более 1000 мм ²	Оплавлением с подогревом
Сталь закаливающаяся	Прутки, трубы, рельсы	От 20 мм ² и выше	Оплавлением с подогревом

Стыковая сварка сопротивлением. Заготовки, установленные и закрепленные в стыковой машине, прижимают одну к другой усилием определенной величины, после чего по ним пропускают электрический ток. При нагревании металла в зоне сварки до пластического состояния происходит осадка. Ток выключают до окончания осадки. Этот способ сварки требует механической обработки и тщательной зачистки поверхностей торцов заготовок.

Неравномерность нагрева и окисление металла на торцах заготовок понижают качество сварки сопротивлением, что ограничивает область ее применения. С увеличением сечения заготовок качество сварки снижается особенно заметно, главным образом из-за образования окислов в стыке.

Стыковая сварка непрерывным оплавлением состоит из двух стадий: оплавления и осадки. Заготовки устанавливают в зажимах машины, затем включают ток и медленно сближают их. При этом торцы заготовок касаются в одной или нескольких точках. В местах касания образуются перемычки, которые мгновенно испаряются и взрываются. Взрывы сопровождаются характерным выбросом из стыка мелких капель расплавленного металла. При дальнейшем сближении заготовок образование и взрыв перемычек происходят на других участках торцов. В результате заготовки прогреваются в глубину, а на

торцах возникает тонкий слой расплавленного металла, облегчающий удаление окислов из стыка. В процессе оплавления заготовки укорачиваются на заданный припуск. Оплавление должно быть устойчивым (непрерывное протекание тока при отсутствии короткого замыкания заготовок), особенно перед осадкой.

При осадке скорость сближения заготовок резко увеличивают, осуществляя при этом пластическую деформацию на заданный припуск. Переход от оплавления к осадке должен быть мгновенным, без малейшего перерыва. Осадку начинают при включенном токе и завершают при выключенном.

Стыковая сварка непрерывным оплавлением обеспечивает равномерный прогрев заготовок по сечению и позволяет получать стабильное качество стыков. Ее существенным преимуществом является также возможность сравнительно легко автоматизировать процесс.

Стыковая сварка оплавлением с подогревом отличается от сварки непрерывным оплавлением тем, что перед началом процесса оплавления заготовки подогревают в зажимах машины периодическим смыканием и размыканием при постоянно включенном токе. При этом происходит процесс прерывистого оплавления и заготовки укорачиваются на заданный припуск. Выдержка при замыкании составляет около 0,5—3 с, а при размыкании 2—6 с. Количество замыканий может быть от одного до нескольких десятков в зависимости от размеров сечения заготовок.

Применение стыковой сварки оплавлением с подогревом позволяет предупредить резкую закалку и, следовательно, получить более пластичные стыки при сварке закаливающейся стали; снизить требуемую мощность машины или на машине данной мощности сваривать заготовки с большими площадями сечения; осуществить осадку при меньшем усилии; сократить общий припуск на сварку.

Точечная сварка (рис. 122).

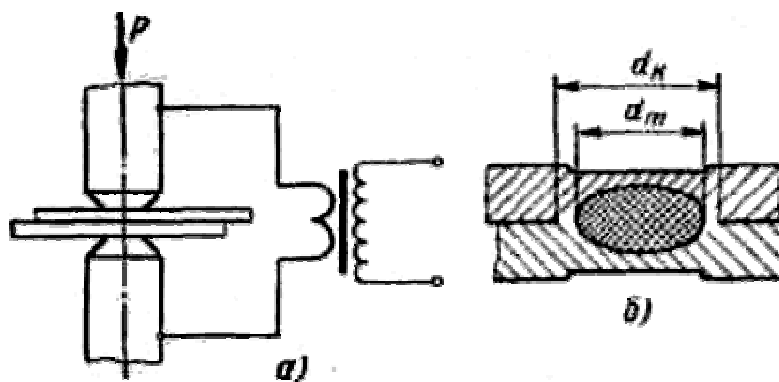






Рис. 122. Схема процесса точечной сварки: а — схема процесса; б — сечение сварной точки; P — давление; d_m — диаметр литого ядра сварной точки; d_k — диаметр сварной точки

Заготовки соединяют сваркой в отдельных местах, условно называемых точками. Размеры и структура точки, определяющие прочность соединения, зависят от формы и размеров контактной поверхности электродов, силы сварочного тока, времени его протекания через заготовки, усилия сжатия и состояния поверхностей заготовок. Качественная сварная точка характеризуется наличием общего для обеих заготовок литого ядра определенных размеров.

Последовательность операций точечной сварки следующая. Заготовки устанавливают и затем плотно сжимают между электродами контактной машины. Включают ток, и заготовки быстро нагреваются; особенно быстро нагреваются участки металла, прилегающие к контакту между заготовками, так как эти участки имеют повышенное электрическое сопротивление. Кроме того, они менее подвержены охлаждающему действию электродов. В момент образования в зоне сварки расплавленного ядра заданных размеров ток выключают. После выключения тока заготовки кратковременно выдерживают между электродами под действием усилия сжатия, в результате чего происходит охлаждение зоны сварки, кристаллизация расплавленного металла и уменьшение усадочной раковины в ядре сварной точки.

Силу тока и усилие сжатия заготовок устанавливают постоянными или меняют по определенному графику в течение цикла сварки одной точки. Характер их изменения определяется толщиной и материалом свариваемых заготовок. Наиболее распространенные схемы циклов точечной сварки приведены в табл. 112.

112. Схема циклов точечной сварки.

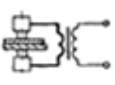


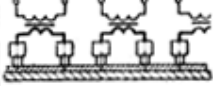

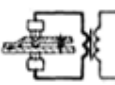
Характеристика сварки	Схема цикла	Свариваемый металл
Одноимпульсная с постоянным давлением		Низкоуглеродистая сталь толщиной до 4—6 мм
При постоянном давлении с последующей термообработкой		Закаляющиеся стали
Многоимпульсная с переменным давлением		Сталь толщиной более 6 мм
Импульсом меняющегося тока с переменным давлением		Сплавы алюминия толщиной более 1,5 мм
Обозначения: I — сила сварочного тока; P — усилие сжатия заготовок; $I_{\text{т}}$ — сила тока подогрева при термообработке; t — время.		

Точечной сваркой можно сваривать листовые заготовки одинаковой или разной толщины, пересекающиеся стержни, листовые заготовки со стержнями или профильными заготовками (уголками, швеллерами, таврами и т. п.).

Точечную сварку применяют для соединения заготовок из сталей различных марок (углеродистой, легированной, нержавеющей, жаростойкой и др.), а также из цветных металлов и их сплавов. Точечной сваркой можно соединять заготовки из разнородных металлов. Толщина каждой из заготовок, соединяемых точечной сваркой, может быть от сотых долей миллиметра до 35 мм.

В зависимости от количества свариваемых точек, способа подвода тока к заготовкам и других факторов применяют различные способы точечной сварки. Некоторые из них приведены в табл. 113.

113. Способы точечной сварки и их применение

Способ сварки	Схема	Толщина листа, мм	Характеристика и применение
Одноточечная двусторонняя		6,0 и более	Наиболее универсальный способ. Сварка различного проката, штамповок из черных и цветных металлов.
Двухточечная односторонняя		≤ 2,5	Сварка крупногабаритных изделий; приварка листовой обшивки к каркасу. Часть тока шунтируется через верхнюю деталь.
Двухточечная двусторонняя		≤ 5,0	Шунтирование тока незначительное. Сварка ответственных крупногабаритных узлов с повышенной толщиной заготовок.
Многоточечная односторонняя		1,5—2,0	Высокопроизводительный способ; применяют в массовом производстве.
Рельефная		0,5—5,0	Общий сварочный ток распределяется на все рельефы. Требуется хорошая очистка деталей и точная штамповка рельефов. Применяют в массовом производстве; обеспечивает хорошее качество при сварке тонких листов с толстыми.
Рельефно-точечная		2,0 и более	В местах рельефов разрушается окалина, концентрируется выделение тепла и приложенное давление. Сварка неочищенной стали.

Рельефная сварка характерна тем, что на одной из заготовок предварительно изготавливают выступы (рельефы) круглой, продолговатой, кольцевой или иной формы. Сварку осуществляют одновременно по всем рельефам, что обеспечивает высокую производительность процесса. Количество и форму рельефов, а также метод их изготовления устанавливают в зависимости от конструктивных особенностей изготавливаемых деталей, их назначения и массовости.

При рельефно-точечной сварке на одной из листовых заготовок также изготавливают выступы (обычно круглой-формы), которые в отличие от рельефной сварки сваривают последовательно один за другим. Рельефно-точечная сварка обеспечивает более высокое и стабильное качество соединений неочищенных стальных заготовок по сравнению с обычной точечной сваркой.

Роликовая сварка (рис. 123).

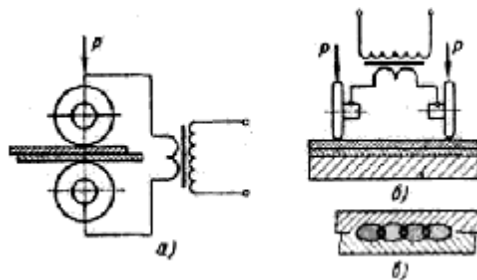


Рис. 123. Схема процесса роликовой сварки (P — давление):
а — двусторонняя; б — односторонняя; в — разрез сварного шва

Заготовки соединяют непрерывным прочно-плотным сварным швом, состоящим из ряда точек, в котором каждая последующая точка частично перекрывает предыдущую. В отличие от точечной сварки здесь заготовки устанавливают между вращающимися роликами (или между роликами и оправкой), на которые действует усилие механизма давления и к которым подведен электрический ток. Толщина каждой из заготовок обычно не превышает 2—3 мм. Характеристика и области применения способов роликовой сварки приведены в табл. 114.

114. Способы роликовой (шовной) сварки и их применение

Способ и цикл	Сущность способа	Толщина листа, мм не более	Характеристика и применение
<p><i>Непрерывная</i></p> 	Непрерывное включение тока при непрерывном вращении роликов	1,0	Сварка ответственных изделий из низкоуглеродистых сталей. Перегрев роликов и заготовок, невысокое качество сварки, относительно низкая стойкость электродов
<p><i>Прерывистая</i></p> 	Прерывистое (импульсное) включение тока при непрерывном вращении роликов	3,0	Наиболее распространенный способ. Сварка различных сталей. Прерывистое включение тока снижает перегрев роликов и заготовок, повышает качество сварки и стойкость роликов
<p><i>Шаговая</i></p> 	Включение тока при неподвижных роликах, вращение роликов при включенном токе	3,0	Сварка алюминиевых сплавов и плакированных металлов, осуществляемая при больших силах тока. Наименьший по сравнению с другими способами перегрев роликов и заготовок
<p>Обозначение: P — давление; S — перемещение роликов; I — сила сварочного тока; t — время.</p>			

В тех случаях, когда невозможно подвести ролики к свариваемому изделию с двух сторон, применяют одностороннюю роликовую сварку (приварка облицовки к каркасам больших размеров, приварка кровли и т. п.).

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

Основные показатели машин

Машины для контактной сварки изготовляют в соответствии с требованиями ГОСТ 297—73, который регламентирует основные технические требования к машинам, методы их испытания, маркировку, упаковку, транспортирование и хранение.

Номинальное первичное напряжение машины — напряжение сети, на которое рассчитана работа машины.

Номинальная сила сварочного тока — сила тока, развиваемая машиной в процессе сварки заготовок номинального (указанного в паспорте) сечения при номинальных первичном напряжении и вылете па номинальной ступени.

Продолжительность включения (ПВ%) определяется величиной отношения суммарного времени включения тока в течение одного сварочного цикла ($t_{св}$) к полному времени цикла ($t_{ц}$) в процентах, т. е.

$$ПВ = t_{св} / t_{ц} * 100\%.$$

Эксплуатация контактной машины при номинальных значениях силы сварочного тока и ПВ исключает перегрев частей машины, главным образом первичной обмотки трансформатора, выше допустимых температур. Если один из этих параметров необходимо увеличить, второй соответственно снижают. Расчет производят по следующей формуле.

$$I_{\text{ЭКВ}} = I_{\text{НОМ}} \sqrt{\frac{ПВ_{\text{НОМ}}}{ПВ_{\text{ЭКВ}}}},$$

где $I_{\text{НОМ}}$, $ПВ_{\text{НОМ}}$ — номинальные значения силы тока и продолжительности включения; $I_{\text{ЭКВ}}$, $ПВ_{\text{ЭКВ}}$ — эквивалентные значения силы тока и продолжительности включения, при которых части машины нагреваются до тех же температур, что и при работе в номинальном режиме. *Длительная вторичная сила тока* — максимальная сила тока, при которой трансформатор и вторичный контур машины могут работать длительное время, не перегреваясь выше допустимых пределов. Потребную при этом мощность из сети называют продолжительной мощностью. Длительную силу тока определяют по формуле

$$I_{\text{ДЛ}} = I_{\text{НОМ}} \sqrt{\frac{ПВ_{\text{НОМ}}}{100\%}}.$$

Степень регулирования вторичного напряжения. Каждой ступени регулирования соответствует определенное число витков первичной обмотки трансформатора, включаемых в сеть. Наибольшее число витков на первой ступени, наименьшее — на последней. С повышением номера ступени возрастает вторичная электродвижущая сила, а также сила сварочного тока и мощность, потребная для машины из сети. Номинальной ступенью регулирования обычно является предпоследняя ступень трансформатора. Вторичная э. д. с. этой ступени является номинальной.

Вылет точечных или шовных машин — расстояние от оси электродов до передней стенки машины или до других выступающих частей.

Сопротивление контактной машины при сварке ($Z_{\text{СВ}}$) равно геометрической сумме ее внутренних активного ($R_{\text{М}}$) и индуктивного ($X_{\text{М}}$) сопротивлений, а также сопротивления свариваемых заготовок ($R_{\text{СВ}}$, $X_{\text{СВ}}$):

$$Z_{\text{СВ}} = \sqrt{(R_{\text{М}} + R_{\text{СВ}})^2 + (X_{\text{М}} + X_{\text{СВ}})^2}.$$

Внутренние сопротивления машины оказывают большое влияние на ее другие параметры. Так, например, с ростом активного сопротивления, происходящим при увеличении длины элементов вторичного контура и ухудшении состояния переходных контактов в нем, снижается к. п. д. машины, уменьшается сила сварочного тока. Увеличение индуктивного сопротивления, происходящее при увеличении площади вторичного контура и введении в этот контур ферромагнитных масс свариваемых заготовок, вызывает снижение коэффициента мощности машины и силы сварочного тока.

Машины для стыковой сварки

В зависимости от величины и формы свариваемых заготовок, их материала и количества выбирают тип стыковой машины. При этом стыковые машины различают по мощности, способу сварки, конструкции зажимных устройств и механизма подачи подвижной плиты.

На машинах мощностью 0,75—10 кВА (табл. 115) производят сварку сопротивлением. Они имеют пружинный привод подачи и пружинные или эксцентриковые зажимные устройства.

115. Стыковые машины с пружинным и рычажным приводом подачи плиты.

Параметры	МС-201	МС-301	МС-401	МС-501	АСП-10	МСП-25	МС-1202	МС-1602
Номинальная сила сварочного тока, А	1600	3200	4000	5000	3680	8000	12 500	16 000
Первичное напряжение, В	380	220 или 380						
Номинальная сила первичного тока, А	7,8	22; 13	22	54; 31	—	—	250; 145	433; 254
Номинальная мощность, кВА	—	—	—	—	10	25	55	96,5
Сечение заготовок (сталь), мм ²	0,02—7	3,5—50	13—60	8—78	7—50	120—300	до 900	≤1400
Вторичное напряжение, В	1,05—2,3	1,0—1,8	1,1—2,64	1,4—3,0	1,2—3,2	1,9—3,6	2,5—5,0	3,4—6,8
Производительность, сварок/ч	—	200	—	200	180	110	100	60
Усилие зажатия заготовок, кгс	4—32	≤500	120—200	≤500	150	800	5000	750
Усилие осадки, кгс	1—5	≤120	40—80	≤200	50	150/2000	3200	5000
Привод подачи плиты	Пружинный				Ручной рычажный			
Масса машины, кг	50	170	260	180	115	260	720	750
Габаритные размеры, мм:								
высота	1000	1180	1285	1180	1155	1270	1700	1700
ширина	470	755	800	955	510	1250	1000	1000
длина	470	970	645	1170	490	880	775	775
Примечания: 1. Машина МС-401 предназначена для сварки ленточных пил. 2. Машина МСП-25 будет заменена машиной МС-802. Машина МСП-25, кроме рычажного, имеет пружинный привод подачи, используемый при сварке сопротивлением заготовок до 120 мм ² .								

На машинах мощностью 25—100 кВА (табл. 115) с ручным рычажным приводом подачи можно выполнять сварку сопротивлением, непрерывным оплавлением и оплавлением с подогревом. Рычажный привод подачи не позволяет получать высокие скорости осадки ($y_{oc} < 20$ мм/с) и осуществлять процесс оплавления по оптимальному графику, что приводит к снижению качества сварных стыков. Машины этого типа можно использовать в индивидуальном производстве для сварки неответственных изделий из низкоуглеродистых сталей.

Машины с механизированными приводами подачи (табл. 116) электромеханическим, гидравлическими пневматическим с гидротормозом — выпускают мощностью до 600 кВА и более. Эти машины, оборудованные пневматическими, гидравлическими или пневмогидравлическими зажимными устройствами, предназначены для сварки непрерывным оплавлением или оплавлением с подогревом.

116. Стыковые машины с механизированным приводом подачи плиты.

Параметры	МС-50-1	МСМУ-150	МСТ-200	МС-200	МСГА-300	МСГА-500	МСЛ-300-2	МСЛ-500-2	МСО-750	К-135
Первичное напряжение, В . . .	220, 380									
Номинальная мощность, кВА . .	50	150	200	150	300	500	300	500	750	150
Сечение свариваемых заготовок, мм ²	600	≤2000	1000	1000	5000	8000	3000	4000	3500	10 000
Вторичное напряжение, В	5,2	4,04—8,1	4,5—10	—	5,42—10,84	7,9—15,8	2,8—9	3,7—11,2	5,5—14,6	—
Производительность, сварок/ч	180	80	—	100	20	20	70	70	—	20
Скорость оплавления, мм/с	—	—	—	—	—	—	4	4	—	—
Скорость осадки, мм/с	—	30	50	80	—	—	200	200	—	—
Усилие зажатия заготовок, кгс . .	2000	10 000	20 000	10 000	35 000	35 000	50 000	50 000	50 000	120 000
Усилие осадки, кгс	3000	6 500	15 000	6 300	25 000	25 000	22 000	22 000	20 000	45 000
Максимальный ход плиты, мм	35	20	20	19	—	—	20	20	32	60
Привод подачи	Электрохимический		Гидропневматический	Электрический	Гидравлический		Электрический + пневмогидравлический		Электрический	Гидравлический
Масса машины, кг	550	2000	—	2860	7500	8000	6700	7000	5000	7300
Габаритные размеры, мм:										
высота	1050	1300	—	1247	—	—	2500	2500	2000	2300
ширина	750	1580	—	2378	—	—	2035	2035	3575	1000
длина	2060	2000	—	1467	—	—	4200	4200	2100	2370
Назначение машины	Сварка стержней, труб и других заготовок		Сварка труб	Сварка, эмсанков из труб диаметром 25—42 мм	Сварка изделий из низкоуглеродистой стали (арматура)		Сварка лент и листов		Сварка ободьев колес	Сварка рельсов в стационарных условиях

Машины для точечной сварки отличаются между собой приводом механизма сжатия, характером и величиной сварочного тока, направлением перемещения подвижного электрода, количеством одновременно свариваемых точек и другими признаками. Определяемый этими признаками тип машины оказывает большое влияние на качество сварных точек и производительность процесса. Тип машины выбирают в зависимости от толщины материала и габаритов свариваемых деталей с учетом характера производства.

Характеристики однотоочечных серийных машин, предназначенных для сварки заготовок из низкоуглеродистых сталей, приведены в табл. 117 и 118.

117. Точечные машины с радиальным ходом верхнего электрода и пневматическим приводом механизма сжатия

Параметры	МТ-601	МТ-809	МТ-1209	МТ-1609
Номинальная сила сварочного тока, А	6300	8000	12 500	16 000
Толщина свариваемых деталей, мм	От 0,2 ± 0,2 до 2 ± 2	От 0,25 ± 0,25 до 3 ± 3	От 0,5 ± 0,5 до 4 ± 4	От 0,5 ± 0,5 до 5 ± 5
Номинальное первичное напряжение, В	220 или 380			
Номинальная сила первичного тока, А	65 или 36	89,5 или 52,5	237 или 134	420 или 236
Мощность на номинальной ступени, кВА	14,2	20	50	85
Пределы регулирования вторичного напряжения, В . .	1,25—2,5	1,42—2,84	2,2—4,4	3,0—6,0
Число ступеней регулирования вторичного напряжения	8			
Производительность (максимальная), сварок/мин . . .	150			
Вылет электродов, мм	250 (+25) —50	200 (+115)	400 (+20) —150	600 (+100) —150
Раствор хоботов, мм	150 (+100)	150 (+120)	150 (+120)	180 (+120)
Усилие сжатия электродов, кгс	200	300	500	630
Рабочий ход верхнего электрода, мм	20	20	30	30
Расход охлаждающей воды, л/ч	300	250	420	420
Габаритные размеры (длина × ширина × высота), мм . .	830 × 452 × 1237	1083 × 410 × 1400	1230 × 380 × 1538	1340 × 430 × 1574
Масса, кг	215	325	440	540

Примечания: 1. Детали максимальной толщины можно сваривать на мягком режиме.
2. Машина МТ-601 может быть оборудована педальным приводом механизма сжатия вместо пневматического (оговаривается в заказе).

118. Точечные машины с вертикальным ходом верхнего электрода и пневматическим приводом механизма сжатия

Параметры	МТ-1207	МТ-1606	МТ-2707	МТП-300	МТП-400	МТП-200/1200
Номинальная сила сварочного тока, А	12 500	16 000	25 000	32 000	37 000	25 000
Толщина свариваемых деталей, мм	От 0,5 ± 0,5 до 1,6 ± 1,6	От 0,8 ± 0,8 до 2,5 ± 2,5	От 1 ± 1 до 4,5 ± 4,5	До 7 ± 7	До 8 ± 8	До 4 ± 4
Первичное напряжение, В	380					
Номинальная мощность при ПВ = 20%, кВА	54	80	170	260	400	190
Производительность, сварок/мин	200	350	150	—	40	—
Вылет электродов, мм	500 (±50)	500 (±50)	500 (±50)	500 (±50)	500 (±50)	1200
Усилие сжатия электродов, кгс	500	630	1600	3250	3250	2400
Габаритные размеры (высота × ширина × длина), мм . .	1820 × 450 × × 1400	1820 × 450 × × 1400	—	2550 × 796 × × 1610	2550 × 840 × × 1610	2270 × 780 × × 2280 + + 1790 × × 780 × 660 *
Масса, кг	435	450	615	1415	1360	1650 + 160 *

* Блок управления.

Машина МТ-601 снабжена электромагнитным контактором, МТ-809 — асинхронным тиристорным контактором. Остальные машины снабжены электронным реле времени типа РВЭ-7-1А-2 (табл. 119) и игнитронным контактором типа КИА (табл. 120).

119. Величина выдержки времени в электронном регуляторе РВЭ-7-1А-2

Деление шкалы	Время операций	Сварка	
	(сжатие, проковка, пауза), с	Диапазон 1	Диапазон 2
0	0,04	0,04	0,23
1	0,06	0,06	0,44
2	0,10	0,10	0,75
3	0,15	0,15	1,07
4	0,22	0,22	1,32
5	0,28	0,28	1,58
6	0,36	0,30	1,98
7	0,43	0,43	2,37
8	0,51	0,51	2,68
9	0,59	0,59	3,10
10	0,67	0,67	3,47
11	0,78	0,78	4,02
12	0,90	0,90	4,47
13	1,02	1,02	5,04
14	1,15	1,15	5,80
15	1,40	1,40	6,75

Примечание: в таблице даны средние значения выдержек времени при номинальном напряжении сети. Это время может применяться до +/-10% при больших выдержках и до +/-20% при малых.

120. Техническая характеристика игнитронных контактов типа КИА.

Тип прерывателя	Тип лампы	Первичная сила тока, А	Мощность, кВт	Расход охлаждающей воды, л/мин	Масса, кг
КИА-20 КИА-50	И-20/1,5	200	73	1,2	7
КИА-100 КИА-200	И-70/0,8	500	180 380	3	12
	И-140/0,8	1050	650	4	24
	И-350/0,8	1800		8	38
Примечание. Первичное напряжение 380 В, ПВ=20%.					

Машины с вертикальным ходом верхнего электрода (см. табл. 118) могут быть использованы для сварки заготовок из нержавеющей стали и легких сплавов, если они снабжены синхронным игнитронным контактором типа ПИТ или ПИТМ.

При сварке изделий, которые трудно перемещать относительно стационарных точечных машин, применяют подвесные точечные машины. Характеристики таких машин приведены в табл. 121.

121. Подвесные точечные машины.

Параметры	МТПГ-75	МТПП-75	МТПГ-150-2	К-165	К-171М	К-201М	К-243
Сила сварочного тока, А	8000	8000	—	—	8000	≤7500	≤15 000
Максимальная толщина сваряемых листов из низкоуглеродистой стали, мм	1,5+ +1,5	1,5+ +1,5	4+4	2+2	2+2	2+2	—
Максимальный диаметр сваряемых прутков из низкоуглеродистой стали, мм	16+16	12+12	—	—	—	—	25+25
Номинальная мощность, кВт . .	75	75	150	25	25	25	90
Номинальный режим работы, ПВ %	20	20	20	20	20	20	10
Производительность, сварок/мин	80	60	50	140	—	—	70—90
Вылет электродов, мм	42; 140	42; 140	280	—	—	—	—
Рабочий ход верхнего электрода, мм	25; 30	20	—	18	18	10	—
Усилие сжатия электродов, кгс	200; 275; 300	200; 300	800	250	—	220	до 1250
Масса машины, кг	370	350	475	—	—	—	—
Масса клещей, кг	12,5	9,5	—	20	20	22	64

Примечания: 1. Вылет электродов, рабочий ход и усилие сжатия для машин МТПГ-75 и МТПП-75 определяются типом клещей.
2. Клещи К-171М имеют ручной привод механизма сжатия.

В табл. 122 приведены характеристики импульсных точечных машин, предназначенных для сварки деталей малой толщины, легких сплавов, нержавеющей стали, титана и других металлов и сплавов.

122. Импульсные точечные машины.

Машина	Характеристика машины	Сила сварочного тока, мм	Вылет электродов, мм	Усилие сжатия электродов, кгс	Номинальная мощность, кВт	Толщина свариваемых деталей, мм
ТКМ-4 ТКМ-8 МТК-1201 МТК-75	К	— — 12 500 80 000	65 150 150 1500	0,5—25 1—56 3—63 250—2000	0,1 0,3 — 75	От 0,02+0,02 до 0,5+0,5 От 0,05+0,05 до 0,5+0,5 От 0,05+0,05 до 0,5+0,5 Легкие сплавы: от 0,3+0,3 до 2,5+2,5
МТК-6301		63 000	1200	150—2000	40	Легкие сплавы: от 0,5+0,5 до 2+2. Нержавеющие стали: от 0,3+0,3 до 1,5+1,5. Титан: от 0,3+0,3 до 2+2
МТПТ-400		78 500	1500	3 200	400	Высокопрочные легкие сплавы: от 0,8+0,8 до 3+3
МТПТ-600	Н	100 000	1500	5 500	600	Высокопрочные легкие сплавы: от 1,5+1,5 до 4,5+4,5
МТВ-63	В	63 000	1200	10 000	450	Низкоуглеродистые стали: от 4+4 до 12+12+12. Легкие сплавы: от 2,5+2,5 до 6+6
<p>Примечания: 1. К — конденсаторная машина; Н — низкочастотная трехфазная машина; В — трехфазная машина постоянного тока с выпрямителем во вторичном контуре.</p> <p>2. На машине МТВ-63 кроме указанных материалов, можно сваривать закалывающиеся и нержавеющие стали, титан и другие металлы и сплавы.</p>						

Машины для рельефной сварки во многом схожи с точечными. От последних они отличаются устройством электродов, повышенной жесткостью станины, лучшими динамическими свойствами привода сжатия. При их изготовлении широко используют узлы точечных машин. Рельефные машины повышенной мощности в дополнение к реле РВЭ-7-1А-2 снабжены электронным регулятором типа РВЭ-8, обеспечивающим пульсирующее включение сварочного тока, которое может осуществляться контакторами типа КИА или прерывателями типа ПИТ и ПИТМ. Характеристики машин для рельефной сварки приведены в табл. 123.

123. Машины для рельефной (и точечной) сварки деталей из низкоуглеродистой стали

Параметры	МР-1607	МР-2507	МРП-150	МРП-200	МРП-300	МРП-400
Сила сварочного тока, А	16 000	25 000	20 000	25 000	32 000	40 000
Максимальная толщина деталей при точечном напоре, мм	2,5+ +2,5	4,5+ +4,5	5+5	6+6	7+7	8+8
Номинальная мощность, кВт	70	131	130	180	260	370
Производительность, сварок/мин	160	150	65	65	40	40
Вылет электродов, мм	300	300	350	350	320	320
Усилие сжатия, кгс	800	1600	1400	1400	3500	3500
Масса, кг	430	615	885	910	1280	1350

Машины для роликовой сварки

Роликовые машины общего назначения (табл. 124) можно подразделить на следующие группы:

машины переменного тока для непрерывной роликовой сварки неотвечественных изделий из низкоуглеродистых сталей толщиной до 1,5 мм без покрытий; такие машины (например, МШ-1001), как правило, снабжены электромагнитным контактором;

машины переменного тока для прерывистой роликовой сварки изделий из низкоуглеродистых и легированных сталей без покрытия; эти машины (МШ-1601, МШП-100, МШП-150, МШП-200) снабжены интронными контакторами типа ПИШ, обеспечивающими импульсное включение сварочного тока с продолжительностью импульсов и пауз между ними в пределах 0,02—0,38 с;

конденсаторные роликовые машины (МРК-3; серии ШКМ и др.) для сварки изделий малой толщины из различных сталей и сплавов;

машины для шаговой роликовой сварки изделий из легких сплавов импульсами выпрямленного трехфазного тока (МШШИ-400, МШШТ-600);

роликовые трехфазные машины постоянного тока с выпрямлением во вторичном контуре; такие машины (МШВ-6301) более универсальны, имеют меньшую массу и габариты по сравнению с машинами типа МШШИ-400 и МШШТ-600. На них можно сваривать различные стали и сплавы.

124. Машины для роликовой сварки

Параметры	МШ-1001	МШ-1601	МШ-2001	МШП-100	МШП-150	МШП-200	МРК-3	МШШИ-400
Номинальная сила сварочного тока, А	10 000	16 000	20 000	—	—	—	—	—
Толщина свариваемых заготовок, мм	1,2±1,2	1,5±1,5	1,8±1,8	1,5±1,5	2±2	2,5±2,5	От 0,05 до 0,5±0,5	2,5±2,5
Первичное напряжение, В	220/380	220/380	380	220/380	220/380	220/380	220	380
Номинальная мощность, кВА	27	75	130	100	150	200	3,5	400
Вторичное напряжение, В	1,75—3,5	3,6	3—6	3,3—6,6	3,8—7,7	4,3—8,6	—	3—8,4
Ход верхнего ролика, мм	30	50	10—70	40—115	40—115	40—115	10	100—170
Полезный вылет, мм	400	400	800	800	800	800	140	1200
Скорость сварки, м/мин	1—5	0,8—4,5	0,6—4,5	0,5—1,9	0,5—1,9	0,5—1,9	0,2—0,8	0,2—0,6
Максимальное усилие сжатия, кгс	250	500	800	800	800	800	100	800
Масса машины, кг	500	620	1200	1900	2000	2200	450	6500
Габаритные размеры, мм:								
высота	1400	1455	2225	2200	2200	2200	1425	3350
ширина	520	510	825	1000	1000	1000	880	1420
длина	1256	1770	1870	2200	2200	2200	880	2650

Примечания: 1. Машины МШП-100 и МШП-150 будут заменены машиной МШ-2001.
2. Машины МШШИ-400 и МШШТ-600 будут заменены машиной МШВ-6301.

Наличие у современных роликовых машин поворотной верхней сварочной головки в сочетании со сменными нижними хоботами позволяет сваривать на одной машине как продольные, так и поперечные швы.

Электроды контактных машин

Стойкость электродов, от которой в значительной мере зависят производительность сварки и качество сварных соединений, определяется материалом электродов, их конструкцией, условиями охлаждения, режимом сварки и чистотой поверхности свариваемых заготовок.


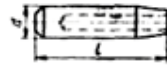
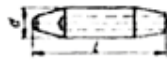
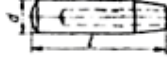
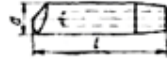
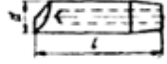
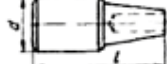
Материал электродов (табл. 125) должен иметь высокие тепло- и электропроводность, температуру разупрочнения, а также достаточную прочность и твердость. Стойкость электродов, изготовленных из специальных сплавов, значительно выше по сравнению с медными.

125. Химический состав, основные свойства и области применения электродных материалов

Материал и марка	Содержание легирующих элементов, %	Электропроводность, % (медь 100%)	Твердость <i>HB</i>	Температура разупрочнения, °C	Рекомендуемая механическая или термомеханическая обработка	Основное назначение
Медь М1	-	97	100—110	250—270	Холодная деформация 40—60%	-
Кадмиевая бронза Бр.Кд1 (МК)	0,9—1,2 Cd	85 — 95	95—115	350	Холодная деформация 40 — 60%	Точечная и роликовая сварка легких сплавов
Хромокадмиевая бронза Бр.Мц5Б (Бр.ХКд 0,5-0,3)	0,25 — 0,45 Сг; 0,17 — 0,35 Cd	85 — 90	110 — 120	370	Закалка в воду после выдержки при 940 — 960° С ная деформация 50 — 60%, старение (отпуск) при 470 — 490° С в течение 4 ч	
Хромоциркониевая бронза Бр.МцбА	0,2 — 0,4 Сг; 0,15 — 0,35 Zr	85 — 87	110—130	500		
Хромовая бронза Бр.Х	0,4 — 0,7 Сг	80—85	120—140	400 — 420	Закалка в воду после выдержки при температуре 980—1000° С в течение 1 — 1,5 ч, холодная деформация 40 — 60%, старение (отпуск) при 470 — 490° С в течение 4 ч	Точечная и роликовая сварка
Хромоциркониевая бронза Мц5	0,3 — 0,5 Сг; 0,2 — 0,35 Zr	80 — 85	130—145	500		сталей и титана
Никельбериллий-титановая бронза НБТ	1,4—1,6 Ni; 0,2 — 0,4 Be; 0,05 — 0,15 Ti	50 — 55	190—230	510	Закалка в воду после выдержки при 960—980° С в течение 1,5 — 2 ч, холодная деформация 40 — 60%, старение (отпуск) при 420 — 460° С в течение 4 ч	Точечная и роликовая сварка нержавеющей сталей, титана; губки стыковых машин
Никельбериллиевая бронза Бр.МцЗ	0,9 — 1,2 Ni; 0,15—0,3 Be; 0,1 — 0,25 Mg	55 — 60	180—230	490	Закалка в воду после выдержки при 940 — 960° С в течение 1,5 — 2 ч, холодная деформация 40 — 60%, отпуск при 510—520° С в течение 5 ч	Губки стыковых машин
Элконайт ВМ	20—30 Cu; 80—70 W	20—25	200	~	Элконайт ВМ получают методом порошковой металлургии путем пропитки спрессованных заготовок расплавленной медью	Вставки в электроды точечных, роликовых машин и в губки стыковых машин

Электроды для точечной сварки (сменные вставки), предназначенные для использования на серийных точечных машинах, приведены в табл. 126. Рекомендуемые размеры электродов для точечной и роликовой сварки различных материалов даны в табл. 127.

126. Электроды для точечной сварки.

Эскиз	ГОСТ	Обозначение электродов	Размеры электродов, мм	
			<i>d</i>	<i>l</i>
	14111-69	0821-0013	16	55
		0821-0015	16	70
		0821-0019	20	55
		0821-0021	20	70
		0821-0109	16	36
		0821-0111	16	45
		0821-0113	16	55
		0821-0115	16	70
		0821-0119	20	55
		0821-0121	20	70
		0821-0205	16	55
		0821-0207	16	70
		0821-0211	16	55
		0821-0213	16	70
		0821-0263	16	55
		0821-0265	16	70
		0821-0267	16	90
		0821-0277	25	55
		0821-0357	16	55
		0821-0359	16	70
		0821-0363	20	70
		0821-0365	20	90
		0821-0401	16	55
		0821-0421	25	55
Примечание. Другие размеры электродов (диаметр или радиус сферы контактной поверхности, углы скосов и пр.) даны в нормалах, указанных в таблице.				

127. Рекомендуемые размеры электродов для точечной и роликовой сварки, мм.

Толщина заготовок	Низкоуглеродистые и низколегированные стали				Жаростойкие и нержавеющие стали		
	Прямые электроды		Ролики		Прямые электроды		
	Диаметр электрода	Диаметр контактной поверхности	Ширина ролика	Ширина рабочей поверхности	Диаметр электрода	Диаметр контактной поверхности	Радиус сферы
0,5 + 0,5	12	4	6	4	12	4	25—50
1 + 1	12	5	12	6	12	5	75—100
1,5 + 1,5	16	6	15	8	16	7	100—150
2 + 2	20	8	20	10	20	8	100—150
2,5 + 2,5	20	9	—	—	20	9	150—200
3 + 3	25	10	—	—	25	10	150—200

Толщина заготовок	Жаростойкие и нержавеющие стали			Легкие сплавы			
	Ролики			Прямые электроды		Ролики	
	Ширина ролика	Ширина рабочей поверхности	Радиус рабочей поверхности	Диаметр электрода	Радиус сферы	Ширина ролика	Радиус рабочей поверхности
0,5 + 0,5	6	4	25—50	12	50	12	50
1 + 1	10	5	75—100	16	75	20	75
1,5 + 1,5	12	7	100—150	20	100	20	75
2 + 2	15	8	100—150	25	100	20	100
2,5 + 2,5	18	9	150—200	25	150	25	100
3 + 3	20	10	150—200	30	150	25	150

Электроды для роликовой сварки выполняют в виде дисков диаметром 40—400 мм. Форму их рабочей поверхности выбирают в зависимости от толщины, формы и материала свариваемых заготовок (табл. 127). При сварке стали форму контактной поверхности роликов принимают цилиндрической шириной 4—10 мм. При сварке цветных металлов и стальных заготовок повышенной толщины лучшее качество обеспечивает сферическая поверхность с радиусом до 200 мм.

Электроды для стыковой сварки, воспринимающие большие усилия при зажатии заготовок, рекомендуется выполнять из сплавов повышенной твердости с электропроводностью 40—60% проводимости меди (см. табл. 125). Конструкция электродов в значительной мере определяется формой и размерами свариваемых заготовок.

ТЕХНОЛОГИЯ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

Подготовка заготовок к сварке

Перед сваркой производят правку и взаимную подгонку заготовок, и также очистку их поверхностей от окалины, ржавчины, смазки, пыли и других загрязнений.

При сварке неочищенных заготовок заметно снижается качество соединений и увеличивается износ электродов контактных машин. Способ очистки выбирают в зависимости от размеров и материала заготовок, характера загрязнений и типа производства. Мелкие детали с окалиной и ржавчиной в условиях массового производства очищают в галтовочных барабанах или травлением в растворах кислот с последующей нейтрализацией в щелочной ванне, промывкой проточной водой и сушкой горячим воздухом. Окислы и ржавчину с крупных заготовок удаляют абразивными кругами или дисковыми металлическими щетками. Применяют также гидropескоструйную или дробеструйную обработку. Жиры и масло удаляют бензином, ацетоном или другими растворителями.

Сборка заготовок при точечной и роликовой сварке должна обеспечивать достаточно плотное взаимное прилегание. Наличие зазоров препятствует образованию хорошего контакта между заготовками, что приводит к возникновению дефектов сварки.

Торцы заготовок, соединяемые стыковой сваркой сопротивлением, обрабатывают до получения ровной поверхности, перпендикулярной к оси заготовок. При сварке оплавлением к подготовке торцов предъявляют меньшие требования (пригодны заготовки после резки на прессах, ножницах, механических пилах, а также после газовой резки с очисткой поверхности от шлака).

При всех способах стыковой сварки необходимо очищать поверхности заготовок, соприкасающиеся с токоподводящими губками.

Стыковая сварка

Для получения качественного стыкового соединения необходимо равномерно нагреть заготовки по всему сечению в прилегающих к стыку зонах; обеспечить возможность одинаковой пластической деформации обеих заготовок; предотвратить или свести до минимума окисление металла на торцах в процессе нагрева; обеспечить условия для свободного удаления окислов из стыка. Выполнение этих требований возможно при надлежащей подготовке деталей к сварке и правильно выбранном способе и режиме сварки.

Сварка сопротивлением. Величины основных показателей режимов сварки приведены в табл. 128 и 129.

128. Рекомендуемые режимы сварки сопротивлением круглых или квадратных заготовок из углеродистой стали

Площадь сече- ния заготовки, мм ²	Установочная длина на обе заготовки, мм	Давление осад- ки, кгс/мм ²	Припуск на осадку, мм			Плотность тока, А/мм ²	Время нагрева, с
			Общий	Под током	Без тока		
7	7	1—3	2,2	1,6	0,6	—	0,2—0,3
25	12		2,5	1,7	0,8	200	0,6—0,8
50	16		2,7	1,8	0,9	160	0,8—1,0
100	20		3,0	2,0	1,0	140	1,0—1,5
Примечание. Величина припуска на осадку указана для сварки заготовок с плотно подогнанными торцами.							

Свариваемые материалы		Давление, кгс/мм ²
Правая деталь	Левая деталь	
Низкоуглеродистая сталь	Малоуглеродистая сталь	1—3
Нержавеющая сталь	Нержавеющая сталь	0,5—1,5
Нихром	Нихром	
Медь	Медь	1—1,5
Алюминий	Алюминий	
Медь	Латунь	
Латунь	Латунь	
Низкоуглеродистая сталь	Латунь	

Примечание. Для нержавеющей стали и нихрома значения удельного давления указаны при сварке заготовок диаметром до 5 мм.

Силу сварочного тока подсчитывают как произведение плотности тока (А/мм²) на площадь сечения заготовок (мм²). Необходимая плотность тока возрастает с уменьшением сечения заготовок, с уменьшением времени сварки, с повышением теплопроводности и снижением удельного сопротивления металла.

Целесообразно осуществлять сварку на повышенных плотностях тока, так как при этом повышается качество соединения и снижается расход электроэнергии.

Величину усилия осадки P (кгс) подсчитывают как произведение удельного давления (кгс/мм²) на площадь заготовок (мм²).

Установочная длина l (мм) — величина выступающих из губок концов деталей в начале сварки (рис. 124). При заниженной установочной длине детали прогреваются недостаточно, так как тепло интенсивно отводится в губки. Завышение ее сопровождается перегревом деталей и увеличением длины деформируемого участка. Кроме того, возможны перекосы или несоосность торцов вследствие потери устойчивости.

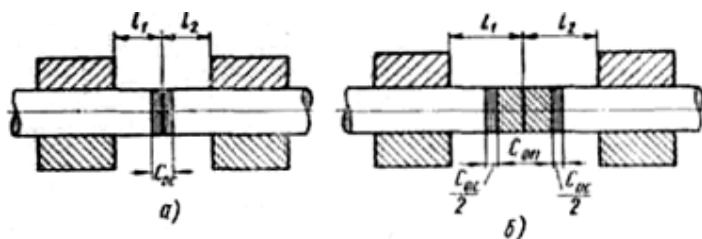


Рис. 124. Схема установки свариваемых деталей при стыковой сварке:

а — сопротивлением; б — непрерывным оплавлением; $l_1 + l_2$ — суммарная установочная длина; $C_{оп}$ — припуск на оплавление; $C_{ос}$ — припуск на осадку

Припуск на осадку $C_{ос}$ (мм) распределяют на осадку под током и осадку без тока. Если осадка недостаточна, в стыке остаются окислы и раковины, наблюдаются непроверенные участки. При завышении величины осадки качество стыков также понижается вследствие искривления волокон и перегрева металла.

Время нагрева $t_{св}$ (°) — время прохождения тока через заготовку. При сварке на машинах, у которых выключение тока осуществляется в определенный момент осадки регулируемым конечным выключателем, время нагрева зависит в основном от плотности тока. Кроме того, оно зависит от давления и величины осадки под током. Наиболее качественные стыки можно получить, если время нагрева соответствует значениям, указанным в табл. 129.

Завышенное время нагрева является одной из причин возникновения окислов в стыке и образования малопластичной перегретой структуры металла.

Сварка оплавлением. Величины основных показателей сварки приведены в табл. 130—136.

Припуск на оплавление $S_{оп}$ (мм) должен быть таким, чтобы осуществить равномерный и достаточный нагрев деталей, выровнять зазоры между торцами и получить на торцах тонкий слой жидкого металла. Для создания защитной среды, препятствующей окислению металла в зоне сварки, оплавление должно быть устойчивым. Припуск на оплавление возрастает с увеличением диаметра или толщины деталей.

Силу сварочного тока (А) подсчитывают так же, как и при сварке сопротивлением. Плотность тока для стальных заготовок при сварке непрерывным оплавлением 3—50 А/мм², при сварке с подогревом 3—15 А/мм² (нижние пределы соответствуют сварке заготовок большого сечения). В момент осадки и коротких замыканий плотность тока в 2—3,5 раза выше, чем при устойчивом оплавлении.

130. Ориентировочные величины давления (хгс/мм²) при стыковой сварке оплавлением

Металл	Способ сварки	
	Непрерывным оплавлением	Оплавлением с подогревом
Низкоуглеродистая сталь	8—10	4—6
Среднеуглеродистая сталь	10—12	4—6
Высокоуглеродистая сталь	12—14	4—6
Низколегированная сталь	10—12	4—6
Аустенитная сталь	16—25	10—18
Медь	25—40	—
Алюминий	12—15	—
Алюминиевые сплавы	13—20	—
Латунь	14—18	—
Бронза	14—18	—
Титан	3—6	3—4
Чугун	8—10	4—6

Необходимая мощность машины при стыковой сварке зависит от производительности процесса и типа свариваемых заготовок. Она равна произведению площади сечения заготовок на удельную мощность, выбранную по табл. 131. Напряжения холостого хода указаны в табл. 132.

131. Ориентировочная потребная мощность (кВА/мм²) при сварке оплавлением различных марок конструкционной стали

Способ сварки	Мелкосерийное производство	Массовое производство
Непрерывным оплавлением	0,15 — 0,25	0,25 — 0,40
Оплавлением с подогревом	0,05 — 0,08	0,12 — 0,16
Сварка колец непрерывным оплавлением	—	0,40 — 0,60

132. Наименьшие значения напряжения холостого хода при стыковой сварке

Способ сварки	Вторичное напряжение (В) при площади сечения заготовки, мм ²							
	До 50	Св. 50 до 100	Св. 100 до 250	Св. 250 до 500	Св. 500 до 1000	Св. 1000 до 2000	Св. 2500 до 5000	Св. 5000 до 10 000
Сопrotивлением	1,5	2	2,5	3	—	—	—	—
Непрерывным оплавлением	4	4,5	5	6,5	8	10	—	—
Оплавлением с предварительным подогревом . .	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7

Скорость оплавления $v_{оп}$ (мм/с) в начале процесса незначительна, возрастает до своего максимального значения перед осадкой. Низкая начальная скорость оплавления увеличивает глубину прогрева деталей, а высокая конечная скорость оплавления предупреждает окисление металла на торцах.

Скорость осадки $v_{ос}$ (мм/с) должна быть не ниже определенного предела, который растет с увеличением теплопроводности и склонности металла к окислению. Высокая скорость осадки (особенно в начальный момент, когда закрывается зазор между оплавленными торцами) затрудняет образование окислов и способствует более полному удалению окислов из стыка.

Усилие осадки $P_{ос}$ (кгс) возрастает с повышением жаропрочности свариваемого материала (табл. 130). Оно также возрастает с уменьшением температуры металла в околостыковых зонах, за счет которых происходит пластическая деформация.

Установочная длина и припуск на осадку влияют на качество соединения при сварке оплавлением так же, как при сварке сопротивлением. Их значения при сварке стержней, листов, труб, заготовок инструмента приведены в табл. 133—136; в табл. 137 даны режимы стыковой сварки оплавлением латунных прутков.

133. Припуски (мм) при стыковой сварке оплавлением стержней из низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей (на оба стержня)

Диаметр стержня, мм	Площадь сечения, МП	Припуск при сварке с подогревом			Припуск при сварке непрерывным оплавлением		
		общий	на оплавление	на осадку	общий	на оплавление	на осадку
5	20	—	—	—	6	4	2,0
10	78	7,3	5	2,3	8	5,7	2,3
14	154	9,3	6,5	2,8	12	9,5	2,5
18	254	11,2	8,0	3,2	16	13	3,0
22	380	12,6	9,0	3,6	18	14,8	3,2
26	530	15	11,2	3,8	22	18,5	3,5
30	707	16	12,0	4,0	25	21,5	3,5
36	1018	18	13,0	5,0	30	26	4,0
40	1257	20	14,5	5,5	33	28,5	4,5
45	1590	21	15,0	6,0	37	31,5	5,5
50	1963	22	15,5	6,5	43	37	6,0
55	2376	23	16,0	7,0	-	-	-
60	2827	25	17,5	7,5	-	-	-
70	3848	26	18,0	8,0	-	-	-
80	5027	28	19,5	8,5	-	-	-
90	6362	32	23,0	9,0	-	-	-
100	7850	38	28,0	10,0	-	—	—
<p>Примечания: 1. Суммарная установочная длина равна 1,5 диаметра стержня при сварке низкоуглеродистых сталей и 2 — 2,4 диаметра стержня при сварке низколегированных сталей.</p> <p>2. При наличии зазоров между неровно срезанными торцами надо соответственно увеличить общий припуск на сварку (за счет припуска на оплавление).</p> <p>3. Припуск на осадку под током составляет 40 — 50% от общего припуска на осадку.</p>							

134. Припуск и его распределение при сварке полос низкоуглеродистой стали

Размеры в мм

Толщина полосы	Ширина полосы	Припуск				
		общий	на оплавление	на осадку		
				общий	под током	без тока
2	100 200	9 11	7	2	1	1
	400 800	11,5	9			
	1200	13,5 15	9	2,5 3,5	1	1,5
	2000	17,5	10	4 1,5	1,5	2
			11		2	
			13			2,5
3	100 200	12	9	3	1	2
	400 800	13,5	10 11	3,5		
	1200	15	12 13	4	1,5	
	2000	16,5	14	4,5		2,5
		18		5	2	
		20		6		3
4	100 200	13,5	10	3,5	1,5	2
	400 800	15	11	4		
	1200	16,5	12	4,5	2	
	2000	18	13	5		2,5
		19,5	14	6,5	2,5	
		21	15	6		3 3,5
5-10	100 200	14	10	4	2	2
	400 800	16	11,5	4,5		2,5
	1200	17,5	12	5,5		3
	2000	19,5	13,5	6	2,5	
		21,5	15	6,5		3,5
		23	16	7	3	4

Примечание. При толщине полос $a \leq 3$ мм, установочная длина $l_y = (2,0 \div 2,5)a + C_0$; при $a = 5 \div 10$ мм $l_y = (3 \div 3,5)a + C_0$, где C_0 общий припуск на сварку.

135. Ориентировочные режимы сварки труб из низкоуглеродистой и низколегированной стали непрерывным оплавлением

Размеры в мм

Размер трубы	Устано- вочная длина	Вторичное напряжение холостого хода, В	Припуск		
			на оплавление	на осадку	
				под током	без тока
83×5	70	6,5—6,8	10—12	4	2
83×4		6,5	10—11	2	3
76×6		6,8—7,2			1,5
60×6			10—12	4	2
60×5		6,5—6,8			4
60×3	60	5,0—5,5	9—10	2	2,5
38×4,5			8—10		
32×5,5		6,0—6,5	10—12	3	1
32×4,0		6,0—6,2			
32×3,0		5,0—5,4	8—9	2	2

136. Режим стыковой сварки инструмента

Диаметр, мм	Площадь, мм²	Вторичное напряжение, В	Установочная длина, мм		Припуск, мм									
					общий			на подогрев	на оплавление	на осадку				
			для быстрорежущей стали	для углеродистой стали	Быстрорежущая сталь	Углеродистая сталь	Всего			под током	без тока			
8—10	50—80	3,8—4	10	15	3	2	5	1	2	0,5	1,5			
11—15	80—180		12	20	3,5	2,5	6	1,5	2,5					
16—22	200—380		15											
23—30	415—700	4—4,5	18	27	4	3	7	2	2,5	0,5	2			
31—35	750—960	4,5—5,1	20	30								5	3	8
36—40	1000—1260	5,1—5,5												
41—46	1320—1660	5,5—6			22	33	5,5	3,5	9	2,5	3			
47—50	1730—1965	6—6,5												
51—55	2000—2375	6,5—6,8	25	40								6	4	10
55—58	2375—2750	7—7,5			7	5	12	2,5	4	1,5	4			
58—60	2750—3000	7,5—8												

137. Режимы стыковой сварки латунных стержней

Марка	Диаметр стержней, мм	Вторичное напряжение, В	Установочная длина, мм	Припуск на оплавление, мм			Припуск на осадку, мм	Усилие/механизма осадки, кгс
				равномерное	ускоренное	суммарное		
ЛС59-1	12,5 13,4	5,44	40	7	5 6	12 13	15	5000 6000
Л62	15,0 16,0		48 50		8	15		17
ЛМц58-2	17,0 19,5	5,65	60					
ЛЖМц59-1-1	20,0 21,0							

Примечания: 1. Сварка осуществлялась на машине, оснащенной пневматическим приводом подачи подвижной плиты с гидротормозом. Сопротивление короткого замыкания машины $Z = 120 \cdot 10^{-3}$ Ом.
2. Скорость равномерного оплавления 1 мм/с, оплавления перед осадкой — 15—18 мм/с.
3. Прутки диаметром более 15 мм сваривают оплавлением с предварительным подогревом одним—тремя замыканиями и размыканиями.

Точечная сварка

Конструкция узлов для точечной сварки должна позволять: применять нормальные электроды (см. табл. 126), интенсивное охлаждение которых повышает их стойкость; выполнять сварку без введения больших участков стальных заготовок в сварочный контур машины; сваривать точки в необходимой последовательности, обеспечивающей наименьшую деформацию деталей.

С увеличением количества одновременно свариваемых заготовок снижается качество сварного соединения. В связи с этим в ответственных конструкциях рекомендуется одновременно сваривать не более двух заготовок.

Толщины двух заготовок из листового материала не должны различаться более чем в 3 раза. При большей разности для получения качественного соединения рекомендуется применять конденсаторную

или рельефно-точечную сварку.

Точки на деталях необходимо размещать с учетом шунтирования тока. Чем меньше расстояние между точками, а также чем больше толщина и выше электропроводность материала заготовок, тем большая часть общего тока шунтируется через ранее сваренную точку.

Минимальные значения шага точек приведены в табл. 138.

138. Рекомендуемые размеры (мм) шага точек

Толщина более тонкого металла	Шаг точек				Толщина остатка тонкого металла	Шаг точек			
	Конструкционная сталь	Нержавеющая сталь	Сплав никель	Сплав алюминий		Конструкционная сталь	Нержавеющая сталь	Сплав никель	Легкие сплавы
0,5	10	8	16	10	2,0	16	14	25	20
0,8	12	10		12	2,5	22	19		22
1,0	14	12		14	3,0	28	19		26
1,2		20	16	3,5	30	20	30	28	
1,5	4,0			35	22	35	30		

Примечание. При сварке наплавляя из трех деталей размер шага увеличивается приблизительно на 50%.

П о р я д о к с в а р к и . Участки вблизи ребер жесткости, углы и другие труднодеформируемые места должны быть сварены в первую очередь; участки больших размеров должны свариваться от середины к концам; точки должны свариваться подряд, так как это препятствует образованию гофр и уменьшает шунтирование тока.

Р е ж и м с в а р к и определяется следующими основными показателями: величиной силы тока, временем включения тока, усилием сжатия заготовок, формой и диаметром контактной поверхности электродов. Величины этих показателей зависят от свариваемого материала и его толщины.

При сварке двух заготовок различной толщины режим в основном определяется более тонкой заготовкой с некоторым увеличением тока.

Режимы точечной сварки некоторых материалов приведены в табл. 139—143.

139. Ориентировочные режимы точечной сварки низкоуглеродистой стали

Толщина заготовок, мм	Диаметр контактной поверхности электродов, мм		Продолжительность прохождения сварочного тока, с	Усилие на электродах, кгс	Сила тока, А
	начальный	перед запуском			
0,5 + 0,5	5	6	0,2 — 0,3	30 — 40	4 000 — 5 000
1 + 1	5	6	0,2 — 0,35	80—120	6 000 — 7 000
1,5+1,5	6	7	0,25 — 0,35 0,25	120 — 160	7 000 — 8 000
2 + 2	7	8	+ 0,35	160 — 200	8 000 — 9 000
2,5 + 2,5	8	10	0,4 — 0,6	200 — 250 500—	11 000—12 000
3 + 3	10	12	0,6—1,0	600	12 000 — 16 000
4 + 4	12	14	0,8—1,1	600—800	14 000—18 000
5 + 5	12	14	0,9 — 1,2	800 — 900 900—	17 000 — 22 000
6 + 6	14	15	1.1 — 1,5	1200	20 000 — 25 000

140. Ориентировочные режимы точечной сварки стали марок 30ХГСА, 40ХНМА и 45 с последующей термообработкой в электродах машины

Толщина заготовок, мм	Диаметр контактной поверхности электрода, мм	Усилие на электродах, кгс	Первый импульс		Пауза между импульсами, с	Второй импульс	
			Сила тока, А	Продолжительность, с		Сила тока, А	Продолжительность, с
0,8 + 0,8	4—5	60	5 000	0,5	0,24	2500	0,5
1,0 + 1,0	5—6	80	6 000	0,6	0,20	3000	0,6
1,2 + 1,2	6—7	100	7 000	0,8	0,24	3500	0,8
1,5 + 1,5	6—7	140	8 000	1,0	0,30	4000	1,0
2,0 + 2,0	7—9	200	9 000	1,4	0,40	4500	1,4
2,5 + 2,5	8—10	300	10 500	1,6	0,46	5000	1,6
3,0 + 3,0	9—10	400	12 000	2,0	0,5	6000	2,0

141. Ориентировочные режимы точечной сварки аустенитной стали типа Х18Н9

Толщина заготовок, мм	Диаметр контактной поверхности электродов, мм	Усилие на электродах, кгс	Продолжительность включения сварочного тока, с	Сила сварочного тока, А
0,2 + 0,2	2,5	45 — 90	0,02 — 0,06 0,04	2 000 — 3 000
0,5 + 0,5	4	90—180 150—	— 0,08 0,08 —	3 000 — 4 000
0,8 + 0,8 1,0+1,0	5	300	0,12 0,10 — 0,16	4 000 — 5 000
1,5+1,5	5	200 — 400 350	0,16 — 0,24 0,20	4 500—6 000
2,0 + 2,0	7	— 600 450—700	— 0,28 0,20 —	5 500 — 8 000
2,5 + 2,5	8	600—800	0,30	6 000—10 000
	8			8 000—11 000

142. Режимы точечной сварки алюминиевых сплавов на однофазных машинах переменного тока [3]

Толщина деталей, мм	Характеристика режима	Сплавы типа Д16АТ, Д30АТ, АМг-6							Сплавы типа Д16АМ, Д30АМ, АМг				
		Сварочное усилие, кгс	Ковочное усилие, кгс	Начало ково-ного усилия, с	Действующее значение силы тока, кА	Длительность выдержки силы тока, с	Длительность спада силы тока, с	Общее время выключения тока, с	Сварочное усилие, кгс	Ковочное усилие, кгс	Начало ково-ного усилия, с	Действующее значение силы тока, кА	Время выключения тока, с
0,5±0,5	НН	220	—	—	17	—	—	0,06	130	—	—	16	0,08
	МН	200	—	—	16	0,04	0,12	0,24	—	—	—	—	—
1,0±1,0	НН	450	—	—	24	—	—	0,12	250	—	—	22	0,12
	МН	350	—	—	23	0,04	0,14	0,30	—	—	—	—	—
1,5±1,5	НН	650	—	—	30	—	—	0,16	350	—	—	27	0,14
	МН	550	—	—	29	0,06	0,18	0,38	—	—	—	—	—
	НК	450	1200	0,16	28	—	—	0,16	—	—	—	—	—
2,0±2,0	НН	800	—	—	35	—	—	0,20	500	—	—	32	0,18
	МН	700	—	—	33	0,08	0,18	0,46	400	1000	0,22	30	0,18
	НК	650	1500	0,24	32	—	—	0,20	—	—	—	—	—

Обозначения режимов: НН — сила тока и усилие не меняются в процессе сварки;
МН — сила тока модулированная, усилие не меняется;
НК — сила тока не меняется, ково-ное усилие возрастает.

Примечание. Начало ково-ного усилия дано по отношению к началу выключения сварочного тока.

143. Режимы точечной сварки алюминиевых сплавов на конденсаторных машинах [3]

Толщина деталей, мм	Усилие, кгс		Начало ковоч- ного усилия (от на- чала выклю- чения тока), с	Сила свароч- ного тока, кА	Длительность импульса, с			Настройка машины типа АТК-75 (коэффициент трансформации 60)	
	сварочное	ковочное			Началь- ная	Спад	Общая	Напря- жение конден- саторов, В	Емкость батареи, мкФ
Сплавы типа Д16АТ									
0,3±0,3	120	—	—	16,5	0,006	0,021	0,027	350	8 400
0,5±0,5	200	—	—	26,0	0,012	0,027	0,039	320	16 800
0,8±0,8	280	500	0,034	27,0	0,014	0,039	0,053	360	26 200
1±1	400	600	0,041	30,5	0,018	0,046	0,064	340	33 600
1,5±1,5	600	1400	0,065	48,0	0,028	0,068	0,096	350	64 000
2±2	800	2400	0,084	55,0	0,029	0,073	0,102	360	103 200
2,5±2,5	1000	3000	0,127	67,0	0,038	0,104	0,142	400	176 400
Сплавы типа Д16АМ									
0,3±0,3	80	—	—	15,0	0,006	0,021	0,027	340	8 400
0,5±0,5	120	—	—	20,5	0,012	0,027	0,039	320	16 800
0,8±0,8	190	—	—	29,0	0,018	0,046	0,064	320	33 600
1±1	250	—	—	32,0	0,019	0,050	0,069	340	42 000
1,5±1,5	400	—	—	44,0	0,024	0,064	0,088	340	67 200
2±2	650	1000	0,084	54,0	0,026	0,076	0,104	380	109 500
2,5±2,5	700	1400	0,118	65,0	0,032	0,100	0,132	400	168 000

Форма, размеры и количество рельефов изменяются в широких пределах в зависимости от формы и толщины свариваемых заготовок, а также их назначения. Для получения качественных соединений требуются тщательная очистка заготовок и точная штамповка как заготовок, так и рельефов. Это обеспечивает равномерное распределение тока и усилия сжатия между рельефами. Скорость нагрева рельефов должна быть оптимальной, чтобы не возникало выплесков (если она завышена) или преждевременного расплющивания рельефов без образования литого ядра (если она занижена). Для предупреждения выплесков целесообразно также постепенное нарастание тока. Применение ково-ного усилия обеспечивает получение более устойчивых результатов. Режимы рельефной сварки низкоуглеродистых сталей -приведены в табл. 144 и 145.

144. Режимы одноимпульсной рельефной сварки тонколистовой низкоуглеродистой стали (2)

Толщина каждой детали, мм	Размеры рельефа, мм		Рекомендуемые минимальные размеры, мм		Минимальный диаметр литого ядра, мм	Сила сварочного тока на рельеф, кА	Усилие на рельеф, кгс	Продолжительность сварочного импульса, с
	Диаметр	Высота	Расстояние между рельефами	Нахлестка фланцев				
0,6	2	0,5	14	5	3	5,5	90	0,06
0,8	2,5	0,5	16	5,5	3	6,6	110	0,06
1	3	0,7	21	7	4	8	150	0,16
1,2	3	0,7	24	8	4,5	8,6	180	0,16
1,5	4	0,9	28	10	5	10,3	250	0,24
1,8	4	0,9	30	10	5,5	11	300	0,28
2	5	1	32	11	6	11,8	360	0,3
2,4	5,5	1	34	13	7	13,1	460	0,32
2,8	6	1,4	46	16	8	14,1	560	0,38
3,2	7	1,5	48	18	9	14,8	680	0,44

145. Режимы рельефной сварки низкоуглеродистой стали повышенных толщин [2]

Толщина каждой детали, мм	Размеры рельефа, мм		Рекомендуемые минимальные размеры, мм		Минимальный диаметр литого ядра, мм	Сила сварочного тока, кА	Усилие на рельеф, кгс		Продолжительность нарастания силы тока, с	Общая продолжительность сварки, с
	Диаметр	Высота	Расстояние между рельефами	Нахлестка фланцев			при сварке	при проковке		
Нормальные рельефы										
3,6	8	1,6	38	19	11	15,4	900	1900	0,3	1,2
4	9	1,7	40	20	12	16,1	1040	2080	0,3	1,4
4,4	9,5	2	44	22	13	17,4	1200	2400	0,4	1,64
4,8	10	2	48	24	14	18,8	1330	2660	0,4	1,96
5,2	11	2,3	50	25	15	20,2	1440	2880	0,5	2,24
6,4	13,5	2,8	64	32	18	23,3	1770	3540	0,6	2,9
Уменьшенные рельефы										
3,6	6,8	1,5	40	19	9	11,1	640	1280	0,3	1,2
4	7,5	1,6	42	20	10	11,8	650	1300	0,3	1,4
4,4	8	1,7	43	21	11	12,8	680	1360	0,4	1,64
4,8	8,5	1,8	44	23	11,5	13,9	725	1450	0,4	1,96
5,2	9	2	46	24	12	14,9	785	1570	0,5	2,24
6,4	10	2,2	52	28	13	17,3	950	1900	0,6	2,9

Типы соединений для роликовой сварки выбирают с учетом толщины и материала заготовок, а также условий работы изделия. При изготовлении сосудов предпочтительнее соединение с отбортовкой (рис. 125, а). При таком соединении деталь во время сварки не вводится в сварочный контур машины, следовательно, сохранится постоянной величина силы сварочного тока.

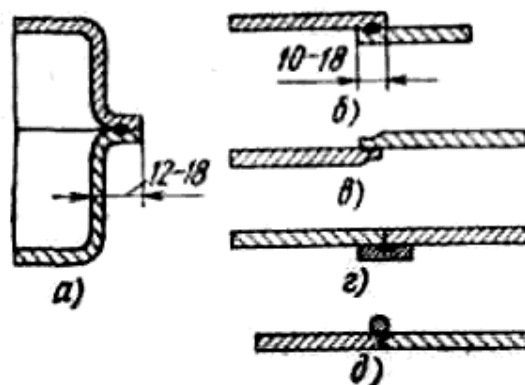


Рис. 125. Типы соединений при роликовой сварке: *а* — с отбортовкой; *б* — внахлестку; *в* — с уменьшенной нахлесткой; *г* — с подкладкой; *д* — встык с прутком

Введение в сварочный контур машины магнитных материалов, например, заготовок из низкоуглеродистой стали, вызывает рост индуктивного сопротивления машины, в результате чего уменьшается сила сварочного тока. Ширина отбортовки для стальных заготовок толщиной 1—2 мм находится в пределах 12—18 мм.

Широко применяют соединение внахлестку (рис. 125, *б*), которые при роликовой сварке обеспечивают высокую прочность и плотность швов. Величину нахлестки берут 10—18 мм. Другие соединения, показанные на рис. 125, применяют значительно реже, так как они не обеспечивают достаточной прочности.

Длинные швы при роликовой сварке заготовок из магнитных материалов, вводимых в контур машины, рекомендуется разбивать на два или более участка. При разбивке на два участка швы сваривают от середины к концам. При большем количестве одинаково расположенные участки выделяют в отдельные группы, которые затем сваривают на разных ступенях трансформатора. Это позволяет предупредить непровар шва вследствие уменьшения силы тока при введении в контур машины магнитных материалов.

Режим сварки. Общими показателями режима для всех способов роликовой сварки (см. табл. 114) являются: величина силы сварочного тока, усилие сжатия заготовок между электродами, скорость сварки, форма и ширина контактной поверхности роликов. Для прерывистой роликовой сварки дополнительными показателями являются время включения и время выключения тока, составляющие в сумме цикл сварки. Циклы следуют один за другим так, что отдельные сварные точки перекрывают одна другую, образуя прочноплотный шов.

Режимы роликовой сварки приведены в табл. 146—149.

146. Режимы непрерывной роликовой сварки низкоуглеродистой стали

Толщина заготовок, мм	Ширина роликов, мм	Усилие сжатия, кгс	Скорость сварки, м/мин	Сила тока, А
0,2+0,2	4	80	1	2500
0,5+0,5	5	100		3000
1 + 1	5	120		3500
0,24-0,2	4	80	1,5	3000
0,5+0,5	5	100		3500
1 + 1	5	120		5000
0,2 + 0,2	4	80	2	3500
0,5+0,5	5	100		4500
1 + 1	5	120		7000

147. Режимы прерывистой роликовой сварки низкоуглеродистой стали

Толщина заготовки, мм	Ширина контактной поверхности роликов, мм	Усилие сжатия, кгс	Время включения тока, с	Время выключения тока, с	Приблизительное количество прерываний		Скорость сварки, м/мин	Сила тока, А	Примерный шаг точек, мм
					в секунду	на 1 м шва			
0,25 + 0,25	5	175	0,04	0,02	16	500	2	8 000	2
0,5 + 0,5		225			12,5	400	1,9	11 000	2,5
0,75 + 0,75	6	300	0,06	0,04	10	333	1,88	13 000	3
1 + 1		400			8	386	1,75	15 000	3,5
1,25 + 1,25	8,5	450	0,08	0,06	7	252	1,7	16 500	3,9
1,5 + 1,5		525		0,08	6	250	1,5	17 500	4
2 + 2	10	650	0,12	0,1	5	200	1,4	19 000	5

148. Режимы прерывистой роликовой сварки нержавеющей стали

Толщина заготовки, мм	Ширина контактной поверхности роликов, мм	Усилие сжатия, кгс	Время включения тока, с	Время выключения тока, с	Приблизительное количество прерываний		Скорость сварки, м/мин	Сила тока, А	Примерный шаг точек, мм
					в секунду	на 1 м шва			
0,1 + 0,1	3	60	0,02	0,2	25	1000	1,5	2000	1
0,2 + 0,2		80						2500	
0,3 + 0,3	4	100	0,04	0,04	16	640	1,2	3000	1,5
0,4 + 0,4		120			12,5	500		3500	
0,5 + 0,5	5	150	0,06	0,06	10	600	1,0	4000	2
0,6 + 0,6	6	180						4200	
0,8 + 0,8	7	200	0,08	0,08	8,3	500	1,0	4500	1,6
1 + 1		270			6,2	370		5000	
1,2 + 1,2		350						6000	2,7

149. Режимы прерывистой роликовой сварки алюминиевых сплавов

Толщина заготовки, мм	Ширина контактной поверхности роликов, мм	Усилие сжатия, кгс	Время включения тока, с	Время выключения тока, с	Приблизительное количество прерываний		Скорость сварки, м/мин	Сила тока, А	Примерный шаг точек, мм
					в секунду	на 1 м шага			
0,4+0,4	2,3	230	0,02	0,06	12,5	800	0,95	22 000	1,25
0,6+0,6	2,8	270		0,08	8,3	714	0,7	26 000	1,40
0,8+0,8	3,3	320				588	0,8	24 000	1,70
1,0+1,0	3,6	340	0,06	0,10	8,2	500	0,75	32 000	2,0
1,2+1,2	4	390		0,14	5		0,6	36 000	
1,5+1,5	4,8	430		0,18	4,1	400	0,65	38 000	2,5
2,0+2,0	6,6	490	0,08	0,24	3,1		0,5	41 000	

ДЕФЕКТЫ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Основные дефекты стыковой, точечной и роликовой сварки, а также причины их возникновения приведены в табл. 150 и 151.

150. Дефекты стыковой сварки и их причины

Дефект	Причина
Неметаллические включения в стыке (главным образом окислы)	Неустойчивое оплавление, мала конечная скорость оплавления; недостаточная величина осадки: преждевременное выключение тока; низкая скорость осадки
Непровар	Недостаточное давление осадки; недостаточный нагрев заготовок вследствие заниженных сил тока, времени нагрева, припусков на подогрев и оплавление; мала осадка
Перегрев металла	Велики припуски на оплавление, осадку под током; велики силы тока и время его протекания; чрезмерный подогрев перед оплавлением; завышена установочная длина
Смещение торцов заготовок	Неправильная подготовка торцов заготовок; плохая наладка машины; недостаточная жесткость зажимов машины и ее направляющих; большая установочная длина

Поджог на поверхности заготовок в местах токоподвода	Не очищены заготовки; загрязнены токоподводящие губки; недостаточное усилие зажатия; плохое охлаждение электродов
Трещины в зоне сварки	Недостаточный предварительный нагрев; малая установочная длина; перегрев металла; большое давление осадки; чрезмерно быстрый нагрев и охлаждение (при завышенной силе тока)

151. Дефекты точечной и роликовой сварки и их причины

Дефект	Причина
Непровар (отсутствие или малые размеры литого ядра)	Недостаточные силы тока или время включения; плохая сборка и очистка заготовок; завышены контактная поверхность электродов или давление; большое шунтирование тока из-за малого шага точек, плохой сборки и очистки заготовок или случайного касания заготовок с токоведущими частями машины
Перегрев наружных поверхностей заготовок, выплеск	Плохая очистка заготовок; включение тока при недостаточном усилии на электродах; завышены сила тока или время включения; не очищены электроды
Трещины и раковины в ядре точки	Недостаточны время включения, время проковки и усилие на электродах; с запозданием осуществляется проковка повышенным давлением после выключения тока; плохая очистка заготовок
Хрупкость сварного соединения	Интенсивное охлаждение месте Сварки в результате недостаточного и рем он и включения тока или завышенного времени пребывания детали под электродами после выключения тока
Негерметичность роликового соединения	Недостаточны ток или время сварочного импульса; велико время паузы между импульсами тока; уменьшился ток вследствие введения в контур машины заготовок из магнитных материалов; плохая очистка заготовок
Глубокие вмятины на поверхности заготовок	Завышены сила сварочного тока или время его включения; недостаточные размеры контактной поверхности электродов

При изготовлении деталей контактной сваркой необходимо контролировать исходные заготовки, состояние и настройку контактных машин, режимы сварки и качество деталей после сварки. Сварка загрязненных заготовок приводит к непроварам, выплескам, прожогам, повышенному износу электродов и другим дефектам.

В процессе подготовки машины к сварке необходимо проверить зажимы, направляющие, устранить

зазоры, установить необходимые усилия сжатия, отрегулировать момент включения и выключения тока.

Правильность выбранных режимов проверяют сваркой опытных образцов с последующим испытанием их на прочность (при необходимости соединения, выполненные роликовой сваркой, испытывают также на плотность).

Качество деталей после сварки контролируют внешним осмотром, механическими испытаниями на прочность, анализом макро- и микро структуры в зоне соединения. В отдельных случаях применяют физические методы контроля, например рентгеновский, ультразвуковой.