

## ЭЛЕКТРОШЛАКОВАЯ СВАРКА

### СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА И РАЗНОВИДНОСТИ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКИ (ЭШС)

Сущность процесса. Схема электрошлакового процесса показана на рис. 88.

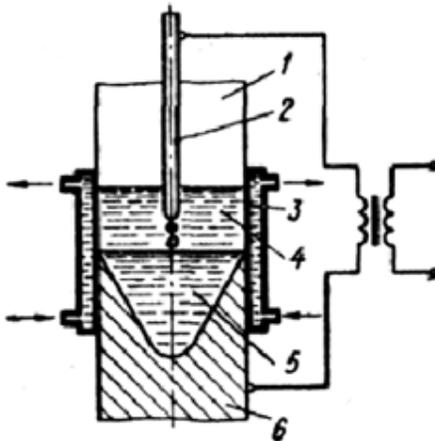


Рис.88. Схема электрошлакового процесса: 1- свариваемые детали; 2 – электрод; 3 – водоохлаждающие формирующие ползуны; 4 – шлаковая ванна; 5 – металлическая ванна; 6 – сварной шов.

При сварке изделий электрошлаковым способом оплавление основного 1 и расплавление электродного 2 металлов осуществляется за счет выделения тепла при прохождении электрического тока через расплавленный, обладающий электрической проводимостью флюс, который удерживается в колодце, образованном кромками свариваемых деталей 1 и специальными формирующими водоохлаждаемыми устройствами 3 типа ползунов или пластин.

За счет разницы в плотности электродный металл (плотность металла значительно больше плотности любого входящего в состав флюса компонента) опускается на дно расплава, образуя металлическую ванну 5, а расплавленный флюс находится в верхней части расплава, образуя шлаковую ванну 4. Электродный металл каплями, проходящими через слой шлака, опускается в металлическую ванну. Капли электродного металла, проходя через жидкий шлак, взаимодействуют с ним, улучшая при этом свой химический состав. Шлаковая ванна, постоянно находясь в верхней части расплава, исключает воздействие окружающего воздуха на жидкий металл.

Для получения гарантированного сплавления температура шлаковой ванны должна превышать температуру плавления основного и электродного металлов.

Вертикальное положение шва и постоянное наличие в верхней его части жидкой металлической ванны при ЭШС значительно облегчает удаление газов и неметаллических включений из металла шва. Именно эти особенности электрошлакового процесса послужили основой для разработки прогрессивного способа получения особо чистых металлов и сплавов — электрошлакового переплава.

Минимальная толщина деталей, которые можно сваривать встык этим способом без технологических затруднений, находится в пределах 30—40 мм.

Наиболее экономически целесообразно применение электрошлаковой сварки при изготовлении толстостенных конструкций.

Благодаря возможности сварки швов сложной конфигурации электрошлаковая сварка получила также широкое распространение и в ремонтном производстве.

К преимуществам электрошлаковой сварки относят:

- возможность получения за один проход сварных соединений практически любой толщины;
- отсутствие необходимости специальной подготовки кромок свариваемых деталей;
- получение неразъемных соединений за один проход, что не требует зачистки шлака после наложения каждого слоя, как это производится при электродуговой сварке;
- расход флюса в десятки раз меньший, чем при обычной электродуговой сварке под слоем флюса;
- возможность применения электродов самой различной формы;
- малую вероятность возникновения трещин и пор;
- незначительное содержание газов в шве;
- отсутствие подрезов;
- малую зависимость зазора между соединяемыми деталями от толщины свариваемого металла, поэтому при увеличении толщины соединяемых элементов этот способ по сравнению с другими дает значительную экономию электродных материалов;
- позволяет устранить шлаковые включения;
- сокращение расхода электроэнергии.

К недостаткам электрошлаковой сварки можно отнести:

- возможность производства сварки только в вертикальном или почти вертикальном положении свариваемых плоскостей;
- высокую степень перемешивания основного и электродного металлов, а также большой процент перехода загрязнений из основного металла в металл шва;
- наличие крупнозернистой структуры в металле шва и переходной зоне;
- необходимость изготовления и установки перед сваркой технологических деталей (планки, «стартовые карманы», формирующие устройства и др.).

Разновидности ЭШС. ЭШС применяют при изготовлении конструкций из малоуглеродистых, среднеуглеродистых, низколегированных, среднелегированных и высоколегированных сталей, чугуна и цветных металлов, а также для наплавки различных сплавов на малоуглеродистые и низколегированные стали.

Электрошлаковая сварка может быть осуществлена различными способами и приемами (рис. 89).

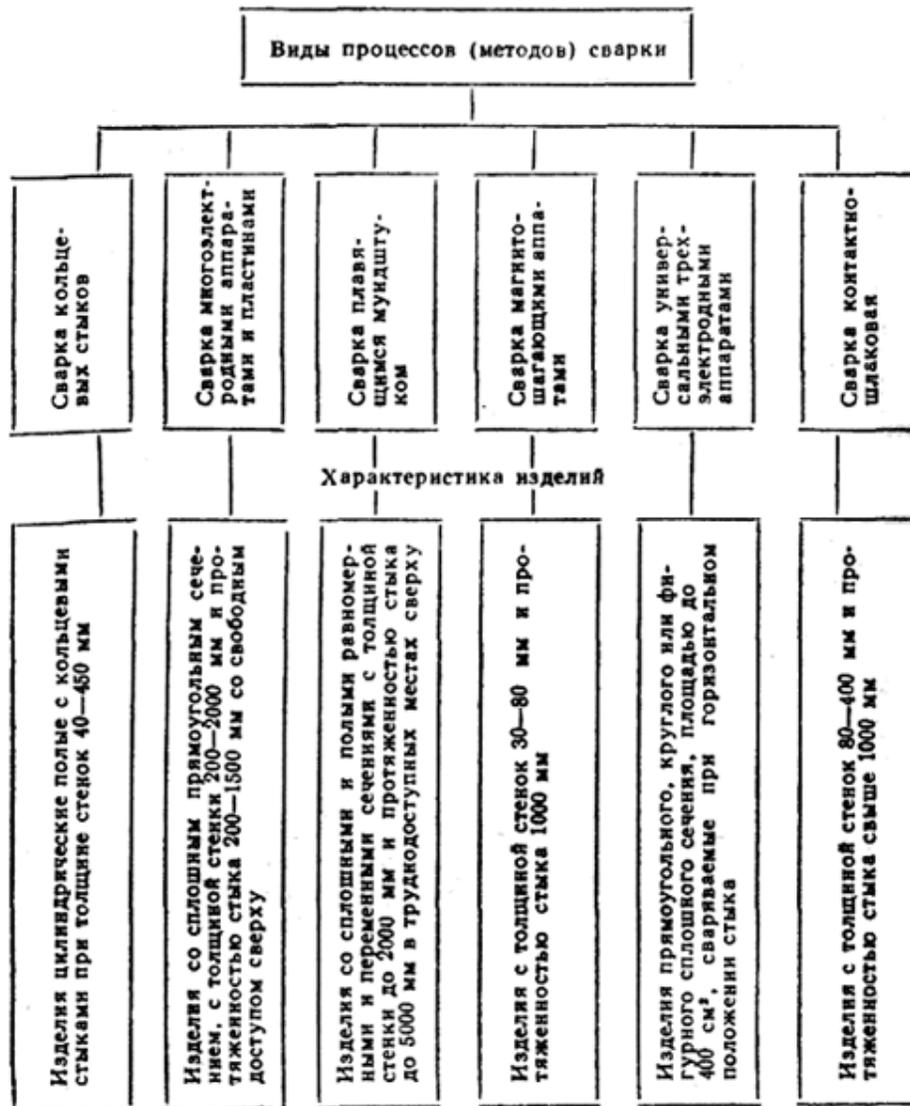


Рис. 89. Схема рационального применения ЭШС при изготовлении изделий с применением стыковых, угловых и тавровых соединений

Сварка проволочными электродами (ШЭ, рис. 90) может осуществляться: одной, двумя, тремя и более проволоками с неподвижной осью и с постоянной скоростью подачи к шлаковой ванне; наряду с подачей к шлаковой ванне проволоки совершают в зазоре возвратно-поступательное движение в направлении толщины свариваемых листов.

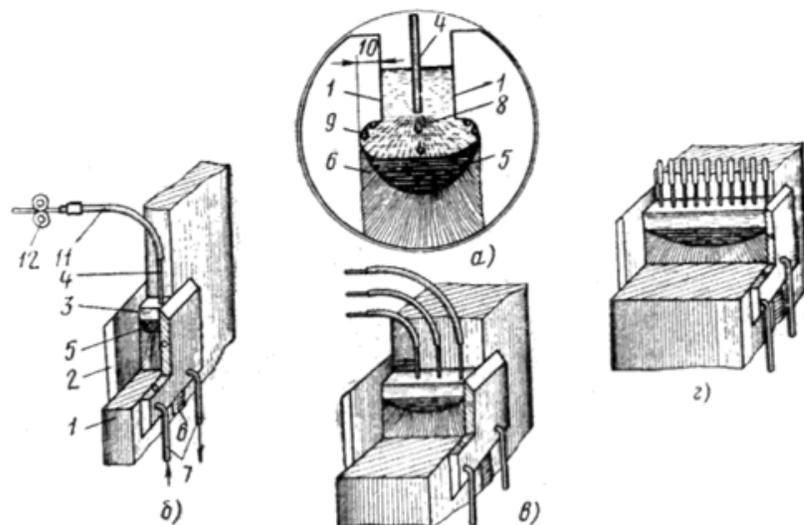


Рис. 90. Схема процесса электрошлаковой сварки: *а* — принципиальная схема; *б* — сварка одним электродом с неподвижной осью; *в* — сварка тремя электродами, имеющими возвратно-поступательное движение; *г* — многоэлектродная сварка; 1 — свариваемый металл; 2 — медные ползуны, охлаждаемые водой; 3 — шлаковая ванна; 4 — электродная проволока; 5 — металлическая ванна; 6 — сварной шов; 7 — трубки для подвода и отвода воды; 8 — капли плавящегося электрода; 9 — капли оплавленного металла; 10 — величина проплавления кромок металла; 11 — токоподводящий мундштук; 12 — ролики, подающие проволоку в шлаковую ванну

Сварка пластинчатыми электродами (ШП) характеризуется тем, что вместо проволоки электродами являются пластины, непрерывно подаваемые к месту сварки.

Сварка плавящимся мундштуком (ШМ, рис. 91) заключается в том, что мундштук плавится вместе с электродной проволокой. В данном случае мундштук делается примерно из того же материала, что и заготовки, или другого, обеспечивающего требуемые прочностные показатели сварного соединения.

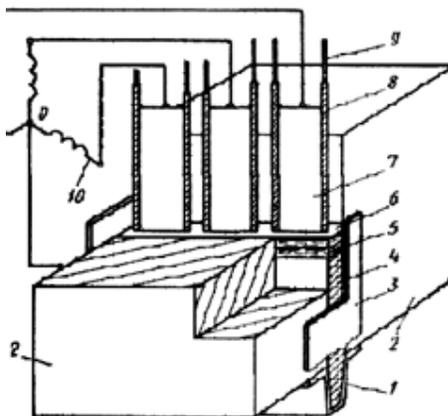


Рис. 91. Схема ЭШС плавящимся мундштуком (ШМ) прямолинейных стыков: 1 — медный кокиль для начала сварки; 2 — свариваемые заготовки; 3 — устройство для удержания металлической и шлаковой ванны в зазоре при сварке и формировании шва (охладитель); 4 — шов; 5 — металлическая ванна; 6 — шлаковая ванна; 7 — плавящийся мундштук; 8 — спираль из проволоки или свальная трубка для подачи проволоки к месту сварки; 9 — электродная проволока; 10 - вторичная обмотка сварочного трансформатора

Сварку пластинчатыми электродами большого сечения прямолинейных и переменного сечения стыков (рис. 92) выполняют с применением электродов того же химического состава, что и свариваемые заготовки. Два утолщенных пластинчатых электрода 2, установленных между свариваемыми кромками, закрепляют неподвижно в зазоре с помощью диэлектрических скоб и изоляторов, а других два электрода 1 с помощью подающего механизма перемещаются совместно в шлаковую ванну.

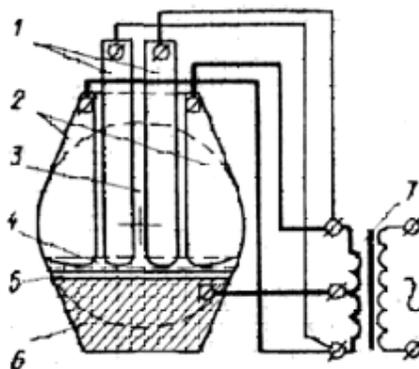


Рис. 92. Схема ЭШС пластинчатыми электродами (ШП) заготовок переменного сечения: 1 — пластинчатые электроды подвижные, имеющие прямоугольную форму; 2—пластинчатые электроды неподвижные, имеющие форму заготовки; 3 — свариваемая заготовка; 4 — шлаковая ванна; 5 — металлическая ванна; 6 — металл шва; 7 — сварочный трансформатор

Поскольку способ предназначен для сварки слитков и поковок, выполненных электрошлаковым переплавом диаметром до 3000 мм, то питание током производят от мощного трансформатора ТШП-10-1 по бифилярной схеме, позволяющей снизить индуктивное сопротивление силового контура и повысить электротехнические характеристики сварочной установки.

Сварка подплавающимся мундштуком (рис. 93) от сварки плавящимся мундштуком отличается тем, что расплавляемая часть мундштука составляет небольшую долю шва, а также возможностью сварки с колебаниями, что позволяет уменьшить количество подающих механизмов в сравнении со сваркой плавящимся мундштуком. Питание подплавающегося мундштука обычно происходит от одной фазы трансформатора.

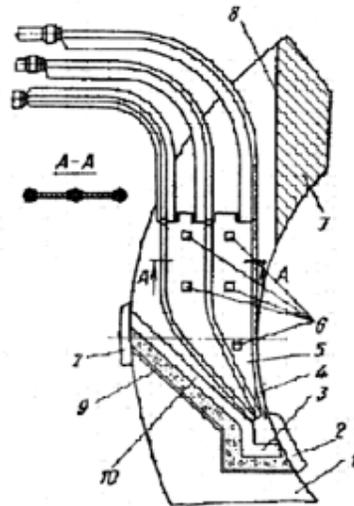


Рис. 93. Схема ЭШ подплавающимся мундштуком кольцевого стыка:

1 — свариваемая кромка заготовки; 2 — медные охлаждаемые ползуны, удерживающие в зазоре между свариваемыми кромками расплавленный металл и шлак в процессе сварки; 3 — карман (стальная пластина толщиной 20 мм) для шлаковой ванны; 4 — спираль для подачи проволоки; 5 — пластина мундштука; 6 — изоляционные прокладки для удержания мундштука в центре стыка; 7 — металл шва (условно); 8 — линия реза (условно) металла шва после удаления кармана перед окончанием сварки; 9 — подкарманник (стальная пластина толщиной 2 мм) для удержания флюса в зазоре; 10 — прослойка флюса, предотвращающая вытекание расплавленного металла и шлака из кармана

Контактно – шлаковая сварка (рис. 94) может применяться при сварке стержней значительных диаметров, при приварке торцов стержней к плоским поверхностям. При этом способе сварки присадочный металл отсутствует; ток пропускают между свариваемыми частями.

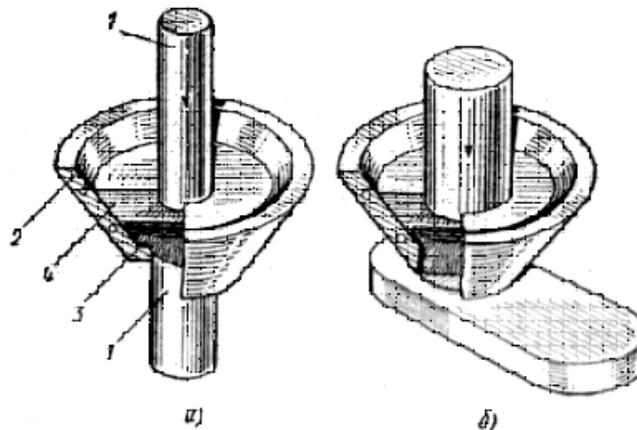


Рис. 94. Схема контактно-шлаковой сварки:

а — сварка стержней встык; б — приварка стержня к плоской поверхности; 1 — свариваемые стержни; 2 — медный кокиль; 3 — металлическая ванна; 4 - шлаковая ванна

Сварка ленточными электродами (рис. 95) отличается от сварки плавящимся мундштуком тем, что вместо проволоки в сварочную ванну по направляющей кассете подают один или несколько ленточных электродов из стали толщиной 1—2 мм.

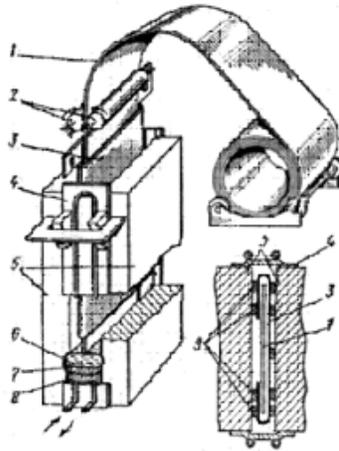


Рис. 95. Схема сварки ленточным электродом:

1 — лента-электрод; 2 — подающий механизм; 3 — направляющая кассета (мундштук); 4 — медное формирующее устройство (охладитель); 5 — свариваемые заготовки; 6 — шлаковая ванна; 7 — металлическая ванна; 8 — сварной шов; 9 — изоляционные прокладки

## ТИПЫ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ШВОВ

Типы и конструктивные элементы сварных соединений и швов регламентированы ГОСТ 15164—69.

Основные типы сварных соединений, выполняемые ЭШС, типы и виды швов, конструктивные элементы кромок на заготовках, подготовленных под ЭШС, их размеры, размеры выполненных швов сварных соединений и предельные отклонения по ним приведены соответственно в табл. 80—82 (по ограничительному стандарту Уралмашзавода).

80. Условные обозначения основных типов сварных соединений, выполняемых ШЭ и ШМ

Условное обозначение	Форма поперечного сечения		Условное обозначение	Форма поперечного сечения	
	подготовленных кромок	выполненного шва		подготовленных кромок	выполненного шва
С1	<i>Стыковое соединение</i>		У3		
С3			<i>Тавровое соединение</i>		
У1	<i>Угловое соединение</i>		Т3		

Стыковое соединение является наиболее технологичным и распространенным. В стандарте Уралмашзавода предусмотрено: в сварных соединениях СЗ, УЗ и ТЗ привариваемая подкладка может быть выполнена как часть одной из деталей (рис. 96);

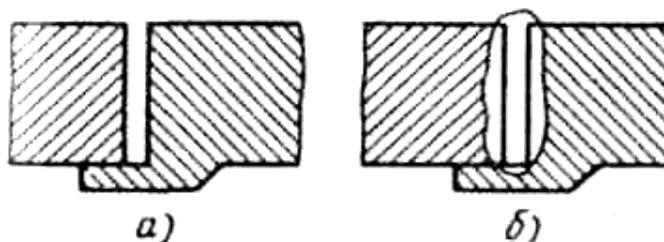


Рис. 96. Замковое соединение: а – форма подготовленных кромок; б – форма сварного соединения

отклонение поверхности продольного сечения стыка от вертикали ( $P$ ) не должно превышать  $15^\circ$  (рис. 97).

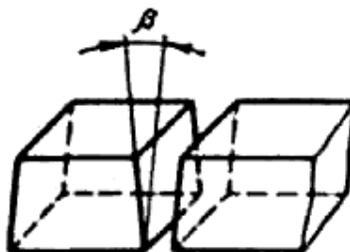


Рис. 97. Допустимое отклонение поверхности продольного сечения от вертикали.

81. Конструктивные элементы сварных соединений (обозначение размеров см. табл. 80)

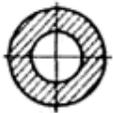
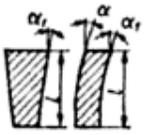
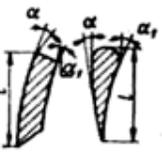
Обозначение способа сварки	Предельная толщина свариваемых деталей, мм	Расчетный зазор $b_p$ , мм
ШЭ	40-80	26
	80—450	28*
ШМ	100—2000	28

\* Для соединений У1  $b_p = 26$ .

Примечания:

1. Толщина  $S_1$  для соединений С1 и С2 равна толщине  $S$ , для остальных соединений  $S, > 0,5S$ , но не более 80 мм.
2. Для соединений С и У величину усиления принимают  $q = 4 \div 10$  мм или без усиления, предельное отклонение  $\pm 1,5$  мм.
3. Ширина подкладки для соединения СЗ  $m = 100$  мм, для остальных соединений  $m = 80$  мм, толщина подкладки для всех соединений  $n = 40$  мм.
4. Для соединений Т сумма  $d + S < 600$  мм при сварке ШЭ, при сварке ШМ — без ограничения.

## 82. Типы и виды швов, выполненных ШЭ и ШМ

Обозначение способа сварки	Тип шва	Вид шва в продольном сечении	$\alpha$	$\alpha_1$	Длина шва $l$ , м, не более	Условное обозначение шва
			не более			
ШЭ, ШМ	Прямой		—	—	5	П
ШЭ	Кольцевой		—	—	—	К
ШМ	Переменного сечения		35°	20°	5	ПС
ШМ	Переменной кривизны		35°	20°	5	ПК

## ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ И СВАРКИ

Изготовление изделий с применением ЭШС вносит коренные изменения в технологию производства массивных крупногабаритных изделий. С внедрением этого способа стало возможным заменить литые и кованные изделия сварно-литыми, сварно-коваными и сварно-прокатными конструкциями и тем самым значительно уменьшить загрузку литейных и кузнечно-прессовых цехов машиностроительных заводов и металлургических комбинатов без расширения производственных площадей, улучшить качество литья, а в ряде случаев и снизить массу изделий.

В номенклатуру ЭШС могут быть включены изделия, изготовление которых: а) обеспечивает существенный экономический эффект по сравнению с другими способами производства (литья,ковки и дуговой сварки — ручной, полуавтоматической и автоматической); б) значительно снижает загрузку уникального оборудования и производственный цикл изготовления изделий; в) позволяет уменьшить массу заготовки путем замены литых и кованных конструкций сварно-прокатными.

Требования к заготовкам и материалам. Материалы для заготовок плавящихся мундштуков, сварочная проволока и флюс должны удовлетворять требованиям стандартов или техническим условиям.

Если производится ЭШС заготовок из сталей низколегированных или легированных, то мундштуки изготавливают из сталей той же марки или аналогичной, но обеспечивающей требуемые прочностные показатели сварного соединения.

Для получения оптимальных прочностных показателей сварного соединения у кованных заготовок к стыку должна быть обращена сторона, находящаяся в донной части слитка.

При изготовлении особо ответственных деталей в сварно-литом и сварно-кованом вариантах (гидравлические цилиндры, барабаны подъемных устройств, клещевины и другие детали металлургических кранов, детали устройств, подведомственных инспекции Госгортехнадзора)

производится контроль качества кромок заготовок и сварного соединения (заготовки и сварное соединение толщиной  $S \leq 400$  мм контролируют на бетатроне; заготовки и сварное соединение из проката, поковок толщиной  $S > 400$  мм контролируют ультразвуковыми приборами соответственно их техническим возможностям). Объем и вид контроля регламентируются техническими требованиями и технологией на конкретное изделие.

Термообработку литых и кованных заготовок производят до ЭШС по режиму стали.

Заготовки при необходимости должны иметь припуски для последующей механической обработки, с учетом возможной усадки и коробления сварного соединения и изделия после термообработки.

Флюсы для электрошлаковой сварки должны обладать следующими качествами: обеспечивать быстрый переход дугового процесса в шлаковый; поддерживать устойчивое прохождение шлакового процесса; создавать полный провар кромок и удовлетворительное формирование поверхности шва; не производить отжата охладяющих устройств от поверхности свариваемого металла; не вытекать в зазоры между охладяющими устройствами и свариваемым металлом; обеспечивать получение швов высокого качества; образовывать легкоотделиющуюся с поверхности шва корочку шлака; шихта флюса не должна содержать дефицитных компонентов.

В наибольшей мере обладают перечисленными качествами флюсы следующих марок: АН-8, АН-8М, АН-22, АН-25, АН-348А, ФЦ-7, АНФ-1 и 48-ОФ-6.

Отсыревший флюс перед употреблением должен быть прокален в электрической печи при температуре 300—700 °С в течение 1—2 ч при толщине слоя насыпки флюса 80—100 мм.

Сборка под сварку. Заготовки собирают под сварку с учетом усадки стыка после ЭШС и возможного коробления изделия в процессе термообработки.

В чертежах на сварное изделие обычно указывают расчетный зазор (конструкторский зазор) между свариваемыми кромками и сборку выполняют с учетом усадки.

Для получения требуемого качества сварного соединения и плотного прилегания охладяющих устройств к кромкам стыка, на кромках свариваемых заготовок и смежных с кромкой зонах на ширине 100 мм по всей длине стыка не должно быть выступов, слоя окалина, ржавчины, грязи и технологической смазки.

Для качественного изготовления изделия необходимо проверить геометрию заготовок, марку стали на литых и кованных заготовках, а на заготовках из проката проверить дополнительно коробоватость, серповидность.

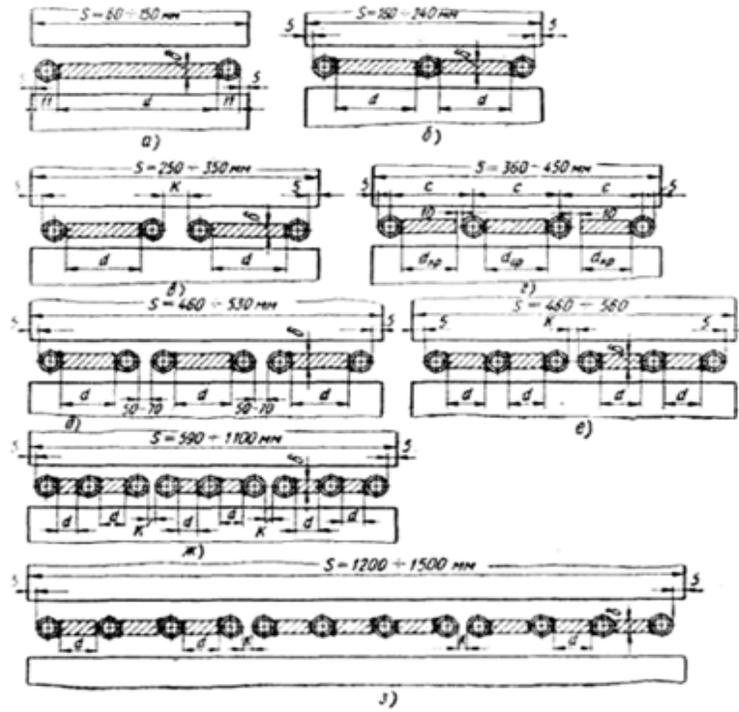
При сборке заготовок из листов с допустимой коробоватостью смещение плоскости одного листа по отношению к другому должно быть разнесено на обе стороны на одну величину. Смещение плоскости одного листа по отношению к другому допускается не более 1—1,3 мм на 1 м длины стыка.

Процесс ЭШС характерен тем, что в начале процесса и при окончании процесса сварки стыка, как правило, получаются участки частичного непровара и незаконченного металлургического процесса (технологические прибыли сварного шва), поэтому эти участки располагают вне стыка. С этой целью при сборке заготовок из проката и поковок по торцам стыков устанавливают входные карманы и выводные планки.

При однотипных изделиях и их серийном выпуске сборку и сварку производят в специальных кондукторах без применения сборочных скоб, входных и выходных планок с использованием кокилей.

Размер технологического зазора между свариваемыми кромками зависит от толщины заготовок и протяженности стыка, марки стали и толщины мундштука. Ориентировочные размеры технологических зазоров и технологические параметры режима ЭШС плавящимися мундштуками для прямолинейных стыков приведены в табл. 83.

83. Технологические параметры ЭШС прямолинейных стыков.



ЭШС	Толщина заготовки S, мм	Ширина пластыв d, мм	Скорость подачи электродов, м/ч	Напряжение на мундштуке, кс, В	Расстояние между мундштуками K, мм	Зазор $b_H$ ( $b_B$ ) при длине стыка, мм		
						<1000	1001-3000	3001-5000
a	60-80 90- 100 110- 120 130- 150	28-48 58-68 78-88 98- 118	140	40- 42- 42- 44- 48- 48- 52	-	30 (33)	30 (36)	30 (49)

Продолжение таблицы 83.

Эскиз	Толщина заготовки S, мм	Ширина пластины d, мм	Скорость подачи электродов, м/ч	Напряжение на мундштуке, В	Расстояние между мундштуками K, мм	Зазор b <sub>H</sub> (b <sub>B</sub> ) при длине стыка, мм					
						<1000	1001-3000	3001—5000			
б	160 — 170	58—63	130	45—48	—	31 (36)	31 (38)	31 (50)			
	180-210	68—83	140 — 150	48 — 50							
	220 — 240	88—98	150	50—52							
в	250 — 270	73 — 83	130	45—47	50	32 (37)	32 (40)	32 (51)			
	280 — 330	88—113	130 —140	48 — 50	50						
	340—350	113	140	48 — 52	60-70						
г	360 — 380	102—108* <sup>1</sup>	130 140 150	48 — 58	10	32 (39)	32 (42)	32 (53)			
	390—410	112-118* <sup>2</sup>		50 — 52							
	420 — 450	122 — 132* <sup>3</sup>		52 — 55							
д	460 — 490	95-105	120	48—50	50	33 (40)	33 (43)	33 (53)			
	500 — 530	108 — ПО	130—140	50 — 52	50-70						
е	460 — 490	81—91	120—130	48 — 50	50	33 (40)	33 (43)	33 (53)			
	500—530	93—101	130 — 140	50—52	50						
	540 — 560	101 — 103	150	52—55	60—70						
ж	590 — 630	63 — 70	110	42—45	50	33 (41)	33 (44)	33 (54)			
	640—680	72 — 79	120	45—47							
	690 —730	80 — 87	130	47—49							
	740 —780	88—95	140	48—50							
	790—880	97—110	150	50—52							
	890—910	114	150	52—55	50-70	34 (44)	34 (45)	34 (56)			
	920 —950	115—120	120	42—45							
	900 —980	122 — 125	130	42—45							
	990—1100	127 — 145	120 — 130	45—47	70				35 (46)	35 (48)	35 (57)
	3	1200—1500	102—135	140							

## Примечания

1. Размеры зазоров b<sub>H</sub> (b<sub>B</sub>) показаны на рис. 98.

2. Толщина пластины для заготовок толщиной до 910 мм δ = 5 мм, для заготовок S = 920÷980 мм δ = 10 мм, для S > 980 мм δ = 12 мм.

3. Для заготовок толщиной 360 — 450 мм размер c принимают:

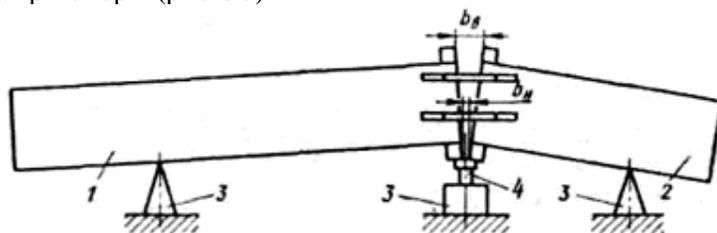
S, мм	360 — 380	390 — 410	420 — 450
c, мм	113—119	123—129	133—143

\*<sup>1</sup> Дано d<sub>ср</sub>, d<sub>кр</sub> = 92÷98

\*<sup>2</sup> То же, d<sub>кр</sub> = 102÷108

\*<sup>3</sup> То же, d<sub>кр</sub> = 112÷122

Собранные на трех подставках заготовки под дном кармана должны иметь временную подставку (сухарь). Подставку после сварки стыка на длине 150—300 мм удаляют. Высота временной подставки должна быть такой, чтобы после ее удаления деталь могла стать прямой, опираясь на три опоры (рис. 98).

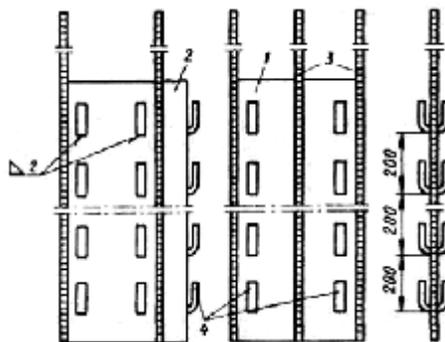


**Рис. 98. Схема сборки заготовок под ЭШС на трех опорах:**

1 — длинная и наиболее тяжелая заготовка; 2 — короткая и наиболее легкая заготовка; 3 — опоры, установленные на одной высоте; 4 — временная подставка, учитывающая величину усадки при ЭШС

Плавящиеся мундштуки изготавливают из стальных пластин применительно к материалу заготовок (МСт 3, 10ХСНД, 20Х2МА, 14Х2ГМР и т. д.) толщиной 5—12 мм. Пластины должны быть выправлены на ребро и плоскость. Спираль (наружный диаметр 11 мм, внутренний 5 мм) для подачи проволоки от подающего механизма к месту сварки изготавливается обычно из проволоки диаметром 3 мм марки Св-10Г2.

Для правильной установки мундштука в зазоре и электрической изоляции мундштука от стенок стыка на мундштук устанавливают и приваривают изоляторы (рис. 99).



**Рис. 99. Схема установки изоляторов на мундштуке:**

1 — центральная пластина плавящегося мундштука; 2 — боковая пластина плавящегося мундштука (флажок); 3 — спирали из проволоки или стальные трубки для подвода проволоки к месту сварки; 4 — изоляторы

Изоляторы изготавливают намоткой на стальную выгнутую пластину размером 2Х12Х60 мм стеклоткани, смоченной жидким стеклом, окунанием пластин в электродное покрытие, применяемое при изготовлении электродов для ручной дуговой сварки или заливкой стальных колец расплавленным флюсом в специальных кокилях.

Собранный мундштук устанавливают в середине зазора между свариваемыми кромками с таким расчетом, чтобы мундштук был параллельным к свариваемой кромке длинной более тяжелой заготовки. Такого положения мундштука в зазоре достигают подгибкой изоляторов на необходимый размер и приварки мундштука к кронштейну (изоляционная скоба). Нижний конец мундштука устанавливают в зазоре с таким расчетом, чтобы расстояние от нижнего торца мундштука до дна кармана составляло 40—50 мм (рис. 100).



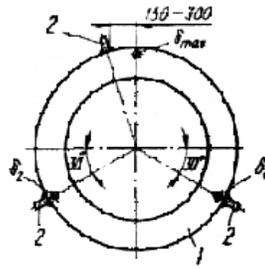


Рис. 101. Схема установки сухарей и сборочных планок при сборке цилиндрических заготовок: 1 — торец свариваемой заготовки; 2 — соединительные планки;  $\delta_{max}$  — сухарь, имеющий наибольшую высоту;  $\delta_1 = \delta_2$  — сухари имеющие наименьшую высоту

При сборке цилиндрических заготовок помимо сухарей к свариваемому торцу одной из заготовок для начала ШЭ устанавливают и приваривают карман для удержания металлической и шлаковой ванны и зазоре.

**Сварка.** Процесс электрошлаковой сварки можно разделить, по меньшей мере, на три основных стадии: начало процесса (наведение шлаковой ванны), собственно процесс сварки (создание сварного шва), окончание процесса (вывод шлаковой ванны).

В практике производства находят применение следующие способы наведения шлаковой ванны: «твердый старт», когда сварочный флюс плавится теплом электрической дуги в специальном в стартовом кармане, и «жидкий старт», когда в пространство, образуемое свариваемыми деталями и формирующими водоохлаждаемыми устройствами, заливают жидкий флюс, который предварительно расплавляют в отдельном агрегате.

Техника «твердого старта» показана на рис. 102 и осуществляется в следующем порядке:

1. устанавливают в положение сварки соединяемые детали 1;
2. устанавливают в исходное положение водоохлаждаемые формирующие устройства — ползун 4 и неподвижную пластину 2;
3. устанавливают стартовый карман 8, конструкция и материалы которого могут быть различны;
4. вводят электрод 3 в полость между кромками свариваемых деталей;
5. засыпают в пространство между кромками деталей твердый флюс 5 необходимой марки.

После выполнения перечисленных операций на электрод и изделие подается напряжение от источника питания и в промежутке между концом электрода и дном стартового кармана возбуждается электрическая дуга 6. Под действием тепла дуги начинают плавиться электродная проволока и флюс, образуется малый объем жидкого шлака 7.

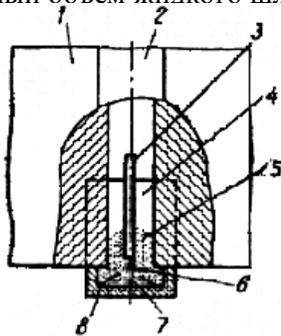


Рис. 102. Схема наведения шлаковой ванны:

- 1 — свариваемые детали; 2 — неподвижная водоохлаждаемая пластина; 3 — электрод; 4 — ползун водоохлаждаемый; 5 — твердый флюс; 6 — электрическая дуга; 7 — жидкий шлак; 8 — стартовый карман

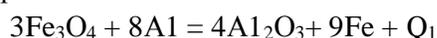
Когда объем жидкого шлака становится достаточно большим, благодаря хорошей его электропроводности значительная часть сварочного тока шунтируется через шлак. Плотность тока в дуге становится недостаточной для ее устойчивого горения, дуга гаснет, и с этого момента процесс переходит в бездуговой (шлаковый).

Тепло, генерируемое в жидком шлаке и металлической ванне, используется для расплавления основного и электродного металлов, а медные водоохлаждаемые устройства, удерживая расплавленный металл и шлак от вытекания, интенсивно охлаждая образующийся расплав, принудительно формируют сварной шов. При сварке несколькими электродами шлаковая ванна наводится последовательным их «закорачиванием» с дном стартового кармана. Процесс наведения шлаковой ванны осуществляют на более высоких электрических режимах, чем сам процесс создания сварного шва.

Для более легкого возбуждения дуги можно в промежуток между концом электрода и дном стартового кармана производить засыпку мелкоизмельченного металлического порошка или «закорачивать» этот промежуток металлическими вставками различных конструкций.

В практике для улучшения наведения ванны в дуговой промежуток помещают в смеси с флюсом двуокись титана ( $\text{TiO}_2$ ), которые образуют состав, обладающий электропроводностью в твердом состоянии. Для быстрого наведения шлаковой ванны применяют также смеси, дающие при своем горении тепловой эффект. Такие смеси называют экзотермическими. Они представляют собой чисто механические порошкообразные составы, состоящие в основном из горючих и окисляющих веществ. Роль горючих веществ выполняют алюминиевый или магниевый порошок, а окисляющих — окись-закись железа  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (окалина) или другие компоненты.

Химическая реакция при горении смеси алюминия с окалиной



$Q_1$  — тепло, выделившееся в ходе реакции, в дополнение к теплу, выделяемому электрической дугой, идет на расплавление твердого флюса. В качестве горючих веществ применяют алюминиево-магниевые порошки марки ПАМ-3, ПАМ-4, которые выпускает промышленность. Экзотермические смеси изготавливают тщательным перемешиванием входящих в их состав компонентов, процентное содержание компонентов в смеси может быть различным, в зависимости от требуемого теплового эффекта и химического состава шлаковой ванны.

Кроме того для наведения шлаковой ванны часто применяют так называемый «жидкий старт».

Применение «жидкого старта» требует решения следующих вопросов: изготовления специального плавильного агрегата, периодической транспортировки тигля с расплавленным шлаком к месту заливки и наличия заливочных устройств, но позволяет ускорить процесс наведения шлаковой ванны и максимально уменьшить размеры входной технологической прибыли сварного шва.

Собранные заготовки под сварку в зависимости от содержания в них эквивалентного углерода ( $C_3$ ), толщины свариваемых кромок, а в некоторых случаях и протяженности стыка подвергают предварительному подогреву. Для подогрева используют термические печи, электрические индукторы, накладываемые на свариваемые кромки стыка, специальные газовоздушные горелки, сварные изделия в некоторых случаях подлежат немедленной посадке в термическую печь с целью предотвращения появления трещин и обеспечения требуемых механических свойств сварного соединения. Термические параметры для заготовок и сварных изделий, выполненных различными видами шлаковой сварки, приведены в табл. 84.

84. Термические параметры для изделий с прямолинейными стыками и стыками переменного сечения, выполненными электрошлаковой сваркой углеродистых и

Группа и эквивалентный углерод	Марка свариваемой стали	Толщина заготовки, мм	Температура подогрева (начала сварки), °С	Температура печи в момент посадки изделия после сварки, °С	Ограничения по посадке изделия в печь на термообработку после ЭШС	
					По времени между окончанием первого стыка и началом термообработки, ч	По температуре первого стыка к моменту начала термообработки, °С
I $C_p < 0,6$	М16С, ВСт1, ВСт2, ВСт3, ВСт4, Ст1—Ст4, 22К, 09Г2С, 09Г2, 25Л, 25ГС, 20ГСЛ	<450 450—1000	Без подогрева	Неограниченно	Неограниченно	Неограниченно
					<300	<3
II $C_p = 0,61+0,8$	Ст5, ВСт5, 30Л, 35Л, 30, 35, 10ХСНД, 15ХГН, 20ХГС	<250 250—1000	150—200	Неограниченно	Неограниченно	Неограниченно
					<300	<3
III $C_p = 0,81+1,0$	40, 25ХГС, 20ХМЛ	<1000	200—250	>350	<2,5	>150
IV $C_p > 1,2$	20Х2МА	<450	250—300	>450	<1,5	>250

Примечания: 1. Химический состав сталей принят по ГОСТам и марочнику сталей, выплавляемых на Уралмашзаводе.  
2. Стали разбиты на четыре группы свариваемости по признаку эквивалентного углерода (см. гл. 6).

При ЭШС ответственных изделий со стыками значительной толщины и протяженности необходимо шлаковую ванну обновлять, т. е. шлак частично из ванны скачивать и досыпать в ванну новые порции флюса для лучшего рафинирования металла шва.

Характеристика сварного соединения при ЭШС зависит от многих факторов, которые определяют устойчивость процесса, а также размер, форму и качество шва. Совокупность этих факторов составляет режим электрошлаковой сварки.

К основным параметрам режима электрошлаковой сварки относятся следующие величины: сварочный ток; напряжение сварки; скорость подачи электродов в шлаковую ванну; сечение электродов; количество электродов; скорость колебаний (поперечных перемещений) электродов; глубина шлаковой ванны; расстояние между электродами; приближение электродов к формирующим ползунам; время выдержки электродов у ползунов; ширина зазора между свариваемыми деталями; сухой вылет электрода; напряжение холостого хода; род и полярность сварочного тока; интенсивность охлаждения формирующих ползунов, а также объем вновь вводимого по мере расхода шлаковой ванны флюса. Зависимость ширины проплавления от отдельных параметров режима сварки и его влияние на формирование швов показаны на рис. 103.

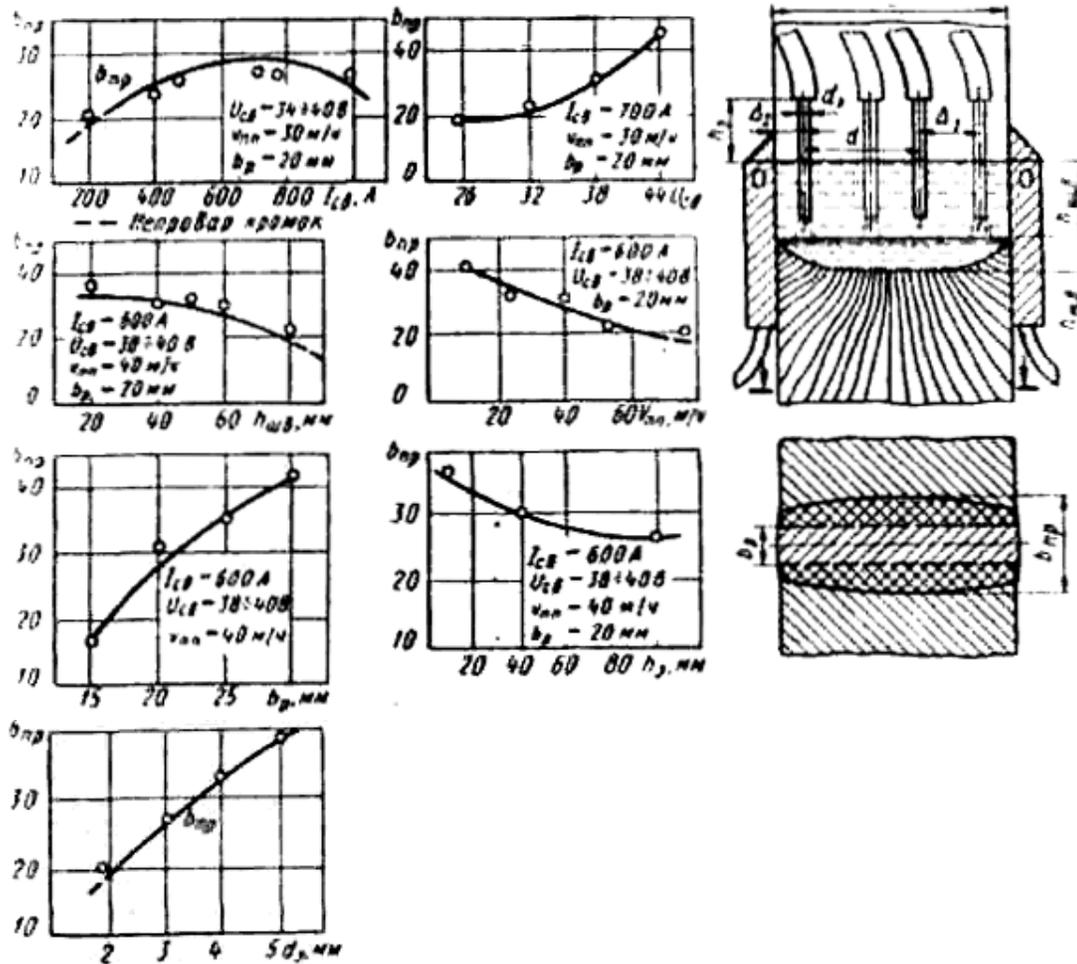


Рис.103. Диаграмма режимов ЭШС:

$h_з$  — вылет электрода;  $h_{ш.в}$  — глубина шлаковой ванны,  
 $h_{м.в}$  — глубина металлической ванны;  $d$  - диаметр электрода;  $\Delta_2$  — минимальное расстояние между электродом и ползуном;  $d$  — расстояние между электродами;  $b_p$  — ширина зазора;  $b_{пр}$  — ширина провара;  $I_{св}$  — сила сварочного тока,  $U_{св}$  — напряжение тока,  $U_{пр}$  — скорость подачи электрода.

Скорость подачи электродной проволоки, подбирают в диапазоне 150—250 м/ч. С увеличением скорости подачи проволоки и силы тока в сварочной цепи увеличивается возможность появления трещин в шве.

Напряжение сварки необходимо выбирать в диапазоне 32—52 В в зависимости от толщины свариваемого металла, марки стали и флюса.

Повышение напряжения увеличивает ширину проплавления. Глубину шлаковой ванны ( $h_{ш.в}$ ) необходимо выбирать порядка 30—60 мм и тщательно поддерживать постоянной во время сварки, периодически замеряя ее щупом и пополняя объем ванны по мере необходимости досыпкой флюса.

С увеличением глубины шлаковой ванны уменьшается ширина проплавления. С уменьшением глубины шлаковой ванны ухудшается устойчивость процесса сварки.

Вылет электродов ( $L_з$ ) обычно применяют 70—90 мм. Чрезмерное увеличение вылета ведет к ухудшению точности направления электродов в разделке и уменьшению силы тока. Уменьшение вылета ведет к перегреву мундштуков и снижению устойчивости шлакового

процесса.

Количество электродов выбирают в зависимости от толщины металла:

Толщина, мм.....	40-110	Св. 110 до 250	Св. 250 до 500
Количество электродов .....	1	2	3

Скорость поперечного перемещения электродов 20—60 м/ч; время остановки электродов в крайних положениях до 6 с; расстояние от электрода до ползуна в крайнем положении ( $\Delta_2$ ) 10 мм.

Расстояние между электродами определяют по формуле

$$d = \frac{S \cdot \Delta_1 - 2\Delta_2}{n_3},$$

где  $S$  — толщина металла, мм;  $n_3$  — количество электродов;  $A_1$  и  $A_2$  см. на рис. 103;  $A_1 = 20$  мм. Величину  $\Delta_1$  принимают: при ползунах с глубиной канавки 2—3 мм  $\Delta_1 = 4-4-7$  мм, с глубиной канавки 10 мм  $\Delta_1 = 0-1-2$  мм.

Скорость подачи проволоки (м/ч)

$$v_{np} = \pi D_p n \cdot 60,$$

где  $D_p$  — начальный диаметр подающего ролика;  $n$  — число оборотов ролика в минуту.

Средняя скорость сварки (м/ч)

$$v_c = \frac{v_{np} \pi d_3^2 n_3}{4S b_p},$$

где  $d_3$  — диаметр электродной проволоки, мм;  $b_p$  — зазор, мм. При диаметре электрода  $d_3 = 3$  мм

$$v_c = \frac{7v_{np}n_3}{Sb}.$$

Кинематическая скорость сварки ( $v_a$ ), на которую настраивают аппарат, должна превышать среднюю скорость сварки в 1,5—2 раза.

Скорость горизонтального (возвратно-поступательного) перемещения электродов в раздельке постоянная, устанавливают в пределах 20-61,5 м/ч.

Технологические параметры ШЭ углеродистых, низкоуглеродистых и термоупрочненных сталей приведены в табл. 85.

85. Режимы ШЭ углеродистых, низколегированных и термоупрочненных сталей для прямолинейных стыков

Марка стали	Скорость подачи проволоки, м/ч	Марка проволоки	Марка флюса	Подогрев, °С
М16С, Ст3, 20, 22К, 25Л, 09Г2 25ГС, 25ГСЛ, 10ХСНД, 10ХГСНД	250	Св-10Г2	АН-8М АН-8	Нет
		Св-08ХГ2СМ	АН-8М АН-8, АН-22, ФЦ-1	•
35, 35Л, Ст5 20Х2МА	225	Св-08ХГ2СМ	АН-8М АН-8, АН-22	200
		Св-08Х3Г2СМ	АН-8, АН-22	350
14Х2ГМР, 14ХМНДФР	≤200	Св-10ХГН2МЮ	АН-8, АН-8М, АН-22	Нет

Термические параметры для изделий в сварном варианте см. в табл.84. Оптимальные параметры скорости подачи проволоки и напряжения при сварке, обеспечивающие качество сварного соединения, даны на рис. 104.

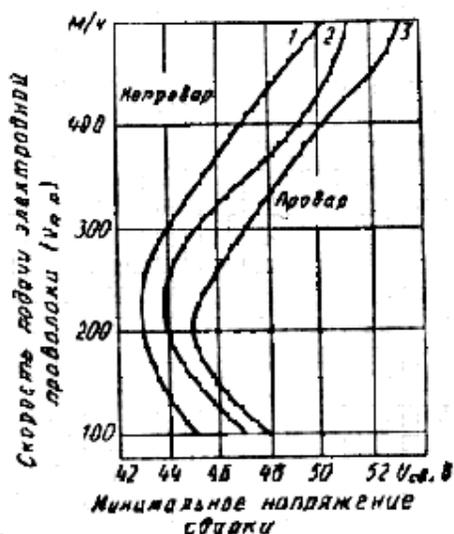


Рис. 104. График зависимости между скоростью подачи проволоки и напряжением, при которых обеспечивается оптимальное проплавление кромок, при различных значениях

$S/h_3$ : 1 — 50 мм; 2 — 100 мм; 3 — 150 мм

Режим ШЭ кольцевых стыков с использованием заготовок из углеродистых и низколегированных сталей приведен в табл. 86.

86. Режим сварки ШЭ кольцевых стыков для углеродистых и низколегированных сталей (СтЗкп, 20ГС, 22К, 25ГС, 25, 35, 35Л)

Толщина свариваемого металла, мм	Количество электродных проволок	Расстояние между электродами проволоками, мм	Напряжение сварки, В	Скорость сварки, м/ч
10—110	1	1	46—54	≤ 0,63
110—250	2	62—132	46—56	
250—500	3	88—172	46—58	

## ОБОРУДОВАНИЕ

Аппараты для электрошлаковой сварки условно разделяют на следующие основные типы: рельсовые аппараты, перемещаются по вертикальным рельсам или по специальным направляющим, устанавливаемым параллельно свариваемому стыку или над стыком;

безрельсовые аппараты, перемещающиеся непосредственно по свариваемому изделию и принудительно сцепляются с ним механическим путем;

шагающие магнитные аппараты, движущиеся непосредственно по изделию и сцепляются с ним при помощи системы шагающих электромагнитов.

Электрошлаковую сварку осуществляют с применением трехфазных сварочных трансформаторов типа ТШС-1000-3, ТШС-3000-3 и однофазных трансформаторов типа ТШП-10-1, имеющих жесткую вольтамперную характеристику. При технологической необходимости ШМ выполняют с помощью многопостовых генераторов постоянного тока типа ПСМ-1000. В комплектацию установок для ЭШС входят аппаратные шкафы и специальные сварочные аппараты.

Для подачи проволоки могут быть использованы следующие аппараты и подающие механизмы.

А п п а р а т А-6 45 — техническую характеристику см. в табл.87, А п п а р а т А-1062 имеет характеристику:

Количество электродов на подающей головке.....	6
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч.....	50—600
Количество головок на траверсе.....	3
Количество траверс .....	2
Максимальное количество электродов на аппарате...	36
Диаметр электродной проволоки, мм .....	3—6
Свариваемая толщина заготовок, мм.....	60—2500

Головки с тремя подающими механизмами укрепляют на траверсах с помощью струбцин. Расстояния между головками могут изменяться за счет перемещения головок на траверсе.

Подающие механизмы головок работают независимо одна от другой, их скорость может изменяться в процессе ШМ двигателем постоянного тока с помощью реостата. Каждая головка может подавать три или шесть проволок одновременно.

Десятиэлектродный подающий механизм (конструкция Уралмашзавода), имеющий характеристику: ,

Количество электродов, шт.....	10
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч .....	95—234
Диаметр электродной проволоки, мм .....	3
Свариваемая толщина заготовок, мм.....	60—1000

Скорость подачи проволоки изменяется с помощью сменных зубчатых колес и имеет семь ступеней регулирования. Привод подающего механизма от асинхронного двигателя, скорость подачи проволоки в процессе сварки постоянная.

Величину проплавления стенок заготовок регулируют за счет изменения напряжения в сварочной цепи.

П о д а ю щ и й м е х а н и з м о т а п п а р а т а А-4 8 0, имеет характеристику:

Количество электродов, шт.....	9
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч .....	42—260
Диаметр электродной проволоки, мм .....	3
Свариваемая толщина, мм .....	60—1000

Скорость подачи проволоки изменяется с помощью сменных зубчатых колес и имеет 16 ступеней регулирования. Привод подающего механизма от асинхронного двигателя, скорость подачи проволоки в процессе электрошлаковой сварки постоянная.

Величину проплавления стенок заготовок регулируют изменением напряжения в сварочной цепи переключением секций обмотки на трансформаторе с помощью переключателя, установленного на переносном пульте или аппаратном шкафу.

Подающие механизмы для полуавтоматической дуговой сварки типа ПШ-54 (390), ПШ-5-1, А-537Р, А-537У, А-765 и другие аналогичные, рассчитанные на проволоку диаметром 2—3 мм, обеспечивающие скорость подачи проволоки 80—600 м/ч.

Подающие механизмы устанавливаются и закрепляются на заготовке, имеющей большую длину и большую массу.

Сварочный ток подается от сварочного трансформатора непосредственно на плавящийся мундштук.

Скорость подачи проволоки — постоянная; величину проплавления (тонок заготовок) регулируют изменением величины напряжения в сварочной цепи переключением секций обмоток на трансформаторе. Переключатель секции обмоток установлен на аппаратном шкафу.

Электрошлаковые аппараты снабжают тремя рабочими механизмами: механизмом подачи электродной проволоки, механизмом вертикального перемещения аппарата, механизмом горизонтального возвратно-поступательного движения электродов.

Трехэлектродный универсальный аппарат Л-372Р наиболее широко применяют в промышленности. Аппарат А-372Р представляет собой модернизированный аппарат А-372М и применяется для односторонней сварки стыковых, угловых и тавровых соединений. Аппарат позволяет производить сварку проволочными или пластинчатыми электродами. В обычном исполнении аппарат предназначен для сварки прямолинейных швов, однако, заменив ряд узлов, его можно использовать и для сварки кольцевых швов. Аппарат А-372Р, настроенный для сварки продольных швов электродной проволокой и пластинчатыми электродами, показан на рис. 105.

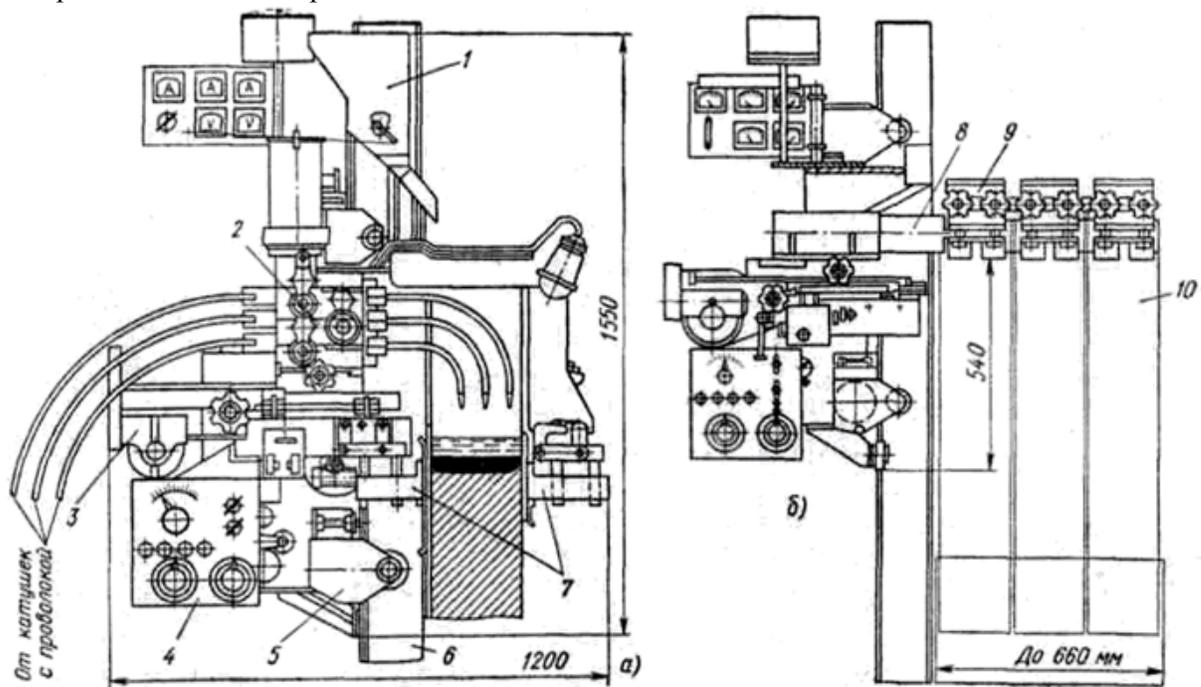


Рис. 105. Рельсовый аппарат А-372Р: а — настроенный для сварки электродной проволокой; б — настроенный для сварки пластинчатыми электродами прямолинейных стыков:

1 — флюсодозатор для подачи флюса в сварочную ванну; 2 — трехэлектродная проволоочная головка; 3 — механизм для возвратно-поступательного перемещения электродов в зазоре; 4 — пульт для управления режимом; 5 — механизм для вертикального перемещения головки; 6 — рельсовый путь; 7 — медные ползуны, формирующие шов; 8 — специальная штанга с электрододержателями; 9 — электрододержатели; 10 — пластинчатые электроды.

Для сварки кольцевых швов аппарат снабжают механизмом, позволяющим на ходу изменять расстояние между электродами, а также специальными ползунами с подвеской увеличенного хода.

При сварке пластинчатыми электродами сварочную головку заменяют специальной штангой с держателями для пластин. Сварку можно производить тремя пластинчатыми электродами общей массой не более 200 кг.

К безрельсовым электрошлаковым аппаратам относят аппараты: А-306, А-340, А-350 и А-612. Безрельсовые аппараты состоят из двух тележек: передней — ведущей и задней — холостой. Тележки находятся по обе стороны свариваемого стыка и связаны между собой специальными плоскими тягами, пропущенными через зазор между свариваемыми листами. Сборку стыка осуществляют с помощью сборочных П-образных скоб. Внутренний размер сборочной скобы должен быть достаточен для свободного прохода холостой тележки аппарата во время сварки.

Одноэлектродный аппарат А-340 оборудован механизмом горизонтального возвратно-поступательного перемещения электрода вдоль стыка. Аппарат имеет три электропривода. Наличие отдельного электропривода для вертикального перемещения, не связанного с подачей электрода, позволяет применить в нем схему автоматического регулирования уровня сварочной ванны с плавным регулированием скорости сварки путем изменения числа оборотов электродвигателя. Схема электрошлакового аппарата А-340 приведена на рис. 106.

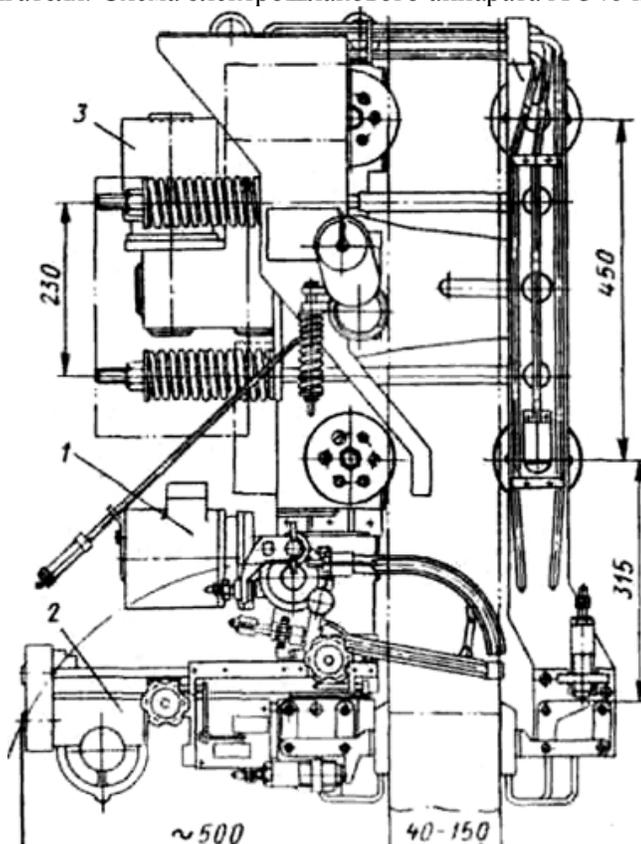


Рис. 106. Схема безрельсового электрошлакового аппарата А-340:

1 — механизм для подачи электрода; 2 — механизм для возвратно-поступательного перемещения сварочной головки; 3 — механизм для вертикального перемещения аппарата по свариваемым кромкам

Для ШЭ кольцевых швов большого диаметра, со значительной толщиной свариваемых заготовок, с продолжительностью сварки 20—30 ч, а также для ШЭ изделий в точный размер, применяют сдвоенные, аппараты (рис. 107).

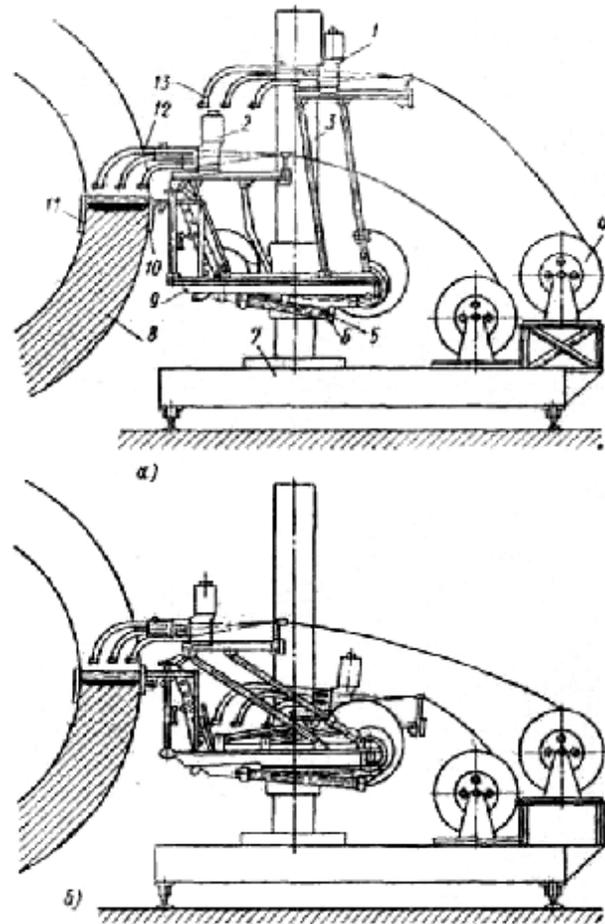


Рис. 107. Схема сдвоенного аппарата: *а* — положение сварочных головок до дублирования; *б* — положение сварочных головок после дублирования; 1 — сварочная головка до дублирования (положение 1); 2 — сварочная головка 2 до дублирования (положение 2); 3 — колонна; 4 — кассета с проволокой; 5 — уравнивающая пружина головки 2; 6 — уравнивающая пружина головки 1; 7 — тележка; 8 — свариваемая заготовка; 9 — площадка для сварщика-оператора; 10 — наружное охлаждающее устройство (охладитель); 11 — внутреннее охлаждающее устройство; 12 — мундштук к головке 2; 13 — мундштук к головке 1

Конструкция сдвоенного сварочного аппарата позволяет быстро заменить всю сварочную часть, в том числе мундштуки, подающий механизм, механизм колебаний. Установка снабжена двумя сварочными головками 1 и 2, установленными на поворотных рамах с пружинным уравниванием так, что при повороте рычажной системы, изменяющей натяжение пружин 5 и 6, рамы с головками поворачиваются в противоположные стороны и на рабочее место вышедшей из строя основной головки устанавливается дублирующая.

В рабочем положении каждая головка удерживается с помощью защелки, установленной на приемной стойке. При дублировании защелка выбивается с помощью электромагнитной щеколды или вручную.

Поворотные рамы обеих головок установлены на рабочей площадке, которая позволяет корректировать все устройство при сварке в радиальном и поперечном направлениях. Следовательно, выверенные до сварки по кромкам стыка головки сохраняют настройку в процессе всей сварки.

Рабочая площадка перемещается по вертикальной колонне 3, установленной на тележке 7, где размещены не только катушки с электродной проволокой, но также сварочные трансформаторы и аппаратные ящики. Колонна 3 имеет возможность перемещаться в направлении толщины свариваемого изделия по направляющим суппорта.

Как правило, все электропитание установки дублируется, начиная с подстанции, т. е. должны быть два сварочных трансформатора, два аппаратных ящика и два пульта управления.

Сдвоенные аппараты оснащаются головками А-911, А-1247 и др.

Техническая характеристика полуавтоматов и автоматов для ЭШС приведена в табл. 87.

87. Техническая характеристика полуавтоматов и автоматов для электрошлаковой сварки (ЭШС)

Параметры	Безрельсовый полуавтомат А-671Р	Рельсовый полуавтомат А-681	Рельсовый автомат А-1027	Автоматы для кольцевых стыков		Автоматы прямолинейных и переменной кривизны стыков		Автомат для прямолинейных и кольцевых стыков ШЭ и прямолинейных ШП А-372Р	Автомат для кольцевых стыков А-401
				А-385	А-532	Однофазный А-645	А-741		
Толщина свариваемых заготовок, мм	16 — 50	14—60	10—50	≤180	≤400	200—800	≤2500	≤450* /≤600*	До 450
Диаметр электродной сплошной проволоки, мм	2,5—3	2,5 — 3	—	3	3	3	3	3	3
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	250—400	58 — 580	90—400	150—500	150—500	62—154	40-150	150—500	150 — 480
Номинальная сила сварочного тока при ПР-100%, А: 1. постоянного, обратной полярности	300—700	750	700	-	-	-	-	-	-
				2. переменного	-	-	-	1000	100
Номинальное напряжение питающей трехфазной сети, В	380	380	380	380	380	220, 380	380	380	380
Масса сварочной проволоки в катушке, кг	80	—	—	—	—	—	230	—	135

Источник питания	ПСМ-1000	ПСМ-1000	ПСМ-1000	ТШС-1000-3	Г ШС-1000-3	ТШС-3000-3	ТШС-3000-3	ТШС-1000 */ ТШС-3000	ТШС-1000-3
Напряжение при ЭШС, В	38—42	38—42	38 — 42	38 — 55	38 — 55	36—55	36 — 55	45-55	45-55
Скорость вращения изделия, м/ч	—	—	2 — 8	—	0,5-10	—	—	—	1-10
Наружный диаметр изделия, мм	—	—	—	800 — 3200	≤3000	—	—	—	≤3200
Количество электродных проволок	1	1	1	3	1-3	1—6	≤18	3	3
Скорость возвратно-поступательного движения, м/ч	—	—	—	21—60	20-58	—	—	20—60	20-60
Скорость сварки, м/ч	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Параметры	Автомат для прямолинейных стыков А-435Р	Автомат для прямолинейных и кольцевых стыков угловых и тавровых соединений	Автоматы для прямолинейных стыков		Автомат для прямолинейных стыков ШЭ и дуговой сварки А-820М	Автомат для прямолинейных стыков А-306М	Автомат для прямолинейных стыков длиной до 13 м А-340М	Автомат для стыковых и угловых соединений А-501М	Автомат для прямолинейных стыков А-612
			А-736	А-790					
Толщина свариваемых	10—150	≤450*/ ≤600	16—50	100—300	14 — 20 ** /18-50	20—58	40—150	До 100	20—100
Диаметр электродной сплошной	3	3	2,5—3	3	2,5-3	3-5	3	3	3
Скорость подачи электродной проволоки, мм	60—420	65—480	160—320	80 — 410	58—580	56—360	180—300	96 — 300	129 — 444
Номинальная сила сварочного тока при ПР-100%, А: постоянного, об	1000	—	760	—	700	800	—	750	—
ратной полярности переменного									
Номинальное напряжение питающей трехфазной сети, В	220, 380	380	380	380	220—440	380	380	220, 380	380
Масса сварочной проволоки в катушке,	10	135	80	—	—	25	125	8	—
Источник питания	ПСМ-1000	ТШС-3000-3	ПСМ-1000	ТШС-1000-3	ПСМ-1000	ПСМ-	ТШС-1000-3	ПСМ-1000	ТШС-
Напряжение при ЭШС, В	—	36 — 60	45—60	45—60	—	—	—	—	—
Скорость вращения изделия, м/ч	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Наружный диаметр изделия, мм	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Количество электродных проволок	1	3	1	2	12	1	1	1	1
Скорость возвратно-поступательного движения, м/ч	—	20 — 60	—	45	—	—	20 — 30	—	—
Скорость сварки, м/ч	—	0,4—9	1-5	0,75-7,5	—	1,1—8	1-4	1 — 9	0,4—4

\* В числителе для ШЭ, в знаменателе ШП

\*\* В числителе для дуговой сварки, в знаменателе – ШЭ.

Примечания:

1. В автомате А-1027 используют порошковую электродную проволоку диаметром 2,5-3,2 мм. Для защиты металлической ванны используют углекислый газ, расход газа 10-15 л/мин.
2. В автомате А-372Р скорость подачи пластинчатого электрода 1-10 м/ч.

Устройства для формирования сварного шва. Для принудительного формирования сварного шва применяют обычно медные водоохлаждаемые устройства (ползуны и пластины). Водоохлаждаемые устройства устанавливают с обеих сторон шва, причем со стороны сварочного аппарата они являются подвижными (ползун), а с противоположной сварочному аппарату стороны шва устанавливают обычно медную неподвижную охлаждаемую водой пластину, длина которой равна длине шва. При большой протяженности шва пластины могут стыковаться, а место стыка, во избежание вытекания шлаковой ванны, замазывают огнеупорной массой (асбестовая крошка с огнеупорной глиной, размешанные в воде).

Формирующее устройство должно отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать оптимальную охлаждающую способность;
- материал устройства должен быть химически нейтрален к составу шлаковой ванны;
- устройство должно иметь высокую долговечность (стойкость) и высокую надежность в работе (не допускать вытекания шлаковой ванны);
- материал формирующего устройства не должен быть дефицитным;
- процесс сварки должен идти при минимальном расходе охлаждающей воды;
- устройство должно выдерживать аварийные ситуации (отключение охлаждающей воды, самопроизвольное возбуждение дуги);
- масса устройства должна быть минимальной;
- технология изготовления устройства должна быть проста, стоимость изготовления минимальна.

Основной недостаток медных водоохлаждаемых ползунов состоит в том, что для их надежной работы необходима довольно тщательная обработка боковых поверхностей кромок свариваемых деталей.

Особенно важно обеспечение плотного контакта в случае применения особо жидкотекучих шлаков, так как жидкий шлак, заполняя имеющиеся зазоры в месте контакта, быстро застывает, нарушая при этом контакт между плоскостью ползуна и поверхностью свариваемых деталей, что приводит к вытеканию шлаковой ванны.

Для устранения явления отжатия ползуна во время процесса сварки ползуны обстукивают молотком, зазоры обмазывают огнеупорной массой. Существуют также конструктивные пути устранения отжатия ползунов, для чего под их контактную плоскость в специальные канавки, изготовленные в теле ползуна, укладывают жгуты из огнестойкого материала (асбест, стекловата) или засыпают твердый флюс, иногда в канавки помещают подпружиненные уплотняющие пластинки.

Схема питания (водоснабжения) формирующих устройств должна обеспечивать исключение аварийных ситуаций (отсутствие воды). При выборе места размещения установки электрошлаковой сварки необходимо предусмотреть удобство подвода воды для охлаждения. Целесообразно при условии плохого водоснабжения (частое внезапное прекращение подачи воды) предусмотреть аварийный запас воды. При неожиданном кратковременном прекращении подачи охлаждающей жидкости можно, не прекращая процесса сварки, для устранения перегрева ползунов производить их обдув сжатым воздухом.