

РУЧНАЯ ЭЛЕКТРОДУГОВАЯ СВАРКА

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА СВАРЩИКА

Непрерывное совершенствование научной организации труда — одна из важнейших предпосылок ускоренного роста экономической эффективности общественного производства.

Научная организация труда (НОТ) на предприятии есть совокупность организационных, технических и санитарно-гигиенических мероприятий, обеспечивающих наиболее целесообразное использование рабочего времени, производственных навыков и творческих способностей каждого члена коллектива, устранение тяжелого ручного труда и неблагоприятных воздействий окружающей среды на организм работающего. НОТ базируется на научно обоснованных нормах труда, новейших достижениях науки и техники. Основной задачей НОТ является всемерное сокращение затрат труда на единицу выпускаемой продукции благодаря более полному использованию новейших достижений техники, широкому обобщению и распространению передового опыта, достижение высшей производительности труда.

Внедрение научной организации труда должно осуществляться прежде всего на рабочих местах.

Рабочим местом называют закрепленный за рабочим или бригадой рабочих участок производственной площади, оснащенной в соответствии с требованиями определенного технологического процесса оборудованием, инструментом, приспособлениями и т. д.

При обслуживании рабочего места необходимо обращать внимание на определенный круг вопросов:

- своевременность получения сменных заданий, нарядов, чертежей;
- поддержание оборудования в работоспособном состоянии;
- своевременность и способы доставки на рабочее место материалов, заготовок, электродов и т. п.;
- контроль качества изготавливаемой на рабочем месте продукции;
- поддержание на рабочем месте надлежащего порядка.

Рабочие кабины. Для защиты рабочих от излучения дуги в постоянных местах сварки устанавливают для каждого сварщика отдельную кабину размером 2X 2,5 м. Стенки кабины могут быть сделаны из тонкого железа, фанеры, брезента. Фанера и брезент должны быть пропитаны огнестойким составом, например раствором алюмокалиевых квасцов. Каркас кабины изготавливают из трубы или из угловой стали. Пол в кабине должен быть из огнестойкого материала (кирпич, бетон, цемент). Стенки окрашивают в светло-серый цвет красками, хорошо поглощающими ультрафиолетовые лучи (цинковые или титановые белила, желтый крон). Освещенность кабины должна быть не менее 80—100 лк. Кабину оборудуют местной вентиляцией с воздухообменом 40 м³/ч на каждого рабочего. Вентиляционный отсос должен располагаться так, чтобы газы, выделяющиеся при сварке, проходили мимо сварщика.

Сварку деталей производят на рабочем столе. Крышку стола изготавливают из чугуна толщиной 20—25 мм. Сварочный пост оснащен генератором, выпрямителем или сварочным трансформатором.

Щитки и шлемы (маски) применяют для защиты лица сварщика от вредного действия лучей сварочной дуги и брызг расплавленного металла. Их изготавливают по ГОСТ 1361—69 из фибры черного матового цвета или специально обработанной фанеры. Щитки и шлемы должны иметь массу не более 0,6 кг. В щиток или шлем вставляют специальный светофильтр, удерживаемый рамкой размером 120X60 мм.

Нельзя пользоваться случайными цветными стеклами, так как они не могут надежно защищать глаза от невидимых лучей сварочной дуги, вызывающих хроническое заболевание глаз.

Защитные светофильтры имеют различную плотность. Наиболее темное стекло имеет марку ЭС-500 и применяется при сварке током до 500 А, среднее ЭС-300 — для сварки током до 300 А, более светлое стекло ЭС-100 — для сварки током 100 А и менее. Снаружи светофильтр защищают от брызг расплавленного металла обычным прозрачным стеклом, которое нужно 2—3 раза в месяц заменять новым.

Электрододержатели применяют для закрепления электрода и подвода к нему тока при ручной электродуговой сварке.

Основные параметры электрододержателей должны соответствовать указанным в табл. 27.

27. Электрододержатели.

Номинальная сила сварочного тока, Л	Продолжительность цикла, мин	Отношение продолжительности рабочего периода к продолжительности цикла (ПР%)	Масса, кг	Диаметр электрода, мм	Сечение присоединенного сварочного провода, мм ³
125	5	60	0,35	1,5 — 3	25
315			0,50	2 — 6	50
500			0,70	4 — 10	70

Электрододержатели должны допускать возможность захвата электрода не менее чем в двух положениях: перпендикулярно и под углом не менее 115° к оси электрододержателя. Конструкция электрододержателя должна обеспечить время на смену электрода не более 4 с. Токоведущие части электрододержателей должны быть надежно изолированы от случайного соприкосновения со свариваемым изделием или руками сварщика. Сопротивление изоляции должно быть не менее 5 Мом.

Изоляция рукоятки должна выдерживать без пробоя в течение 1 мин испытательное напряжение 1500 В при частоте 50 Гц.

Превышение температуры наружной поверхности рукоятки при номинальном режиме работы не должно быть более 55°C . Поперечное сечение рукоятки на длине, охватываемой ладонью сварщика, должно вписываться в круг диаметром не более 40 мм.

Электрододержатели должны обладать достаточной механической прочностью. Схемы некоторых конструкций электрододержателей показаны на рис. 56.

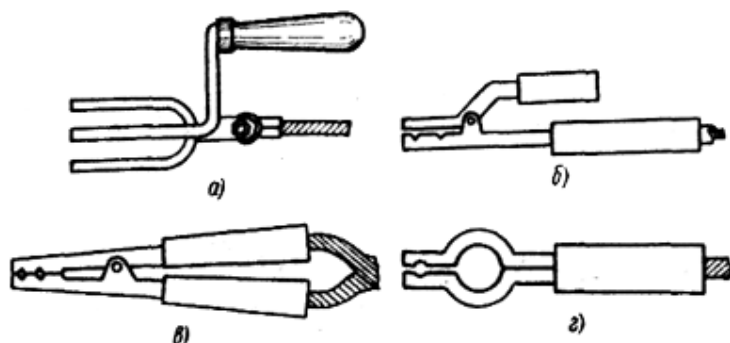


Рис. 56. Типы электрододержателей:

a — вилочный; *б* — щипцовый; *в* — завода «Электрик»; *г* — с пружинящим кольцом

Дополнительный инструмент сварщика. Для присоединения провода к изделию применяют винтовые зажимы типа струбцин, в которые конец провода впаивают твердым припоем. Зажимы должны обеспечивать плотный контакт со свариваемым изделием.

Для зачистки швов и удаления шлака применяют проволочные щетки — ручные и с электроприводом.

Для клеймения швов, вырубки дефектных мест, удаления брызг и шлака служат клейма, зубила и молотки.

Для хранения электродов при сварке на монтаже применяют брезентовые сумки длиной 300 мм, подвешиваемые к поясу сварщика. В цеховых условиях для этой цели используют стаканы, изготовленные из отрезка трубы диаметром 50—75 мм, длиной 300 мм, с приваренным донышком-подставкой.

Сварочные провода служат для подвода тока от сварочной машины или трансформатора к электрододержателю и свариваемому изделию. Электрододержатели снабжают гибким изолированным проводом ПРГ (провод резиновый гибкий) или ПРГН (провод резиновый гибкий нейритовый), сплетенным из большого количества медных, отожженных и пролуженных проволоочек диаметром 0,18—0,2 мм.

Рекомендуемые сечения сварочного провода приведены в табл. 28.

28. Сечения сварочного провода в зависимости от силы тока

Сила тока, А	Сечение провода, мм ²	
	одинарного	двойного
200	25	-
300	50	2X 16
400	70	2X25
500	95	2X35

Электроды для сварки и наплавки.

При электродуговой сварке плавлением применяют неплавящиеся и плавящиеся электродные стержни, покрытые электроды и некоторые другие вспомогательные материалы (флюсы, защитные газы и т. д.).

Неплавящиеся электродные стержни изготовляют из электротехнического угля, синтетического графита или из вольфрама.

Плавящиеся электродные стержни для сварки применяют в виде холоднотянутой калиброванной проволоки диаметром 0,3—12 мм, а также горячекатаной или порошковой проволоки, электродной ленты и электродных пластин.

Стальную сварочную проволоку изготовляют по ГОСТ 2246—70 и специальным техническим условиям. По ГОСТ 2246—70 сварочная проволока разделяется на низкоуглеродистую, легированную и высоколегированную. Условное обозначение легирующих элементов в проволоке приведено в табл. 29.

29. Условное обозначение легирующих элементов

Элемент	Условное обозначение		Элемент	Условное обозначение	
	в таблице Менделеева	в марке стали		в таблице Менделеева	в марке стали
Марганец	Mn	Г	Титан	Ti	Т
Кремний	Si	С	Ниобий	Nb	Б
Хром	Cr	Х	Ванадий	V	Ф
Никель	Ni	Н	Кобальт	Co	К
Молибден	Mo	М	Медь	Cu	Д
Вольфрам	W	В	Бор	B	Р
Селен	Se	Е	Азот	N	А*
Алюминий	Al	Ю			

* В высоколегированных сталях. В конце обозначения марки не ставят.

При содержании в проволоке менее 1% легирующего элемента ставят только букву этого элемента; если содержание легирующего элемента превышает 1%, то после буквы в целых единицах указывают содержание этого элемента.

Буква А в конце марки свидетельствует о том, что сталь высококачественная и содержит минимальное количество серы и фосфора.

Условное обозначение сварочной проволоки состоит: из цифры, которая соответствует диаметру проволоки в мм; букв Св — сварочная; из цифр, показывающих содержание углерода и буквенных обозначений элементов, входящих в состав проволоки.

Например, проволоку диаметром 2 мм из низкоуглеродистой кремнемарганцевой стали, содержащую 1,4—1,7 Мп и 0,60—0,85 Si, обозначают: проволока 2 Св-08ГС.

Сварочная проволока для сварки алюминия и его сплавов, согласно ГОСТ 7871—63, маркируется: АД1, АД, СвАМц, СвАМчЗ, СвАМб, ЛЛ4, АЛ5, АЛ9, АК-

Для сварки меди и ее сплавов применяют медные проволоки марок М1 и М2, бронзовые — марок БрКМцЗ-1 и БрОЦ4-3 и латунные марок ЛбЗ, Лб8, Лб0-1 и др.

Для сварки титана применяют сварочную проволоку из сплава ВТ-1 и др.

При сварке чугуна применяют стержни, отлитые из серого чугуна марок А и Б.

Низкоуглеродистая и легированная проволока по особому требованию заказчика может быть изготовлена с омедненной поверхностью. Кроме того, по особому требованию изготавливают проволоку из стали, выплавленной электрошлаковым вакуум-дуговым или вакуум-индукционным методом.

Различные виды проволоки имеют условное обозначение для изготовления электродов — Э, омедненная — О, электрошлаковая — Ш, вакуум-дуговая — ВД, вакуум-индукционная — ВИ.

Проволоку поставляют потребителю в мотках (табл. 30), а по согласованию с поставщиком — в мотках прямоугольного сечения (табл. 31) или намотанной на катушки и в кассеты.

Поверхность ее должна быть чистой, без окалины, ржавчины, грязи и масла. Химический состав различных марок сварочной проволоки приведен в табл. 32. Характеристика электродных стержней, применяемых для сварки чугуна, цветных металлов и сплавов, приведены в соответствующих главах.

30. Размеры и масса мотков проволоки (ГОСТ 2246—70)

Диаметр проволоки, мм	Внутренний диаметр витков мотка проволоки, мм	Масса мотка проволоки, кг, не менее.		
		из углеродистой стали	из легированной стали	из высоколегированной стали
0,3 — 0,8	150 — 300	2	2	1,5
1 — 1,2	250 — 400	20	15	10
1,4	250 — 500	25	15	10
1,6—2	250 — 600	30	20	15
4 — 10	450 — 700	40	30	20
12	600 — 750	—	—	—

31. Размеры мотков (мм) прямоугольного сечения

Диаметр проволоки	Диаметр мотка		Высота мотка
	наружный	внутренний	
0,8 — 1,6	175	100	50
1,6 — 2	250	175	
2 — 3	320	220	85
3		260	
4 — 5	600	400	90

32. Химический состав стальной сварочной проволоки (ГОСТ 2246-70)

Химический состав, %

Вид электродов	Марка проволоки					Ni	Mn	Ti	S	P	Прочие элементы	
		C	Si	Mn	Cr				не более			
Низкоуглеродистые	Св-08	≤0,10	≤0,03	0,35—0,60	≤0,15	≤0,30	—	—	0,040	0,040	0,01 Al (не более)	
	Св-08А	≤0,10	≤0,03	0,35—0,60	≤0,12	≤0,25	—	—	0,020	0,020		
	Св-08АА	≤0,10	≤0,03	0,35—0,60	≤0,10	≤0,25	—	—	0,020	0,020		
	Св-08ГА	≤0,10	≤0,03	0,80—1,10	≤0,19	≤0,25	—	—	0,025	0,025		
	Св-10ГА	≤0,12	≤0,03	1,10—1,40	≤0,20	≤0,30	—	—	0,025	0,025		
	Св-08Г2	≤0,10	0,06—0,85	1,40—1,70	≤0,20	≤0,25	—	—	0,025	0,025	—	
	Св-12Г2	≤0,14	0,06—0,90	0,80—1,10	≤0,20	≤0,30	—	—	0,025	0,025		
	Св-08Г2С	0,05—0,11	0,26—0,55	1,80—2,10	≤0,20	≤0,25	—	—	0,025	0,025		
	Св-10Г2	≤0,12	0,16—0,35	1,90—1,20	≤0,20	0,90—1,20	—	—	0,025	0,025		
	Св-08Г2СМУ	0,06—0,11	0,46—0,70	1,90—1,20	≤0,30	≤0,40	0,26—0,40	0,35—0,12	0,025	0,025		0,2—0,50 Al; 0,05—0,15 Zr
Св-15Г2СЮА	0,12—0,18	0,45—0,85	0,90—1,00	≤0,30	≤0,40	—	0,36—0,20	0,025	0,025	0,40 Ce (не менее)		
Легированные	Св-20Г2СЮА	0,17—0,23	0,66—0,90	0,30—1,20	≤0,30	≤0,40	—	0,10—0,20	0,025	0,025	0,26—0,50 Al; 0,16—0,45 Ce	
	Св-18ХГС	0,15—0,22	0,06—1,20	0,80—1,10	0,90—1,10	≤0,30	—	—	0,025	0,025	—	
	Св-19ХМА	0,07—0,12	0,12—0,35	0,40—0,70	≤0,20	1,00—1,50	0,46—0,55	—	0,025	0,025		
	Св-08Х	0,06—0,10	0,12—0,30	0,35—0,60	0,45—0,65	≤0,30	0,40—0,50	—	0,025	0,025		
	Св-08ХМ	0,06—0,10	0,12—0,30	0,35—0,60	0,50—1,10	≤0,30	0,56—0,70	—	0,025	0,025		
	Св-18ХМА	0,15—0,22	0,12—0,35	0,40—0,70	0,80—1,10	≤0,30	0,13—0,30	—	0,025	0,025		
	Св-08ХМЛ	≤0,10	0,12—0,35	0,50—0,80	0,70—0,90	0,80—1,20	0,25—0,45	—	0,025	0,025	0,15—0,30 V 0,20—0,35 V	
	Св-08ХМФА	0,06—0,10	0,12—0,30	0,35—0,60	0,90—1,20	≤0,30	0,56—0,70	—	0,025	0,025		
	Св-10ХМФТ	0,07—0,12	≤0,35	0,40—0,70	1,40—1,80	≤0,30	0,46—0,60	0,35—0,12	0,030	0,030		
	Св-08ХГ2С	0,05—0,11	0,70—0,95	1,70—2,10	0,70—1,00	≤0,25	—	—	0,025	0,025		
Св-08ХГ2МА	0,05—0,10	0,45—0,70	1,15—1,45	0,85—1,15	≤0,30	0,40—0,60	—	0,025	0,025			
Высоколегированные	Св-10ХГ2МА	0,07—0,12	0,60—0,90	1,70—2,10	0,80—1,10	≤0,30	0,40—0,60	—	0,025	0,025	0,20—0,35 V	
	Св-08ХГ2МФА	0,05—0,10	0,45—0,70	1,70—1,50	0,95—1,25	≤0,30	0,56—0,70	—	0,020	0,025		
	Св-18Х2МА	≤0,06	0,12—0,35	0,40—0,70	1,90—2,20	≤0,25	0,56—0,70	—	0,020	0,025		
	Св-18Х2МФТ	0,10—0,15	≤0,35	0,40—0,70	1,70—2,20	≤0,30	0,46—0,60	0,35—0,12	0,030	0,030		
	Св-08Х2Г2СМ	≤0,10	0,45—0,75	2,00—2,50	2,80—3,00	≤0,30	0,36—0,50	—	0,030	0,030		
	Св-08ХМНФБА	0,06—0,10	0,12—0,30	0,35—0,60	1,10—1,40	0,65—0,90	0,80—1,00	—	0,025	0,025	0,20—0,55 V 0,10—0,23 Nb	
	Высоколегированные	Св-08Х19Н10Г7Б	0,05—0,10	0,20—0,45	1,80—2,20	18,50—20,50	9,00—10,00	—	—	0,020	0,025	0,90—1,30 Nb
		Св-08Х19Н10М3Б	≤0,08	0,36—0,80	1,90—2,40	18,90—20,00	9,00—11,00	2,90—3,00	0,56—0,80	0,018	0,025	—
		Св-04Х19Н10М3Б	≤0,10	≤0,60	1,90—2,40	18,90—20,00	9,00—11,00	2,90—3,00	—	0,018	0,025	0,90—1,30 Nb
		Св-04Х19Н11М3Б	≤0,06	≤0,60	1,90—2,40	18,90—20,00	10,00—12,00	2,90—3,00	—	0,018	0,025	—
Св-05Х20Н9ФБС		≤0,07	0,20—1,50	1,90—2,40	19,90—21,00	8,00—10,00	—	—	0,020	0,025	1,00—1,40 Nb	
Св-08Х20Н9СВТЮ		≤0,10	2,00—2,50	1,90—2,40	19,90—21,00	8,00—10,00	—	0,56—1,00	0,020	0,025	0,90—1,30 Nb	
Св-05Х20Н11М3Б		≤0,08	0,50—1,00	≤0,86	19,70—21,00	10,00—12,00	2,90—3,00	0,66—1,10	0,018	0,025	0,30—0,70 Al	
Св-10Х20Н15		≤0,12	≤0,80	1,90—2,40	19,90—22,00	14,00—16,00	—	0,56—1,00	0,018	0,025	0,60—0,90 Nb	
Св-07Х26Н12Г2Т		≤0,09	0,30—1,00	1,50—2,50	24,90—25,50	11,00—13,00	—	—	0,020	0,025	—	
Св-05Х26Н12Г2Ю		≤0,08	0,50—1,00	≤0,86	24,90—25,00	11,50—13,50	—	—	0,018	0,025	0,40—0,60 Al	
Высоколегированные	Св-07Х26Н13	≤0,09	0,50—1,00	1,90—2,40	24,90—25,50	12,00—14,00	—	—	0,018	0,025	0,70—1,10 Nb 0,40—0,50 Al	
	Св-08Х26Н13ВТЮ	≤0,10	0,50—1,00	≤0,55	24,90—25,00	12,00—14,00	—	0,56—0,90	0,020	0,025		
	Св-13Х26Н13	≤0,15	≤0,50	1,90—2,40	24,90—25,50	17,00—20,00	—	—	0,015	0,025		
	Св-05Х26Н17Т	≤0,10	0,50—1,00	5,90—8,60	18,90—22,00	8,00—10,00	—	0,66—0,90	0,018	0,025		
	Св-08Х21Н10Г4	≤0,10	0,50—1,00	5,90—8,60	20,90—22,00	9,00—11,00	—	—	0,018	0,025		
	Св-30Х26Н16Г7	0,25—0,33	≤0,30	0,90—8,60	24,50—27,00	15,00—17,00	—	—	0,018	0,030	0,10—0,20 N 0,70—1,40 V 0,10—0,20 N 2,50—3,50 Cu 2,50—3,50 W 2,50—3,50 Nb	
	Св-10Х16Н25АМ4	0,08—0,12	≤0,60	1,90—2,40	15,90—17,00	21,00—22,00	5,50—7,00	—	0,018	0,025		
	Св-09Х16Н25М4Ф	0,07—0,11	≤0,40	1,90—2,40	15,90—17,00	21,00—22,00	5,50—7,00	—	0,018	0,018		
	Св-01Х22Н2М3Д3Т	≤0,03	≤0,55	≤0,55	22,90—25,00	26,00—29,00	2,50—3,00	0,50—0,90	0,018	0,030		
	Св-30Х12Н35В3Д3Т	0,27—0,33	≤0,60	0,50—1,00	14,90—16,00	31,00—36,00	—	0,20—0,70	0,015	0,025		
Высоколегированные	Св-08Н9	≤0,10	≤0,50	≤0,50	≤0,36	48,00—53,00	—	—	0,020	0,030	4,8 Fe (не более)	
	Св-06Х15Н50М15	≤0,06	≤0,50	1,00—2,00	14,90—16,00	—	Остаток	14,00—16,00	—	0,015		

Классификация и основные ГОСТы на электроды. Электроды классифицируют: по материалу, из которого они изготовлены; по металлу, для сварки которого они предназначены; по количеству покрытия, нанесенного на стержень; химическому составу стержня и покрытия; характеру шлака, образующегося при расплавлении покрытия; механическим свойствам металла шва.

Покрытия электродов подразделяют на тонкие (стабилизирующие) и качественные. Тонкие покрытия наносят слоем 0,1—6,3 мм на сторону, они не обеспечивают высоких механических свойств наплавленному металлу. Качественные (толстые) покрытия наносят слоем 0,5—2,5 мм на сторону, что составляет 20—40% от массы металла электродного стержня.

В состав качественных покрытий электродов входят следующие группы компонентов: стабилизирующие, шлакообразующие, газообразующие, раскисляющие, легирующие и клеящие или связующие. Обычно раскисляющие, шлакообразующие и клеящие вещества вводят почти во все качественные покрытия.

Стабилизирующие вещества вводят в покрытие для снижения потенциала ионизации паров металла и повышения устойчивости горения сварочной дуги.

Шлакообразующие составляющие служат для защиты расплавленного металла от воздействия кислорода и азота воздуха путем образования шлаковых оболочек

на поверхности капель электродного металла, переходящих через дуговой промежуток, и для образования шлакового покрова на поверхности расплавленного металла шва. Шлакообразующие компоненты представляют собой окислы металлов и металлоидов, которые вводят в покрытие в виде титанового концентрата (ильменита), марганцевой руды (пиролюзита), полевого шпата, мрамора, мела, каолина, кварцевого песка, доломита и других веществ. Газообразующие вещества при сгорании создают газовую защитную атмосферу, предохраняющую расплавленный металл от воздействия кислорода и азота воздуха. Их вводят в покрытие в виде органических соединений: древесной муки, хлопчатобумажной пряжи, крахмала, пищевой муки, декстрина, оксицеллюлозы и т. д. Раскисляющие элементы обладают большим сродством к кислороду, чем железо. К ним относятся: марганец, кремний, титан, алюминий, графит и др.

Эти элементы, находясь в расплавленном металле сварного шва, легче вступают в химические соединения с кислородом и, будучи сами нерастворимыми в стали или обладая ограниченной растворимостью, в виде окислов всплывают на поверхность сварочной ванны. Большинство раскислителей вводят в покрытие не в чистом виде, а в виде ферросплавов.

Легирующие вещества вводят в покрытие для придания специальных свойств наплавленному металлу, в основном для повышения механических свойств, износостойкости, жаростойкости, сопротивления коррозии. Наиболее часто применяемыми легирующими элементами являются: хром, никель, молибден, вольфрам, марганец, титан и др. Связующие вещества (клеящие) служат для скрепления составляющих покрытия между собой и со стержнем электрода. В качестве связующих веществ применяют жидкое стекло (содовое или калиевое), декстрин, желатин, пластмассы и др.

Стальные электроды изготовляют в соответствии с ГОСТ 9466—60, 9467—60, 10051—62, 10052—62* (* К теплоустойчивым относят перлитные стали, предназначенные для изготовления энергетического оборудования, химической и нефтяной аппаратуры (например, стали 15ХМ, 30ХМ).

ГОСТ 9466—60 подразделяет электроды на группы в зависимости от свариваемых сталей: а) углеродистых и легированных конструкционных; б) легированных теплоустойчивых; в) высоколегированных с особыми свойствами. Отдельную группу составляют электроды для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами. Размеры электродов приведены в табл. 33.

33. Размеры (мм) стальных электродов (ГОСТ 9466— 60)

		
d_2	L при стержне из проволоки	
	углеродистой или легированной	высоколегированной
1,6; 2	225; 250	225; 250
2,5; 3	350	250
4	400; 450	350
5; 6; 8; 10; 12	450	350; 450
Примечания: 1. По согласованию сторон допускается изготовление электродов и других размеров. 2. Для безогарковой сварки и других назначений электроды изготавливают покрытиями по всей длине с зачисткой обоих торцов.		

Электроды для сварки углеродистых, легированных конструкционных и легированных жаропрочных сталей ГОСТ 9467—60 классифицирует в зависимости от механических характеристик металла шва и сварного соединения, выполненного этими электродами, на несколько типов. Каждому типу может соответствовать одна или несколько марок электродов. Марка электродов характеризуется определенным составом покрытия, маркой электродного стержня, технологическими свойствами, свойствами металла шва.

Общие требования к электродам, правила приемки, методы испытаний швов и сварных соединений, условия маркировки и упаковки, документация на электроды регламентированы ГОСТ 9466—60.

Условное обозначение, электродов для сварки конструкционных сталей состоит из обозначения марки электрода, типа электрода, диаметра стержня, типа покрытия и номера ГОСТа. Например, условное обозначение электрода УОНИ-13/45-Э42А-4,0-Ф ГОСТ 9467—60 расшифровывается: УОНИ-13/45 — марка электрода; Э42А — тип электрода (Э — электрод для дуговой сварки; 42 — минимальный гарантируемый предел прочности металла шва в кгс/мм²; А — гарантируется получение повышенных пластических свойств металла шва); 4,0 — диаметр электродного стержня в мм; Ф — фтористокальциевый тип покрытия, и, наконец, номер ГОСТа, по которому стандартизован электрод.

Типы покрытий обозначают следующими буквами:

Р — руднокислое покрытие содержит в своем составе окислы железа и марганца, способные активно окислять металл. Металл шва отличается повышенной окисленностью. Электроды дают плотный металл швов и позволяют выполнять сварку на постоянном (прямой и обратной полярности) и переменном токе.

Т — рутиловое покрытие содержит в своем составе значительное количество двуокиси титана в виде рутила. Электроды дают плотный металл швов при увеличении массы покрытия и при наличии ржавчины на кромках изделия. При сварке на постоянном и переменном токе разбрызгивание незначительно.

Устойчивость горения дуги высокая, формирование швов во всех пространственных положениях хорошее.

Ф — фтористокальциевое покрытие, имеющее в качестве основы фтористый кальций (плавиковый шпат) и карбонаты кальция (мрамор, мел). Сварку электродами с фтористокальциевым покрытием осуществляют на постоянном токе при обратной полярности. Вследствие малой склонности металла шва к образованию кристаллизационных и холодных трещин электроды с этим покрытием используют для сварки больших сечений.

О — органическое покрытие.

По международной классификации электроды подразделяют по следующим признакам: механическим свойствам металла шва, типу покрытия, положению шва в пространстве, роду тока и полярности. Тип покрытия по международной классификации условно обозначают следующими буквами: А — руднокислое (кислое), В — основное (фтористо-кальциевое), С — органическое (целлюлозное), О — окислительное, Р — рутиловое, V — специальное.

Состав главных компонентов электродных покрытий приведен в табл. 34 и 35. Электроды для сварки конструкционных и низколегированных сталей. Для сталей обычной прочности предназначены электроды Э34, Э42, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60, для конструкционных сталей повышенной прочности — электроды Э70, Э85, Э100, Э125, Э145. Механические свойства швов и сварных соединений при применении электродов для сварки конструкционных сталей должны соответствовать нормам, приведенным в табл. 36. Характеристика электродов дана в табл. 37.

Электроды для сварки теплоустойчивых сталей. Эти стали сваривают электродами восьми типов по ГОСТ 9467—60, которые классифицируют по механическим свойствам и химическому составу наплавленного металла. Буквы, стоящие после буквы Э, показывают гарантийное содержание легирующих элементов в наплавленном металле. Содержание легирующих элементов, если оно превышает 1%, ставят после соответствующей буквы в целых единицах (процентах); если содержание легирующего элемента менее 1%, то ставится только соответствующая буква. Например, электроды типа Э-Х2МФБ гарантируют в наплавленном металле шва более 2% хрома, до 1% молибдена, ванадия и ниобия. Характеристика электродов для сварки теплоустойчивых сталей приведена в табл. 38 и 39.

34. Химический состав (%) компонентов электродных покрытий.

Компоненты	ГОСТ или ТУ	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaCO ₃	CaO	Na ₂ O+ +K ₂ O	Прочие	P	S
Концентрат ильменито- вый титано- вый элект- родный	4414—48	≤5,0	—	—	—	—	—	≥38; ≤52	≤0,05	≤0,20
Марганцевая руда элект- родная	4418—48	≤10,0	≤3,0	—	—	—	—	≥45,0	≤0,20	≤0,10
Каолин	6138—61 **	43—48	34—43	—	—	—	—	0,3	≤0,01	—
Полевой шпат элект- родный	4422—48	64—70	17—21	≤1,5	—	≤1,5	≥10,0	1,0—0,5	—	—
Песок кварцевый	4417—48 *	≥97,0	—	—	—	—	—	—	—	—
Мрамор элект- родный*	4416—48 *	—	—	—	92,0	—	—	≤3	≤0,015	≤0,04
Мел	4415—48 *	—	—	≤0,5	≥96,0	—	—	≤5	≤0,015	≤0,06
Гранит	ТУ-ЦНИИТ- МАШ	69—73	16—18	≤3,4	—	≤2,6	3,5—3,7	—	≤0,1	≤0,015
Плавиково- вый шпат	4421—73	≤5,0	—	—	—	—	—	≥92,0	Следы	≤0,1
С 1 января 1976 г. вводится ГОСТ 4416—73.										

35. Химический состав ферросплавов (%).

Ферросплав	ГОСТ	Марка	C	Si	P	S	Mn	Mo	Прочие
Ферромарганец малоугле- родистый	4755—70	Мн0, сорт высший	≤0,50	≤1,50	≤0,20	≤0,03	85,0	—	—
		Мн0, сорт первый	≤0,50	≤2,00	≤0,30	≤0,03	85,0	—	—
Ферромарганец углеродистый электропечной		Мн4, сорт высший	≤7,00	≤1,25	≤0,33	≤0,03	76,0	—	—
		Мн4, сорт первый	≤7,00	≤2,00	≤0,33	≤0,03	76,0	—	—
Ферромарганец среднеуглеро- дистый		ФМн-1,0А, сорт высший	≤1,00	≤2,00	≤0,20	≤0,03	85,0	—	—
		ФМн-1,0, сорт первый	≤1,00	≤1,50	≤0,20	≤0,03	85,0	—	—
Ферромарганец углеродистый доменный	5165—49*	Мн6, группа А	—	≤2,00	≤0,35	≤0,03	70,0	—	—
Ферросилиций	1415—70	ФСн75, сорт высший	—	74—80	≤0,03	≤0,03	0,6,	—	0,3 Cr
		ФСн75, сорт первый	—	74—80	≤0,05	≤0,04	—	—	1,5 > Al
		ФСн75, сорт первый	—	74—80	≤0,05	≤0,04	—	—	1,5 Cr
		ФСн75, сорт первый	—	74—80	≤0,05	≤0,04	—	—	1,5 Cr
Феррохром углеродистый	4757—67	Хр4, низкокремнистый	4,1—5,5	≤2,0	≤0,07	≤0,04	—	—	65,0 Cr
		Хр6, низкокремнистый	6,6—8,0	≤2,0	≤0,07	≤0,04	—	—	65,0 Cr

Продолжение таблицы 35.

Ферросплав	ГОСТ	Марка	C	Si	P	S	Mn	Mo	Прочие
Ферротитан	4761—67*	Тн1, сорт высший	≤0,15	≥0,20	≤0,05	≤0,05	—	—	8,0 Ti; 3,0 Cu; 5,0 > Al
Ферромolibден	4759—69	ФМ-1, сорт высший	0,05	0,80	0,05	0,03	—	58,0	0,8 Cu
		ФМ-2, сорт первый	0,10	1,50	0,10	0,03	—	55,0	1,5 > Cu
		ФМ-3, сорт первый	0,20	2,0	0,20	0,03	—	55,0	7,0 Al
Феррониобий	16773—71	ФН1	0,10	1,5	0,15	0,05	—	—	3,0 Al; 1,5 Ti
		ФН2	0,25	2,0	0,15	0,05	—	—	6,0 Al; 3,0 Ti
		ФН3	0,20	15,0	0,20	0,05	—	—	5,0 Al; 8,0 Ti
Феррованадий	4760—49*	Вд3, сорт первый	1,0	3,0	0,25	0,16	—	—	35 V; 2,0 > Al
Ферровольфрам	17293—71	В1	0,3	0,5	0,04	0,08	0,4	—	72 W; 1,5 Mo
		В2	0,5	0,8	0,06	0,10	0,5	—	71 W; 2,0 Mo

36. Электроды металлические для дуговой сварки конструкционных сталей (ГОСТ 9467-60)

Тип	Механические свойства шва или наплавленного металла при диаметре электрода					Содержание (%) в металле шва или в наплавленном металле		Основное назначение
	до 2,5 мм		св. 2,5 мм			Сера	Фосфор	
	Временное сопротивление разрыву, кгс/мм ²	Угол загиба, градусы	Временное сопротивление разрыву, кгс/мм ²	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость кгс·м/см ²			
Э34	34	30	34	—	—	0,05	0,05	Сварка малоуглеродистых и низколегированных сталей
Э42	42	120	42	18	8	0,05	0,05	
Э42А	42	180	42	22	14	0,04	0,04	
Э46	46	120	46	18	8	0,05	0,05	
Э46А	46	150	46	22	14	0,04	0,04	
Э50	50	90	50	16	6	0,05	0,05	Сварка среднеуглеродистых и низколегированных сталей
Э50А	50	150	50	20	13	0,04	0,04	
Э55	55	140	55	20	12	0,04	0,04	
Э60	—	—	60	16	6	0,04	0,04	Сварка легированных сталей повышенной прочности
Э60А	—	—	60	18	10			
Э70	—	—	70	12	6			
Э85	—	—	85	12	5			
Э100	—	—	100	10	5			
Э125	—	—	125	6	4			
Э145	—	—	145	5	4			
Примечание. Для электродов типов Э85, Э100, Э125, Э145 механические свойства указаны после термической обработки соответственно паспорту на электроды.								

37. Характеристика электродов для сварки конструкционных сталей (ГОСТ 9467-60).

Тип	Марка	Род и полярность тока	Положение сварки	Коэффициент наплавки, г/А·ч	Типичные механические свойства металла шва и сварного соединения						Угол загиба, градусы
					Временное сопротивление, кгс/см ²	Предел текучести, кгс/мм ²	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %	Ударная вязкость, кгс·м/см ² при температуре, °С		
									+20	-40	
Э34-Р	АН-1	Переменный и постоянный, любая полярность	Все положения	9	38	—	6	—	1	—	75
Э42-Р	ОММ-5			7,2	48	37	22	55	10	5	160
Э42-Р	СМ-5		Нижнее	7,2	45	32	25	60	12	8	180
Э42-Р	ЦМ-7			10,6	48	36	22	55	10	4	160
Э42-Т	АНО-1			15	46	38	28	60	13	8	180
Э42-О	ОМА-2			10	46	—	19	—	—	—	150
Э42-О	ВСП-16	Переменный и постоянный на электроде +	Все положения	10	47	38,5	25	68	13	—	160
Э42-О	ВСЦ-2	Постоянный, любая полярность		10,5	47	37	28	60	9	—	180
Э42А-Ф	УОНИ-13/45	Постоянный на электроде +		8,5	46	36	26	65	22	18	180
Э42А-Ф	СМ-11	То же, и переменный		9,5	48	36	28	60	22	16	180
Э42А-Ф	УП-1/45			10	48	35	28	65	20	12	180
Э42А-Ф	УП-2/45			10	46	38	26	70	24	—	180
Э46-Т	МР-3	Переменный и постоянный, любая полярность	Нижнее	7,8	48	38	25	65	15	10	180
Э46-Т	ОЗС-6			10,5	48	39	24	55	12	8	180
Э46-Т	ЗРС-1			14	48	38	24	68	12	7	150
Э46-Т	ОЗС-3	Переменный и постоянный на электроде +		15	49	40	25	60	12	7	180
Э46-Т	РБУ-4	Переменный и постоянный на электроде +		7,8	49	38,5	26	56	14	8	160
Э46-Т	РБУ-5			9	47,5	38	21	56	14	8	150
Э46-Т	АНО-3	Переменный и постоянный, любая полярность		8,5	48	38	25	65	15	10	180

Продолжение таблицы 37.

Тип	Марка	Рсд и полярность тока	Положение сварки	Коэффициент наплавки, г/А·ч	Типичные механические свойства металла шва и сварного соединения						
					Временное сопротивление, кгс/см ²	Предел текучести, кгс/мм ²	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %	Ударная вязкость, кгс·м/см ² при температуре, °С		Угол загиба, градусы
									+20	-40	
Э46А-Ф	Э-138/45Н	Постоянный на электроде +	Все положения	8,5	47	35	22	—	15	3	180
Э50-О	ВСП-3	Постоянный, любая полярность		9,5—13	51	41	21	57	—	—	105
Э50А-Ф	УОНИ-13/55	Постоянный на электроде +		9	52	42	24	62	20	—	165
Э50А-Ф	ДСК-50	Постоянный на электроде +		10	52	—	28,6	—	20	14	180
Э50А-Ф	УП-1/55	Постоянный на электроде +	Нижнее, вертикальное Все положения Нижнее	10	54	40	25	62,5	24	—	165
Э50А-Ф	УП-2/55	и переменный		10	54	40	25	62	24	—	165
Э55-Ф	УОНИ-13/55У *			9,5	57	48	22	60	16	—	160
Э60А-Ф	УОНИ-13/65	Постоянный на электроде +		9	62	47	21	65	18	—	180
Э70-Ф	ЛКЗ 70		Все положения	9,5	80	60	16,5	53,5	9	5	—
Э85-Ф **	УОНИ-13/85	Постоянный на электроде +		9,5	90	53	14	55	9	—	—
Э95-Ф **	УОНИ-13/85У *	То же, и переменный		10	90	79,5	15	—	9	—	—
Э100-Ф **	ЦЛ-19-63	Постоянный на электроде +		9	106	101	13	48	7,5	—	—
Э145-Ф **	НИАТ-3			10	160	—	10	—	5	—	40

* Предназначены для ванной сварки стержней арматуры железобетонных конструкций и рельсов. Могут быть использованы для обычной дуговой сварки. Марка УОНИ-13/55У ранее обозначалась УОНИ-13/55А.

** Механические свойства указаны после термической обработки.

38. Электроды металлические для дуговой сварки теплоустойчивых сталей (ГОСТ 9467-60)

Тип	Механические свойства при температуре 20° С			Химический состав, %								
	Временное сопротивление разрыву, кгс/мм ²	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, кгс·м/см ²	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Nb	S	P
											не менее	не более
Э-М	50	18	8	0,06—0,12	Не более 0,35	0,40—0,80	—	0,40—0,70	—	—	0,05	0,05
Э-МХ	50	18	8	0,06—0,12	Не более 0,35	0,40—0,80	0,30—0,60	0,40—0,70	—	—	0,04	0,04
Э-ХМ	50	16	8	0,06—0,12	0,15—0,45	0,50—0,90	0,70—1,00	0,40—0,70	—	—	0,04	0,04
Э-ХМФ	50	16	8	0,08—0,13	0,15—0,45	0,50—0,90	0,80—1,20	0,40—0,70	0,10—0,35	—	0,04	0,04
Э-ХМФВ	55	14	6	0,08—0,13	0,15—0,45	0,50—0,90	1,00—1,40	0,70—1,00	0,15—0,40	0,10—0,25	0,04	0,04
Э-Х2МФБ	55	14	6	0,08—0,13	0,15—0,45	0,50—0,90	2,40—3,00	0,70—1,00	0,25—0,50	0,35—0,65	0,04	0,04
Э-Х5МФ	55	14	6	0,08—0,13	0,15—0,45	0,50—0,90	4,50—5,00	0,40—0,70	0,10—0,35	—	0,04	0,04

Примечания: 1. Механические свойства и химический состав приведены для металла шва или наплавленного металла.
2. Нормы механических свойств указаны после термообработки соответственно паспорту на электроды.

39. Характеристика электродов для спайки теплоустойчивых сталей (ГОСТ 9467-60)

Тип	Марка	Положе- ние сварки	Ток и поляр- ность	Коэффициент наплавки, г/а·ч	Механические свойства			Химический состав, %								
					Временное со- противление, кгс/мм ²	Относительное удлинение, %	Ударная вяз- кость, кгс·м/см ²	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Nb	S	P
															не более	
Э-М-Ф	ЦУ-2М	Все по- ложения	Постоян- ный на электро- де + То же, и перемен- ный	9—10	60	19	15	0,12	0,15— 0,35	0,60— 0,80	—	0,45— 0,65	—	—	0,05	0,05
Э-МХ-Р	ЦЛ-14			10,50	51	25,70	15	0,09	0,20	0,75	0,40	0,50	—	—	0,04	0,04
Э-МХ-Ф Э-МХ-Ф	ЦЛ-14 ЦЛ-30-63			8 10,40	53 65	19 16	9 12	0,12 0,10	0,25 0,50	0,85 1,25	0,55 1,10	0,50 0,50	— —	— —	0,03 0,03	0,03
Э-ХМФ-Ф	ЦЛ-20-63	Нижнее и верти- кальное	Постоян- ный на электро- де +	10,30	59	20	14	0,10 0,08— 0,13	0,25 0,15— 0,35	0,75 0,60— 0,90	1 1—1,40	0,55 0,75— 1,00	0,20 0,15— 0,30	— 0,10— 0,20	0,01	
Э-ХМФБ-Ф	ЦЛ-27			10— 10,30	55	16	5	0,13 0,10	0,35 0,25	0,90 0,75	2,70 4,80	0,30 0,30	0,35 0,35	0,20 0,50		
Э-Х2МФБ-Ф	ЦЛ-26М-63			10,50	64	18	12	0,10	0,30	0,70	—	0,55	0,20	—		
Э-Х5МФ-Ф	ЦЛ-17-63			10,50	65	18	15	—	—	—	—	—	—	—		
Примечание. Механические свойства и химический состав								приведены типичные для металла шва или наплавленного металла.								

Электроды для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами. Для сварки этих сталей применяют 27 типов электродов по ГОСТ 10052—62.

Электроды этой группы классифицируют по химическому составу наплавленного металла, содержанию ферритной фазы, по стойкости против межкристаллитной коррозии и по механическим свойствам наплавленного металла, испытанного при температуре +20° С.

Состав и свойства наплавленного металла приведены в табл. 40, а характеристика электродов — в табл. 41. В обозначении типа электрода буква А, стоящая после буквы Э относится к аустенитному, а буква Ф к ферритному металлу. Буквы, стоящие после дефиса, обозначают названия элементов, содержание которых гарантировано в наплавленном металле.

Электроды для наплавки поверхностных слоев. В ГОСТ 10051—62 приведено 25 типов электродов для этих целей.

Свойства электродов определяют: химический состав и диаметр электродного стержня; химический состав и массу покрытия. Химический состав электродного стержня оказывает значительное влияние на химический состав наплавленного металла и его механические свойства. Диаметр электродного стержня оказывает влияние на технологическую применимость электрода и определяет диапазон допустимых значений \bullet и мл сварочного тока, а следовательно, и нагрев свариваемого изделия, l' .ммсры и жидкотекучесть сварочной ванны. Состав и свойства наплав-Мі иного металла электродами этой группы приведены в табл. 42, а характеристика электродов — в табл. 43.

Расчет расхода электродов. Основными величинами, характеризующими процесс сварки и наплавки, являются коэффициенты расплавления α_p , наплавки α_n и потерь ϕ . От их величины в значительной степени зависит производительность сварки.

Коэффициент расплавления $[г/(А*ч)]$

$$\alpha_p = G_p / I t ,$$

где G_p — масса расплавленного электродного металла, г;

I — сила сварочного тока, А;

t — время, ч.

Коэффициент наплавки $[г/(Ач)]$

$$\alpha_n = G_n / I t$$

где G_n — масса наплавленного металла, г.

40. Электроды металлические для дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми (ГОСТ 10052 – 62)

Тип	Химический состав							Содержание ферритной фазы, %	Стойкость против межкристаллитной коррозии при испытании по ГОСТ 6032–58	Механические свойства при температуре 20° С		
	C, не более	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb			Временное сопротивление разрыву, кгс/мм ²	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, кгс·м/см ²
ЭА-1	0,08	≤1,20	≤2,00	18,50—22,50	7—9,80	—	—	—	6,00—15,00	55	30	10
ЭА-1а	0,10	≤1,20	≤2,00	18,50—21,50	7,50—9,80	—	—	—	2,50—7,00	53	30	12
ЭА-1Б	0,12	≤1,30	≤2,50	12—23	8—10,40	—	0,70—1,30 *	—	2,50—12,00	58	22	6
ЭА-1Бa	0,12	0,15—0,80	≤2,20	17,50—21,50	8,50—10,40	—	0,65—1,00 *	—	2,50—5,50	60	24	8
ЭА-1Б2Б	0,12	0,15—0,55	1,50—2,20	17,50—21,50	8—10,40	—	0,65—1,00 *	—	5,50—13,00	63	22	6
ЭА-1Б2Ба	0,12	0,15—0,55	1,50—2,20	18—20,50	8,50—10,40	—	0,65—1,00 *	—	2,50—6,50	60	28	8
ЭА-1Г6	0,13	≤1,50	5,00—7,00	17—21	8—11	—	—	0,30—0,80 Мо	Не нормируется	55	25	9
ЭА-1М2Ф	0,13	≤1,00	≤3,00	16,50—22,50	7,50—12,50	1,8—3,30	—	0,30—0,75 V	Стойкость по методу АМ без проводящего отпуска	60	28	8
ЭА-1М2ФА	0,13	≤1,00	≤3,00	16,50—20,50	8,50—12,50	1,8—3,30	—	0,30—0,75 V	Не нормируется	58	30	10
ЭА-1М2	0,10	≤0,60	≤3,00	16,50—21,50	9—12	2—3,10	—	0,20—0,75 V	Стойкость по методу АМ без проводящего отпуска	55	25	8
ЭА-1М2В	0,09	≤1,20	≤2,50	17—21	9,50—12,20	1,8—2,80	0,60—1,20 *	—	5,00—15,00	60	22	7
ЭА-1М2Ба	0,13	≤1,20	≤2,50	16,50—21,50	8—12,50	1,80—2,80	0,70—1,30 *	—	2,50—10,00	60	24	7
ЭА-1Ф2	0,12	≤1,30	≤2,00	17,50—20,50	7,20—10,50	—	—	1,50—2,50 V	Не нормируется	65	22	6
ЭА-2	≤0,12	≤1,00	≤2,50	23—27	11,50—14,00	—	—	—	≥2,50	55	25	9
ЭА-2Б	≤0,12	≤1,00	≤2,50	21—25,5	11—14	—	0,70—1,30 **	—	≥2,50	60	24	7

Тип	Химический состав						
	C, не более	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb
ЭА-2Г6	0,15— 0,25	≤0,50	5,00— 7,00	22—26	15—19	—	—
ЭА-2С2	≤0,14	1,20— 2,20	≤2,00	22—25	12,80— 15	—	—
ЭА-3М6	0,08— 0,15	0,15— 0,50	1,00— 2,20	14—17	23,50— 27,30	5—7	—
ЭА-3М9	0,08— 0,15	0,15— 0,50	1,00— 2,00	13—17	22,50— 27	7—10	—
ЭА-4ВЗБ2	0,25— 0,32	≤0,50	1,50— 2,50	14—16	34—36	—	1,90— 2,50
ЭАФ-1	≤0,09	0,20— 0,70	1,00— 2,00	20,50— 24,50	7— 9,50	—	—
ЭАФ-1МФ	≤0,12	≤1,00	≤1,20	24—27	4,20— 5,70	До 0,12	—
ЭФ-Х11МФ	0,09— 0,15	0,30— 0,80	0,50— 1,00	0,50— 11,50	0,60— 0,90	0,60— 0,90	—
ЭФ-Х11ВМНФ	0,09— 0,15	0,30— 0,80	0,50— 1,10	9,50— 11,50	0,60— 0,90	0,60— 0,90	—
ЭФ-Х12ВМНФ	0,11— 0,16	≤0,50	0,30— 0,80	10— 12,50	0,70— 1,20	0,90— 1,20	—
ЭФ-Х13	0,08— 0,16	0,40— 1,00	0,50— 1,50	11— 14,50	≤0,60	—	—
ЭФ-Х17	≤0,14	≤1,00	≤1,50	15—18	≤2	—	—

Примечания: 1. Норма содержания ферритной фазы, а также данного типа могут быть ограничены соответственно их паспортам, но не
2. Для электродов ЭФ-Х13, ЭФ-Х11МНФ, ЭФ-Х11ВМНФ и термической обработки в соответствии с паспортами электродов; для остальных электродов — в состоянии после сварки.
3. Для электродов диаметром 2,5 мм и менее механические свойства

P		S	Прочие элементы	Возможно дополнительное легирование	Содержание ферритной фазы, %	Стойкость против межкристаллитной коррозии при испытании по ГОСТ 6032-58	Механические свойства при температуре 20° С		
не более		Временное сопротивление разрыву, кгс/мм²					Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, кгс/см²	
									не менее
0,035	0,020	—	—	—	Не нормируется 2,50	Не нормируется	55	25	9
0,030	—	—	—	—	Не нормируется		60	24	6
		—	—	—			60	30	10
		—	—	—			60	30	10
0,025	1,015	2,4— 3,4 W	4—5	62			18	6	
0,030	0,020	—	—	Не нормируется			65	20	7
0,035	—	до 0,12 V	—	—			70	18	4
		0,20— 0,40 V	—	—			75	15	5
		0,80— 1,30 W	—	—			80	14	5
		0,20— 0,40 V	—	—			75	12	4
		0,90— 1,40 W	—	—					
		0,20— 0,40 V	—	—					
0,025		—	—	—	60	16	5		
		—	—	—	65	Не нормируется			

химический состав наплавленного металла для отдельных марок электродов должны выходить за пределы величин, указанных в таблице.

ЭФ-Х12ВМНФ нормы показателей механических свойств указаны после сварки электродов — в состоянии после сварки.

металла швов не являются приемо-сдаточной характеристикой.

41. Характеристика электродов для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами.

Тип	Марка	Род и полярность тока	Положение сварки	Коэффициент наплавки
<i>Электроды по ГОСТ 10052—62</i>				
ЭА-1	ЦЛ-33 ОЗЛ-14	Постоянный, на электроде + То же и переменный		— 10—12
ЭА-1а	ОЗЛ-8 ОЗЛ-12 ЗИО-2			12—14 12—14 —
ЭА-1Б	ЦЛ-11 ОЗЛ-7 ЦТ-15-1	Постоянный, на электроде +	Все положения	12—13 11—12 11—13
ЭА-1Ба	ЦТ-15 ЗИО-3			11—13 11,5— 13,5
ЭА-1Б2Б ЭА-1Б2Ба ЭА-1Г6 ЭА-1М2Ф ЭА-1М2Фа	ЦТ-16-1 ЦТ-16 НИИ-48Г ЦТ-7-1 ЦТ-7			10—12 10,5 11—13 11—13 11—12
ЭА-1М2	ЦЛ-4 ЭНТУ-ЭМ		Нижнее	10—13 10—12
ЭА-1М2Ба	НЖ-13		Все положения	12—13
ЭА-1Ф2	ЭА-606/11	Постоянный, на электроде +	Нижнее и вертикальное Все положения	11,5— 12,5
ЭА-2	ОЗЛ-4 ЦЛ-16 ОЗЛ-6 ЦЛ-25 ЗИО-2		Все положения	11,5— 12,5 10,5 11,5 10—11 13,3
ЭА-2Б	ЦЛ-9 ЗИО-7			11,5 11,5— 13,5

Тип	Марка	Род и полярность тока	Положение сварки	Коэффициент наплавки
ЭА-2Г6	ОЗЛ-9А	Постоянный на электроде +	Нижнее и вертикальное	13—14
ЭА-2С2	ОЗЛ-9 ОЗЛ-5 ЦТ-17		Все положения	13—14 12—13 10,5
ЭА-3М6	НИАТ-5 ЭА-395/9		Нижнее и вертикальное Все положения	12,5—14,4 10,9
ЭА-4В3Б2 ЭАФ-1	КТИ-7-62 ЦЛ-33		Нижнее	11,2 13
ЭАФ-1МФ	08Х25Н5ТМФ Н-48	То же, и переменный	Все положения	11,2
ЭФ-Х11ВМНФ	КТИ-10 КТИ-9	Постоянный, на электроде +	Нижнее	—
ЭФ-Х12ВМНФ ЭФ-Х13 ЭФ-Х13	ЦЛ-32 ЛМЗ-1 УОНИ/10Х13		Нижнее и вертикальное Все положения	11 11
ЭФ-Х17	УОНИ/10Х17			
<i>Электроды, не предусмотренные ГОСТ 10052—62</i>				
<i>Для сварки коррозионно-стойких сталей</i>				
—	ОЗЛ-3 15М	Постоянный, на электроде +	Все положения	12 11
—	ОЗЛ-11		Нижнее и вертикальное	11,5
<i>Для сварки жаростойких сталей и сплавов</i>				
—	ОЗЛ-2	Постоянный, на электроде +	Все положения	12
—	ЦЧМ-3			
—	ОЗЛ-16 АНЖ — 16		Нижнее и вертикальное	13,5 14,8

Продолжение таблицы 41.

Тип	Марка	Род и полярность тока	Положение сварки	Коэффициент наплавки
<i>Для сварки жаропрочных сталей и сплавов</i>				
— — —	АЖ-13-18 ЦТ-23 ЦТ-13	Постоянный, на электро- де +	Все положения	14,4 10,5 13,8
— — — —	ЦТ-22 НИАТ-7 ИМЕТ-4 НИАТ-8 НИАТ-8А		Нижнее и вертикаль- ное	10,5 15 13,5 14 14
—	ЦТ-28		Все положения	10,5
— —	ИМЕТ-10 ИМЕТ-4-П		Нижнее и вертикаль- ное	14 15,5

или наплавленному металлу (G_H):

$$G_{эл} = G_{пр} (1 + K_1) = G_{пр} (1 + 0,9K);$$

$$G_{пр} = G_H / \alpha_э = \lambda * G_H / (1 - \varphi)$$

$$G_{пр} = \rho F_H L$$

Коэффициент наплавки обычно меньше коэффициента расплавления на 3—5 г/(А·ч), так как часть расплавленного электродного металла теряется на окисление, испарение и разбрызгивание.

Коэффициент наплавки α_H характеризует производительность процесса сварки и наплавки. Чем больше величина α_H тем больше производительность сварки.

Производительность сварки (г/ч)

$$P_{напл} = \alpha_H I$$

Коэффициент потерь

$$\varphi = (\alpha_p - \alpha_H) / \alpha_p * 100\%$$

Расход покрытых электродов ($G_{эл}$) определяют по расходу проволоки ($G_{пр}$)

42. Электроды металлические для дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами (ГОСТ 10051-62)

Тип	Химический состав, %							Твердость HRC в рабочем состоянии
	C	Mn	Si	Cr	Mo	N	Прочие элементы	
ЭН-70Х11-25 *	0,50—0,80	—	—	10—12	—	—	—	25—35
ЭН-70Х11Н3-25 *	0,50—0,80	—	—	10—12	—	—	2,50—3,50Ni	25—33
ЭН-15Г3-25 *	0,12—0,17	2,50—3,70	—	—	—	—	—	27—36
ЭН-14Г2Х-30 *	0,12—0,16	1,60—2,00	—	1—1,5	—	—	—	29—38
ЭН-18Г4-35 *	0,16—0,20	3,50—4,20	—	—	—	—	—	35—40
ЭН-20Г4-40 *	0,18—0,22	4,00—4,70	—	—	—	—	—	39—47
ЭН-25Х12-40	0,15—0,30	0,30—1,00	—	10—14	—	—	—	≥40
ЭН-У12Х12Г2ФС-55	1,00—1,40	1,60—2,40	1,00—1,70	10,50—13,50	—	—	1,00—1,50 V	≥54 (т)
ЭН-60Х2СМ-50 *	0,50—0,90	—	0,50—1,20	2,30—3,20	0,30—0,70	—	—	52—60
ЭН-30ХН3В8-40	0,20—0,40	—	—	2,00—3,50	—	7,00—9,00	—	≥40
ЭН-35Г6-50	0,25—0,45	5,50—6,50	—	—	—	—	—	≥50
ЭН-30Х12Г2С2-55	0,20—0,45	1,60—2,40	1,50—2,50	10,50—13,50	—	—	—	≥56 (т)
ЭН-35Х12В3ФС-50	0,25—0,45	—	1,00—1,60	10,50—13,50	—	2,50—3,50	0,50—1,00 V	≥50
ЭН-08Х17Н8С7-45	До 0,15	—	6,80—8,00	16—18	—	—	7—9 Ni	≥45
ЭН-80В18Х4Ф-60	0,70—0,85	—	—	3,8—4,5	—	17—19,5	1—1,4 V	57—62
ЭН-90В9Х4Ф2-60	0,85—1,00	—	—	4—5	—	8,5—10,5	2—2,6 V	(48—52) *
ЭН-У10Г5Х7С-25 *	0,80—1,10	4,00—5,00	1,20—1,80	6—8	—	—	—	25—32
ЭН-У30Х28С4Н4-50 *	2,50—3,40	—	2,80—4,20	25—31	—	—	3—5 Ni	48—54
ЭН-80Х4СГ-55 *	0,70—0,90	0,60—1,00	1,00—1,50	3,5—4	—	—	—	56—62
ЭН-У30Х23Р2С2ТГ-55 *	3,00—3,50	1,00—1,50	2,00—2,50	22—24	—	—	1—2 В	55—62
ЭН-У30Х25Р2С2Г-60 *	3,00—3,50	1,00—1,50	2,00—2,50	22—27	—	—	1—1,5 Ti	—
ЭН-08Х17Н7С5Г2-30	До 0,12	1,00—2,00	5,00—5,80	16—18	—	—	0,5—1,5 В	57—65
ЭН-У18К62Х30В5С2-40	1,60—2,30	—	1,50—2,00	26—32	—	4—5	6—8 Ni	27—33
ЭН-У20Х30Н6Г2-40	1,60—2,30	1,50—3,00	—	26—32	—	—	59—65 Co	≥40
ЭН-08Х20Н11С9Г2-45	До 0,15	1,00—2,00	8,00—9,00	19—23	—	—	5—8 Ni	≥40
							10—13 Ni	≥45

* Твердость наплавленного металла после термообработки, в скобках указана твердость для молотовых штампов.

Примечания: 1. Содержание серы и фосфора для всех типов электродов не более 0,04% каждого.
2. Обозначение типа электрода расшифровывается: ЭН — электрод наплавочный, далее — принятое условное обозначение химического состава по содержанию главных элементов в стандартах на марки сталей, причем наличие буквы У обозначает содержание углерода в десятых долях процента. При содержании углерода в сотых долях букву У не дают; цифра, стоящая после условного обозначения, указывает твердость.

43. Характеристика электродов для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами (по ГОСТ 10051-62)

Тип	Примерная марка	Род и полярность тока	Положение сварки	Твердость HRC, наплавленного металла после отжига, не более
ЭН-70Х11-25 ЭН-70Х11Н3-25 ЭН-15Г3-25 ЭН-14Г2Х-30 ЭН-18Г4-35 ЭН-20Г4-40 ЭН-25Х12-40	ОМГ ОМГ-Н ОЗН-300 К-2-55 ОЗН-350 ОЗН-400 ЦН-5 НЖ-2	Предпочтительно постоянный на электроде + и переменный Постоянный на электроде +, возможно переменный Постоянный и переменный Постоянный на электроде +, возможно переменный	Нижнее и наклонное	—
ЭН-У12Х12Г2ФС-55 ЭН-60Х2СМ-50	Ш-1 ЭН-60М	Переменный и постоянный	Нижнее и слегка наклонное Нижнее и вертикальное	25
ЭН-30Х3Б8-40 ЭН-35Г6-50	ЦШ-1 ЦН-4	Постоянный на электроде + и переменный	Нижнее и наклонное	20 30
ЭН-30Х12Г2С2-55 ЭН-35Х12Б3ФС-50 ЭН-08Х17Н8С7-45 ЭН-80В18Х4Ф-60 ЭН-90В9Х4Ф2-60 ЭН-У10Г5Х7С-25	НЖ-3 Ш-16 ЦН-7 ЦИ-1М ЦИ-2У 12АН/ЛИВТ	Переменный и постоянный Постоянный на электроде + Постоянный и переменный Постоянный на электроде + и переменный	Нижнее Нижнее и наклонное Нижнее	25 20 Наплавленный металл не отжигают 35 35 —
ЭН-У30Х28С4Н4-50 ЭН-80Х4СГ-55 ЭН-У30Х25РС2Г-60 ЭН-У30Х23Р2С2ТГ-55 ЭН-08Х17Н7С5Г2-30 ЭН-У18К62Х30В5С2-40 ЭН-У20Х30Н6Г2-40 ЭН-08Х20Н11С9Г2-45	ЦС-1 13КН/ЛИВТ Т-590 Т-620 ЦН-6 ЦН-2 ЦН-3 ЦН-8	Постоянный на электроде + Постоянный и переменный Постоянный на электроде +	Нижнее и наклонное	Наплавленный металл не отжигают

Следовательно,

$$G_{эл} = (1 + K_1) \frac{\lambda G_n}{1 - \varphi} = (1 - 0,9K) \frac{\lambda G_n}{1 - \varphi_1},$$

где K - коэффициент массы покрытия;

K_1 - отношение массы покрытия к массе всего электродного стержня;

α_3 - коэффициент использования стержня;

φ - коэффициент потерь;

λ - отношение длины стержня электрода к длине расплавляемой его части;

ρ - плотность наплавленного металла, г/см³; при сварке толстопокрытыми электродами принимают $\rho = 7,8$ г/см³;

L - длина шва, мм;

F_n — площадь наплавки, мм².

Коэффициенты K и K_1 определяют по формулам:

$$K = \frac{G_3 - mL_3}{mL_0};$$

$$K_1 = \frac{G_3 - mL_3}{mL_3},$$

где G_3 — масса электрода, г;

L_3 — длина электрода, см;

L_0 — длина покрытой части электрода, см;

m — масса 1 см электродной проволоки, г/см.

Коэффициент потерь φ для различных электродов различен (потери 6—25%), его обычно принимают в пределах 1,1—1,25.

Технология ручной дуговой электрической сварки.

Техника выполнения шва и режим сварки.

Зажигание сварочной дуги. Зажигание (возбуждение) производится двумя способами (рис. 57). При первом способе электрод перпендикулярно подводят к месту начала сварки и после сравнительно легкого прикосновения к изделию отводят вверх на расстояние 2—5 мм. Второй способ напоминает процесс зажигания спички. При обрыве дуги повторное зажигание ее осуществляется впереди кратера на основном металле; возвратом к наплавленному металлу для вывода на поверхность загрязнений, скопившихся в кратере. После этого сварку ведут в нужном направлении.

Положение и перемещение электрода при сварке. Положение электрода зависит от положения шва в пространстве. Различают следующие изложения

швов (рис. 58): нижнее 1, вертикальное и горизонтальное на вертикальной плоскости 2, потолочное 3. Сварку вертикальных швов можно выполнять сверху вниз и снизу вверх. Схема сварки вертикальных швов показана на рис. 59.

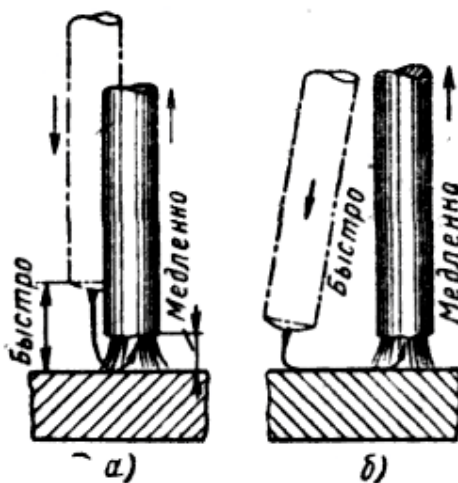


Рис. 57. Схема зажигания сварочной дуги:

a — прикосновением электрода в точке; *б* — чирканьем концом электрода о поверхность металла

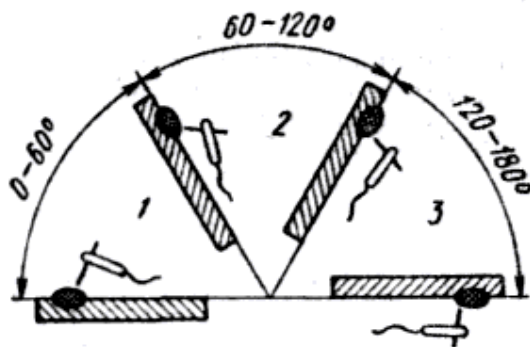


Рис. 58. Расположение сварного шва в пространстве:

1 — нижнее; 2 — вертикальное или горизонтальное; 3 — потолочное

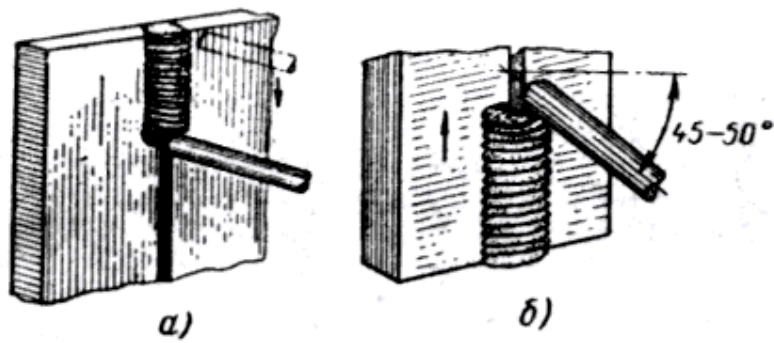


Рис. 59. Схема сварки вертикальных швов:
а — сверху вниз; б — снизу вверх

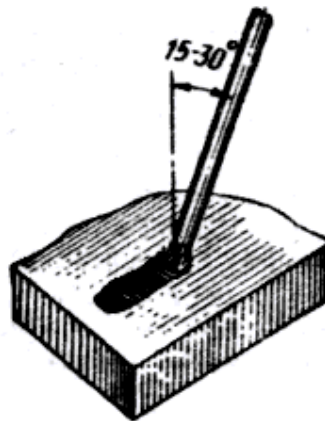


Рис. 60. Наклон электрода при сварке в нижнем положении

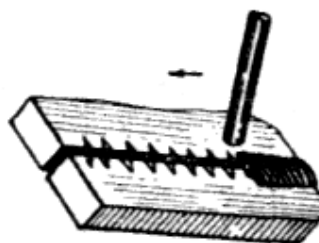


Рис. 61. Перемещение электрода при сварке «к себе»

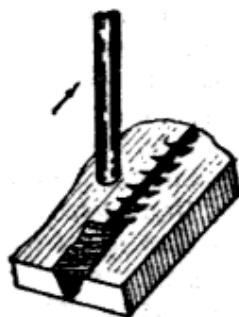


Рис. 62. Перемещение электрода при сварке «от себя»

При сварке в нижнем положении электрод имеет наклон от вертикали в сторону направления сварки (рис. 60). Перемещение электрода при сварке может осуществляться способами «к себе» (рис. 61) и «от себя» (рис. 62).

При отсутствии поперечных колебательных движений конца электрода ширина валика равна $(0,8 \div 1,5) d$ электрода. Такие швы или валики и называют узкими или ниточными; их применяют при сварке тонкого металла и при наложении первого слоя в многослойном шве.

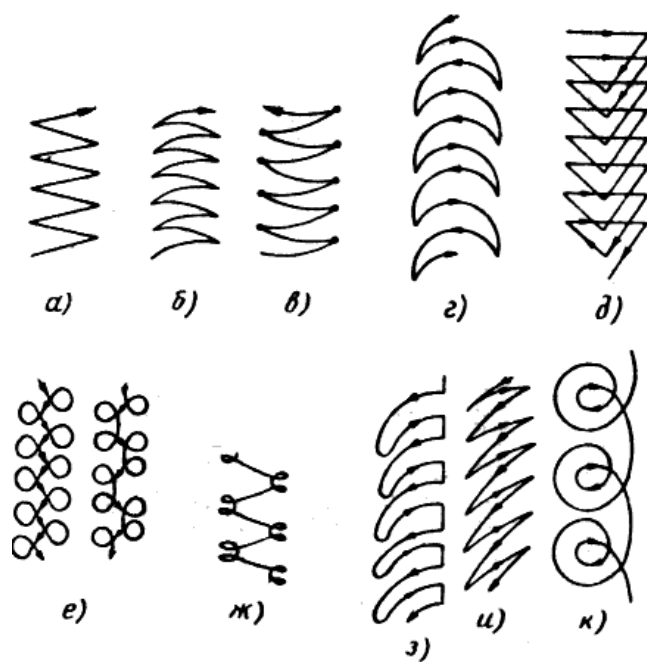


Рис. 63. Основные виды траекторий поперечных движений рабочего конца электрода

Получение уширенных швов, или валиков, ширина которых обычно не более $(2 \div 4) d$ электрода, возможно за счет колебательных движений конца электрода. Основные варианты колебательных движений конца электрода показаны на рис. 63. Движения, не способствующие усиленному прогреву свариваемых кромок,

показаны на рис. 63, а—б; способствующие усиленному прогреву обеих свариваемых кромок — на рис. 63, в—ж; способствующие усиленному прогреву одной кромки — на рис. 63, з, и; способствующие прогреву корня шва — на рис. 63, к.

Порядок выполнения швов (рис. 64). В зависимости от длины различают швы: короткие (250—300 мм), средние (350—1000 мм), длинные (более 1000 мм). Порядок выполнения длинных швов показан на рис. 64, в. Шов выполняют короткими отрезками 1—4.

В зависимости от размеров сечения швы выполняют однопроходными, или однослойными, и многопроходными, или многослойными (рис. 65). Однопроходная сварка производительна и экономична, но металл шва недостаточно пластичен вследствие грубой столбчатой структуры металла шва и увеличенной зоны перегрева. В случае многослойной сварки каждый нижележащий валик проходит термообработку при наложении последующего валика, что позволяет получить измельченную структуру металла шва и соответственно повышенные механические свойства шва и сварочного соединения.

Расположение слоев (1—5) при многослойной сварке бывает, трех видов (рис. 66): последовательное наложение каждого слоя по всей длине шва, наложение «каскадным» способом и наложение способом «горки».

Оба последних способа применяют при сварке металла значительной толщины (свыше 20—25 мм). При выполнении многослойных швов особое внимание следует уделять качественному выполнению первого слоя в корне шва. Провар корня шва определяет прочность всего многослойного шва.

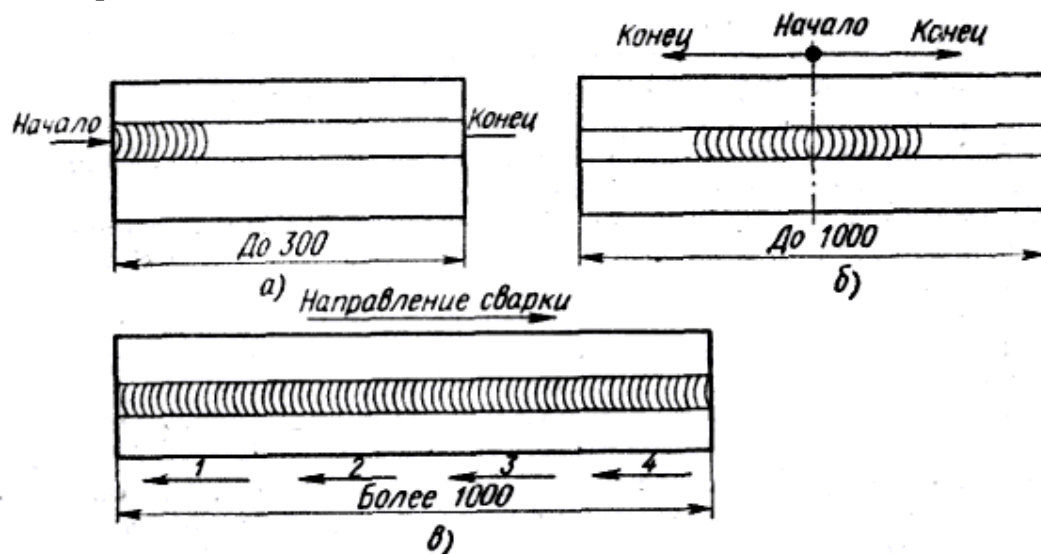


Рис. 64. Выполнение шва в зависимости от его длины:

а — напроход; б — от середины к краям; в — обратно-ступенчатым способом

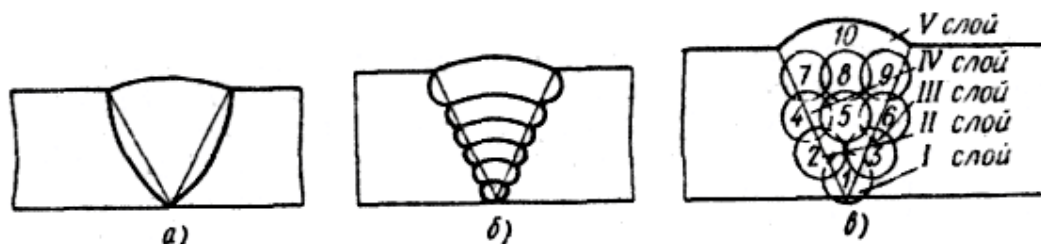


Рис. 65. Схема сварного шва:
а — однопроводный; б — многослойный; в — многопроводный

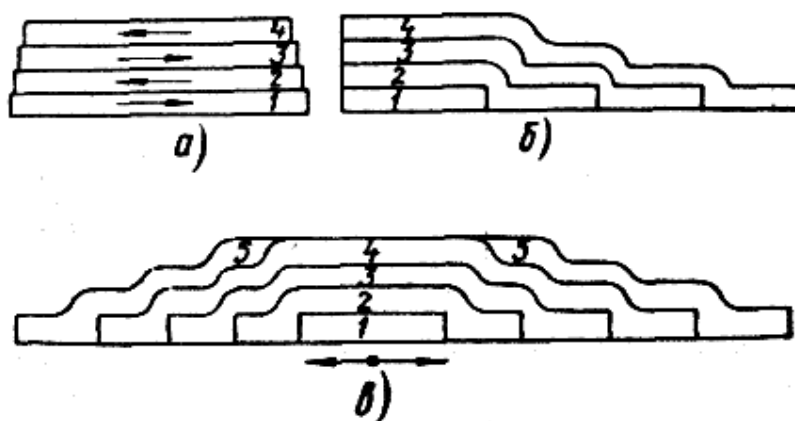


Рис. 66. Схема многослойной сварки:
а — последовательное наложение; б — «каскадный» метод; в — метод «горки»

Подбор силы тока и диаметра электрода. Силу сварочного тока выбирают в зависимости от марки и диаметра электрода, при этом учитывают; положение шва в пространстве, вид соединения, толщину и химический состав свариваемого металла, температуру окружающей среды, При учете всех факторов необходимо стремиться работать на максимально возможной силе тока.

Для подбора силы сварочного тока используют зависимости:

$$I_{св} = 50d_э; \quad I_{св} = (20 + 6d_э)d_э$$

где $d_э$ — диаметр электродного стержня, соблюдая при этом определенные поправки. Если толщина металла $< 1,5 d_э$ при сварке в нижнем положении, то $I_{св}$ уменьшают на 10—15% по сравнению с расчетным. Если толщина металла $> 3d_э$, то $I_{св}$ необходимо увеличить на 10—15% по сравнению с расчетным. При сварке на вертикальной плоскости $I_{св}$ уменьшают на 10—15%, в потолочном положении — на 15—20% по сравнению с нормально выбранной силой тока для сварки в нижнем положении. Ориентировочные режимы сварки приведены в табл. 44.

44. Зависимость силы сварочного тока от диаметра электрода

Диаметр электрода, мм	Сила сварочного тока, А	Диаметр электрода, мм	Сила сварочного тока, А
1,5	25—40	6	280—360
2	60—70	7	370—450
3	100—140	8	450—560
4	160—200	10	750-850
5	220—280		

При выполнении сварки качественными электродами силу тока следует устанавливать в соответствии с данными, указанными в паспортах или сертификатах на эти электроды.

Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла, типа сварного соединения, положения шва в пространстве, размеров детали, состава свариваемого металла. При сварке встык металла толщиной до 4 мм применяют электроды диаметром, разным толщине свариваемого металла. При сварке металла большой толщины применяют электроды диаметром 4—8 мм при условии обеспечения провара основного металла. В многослойных стыковых швах первый слой выполняют электродом диаметром 3—4 мм, последующие слои выполняют электродами большего диаметра. Сварку в вертикальном положении производят с применением электродов диаметром не более 5 мм. Потолочные швы выполняют электродами диаметром не более 4 мм.

Сварка низкоуглеродистых сталей

Низкоуглеродистые стали, содержащие до 0,25% углерода, обладают хорошей свариваемостью. Сварные соединения при этом легко обрабатываются режущим инструментом. Сварку следует вести на максимально допустимых режимах. Подготовку кромок под сварку производят согласно ГССТ 5264-69.

Сварка углеродистых сталей

К углеродистым сталям относятся среднеуглеродистые стали с содержанием углерода 0,3—0,5% и высокоуглеродистые с содержанием углерода 0,5—1,0%.

При сварке среднеуглеродистых сталей возможно образование трещин как в основном, так и в наплавленном металле. Для получения доброкачественных соединений перед сваркой необходим подогрев изделия до температуры 200—350° С. После сварки изделие вновь помещают в печь, нагревают до температуры 675—700° С и медленно охлаждают вместе с печью до температуры 100—150° С. Дальнейшее охлаждение изделия возможно на воздухе. При сварке среднеуглеродистых сталей применяют электроды марок УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, ЦУ-1, УП-1, УП-2, К51, К5, К5А, СКУ и др. Сварку электродами УОНИ-13, К5 и ЦУ-1 можно выполнять только на постоянном токе при обратной

полярности. Применение электродов К51, УП и К5А дает возможность использовать любой род тока.

Высокоуглеродистые стали используют при изготовлении режущего, врубового, бурильного и другого инструмента. Технология сварки этих сталей обязательно предусматривает предварительный подогрев, иногда сопутствующий подогрев и последующую термообработку. Сварку производят узкими валиками и небольшими участками. Обязательно заправляют кратеры или выводят их на технологическую пластинку. Сварку при температуре окружающей среды ниже +5° С и на сквозняках производить нельзя.

Сварка легированных сталей

При сварке легированных сталей необходимо тщательно очищать кромки от окалины, пыли, грязи, шлака, а также удалить влагу с поверхности металла путем подогрева кромок до 110—120° С газовой горелкой. Для уменьшения опасности закалки основного металла применяют многопроходную сварку швами одинакового сечения, а также метод отжигающего валика, причем валик не должен касаться основного металла. Для предупреждения появления трещин необходим предварительный подогрев изделия перед сваркой до 100—350° С.

Низколегированные стали. К этим сталям относят наиболее распространенные стали марок 15ХСНД (НЛ-2) ГОСТ 5058—65* и некоторые другие. Сталь 15ХСНД при сварке склонна образовывать закалочные структуры. Для предупреждения перегрева и образования закалочных структур рекомендуется многослойная сварка с большим интервалом времени между наложением слоев. Электродугую сварку металла толщиной 2 мм и выше производят электродами марок УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, К5 на постоянном токе обратной полярности. Для изделия толщиной более 15 мм после сварки необходима термообработка—высокотемпературный отпуск (550—650°С). Хромокремнемарганцовистые стали марок 15ХГС, 25ХГС, 30ХГС и 35ХГС относятся к низколегированным конструкционным сталям повышенной прочности. При сварке они образуют закалочные структуры. В зависимости от толщины металла применяют однослойную и многослойную сварку с малыми интервалами времени между наложением слоев. Для сварки применяют электроды со стержнями из сталей Св-20ХГСА, Св-20ХМА, Св-30ХГСА или из низкоуглеродистой проволоки Св-08А. Марки покрытий электродов: ВИАМ-25, ВИАМ-100, ВИАМ-101, ЦЛ-18, ЦЛ-19, ЦЛ-18М, УОНИ-13/55, УОНИ-13/65, УОНИ-13/85, К7 и аустенитовые электроды ВИАМ-НЖ-1, УОНИ-13/нж. Ориентировочные режимы сварки даны в табл. 45.

45. Ориентировочные режимы сварки сталей типа 30ХГС

Толщина металла, мм	Число слоев или проходов в шве	Диаметр электрода, мм	Сила тока при сварке встык, А
0,5 1,0 2,0	1	1,5-2,0 2,0-2,5 2,5-3,0	10- 20 20-50 40-100
3,0 4,0		3-4	80-120 90-120
6,0-8,0 10,0	1-2 3	4-5	120-160 140-180
20,0	5-6	4-5-6	140-220
Пр и м е ч а н и е . Силу тока для сварки тавровых соединений принимают на 10—15% выше, чем для сварки встык.			

Изделия, сваренные из стали 25ХГС и 30ХГС, нагревают до температуре 650—680°С с выдержкой в течение 1 ч на каждые 25 мм толщины и охлаждают на воздухе или в горячей воде. Если изделия из такой стали сварены аустенитовыми электродами, то термической обработке их можно не подвергать.

Среднелегированные стали. Стали 12М, 12ХМ, 15ХМ, 20ХМ предназначены для изготовления деталей, работающих в условиях высоких температур (400—600° С) и при давлении газа или пара до 300 ат (трубчатые элементы паровых котлов, элементы нефтеперегонной и химической аппаратуры и т. д.). Эти стали имеют склонность к образованию трещин в зоне термического влияния. Поэтому требуют предварительного подогрева до температуры 200—300° С и последующей термической обработки (отпуска). Отпуск проводят по режиму: нагрев изделия до 650° С, выдержка при этой температуре не менее 5 мин на каждый миллиметр толщины металла с последующим медленным охлаждением. Иногда эти стали отжигают при температуре 750—800° С.

Для сварки сталей 20М, 12МХ и 20МХЛ применяют электроды марок ЦЛ-6 и ЦЛ-14. Режимы сварки —обычные. Для сталей 15М, 20М и 15ХМ применяют электроды марок ЦУ-2М, ЦУ-2ХМ и ЦМ-2МХ на постоянном токе обратной полярности.

Высоколегированные стали. К этим сталям относят стали типа Х18Н9, применяемые в химическом и пищевом машиностроении. Эти стали обладают высокой прочностью, вязкостью и пластичностью. При сварке необходимо учитывать, что эти стали имеют пониженную электропроводность и теплопроводность, что ведет к значительным короблениям, а также склонность к межкристаллитной коррозии. Поэтому строгое соблюдение режимов сварки особенно важно. Для сварки применяют электроды марок ЦЛ-2, ЦЛ-4, УОНИ-

13/нж, НТУ-3, ЦЛ-11, ЦТ-1 и др. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности, применяя медные подкладки или ускоренное охлаждение швов водой или сжатым воздухом.

К окалиностойким сталям относят стали типа Х25Н12 и Х25Н20, применяющиеся при изготовлении трубопроводов, деталей турбин, котлов, высокого давления, химической аппаратуры и др. Они имеют повышенное сопротивление коррозии и выдерживают длительные нагрузки при высоких температурах. Эти стали имеют склонность к образованию горячих трещин. Для сварки сталей этого типа применяют электроды марок ЦЛ-8, ЦТ-1, ЦТ-7А, ЦТ-12А и НИИ-48. Сварку производят на постоянном токе обратной полярности. Для снятия напряжений после сварки стали подвергают термообработке (отпуск при 650° С).

Хромистые стали марок Х6СМ, 4Х9С2, Х5М, Х5МФ, 1Х13 (ЭЖ-1) и др. с содержанием хрома 4—14% относятся к мартенситному классу. Эти стали применяют для изготовления конструкций повышенной прочности в агрессивной среде (аппаратуре нефтеперерабатывающей промышленности). Стали Х28, 1Х17Ю5 и др. с содержанием хрома 18—30% относят к ферритному классу. Эти стали хорошо сопротивляются окислению при высоких температурах.

Склонность хромистых сталей к закаливанию на воздухе с образованием мартенситной структуры и рост зерен в зоне термического влияния составляют основные трудности при сварке этих сталей. Сварку хромистых сталей необходимо выполнять с предварительным подогревом до температуры 200—400° С.

После сварки изделие охлаждают на спокойном воздухе до 150—200° С, а затем подвергают высокому отпуску: нагрев в печи до температуры 720—750° С с выдержкой в течение 5 мин на 1 мм толщины металла, но не менее 1 ч, с последующим медленным охлаждением на спокойном воздухе. Стали с содержанием хрома 7—10% в печи выдерживают в течение 10 мин на 1 мм толщины металла. Рекомендуются марки электродов: НЗЛ, НИИ-48, ЦТ-1, ЦТ-2, НТУ-3 и др. Сварку производят на постоянном токе обратной полярности.

Высокомарганцовистые стали типа Г13Л, содержащие 11—16% марганца, относятся к сталям аустенитного класса. Стали обладают высокой износостойкостью, их применяют для изготовления железнодорожных крестовин, зубьев экскаваторов, ковшей землечерпалок и других деталей. Для сварки применяют электроды трех типов: никелемарганцовистые, содержащие 4—4,5% никеля, 11—13% марганца, 0,6—1,0% углерода. На стержни наносят покрытие основного типа; нержавеющие марок УОНИ-13/нж, ЦЛ-2, ЦЛ-11, ЦТ-1 и др.; малоуглеродистые стали ОЗН-250, ОЗН-350 с покрытием, содержащим до 60—65% феррохрома. Сварку производят на постоянном токе обратной полярности. Сталь сваривают в закаленном состоянии. Закалку промеряют с помощью магнита (закаленная сталь немагнитна).

Инструментальные стали Р18, Р9 и их заменители ХВГ, 9ХВГ, 9ХС и др. применяют для изготовления режущего инструмента. Режущий инструмент с

помощью электродуговой сварки можно изготовлять двумя способами: приваркой пластин быстрорежущей стали к державкам из поделочной стали и наплавкой быстрорежущей стали или ее заменителей на заготовку из углеродистой стали.

Наплавка целесообразна в случае использования для изготовления электродов отходов быстрорежущей стали (поломанных сверл, резцов, зенкеров, разверток и др.), иногда изготовляют специальные электроды из быстрорежущей стали, из катаной проволоки или из кованых стержней. Наплавляют в земляных формах, где формуется одновременно несколько заготовок. Наплавку ведут в один прием, не прерывая по мере оплавления. Перед обрывом дуги выводят на металл заготовки. После наплавки инструмент подвергают отжигу, затем обрабатывают механическим путем и, наконец, подвергают закалке и трехкратному отпуску, после чего твердость наплавленного металла достигнет HRC 61-64.