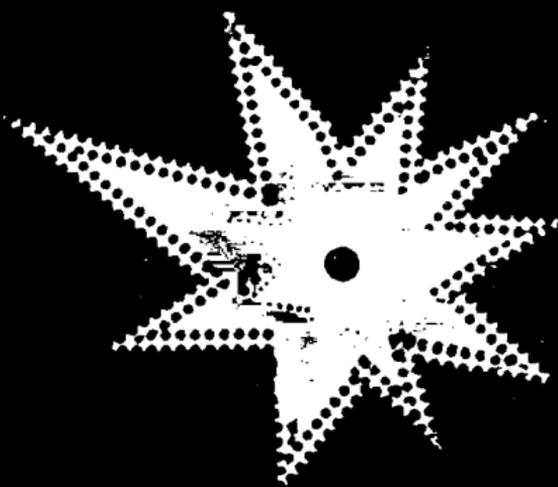


Г. Д. ШКУРАТОВСКИЙ

Сварочные
работы
при монтаже
строительных
стальных
конструкций



Г. Д. ШКУРАТОВСКИЙ

СВАРОЧНЫЕ
РАБОТЫ
ПРИ МОНТАЖЕ
СТРОИТЕЛЬНЫХ
СТАЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ

КИЕВ «БУДІВЕЛЬНИК» 1977

6С6.5

Ш67

УДК 693.814.25

Э - 77 - 22087а

Сварочные работы при монтаже строительных стальных конструкций. Г. Д. Шкуратовский. Киев, «Будівельник», 1977, 116 с.

В пособии рассматриваются вопросы техники и технологии сварки, даются рекомендации по ручной и механизированной сварке наиболее распространенных строительных металлоконструкций. Уделено внимание вопросам выбора сварочных материалов и оборудования, организации сборочно-сварочных работ в условиях строительных площадок, контроля качества сварных соединений, техники безопасности.

Рассчитано на рабочих и мастеров.

Ил. 23, табл. 8. Список лит.: с. 116—117 (15 назв.).

Рецензент В. П. Жбанов

Редакция литературы по специальным и монтажным работам в строительстве.

Ш $\frac{30207-065}{M203(04)-77}$ 104—77

© Издательство «Будівельник», 1977.

XXV съезд КПСС наметил обширную программу повышения эффективности общественного производства на 1976—1980 гг., претворение которой в жизнь невозможно без ускорения научно-технического прогресса, роста производительности труда, всемерного улучшения качества работы во всех звеньях народного хозяйства.

Для сокращения продолжительности строительства важное значение имеет монтаж металлоконструкций, одним из ведущих технологических процессов которого является сварка.

Высокий уровень сварочной техники способствовал успешной сдаче в эксплуатацию в девятой пятилетке таких уникальных объектов, как доменная печь № 9 объемом 5000 м³ на Криворожском металлургическом заводе им. В. И. Ленина, стан «3600» в Жданове, башня Киевского телецентра и др.

Увеличение параметров сооружений, применение в конструкциях высокопрочных сталей, повышение требований к качеству продукции, а также перенос наиболее удобных для механизации сварочных работ в заводские условия повышают трудоемкость монтажной сварки, создают объективную необходимость повышения эффективности сварки в сложных условиях строительства. Вместе с тем внедрение достижений науки и техники, передовой тех-

нологии сварочных работ требует повышения уровня теоретических знаний и практических навыков рабочих-сварщиков, квалифицированной технологической подготовки, организации производства, осуществления оперативного контроля качества сборочно-сварочных операций.

Цель настоящей памятки — ознакомить рабочих и мастеров с рекомендациями по сварке стальных строительных конструкций, опытом механизации и правилами безопасного ведения сварочных работ при монтаже.

СТАЛИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Для строительных конструкций применяют конструкционные стали, углеродистые (обыкновенного качества и качественные) и низколегированные (повышенной прочности и высокопрочные).

Углеродистую сталь обыкновенного качества (ГОСТ 380—71*) по степени раскисления подразделяют на кипящую (кп), полуспокойную (пс), спокойную (сп) и поставляют по трем группам: А — по механическим свойствам, Б — по химическому составу, В — по механическим свойствам и химическому составу.

В заявках, сертификатах, чертежах сталь имеет следующие буквенно-цифровые обозначения: буквы «Ст» обозначают «сталь», цифры от 0 до 6 — условный номер марки в зависимости от химического состава (главным образом углерода) и механических свойств; буквы «Б» и «В» перед обозначением марки указывают на группу стали (группа А не обозначается); буква «Г» в обозначении полуспокойной стали свидетельствует о повышенном содержании марганца. В конце марки ставят категорию стали (кроме первой). Сталь, выплавляемая конверторным способом, имеет в обозначении букву «К». Пример обозначения стали ВКСтЗпс2 — конверторная СтЗ по группе В, полуспокойная, 2-й категории.

Стали марок ВСт2, ВСт3 (кп, пс, сп) и ВСт3Гпс, а по требованию заказчика — БСт1, БСт2, БСт3 всех степеней раскисления и БСт3Гпс при содержании углерода до 0,22% поставляются с гарантией свариваемости.

В обозначении углеродистых качественных сталей (ГОСТ 1050—74), двузначная цифра (10, 10кп, 15 и т. д.) указывает на среднее содержание углерода в сотых долях процента. При повышенном содержании марганца в обозначение дополнительно вводится буква «Г» (15Г, 20Г и т. д.).

Низколегированные, как и другие легированные стали, применяемые для изготовления строительных конструкций, обозначают буквами, свидетельствующими о содержании легирующих элементов, и цифрами, стоящими после каждой буквы, если содержание элемента превышает 1,5%. Цифры перед буквами указывают на среднее содержание углерода в сотых долях процента. В соответствии с ГОСТ 19281—73 и ГОСТ 19282—73 и в зависимости от нормируемых механических свойств низколегированную сталь поставляют по 15 категориям, указываемым в заказе и документе о качестве. В обозначении марки стали категорию пишут после тире (например, 09Г2-4).

Содержание углерода обуславливает прочность, вязкость и закаливаемость стали. При содержании его до 0,22% свариваемость стали хорошая. Кремний (в марке стали обозначается буквой «С») не ухудшает свариваемость, если его количество находится в пределах 0,2—0,3%. При содержании марганца (Г) в стали 1,8—2,5% сварка затрудняется. Хром (Х) повышает прочность и твердость стали, а

никель (Н), увеличивая прочностные и пластические свойства стали, не ухудшает свариваемость. Медь (Д), содержащаяся в некоторых низколегированных сталях (10ХСНД, 15ХСНД), увеличивает стойкость против коррозии и также не ухудшает их свариваемость.

В зависимости от механических свойств при растяжении все стали, применяемые для строительных конструкций, разделены на условные классы прочности (классы стали): С 38/23, С 44/29, С 46/33, С 52/40, С 60/45, С 70/60 и С 85/75. Цифры в индексе класса обозначают: числитель — минимальную величину временного сопротивления на разрыв по ГОСТ в $кгс/мм^2$, знаменатель — минимальную величину предела текучести по ГОСТ в $кгс/мм^2$.

Наиболее распространены в строительстве низкоуглеродистые стали обыкновенного качества класса С 38/23. Применение низколегированных сталей повышенной и высокой прочности позволяет не только на 15—20% снижать металлоемкость строительных конструкций и трудоемкость работ, но и создавать новые прогрессивные решения зданий и сооружений, разработка и осуществление которых без применения подобных сталей были бы невозможны. Повышение прочностных характеристик строительных конструкций достигается, главным образом, за счет легирования сталей марганцем, кремнием, никелем, хромом и другими элементами при ограничении содержания углерода до 0,18—0,2, а иногда и до 0,1—0,12%. Вторым способом, получившим распространение, является термическая обработка стали.

В строительных конструкциях используют низколегированные хромокремненикелемедис-

тые стали 15ХСНД (СХЛ-1) и 10ХСНД (СХЛ-4), однако наличие присадок дефицитных никеля, хрома и меди ограничивает в настоящее время область их применения.

Из низколегированных безникелевых сталей распространена кремнемарганцевая сталь 10Г2С1, обладающая теми же характеристиками, что и сталь 15ХСНД. На ее механические свойства оказывает влияние содержание кремния. Поэтому при выборе стали отдают предпочтение марке с пониженным (1—1,1%) содержанием кремния. В противном случае необходимо обеспечить особо тщательный контроль качества сварных швов.

В девятой пятилетке монтажники Украины воздвигли целый ряд сооружений из высокопрочных сталей. Это доменная печь № 9 в Кривом Роге, телебашня в Киеве, мост через р. Смотрич в Каменце-Подольском и т. д. Металлоконструкции кислородно-конверторного цеха завода «Азовсталь» в Жданове, главные балки, связи и диафрагмы Северного моста через Днепр в Киеве изготовлены из низколегированных сталей с нитридным упрочнением на основе легирования азотом и ванадием (соответственно 16Г2АФ и 15Г2АФДпс). В 1977—1980 гг. объем применения высокопрочных сталей значительно возрастет.

По свариваемости конструкционные стали подразделяют на три группы:

I — хорошо свариваемые стали. Они свариваются любыми способами без применения особых приемов, в частности предварительного и сопутствующего подогрева. Термическая обработка не требуется, за исключением случаев, оговоренных техническими условиями или тех-

нологией (снятие внутренних напряжений при сварке сложных узлов, сварка больших толщин и т. п.).

II — удовлетворительно свариваемые стали. Сварка элементарных узлов при положительной температуре может осуществляться без подогрева. Требуется строгое соблюдение режима сварки, применение специальных присадочных материалов, особо тщательная очистка свариваемых кромок, нормальные температурные условия сварки, а иногда — предварительный и сопутствующий подогрев (до 100—150° С) и термообработка.

III — ограниченно свариваемые стали. Незакрепленные детали толщиной до 15 мм при температуре не ниже +5° С можно сваривать без подогрева. В других случаях стали склонны к образованию трещин, поэтому перед сваркой их подвергают подогреву до 250—400° С с последующим отпуском.

Большинство сталей, применяемых для изготовления строительных конструкций, относятся к хорошо свариваемым. Предварительную оценку свариваемости можно дать по химическому составу стали, влияние которого можно выразить через эквивалент углерода по эмпирической формуле

$$C_{\text{экв}} = C + \frac{\text{Mn}}{20} + \frac{\text{Ni}}{15} + \frac{\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}}{10},$$

где С, Мп, Ni, Cr, Мо, V — содержание соответственно углерода, марганца, никеля, хрома, молибдена и ванадия.

При $C_{\text{экв}} \leq 0,25$ свариваемость хорошая. Удовлетворительно сваривающиеся стали имеют

$C_{э\text{кв}} = 0,25—0,35$. У сталей с $C_{э\text{кв}} = 0,35—0,45$ свариваемость ограниченная.

Стали высокой прочности относятся по свариваемости ко II и III группам. Их сваривают по специальной технологии; при небольшом отклонении от технологического процесса появляются недопустимый наклеп и трещины. Поэтому опыт ручной и механизированной сварки высокопрочных сталей ниже освещен более подробно.

В зависимости от ответственности и условий эксплуатации все сварные строительные конструкции согласно СНиП II-V. 3—72 разбиты на шесть групп:

I. Работающие в особо тяжелых условиях и подвергающиеся непосредственному влиянию динамических и вибрационных нагрузок (балки рабочих площадок главных зданий мартеновских и конверторных цехов, элементы конструкций бункерных и разгрузочных эстакад, непосредственно воспринимающие нагрузку от подвижных составов, подкрановые балки, фасонки стропильных и подстропильных ферм и т. д.).

II. Находящиеся под непосредственным воздействием динамических или вибрационных нагрузок, кроме перечисленных в группе I (пролетные строения наклонных мостов доменных печей, пролетные строения и опоры транспортных линий и т. д.).

III. Перекрытий и покрытий (фермы, за исключением фасонки, ригели рам, главные балки перекрытий и т. д.).

IV. Не подвергающиеся непосредственному воздействию подвижных или вибрационных нагрузок (колонны, стойки, прогоны покрытий,

опорные плиты; конструкции, поддерживающие технологическое оборудование и трубопроводы, сварные балки, бункера).

V. I—IV групп, монтируемые при расчетной температуре ниже -40°C и эксплуатируемые в отапливаемых помещениях. Все марки сталей, рекомендуемые для конструкций I, II, III и IV групп с заменой требования по ударной вязкости при температуре -70° требованием по ударной вязкости при температуре -40°C .

VI. Вспомогательные зданий и сооружений (связи, элементы фахверка, лестницы, площадки, опоры светильников и т. п.), слабонагруженные конструкции и элементы.

СПОСОБЫ СВАРКИ И СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Сварка в строительстве преимущественно выполняется вручную, поскольку здесь преобладают расположенные во всех пространственных положениях монтажные швы. Механизация сварочных работ успешно осуществляется на заготовительных и укрупнительных площадках в зоне действия подъемно-транспортного оборудования. Успехи науки и техники позволяют при соответствующем технико-экономическом обосновании применять в отдельных случаях механизированную сварку и для получения монтажных соединений.

Сущность ручной электродуговой сварки заключается в том, что зажигание дуги, поддержание необходимой ее длины в процессе сварки, перемещение вдоль свариваемых кромок и подача электрода в зону горения дуги по мере

его расплавления осуществляются рабочим вручную. Поэтому производительность сварки и качество сварных швов во многом зависят от квалификации сварщика.

Наиболее широкое применение получила ручная сварка штучными металлическими электродами на постоянном или переменном токе. К электродам прилагают паспорт, в котором указаны их марка, тип и назначение, марки свариваемой стали и электродной проволоки, состав или группа покрытия, ток и полярность, рекомендуемые режимы сварки, механические свойства металла шва, коэффициент наплавки, режимы сушки и термообработки.

Электроды должны обеспечивать стабильное горение дуги, равномерное, без образования «козырька», плавление покрытия, легкое удаление шлака, отсутствие в металле шва шлаковых и газовых включений, трещин. Покрытие должно располагаться концентрично оси стержня.

Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины металла, катета и пространственного положения шва, номера слоя. Распространены электроды диаметром 3, 4 и 5 мм, которые применяют соответственно: для сварки тонкого (3—4 мм) металла, заварки корня шва, подварки дефектов и т. п.; для сварки металла толщиной 4—8 мм, наложения второго и третьего слоев в многослойных швах, а также декоративного слоя; для сварки швов, расположенных в нижнем положении.

Для сварки конструкционных сталей применяют электроды типа Э34, Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60А, Э70. Буква «Э»

обозначает электрод, а стоящее за буквой число — величину временного сопротивления наплавленного металла разрыву в $кгс/мм^2$. Буква «А» указывает на повышенные требования к пластическим свойствам металла шва. Электроды могут иметь рудно-кислородное (Р), фтористокальциевое (Ф), рутиловое (Т) или органическое (О) покрытие.

Особенности и назначение электродов, предназначенных для сварки строительных конструкций, приведены в табл. 1.

Из механизированных способов, применяемых в строительстве, следует отметить автоматическую электродугую и электрошлаковую сварку под флюсом, автоматическую и полуавтоматическую сварку проволокой сплошного сечения и порошковой, как открытой, так и защищенной в углекислом газе дугой.

Автоматическая сварка под слоем флюса — прогрессивный способ, обеспечивающий высокую производительность процесса при стабильном качестве сварных соединений.

При электродуговой сварке зажигают дугу, которая горит между свариваемым металлом и металлическим электродом (проволокой) под слоем флюса, легирующего металл и защищающего его от вредного влияния кислорода и азота воздуха. Подача присадочной проволоки в зону сварки и перемещение дуги осуществляются автоматически. Этот способ предназначен для выполнения прямолинейных и кольцевых швов при наличии значительного объема работы. Расчеты показали, что замена ручной сварки автоматической под флюсом дает сокращение затрат труда на 1 т наплавленного металла в среднем 520 чел.-ч., а

Электроды для сварки конструкционных углеродистых

и низколегированных сталей

Марка и тип (ГОСТ 9467—75)	Технологические свойства				Режим перед		прокалки сваркой	Особые свойства	Назначение
	Коэффициент наплавки, г/д.ч	Допускаемая сила тока при 5 мм в нижнем положении, а	Расход электродов на 1 кг наплавленно-го металла, кг	Ток, полярность	Температура, °С	Время, мин			
АНО-5; Э42	11,0	300	1,6	Постоянный, переменный	180—220		60	Возможна сварка короткой (до 2 мм) дугой или методом опирания; при завышенной силе тока вероятны поры	Рекомендуются для сварки угловых швов в конструкциях из низкоуглеродистых сталей
АНО-6; Э42	8,5	270	1,7	То же	180—200		60		
УОНИ 13/45; Э46А	8,5	200	1,6	Постоянный обратной полярности *	350—370		60	Сварка средней или короткой дугой. При сварке угловых швов электрод следует наклонять на 40—50° в сторону шва	Сварка особо ответственных конструкций из низкоуглеродистых и низколегированных сталей, работающих в условиях отрицательных температур
СМ-11; Э46А	9,5	250	1,45	То же, переменный	320—370		60	То же	
АНО-4; Э46	8,3	270	1,7	Постоянный, переменный	190—200		40 выдержка в сухом помещении 2 ч	Сварка короткой дугой. Отличаются хорошим гигиеническими характеристиками	Сварка ответственных конструкций из низкоуглеродистых сталей
МР-3; Э46	7,8	260	1,7	Постоянный обратной полярности, переменный	170—200		90	Допускается сварка по ржавым кромкам; хорошо перекрывают зазоры. Имеют хорошие гигиенические характеристики	То же
РБУ-4; Э46	7,8	250	1,7	То же	170—200		90—120	Сварка методом опирания и средней дугой.	»

Марка и тип (ГОСТ 9467—75)	Технологические свойства				Режим перед		прокалки сваркой	Особые свойства	Назначение
	Коэффициент наплавки, г/а·ч	Допускаемая сила тока при 5 мм в нижнем положении, а	Расход электродов на 1 кг наплавленного металла, кг	Ток, полярность	Темпера- тура °С	Время, мин			
АНО-13; Э46	9,0	260	—	Постоянный прямой поляр- ности, перемен- ный	200	30—40	Возможна сварка при повышенных зазорах. Отличаются хорошими гигиеническими характе- ристиками Линейная скорость свар- ки однопроходных швов в 1,5—2 раза выше, чем скорость сварки одностип- ных швов способом «сни- зу вверх»	Сварка вертикальных швов способом «свер- ху вниз» конструкций из низкоуглеродистых сталей.	
РБУ-5; Э46	9,0	270	1,5	То же	200	90—120	Сварка методом опиран- ия короткой дугой, а также свободной дугой. Сварка на токах, больш- ших, чем рекомендуемые, ведет к образованию под	Сварка конструкций из низкоуглеродистых сталей	
УОНИ 13/55; Э50А	9,0	200	1,7	Постоянный обратной полярности *	350	60	Сварка методом опиран- ия и короткой дугой. После зажигания дуги ее нужно продвинуть на- зад на 5—8 мм, получить спокойную ванну и про- должить сварку. Свари- ваемые крошки следует очищать от ржавчины	Сварка ответственных конструкций из низ- колегированных ста- лей, работающих при отрицательных темпе- ратурах	
ДСК-50; Э50А	10,1	270	1,4	То же, переменный	350—370	60	То же	То же	
АНО-7; Э50А	9—10	270	1,5	Постоянный об- ратной поляр- ности *	350	60	Заменяют электроды УОНИ 13/55; более ги- гиеничны, обеспечиваюг легкое отделение шлако- вой корки	»	

Марка и тип (ГОСТ 9467—75)	Технологические свойства				Режим перед	
	Коэффициент наплавки, г/а.ч	Допускаемая сила тока при 5 м.ж в нижнем положении, а	Расход электродов на 1 кг наплавленно- го металла, кг	Ток, полярность	Температура °С	
УОНИ 13/55У; Э55	9,5	210	1,6	То же, при ван- ной сварке — переменный	300—350	
УОНИ 13/65; Э60А	9,0	200	1,7	Постоянный обратной по- лярности *	400	
48Н-1; Э70	—	180— 220	1,7	То же	380	
АНП-2 Э70	9,0	210— 250	1,5	То же	420—450	

* Сварка на переменном токе возможна при использовании электросварки им. Е. О. Патона.

прокалки сваркой	Особые свойства	Назначение
60	Используются в нижнем положении. Перерывы при ванной сварке недопустимы	Ванная сварка арматуры и рельсов. Допускается дуговая сварка ответственных металлоконструкций
60	Аналогичны свойствам электродов УОНИ 13/55	Сварка особо ответственных конструкций из низколегированных сталей высокой прочности при положительной температуре
60 остыва- ние в печи до 200°	При увлажнении покрытия, удлинении дуги, наличии ржавчины и окалины на кромках возможно появление пор в швах	Сварка среднелегированных высокопрочных сталей во всех пространственных положениях
120	Электроды обеспечивают устойчивое горение дуги. Металл шва устойчив против образования кристаллизационных трещин	Сварка особо ответственных конструкций из высокопрочных сталей ограниченной свариваемости (14ХГ2МР, 12Г2СМФ и т. п.). Применяются также для сварки угловых соединений на низкоуглеродистых сталях швами меньшего сечения

осциллятора или стабилизатора дуги конструкции Института

экономия за счет снижения себестоимости сварки составляет 389 руб.

При автоматической электрошлаковой сварке заготовки толщиной 30 мм и более располагают вертикально с зазором 25—35 мм. В зону сварки подают сварочную проволоку и флюс. Дуга горит только в начале процесса, затем гаснет, и тепло, выделяющееся при прохождении тока через расплавленный флюс-шлак, обеспечивает расплавление проволоки и свариваемых кромок. Сварочная головка перемещается по свариваемым листам снизу вверх вместе с охлаждаемыми водой медными ползунами, формирующими шов, или остается неподвижной.

Качество металла шва, выполненного автоматической сваркой под флюсом, зависит от многих факторов, в том числе и от марки сварочной проволоки и флюса.

По способу изготовления флюсы подразделяют на плавные и керамические. Плавные выпускают в соответствии с ГОСТ 9087—69*, который включает флюсы марок АН-348А, АН-348-АМ, ОСЦ-45, ОСЦ-45М, АН-8, АН-20С, АН-20СМ, АН-20П, АН-22, АН-26С, АН-26П, АН-26СП, АН-60 и ФЦ-9. Наиболее широко применяют флюсы первых четырех марок. При сварке проволокой диаметром 3 мм и более применяют флюсы АН-348А и ОСЦ-45, имеющие крупную грануляцию (размер зерен 3—3,5 мм), а при сварке проволокой менее 3 мм — АН-348-АМ и ОСЦ-45М с мелкой грануляцией (размер зерен 0,25—1,6 мм). В связи с тем, что флюс ОСЦ-45 дает много вредных выделений, его нельзя применять в плохо вентилируемых помещениях, емкостях.

Из числа марок керамических флюсов для сварки строительных конструкций рекомендуют К-1, К-2, К-11, КВС-19, АНК-30, а также флюс-добавку АНК-3, который повышает стойкость сварных швов против образования пор.

ГОСТ 2246—70* предусматривает 77 марок сварочной проволоки из низкоуглеродистой, легированной и высоколегированной стали, которые предназначены также для изготовления электродов (в обозначении буква «Э»). При автоматической сварке строительных конструкций преимущественно используют низкоуглеродистые проволоки марок Св-08, Св-08А, Св-08ГА, Св-10Г2А. Для сварки сталей высокой прочности рекомендуются легированные хромомолибденовые, никельмолибденовые и хромоникельмолибденовые проволоки. Диаметр проволоки 2, 3, 4 и 5 мм. Омедненную проволоку обозначают буквой «О». Хромомолибденовая проволока марки Св-18ХМА диаметром 3 мм обозначается так: проволока 3 Св-18ХМА ГОСТ 2246—70*.

Основной метод автоматической электродуговой сварки под флюсом — сварка одним электродом. Для повышения производительности процесса и качества сварных соединений применяют многоэлектродную (наиболее часто сдвоенным или расщепленным электродом) и многодуговую сварку. Кроме того, используют специальные флюсы (например, АН-60), металлические присадки, уменьшают угол скоса кромок и т. д.

Полуавтоматическую сварку открытой дугой проволокой сплошного сечения (активированной) применяют на монтаже площадок, лестниц, переходов и т. п. Ванным способом сваривают

Технические характеристики

Способ сварки	Марка проволоки	Тип электродов, которым соответствует проволока	Диаметр, мм	Коэффициент наплавки, г/а·ч	Режим	
					температура, °С	
Открытой дугой	ПП-1ДСК	Э46	1,8; 2,2	9,5—13,5	150—200	
	ПП-2ДСК	Э50А	2,2; 2,4	17—20	150—200	
	ППВ-2ДСК	Э50А	2,35; 2,7	—	160—200	
То же	ПП-АНЗ	Э50А	2,8; 3,0	14—18	230—250	

порошковых проволок

сушки		Технологические особенности	Назначение
время, ч			
1,0		Вылет проволоки 15—25 мм; при сварке стыковых соединений с зазором корневой шов можно варить сверху вниз. Вертикальные швы сваривают проволокой диаметром 1,8 мм. Гарантийный срок хранения 6 месяцев	Сварка низкоуглеродистых сталей в нижнем положении шва и на вертикальной плоскости
1,0		Вылет электрода 30—80 мм; при использовании непрокаленной проволоки вылет 80 мм. Гарантийный срок хранения 4 месяца	Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей в нижнем положении и на вертикальной плоскости
2,0		Вылет 30—80 мм. Допускает остановку и возобновление процесса в любом месте шва без вырубки. Гарантийный срок хранения 4 месяца	Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей в вертикальном положении с принудительным формированием шва
2,0—3,0		Вылет электрода 30—80 мм. Не рекомендуется сварка по ржавым кромкам. Гарантийный срок хранения 4 месяца	Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей в нижнем и наклонном положениях. Проволоку ПП-АНЗ используют для автоматической сварки горизонтальных швов

Способ сварки	Марка проволоки	Тип электродов, которым соответствует проволока	Диаметр, мм	Коэффициент наплавки, $\varepsilon/\alpha \cdot \varphi$	Режим		сушки		Технологические особенности	Назначение
					температура, °С		время, ч			
Открытой дугой	ПП-АН7	Э50А	2,0; 2,3	—	210—250		2,0—3,0	Вылет проволоки 15—30 мм. При сварке наблюдается повышенное разбрызгивание металла и газовыделение. Не рекомендуется для конструкций, работающих при низких температурах. Гарантийный срок хранения 4 месяца	Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей в нижнем положении и на вертикальной плоскости (диаметр 2 мм)	
	ПП-АН11	Э50А	2,0; 2,4	—	230—250		2,0—3,0	Вылет электрода 30—40 мм. При сварке в потолочном положении режимы сварки выдерживать: $I = 140 \div 160$ а, $I_g = 18—20$ в. Гарантийный срок хранения 6 месяцев	Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей во всех пространственных положениях шва	
	ПП-АН12	Э50А	2,2; 2,5	17—14	230—250		1,5—2,0	Вылет проволоки 35—40 мм. Рекомендуется для сварки изделий, к внешнему виду которых предъявляются повышенные требования. Гарантийный срок хранения 9 месяцев	Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей в нижнем, наклонном и горизонтальном положениях	
В защитной среде углекислого газа	ПП-АН8	Э50А	2,0; 2,2	18—23	230—250		1,5—2,0	Обладает пониженной токсичностью. Сварка на токе до 450 а способом «углом назад», а свыше 450 а — «углом вперед». Гарантийный срок хранения 12 месяцев	Рекомендуется для сварки особо ответственных конструкций, работающих в сложных климатических условиях при значительных динами-	
	ПП-АН9	Э50А	2,2; 2,5	—	230—250		2,0—3,0			

Способ сварки	Марка проволоки	Тип электродов, которым соответствует проволока	Диаметр, мм	Коэффициент наплавки, г/а·ч	Режим	
					температура, °С	
В защитной среде углекислого газа	ПП-АН10	Э50А	2,0; 2,3	18—23	230—250	

Примечание. Порошковая проволока поставляется в мотках проволоки не допускается.

вают стыки подкрановых рельсов, арматуры сборного и монолитного железобетона. Для этих целей в настоящее время используют легированные проволоки ЭП-245 и ЭП-439, соответствующие по наплавленному металлу электродам типа Э50.

Электродуговая сварка проволокой сплошного сечения в среде углекислого газа отличается от сварки под флюсом тем, что дугу и расплавленный металл защищает от воздействия воздуха углекислый газ, поступающий из горелки в зону сварки. Для того чтобы раскислить металл, в котором происходит повышенное выгорание составляющих элементов, в сварочную ванну вводят раскислители (кремний и марганец) или применяют сварочную кремнемарганцевую проволоку марки Св-08Г2С. Для защиты используют углекисло-

сушки	Технологические особенности	Назначение
1,5—2,0	Аналогична ПП-АН8, но отличается лучшими сварочно-технологическими свойствами. Гарантийный срок хранения 9 месяцев	ческих и знакопеременных нагрузках То же, что и для ПП-АН8

внутренним диаметром не более 350 мм. Повторная перемотка

ту по ГОСТ 8050—64*, обычно поставляемую на площадки в баллонах.

Сварку в среде углекислого газа выполняют плавящимся металлическим электродом, в основном полуавтоматическим способом. Но в последнее время в строительстве также получает распространение автоматическая сварка аппаратами специального назначения.

Сварка в среде углекислого газа распространена, поскольку нет необходимости в дорогостоящих флюсах и покрытиях, появляется возможность сваривать механизированным способом металл небольшой толщины, выполнять швы во всех пространственных положениях (при использовании тонкой проволоки диаметром 0,8—1,2 мм). Замена ручной сварки на механизированную в среде углекислого газа обеспечивает сокращение трудозатрат в рас-

Материалы, рекомендуемые для механизированной

и ручной сварки

Группа конструкций	Класс стали	Марка стали	Толщина металла, мм	Температура, °С	
				$t_{расч}$	$t_{сварки}$
I	C 38/23	ВСт3Гпс5 ВСт3сп5	5—30 5—25	$\begin{matrix} > -40 \\ > 0 \end{matrix}$	
II	C 38/23	ВСт3пс6 ВСт3Гпс5 ВСт3сп5 09Г2С-12	5—10 11—30 11—25 61—160		
I	C 44/29	09Г2С-12	12—60		
	C 46/33	09Г2С-12	4—20		
		10Г2С1-12	4—11		
		15ХСНД-12	4—32		
II	C 46/33	14Г2-12	4—32		
		10Г2С1Д-12	12—40		
		10Г2С1Д-12	4—10		
		15ХСНД-12	4—32		
I	C 52/40	10ХНДП-12	4—9		
		15Г2АФДпс-12	4—52		
		10Г2С1-12	10—40		
		10Г2С1-12	10—40		
II	C 52/40	10ХСНД-12	4—40		
		14Г2АФ-12	4—50		
		15Г2АФДпс-12	4—32		
C 60/45	C 60/45	16Г2АФ-12	4—50		
		18Г2АФпс-12	4—32		
		15Г2СФ-12	10—32		
III, IV, VI	C 38/23	ВСт3кп2 ВСт3пс6 ВСт3Гпс-5	4—30 5—25 10—30		

Сварка под флюсом		Марка сварочной (ГОСТ 2246—70 *) и порошковой проволоки при сварке открытой дугой и в углекислом газе	Ручная электродуговая сварка		
Марка флюса (ГОСТ 9087—69*)	Марка сварочной проволоки (ГОСТ 2246—70*)				
Плавильные: АН-348А, ОСЦ-45, АН-348АМ, ОСЦ-45М	Св-08АА, Св-08А	Св-08Г2С, ПП-АН3, ПП-АН8, ПП-АН9, ПП-АН-10, ПП-2ДСК, ППВ-2ДСК, ПП-АН11	Э42А, Э46А УОНИ 13/45, СМ-11		
	Керамические: К-1, К-2, КВС-19, К-11		Св-08ГА, Св-10Г2	Э46А, Э50А УОНИ 13/55, УОНИ 13/45, ДСК-50, АНО-7, К-5А	
АН-22 АН-348А, ФЦ-9, АН-60			Св-08ХМ, Св-18ХМА	Э60А, Э50А УОНИ 13/65, УОНИ 13/55	
			АН-22, АН-17М	Св-08ХМ, Св-18ХМА, Св-08ХН2М	Св-10ХГ2СМА
				АН-348А, ОСЦ-45,	Св-08.
				Э42, Э46 АНО-5, АНО-6, АНО-4, МР-3, РБУ-4, РБУ-5	

Группа конструкций	Класс стали	Марка стали	Толщина металла, мм	Температура, °C	
				$t_{расч}$	$t_{сварки}$
III, IV, VI	C 46/33	10XНДП-6 10XНДП-6	4—9 10—12	> -40 > 0	
		14Г2-6	4—32		
	C 52/40	10Г2С1-6 15Г2СФ-6 14Г2АФ-6 15Г2АФДпс-6	10—40 4—32 4—50 4—32		
		C 60/45	15Г2СФ-6 16Г2АФ-6 18Г2АФпс-6		
C 70/60	12Г2СМФ		10—32		
I, II,	C 44/29	09Г2С-15	21—60	$-40 > t > -65$ > -50	
I, II		09Г2С-15	4—20		
II		10Г2С1-15	4—11		
II		10Г2С1Д-15	12—60		
III	C 46/33	09Г2С-12	4—12		
II, III		15ХСНД-15	4—32		
III		10Г2С1-15	4—60		
I, II, III	C 52/40	10Г2С1-15 10ХСНД-15 14Г2АФ-15 15Г2АФДпс-15	10—40 4—40 4—50 4—32		
		C 44/29	09Г2С-9		
IV	C 46/33	09Г2С-9 10Г2С1-9 15ХСНД-9	4—20 4—60 4—32		
			$-50 > t > -65$ > -50		

Сварка под флюсом		Марка сварочной (ГОСТ 2246—70*) и порошковой проволоки при сварке открытой дугой и в углекислом газе	Ручная электродуговая сварка	
Марка флюса (ГОСТ 9087—69*)	Марка сварочной проволоки (ГОСТ 2246—70*)		Тип электрода (ГОСТ 9467—75) Марка электрода	
ФЦ-9, АН-348АМ, ОСЦ-45М	Св-08ГА, Св-10Г2	ПП-1ДСК	Э46, Э50 МР-3, РБУ-5, АНО-4, РБУ-4, АНО-5, АНО-6	
	АН-22, АН-348А, АН-348АМ		Св-08Г2С, ПП-АН9, ПП-2ДСК и др.	
	АН-22, АН-17М, АН-348А		Св-08ХМ, Св-18ХМА	Э50А, Э60А УОНИ 13/55, УОНИ 13/65
	АН-22, АН-17М		Св-08ХН2ГМЮ Св-08ХМФА	Св-10ХГ2СМА
АН-22	Св-10НМА	Св-08Г2С, ПП-АН9	Э60А УОНИ 13/65	
			Э70, Э-Х2МФБ 48Н-1, АНП-2, ЦЛ-40	
			Э50А, Э42А, Э46А УОНИ 13/55, УОНИ 13/45, СМ-11 (при положительной температуре)	

Группа конструкций	Класс стали	Марка стали	Толщина металла, мм	Температура, °С	
				$t_{расч}$	$t_{сварки}$
IV	C 52/40	10Г2С1-9 10ХСНД-9 14Г2АФ-9 15Г2АФДпс-9	10—40 11—40 4—50 4—32	$-50 > t > -65$ > -50	
	C 44/29	09Г2-6 09Г2С-6 09Г2С-9 10Г2С1-6	4—32 21—32 33—60 61—160	$-40 > t > -50$ > 0	
	C 46/33	09Г2С-6 10Г2С1-6 10Г2С1-9 10ХНДП-6	4—20 4—20 21—60 4—9		
VI	C 38/23	ВСт3сп5 ВСт3Гпс5	5—25 5—30		
	C 46/33	10ХНДП-12	4—9		
IV	C 38/23	09Г2С-6	61—160		
	C 44/29	09Г2-6 09Г2С-6 09Г2С-9 10Г2С1-6	4—32 21—32 33—60 61—160	$-40 > t > -65$ $0 > t > -35$	
	C 46/33	09Г2С-6 10Г2С1-6 10Г2С1-9 10ХНДП-6	4—20 4—60 21—60 4—9		
VI	C 38/23	ВСт3сп5 ВСт3Гпс5	5—25 5—30		
	C 46/33	10ХНДП-12	4—9		
IV	C 44/29	09Г2-6 09Г2С-6 09Г2С-9 10Г2С1-6	4—32 21—32 33—60 61—160	$-40 > t > -50$ $-35 > t > -50$	

Сварка под флюсом		Марка сварочной (ГОСТ 2246—70*) и порошковой проволоки при сварке открытой дугой и в углекислом газе	Ручная электродуговая сварка
Марка флюса (ГОСТ 9087—69*)	Марка сварочной проволоки (ГОСТ 2246—70*)		Тип электрода (ГОСТ 9467—75) Марка электрода
АН-22	Св-10НМА	Св-08Г2С, ПП-АН9	Э50А, Э46А УНИ 13/55, УНИ 13/45
АН-348А, АН-348АМ, ОСЦ-45, ОСЦ-45М	Св-08ГА (Св-08АА и Св-08А только для VI группы)		Э42А, Э50А, Э46А УНИ 13/45, УНИ 13/55, СМ-11, ДСК-50, АНО-7, К-5А
		Св-10ХНМА, Св-08ХНМ, Св-08ГА	
АН-348А, АН-348АМ, ОСЦ-45, ОСЦ-45М, АН-60		Св-08Г2С, ПП-АН9, Св-08Г2С	Э42А, Э50А, Э46А УНИ 13/45, УНИ 13/55, СМ-11 (только для VI группы)
ОСЦ-45, ОСЦ-45М, АН-60, АН-348А, АН-348АМ	Св-10НМА, Св-08ХНМ		Э42А, Э50А, Э46А УНИ 13/45, УНИ 13/55, СМ-11 (только для VI группы)

Группа конструкций	Класс стали	Марка стали	Толщина металла, мм	Температура $t_{расч}$	
				$t_{сварки}$, °С	°С
IV	С 46/33	09Г2С-6	4—20	— 40 > t > — 50	
		10Г2С1-6	4—20	— 35 > t > — 50	
		10Г2С1-9 10ХНДП-6	21—60 4—9		
VI	С 38/23 С 46/33	ВСт3сп-5	5—25	— 40 > t > — 65	
		ВСт3Гпс-5	5—30	— 35 > t > — 50	
		10ХНДП-12	4—9		

Примечания: 1. Использование других сварочных материалов будет на уровне обеспечиваемых применением соответствующих швов допускается применять сварочные материалы, предельно данной конструкции.

2. Флюс АН-17М поставляется по ЧМТУ 1-1017—70.

3. Сталь марки 14Г2-12 применяется только для фасонных ферм.

4. Сталь марок 10Г2С1-12, 10Г2С1-6, 10Г2С1-15, 10Г2С1-9 тер

5. Сталь марок 10Г2С1-6, 09Г2С-6 толщиной 61—160 мм при

6. В конструкциях IV—VI групп при расчетных температурах роды марки УОНИ 13/45.

7. Для конструкций всех групп при расчетных температурах бор материалов производят в соответствии с главой СНиП по

8. Разработана технология сварки низколегированной стали металла шва на уровне коррозионной стойкости основного металла Э-138/50Н (с повышенным содержанием никеля), которые применяются сварку можно выполнять электродной проволокой марки флюсом марки АН-348А.

чете на 1 т наплавленного металла в среднем на 510 чел.-ч. и экономию за счет снижения себестоимости сварки на 317 руб.

При сварке порошковой проволокой защита и легирование металла шва достигается благодаря сикте, находящейся в стальной оболочке. Кроме того, в зону дуги в некоторых случаях дополнительно поступает углекислый газ. Высокая маневренность и простота метода, небольшое разбрызгивание и достаточное качество получаемых сварных соединений позволя-

Сварка под флюсом		Марка сварочной (ГОСТ 2246—70 *) и порошковой проволоки при сварке открытой дугой и в углекислом газе	Ручная электродуговая сварка
Марка флюса (ГОСТ 9087—69*)	Марка сварочной проволоки (ГОСТ 2246—70 *)		
ОСП-45, ОСП-45М, АН-60, АН-348А, АН-348АМ.	Св-10НМА, Св-08ХНМ	Св-08Г2С, ПП-АН9	Э42А, Э50А, Э46А УОНИ 13/45, УОНИ 13/55, СМ-11 (только для VI группы)

териалов возможно при условии, если механические свойства ющих материалов, приведенных в таблице. Для расчетных угнзначенные для стали более высокого класса по сравнению со

моупрочненные.

меняются только для опорных плит.

ниже —40°С для стыковых соединений применяют только элект-

—40°С и выше для сварки при отрицательных температурах вы-изготовлению и монтажу стальных конструкций.

марки 10ХНДП с учетом обеспечения коррозионной стойкости талла. Для этого рекомендуют электроды типа Э50А-Ф марки няют в судостроительной промышленности. Автоматическую Св-08Х1ДЮ, выпускаемой по ТУ-14-1-1148—75, в сочетании с

ют использовать его при сварке швов, соответствующих по требованиям электродам типа Э42, Э42А, Э46, Э50А. Из применяемых в производстве строительных конструкций механизированных способов сварка порошковой проволокой наиболее экономична. Установлено, что она позволяет сократить в среднем трудозатраты на 1 т наплавленного металла на 1260 чел.-ч. и себестоимость сварки — на 420 руб. Поэтому сварка порошковой проволокой получила на стройках Минмонтажспец-

стройка УССР широкое распространение. В разработке и внедрении сварки порошковой проволокой ведущим является Институт электросварки им. Е. О. Патона.

Порошковая проволока используется преимущественно на полуавтоматических установках. Однако уже накоплен опыт автоматической сварки вертикальных стыков листового металла с принудительным формированием шва и горизонтальных стыков с полупринудительным формированием.

Предприятия и организации Минмонтажспецстроя УССР применяют порошковые проволоки с сердечниками рутилового (ПП-1ДСК, ПП-АН8, ПП-АН10) и карбонатно-флюоритного (ПП-2ДСК, ППВ-2ДСК, ПП-4В, ПП-АН3, ПП-АН7, ПП-АН9, ПП-АН11, ПП-АН12) типа. В стадии освоения находится порошковая проволока марки ПП-АН17. Проволоки выпускают по техническим условиям Института электросварки им. Е. О. Патона, Минмонтажспецстроя УССР и Минчермета СССР (табл. 2).

Данные о материалах, рекомендуемых для ручной и механизированной сварки стальных конструкций, собраны в табл. 3.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СВАРКИ

Источниками питания для дуговой сварки служат: сварочные трансформаторы и генераторы повышенной частоты переменного тока, сварочные генераторы с приводом от электродвигателя — сварочные преобразователи, сварочные генераторы с приводом от двигателя внутреннего сгорания — сварочные агрегаты и полупроводниковые выпрямители.

Источники питания подразделяют: по количеству питаемых постов — на однопостовые и многопостовые; по способу установки — на стационарные и передвижные; по способу исполнения — на однокорпусные и двухкорпусные; по зависимости напряжения на зажимах от тока нагрузки — на имеющие падающую характеристику, жесткую характеристику и универсальные.

На монтаже стальных конструкций наиболее распространены однофазные сварочные трансформаторы с падающей внешней характеристикой и повышенным магнитным рассеянием, предназначенные для ручной электродуговой сварки. Сила сварочного тока у них регулируется за счет изменения магнитных потоков рассеяния между первичной и вторичной обмотками и осуществляется следующими способами: изменением расстояния между катушками первичной и вторичной обмотки (трансформаторы типа ТС, ТСП, ТДП и ТСК с конденсатором для повышения коэффициента мощности), подвижными магнитными шунтами (трансформаторы типа СТШ), переключением числа витков вторичной обмотки и изменением расстояния между обмотками (трансформаторы типа ТД), наматыванием сварочного провода вокруг кожуха типа ТСМ).

Для выполнения сварочных работ применяют передвижные трансформаторы СТШ-500, ТД-500, ТД-304, ТС-500, ТС-300, ТСК-500. Малогабаритные переносные трансформаторы ТДП-1, ТСП-1, СТШ-250, ТСМ-250 могут быть рекомендованы для выполнения прихватки (фиксации) конструкций перед сваркой и непродолжительных сварочных операций.

Стационарные трансформаторы ТДФ-1001, ТДФ-1601 и ТДФ-2001 служат для питания дуги при автоматической сварке под флюсом. Для этой же цели предназначены трансформаторы с нормальным магнитным рассеянием ТСД-500, ТСД-1000, ТСД-2000, у которых падающая внешняя характеристика и регулирование сварочного тока обеспечиваются за счет включения в сварочную цепь последовательно с дугой и встречно со вторичной обмоткой реактивной обмотки (дросселя).

Трехфазные трансформаторы с жесткой внешней характеристикой типа ТШС (ТШС-1000, ТШС-3000) служат для электрошлаковой сварки.

Для питания дуги постоянным током используют однопостовые машинные преобразователи с падающей внешней характеристикой ПСО-300, ПСО-500, ПД-500 и ПД-300 (для ручной сварки), с жесткой характеристикой ПСГ-500, ПСГ-350 (для сварки открытой дугой и в среде углекислого газа проволокой сплошного сечения и порошковой), а также универсальные ПСУ-500.

Преобразователь с жесткой характеристикой ПСМ-1000 предназначен для питания шести постов ручной электродуговой сварки, а также для сварки под флюсом, а преобразователь ПС-1000 служит только для сварки под флюсом.

В полевых условиях необходимы сварочные агрегаты с приводом от двигателя внутреннего сгорания АСБ-300, АДБ-309, АСД-300, АДД-304 и др.

В последние годы в строительстве получают распространение передвижные и стационарные

выпрямительные установки, которые применяют для питания дуги при ручной и механизированной сварке. Они позволяют равномерно загрузить трехфазную электросеть, обеспечивают высокие динамические свойства и стабильность горения дуги, особенно на малых токах. Упрощается обслуживание сварочных постов из-за отсутствия вращающихся частей.

Сварочный выпрямитель состоит из понижающего трансформатора, блока выпрямительных вентилях с селеновыми, кремниевыми или германиевыми элементами, вентилятора, пускорегулирующей и стабилизирующей аппаратуры, собранных в одном корпусе.

Однопостовые передвижные выпрямители выпускают трех групп: с падающей внешней характеристикой (ВСС-300, ВД-303, ВКС-500), предназначенные для ручной сварки, с жесткой внешней характеристикой (ВС-300, ВС-500, ВСЖ-301, ВДГ-301, ВДГ-505 и т. п.), служащие для питания постов механизированной сварки открытой и защищенной дугой проволокой сплошного сечения и порошковой, а также универсальные (ВДУ-504, ВСУ-300).

Многопостовые стационарные выпрямители ВКСМ-1000, ВДМ-1601 и ВДМ-3001 пришли на смену многопостовым преобразователям и питают соответственно 6, 9 и 18 постов ручной сварки. Выпрямители ВМГ-5000, изготавливаемые Опытным заводом Института электро-сварки им. Е. О. Патона, предназначены для централизованного питания 30 постов для сварки в углекислом газе, под флюсом или штучными электродами. Использование системы централизованного питания постов от од-

ного выпрямителя ВМГ-5600 позволяет получить экономический эффект более 12 тыс. руб. в год.

Для автоматической дуговой сварки под флюсом наиболее часто используют тракторы ТС-17МУ, ТС-35 и ДТС-38 (двухдуговые). Электрошлаковая сварка конструкций осуществляется аппаратами А-820, А-612, А-681 и А-535.

Для полуавтоматической сварки в углекислом газе проволокой сплошного сечения диаметром 0,8, 1,0, 1,2 мм применяют шланговые полуавтоматы А-547У и А-1230, диаметром 1 и 1,2 мм — А-825, диаметром 1 и 2 мм — А-929, диаметром 1,6 и 2 мм — А-537 и другие, для полуавтоматической сварки порошковой проволокой — полуавтоматы А-765, А-1035 и А-1197. Последние два являются универсальными и могут использоваться также для сварки под флюсом и в углекислом газе. Аппараты А-1150 и А-1381 предназначены для сварки вертикальных стыков порошковой проволокой с принудительным формированием шва. Для полуавтоматической сварки активированной проволокой сплошного сечения служат аппараты А-1114М. Источники тока должны быть максимально приближены к сварочным постам. Если это трудно осуществить, то на монтажных площадках прокладывают временные разводки к рабочим местам. Источники тока располагают в машинных залах, в переносных контейнерах или на шасси одно- и двухосных автоприцепов, а иногда — грузовых автомобилей.

Сэкономить время при подключении источников тока к электросети можно за счет ис-

пользования инвентарных распределительных шкафов с присоединением питающих проводов через штепсельные разъемы серии «С» (U — до 600 в, $I = 16—400$ а), изготовленные по МРТУ 16-526.042—67. Штепсельное подключение имеют однофидерные ящики типа ЯВЗШ (100—300 а).

Сечение проводов для подключения источников рекомендуется подбирать по данным табл. 4. При этом следует исходить из необходимости обеспечения плотности тока не более 5—7 для медных и 3 а/мм² для алюминиевых жил.

Для сварки служат провода марок ПРГД (ГОСТ 6731—68), РШМ и НРШМ (ГОСТ

Таблица 4

Сечение проводов для подключения оборудования

Тип источника тока	Напряжение, в		Сечение проводов, мм ²	
	220	380		
	мед-ных	алюми-ниевых	мед-ных	алюми-ниевых
ТСП-1, ТДП-1, СТШ-250, ТСМ-250	10	16	4	6
ВСС-300, ВД-301, ПСО-300, ПД-300, ТСК-500, ТС-300, ТД-304, ПСО-300, ПСГ-350	16	25	10	16
ВС-600, ПСГ-500, ТС-500, СТШ-500, ВДУ-504, ТД-500, ПСУ-500, ПД-500	35	50	16	25
ТСД-500, СТШ-500-80	50	70	25	35
ТСД-1000, ПСМ-1000, ВКСМ-1000	120	150	50	70

Примечание. Применяют провода марок ГРШ, АПР, ПР, КРПТ и т. п.

7866—67*) и КРПТ (ГОСТ 13497—68*). Сечение провода подбирают по наибольшей силе сварочного тока (табл. 5).

Таблица 5

Сечение сварочных проводов

Наибольшая нагрузка, а	Сечение провода, мм ²	Наибольшая нагрузка, а	Сечение провода, мм ²	Наибольшая нагрузка, а	Сечение провода, мм ²	Наибольшая нагрузка, а	Сечение провода, мм ²
100	16	175	35	280	70	400	120
140	25	225	50	335	95	460	150

Примечание. Длина сварочного провода не должна превышать 50 м. Подсоединяемая к держателю часть провода (1,5—2 м) должна быть достаточно гибкой.

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ

В металлических конструкциях встречаются следующие основные виды сварных соединений:

стыковые — наиболее распространены. Они характеризуются высокой прочностью при статических и динамических нагрузках, наименьшими собственными напряжениями и деформациями при сварке;

тавровые — характерны для конструктивных элементов балок, колонн, каркасов зданий и т. д.;

угловые — служат в основном в качестве связующих элементов при сварке листовых элементов по кромке, соединений профильного проката и т. д.;

нахлесточные (внахлестку) — применяют

при сварке листовых конструкций, элементов сооружений, ферм, колонн и тех конструкций, где толщина листов не превышает 8—10 мм или если по технологическим и конструктивным причинам нельзя выполнить соединения встык.

Форма подготовки кромок определяется видом соединения, толщиной металла, способом сварки. Требования, предъявляемые к подготовке деталей под электродугую сварку, основные типы и конструктивные элементы сварных швов приведены: в ГОСТ 5264—69 — ручная электродугая сварка (рис. 1), ГОСТ 8713—70 — автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом, ГОСТ 14771—69 — электродугая сварка в защитных газах, ГОСТ 15164—69 — электрошлаковая сварка.

При механизированной сварке требования к подготовке кромок в части величины зазора становятся более жесткими. Вместе с тем уменьшается глубина и угол скоса кромок, расширяется интервал толщин металла, который можно сваривать вообще без скоса кромок (например, при сварке под флюсом с металлохимическими присадками соединяют встык без скоса кромок листы толщиной до 40 мм). При электрошлаковой сварке и электродуговой с принудительным формированием шва заметно увеличивается зазор.

Горизонтальные стыковые швы выполняют со скосом только верхней кромки (угол скоса при ручной сварке $50 \pm 5^\circ$). Если доступ к обратной стороне стыкового шва затруднен, применяют остающиеся стальные подкладки, а в нахлесточных соединениях конструкций VI группы делают в верхнем листе удлиненные (не полностью завариваемые) и круглые (за-

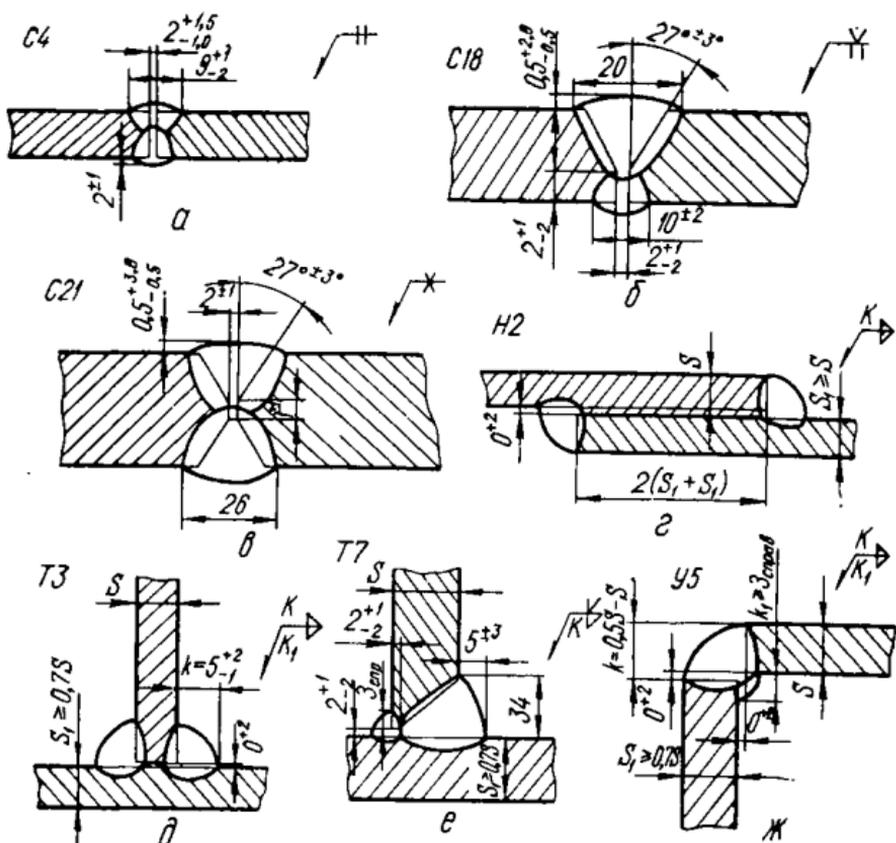


Рис. 1. Сварные соединения:

а — стыковое двустороннее без скоса кромок (размеры для толщин 6—8 мм); б — стыковое двустороннее со скосом двух кромок (размеры для толщин 10—12 мм); в — стыковое двустороннее с симметричными скосами двух кромок (размеры для толщин 28—30 мм); г — внахлестку двустороннее без скоса кромок (размеры для толщин 6—60 мм); д — тавровое двустороннее без скоса кромок (размеры для толщины 7—9 мм); е — тавровое двустороннее со скосом одной кромки (размеры для толщины 20 мм); ж — угловое двустороннее без скоса кромок.

плавляемые) отверстия. Если в соединениях внахлестку толщина верхнего листа до 2—3 мм, то практикуют дуговую полуавтоматическую приварку его к нижнему листу без подготовки отверстий, с помощью электрозаклепочных швов.

Особой подготовки требуют сварные конструкции, элементы которых изготовлены из труб, примыкающих непосредственно друг к другу, без фасонки. Например, узлы основного ствола башни Киевского телецентра, оформленные в виде непосредственного примыкания элементов решетки к поясу (рис. 2), собирали в специальном кондукторе, а фасонную разделку

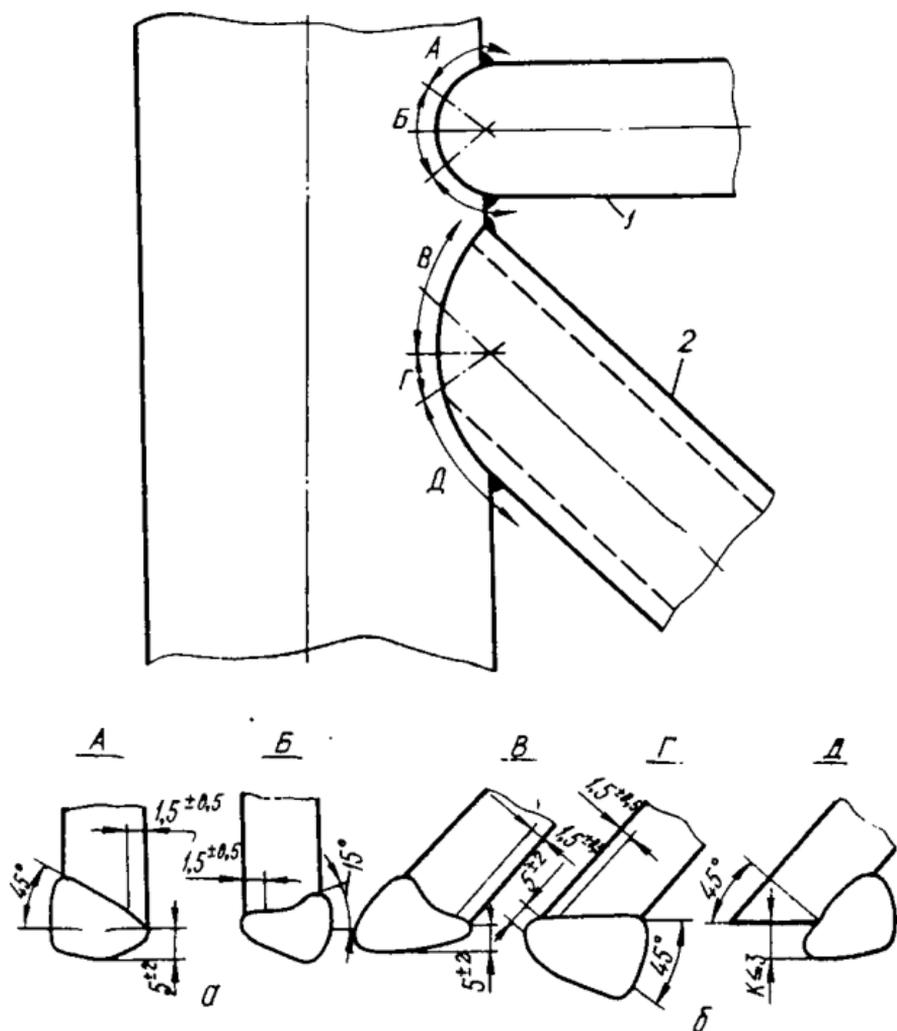


Рис. 2. Узел ствола башни:

1 — распорка; 2 — раскос; а, б — швы соответственно распорки и раскоса.

кромки в распорках и раскосах выполняли на заводе с помощью газорезательной машины УФВТ-2. Элементы поясов, имеющие трубчатое сечение, для обеспечения полного провара собирали на остающихся подкладных кольцах толщиной до 5 мм (рис. 3).

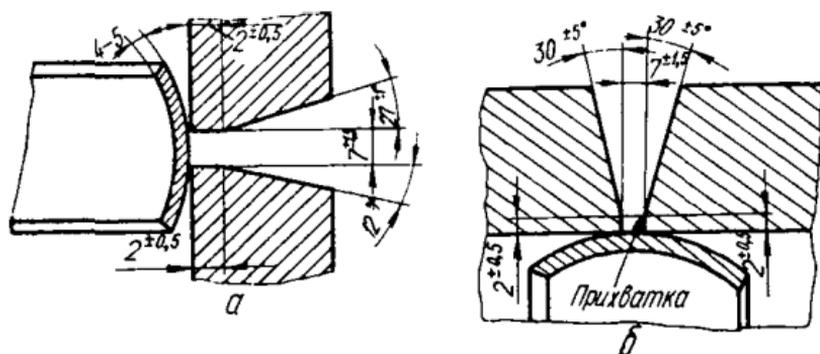


Рис. 3. Подготовка под сварку кольцевых стыков:
 а — вертикальных; б — горизонтальных.

Размеры и форма сварных швов должны удовлетворять следующим требованиям:

а) толщина углового шва (катет описанного равнобедренного треугольника) должна быть не менее 4 мм (за исключением швов в деталях толщиной менее 4 мм), но не более $1,2S$ (где S — наименьшая толщина соединяемых элементов);

б) в зависимости от толщины свариваемых элементов толщину угловых однопроходных швов следует принимать не менее указанной в табл. 6 величины (с учетом п. «а»);

в) кромки прокатных профилей имеют с одной стороны закругления, поэтому наибольшую высоту углового шва вдоль этих кромок необходимо принимать несколько меньшей, чем толщина пера или полки профиля;

Таблица 6

Минимальная толщина угловых швов при ручной сварке, мм

Толщина более толстого из свариваемых элементов, мм	Конструкции из стали класса	
	С 38/23—С 46/33	От С 52/40 до 60/45
6—10	4	6
11—22	6	8
23—32	8	10
33—60	10	12
61—80	12	—

Примечания. 1. В районах с расчетной зимней температурой ниже -40°C минимальная толщина шва в конструкциях из стали класса С 38/23—С 52/40 принимается такой же, как и для стали класса С 60/45.

2. В конструкциях из стали классов С 70/60 и С 85/75, а также из стали всех классов при толщине элементов более 80 мм минимальные толщины угловых швов принимаются по специальным техническим условиям.

г) в конструкциях, воспринимающих динамические и вибрационные нагрузки, а также в конструкциях, возводимых в районах с расчетной зимней температурой ниже -40°C , и в конструкциях из высокопрочных сталей класса от С 60/45 до С 85/75 швы следует выполнять с плавным переходом к основному металлу. Вогнутая поверхность углового шва достигается, как правило, подбором сварочных материалов и режима, но в случае необходимости ее получают путем обработки шва абразивным инструментом;

д) в стыковых соединениях листов разного сечения должен выполняться скос у более толстого (широкого) листа для обеспечения плавного перехода сечения (с одной или двух сторон) с уклоном не более 1:5. Стыкование

листов разной толщины без выполнения скоса разрешается при условии, если разница в толщинах не более 4 мм, а величина уступа в месте стыка не превышает 1/8 толщины более тонкого листа (для высокопрочных сталей указанные величины должны составлять соответственно 2,5 мм и 1/12). При этом необходима механическая обработка ступеньки перед подваркой корня шва.

Смещение кромок допускается не более 0,5 мм для листов толщиной до 4 мм, 1 мм — для листов толщиной 4—10 мм и 0,1S, но не более 3 мм — для листов толщиной свыше 10 мм.

Проплавляемые поверхности и прилегающую к ним зону металла шириной не менее 20 мм, а также места примыкания выводных планок перед сборкой следует очистить от краски, ржавчины, окалины, масла, влаги и грязи. При необходимости непосредственно перед сваркой металл дополнительно очищают и осушают; при этом продукты очистки не должны оставаться в зазоре между собранными деталями.

Металлические конструкции до сварки собирают, временно закрепляют сопряжения, окончательно совмещают соединяемые элементы, подгоняют их и выверяют в соответствии с указаниями чертежей. Связи собирают на болтах, что позволяет придать конструкции правильное геометрическое положение. Колонны, подкрановые балки соединяют с помощью уголков-фиксаторов и стягивают болтами.

Элементы листовых конструкций устанавливают в требуемое положение и фиксируют временными (жесткими и полужесткими) креплениями. Жесткие крепления — это прихватки,

выполняемые электросваркой (рис. 4); их ставят длиной 50—100 мм через 400—500 мм и сечением менее основного шва. Для прихватки применяют те же электроды, что и для сварки.

Полужесткие крепления позволяют избежать «присутствия» сварщика в процессе сборки

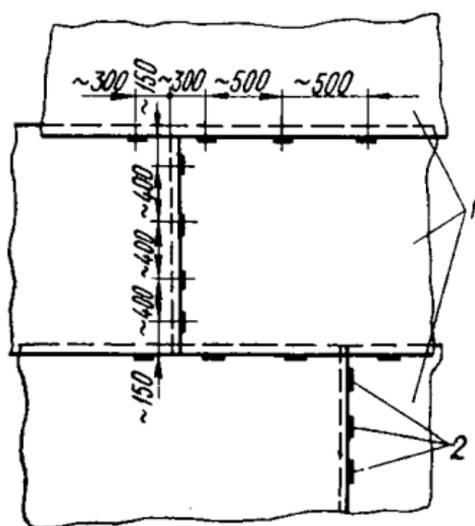


Рис. 4. Размещение электроприхваток при сборке листов:

1— листы; 2— прихватки.

ответственных конструкций, которые должен прихватывать сварщик высокой квалификации. Полужесткие крепления выполняют с помощью клиновых оправок, прямоугольных шайб, привариваемых к собираемым листам, и сборочной планки (рис. 5). В планке делают два квадратных отверстия и приваривают четыре бруска. Соединяемые листы скрепляют сборочными планками, надеваемыми на сборочные шайбы. Вбивая конические оправки в отверстия сборочных шайб или в промежутки между шайбами и брусками, подтягивают листы в нужное положение. Зазор фиксируют специальными зазорными прокладками нужной толщины. Листы, стыкуемые в вертикальном положении,

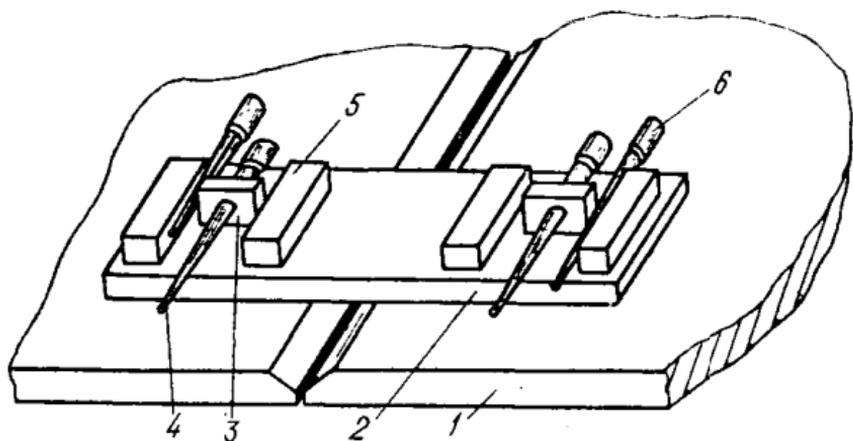


Рис. 5. Стык, собранный с помощью оправок:

1 — лист; 2 — сборочная планка; 3 — шайба; 4 — коническая оправка; 5 — брусок-упор; 6 — оправка, стягивающая листы.

удобно фиксировать так, как показано на рис. 6.

Клиновые полужесткие крепления применяют также для сборки листов внахлестку (рис. 7) и под углом друг к другу. Они обеспечивают надежность сборки и вместе с тем препятствуют усадке свариваемых элементов, т. е. напряжения и деформации оказываются в этом

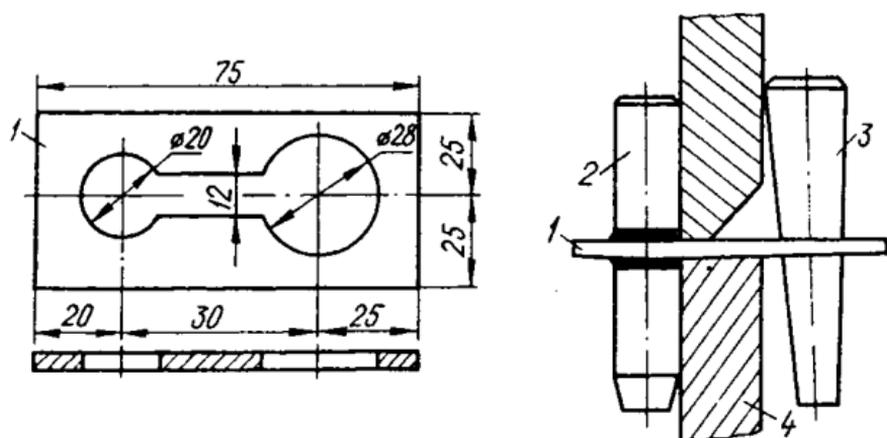


Рис. 6. Приспособление для сборки горизонтальных стыков:

1 — зазорная прокладка; 2 — закладка; 3 — конусная оправка; 4 — лист.

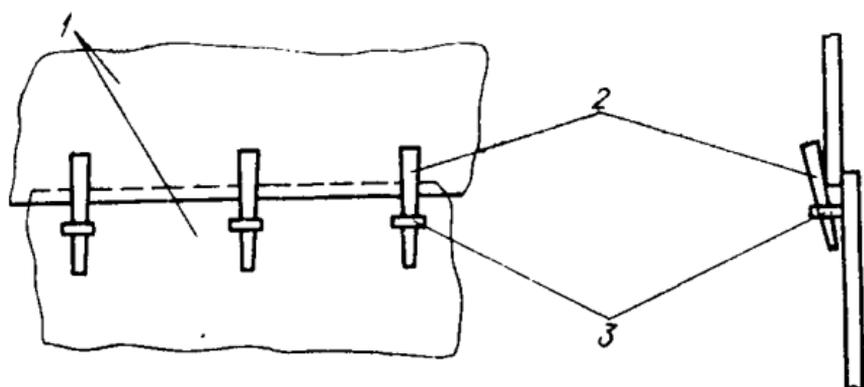


Рис. 7. Соединение внахлестку, собранное с помощью клиньев:

1 — листы; 2 — клинья; 3 — прямоугольные шайбы.

случае меньшими, чем при постановке прихваток.

Часть сборочных приспособлений приваривают на заводе-изготовителе и по мере сварки на монтаже удаляют с конструкции.

Прихватки желательно накладывать с противоположной основному шву стороны, тогда в процессе обработки корня шва они будут удалены. Прихватки, накладываемые со стороны основного шва, следует перед сваркой зачистить до металлического блеска и тщательно осмотреть (проверяют отсутствие трещин и других дефектов).

В особо ответственных конструкциях и при автоматической сварке в начале и конце стыка устанавливают начальные и выводные планки.

Следует стремиться накладывать швы в нижнем или, в крайнем случае, в вертикальном положении, так как эти швы наиболее надежны, а сварочный процесс достаточно производителен. Чтобы обеспечить получение угловых швов высокого качества, высота выступающих

деталей конструкции (a) должна быть менее двух расстояний от этих деталей до шва (b): $a \leq 2b$.

Силу тока в a при ручной сварке подбирают для нижнего положения из расчета $I_{св} = (40-50)d_э$, где $d_э$ — диаметр электрода, мм. При сварке электродами диаметром до 4 мм силу тока определяют по формуле $I_{св} = (20+6d_э)d_э$. Сварку швов, расположенных в вертикальной плоскости, выполняют током на 10—15, а потолочном — на 15—20% меньшим, чем сварку в нижнем положении.

Дугу ведут таким образом, чтобы свариваемые кромки проплавились, образовалось требуемое количество наплавленного металла и шов хорошо сформировался. Если перемещать электрод вдоль свариваемого шва без поперечных колебаний, то ширина шва составит 0,8—1,5 диаметра электрода. Такой шов называют ниточным и применяют при сварке тонкого металла, первого слоя при многопроходной сварке, подварке дефектов, сварке с опиранием. Нормальный шов в большинстве случаев должен иметь ширину 3—5 диаметров электрода, для чего концом электрода выполняют колебательные движения.

Внутренние напряжения, возникающие в процессе сварки из-за неравномерного нагрева, линейной усадки и структурных изменений металла, могут вызвать появление трещин в шве или зоне термического влияния при недостаточной пластичности шва и большой жесткости основного металла. Если же это и не произойдет, то в условиях эксплуатации внешние нагрузки могут суммироваться с внутренними

усилиями, представляя опасность для прочности конструкций. При сварке изделий с относительно небольшой жесткостью суммарные внутренние напряжения вызывают местное или общее коробление (деформацию) свариваемой конструкции, иногда настолько изменяя ее размеры и конфигурацию, что без правки она не может быть пригодна к эксплуатации. Поэтому на практике применяют целый ряд мероприятий, позволяющих уменьшить напряжения и деформации.

В зависимости от длины свариваемого шва и толщины металла различают несколько способов наложения швов. Короткие швы (длиной до 250 мм) обычно выполняют «напроход» (рис. 8, а). Швы средней длины (250—1000 мм)



Рис. 8. Порядок наложения швов при сварке:

а — «напроход»; б — от середины к краям; в — обратноступенчатым швом; г — обратноступенчатым швом от середины к краям; д — двухпроходным швом; е — «каскадом»; ж — «горкой».

сваривают от середины к краям (рис. 8, б) или обратноступенчато (длина участка 100—300 мм) (рис. 8, в). Сваривая длинные швы, используют оба способа (рис. 8, г).

Высота однопроходных швов ограничена высотой валика, который должен быть не выше $(0,8—1,2)d_3$. В связи с этим при сварке металла большой толщины шов выполняют за несколько проходов отдельными слоями или валиками. При заполнении разделки необходимо стремиться, чтобы время между наложением слоев было минимальным; тем более нельзя допускать, чтобы предыдущий слой полностью остыл. Чтобы избежать этого, разделку заполняют в двухслойных швах слоями, накладываемыми навстречу друг другу (рис. 8, *д*), а в многослойных — «каскадом» (рис. 8, *е*) или «горкой» (рис. 8, *ж*). При большой длине шва сварку «горкой» ведут от середины к краям два или четыре сварщика.

При сварке конструкций применяют определенную последовательность. В первую очередь сваривают стыковые швы, начиная с больших сечений, а затем — угловые. При сварке стыков прокатных швеллеров и двутавров (кроме тонкостенных) сначала заваривают стенку, а затем — полки. Сварку поясных швов симметричных конструкций производят в последовательности, указанной на рис. 9, *а*, в несимметричных — вначале приваривают более мощные швы (рис. 9, *б*). В последнюю очередь всегда накладывают швы, работающие на сжатие (в них возникают наибольшие растягивающие напряжения). В цилиндрических конструкциях сваривают продольные, а затем кольцевые швы. Во всех случаях стремятся, чтобы конструкцию сваривали одновременно несколько сварщиков. При сварке тавровых конструкций с двух сторон первый шов выполняют заведомо меньшего катета или прерыви-

стым, а после заварки второго шва доводят первый до проектной величины.

Во избежание деформаций или искажения геометрической формы конструкций применяют предварительный выгиб или отклонение дета-

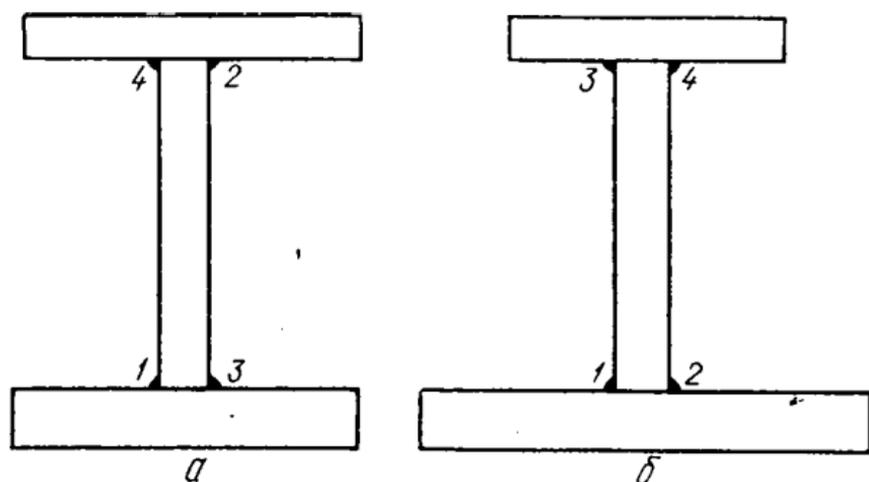


Рис. 9. Порядок сварки балок профиля:

а — симметричного; *б* — несимметричного.

лей в сторону, противоположную возможной деформации, закрепляют конструкции, устанавливая временные жесткости, и т. п.

К важным мероприятиям, уменьшающим как напряжения, так и деформации, относятся: соблюдение геометрических размеров кромок свариваемых деталей и сварного шва, регламентируемых соответствующими нормативными документами и чертежами, режима сварки и температурного режима; проковка слоев (кроме последнего, облицовочного) легкими ударами молотка с закругленным бойком; сборка стыковых швов с неодинаковым зазором (сварку начинают со стороны меньшего зазора); применение сварки с глубоким проваром; внедрение механизированной сварки.

Таблица 7

Минимально допустимая температура окружающего воздуха, °С, для сварки конструкций без предварительного подогрева

Толщина стали, мм	Конструкции из стали			
	углеродистой		низколегированной до класса С 52/40 включительно	
	решетчатые	листовые, объемные и сплошно-стенчатые	решетчатые	листовые, объемные и сплошно-стенчатые
До 16 (включительно)	-30	-30	-20	-20
Свыше 16 до 30	-30	-20	-10	0
» 30 до 40	-10	-10	0	+5
» 40	0	0	+5	+10

Ручную и полуавтоматическую сварку конструкций при температурах, указанных в табл. 7, следует производить с подогревом стали до 120—160° С на ширине 100 мм с каждой стороны соединения. Для подогрева используют газовые многопламенные горелки, индукторы. Один из рекомендуемых индукторов типа ИНА-9 предназначен для подогрева листовых конструкций и трубопроводов; его можно установить и на вертикальной плоскости.

Автоматическую дуговую сварку разрешается производить по обычной технологии при температуре до -30° С для швов металла толщиной до 30 мм и при температуре -20° С для швов металла толщиной свыше 30 мм. Электрошлаковая сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей допускается без температурных ограничений.

Кроме того, сварка при низких температурах окружающего воздуха требует соблюдения следующих условий:

применения для ручной сварки электродов с фтористокальциевым покрытием;

выполнения сварки на постоянном токе обратной полярности;

уменьшения количества прихваток при использовании сборочных приспособлений. Прихватки (≥ 100 мм) накладывают двумя валиками, причем второй должен быть на 10—15 мм короче и на 3—6 уже первого. При наложении прихваток не допускают ударов по металлу;

особенно тщательного прокаливания электродов и флюса перед сваркой;

увеличения силы тока на 15—20% при одновременном уменьшении скорости сварки;

выполнения сварки без перерыва при создании условий для медленного охлаждения металла;

проведения немедленного операционного контроля качества.

Определенную сложность представляет сварка конструкций из высокопрочных сталей. А это, в свою очередь, обуславливает необходимость разработки и строгого соблюдения технологического процесса. В качестве примера приводим отдельные технологические указания, разработанные ЦНИИпроектстальконструкцией, по сварке конструкций из высокопрочной стали 16Г2АФ, получившей распространение в строительстве.

1. Для сварки корневого слоя шва в соединениях из стали 16Г2АФ и приварки сборочных приспособлений и других конструкций из стали марки Ст3 можно применять электроды типа

Э-46А-Ф марки УОНИ 13/45, а для выполнения основных слоев по сечению шва — электроды типа Э50А-Ф марки УОНИ 13/55. Не допускается использование электродов с содержанием легирующих элементов в наплавленном металле выше следующих пределов, проц.: УОНИ 13/45 — кремний 0,4, марганец 0,7; УОНИ 13/55 — кремний 0,6, марганец 1,4.

2. Перед выдачей в работу электроды следует прокалить в течение двух часов при температуре 350—370°С, на рабочее место подавать из сушильной печи теплыми (>45°С) и использовать в течение не более двух часов.

3. Все места наложения швов должны быть зачищены до металлического блеска. Сваривать основные швы и приспособления необходимо при температуре не ниже —15°С на стали толщиной до 16 мм и не ниже 0°С на стали толщиной 16—25 мм. При более низких температурах и большей толщине металла сваривать конструкции следует с обязательным подогревом в пределах 120—160°С, а температуру контролировать термокарандашами или переносной термопарой (замер делают с обратной стороны стыка на расстоянии 120—150 мм от оси шва).

4. Сборочные приспособления рекомендуется удалять огневой резкой, не разогревая металл конструкции, а остатки металла высотой 3—6 мм необходимо зачищать пневмозубилом или армированными абразивными кругами. Правка конструкций с подогревом выше 900°С запрещается.

5. Зажигать дугу можно только в зоне наложения шва, кратеры выводить на наплавленный металл и тщательно заплавлять. При вы-

нужденном обрыве дуги кратер шва нужно вырезать армированным кругом.

6. Не допускается завышение зазора в стыках; вырывы и увеличенные зазоры перед сваркой должны быть заплавлены.

7. Для автоматической сварки конструкций рекомендуются флюсы АН-348А, АН-22 и сварочная проволока Св-10Г2, Св-10МХ и Св-10НМ, а также керамический флюс АНК-30 и проволока Св-08ГА. Корневые проходы в толстостенных конструкциях можно выполнять под слоем флюса АН-17М проволокой Св-08ГА. Для электрошлаковой сварки надлежит применять флюс АН-22 и проволоку Св-08ГА или Св-10Г2.

Для сварки трубчатых соединений из стали 138ИЗ (класс С 60/45) применяют электроды типа Э70-Ф марки 48Н-1. Соединения элементов из низкоуглеродистой и высокопрочной стали получают с помощью электродов типа Э46А марки УОНИ 13/45.

Места сварки ограждают от ветра и атмосферных осадков. Кромки перед сваркой подогревают до 160—200° С. При наличии перерывов продолжительностью более 15 мин соединение вновь нагревают. Технология допускает сварку при температуре окружающего воздуха до —15° С.

При наложении первого слоя на кольцевых стыках труб обеспечивают полный провар подкладного кольца. Слои накладывают ступенями (захватами) длиной не более 300 мм. По количеству ступеней стыки делят на равные части, отмеченные мелом. Начало и конец каждой ступени находятся на расстоянии 25—35 мм от меловой черты, чтобы избежать совпадения

кратеров двух смежных слоев. Сваривают швы короткой дугой, валиками шириной не более 2,5—3 диаметров электрода. Усиление стыкового шва не должно выступать над поверхностью трубы более чем на 2—5 мм, а переходы к основному металлу должны иметь плавные очертания.

Механизация сварочных работ — одно из основных средств обеспечения высокого качества и надежности сварных соединений в конструкциях из высокопрочных сталей.

По окончании сварки любых конструкций сварные швы должны быть очищены от шлака, вспомогательные приспособления удалены без повреждения основного металла, а места их приварки зачищены до основного металла с удалением всех дефектов. Сварщик обязан проставить присвоенный ему номер или знак рядом с выполненным им швом.

На практике встречаются случаи, когда в конструкциях, уже находящихся под нагрузкой, приходится усиливать сварные швы. Стыковые швы усилению не подлежат. Усиление возможно на угловых швах за счет увеличения длины или катета шва. Увеличение длины сварного шва в узлах ферм — наиболее простой способ усиления, осуществляемый только за счет наложения лобовых швов, если они отсутствуют в усиливаемых элементах (рис. 10, а). Чаше возникает необходимость в увеличении катета угловых швов, прикрепляющих элемент к фансоне (рис. 10, б). При сварке следует соблюдать следующие условия:

усиливать в первую очередь сварные швы в узлах нижнего пояса фермы, затем — узлы по верхнему поясу;

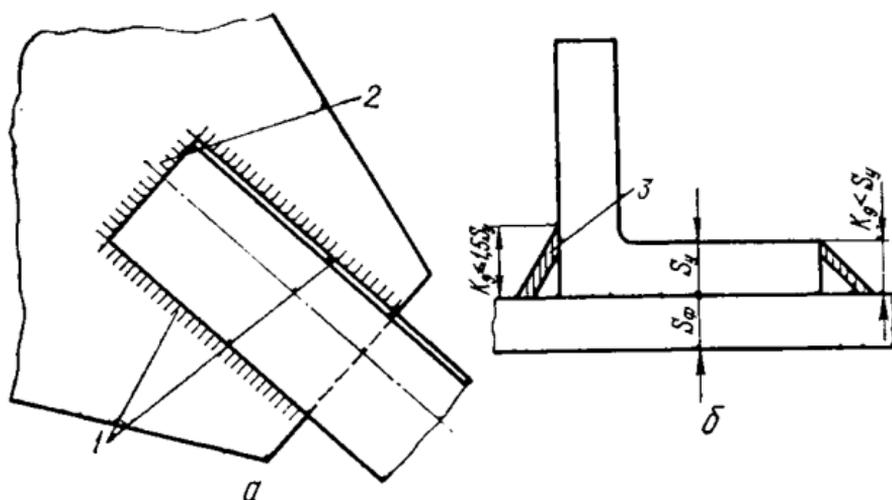


Рис. 10. Усиление угловых швов в узле фермы:

δ — увеличение длины шва за счет наложения лобового шва; δ — увеличение катета угловых швов; 1 — существующие швы; 2 — дополнительный (усиливающий) лобовой шов; 3 — дополнительная наплавка.

вносить возможно меньшее количество тепла в детали конструкции. Для этого необходимо применять постоянный ток обратной полярности и электроды диаметром не более 4 мм;

одновременно не сваривать все элементы, сходящиеся в данном узле, а делать перерывы (во время которых сварщик уходит для выполнения работы в соседних узлах фермы). Толщина каждого слоя должна быть не более 2 мм;

наплавку усиливающего слоя нужно начинать в местах дефектов шва, а если их нет — с любого удобного места.

Следует учитывать, что работы по усилению сварных швов должен выполнять сварщик высокой квалификации (не ниже 5-го разряда).

МЕХАНИЗАЦИЯ СВАРОЧНЫХ РАБОТ ПРИ МОНТАЖЕ

Специализированные организации Украины накопили опыт использования механизированной сварки при монтаже стальных конструкций. Автоматическая сварка применяется при наличии специальных автоматов или вспомогательных устройств.

Сварка горизонтальных стыков поясов телебашни. При возведении телебашни в Киеве стыки вертикальных поясов ствола между отметками 192 и 72 м, изготовленных из труб диаметром 550 мм с толщиной стенки 18—22 мм, сваривали аппаратом типа А-1311 конструкции Института электросварки им. Е. О. Патона АН УССР. Применение автоматической сварки позволило не только значительно повысить производительность труда, но и обеспечить устойчивое качество сварных соединений.

Сварку кольцевых стыков выполняли проволокой марки Св-10ГСМТ в углекислом газе. Кромки стыкуемых элементов после токарной обработки имели угол раскрытия относительно горизонтальной плоскости стыка: верхняя $27 \pm 2^\circ$, нижняя $13 \pm 2^\circ$. Стык собирали на подкладном кольце сечением 5×50 мм, изготовленном из низкоуглеродистой стали, между трубами оставляли зазор 3,5—4 мм.

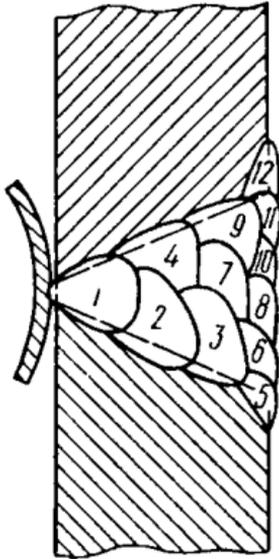
Перед сваркой подогревали металл до 180—200° С, затем после его остывания до 150—160° С начинали сварку; температуру контролировали термокарандашами.

Сваривали стыки на обратной полярности от преобразователя типа ПСГ-500 в 10—12 слоев

(табл. 8). Все внутренние проходы (1, 2, 3, 4, 7, 9) выполняли на повышенном ($I_{св} = 190—200$ а, $U_{д} = 22—23$ в), а облицовочные слои (5, 6, 8, 10, 11, 12) — на пониженном режиме ($I_{св} = 160—170$ а, $U_{д} = 19—20$ в).

Таблица 8

Режим и порядок наложения слоев при сварке кольцевых швов автоматом А-1311

Порядок наложения слоев	Параметры режима сварки	Низкий режим (проходы 5, 6, 8, 10, 11, 12)	Высокий режим (проходы 1, 2, 3, 4, 7, 9)
	Сварочный ток, а	160—170	190—200
	Напряжение дуги, в	19—20	22—23
	Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	132—138	170—175
	Скорость сварки по проходам, м/ч:		
	1, 4, 9 2, 3, 6, 7, 8, 10, 11 5, 12	10—13 14—20 25—26	
Расход углекислого газа, л/ч		30	

После наложения одного-двух слоев допускалась кратковременная (на 2—3 мин), без последующего подогрева, остановка процесса сварки для очистки сопла и других операций. Если процесс сварки прекращали на более длительное время и стык остывал, то его вновь

подогревали до 150—160° С, после чего продолжали сварку.

После механической обработки допускали величину усиления до 1,5—2 мм. Затем производили термообработку стыка — низкий отпуск при $t=400^{\circ}\text{C}$ в течение часа.

Сварка доменных комплексов. До недавнего времени при сооружении доменных комплексов широко применяли электрошлаковую сварку соединений кожуха печи из низколегированной стали. Горизонтальные швы кожуха выполняли полуавтоматической сваркой порошковой проволокой или, при благоприятных атмосферных условиях, проволокой сплошного сечения в углекислом газе. Оболочки воздухонагревателей поступали на монтажные площадки в рулонах.

Использование в современных мощных печах конструкций из высокопрочной стали создало препятствия для механизации сварки кожуха печи. Кроме того, повышение давления горячего дутья и связанное с этим увеличение толщины оболочки воздухонагревателей до 30—40 мм вынуждало монтажников применять листовую сборку и ручную сварку.

В результате творческого сотрудничества организаций Минмонтажспецстроя УССР с Институтом электросварки им. Е. О. Патона АН УССР и другими научно-исследовательскими и проектными институтами на монтаже доменной печи № 9 на заводе «Криворожсталь» более 57% металла было наплавлено с помощью автоматической и полуавтоматической сварки.

Сборку элементов кожуха под электрошлаковую сварку осуществляли при помощи полу-

скоб-фиксаторов на расстоянии 800—1000 мм одна от другой. По концам стыков устанавливали выводные планки. Сварку вертикальных соединений кожуха производили проволокой Св-10НМА диаметром 3 мм и флюсом марки АН-8М серийными аппаратами типа А-820М и А-681 на постоянном токе обратной полярности. Источниками тока служили многопостовые выпрямители типа ВКСМ-1000. Была оборудована установка для механизированной очистки и намотки проволоки.

«Скорлупы» кожуха укрупняли на обычных вертикальных стендах. Зазор между кромками не превышал 20 мм (до этого сварку вели с зазором 24—28 мм). Уменьшение зазора и увеличение подачи проволоки до 337—385 м/ч позволило повысить скорость сварки металла толщиной 45 мм до 2,4—2,7 вместо обычных 1,5—1,7 м/ч.

Система охлаждения башмаков была запроектирована и выполнена в простейшем замкнутом цикле (рис. 11): бак емкостью до 1 м³ соединили трубой диаметром 3/4" с насосом, откуда через трубки такого же диаметра жидкость поступала к формирующим медным ползунам, а затем перекачивалась обратно в бак.

В процессе выполнения кольцевых горизонтальных швов кожуха была проведена опытная проверка новых сварочных двухдуговых аппаратов А-1325, осуществлявших сварку с полупринудительным формированием шва самозащитной порошковой проволокой марки ПП-АНЗС. Сваривали металл одновременно двумя расщепленными дугами в общую ванну по ручной подварке. Удержание и формирование сварочной ванны достигалось скользящим

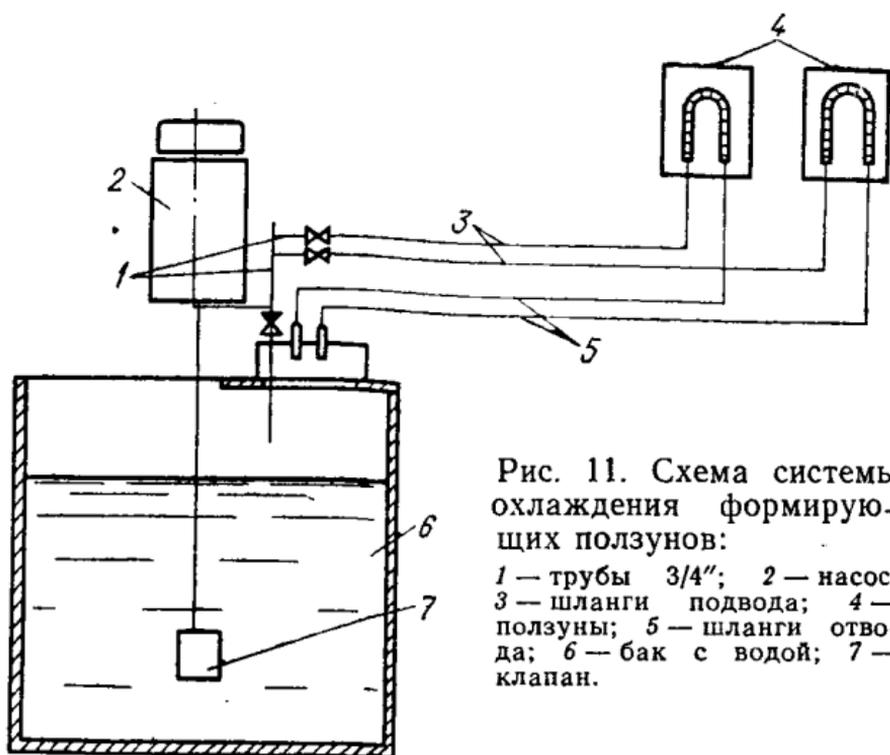


Рис. 11. Схема системы охлаждения формирующих ползунов:

1 — трубы 3/4"; 2 — насос; 3 — шланги подвода; 4 — ползуны; 5 — шланги отвода; 6 — бак с водой; 7 — клапан.

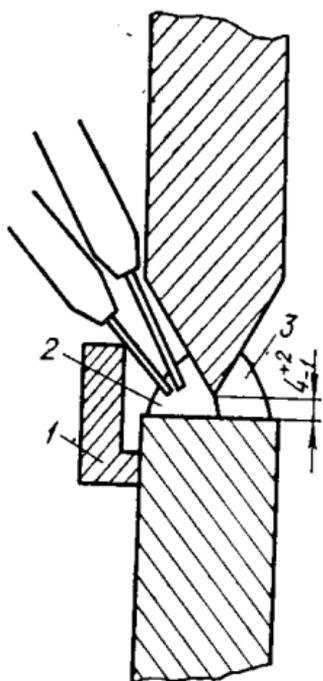


Рис. 12. Схема сварки горизонтальных швов с полупринудительным формированием аппаратом А-1325:

1 — медный ползун; 2 — шов, наложенный автоматом; 3 — ручная подварка.

охлаждаемым медным ползуном (рис. 12).

Сварку соединений воздухогревателей, выполненных из низколегированной стали марки 09Г2С толщиной до 40 мм, производили в вертикальном положении с

принудительным формированием шва. Для этого были приспособлены аппараты типа А-1381, предназначенные для сварки стыков шаровых резервуаров без вращения.

Швы сваривали в два слоя (рис. 13) колеблющимся электродом, порошковой проволокой

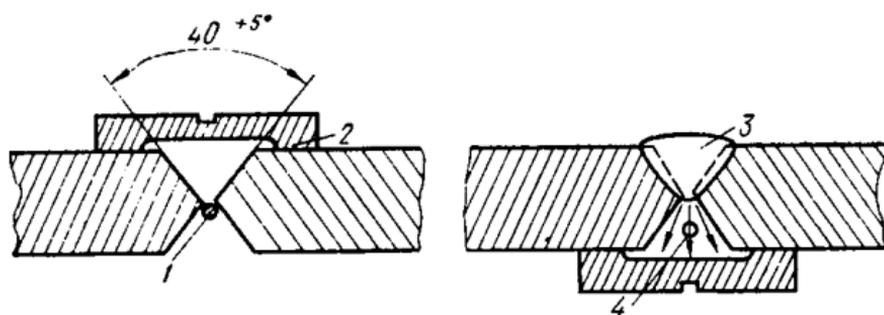


Рис. 13. Последовательность сварки вертикальных соединений с принудительным формированием шва аппаратом А-1381:

1 — медный прут или охлаждаемая водой медная трубка; 2 — формирующий ползун; 3 — первый шов; 4 — колеблющийся электрод.

марки ППВ-2ДСК диаметром 2,35 мм, без дополнительной газовой защиты. Свариваемые стыки с двусторонним симметричным скосом кромок без притупления собирали на монтажных скобах.

При сварке первого слоя лицевая сторона шва формировалась ползуном, а обратная — подкладкой, выполненной в виде медной трубки, охлаждаемой водой, или медного прутка. Второй слой сваривали с противоположной стороны стыка.

Сварочный аппарат перемещался по направляющему пути, укрепленному параллельно стыку. В специальном мундштуке порошковая проволока изгибалась и направлялась в по-

лость, образуемую кромками свариваемых листов и формирующим ползуном. Скорость составляла 5—7 м/ч, что в 6 раз выше, чем при сварке вручную. Сварку вели от преобразователя типа ПГС-500 ($I_{св} = 320—360$ а, $U_d = 26—30$ в).

Значительным достоинством метода сварки с принудительным формированием шва является возможность остановки процесса и возобновления его в любом месте. Техника продолжения сварки сравнительно проста: аппарат устанавливают так, чтобы конец ранее наложенного шва возвышался над уровнем формирующего ползуна на 8—10 мм, в начале процесса сварки участок шва над ползуном выплавляют дугой, и металл стекает через край ползуна. После этого включают ход аппарата и возбуждают обычный дуговой процесс, но вначале временно подают углекислый газ для защиты дуги.

При укрупнении блоков корпусов воздухонагревателей на монтаже печи № 9 кольцевые швы сваривали автоматической сваркой под флюсом тракторами типа ТС-17М проволокой марки Св-10Г2 по ручной подварке корня шва. Блоки вращали на специальном стенде с помощью козлового крана.

Сборку и сварку сфероцилиндрических куполов воздухонагревателей массой более 100 т выполняли на горизонтальном стенде, причем полувертикальные швы сваривали аппаратом типа А-1381, а все остальные — вручную.

Сварка цилиндрических резервуаров емкостью 50 тыс. м³. Резервуары емкостью 50 тыс. м³ сооружают методом листовой сборки, при этом сваривают до 5 км монтажных швов. Есте-

ственно возник вопрос о максимальной механизации сварочных работ.

Институт УкрПТКИмонтажспецстрой разработал проект производства сварочных работ на монтаже резервуаров с плавающей крышей на Кременчугском нефтеперерабатывающем заводе. В проекте обобщен опыт монтажа подобных резервуаров в гг. Грозном и Измире (Турция), использованы разработки Института электросварки им. Е. О. Патона АН УССР, ВНИИмонтажспецстроя, Института Промстальконструкция. Применение новой сварочной техники позволяет более 80% объема сварочных работ (по наплавленному металлу) выполнять механизированными способами.

Днище резервуара состоит из средней части толщиной 6 мм, стыкуемой из четырех рулонизируемых полотнищ и соединяемой с 32 сегментными окрайками толщиной 14 мм. Плавающая крыша представляет собой полое кольцо (понтон) из 32 герметически сваренных коробов, поддерживающих одинарное металлическое полотно из четырех частей. Стенка состоит из девяти поясов: толщина нижнего 26, далее следуют пояса толщиной 24, 19, 17, 14 и четыре толщиной 12 мм. Первые шесть выполнены из стали 09Г2С, а последующие — из стали ВСтЗсп.

Нахлесточные швы большой протяженности на днище сваривают под флюсом трактором типа ТС-35 с приставкой Н-2 конструкции ВНИИмонтажспецстроя (рис. 14). Приставка Т-2 позволила заварить этим трактором и уторный шов, соединяющий первый пояс с окрайками. Остальные монтажные соединения днища выполняют полуавтоматами типа А-1197 или

А-765 порошковой проволокой ПП-АН7 или ПП-АНЗ.

Для соединения вертикальных стенок корпуса ранее применяли автоматическую сварку под флюсом с принудительным формированием

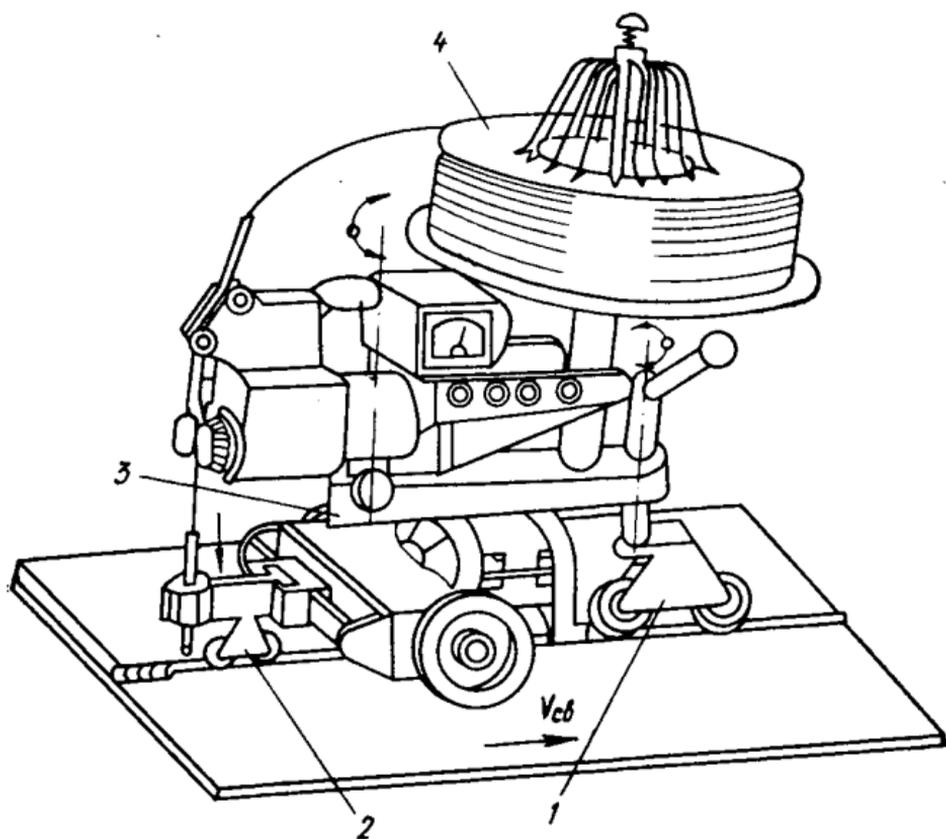


Рис. 14. Приставка модели г-2 к сварочному трактору ТС-35 для сварки соединений внахлестку:

1 — блок передних копирующих роликов; 2 — блок ориентации электрода; 3 — платформа; 4 — кассета с проволокой.

шва. Сварку выполняли аппаратом А-820 проволокой марки Св-08ГА диаметром 3 мм с керамическим флюсом АНКФ-28. Это обеспечило высокую производительность процесса, но подготовка и наладка аппаратуры занимала до 80% рабочего времени. Кроме того, этот

способ сварки не обеспечивал получение сварных стыков нужной геометрической формы, особенно на стыках 6—9 поясов. Деформации превышали допускаемые, а качество швов в значительной мере зависело от квалификации оператора.

Поэтому Институтом электросварки им. Е. О. Патона был предложен способ сварки вертикальных стыков аппаратом А-1150У порошковой проволокой марки ППВ-2ДСК диаметром 2,35 мм. Аппарат предназначен для автоматической сварки с принудительным формированием сварного шва на металле толщиной 8—30 мм. Перемещение аппарата по шву производится при помощи клиновидных фрикционных роликов. Скорость подачи проволоки регулируют с помощью сменных шестерен и регулировочного реостата. Медные формирующие ползуны охлаждаются водой посредством замкнутой системы (см. рис. 11). Шов требуемого качества получается, если уровень ванны поддерживают на расстоянии 10—15 мм от верхнего торца ползуна.

Вертикальные листы собирают с равномерным зазором (10 мм). Стык фиксируют приспособлениями (рис. 15), позволяющими устранить смещение свариваемых кромок, устанавливают выводные планки и монтажные скобы (не менее шести на стык) с предусмотренными вырезами для пропуска заднего ползуна, затем сборочные приспособления удаляют и проверяют депланацию листов, которая должна быть не более 1 мм.

Для питания сварочной дуги используют преобразователь типа ПСГ-500 или выпрямитель ВДУ-504.

Сварку вертикальных стыков выполняют в следующем режиме: $I_{св} = 270—400$ а, $U_{д} = 24—30$ в, $V_{св} = 4—6$ м/ч. С помощью специального гибочного механизма (мундштука) порошко-

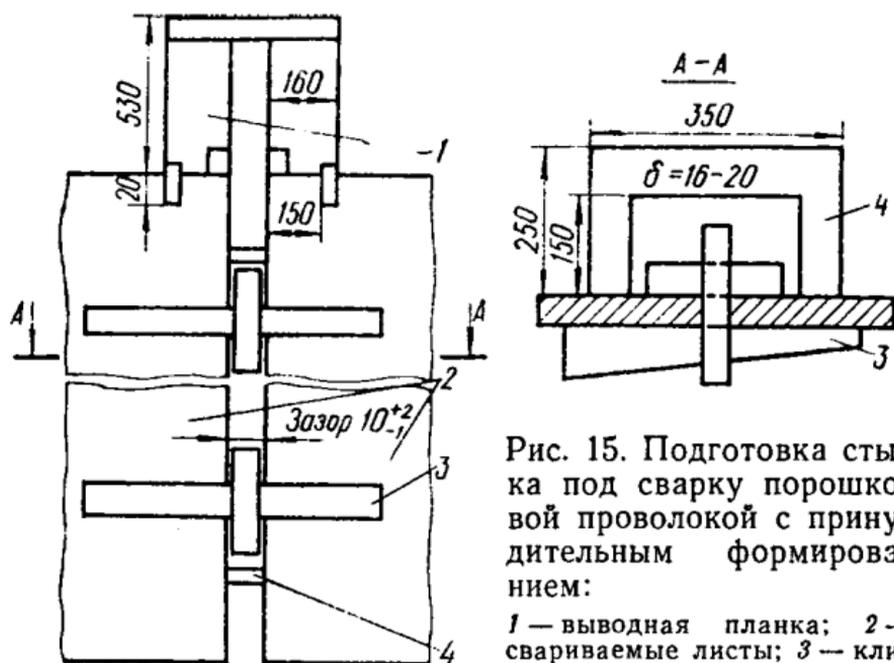


Рис. 15. Подготовка стыка под сварку порошковой проволокой с принудительным формированием:

1 — выводная планка; 2 — свариваемые листы; 3 — клиновой зажим; 4 — сборочная скоба.

вая проволока изгибается по радиусу и направляется в полость, образуемую кромками свариваемых листов и формирующими ползунами (рис. 16). Радиус изгиба подбирают таким, чтобы оси электрода и шва в месте горения дуги примерно совпадали. Вследствие интенсивного отвода тепла от ползунов ванна приобретает вытянутую форму, со стороны ползунов образуются слои закристаллизовавшегося металла, которые, собственно, и удерживают ванну от сползания.

Горизонтальные кольцевые швы между поясами стенки выполняют полуавтоматической или автоматической сваркой.

В первом случае швы сваривают проволокой Св-08Г2С диаметром 1,6 мм в среде углекислого газа двумя полуавтоматами типа А-765, оснащенными газоэлектрическими горелками ГЭГ производства Ногинского завода монтажных приспособлений. Сварщики находятся в двух передвижных кабинах, расположенных с обеих сторон шва (конструкция ВНИИмонтажспецстроя).

Механизм передвижения кабин состоит из электромотора, редуктора и ходовой части, перемещающейся по верхней части смонтированного пояса, у которого заварены все вертикальные стыки. Кабины располагаются в противоположных по диаметру точках резервуара, и в каждой размещаются два сварщика.

Разделку с двусторонним скосом только верхней кромки заполняют с обеих сторон при неподвижном положении кабин. Затем ее перемещают на новый участок. Использование полуавтоматических установок в

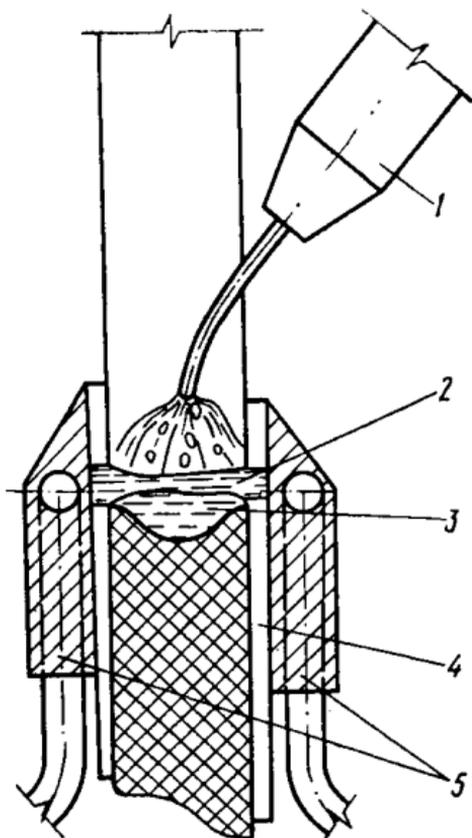


Рис. 16. Схема формирования шва при сварке на вертикальной плоскости аппаратом А-1150У:

1 — мундштук сварочного аппарата; 2 — шлаковый слой; 3 — металлическая ванна; 4 — шлаковая корка; 5 — формирующие ползуны.

сочетании с передвижными кабинами способствует повышению производительности труда по сравнению с ручной сваркой в 1,2—1,3 раза.

Автоматическую сварку кольцевых швов выполняют установками «Циркоматик» (Бельгия) отечественной порошковой проволокой марки ПП-АНЗС диаметром 3 мм от сварочных кремниевых выпрямителей модели ТО-800.

Передвижная часть установки (рис. 17) имеет ходовую тележку с алюминиевым покрытием и две кабины, в которых размещаются операторы, автоматические сварочные головки, предназначенные для сварки порошковой проволокой в среде углекислого газа с полупринудительным формированием шва, а также аппаратура для пуска, наладки и контроля.

Стыки под сварку собирают без зазора. Места, где зазор превышает 1,5—2 мм, необходимо подварить. Прихватку и подварку горизонтального соединения производят только с внутренней стороны резервуара. Перед сваркой верхнюю часть нижнего листа на ширину 80—100 мм зачищают от прихваток и освобождают от приспособлений, убирают усиления вертикальных швов, что обеспечивает свободное прохождение медной шлакоудерживающей цепи. Сварку ведут в 2—6 слоев при $I_{св} = 400—500$ а, $U_d = 21—25$ в со скоростью $V_{св}$ до 35 м/ч. Благодаря автоматической установке скорость сварки увеличивается в 6—10 раз по сравнению со скоростью сварки полуавтоматическим методом.

Сварка шаровых резервуаров. На строительстве химических и нефтехимических предприятий все чаще предусматривают сооружение шаровых резервуаров для хранения нефтепро-

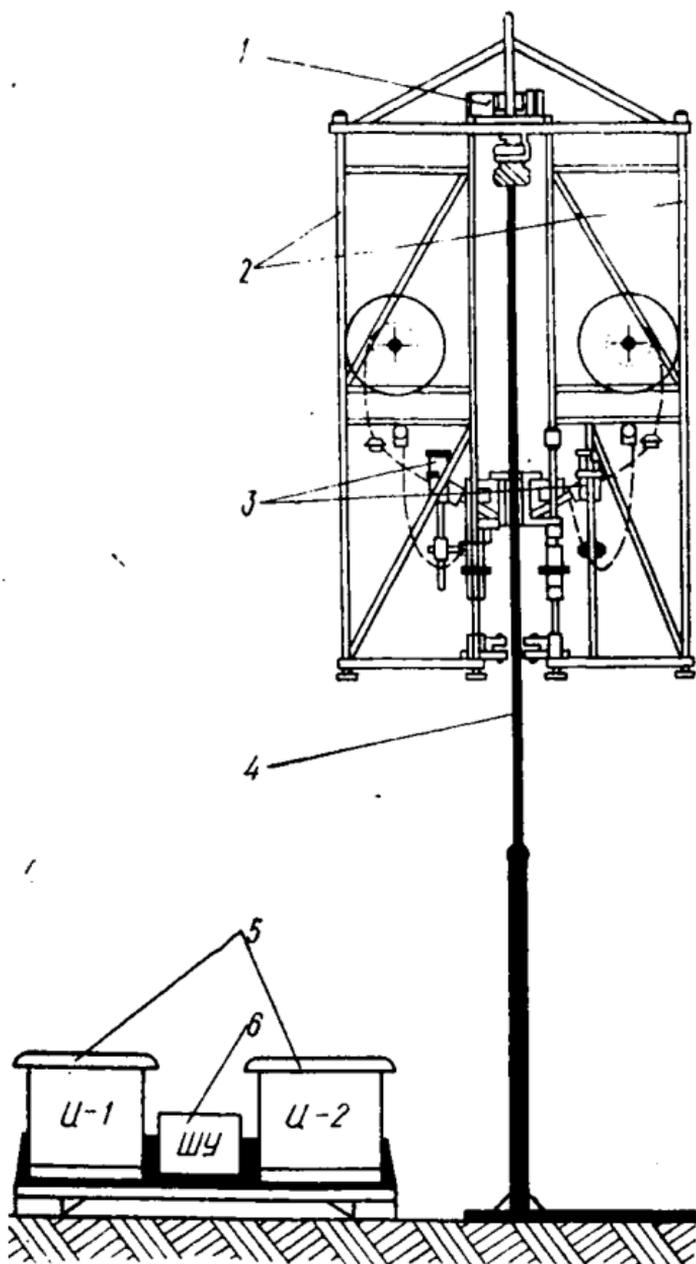


Рис. 17. Схема установки «Циркоматик» для сварки горизонтальных швов порошковой проволокой:

1 — ходовая тележка; 2 — передвижные кабины; 3 — сварочные автоматы; 4 — стенка корпуса резервуара; 5 — источники питания дуги; 6 — шкаф управления.

дуктов и газов различной емкости (600, 2000, 4000 и 10000 м³).

Заготовки (лепестки) резервуаров с толщиной стенки 16 мм изготавливают холодной вальцовкой на вальцах, а заготовки резервуаров с толщиной стенки 34 мм — горячей штамповкой на прессах. На монтаже все швы резервуаров емкостью до 2000 м³ и массой до 100 т выполняют автоматической сваркой под флюсом, в основном с предварительной подваркой ручным способом. Вращение резервуаров, обеспечивающее сварку в нижнем положении, осуществляют специальными манипуляторами.

Для вращения резервуаров емкостью 600 м³ применяют в основном манипуляторы конструкции Г. С. Сабирова, Н. М. Кудрявцева и ВНИИмонтажспецстроя.

Манипулятор Г. С. Сабирова (рис. 18) представляет собой роликовый вращатель, расположенный внутри временной кольцевой опоры, на которую опускают резервуар при переходе с одного стыка на другой во время автоматической сварки. Манипулятор смонтирован на четырех тележках, установленных на кольцевом рельсовом пути и предназначенных для поворота резервуара в горизонтальной плоскости. Все роликовые опоры с приводом от электродвигателей установлены на шарнирах, допускающих изменение их положения во взаимно перпендикулярных плоскостях, что обеспечивает плотное прилегание опор к поверхности резервуара.

Манипулятор Н. М. Кудрявцева состоит из двух блоков-приводов с ведущими роликами и четырех самоустанавливающихся роликов, создающих устойчивое положение оболочки

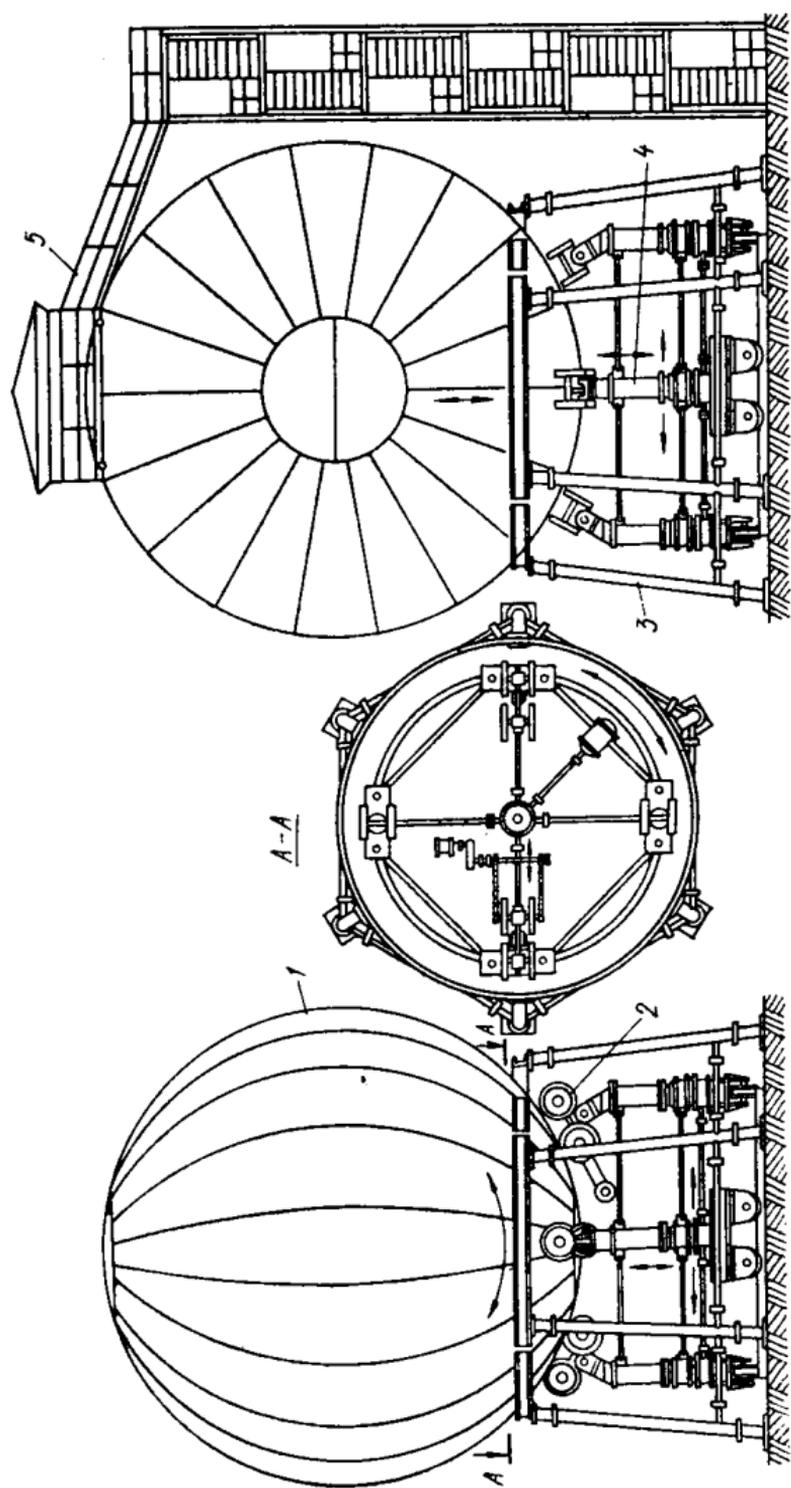


Рис. 18. Установка для сварки резервуаров емкостью 600 м^3 с манипулятором конструкции Г. С. Сабирова:

1 — сферическая оболочка резервуара; 2 — ролик; 3 — временная опора; 4 — домкрат; 5 — консольная площадка.

при вращении. Этот манипулятор отличается высокой маневренностью.

Для автоматической сварки шаровых резервуаров емкостью 2000 м³ применяют манипуляторы конструкции ВНИИмонтажспецстроя модели МСР-2000 (в качестве роликовых опор в них используют авиационные колеса) и конструкции Гипроспецмонтажа.

Для сборки стыков между элементами шаровой оболочки применяют различные приспособления. Клиновой замок представляет собой планку с двумя отверстиями, надеваемую на приваренные близ кромок соединяемых элементов сборочные шайбы. В отверстия проушин забивают стальные клинья. Выравнивание кромок достигается путем забивки клиньев между проушинами и приваренными к планке коротышами. Винтовая стяжка состоит из двух стоек, приваренных к пластинам, которые, в свою очередь, прихватывают к соединяемым при сборке элементам. В отверстия стоек вставляют болт диаметром 36 мм с трапецеидальной резьбой. Соединяемые элементы стягивают при навинчивании гайки на болт.

Лепестки резервуаров с толщиной стенки 16 мм поставляют без скоса кромок, а при толщине 34 мм — с двусторонним несимметричным или односторонним скосом. Это определяет и технологию сварки: автоматическую сварку под флюсом оболочки толщиной 16 мм осуществляют в два прохода с обеих сторон шва, а при толщине стенки 34 мм — в шесть проходов (рис. 19). Подварочный шов выполняют в обоих случаях вручную электродами типа Э50А (материал оболочки — сталь 09Г2С) диаметром 4 мм на постоянном токе обратной

полярности силой 150 а. Зазор в стыке 3 ± 1 мм. Можно применить вместо ручной сварки полуавтоматическую в среде углекислого газа.

В зените оболочки, установленной на манипуляторе, укрепляют расчалками кабину свар-

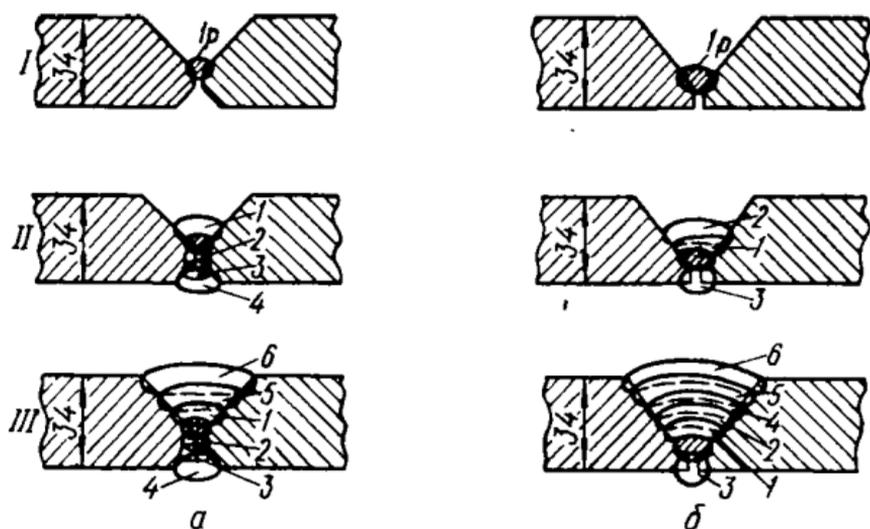


Рис. 19. Схема наложения слоев при автоматической сварке под флюсом сферической оболочки толщиной 34 мм:

а — для соединений с двусторонним несимметричным скосом двух кромок; б — для соединений со скосом двух кромок; I, II и III — этапы наложения слоев; 1 — ручной подварочный шов; 1, 2, 3, 4, 5 и 6 — слои автоматической сварки.

щика (или подвешивают кабину на мачте с консолью, одновременно являющейся монтажной лестницей). Кабина представляет собой металлический каркас, обтянутый брезентом для защиты рабочего места оператора от ветра и непогоды.

Автоматическую сварку осуществляют трактором ТС-17М с питанием от преобразователя ПС-1000 (выпрямителя ВКСМ-1000 и т. п.)

проволокой марки Св-10МХ или Св-12М диаметром 4 мм под флюсом марки АН-348А. Трактор должен всегда находиться в высшей точке шарового резервуара при сварке наружных швов и в нижней точке — при сварке внутренних (угол между свариваемым участком и горизонтальной плоскостью не должен превышать 5—7°). При обрыве дуги шов зачищают от шлака и зажигают ее вновь на расстоянии 15—20 мм от кратера.

Порядок выполнения сварки следующий: вначале сваривают все меридиональные швы через два на третий, а затем кольцевые, соединяющие днище с блоками. В резервуарах, сооружаемых из штампованных заготовок, после меридиональных швов сваривают экваториальный.

Перед началом сварки (например, на манипуляторе конструкции Г. С. Сабирова) каждого из меридиональных швов резервуар временно опускают на заранее установленную внутри манипулятора опору. Резервуар поворачивают на монорельсе так, чтобы можно было сваривать шов в вертикальной плоскости. Затем резервуар при помощи манипулятора и опорных домкратов поднимают и приводят во вращение для сварки.

При сварке экваториального шва на любом из манипуляторов резервуар поворачивают вокруг горизонтальной оси до установления экваториальной плоскости в вертикальное положение. Днище с корпусом оболочки сваривают при переменном вращении резервуара вокруг горизонтальной и вертикальной осей до тех пор, пока свариваемый шов не расположится в вертикальной плоскости.

Для обеспечения нормальной работы внутри резервуара предусматривают шарнирные алюминиевые лестницы и устанавливают двустороннюю радиосвязь между сварщиками и оператором манипулятора.

Вращение резервуаров емкостью 4 и 10 тыс. м³ из-за больших габаритов и массы связано со значительными трудностями и экономически нецелесообразно. Институтом электросварки им. Е. О. Патона совместно с трестом № 7 Главнефтемонтажа разработан метод сварки таких резервуаров без вращения. Сварка выполняется во всех пространственных положениях с принудительным формированием шва автоматом типа А-1381, перемещающимся вдоль свариваемого стыка по направляющей, закрепленной на оболочке шара (рис. 20). С внутренней стороны предварительно выполняют подварочный шов или обратную сторону шва формируют медной шиной.

Сварку стали 09Г2С (М) ведут порошковой проволокой марки ПП-АН12 за один проход со скоростью около 4 м/ч, что в 6—8 раз превышает скорость ручной сварки.

Ванная сварка стыков подкрановых рельсов. Большие возможности для механизации сварочных работ имеются на монтаже арматуры железобетона и подкрановых рельсовых путей (устройство подкрановых путей со сварными стыками устраняет динамическое воздействие катков на подкрановые конструкции и улучшает условия эксплуатации кранов).

Стыки под сварку (зачистка торцов, установка зазора 14—16 мм и т. п.) подготавливают при монтаже рельсов. Механизированную сварку производят порошковой проволокой, соот-

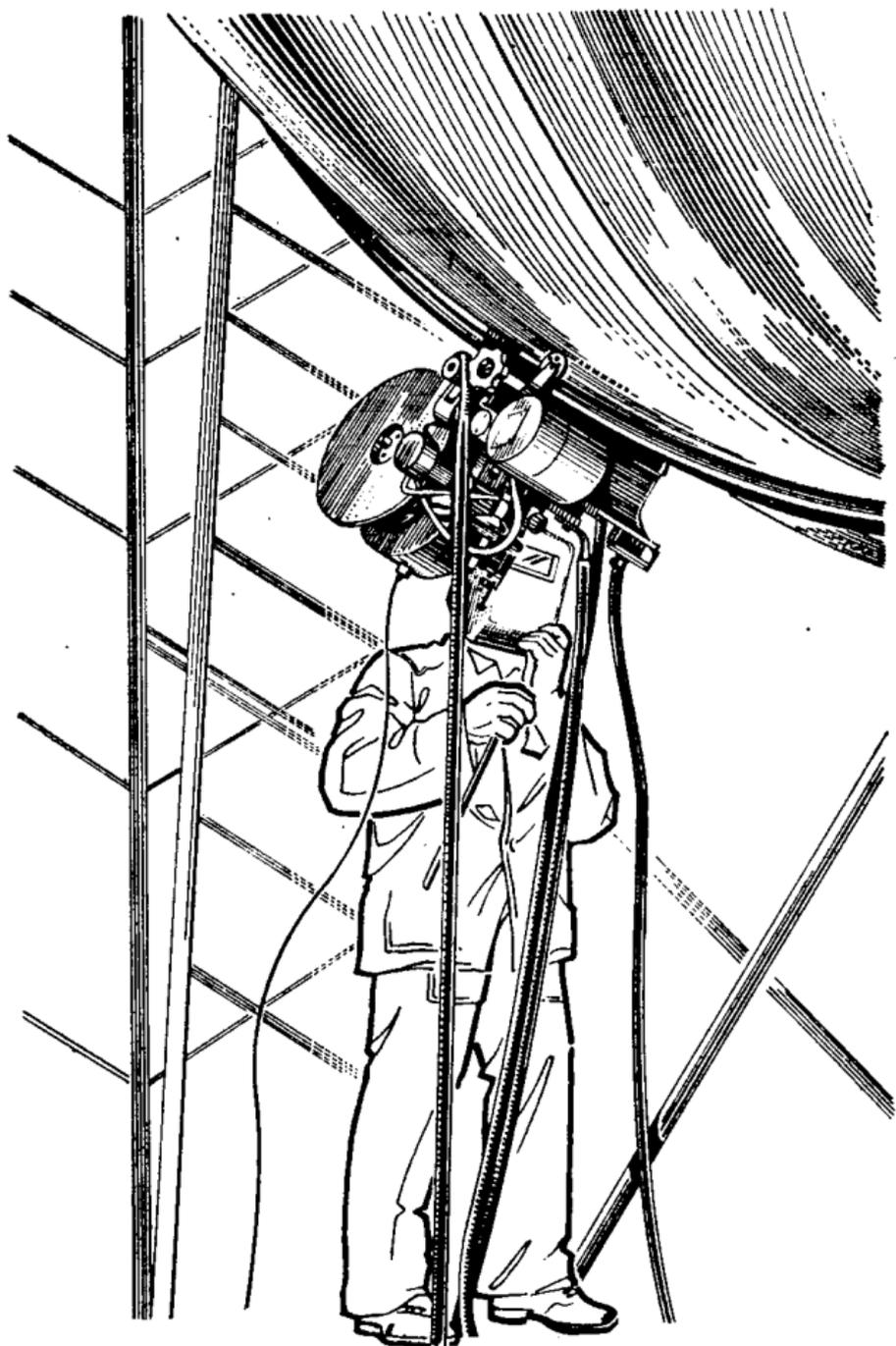


Рис. 20. Сварка неповоротного стыка сферической оболочки аппаратом А-1381.

ветствующей по наплавленному металлу электродам типа Э50А (ПП-АНЗ, ПП-2ДСК и т. п.) серийными полуавтоматами типа А-1197, А-765, А-1035 или активированной проволокой сплошного сечения ЭП-245 аппаратами А-1114М. В комплект держателя входит удлиненный наконечник с изоляционным покрытием (рис. 21).

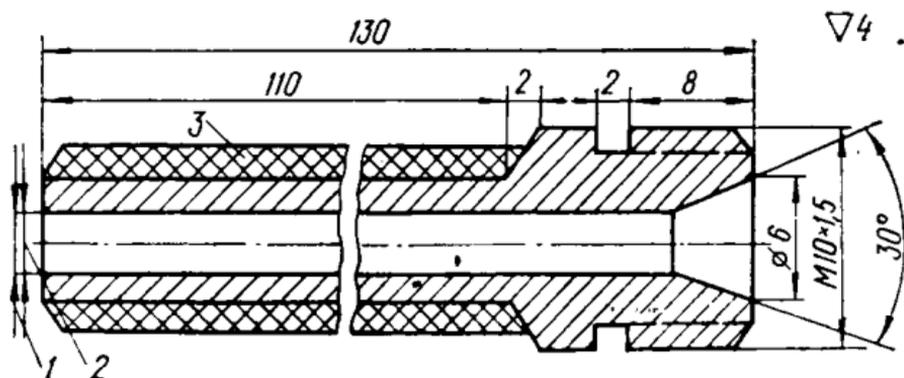


Рис. 21. Удлиненный мундштук для полуавтоматической ванно-шлаковой сварки стыков рельсов:

1 — $\varnothing 3$ — для проволоки $\varnothing 2,8$ мм; 2 — $\varnothing 4$ для проволоки $\varnothing 3-3,5$ мм; 3 — изоляционное покрытие ($\delta=1-1,5$ мм).

Технологический процесс сварки стыков рельсов заключается в следующем. Ослабляют болты зажимных планок и заводят под рельсы медную подкладку, а на нее в зазоре кладут стальную полосу. Наконечник держателя вводят в зазор и, перемещая электрод вдоль зазора, приваривают двумя слоями стальную полосу к торцам рельсов и выполняют сварку стыка подошвы. Затем выбивают из-под стыка медную подкладку, устанавливают боковые медные полуформы, закрепляют их струбцинами и, перемещая электрод вдоль зазора, заваривают стык шейки головки рельсов (рис. 22). При этом электрод перемещают вдоль зазора, на-

правляя дугу на торцы рельсов и задерживая электрод у медных полуформ. Для проволоки диаметром 3 мм сила тока должна быть 350—450 а, напряжение дуги 25—31 в, вылет электрода 20—30 мм.

При подъеме шлаковой ванны на 6—8 мм выше уровня головки рельсов (почти до верха

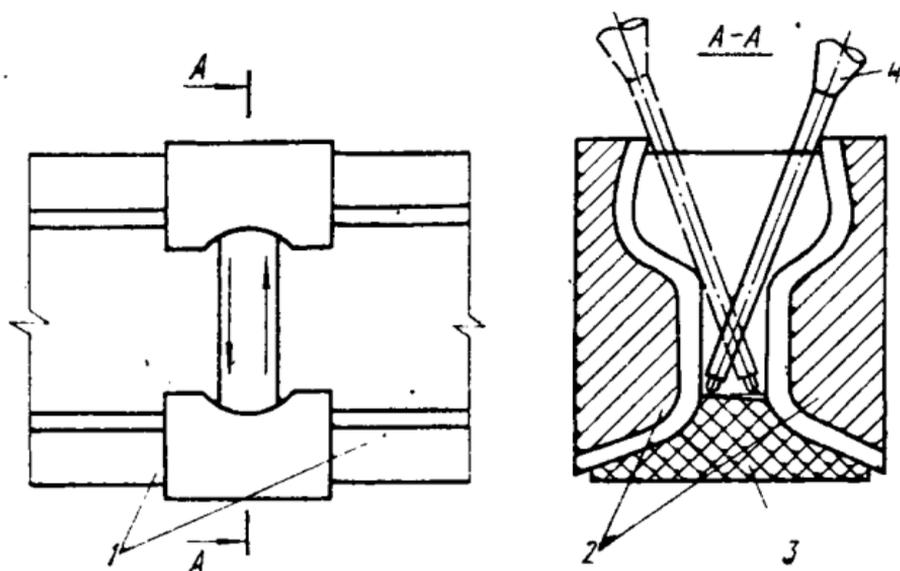


Рис. 22. Схема ванной сварки рельсов:

1 — свариваемые рельсы; 2 — медные полуформы; 3 — сварной шов; 4 — электрод.

полуформ) ванный процесс прекращают, а в начале затвердевания возбуждают дугу в центре шва и круговыми движениями заправляют усадочную раковину. Боковые полуформы снимают после остывания ванны до темно-вишневого цвета; стык проковывают и зачищают заподлицо.

В тресте Уралстальконструкция разработан и внедрен в производство способ ванной сварки тонкими покрытыми пластинчатыми электродами сечением 3×40 мм и длиной 800 мм.

Сварку пластинчатыми электродами выполняют специальными держателями (на базе держателя пистолетного типа А-793 от полуавтомата А-765) при силе тока 750—800 а. Этот способ, не уступая по производительности механизированной сварке, сохраняет преимущества ручной сварки — маневренность и простоту выполнения. При таком способе не требуется дополнительное сварочное оборудование.

Механизированная приварка стального оцинкованного настила к прогонам. Конструкция кровли из оцинкованных стальных профилированных листов толщиной 1—1,2 мм образует несущую основу для укладки последующих слоев покрытия (термоизоляции, гидроизоляции и т. д.), а также служит рабочей площадкой для выполнения кровельных работ без дополнительных подмостей. Листы обычно крепят к оцинкованным прогонам несущих конструкций самонарезающими болтами. Опыт свидетельствует, что крепление можно выполнить в два-три раза быстрее и значительно дешевле, используя механизированную приварку оцинкованного настила электрозаклепками. Для получения прочных сварных соединений необходимо обеспечить плотное прижатие свариваемых элементов. В тресте Южстальконструкция для этой цели разработано специальное приспособление — электрозаклепочная машина ЭЗМЮ-1. Машина представляет собой одноосную ручную тележку, на которой размещены подающий механизм сварочного полуавтомата и кассета со сварочной проволокой. Передняя часть рамы тележки изогнута под углом 30°, и на ней под прямым углом установлены две опорные стойки, между которыми

расположена сварочная головка. Кнопка включения подающего механизма смонтирована в ручке тележки.

Перед постановкой электрозаклепки сварщик нажимает на ручку тележки так, чтобы сварочная головка заняла вертикальное положение. Тогда колеса тележки приподнимаются над плоскостью настила, а масса машины и усилие сварщика распределяются между опорными стойками и обеспечивают достаточное прижатие в месте сварки.

Оборудование сварочного поста размещено в специальном металлическом контейнере, где находятся: источник тока (преобразователь ПСГ-500 или выпрямитель ВС-600), электрозаклепочная машина с полуавтоматом типа А-765, пускорегулирующая аппаратура, сушильный шкаф, кассеты со сварочной проволокой и др.

Для наложения электрозаклепок под слоем флюса применяют проволоку Св-08А или Св-08ГА диаметром 2 мм и флюс АН-348А. Сварка выполняется на прямой полярности при вылете электродной проволоки 30 мм и скорости подачи 382 м/ч. Диаметр головки электрозаклепки получают в пределах 15—20 мм.

Для сварки в углекислом газе служит проволока марки Св-08Г2С диаметром 1,2 или 1,6 мм. Для предохранения от сдувания струи защитного газа применяют сопло-колпак, приспособленное для размещения на гофрированной поверхности. Наилучшего формирования шва и проплавления металла достигают при горении дуги в течение 5—6 сек при диаметре проволоки 1,2 мм (скорость подачи проволоки

582 м/ч) и 4—5 сек — при диаметре проволоки 1,6 мм (скорость подачи 382 м/ч).

Для устранения возможности приваривания электродной проволоки диаметром 1,2 мм к концу токопроводящего наконечника напряженные дуги в конце сварки понижают с 32—33 до 24—26 в путем введения дополнительного сопротивления в обмотку возбуждения источника тока. Выключение подачи углекислого газа предусмотрено с задержкой на 1—1,5 сек, что позволяет избежать дефектов в шве.

Вылет электрода — 17—20 мм; его увеличение снижает глубину проплавления, а уменьшение приводит к обгоранию электродной проволоки вплоть до наконечника.

Более перспективной является приварка оцинкованных листов кровли к прогонам открытой дугой с применением порошковой проволоки или голой легированной проволоки сплошного сечения.

Здесь отпадает необходимость в углекислоте или флюсе, причем установлено, что производительность труда возрастает в 1,5—2 раза.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ ШВОВ

В стальных конструкциях очень часто встречаются трещины, подрезы и другие дефекты сварных швов и соединений.

Трещины по расположению к усилию бывают продольные и поперечные, по расположению в сечении шва — наружные и внутренние. Внутренние можно обнаружить только физическими методами контроля (просвечиванием, прозвучиванием и т. д.), наружные — внешним осмот-

ром с помощью лупы (4—8-кратного увеличения). Трещины всех видов, направлений и размеров относят к недопустимым дефектам шва.

Признаками, помогающими отыскивать трещины в сварных конструкциях, являются подтеки ржавчины, шелушение краски. При нагреве металла до вишнево-красного цвета трещины заметны в виде темных зигзагообразных линий. Иногда их выявляют ударом молотка по шву (по дребезжащему звуку). Очень важно обнаружить трещины в рабочих швах, определяющих несущую способность элемента, узла, всего сооружения.

Для стальных каркасов промышленных зданий можно рекомендовать следующий порядок осмотра сварных швов для отыскания в них трещин:

в колоннах и стойках проверяют сварные швы, прикрепляющие ветви (пояса) к траверсам базы и переходной части, стыки ветвей (заводские и монтажные), швы, прикрепляющие опорные столики стропильных ферм, ригелей фахверка и др., швы, прикрепляющие элементы решетки колонн к ветвям;

в стропильных и подстропильных фермах осматривают все сварные швы в опорных узлах и накладках, прикрепляющих ферму к колонне, все сварные швы в стыках поясов, сварные швы и околошовную зону в местах сближения швов в узлах, все сварные швы, расположенные перпендикулярно к растягивающим усилиям;

в подкрановых балках проверяют поясные швы, прикрепляющие верхний пояс к стенке, швы, прикрепляющие тормозные фермы или площадки к верхнему поясу балки, стыки верхнего и нижнего поясов балки, околошовные зо-

ны у концов «коротких» ребер, места пересечения поперечных стыков балки с продольными ребрами и продольных стыков стенки с поперечными ребрами, швы в опорных узлах балки, стыки рельсов и сварные швы рельсовых креплений.

Подрезы (рис. 23, а) располагаются вдоль краев сварных швов. Они образуются, главным образом, при чрезмерной силе сварочного тока. Подрезы основного металла допускаются глубиной не более 0,5 мм при толщине стали до 10 мм и не более 1 мм — при толщине свыше 10 мм.

Прожоги, перерывы в швах, незаваренные кратеры, слишком крупная чешуйчатость, неполномерность швов (рис. 23, б), резкие переходы от наплавленного металла к основному и чрезмерное усиление швов (рис. 23, в) — недопустимые дефекты сварных швов, возникающие вследствие небрежности или недостаточной квалификации сварщика, отсутствия надежного контроля качества сварочных работ.

Ноздри (свищи) являются каналами для выхода газов, образовавшихся при сварке по ржавчине, влаге, маслу и другим загрязнениям кромок или при сварке сырыми электродами, влажными флюсами, углекислым газом, порошковой проволокой. Им не должно быть места в конструкциях, где требуется плотность соединений.

Подтеки и наплывы образуются при низком качестве электродов, применяемых для сварки швов в вертикальном, горизонтальном и потолочном положениях, при сварке угловых швов в нижнем положении. Возникновение этих дефектов также зависит от выбора режима и тех-

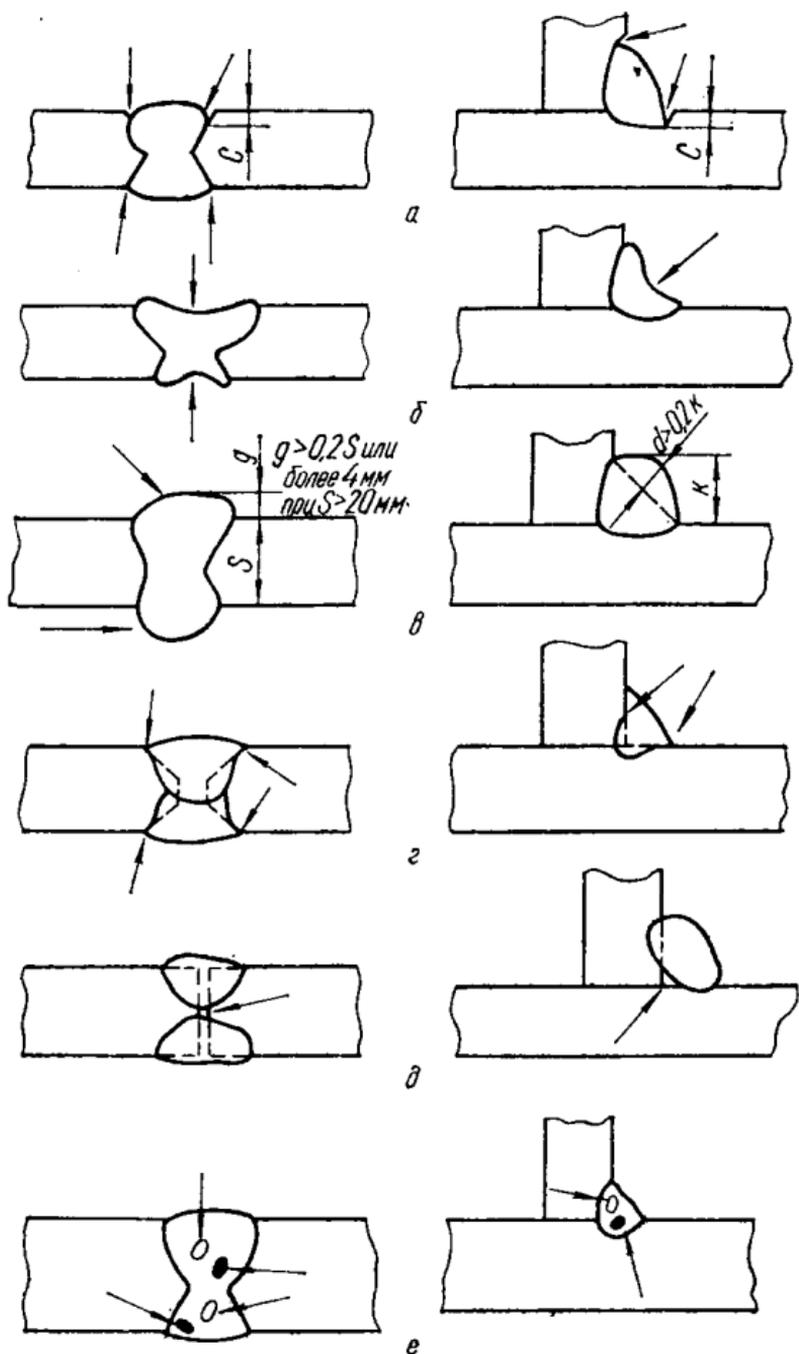


Рис. 23. Дефекты сварных швов:

a — подрез; **б** — неполномерный шов; **в** — чрезмерное усиление валика; **г** — несплавление по кромке; **д** — непровар; **е** — шлаковые и газовые включения.

ники сварки. Они допустимы лишь в незначительном количестве.

Отсутствие подварки в стыковых швах (кроме случаев сварки на подкладках) — серьезный дефект, не только ослабляющий сечение шва, но и образующий резкие концентраторы напряжений поперек направления силового потока. Несплавление по кромке (рис. 23, *г*) также недопустимый дефект, возникающий вследствие плохой очистки кромок перед сваркой, небрежности или недостаточной квалификации сварщика.

Одним из распространенных дефектов сварных швов является непровар (рис. 23, *д*), который получается при неправильной подготовке кромок под сварку, заниженной силе тока, большой скорости сварки и т. д.

В соответствии с п. 1.56 СНиП III-18—75 допускаются непровары:

по сечению швов в соединениях, доступных сварке с двух сторон, глубиной до 5% толщины металла, но не более 2 мм при длине непроваров не более 50 мм, расстоянии между ними не менее 250 мм и общей длине участков непровара не более 200 мм на 1 м шва;

в корне шва в соединениях без подкладок, доступных сварке только с одной стороны, — глубиной до 15% толщины металла, но не выше 3 мм.

Шлаковые и газовые включения (рис. 23, *е*) внутри сварного шва могут возникнуть в результате сварки некачественными электродами, проволокой или флюсом, при очень узкой разделке кромок, при сварке на пониженной силе тока или при пониженных температурах, при загрязнениях по кромкам стыкуемых деталей

и условиях, при которых шлак и окислы не успевают полностью всплыть на поверхность расплавленной сварочной ванны и остаются в виде остывших капель внутренних неметаллических включений. Часто они сопутствуют непровару или несплавлению.

Согласно 1.56 СНиП III-18—75 допускаются:

отдельные шлаковые или газовые включения (поры) или скопления их размером по диаметру не более 10% толщины свариваемого металла, но не более 3 мм.

шлаковые включения, расположенные цепочкой или сплошной линией вдоль шва при суммарной их длине, не превышающей 200 мм на 1 м шва;

скопления газовых пор и шлаковых включений в отдельных участках шва не более 5 штук на 1 см² площади шва при диаметре одного дефекта не более 1,5 мм.

суммарная величина непровара, шлаковых и газовых включений (пор), расположенных отдельно или цепочкой, не превышающая в рассматриваемом сечении при двусторонней сварке 10% толщины свариваемого металла, но не более 2 мм, и при односторонней сварке без подкладок — 15%, но не более 3 мм.

В конструкциях из высокопрочных сталей непровары не допускаются.

Контроль качества сварных швов должен производиться:

повседневной проверкой правильности выполнения установленного технологического процесса или общих технологических указаний;

наружным осмотром и проверкой размеров 100% сварных швов с помощью шаблонов и калибромеров. Допускается применение лупы с увеличением до 10 раз;

выборочной проверкой из расчета одно за-
сверливание или один выборочный контроль физическими методами участка длиной 50 мм на каждые 50 м заваренного стыкового шва, а также всех сомнительных мест (особое внимание следует обращать на места пересечения швов);

в сварных соединениях, к которым проектом предусмотрены повышенные требования, ультразвуком контролируют 100% стыковых швов с последующим просвечиванием дефектных и сомнительных мест рентгено- и гамма-лучами или выборочно просвечивают 2% протяженности швов, выполненных ручной или полуавтоматической сваркой, и 1%, выполненных автоматической сваркой.

Просвечивание швов стальных конструкций в монтажных условиях осуществляется переносными рентгеновскими аппаратами типа МИРА-1Д, РУП-120-5-1, «Супер-Лилипут-140» (поставщик — фирма «Медикор», Венгрия), гамма-аппаратами типа РИД-11, РИД-21М, «Гаммарид-23» и «Гаммарид-25»; ультразвуковой контроль — дефектоскопами типа УДМ-3, ДУК-13ИМ и ДУК-66П.

Засверливают швы при невозможности применить физические методы контроля. Диаметр сверла должен быть на 3—6 мм шире валика шва. Стенки выемки травят 15%-ным раствором азотной кислоты или раствором 10%-ной двойной соли хлорной меди и аммония в 100 г воды. Результаты выявляются через 2—3 мин

после смачивания стенок. Осадок меди удаляют водой или 5%-ным раствором надсернистого аммония.

Если в результате выборочного контроля в шве будут обнаружены недопустимые дефекты, необходимо по предполагаемым границам сомнительного участка сварного шва произвести дополнительный контроль. После выявления фактических границ дефектного участка шов удаляют, вновь заваривают и проверяют повторно. Границы трещин должны быть предварительно засверлены. Подрезы основного металла заваривают с последующей зачисткой, обеспечивающей плавный переход от наплавленного металла к основному.

Плотность сварных швов в стыковых соединениях проверяют путем смачивания шва керосином, а в соединениях внахлестку — введением керосина между швами. Со стороны, противоположной смачиванию, поверхность шва окрашивают водной суспензией мела или каолина. Смачивать керосином следует не менее двух раз с перерывами в 10 мин. На поверхности, окрашенной меловым раствором, пятна не должны появляться в течение не менее 4 ч после смачивания; если температура ниже 0° С, то пятна не должны появляться в течение 8 ч.

При отсутствии доступа ко второй стороне соединения (в днищах резервуаров) плотность проверяют вакуумированием, с помощью специальных плоских или угловых камер, прикладываемых к конструкции в месте расположения сварного шва, смоченного мыльным раствором — 250 г 60%-ного хозяйственного мыла на 10 л воды. При отрицательных температурах

применяют раствор хлористого кальция или хлористого натрия с экстрактом лакричного корня. Из камеры выкачивают воздух. Сварное соединение осматривают через прозрачную верхнюю часть камеры для обнаружения пузырьков в местах неплотностей.

Исправление неплотных сварных швов путем подчеканки не допускается. Исправлять одно и то же дефектное место сварки разрешается не более двух раз.

ОРГАНИЗАЦИЯ СВАРОЧНЫХ РАБОТ

Сварочные работы должны выполняться под руководством лица, имеющего специальную техническую подготовку (прораб или мастер по сварке). Количество инженерно-технических работников по сварке в специализированном (монтажном) управлении определяется из расчета один инженерно-технический работник на 10—20 сварщиков.

Руководитель сварочных работ обязан:

обеспечивать выполнение работ в соответствии с проектом производства сварочных работ или разделом сварки проекта производства монтажных работ, технологическими инструкциями и указаниями по сварке, а также правилами техники безопасности и пожарной безопасности;

осуществлять технический надзор за доброкачественным выполнением сборочных и сварочных операций, соблюдением рекомендованных режимов сварки;

обеспечивать эффективное использование имеющейся и внедрение новой сварочной тех-

ники, правильное хранение и экономное расходование сварочных материалов;

подготавливать наряды на сварку и вести учет выполненных сварочных работ;

организовывать контроль качества сварных соединений в соответствии с ГОСТ и ТУ;

вести журналы сварочных работ, принимать участие в составлении исполнительной документации на сварные соединения, в сдаче отдельных сооружений или комплексов заказчику;

участвовать в составлении заявок на сварочные материалы и оборудование, отчетов по сварочному производству, а также в периодической аттестации сварщиков и газорезчиков.

Состав и порядок проведения руководителем сварочных работ входного, операционного и приемочного контроля сварочных работ (с привлечением работников монтажных подразделений и сварочной лаборатории треста или управления) приводятся в табл. 9 и 10.

Деятельность руководителей сварочных работ находит наилучшее выражение в случае не только технического, но и оперативного подчинения им рабочих-сварщиков монтажных организаций. С этой целью формируют мобильные сварочные подразделения (участки, группы, бригады), которые состоят из сварщиков 4—6-го разрядов.

Установлено, что специализация сварочных работ способствует увеличению занятости квалифицированных сварщиков работой по специальности, сокращению технологических перерывов и потерь рабочего времени, высвобождению рабочего времени для выполнения сложных работ, повышению качества подготовки

Таблица 9

Схема входного контроля сварочных работ (контролирует руководитель сварочных работ — прораб, мастер по сварке)

Элементы, подлежащие контролю				
Контроль	Техническая документация	Квалификация сварщиков	Сварочные материалы	Сварочное оборудование и сборочно-сварочные приспособления
Состав	Проверка содержания технологического проекта и проекта производства работ (раздела сварки), технологичности сварных узлов, сертификатов на свариваемые материалы. Расчет количества сварочных материалов и оборудования, трудоемкости сварочных работ и потребной численности сварщиков	Проверка допуска рабочих к сварке ответственных конструкций в соответствии с «Правилами испытания электросварщиков и газосварщиков». Проведение дополнительной подготовки для выполнения данной работы. Организация сварки и испытания пробных образцов	Проверка сертификатов, соответствия материалов техническим условиям, актов испытаний, технологических свойств, условий хранения, технологических свойств материалов по браковочным признакам	Наличие, комплектность и исправность оборудования
Способ	Изучение проекта	Проверка удостоверений сварщиков, дополнительные испытания	Осмотр, механические испытания	Осмотр, проверка формуляров, журнала учета, состояния оборудования
Сроки	До начала сборочно-сварочных работ			
Соисполнители	Производственно-технический отдел	Сварочная лаборатория		Отдел главного механика (энергетика)

Схема операционного и приемочного контроля качества работ — прораб, мастер по сварке)

Контроль	Операции,	
	Операционный	
	Подготовка конструкций под сварку	Сборка конструкций под сварку
Состав	Проверка отсутствия поверхностных загрязнений, соответствия формы, размеров и качества подготовленных кромок требованиям нормативов, качества зачистки кромок	Проверка состояния подготовленных кромок и прилегающих к ним поверхностей, соответствия марки и диаметра используемых для прихватки материалов требованиям проекта, качества прихватки, применения сборочных приспособлений, соблюдения последовательности сборочно-сварочных операций
Способ	Внешний осмотр и измерения	
Время	До начала сборки	
Сополнитель	Мастер или прораб монтажного участка	

сборки и сварки (контролирует руководитель сварочных

подлежащие контролю		
технология	Приемочный контроль	
	Технология сварки	Сварные соединения
Проверка соответствия атмосферных и других условий требованиям нормативов, режима сварки, последовательности наложения швов (слоев), соответствия технических характеристик материалов и качества их подготовки к сварке. Организация сварки и испытания контрольных образцов	Корректировка схем расположения и уточнение количества сварных швов, проверка качества формирования швов, отсутствия наружных и внутренних дефектов: незаваренных участков, брызг металла, шлака, трещин в металле шва и околшовной зоне, непроваров, пор, незаваренных прожогов, кратеров, подрезов и пр.	Проверка документации на сварочные работы: журнала сварочных работ, сертификатов на материалы, копий удостоверений сварщиков, актов внешнего осмотра сварных швов, протоколов механических испытаний сварных образцов, заключений по гамма- или рентгенопросвечиванию, ультразвуковому контролю и т. д., протоколов металлографических исследований, актов на сварку контрольных стыков
Внешний осмотр, измерения и механические испытания	Внешний осмотр, Физический (просвечивание швов и т. д.) и химический контроль	Проверка технической документации
Во время сварки	Во время и после сварки	После сварки
Сварочная лаборатория		

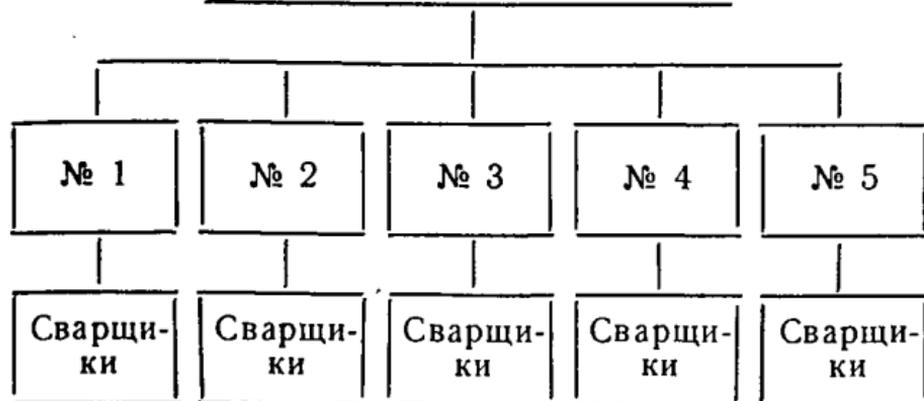
конструкций под сварку и сварных швов, внедрению прогрессивных способов сварки, оборудования и приспособлений.

Но известно, что специализация сварочных работ не может ограничиваться только созданием специализированного руководства и сварочных подразделений, что она может дать наибольший эффект, если ей сопутствует осуществление комплекса взаимосвязанных мероприятий, направленных, в конечном счете, на повышение организационно-технического уровня монтажа.

Обращают на себя внимание мероприятия по организации отдельного выполнения сборочных и сварочных операций, технологической подготовке, технико-экономическому и оперативному планированию сварочных работ, упорядочению нормирования и оплаты труда рабочих-сварщиков.

Суть отдельного выполнения сборочных и сварочных операций заключается в том, что конструкции собирают комплексные бригады, где прихваточные или отдельные несложные сварочные работы выполняют сварщики невысокой квалификации или слесари, освоившие вторую специальность. В случаях, когда конструкции должен прихватывать сварщик 5-го или 6-го разряда, сборка осуществляется бесприхваточным методом, с помощью приспособлений, рассмотренных выше. Рабочие высокой квалификации приступают к сварке только после подготовки определенного фронта работ, а зона обслуживания монтажа каждым сварщиком, которая раньше ограничивалась одним участком или одной монтажной бригадой, заметно расширяется (схема на стр. 101). Опера-

Монтажные участки



a

Монтажные участки



б

Зоны обслуживания монтажных работ:

a — при рассредоточении сварщиков по монтажным подразделениям; *б* — при организации сварочного участка.

тивность выполнения сварочных работ достигается за счет применения передвижных сварочных постов, детального планирования работ, диспетчеризации.

Сварочные работы следует выполнять только по плану, составленному на основании заявок монтажных участков, после определенной технологической подготовки, проверки качества подготовки конструкций под сварку, составления рабочих нарядов.

Объем сварочных работ для целей планирования и учета рекомендуется определять в нормативных затратах труда при ручной сварке. В зависимости от объема работ следует установить потребную численность сварщиков, фонд заработной платы, составить детальный график монтажа с выделением времени для сварки, а также объемно-календарный график деятельности сварочного подразделения на определенный отрезок времени.

Видное место в претворении в жизнь указанных выше мероприятий отводится проектам производства сварочных работ или разделам сварки проектов производства монтажных работ (опыт разработки таких материалов накоплен институтом УкрПТКИмонтажспецстрой Минмонтажспецстроя УССР).

Проект содержит технологические карты на сварку, требования к сварочным материалам и качеству сварных швов, правила проверки квалификации сварщиков, схемы энергоснабжения сварочных постов и контроля качества сварных швов, правила техники безопасности и пожарной безопасности, ведомости сварочных материалов и оборудования, калькуляции нормативных затрат труда на сварку, расчеты потребной численности сварщиков, чертежи нестандартного оборудования и оснастки для производства сборочно-сварочных работ.

Проект должен предусматривать выполнение

максимально возможного объема сварки в удобном нижнем положении с использованием прогрессивных методов и средств на заводах металлоконструкций, заготовительных базах и укрупнительных площадках.

Технологические карты устанавливают последовательность сборочно-сварочных операций, способы сварки, порядок наложения швов и режимы сварки, диаметры и марки электродов и проволоки, требования к другим материалам. Пример технологической карты на сварку металлоконструкций на стр. 104—105.

Качество сварных швов и надежность сварных конструкций во многом зависят от квалификации сварщиков. Сваривать стальные конструкции могут рабочие, прошедшие испытания и имеющие удостоверения, устанавливающие их квалификацию и характер работ, к которым они допущены.

Испытания электросварщиков должны производиться в соответствии с Правилами аттестации сварщиков, утвержденными Госгортехнадзором СССР 22.VI.1971 г.

Сваривать стальные конструкции при помощи автоматов и полуавтоматов могут рабочие, прошедшие обучение по управлению аппаратурой и получившие соответствующие удостоверения.

Контрольные или пробные пластины сваривают в условиях, аналогичных производственным. Для этой цели удобно использовать выводные планки и выполнять сварку в тех же положениях шва, теми же материалами и оборудованием, которые применяют на практике. Образцы, изготовленные из пластин, подвергают испытаниям на растяжение (2 образца),

загиб (2 образца) и, если это оговорено техническими условиями, на ударную вязкость (3 образца). Металл шва и околошовной зоны в сварных соединениях из низколегированной стали проверяют на твердость по алмазной пирамиде не менее чем в трех точках на одном образце. Размеры пластин, форма и размеры образцов должны соответствовать требованиям ГОСТ 6996—66.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА

К сварке допускаются рабочие, достигшие 18-летнего возраста, прошедшие специальное обучение с проверкой знаний и оформлением в специальном журнале. Повторные инструктажи по технике безопасности ежеквартально и перед началом каждой новой работы проводит администрация, а знания правил техники безопасности ежегодно проверяет специальная комиссия (в том числе квалификационная по допуску к сварке ответственных конструкций). Допуск сварщика к самостоятельной работе по обслуживанию сварочного оборудования разрешается после сдачи экзамена по правилам эксплуатации. Электросварщикам следует присваивать квалификационную группу по технике безопасности не ниже II.

Лица, поступающие на работу, должны пройти обязательный медицинский осмотр. Работающие в замкнутых пространствах ежегодно проходят медицинский осмотр с обязательной рентгенографией грудной клетки и лабораторными исследованиями крови и мочи. Сварщики, у которых выявлен пневмокониоз,

не допускаются к работе в закрытых помещениях, а при интоксикации марганцем в виде органического поражения центральной нервной системы их следует переводить на работу, не связанную с вредными условиями труда. Женщины к производству сварочных работ внутри замкнутых пространств не допускаются.

Размещение сварочного оборудования на объектах должно обеспечивать свободный и безопасный доступ к нему. Длина первичной цепи между пунктом питания и передвижной сварочной установкой должна быть не более 10 м. Изоляцию проводов следует защитить от механических повреждений.

Корпус любой сварочной установки и электроцита нужно надежно заземлить медными проводами сечением не менее 6 или железными — сечением не менее 12 мм². В качестве заземлителя можно использовать трубу диаметром 37—50 мм² или полосу толщиной более 4 мм, сечением 48—50 мм² и длиной 1—2 м, закопав ее в землю и надежно присоединив к ней и заземляемому корпусу заземляющий проводник. Сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 10 ом в линиях до 1000 в при суммарной мощности источников тока 100 ква.

В качестве обратного провода при сварке могут служить гибкие провода, стальные шины достаточного сечения и сама свариваемая конструкция, но не сеть заземления или металлические конструкции зданий и коммуникаций. Зажим, к которому подключается обратный провод, следует заземлить.

При работе в стесненных условиях, в сырых или замкнутых помещениях сварочная уста-

новка должна иметь блокировку, обеспечивающую автоматическое отключение сварочной цепи или понижение напряжения при обрыве дуги до 12 в. При сварке на переменном токе рекомендуются для этой цели устройства ограничения тока холостого хода типа УСНТ-4 или УОНТ-2У2*. Электрододержатель должен быть надежно заизолирован (можно также использовать серийные электрододержатели с изолированным корпусом модели «Луч»).

В закрытых помещениях разрешается находиться не менее чем двум лицам, причем электросварщик, находящийся снаружи, должен иметь квалификационную группу не ниже I и вести контроль за безопасным ведением сварки. Электросварщик, находящийся внутри емкости, снабжается предохранительным поясом и веревкой, конец которой находится у дежурного.

При ведении электросварочных работ необходимо пользоваться брезентовым костюмом, ботинками с глухим верхом, рукавицами в виде краг, обычным головным убором или фибролитовой каской с брезентовыми наплечниками, щитком или маской (ГОСТ 1361—69) с защитным стеклом Э-2 ($I_{св} = 75—200 \text{ а}$) или Э-3 ($I_{св} = 200—400 \text{ а}$). В закрытых емкостях вместо щитка необходимо надевать резиновый шлем.

При одновременной работе сварщиков на различных высотах по вертикали нужно предусмотреть надежные средства (тенты, глухие настилы и т. п.), защищающие рабочих от падающих брызг металла, огарков электродов и т. п. Сваривать швы в потолочном положении

* Устройства выпускают предприятия Минмонтажспецстроя УССР.

следует в брезентовых или асбестовых нарукавниках, а в емкости иметь диэлектрические галоши, коврик, перчатки.

Зимой на наружных работах используют ватный костюм и валенки. В перспективе будут применяться костюмы с автономным электрообогревом.

Помещения, где производится электросварка, нужно оборудовать общей и местной вентиляцией. В закрытых помещениях рекомендуется подача свежего воздуха непосредственно под щиток или маску сварщика. При необходимости нужно вести сварку в шланговом противогазе.

Для уборки флюса при механизированной сварке следует пользоваться флюсоотсосами или совками со стальными щетками. Электропровода, трубки для газа и охлаждающей воды, соединяющие передвижные пульты управления со сварочными головками и горелками, заключают в общий резиновый шланг. При электрошлаковой сварке необходимо следить за уровнем жидкой ванны и состоянием охлаждающей воды, глаза защищать очками с чешуйчатой оправой и синими стеклами, задерживающими инфракрасные лучи.

Сварочные работы на высоте разрешается выполнять только на надежных лесах и подмостях после их проверки руководителем работ. Обязательно пользование исправными и испытанными предохранительными поясами.

Места, где производятся сварочные работы, оборудуют огнетушителями, гидрантами, ящиками с песком, лопатами или совками, бочками или ведрами с водой. Рабочие места должны находиться не менее чем в 10 м от баллонов со

сжатым газом. Вблизи не должно быть других легковоспламеняющихся предметов. Деревянные конструкции, расположенные ближе 5 м от сварочных постов, оштукатуривают или защищают листовым асбестом или листовой сталью по войлоку, смоченному в глинистом растворе. При работе на лесах следует уложить на настиле листы асбеста, разместить поблизости сосуды с водой или огнетушители.

Для тушения электропроводки и сварочного оборудования, находящегося под напряжением, можно применять углекислотные огнетушители, песок и другие токонепроводящие средства.

Оказание первой помощи при несчастных случаях. Основные принципы оказания первой помощи: быстрота и точное выполнение приемов.

Помощь, оказываемая неспециалистами в области медицины, ограничивается: остановкой кровотечения, перевязкой раны или ожога, искусственным дыханием, наложением неподвижной повязки при переломе, переноской или перевозкой пострадавшего.

В местах, удаленных от санитарных пунктов, должны быть организованы постоянные или передвижные посты из числа работающих для оказания первой помощи.

В сумке или аптечке первой помощи на каждом участке или в бригаде должны быть: йодная настойка, бинты, вата, раствор борной кислоты, цинковые капли, глазная капельница, нашатырный спирт, сода, марганцовокислый калий, эфирно-валериановые капли, складные фанерные шины (для крепления конечностей при переломах и вывихах), подушка с кисло-

родом или карбогеном (кислород с примесью 5—7% углекислого газа).

При заболевании электроофтальмией (воспаление слизистой оболочки глаз в результате воздействия световых лучей) на глаза следует положить вату, смоченную в холодной воде, лучше — в слабом растворе питьевой соды или 2%-ном растворе борной кислоты. Пострадавшего желательно перевести в темное помещение. Наиболее часто этой болезнью страдают лица, работающие рядом со сварщиками.

При загорании на человеке одежды нужно набросить на него любую находящуюся под рукой тряпку, брезент, мешок и т. п. и прижать к телу; если есть вода, облить горящее место водой. При потере пострадавшим сознания следует немедленно вынести его на свежий воздух. При тяжелых ожогах одежду и обувь нужно снимать осторожно, лучше разрезать; обожженное место необходимо смазать, покрыть стерильным материалом, наложить вату и перевязать.

Ожоги, вызванные воздействием химических веществ, в течение 10—15 мин обильно смачивают водой. При ожоге кислотой делают примочку из содового раствора, при ожоге щелочью — из раствора борной кислоты или слабого раствора уксуса. При отравлении газами (окисью углерода, углекислым газом и др.) первая помощь заключается в удалении пострадавшего из загазованного помещения. Затем его укладывают, расстегивают одежду, дают понюхать нашатырный спирт, растирают кожу, согревают, если холодно; при необходимости делают искусственное дыхание, дают подышать кислородом (особенно при отравле-

нии окисью углерода). Для предотвращения ожогов слизистой оболочки на раструб подушки накладывают увлажненную марлю.

У работающих в условиях воздействия высоких температур или на открытом воздухе в душный и жаркий день может наступить перегревание тела. Появляются чувство изнеможения, головная боль, мелькание в глазах, шум в ушах, учащенное дыхание. Если не принять мер, может наступить тепловой удар, при котором пострадавший теряет сознание, сердечная и дыхательная деятельность падает, потоотделение прекращается. Иногда наблюдается судорожное подергивание мышц. Пострадавшего необходимо срочно перенести в прохладное место, освободить тело от стесняющей одежды, смочить голову и область сердца холодной водой, дать понюхать нашатырный спирт. При остановке дыхания — делать искусственное дыхание. Когда пострадавший придет в себя, дать ему выпить воды, желательно с поваренной солью.

Спасение пострадавшего от электрического тока в большинстве случаев зависит от быстроты освобождения его от тока, а также от быстроты и правильности оказания первой помощи. Промедление может привести к смертельному исходу.

Прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением, вызывает в большинстве случаев судорожное сокращение мышц. Вследствие этого пальцы, если пострадавший держит провод руками, могут так сильно сжиматься, что высвободить провод из его рук становится невозможным. Прикоснуться к человеку, находящемуся под током, без соблю-

дения надлежащих мер предосторожности опасно для жизни оказывающего помощь. Поэтому первым действием должно быть быстрое отключение той части установки, которой касается пострадавший. Если пострадавший находится на высоте, то отключение установки и освобождение пострадавшего могут привести к его падению с высоты. В этом случае должны быть приняты меры, обеспечивающие безопасность падения. При отключении установки может одновременно отключиться и электрическое освещение, поэтому следует обеспечить освещение от другого источника (фонарь, факел, аварийное освещение и т. д.). Если нельзя отключить установку достаточно быстро, необходимо принять меры к отделению пострадавшего от токоведущих частей, к которым он прикасается. Для освобождения от токоведущих частей следует воспользоваться сухой одеждой, канатом, палкой, доской или каким-либо другим сухим предметом, не проводящим электрический ток. Для отделения пострадавшего от токоведущих частей можно также взяться за его одежду (если она сухая и отстает от тела), например, за полы пиджака или пальто.

Для изоляции рук, особенно в случаях, если необходимо коснуться тела пострадавшего, не покрытого одеждой, нужно надеть диэлектрические перчатки или обмотать себе руки прорезиненной тканью или другой сухой материей. Можно также изолировать себя, став на сухую доску или какую-либо не проводящую ток подстилку. Если отделение пострадавшего от токоведущих частей затруднено, следует перерубить или перерезать провода топором с сухой

деревянной рукояткой или другим соответствующим изолирующим инструментом. Можно также прибегнуть к короткому замыканию всех проводов линии или их заземлению. Провод, применяемый для заземления и закорачивания, следует соединить с землей, а затем набросить на провода, подлежащие заземлению.

Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, но с сохранившимся устойчивым дыханием и пульсом, его надо ровно и удобно уложить, расстегнуть одежду, создать приток свежего воздуха, дать понюхать нашатырный спирт, обрызгать лицо водой и обеспечить полный покой. Если пострадавший дышит очень редко и судорожно, ему следует делать искусственное дыхание и массаж сердца.

При отсутствии у пострадавшего признаков жизни (дыхания и пульса) нельзя считать его мертвым, так как смерть часто бывает лишь кажущейся. В таком состоянии пострадавший, если ему не будет оказана немедленная первая помощь в виде искусственного дыхания и наружного (непрямого) массажа сердца, действительно умрет. Искусственное дыхание следует делать непрерывно, как до, так и после прибытия врача. Вопрос о целесообразности дальнейшего искусственного дыхания решает врач.

Оживить организм, пораженный электрическим током, можно несколькими способами. Все они основаны на проведении искусственного дыхания. Однако самым эффективным является способ «рот в рот», который делают одновременно с непрямой массажем сердца. Он заключается в том, что оказывающий помощь производит выдох из своих легких в легкие пострадавшего. Для этого пострадавшего сле-

дует уложить на спину, раскрыть ему рот и удалить изо рта посторонние предметы и слизь. Нужно следить, чтобы язык пострадавшего не запал назад и не закрыл дыхательного пути. Для обеспечения свободного выхода воздуха из легких оказывающий помощь после каждого вдувания должен освобождать рот и нос пострадавшего. Во время проведения искусственного дыхания необходимо внимательно наблюдать за лицом пострадавшего. Если он пошевелит губами, веками или сделает глотательное движение гортанью, следует проверить, не дышит ли он самостоятельно. После того, как пострадавший начнет дышать самостоятельно и равномерно, делать искусственное дыхание не следует, поскольку оно может принести ему лишь вред.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы XXV съезда КПСС. М., Политиздат, 1976.

2. *Бабкин Н. И.* Ванная сварка покрытым электродом. Реф. инф. о перед. опыте. Серия VII «Изготовление металлических и монтаж строительных металлоконструкций». Вып. 7 (52). М., ЦБНТИ ММСС СССР, 1973.

3. *Бондарь В. Х., Шкуратовский Г. Д.* Справочник сварщика-строителя. Изд. 2-е. Киев, «Будівельник», 1974.

4. *Калинин Б. П., Копп Л. М. и др.* Монтаж строительных конструкций. М., Стройиздат, 1968.

5. *Лебедев Б. Ф., Привалов Ю. А.* Новое в сварке сферических резервуаров.— «Монтажные и специальные работы в строительстве», 1974, № 8.

6. *Лялин К. В.* Механизация сварочных работ при сооружении резервуаров большой емкости.— «Монтажные и специальные работы в строительстве», 1973, № 11.

7. *Малышев Б. Д., Наумов В. Г. и др.* Сварка в строительстве. М., Стройиздат, 1966.

8. *Мельников Н. П., Зелятров В. Н.* Выбор сталей для строительных металлических конструкций. М., Стройиздат, 1967.

9. *Мотяхов М. А.* Электродуговая сварка металлов. М., «Высшая школа», 1975.

10. *Ободьянский А. В., Золотарев И. А.* Справочное пособие по сварке сталей. Днепропетровск, «Промінь», 1973.

11. *Сахновский М. М., Титов А. М.* Уроки аварий стальных конструкций. Киев, «Будівельник», 1969.

12. Справочник по охране труда. Под общей ред. Л. П. Шарикова. Л., «Судостроение», 1975.

13. *Таран В. Д.* Сварка магистральных трубопроводов и конструкций. М., «Недра», 1970.

14. *Хохлов В. Г., Мойсов Л. П. и др.* Приварка оцинкованных профилированных листов к оцинкованным прогонам электрозаклепками в углекислом газе. Реф. инф. о перед. опыте. Серия VII «Изготовление металлических и монтаж строительных конструкций». Вып. 7 (52). М., ЦБНТИ ММСС СССР, 1975.

15. *Хохлович В. М.* Применение электрозаклепок для крепления стального оцинкованного профилированного настила к прогонам. Реф. инф. о перед. опыте. Серия VII «Изготовление металлических и монтаж строительных конструкций». Вып. 10 (79). М., ЦБНТИ ММСС СССР, 1975.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стали, применяемые для сварных конструкций	5
Способы сварки и сварочные материалы	11
Оборудование для сварки	36
Технология сварки	42
Механизация сварочных работ при монтаже	62
Контроль качества сварных швов	87
Организация сварочных работ	95
Техника безопасности и охрана труда	106
Литература	116

Григорий Давидович Шкуратовский

СВАРОЧНЫЕ РАБОТЫ ПРИ МОНТАЖЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Редактор *В. А. Шевчук*

Оформление художника *А. С. Туровского*

Художественный редактор *Л. В. Хохлова*

Технический редактор *О. Г. Шульженко*

Корректор *Л. А. Климчук*

ИБ № 762

БФ 09673. Сдано в набор 25. VIII. 1976 г. Подписано в печать 31. I. 1977 г. Формат 70×90¹/₃₂. Бумага типогр. № 3. Объем: 3,625 физ. печ. л., 4,24 усл. печ. л.; 1,24 уч.-изд. л. Тираж 40 000. Зак. 6—2616. Цена 16 коп.

Издательство «Будівельник», 252003, Киев-3, ГСП, Владимирская, 24.

Киевская фабрика печатной рекламы, Киев, Выборгская, 84.

16 коп.

Б-77
29

