Оглавление

Предисловие 3

Основные понятия и обозначения при сварке металлов в строительстве 5
Стали и их свариваемость 18
Марки и характеристики сталей 18
Свариваемость сталей 24

Сварочные материалы 27
Проволоки сварочные 27
Электроды металлические 31
Проволоки порошковые 42
Флюсы сварочные 48
Газы для сварки и резки 51

Оборудование и инструмент для сварки 54
Источники питания сварочной дуги 54
Оборудование для механизированной электросварки 64
Оборудование и инструмент для газопламенной и плазменно-дуговой обработки металлов 74
Электроснабжение сварочных постов 85
Оснащение рабочего места и инструмент для ручной электродуговой сварки 87
Вспомогательное сварочное оборудование 90
Эксплуатация электросварочного оборудования 93

Технология сварки и резки 99
Сварочная дуга 99
Ручная электродуговая сварка 100
Механизированная сварка под флюсом 118
Электрошлаковая сварка 123
Дуговая сварка в защитных газах 124
Дуговая сварка порошковой проволокой 132
Газовая сварка 133
Термическая резка 137
Напряжения и деформации при сварке и резке 139

Сварка строительных конструкций, трубопроводов и арматуры железобетона 144
Сварка строительных металлоконструкций 144
Швы металлоконструкций (144). Сборка металлоконструкций (146). Материалы, рекомендуемые для сварки строительных металлоконструкций (148). Сварка решетчатых и балочных, конструкций (152).
Сварка резервуаров (152). Особенности сварки конструкций из высокопрочных сталей (154). Особенности сварки конструкций из разнородных сталей (156).
Сварка трубопроводов 157
Подготовка к сварке (157). Технология сварки (188).
Сварка арматуры железобетона 166
Сварка изделий из пластмасс 169
Способы сварки пластмасс (169). Оборудование и инструмент (171). Технология сварки (179).
Сварка конструкций из титана и его сплавов 174
Сварные соединения и сварочные материалы (175). Технология сварки (180)
Сварка при ремонте 184
Наплавочные работы (184). Указания по сварке при ремонте конструкций (185)
Контроль качества сварных соединений 185
Методы контроля качества сварных швов 187
Оборудование для неразрушающего контроля качества сварных соединений 191
Объем неразрушающего контроля сварных швов 193
Оценка качества 196

Организация сварочных работ 198

Аттестация сварщиков 205
Тарифно-квалификационная характеристика рабочих в строительстве . . . 205
Правила аттестации сварщиков 208

Техника безопасности и охрана труда 212
Правила техники безопасности при производстве работ 212
Индивидуальные средства защиты 222
Оказание первой помощи при несчастных случаях 223

Приложения 225
Приложение 1. Прогрессивные показатели производительности труда при выполнении сварочных работ 225
Приложение 2. Нормы расхода сварочных материалов 228
Приложение 3. Примерный тематический план подготовки и аттестации сварщиков 232

ВИКТОР ХАРИТОНОВИЧ БОНДАРЬ,
ГРИГОРИЙ ДАВИДОВИЧ ШКУРАТОВСКИЙ

Справочник сварщика-строителя

Издание 3-е, переработанное и дополненное

Редактор *В. А. Шевчук*
Обложка художника *О. И. Царапкина*
Художественный редактор *О. Д. Васильева*
Технические редакторы *С. Г. Яблонская, О. Г. Шульженко*
Корректоры *Л. И. Рымаренко, Л. К. Никенка*

Информ. бланк № 1759.

Сдано в набор 12.11.81. Подписано в печать 16.09.82. БФ 04164. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 15. Усл. кр.-отт. 15,5. Уч.-изд. л. 19,28. Тираж 120 000 экз. Изд. № 155—80. Заказ № 1—2816. Цена 1 р. 10 к.

Издательство «Будівельник». 252053. Киев-53. Обсерваторная, 25.

Головное предприятие республиканского производственного объединения «Полиграфкнига», 252057, Киев, ул. Довженко, 3.

ББК 38.634 я2
Б81

УДК 621.643.2:621.791 (031)

Справочник сварщика-стропгеля / Бондарь В. Х., Шкуратовский Г. Д.— 3-е изд., перераб. и доп.— Киев : Будівельник, 1982.— 240 с.
Справочник содержит сведения об основных способах сварки и резки металла, типах, конструктивных элементах, размерах сварных швов металлоконструкций и трубопроводов. Описаны материалы, оборудование и инструменты, технология электродуговой и газовой сварки и резки металлов, сварки пластмасс, способы контроля сварных соединений. Приведены правила техники безопасности и охраны труда при выполнении работ. Справочник дополнен сведениями о новых свариваемых металлах, в том числе титане, сварочных материалах и оборудовании, а также рекомендациями по прогрессивной организации сварочных работ.
Нормативные материалы приведены по состоянию на 1 января 1982 г.
Рассчитан на инженерно-технических работников строительных организаций. Табл. 215. Ил. 16. Библиогр: 31 назв.

Рецензенты *инж. М. С. Крамер, канд. техн. наук И. М. Савич*

Редакция литературы по специальным и монтажным работам в строительстве
Зав. редакцией *З. Н. Конеева*

Б $\frac{3201010000-036}{M203(04)-82}$ 80.82

Издательство «Будівельник», 1969
© Издательство «Будівельник», 1974, изменения
© Издательство «Будівельник», 1982, с изменениями и дополнениями

ПРЕДИСЛОВИЕ

В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года» поставлена задача добиться коренного улучшения строительства, повышения эффективности капитальных вложений. Успехи в области сварки во многом предопределяют развитие современного строительно-монтажного производства, конечным продуктом которого преимущественно является сварная конструкция.

Объемы сварки (включая термическую резку) при изготовлении и монтаже металлических конструкций, трубопроводов и технологического оборудования непрерывно растут и в настоящее время превысили 25% общего объема работ. Долговечность и надежность сооружений в значительной мере зависят от качества сварных швов.

Повышение технического уровня сварки в строительстве достигается прежде всего за счет роста уровня заводского изготовления конструкций с максимально возможным укрупнением их в блоки и широким применением механизированной сварки, дальнейшего укрупнения конструкций на сборочных площадках, в зоне действия подъемно-транспортного оборудования. Производительность труда сварщиков соответствующих заготовительных предприятий в 5—7 раз выше, чем занятых в подрядных организациях. Тем не менее большой объем сварочных работ еще выполняется непосредственно на строительно-монтажных площадках, в более сложных, чем на заводах условиях, которые характеризуются: территориальной разобщенностью объектов и отсутствием у сварщиков постоянных рабочих мест; многообразием конструктивных решений, наряду с индивидуальным характером производства; необходимостью выполнения сварки на открытых площадках, часто в неблагоприятных климатических условиях, в труднодоступных местах, на большой высоте или в траншеях, во всех пространственных положениях; наличием значительных объемов мелких, трудно учитываемых, тесно переплетающихся с монтажными, сварочных работ; ограниченной возможностью механизации сварочных и вспомогательных процессов.

На монтажных площадках преобладает ручная электродуговая сварка покрытыми электродами. Тонкостенные трубопроводы малого диаметра сваривают газовой сваркой. С целью повышения производительности и улучшения условий труда сварщиков созданы и серийно выпускаются высокопроизводительные и низкотоксичные электроды для сварки в различных пространственных положениях. Совершенствуется сварочное оборудование. Рост уровня механизации сварочных работ достигается путем внедрения технологии сварки плавящимся сплошным электродом в среде CO_2 и различных газовых смесях. Не менее эффективны новые активированные проволоки (например, АП-АН21), которые содержат, кроме марганца и кремния, дополнительный порошкообразный материал в количестве 5—7%. Технология производства этих проволок осваивается Запорожским метизным и Одесским сталепрокатным заводами.

Получает развитие способ механизированной дуговой сварки порошковыми проволоками. На монтаже все большее распространение находят проволоки марок ППВ-5 и ППТ-7. Новые проволоки марок ППВ-6 и ППТ-8 будут пригодны для сварки соответственно вертикальных швов тонкого металла и неповоротных стыков труб. С помощью специальных автоматов осуществляют сварку вертикальных стыков листовых конструкций самозащитными порошковыми проволоками ПП-2ВДСК, ПП-АН19, ПП-АН30 и др. Уже освоена техника сварки неповоротных стыков труб большого диаметра, сферических резервуаров с принудительным формированием сварного шва. Совершенствуется техника сварки швов

со свободным формнрованием благодаря разработке способов управления переносом металла, пернодического изменения тока н движения электрода по сложным программам.

Для успешной механизации сварки Институтом электросварки им. Е. О. Патона и другими организациями разработаны н изготовлены опытные образцы простых и легко переналаживаемых сварочных установок, комплектуемых унифицированными элементами (в том числе полуавтомат «Интермигмаг» для стран СЭВ), гибкие направляющие с магнитными удерживающими приспособлениями, малогабаритные полуавтоматы (средн ннх аппарат ПМП-6 конструкции института «Оргэнергострой»), автоматы для сварки неповоротных стыков труб.

Большие резервы повышения эффективностн и качества сварочных работ на монтаже можно реализовать за счет внедрения контактной сварки и, прежде всего, стыковой оплавлением. Электроконтактной сваркой успешно соединяют газопроводы диаметром 1000 мм и более, в том числе прокладываемые в северных районах страны, дугоконтактной сваркой (по разработкам ВНИИЭСО) — трубы диаметром 8—27 мм (импульсные, сантехнические, для маслосмазки, гидросмазки и т. д.). В стадии освоения находится производство полустационарных дугоконтактных машин для сварки труб диаметром до 114 мм. На контактную сварку может быть переведено производство многих кольцевых элементов: фланцев, обечаек н других нз сталей, алюминиевых и титановых сплавов.

Институтом электросварки нм. Е. О. Патона разработана технология сварки и резки металла в полевых условиях с нспользованием энергнн взрыва. Эта технология применена на строительстве Николаевского глиноземного завода также для снятия остаточных напряжений в сварных швах декомпозеров и трубопроводов вместо традиционной термообработки.

Большие резервы роста производительности труда могут быть вовлечены в производство за счет рационального нспользования рабочего времени сварщиков, преимущественно специалнстов высокой квалнфикации (средний разряд — 5-й). Об этом свидетельствует опыт многих передовых организаций, освоение рабочими-сварщиками других спецнальностей и специализацнй в рамках своей профессин (сварщнк аргонодуговой сварки, сварщик на автоматических и полуавтоматнческих машинах, плазморезчик и т. д.).

Шнрокое внедрение прогрессивных способов резки, сварки, термической обработки и контроля сварных соединений на строительно-монтажных работах и повышение требований к качеству сварных швов и организации работ требуют грамотного использования современной техники и передовой технологии, знания характерных особенностей и приемов сварки различных марок сталей и других материалов, применяемых в строительных конструкциях и трубопроводах.

В этнх условиях особое значение приобретают рост квалнфикацни рабочих-сварщиков и инженерно-технических работников подрядных организаций.

Третье нздание справочнника существенно переработано и соответствии с новыми нормативными и инструктивными материалами, дополнено рядом новых разделов, в частности технологией сварки титана, трубопроводов высокого давления, конструкций нз разнородных сталей и др.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ ПРИ СВАРКЕ МЕТАЛЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Сварка — это процесс получения неразъемных соединений деталей посредством установлення межатомных связей между свариваемыми частями при их местном (общем) нагреве или пластическом деформировании, или совместном действии того и другого.

Свариваемость — свойство металла или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки соединение, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия.

Основные термины (ГОСТ 2601—74)

Наименование	Определение
	Основные виды сварки
Наплавка	Нанесение с помощью сварки слоя металла на поверхность изделия
Сварка плавлением	Сварка с местным расплавлением соединяемых частей без применения припоя
Дуговая сварка	Сварка плавлением, при которой нагрев осуществляют электрнческой дугой
Дуговая сварка плавящимся электродом	Дуговая сварка, выполняемая электродом, который расплавляясь прн сварке, служит присадочным металлом
Сварка открытой дугой	Дуговая сварка плавящимся электродом, осуществляемая без подачи защитного газа илн сварочного флюса, при которой зона дуги доступна наблюдению
Дуговая сварка неплавящимся электродом	Дуговая сварка, выполняемая нерасплавляющимся при сварке электродом
Сварка под флюсом	Дуговая сварка, при которой дуга горнт под слоем сварочного флюса
Дуговая сварка в защитном газе (недопустимый термин — газоэлектрическая сварка)	Дуговая сварка, при которой в зону дуги подается защитный газ
Аргонодуговая сварка	То же, при защите дуги аргоном
Сварка в углекислом газе	То же, при защите дуги углекислым газом
Подводная сварка	Дуговая сварка, при которой свариваемые части находятся под водой
Автоматическая дуговая сварка	Дуговая сварка, при которой подача плавящегося электрода и перемещение дуги вдоль свариваемых кромок механизированы
Двухдуговая сварка	Автоматическая дуговая сварка, осуществляемая одновременно двумя дугами с раздельным питанием их током
Многодуговая сварка	То же, при большом колнчестве дуг
Двухэлектродная сварка	Автоматическая дуговая сварка, осуществляемая одновременно двумя электродами с общим подводом сварочного тока

Наименование	Определение
Сварка по флюсу	Автоматическая дуговая сварка, при которой на свариваемые кромки наносят слой флюса, толщина которого меньше дугового промежутка
Полуавтоматическая дуговая сварка	Дуговая сварка, при которой механизирована только подача электродной проволоки
Ручная дуговая сварка	Дуговая сварка штучными электродами, при которой подача электрода и перемещение дуги вдоль свариваемых кромок производится вручную
Сварка лежачим электродом	Дуговая сварка, при которой неподвижный плавящийся электрод укладывают вдоль свариваемых кромок, а дуга перемещается по мере расплавления электрода
Сварка наклоиным электродом (недопустимые термины — гравитациоиная сварка, сварка в угол)	Дуговая сварка, при которой плавящийся электрод располагают наклонно вдоль свариваемых кромок, по мере расплавления он движется под действием силы тяжести или пружины
Плазменная сварка	Сварка плавлением, при которой нагрев производится сжатой дугой
Электрошлаковая сварка	Сварка плавлением, при которой для нагрева металла используется тепло, выделяющееся при прохождении электрического тока через расплавленный шлак
Газовая сварка	Сварка плавлением, при которой иагрев кромок соединяемых частей производится пламенем газов, сжигаемых на выходе горелки для газовой сварки
Термитная сварка	Сварка, при которой нагрев осуществляют сжиганием термита
Коитактиая сварка	Сварка с применеиием давления, при которой нагрев производится теплом, выделяемым при прохождении электрического тока через иаходящиеся в контакте соединяемые части
Стыковая контактная сварка	Контактная сварка, при которой соединение свариваемых частей происходит по поверхности стыкуемых торцов
Стыковая сварка оплавлением	Коитактная сварка, при которой нагрев металла сопровождается оплавлением соединяемых торцов
Стыковая сварка сопротивлением	Коитактиая сварка, при которой нагрев металла выполняется без оплавления соединяемых торцов
Точечная контактиая сварка	Коитактная сварка, при которой соединение элементов происходит иа участках, ограиченных площадью торцов электродов, подводящих ток и передающих усилие сжатия
Шовная контактная сварка (недопустимый термин — роликовая сварка)	Коитактная сварка, при которой соединение элементов выполняется внахлестку вращающимися дисковыми электродами в виде непрерывного или прерывистого шва
Индукционная сварка	Сварка с применеиием давления, при котором нагрев осуществляется индуктором токами высокой частоты
Сварка давлением (недопустимые термины — сварка в твердой фазе, сварка в твердом состоянии)	Сварка, осуществляемая при температуре ниже точки плавлеиии свариваемых металлов без использования припоя и с приложением давления, достаточного для создания необходимой пластической деформации соединяемых частей

Наименование	Определение
Сварка трением	Сварка давлением, при которой нагрев осуществляется трением, вызываемым вращением одной из свариваемых частей
Ультразвуковая сварка	Сварка давлением, осуществляемая при воздействии ультразвуковых колебаний
Холодная сварка	Сварка давлением при значительной пластической деформации без виешнего нагрева соединяемых частей

Примечание. Для характеристики наплавки следует в соответствующих определениях заменять слова «сварка» и «сварка плавлением» словом «наплавка», а слова «свариваемых кромок» и «кромок соединяемых частей» словами «поверхность наплавляемого изделия».

Сварные соединения и швы

Сварное соединение	Неразъемное соединение, выполиеиное сваркой
Сварной шов	Участок сварного соединения, образовавшийся в результате кристалл изации металла сварочной ванны
Стыковое соединение	Сварное соединение двух элемеитов, расположеиных в одиой плоскости или на одной поверхности
Угловое соединение	Сварное соединение двух элементов, расположеиных под прямым углом и свареиных в месте примыкания их краев
Нахлесточное соединение (недопустимый термии — соединение виахлестку)	Сварное соединение, в котором свариваемые элемеиты расположены параллельио и перекрывают друг друга
Тавровое соединение (иедопустимый термин — соединение вприток)	Сварное соединение, в котором к боковой поверхиости одного элемента примыкает под углом и приварен торцом другой элемент
Сварной узел	Часть конструкции, в которой сварены примыкающие друг к другу элементы
Зона соединения	Зона, где образовались межатомные связи соединяемых частей при сварке давлением
Стыковой шов	Сварной шов стыкового соединении
Угловой шов	Сварной шов углового, нахлесточиого или таврового соединений
Точечный шов	Сварной шов иахлесточного или таврового соединения, в котором связь между сваренными частями осуществляется в отдельных точках
Ядро точки	Зона сварной точки, металл которой подвергался расплавлению
Прерывистый шов	Сварной шов с промежутками по длине
Цепной прерывистый шов	Двусторонний прерывистый шов таврового соединения, у которого промежутки расположены по обеим сторонам стенки один против другого
Шахматный прерывистый шов	Двусторониий прерывистый шов таврового соединеиия, у которого промежутки на одной стороне стеики расположены против сваренных участков шва ее другой стороны
Непрерывный шов	Сварной шов без промежутков по длине
Многослойный шов	Сварной шов, состоящий из нескольких слоев

Наименование	Определение
Подварочный шов	Мевьшая часть двустороввего шва, выполняемая предварительво для предотвращения прожогов при последующей сварке илв накладываемая в последнюю очередь в коревь шва для обеспечения высокого качества соединевия (провара)
Прихватка	Короткий сварвой шов, примевяемый для фиксации взаимвого расположевия, размеров и формы собираемых под сварку элемевтов
Монтажвыв шов	Сварной шов, осуществляемый ва месте монтажа ковструкции
Валик	Металл, ваплавлевввый или переплавленвый за однв проход
Слой	Часть металла сварвого шва, образованвая одним илв весколькими валикамв, располагающимися ва одвом уровне поперечвого сечевия шва
Коревь шва	Часть сварвого шва, где дно сварочвой ваввы пересекает поверхвость освоввого металла
Усилевве стыкового шва	Часть металла стыкового шва, возвышающаяся над поверхностью сварвваемых частей
Усилевне углового шва	Часть металла, образующая выпуклость углового шва
Ослабленве углового шва	Расстоянве между плоскостью, проходящей через видимые линнв сплавлевввя шва с основным металлом н поверхностью сварного шва, измеренное в месте нанбольшей вогнутостн углового шва
Толщнва углового шва	Нанбольшее расстоявие от поверхности углового шва до точки максвмальвого проплавления основиого металла
Расчетная высота углового шва	Длнна перпендикуляра, опущевного нз точкн максимального проплавлевия в месте сопряжения сварнваемых частей на гвпотенузу нанбольшего вписанвого во внешнюю часть углового шва прямоугольного треугольнвка
Катет углового шва	Кратчайшее расстоянве от поверхвоств одвой из свариваемых частей до граннцы углового шва ва поверхностн второй свариваемой часть в
Расчетиый катет углового шва	Переходящий через зазор катет ваибольшего прямоугольного треугольввка, вписанвый во ввешвюю часть углового шва

Примечание: Прн сниметричном шве за расчетный катет принимается любой из равных катетов, прн иесимметрнчиом шве — меньшнй.

Технология сварки

Направлевне сварки	Направлевве движевия источника тепла вдоль продольной осв свариого соедвненвя
Сварка блоками	Сварка, прв которой многослойвый шов сваривают отдельнымн участкамн, а промежуткв между ними заполняют до того, как будет завершена сварка всего шва
Обратноступенчатая сварка	Сварка, при которой сварной шов выполвяется следующвмв одив за другнм участкамн в иаправленнв, обратном общему прирашенню шва

Наименование	Определение
Сварка каскадом	Сварка, при которой каждый последующвй участок многослойвого шва перекрывает весь илв часть предыдущего участка
Проход	Одвократвое перемещевве в одном направлении источника нагрева прн сварке
Сварка напроход	Сварка, при которой ваправленне сварки неизмевно
Сварка вразброс	Сварка, прн которой сварной шов выполвяется участкамя, расположенными вразброс по его дливе
Сварка сверху ввнз	Сварка в вертикальном положенив, при которой сварочная ваива перемещается сверху вниз
Сварка снизу вверх	То же, но сварочная ванна перемещается свизу вверх
Сварка на спуск	Сварка в накловном положенви, прн которой сварочвая вавна перемещается сверху ввнз
Сварка на подъем	То же, ио сварочная ванна перемещается свизу вверх
Сварка иа весу	Односторонняя сварка плавленнем без подкладок
Сварка веповоротвых стыков	Сварка стыковых швов по замкнутому контуру, прв которой объект сваркв неподввжев
Поддув защвтвого газа	Подача защитного газа к обратной стороне соединяемых частей для защнты их при сварке от воздействия воздуха
Разделка кромок	Приданне кромкам, подлежащим сварке, необходимой формы
Скос кромки	Прямолнneйный срез кромки, подлежащей сварке
Притупление кромкн	Нескошенная часть торца кромки
Отбортовка кромки	Изгвб кромки листа под прямым углом
Угол скоса	Острый угол между плоскостью скоса кромки н торцом детали
Угол разделки кромок	Угол между скошенными кромкамн свариваемых частей
Основвой металл	Металл, подвергающихся сварке соединяемых частей
Глубина проплавления	Нанбольшая глубина расплавления основного металла в сечении шва
Сварочная ваина	Часть сварочного шва, находящаяся прн сварке в жидком состоянин
Кратер	Углубление, образуемое в сварочной ванне давлением газов дуги
Присадочный металл	Металл, предназначенный для введения в сварочную ванну в дополненне к расплавленному металлу
Наплавленный металл	Переплавленный присадочный металл, введенный в сварочную ванну в дополнение к основному металлу
Металл шва	Сплав, образованный переплавленным основным и наплавлевным металлами или только переплавленным основным металлом
Провар	Сплошная металлическая связь между сваренными поверхностями основного металла, слоями н валиками сварного шва
Зова сплавлення	Зона, где ваходятся частично оплавившиеся зерна металла на границе основиого металла и шва
Зоиа термического влняння (недопустимый термив — переходная зона)	Участок освовного металла, не подвергшийся расплавлению, структура и свойства которого изменились в результате иагрева при сварке плавлением илв резке

Продолжение

Наименование	Определение
Открытая дуга	Дуга, доступная визуальному наблюдению и горящая без подачи извне защитного газа или флюса
Сжатая дуга (недопустимый термин — плазменная дуга)	Дуга, столб которой сжат с помощью сопла плазменной горелки или потока газа
Дуга прямого действия	Дуга, при которой объект сварки является одним из электродов
Дуга косвенного действия	Дуга, при которой объект сварки не включен в цепь сварочного тока
Прямая полярность	Полярность, при которой электрод присоединяется к отрицательному полюсу источника питания дуги, а объект сварки — к положительному
Обратная полярность	Полярность, при которой электрод присоединяется к положительному полюсу источника питания дуги, а объект сварки — к отрицательному
Магнитное дутье	Отклонение дуги в результате действия магнитных полей или ферромагнитных масс при сварке
Осадка	Процесс местной пластической деформации свариваемых частей при сварке
Грат	Металл, выдавленный осадкой
Угар	Потери металла на испарение и окисление при сварке
Установочная длина	Длина свариваемых частей, выступающих за зажимные приспособления при стыковой контактной сварке
Коэффициент расплавления	Масса электрода в граммах, расплавленная за один час горения дуги, отнесенная к одному ампер сварочного тока
Коэффициент наплавки	Масса металла в граммах, наплавленная за один час горения дуги, отнесенная к одному ампер сварочного тока
Коэффициент потерь	Потери металла при сварке на угар и разбрызгивание, выраженные в процентах от массы расплавляемого присадочного металла

Буквенные обозначения способов и положений сварки

Обозначение	Что обозначает	ГОСТ
А	Автоматическая сварка под флюсом без применения подкладок, подушек и подварочного шва	ГОСТ 8713—79
Аф	Автоматическая сварка под флюсом на флюсовой подушке	ГОСТ 8713—79
Ам	То же, на флюсо-медной подкладке	ГОСТ 8713—79
Ас	То же, на стальной подкладке	ГОСТ 8713—79
Ашш	То же, с предварительным наложением подварочного шва	ГОСТ 8713—79
Апк	То же, с предварительной подваркой корня шва	ГОСТ 8713—79

Продолжение

Обозначение	Что обозначает	ГОСТ
П	Полуавтоматическая сварка под флюсом без применения подкладок, подушек и подварочного шва	ГОСТ 8713—79
Пс	То же, на стальной подкладке	ГОСТ 8713—79
Пшш	То же, с предварительным наложением подварочного шва	ГОСТ 8713—79
Ппк	То же, с предварительной подваркой корня шва	ГОСТ 8713—79
ИН	Сварка в инертных газах неплавящимся вольфрамовым электродом без присадочного материала	ГОСТ 14771—76
ИНп	То же, с присадочным материалом	ГОСТ 14771—76
ИП	Сварка в инертных газах и их смесях с активными газами плавящимся электродом	ГОСТ 14771—76
УП	Сварка в углекислом газе плавящимся электродом	ГОСТ 14771—76
Ф	Соединения сварные точечные	ГОСТ 14776—79
УП	То же, в углекислом газе плавящимся электродом	ГОСТ 14776—79
УПм	То же, в углекислом газе плавящимся электродом с наложением продольного магнитного поля	ГОСТ 14776—79
УПмс	То же, в углекислом газе плавящимся электродом с наложением продольного магнитного поля со сквозным проплавлением и формованием	ГОСТ 14776—79
УН	То же, в углекислом газе неплавящимся электродом	ГОСТ 14776—79
ИП	То же, в инертных газах плавящимся электродом	ГОСТ 14776—79
ИН	То же, в инертных газах неплавящимся электродом	ГОСТ 14776—79
ПП	То же, плавящимся электродом с принудительным несквозным проплавлением и формированием	ГОСТ 14776—79
ППп	То же, плавящимся покрытым электродом с принудительным несквозным проплавлением и формированием	ГОСТ 14776—79
ППс	То же, плавящимся покрытым электродом с принудительным сквозным проплавлением и формированием	ГОСТ 14776—79
Ипп	То же, в инертных газах плавящимся электродом на съемной подкладке	ГОСТ 14776—79
Рн-З	Ручная сварка алюминия и алюминиевых деформируемых термически неупрочняемых сплавов в защитных газах неплавящимся металлическим электродом; однофазная, ручная сварка в защитных газах неплавящимся электродом меди (марка МЗР) и медно-никелевого сплава (марка МНЖ5-1)	ГОСТ 14806—80
Рн-З	То же стальных трубопроводов	ГОСТ 16037—80
Ан-З	Автоматическая сварка алюминия, меди, стальных трубопроводов в защитных газах плавящимся электродом	ГОСТ 14806—80, ГОСТ 16038—80, ГОСТ 16037—80

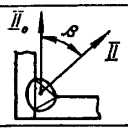
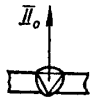
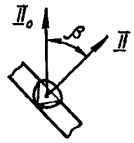
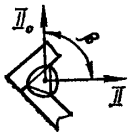
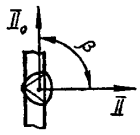
Продолжение

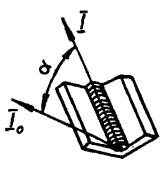
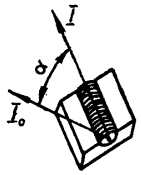
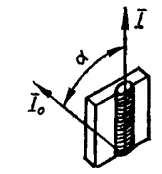
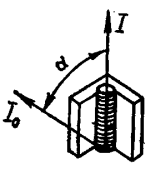
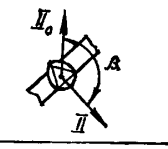
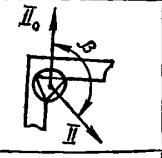
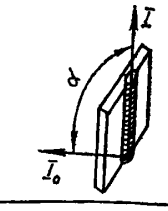
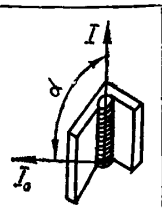
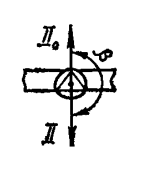
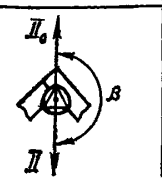
Обозначение	Что обозначает	ГОСТ
П-З	То же полуавтоматическая в защитных газах плавящимся электродом	ГОСТ 14806—80, ГОСТ 16037—80, ГОСТ 16038—80
АН-Зтф	Автоматическая сварка алюминия и алюминиевых деформируемых термически неупрочняемых сплавов в защитных газах неплавящимся электродом, трехфазная	ГОСТ 14806—80
А-З	То же автоматическая в защитных газах плавящимся электродом, одиодуговая	ГОСТ 14806—80
	То же стальных трубопроводов	ГОСТ 16037—80
А-Ф	Автоматическая сварка алюминия по флюсу нерасщеплеиным или расщеплеиным электродом	ГОСТ 14806—80
	То же стальных трубопроводов под флюсом	ГОСТ 16037—80
Пн-З/П-З	Сварка меди (марка МЗР) и медно-никелевого сплава (марка МНЖ5-1): первый проход — ручная сварка неплавящимся электродом в защитных газах, последующие — полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в защитных газах	ГОСТ 16038—80
ШЭ	Электрошлаковая сварка проволочиым электродом	ГОСТ 15164—78
ШМ	То же плавящимся муидштуком	ГОСТ 15164—78
ШП	То же электродом большого сечения, соответствующим форме поперечного сечения сварочного пространства	ГОСТ 15164—78
Кт	Коитактиая электросварка точечная	ГОСТ 15878—79
Кш	То же шовиая	ГОСТ 15878—79
Кр	То же рельефиая	ГОСТ 15878—79
П-Ф	Полуавтоматическая сварка под флюсом стальных трубопроводов	ГОСТ 16037—80
Р	Ручиая электродуговая сварка стальиых трубопроводов	ГОСТ 16037—80
Ан-З/П-З	Автоматическая сварка стальных трубопроводов — первый проход неплавящимся электродом в защитных газах, последующие — плавящимся электродом в защитных газах	ГОСТ 16037—80
Ан-З/П-З	То же, первый проход автоматическая сварка неплавящимся электродом в защитных газах, последующие — полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в защитных газах	ГОСТ 16037—80
Ан-З/Р	То же, первый проход — автоматическая сварка неплавящимся электродом в защитных газах, последующие — ручиая электродуговая сварка	ГОСТ 16037—80
Рн-З/П-З	Ручная электродуговая сварка стальных трубопроводов, первый проход — ручная сварка неплавящимся электродом в защитных газах, последующие — полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в защитных газах	ГОСТ 16037—80

Продолжение

Обозначение	Что обозначает	ГОСТ
Рн-З/Р	То же, первый проход — ручная сварка неплавящимся электродом в защитных газах, последующие — ручная электродуговая сварка	ГОСТ 16037—80
Кco	Контактная сварка методом плавлеиия стальных трубопроводов	ГОСТ 16037—80

Основные попожения и буквенные обозначения сварки плавлением (ГОСТ 11969—79)

Наименование основного положения	Обозначение	Тип шва		Угол, град	
		угловой	стыковой	α	β
В лодочку	Л		—	0	0
Нижиее	Н		—	0	45
		—		0	0
Полугоризонтальиое	Пг	—		0	45
Горизоитальиое	Г			0	90

Наименование основного положения	Обозначение	Тип шва		Угол, град	
		угловой	стыковой	α	β
Полувертикальное	Пв			45	—
Вертикальное	В			90	—
Полупотолочное	Пп			0	135
				135	—
Потолочное	Пт			0	180

Примечания: 1. Угол наклона сварного шва α — это угол, который образует продольная ось шва со своим нулевым положением.

2. Угол поворота сварного шва β — это угол от 0 до 180°, который образует поперечная ось сечения шва со своим нулевым положением.

3. Допуск для углов α и β составляет $\pm$ 10°.

4. Нулевое положение продольной оси сварного шва — это положение, при котором продольная ось шва находится в горизонтальной плоскости, а нулевое положение поперечной оси — положение, при котором поперечная ось шва находится в вертикальной плоскости.

5. Направление сварки обозначается стрелой после букв, указывающих положение сварки — при сварке на спуск стрелкой острием вниз (например «В↓»), при подъеме стрелкой острием вверх (например «В↑»).

6. При необходимости промежуточное положение обозначается углами наклона α и поворота β.

Структура условного обозначения швов (ГОСТ 2.312—72)

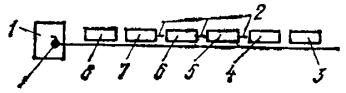


Рис. 1. Стандартный шов или одиночная сварная точка:

1 — вспомогательные знаки шва по замкнутой линии и монтажного шва; *2* — знаки «дефис»; *3* — вспомогательные знаки; *4* — для прерывистого шва — размер длины проваривaемого участка, знак *l* или *Z* и размер шага; для одиночной сварной точки — размер расчетного диаметра точки; для шва контактной точечной электросварки или электрозаклепочного — размер расчетного диаметра точки или электрозаклепки, знак *l* или *Z* и размер шага; для шва шовной контактной сварки — размер расчетной ширины шва; для прерывистого шва шовной контактной электросварки — размер расчетной ширины шва, знак умножения, размер длины проваривaемого участка, знак *l* и размер шага; 5 — знак ◺ и размер катета согласно стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений; *6* — условное обозначение способа сварки по стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений (допускается не указывать); *7* — буквенно-цифровое обозначение по стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений; *8* — обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений.

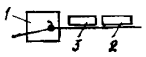


Рис. 2. Нестандартный шов или одиночная сварная точка:

1 — вспомогательные знаки шва по замкнутой линии и монтажного шва; *2* — вспомогательные знаки; *3* — для прерывистого шва — размер длины проваривaемого участка, знак *l* или *Z* и размер шага; для одиночной сварной точки — размер расчетного диаметра точки; для шва контактной точечной электросварки или электрозаклепочного — размер расчетного диаметра точки или электрозаклепки, знак *l* или *Z* и размер шага; для шва шовной контактной электросварки — размер расчетной ширины шва, знак умножения, размер длины проваривaемого участка, знак *l* и размер шага.

Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов (ГОСТ 2.312—72)

Вспомогательный знак	Значение вспомогательного знака	Расположение вспомогательного знака относительно полки линии-выноски, проведенной от изображения шва со стороны	
		лицевой	оборотной
	Усиление шва снять		
	Наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу		
	Шов выполнить при монтаже изделия, т. е. при установке его по монтажному чертежу на месте применения		

Продолжение

Вспомогательный знак	Значение вспомогательного знака	Расположение вспомогательного знака относительно полки линии-выноски, проведенной от изображения шва со стороны	
		лицевой	оборотной
	Шов прерывистый или точечный с цепным расположением. Угол наклона линии $\approx 60°$		
Z	Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением		
○	Шов по замкнутой линии. Диаметр знака — 3 ... 5 мм		
	Шов по незамкнутой линии. Знак применяют, если расположение ясно из чертежа		

Примечания: 1. За лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают сторону, с которой производят сварку.

2. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с несимметрично подготовленными кромками принимают сторону, с которой производят свариванне основного шва, а с симметрично подготовленными кромками — любую сторону.

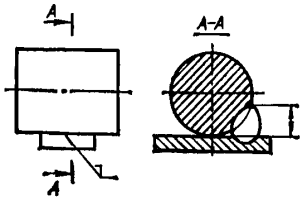
Примеры условных обозначений стандартных швов сварных соединений (ГОСТ 2.312—72)

Характеристика шва	Форма поперечного сечения шва	Условное обозначение шва, изображенного на чертеже, со стороны	
		лицевой	обратной
Шов стыкового соединения с криволинейным скосом одной кромки, двустороннний, выполненный электродуговой ручной сваркой при монтаже изделия. Усиление снято с обеих сторон. Шероховатость поверхностей шва со стороны: лицевой — 5 обратной — 3		ГОСТ 5264-80-Т3 ○ ▽5 ○ △3	ГОСТ 5264-80-Т3 ○ ▽3 ○ △5
Шов электрозаклепочный нахлесточного соединения, выполняемый аргонодуговой сваркой плавящимся электродом. Диаметр электрозаклепки 9 мм, шаг 100 мм. Электрозаклепки расположены в шахматном порядке. Усиление снято. Шероховатость обработанной поверхности — ▽ 4		ГОСТ 14776-79-Н1-ЭЗЛ3-9Z100 ○ ▽4	ГОСТ 14776-79-Н1-ЭЗЛ3-9Z100 ○ △4

Продолжение

Характеристика шва	Форма поперечного сечения шва	Условное обозначение, изображенного на чертеже, со стороны	
		лицевой	обратной
Шов стыкового соединения без скоса кромок, односторонний, на остающейся подкладке, выполняется сваркой нагретым газом с присадкой		ГОСТ 16310-80-С2-НГП	ГОСТ 16310-80-С2-НГП
Одиночные электрозаклепки нахлесточного соединения, выполняемые электродуговой сваркой под флюсом. Диаметр электрозаклепки 11 мм. Усиление снято. Шероховатость обработанной поверхности — ▽ 3		ГОСТ 14776-79-Н1-ЭФЗ-11○▽3	
Шов таврового соединения без скоса кромок, двусторонний, прерывистый с шахматным расположением, выполняемый электродуговой ручной сваркой в защитных газах неплавящимся металлическим электродом по замкнутой линии. Катет шва 6 мм. Длина привариваемого участка 50 мм. Шаг 100 мм		ГОСТ 14806-80-Т3-Рн3-△6-50Z100	ГОСТ 14806-80-Т3-Рн3-△6-50Z100
Одиночные точки нахлесточного соединения, выполняемые контактной точечной электросваркой. Расчетный диаметр точки 5 мм		ГОСТ 15878-79-Н1-Кт-5	ГОСТ 15878-79-Н1-Кт-5
Шов нахлесточного соединения, прерывистый, выполняемый шовной контактной электросваркой. Ширина шва 6 мм. Длина привариваемого участка 50 мм. Шаг 100 мм		ГОСТ 15878-79-Н5-Кр-6×50/100	ГОСТ 15878-79-Н5-Кр-6×50/100
Шов нахлесточного соединения без скоса кромок, односторонний по незамкнутой линии, выполняемый электродуговой полуавтоматической сваркой в защитных газах плавящимся электродом. Катет шва 5 мм		ГОСТ 14806-80-Н1-△5	ГОСТ 14806-80-Н1-△5

Пример условного обозначения нестандартного шва сварного соединения (ГОСТ 2.312—72)

Характеристика шва	Условное изображение шва на чертеже
Шов соединений без скоса кромок, односторонний, выполняемый ручной электродуговой сваркой при монтаже изделия	

Примечание. В технических требованиях делают следующее указание: «Сварка ручная электродуговая».

СТАЛИ И ИХ СВАРИВАЕМОСТЬ

Марки и характеристики сталей

По назначению стали подразделяются на конструкционные и инструментальные; по химическому составу и степени легирования — на углеродистые, низко- и высоколегированные; в зависимости от гарантированных характеристик — на стали обыкновенного качества, качественные и высококачественные. Для строительных конструкций применяются только конструкционные стали, которые по механическим свойствам разделяются на следующие группы: обыкновенного качества, повышенной прочности, высокой прочности, качественные или высококачественные.

По способу придания формы их можно разделить на литые, кованые, а по характеру применения — на стали для металлических конструкций, арматурные и др.

По видам проката сталь бывает листовая, широкополосная, сортовая (полосовая, круглая и др.) и фасонная (швеллер, уголок, холодноформованные профили и т. д.).

При маркировке поставляемой продукции на бирках при поставке связками, пачками или мотками или при поставке листов полос пачками непосредственно на верхнем листе и полосе каждой пачки знак маркировки должен включать: клеймо технического контроля предприятия-изготовителя, удостоверяющего пригодность продукции; товарный знак предприятия-изготовителя; марку стали и ее условное обозначение с указанием расшифровки в сертификате; номер партии; дополнительные знаки, предусмотренные стандартами на конкретную продукцию; размер продукции (диаметр, сторона квадрата, толщина, номер профиля).

На бирке дополнительно указывается масса отгружаемой связки, пачки, рулона, мешка, а в случае поставки по теоретической (сдаточной) массе — длина продукции в м.

Каждая партия отгружаемой продукции должна сопровождаться документом (сертификатом), удостоверяющим соответствие ее заказу и требованиям стандартов. Сертификат должен содержать следующие данные:

наименование или товарный знак предприятия-изготовителя; наименование потребителя; марку стали; номер плавки и номер партии; профиль, размеры, количество мест, их общую массу и, в случае поставки по теоретической (сдаточной) массе, длину продукции в метрах; химический состав стали по ковшовой пробе или в готовом прокате; номер соответствующего стандарта; заключение технического контроля о полном соответствии продукции всем требованиям стандарта; результаты всех испытаний, предусмотренных стандартом, в том числе и факультативных; данные о группах и категориях сталей по свойствам, качеству поверхности, назначению и т. п., предусмотренные стандартами.

В сертификате на термически упрочненную арматурную сталь дополнительно указывают: класс, механические свойства и фактический угол изгиба стержней в состоянии поставки, временное сопротивление и условный предел текучести после электронагрева, а также временное сопротивление нетермообработанных стержней (при наличии сырых концов).

Примеры условных обозначений сталей:

1. Лист размером 5 × 1000 × 2000 мм по ГОСТ 19903—74* из стали марки 09Г2 (ГОСТ 19282—73) категории 2:

$$\text{Лист}\ \frac{5\times1000\times2000\ \text{ГОСТ}\ 19903-74^{*}}{09\text{Г}2\text{-}2\ \text{ГОСТ}\ 19282-73}.$$

2. Сталь горячекатаная толстолистовая нормальной точности прокатки (Б), высокой плоскостности (ПВ), с обрезной кромкой (О), размерами 10 × 160 × × 11000 мм, марки 15ХСНД (ГОСТ 6713—75*) термически упрочненная (категории 3):

$$\text{Лист}\ \frac{\text{Б-ПВ-О-}10\times1600\times11000\ \text{ГОСТ}\ 19903-74^{*}}{15\text{ХСНД}\ \text{ГОСТ}\ 6713-75^{*}}$$

Сталь углеродистая обыкновенного качества (ГОСТ 380—71*) делится по степени раскисления на кипящую (кп), спокойную (сп) и полуспокойную (пс) и поставляется по трем группам; А — по механическим свойствам; Б — по химическому составу; В — по механическим свойствам и химическому составу.

В зависимости от нормируемых показателей сталь подразделяют на категории: группы А — 1, 2, 3; группы Б — 1, 2; группы В — 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Сталь по ГОСТ 380—71* с учетом групп по степени раскисления и повышенного содержания марганца выпускается следующих марок:

группа А — Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп, Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп, Ст5пс, Ст5сп, Ст5Гпс, Ст6пс, Ст6сп;

группа Б — БСт0, БСт1кп, БСт1пс, БС1сп, БСт2кп, БСт2пс, БСт2сп, БСт3кп, БСт3пс, БСт3сп, БСт3Гпс, БСт4кп, БСт4пс, БСт4сп, БСт5пс, БСт5сп, БСт5Гпс, БСт6пс, БСт6сп;

группа В — ВСт2кп, ВСт2пс, ВСт2сп, ВСт3кп, ВСт3пс, ВСт3сп, ВСт3Гпс, ВСт4кп, ВСт4пс, ВСт4сп, ВСт5пс, ВСт5сп, ВСт5Гпс, ВСт6пс, ВСт6сп.

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 в обозначении полуспокойной стали указывает на повышенное содержание марганца. С гарантией свариваемости поставляются стали марок ВСт2, ВСт3 (кп, сп и пс) и ВСт3Гпс, а по требованию заказчика — сталь марок БСт1, БСт2, БСт3 всех степеней раскисления и БСт3Гпс при содержании углерода до 0,22%.

Сталь толстолистовая и широкополосная (универсальная) углеродистая обыкновенного качества (ГОСТ 14637—79), в том числе термически упрочненная, изготавливается по группам А, Б и В всех категорий (ГОСТ 380—71*) и марки ВСтТ, содержащей С 0,09...0,22%, Мп 0,4...0,65%, Р до 0,045%, S до 0,055%, Si в стали ВСтТкп до 0,07%, ВСтТпс 0,05...0,15%, ВСтТсп 0,12...0,30%, только в стали ВСтТкп Мп 0,3...0,6%. Термически упрочняют сталь закалкой или закалкой с отпуском.

В обозначении сталей углеродистых качественных конструкционных (ГОСТ 1050—74**) двухзначная 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.).

Сталь углеродистую и низколегированную конструкционную для мостостроения (ГОСТ 6713—75*) изготавливают (с гарантией свариваемости) следующих марок: 16Д, 10Г2С1Д, 15ХСНД и 10ХСНД. Сталь марок 15ХСНД и 10ХСНД в зависимости от термообработки выпускается трех категорий: 1 — без термообработки, 2 — в нормализованном состоянии, 3 — в термическ улучшенном состоянии после закалки и высокого отпуска. Категория в заказе указывается после наименования марки.

Сталь низколегированная толстолистовая и широкополосная универсальная (ГОСТ 19282—73) и сталь низколегированная сортовая и фасонная (ГОСТ 19281—73) применяются для сварных металлических конструкций и используются в изделиях, в основном, без дополнительной термической обработки.

Сталь легированная конструкционная (ГОСТ 4543—71*) горячекатаная и кованая диаметром или толщиной до 250 мм, калиброванная и серебрянка применяется в термически обработанном состоянии и поставляется в прутках, полосах и мотках. В зависимости от химического состава и свойств делится на категории: качественная, высококачественная и особовысококачественная. В зависимости от основных легирующих элементов сталь делится на 13 групп.

В обозначении марок первые две цифры указывают на среднее содержание углерода в сотых долях процента, цифры, стоящие после букв,— на примерное содержание легирующего элемента в целых единицах. Отсутствие цифры означает, что в марке содержится до 1,5% этого легирующего элемента. Буква А в конце наименования марки обозначает «высококачественная сталь», буква Ш через тире — «особовысококачественная».

Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные выпускаются по ГОСТ 5632—72*. К высоколегированным сталям условно отнесены сплавы, содержание железа в которых более 45%, а суммарное содержание легирующих элементов не менее 10%, считая по верхнему пределу, при содержании одного из элементов не менее 8% — по нижнему пределу. К сплавам на железоникелевой основе отнесены такие, основная структура которых является твердым раствором хрома и других легирующих элементов в железоникелевой основе (сумма никеля и железа более 65% при приблизительном отношении никеля к железу 1 : 1,5), а к сплавам на никелевой основе — основная структура которых является твердым раствором хрома и других легирующих элементов на никелевой основе (содержание никеля не менее 55%). В зависимости от структуры стали подразделяют на классы: мартенситный, мартенситно-ферритный, ферритный, аустенитно-мартенситный, аустенитно-ферритный, аустенитный.

Арматурную сталь выпускают горячекатаную для армирования железобетонных конструкций (ГОСТ 5781—75), гладкую и периодического профиля, предназначенную для армирования обычных и предварительно напряженных железобетонных конструкций, и стержневую арматурную термически упрочненную периодического профиля (ГОСТ 10884—81) для армирования предварительно напряженных железобетонных конструкций. Сталь горячекатаная по ГОСТ 5781—75 имеет пять классов (А-I; А-II и Ас-II, А-III, А—IV, А-V), термически упрочненная — четыре (Ат-IV, Ат-V, Ат-VI, Ат-VII).

Механические свойства арматурной стали (ГОСТ 5781—75)

Класс стали	Диаметр стержня, мм	Марка стали	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %	Испытание на изгиб в холодном состоянии при: угле загиба, град	Испытание на изгиб в холодном состоянии при: толщине оправки
А-I	6—40	Ст3кп3, Ст3пс3, Ст3сп3, ВСт3кп2, ВСт3пс2, ВСт3сп2	240	380	25	180	0,5*d*
	6—18	ВСт3Гпс2	240	380	25	180	0,5*d*
А-II	10—40	ВСт5сп2, ВСт5пс2	300	500	19	180	3*d*
	40—18	18Г2С	300	500	19	180	3*d*
Ас-II	10—32	10ГТ	300	450	25	180	*d*
А-III	6—40	35ГС, 25Г2С	400	600	14	90	3*d*
А-IV	10—18	80С	600	900	6	45	5*d*
	10—22	20ХГ2Ц	600	900	6	45	5*d*
А-V	10—22	23Х2Г2Т	800	1050	7	45	5*d*

Примечания: 1. Буквой *d* обозначен диаметр стержня.
2. Ас-II — арматурная сталь класса А-II специального назначения.
3. Арматурную сталь классов А-I, А-II, А-III, А-IV изготовляют без термической обработки, класса А-V — после низкотемпературного отпуска (250±50° С).

Механические свойства арматурных термически упрочненных стержней

Класс стержней	Температура электронагрева (контролируемая), °С, не ниже	Номинальный диаметр стержней, мм	Временное сопротивление разрыву, МПа	Условный предел текучести, МПа (не менее)	Относительное удлинение δ_5 после разрыва, % (не менее)
Ат-IV	350	10—18	900	600	8
		20—40	900	600	7
Ат-V	400	10—14	1000	800	7
		16—40	1000	800	6
Ат-VI	450	10—14	1200	1000	6
		16—32	1200	1000	5
Ат-VII	500	10—32	1400	1200	5

Примечания: 1. Стержни также испытывают на загиб в холодном состоянии вокруг оправки толщиной 5*d* (*d* — диаметр арматуры).
2. Время нагрева образцов — от 1 до 5 мин без выдержки при контролируемой температуре.
3. Относительное удлинение δ_{10} после разрыва составляет 2%.

Определение марки стали по маркировке краской

Наименование	Марка или класс	Цвет окраски на торце
Сталь углеродистая обыкновенного качества (ГОСТ 380—71*)	Ст0, БСт0	Красный и зеленый
	Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп, БСт1кп, БСт1пс, БСт1сп	Белый и черный
	Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп	Желтый

Наименование	Марка или класс	Цвет окраски на торце
	БСт2кп, БСт2пс, БСт2сп, ВСт2кп, ВСт2пс, ВСт2сп	Желтый
	Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, БСт3кп, БСт3пс, БСт3сп, БСт3Гпс, Вст3кп, ВСт3пс, ВСт3сп, ВСт3Гпс	Красный
	Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп, БСт4кп, БСт4пс, БСт4сп, ВСт4кп, ВСт4пс, ВСт4сп	Черный
	Ст5пс, Ст5сп, Ст5Гпс, БСт5пс, БСт5сп, БСт5Гпс, ВСт5пс, ВСт5сп, ВСт5Гпс	Зеленый
	Ст6пс, Ст6сп, БСт6пс, БСт6сп, ВСт6пс, ВСт6сп	Синий
Сталь углеродистая и низколегированная конструкционная для мостостроения (ГОСТ 6713—75*)	16Д	Желтый
	15ХСНД	Синий
	10ХСНД	Белый
Сталь толстолистовая и широкополосная (универсальная) углеродистая обыкновенного качества (ГОСТ 14637—79)	ВСтТ	Красный и желтый
Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций (ГОСТ 5781—75)	А-IV (80С, 20ХГ2Ц)	Красный
	А-V (23Х2Г2Т)	Красный и зеленый
Сталь стержневая арматурная термически упрочненная периодического профиля (ГОСТ 10884—71)	Ат-IV	Белый
	Ат-V	Синий
	Ат-VI	Желтый
	Ат-VII	Зеленый
Сталь легированная конструкционная (ГОСТ 4543—71*)	Хромистая	Зеленый и желтый
	Марганцовистая	Коричневый и синий
	Хромомарганцовая	Синий и черный
	Хромокремнистая	Синий и красный
	Хромомолибденовая и хромомолибденованадиевая	Зеленый и фиолетовый
	Хромованадиевая	Зеленый и черный
	Никельмолибденовая	Желтый и фиолетовый
	Хромоникелевая и хромоникелевая с бором	Желтый и черный
	Хромокремнемарганцовая	Красный и фиолетовый
	Хромоннкельмолибденовая	Фиолетовый и черный

Условные обозначения химических элементов в марках сталей

Элемент	Химический символ	Обозначение в марках стали	Элемент	Химический символ	Обозначение в марках стали
Железо	Fe	—	Титан	Ti	Т
Углерод (графит)	С	У	Медь	Cu	Д
			Кобальт	Co	К
Марганец	Mn	Г	Бор	B	Р

Элемент	Химический символ	Обозначение в марках стали	Элемент	Химический символ	Обозначение в марках стали
Кремний	Si	С	Селен	Se	Е
Хром	Cr	Х	Ниобий	Nb	Б
Никель	Ni	Н	Цирконий	Zr	Ц
Молибден	Mo	М	Сера	S	—
Вольфрам	W	В	Фосфор	P	Р
Ванадий	V	Ф	Азот	N	А
Алюминий	Al	Ю			

Влияние химических элементов на характеристики сталей

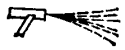
Характеристика	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	V	Mo	Ti	Al
Временное сопротивление	++	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+	0
Предел текучести	+	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+	0
Относительное удлинение	=	—	—	=	0	0	0	0	—	—	0	0
Твердость	++	+	+	+	—	+	+	0	+	+	+	0
Ударная вязкость	—	=	—	=	—	+	+	0	0	0	—	0
Усталостная прочность	+	0	0	0	0	0	0	0	++	++	0	0
Свариваемость	—	—	0	—	0	0	0	—	+	+	+	0
Стойкость против коррозии	0	—	+	+	0	+	+	++	+	+	0	0
Хрупкость	0	0	0	+	0	—	—	—	0	0	0	0
Красноломкость	+	+	0	0	+	0	0	0	0	—	0	0

Условные обозначения: + повышает; ++ значительно повышает; — снижает; = значительно снижает; 0— не влияет.

Ориентировочное определение содержания углерода в стали по искре

Содержание углерода, %	Вид искры	Цвет искры
0,15—0,20		Соломенно-желтый
0,3		Светло-желтый
0,45—0,50		Светло-желтый

Продолжение

Содержание углерода, %	Вид искры	Цвет искры
1,1—1,3		Белый
1,0—1,8		Темно-красный

Свариваемость сталей

Группы свариваемости сталей

Группа	Свариваемость	Характеристика
I	Хорошая	Свариваются любыми способами без применения особых приемов, образуя сварные соединения высокого качества
II	Удовлетворительная	Для получения сварных соединений высокого качества требуется строгое соблюдение режимов сварки, применение специального присадочного металла, особо тщательная очистка свариваемых кромок и нормальные температурные условия сварки, а в некоторых случаях — предварительный и сопутствующий подогрев до 100—150° С, а также термообработка
III	Ограниченная	В обычных условиях сварки стали склонны к образованию трещин. Перед сваркой их подвергают термообработке и подогреву до 250—400° С с последующим отпуском
IV	Плохая	Качество сварных соединений пониженное, швы склонны к образованию трещин несмотря на то, что при сварке применяют сложные технологические приемы, обязательный подогрев изделий, предварительную и последующую термообработку

Свариваемость основного металла можно предварительно оценить по его химическому составу посредством эквивалента углерода $C_э$, подсчитываемого по формуле

$$C_э = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr + Mo + V}{10}.$$

Стали с содержанием $C_э \leqslant 0{,}2$ хорошо свариваются, при $C_э = 0{,}25 \div 0{,}35$ свариваются удовлетворительно, при $C_э = 0{,}35 \div 0{,}45$ свариваемость ограниченная. При более высоком содержанин углерода свариваемость плохая.

Значение Сэ для некоторых низколегированных сталей

Марка стали	Значение $C_э$	
	максимальное	среднее
10Г2С, 09Г2	0,26	0,2
14Г, 15Г	0,28	0,23
15ГС, 10ХСНД	0,3	0,24
14Г2	0,31	0,26
20Г, 15Х, 14ХГС	0,34	0,28
15ХСНД, 18Г2С	0,26	0,29

Свариваемость легированных конструкционных сталей (ГОСТ 4543—71 *)

Группа стали	Свариваемость			
	хорошая	удовлетворительная	ограниченная	плохая
Хромистая	15Х, 15ХА, 20Х	30Х, 30ХРА	35Х, 38ХА, 40Х	45Х, 50Х
Марганцовистая	15Г, 20Г2, 10Г2	25Г, 30Г	35Г, 40Г, 30Г2, 35Г2	45Г, 50Г, 40Г2
Хромомарганцовая	18ХГ, 18ХГТ, 2ХГР	20ХГР, 27ХГР, 25ХГТ, 30ХГТ, 25ХГМ	40ГТР, 35ХГФ	—
Хромокремнистая	—	—	33ХС, 38ХС	40ХС
Хромомолибденовая и хромомолибденованадиевая	15ХМ, 20ХМ	30ХМ, 30ХМА	35ХМ, 38ХМ, 30Х3МФ	40ХМФА
Хромованадиевая	15ХФ	—	40ХФА	—
Никельмолибденовая	15Н2М (15НМ), 20Н2М (20НМ)	—	—	—
Хромоникелевая и хромоникелевая с бором	20ХН, 12ХН2, 12ХН3А,	12Х2Н4А, 20ХН3А, 20Х2Н4А	40ХН	45ХН, 50ХН, 30ХН3А
Хромокремнемарганцовая и хромокремнемарганцевоникелевая	20ХГСА	25ХГСА	30ХГС, 30ХГСА, 30ХГСНА, 30ХГСН2А	35ХГСА
Хромомарганцевоникелевая и хромомарганцевоникелевая с титаном и бором	15ХГН2ТА, (15ХГНТА) 20ХГНР	—	38ХГН	—

Группа сталн	Свариваемость			
	хорошая	удовлетворительная	ограниченная	плохая
Хромоникельмолибденовая	14Х2Н3МА	20ХН2М (20ХНМ)	30ХН2МА (30ХНМА), 38Х2Н2МА (38ХНМА), 18Х2Н4МА (18Х2Н4ВА), 25Х2Н4МА (25Х2Н4ВА)	40ХН2МА (40ХНМА), 40Х2Н2МА (40Х1НВА), 38ХН3МА
Хромоникельмолибденовая и хромоникельванадиевая	—	—	30ХН2МФА (30ХН2ВФА), 20ХН4ФА	36Х2Н2МФА (36ХН1МФА), 38ХН3МФА, 45ХН2МФА (45ХНМФА)
Хромоалюмнниевая и хромоалюмниевая с молибденом	—	—	38Х2Ю (38ХЮ) 38Х2МЮА (38ХМЮА)	—

Примечание. В скобках приведены обозначения марок сталей, соответствующие ранве действующим ГОСТ 4543—71* и техническим условням.

Область применения и свариваемость нержавеющих, жаропрочных и жаростойких сталей (ГОСТ 5632—72 *)

Класс	Применение	Характернстнка сварнваемостн
Мартенситные	Трубы, работающие при температуре до 650° С, задвижки и опоры котлов, внутренние элементы иефтеперерабатывающей аппаратуры, крекннговые трубы, колоины	Ограниченная
Мартенситно-ферритные	Лопатки турбин (для температур до 550° С), роторы, днски, болты для газовых турбни (для температур 550—580° С)	Удовлетворительная
Ферритные	Оборудованне азотно-кислотных заводов (адсорбционные башни, теплообменинки, трубопроводы), оборудование пищевой промышленности, аппаратура для фосфорных кислот	»
Аустеннтно-ферритные	Детали, работающне в сильиоагрессивных средах (растворы органических и фосфорных кнслот, среды, содержащие фтористые соединения и борную кислоту при температурах до +40° С)	»
Аустеиитно-мартеиситиые	Детали конструкцнй, работающие прн температуре 450—500° С, изделия, работающие в растворах солей и слабых кислот, клапаны поршиевых двигателей	»

Класс	Применение	Характеристики свариваемости
Аустенитные	Детали, работающие в агрессивных средах, трубы и детали печей (для температур 500—550° С)	Хорошая

СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Проволоки сварочные

В соответствни с ГОСТ 2246—70* предусмотрено 6 марок низкоуглеродистой, 30 — легированиой н 39 — высоколегнрованной неомедненной и омедненной стальной проволоки для изготовления электродов, газовой и механнзированной электродуговой сварки и наплавкн. Диаметры проволоки, мм: 0,3; 0,5; 0,8; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12. Кроме того, для механнзированной электродуговой наплавки по ГОСТ 10543—75 выпускается 9 марок углеродистой, 11 — легированной и 10 — высоколегированной проволоки диаметром 0,3; 0,5; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 6,5; 8 мм.

В зависимости от назначения стальную сварочную проволоку подразделяют на проволоку для сваркн (наплавки) н проволоку для изготовления электродов (СЭ), что обусловлено более жесткнмн предельными отклоненнями по диаметру проволоки для изготовлеиия электродов.

По требованию потребителя проволоку изготавливают нз стали, выплавленной электрошлаковым (Ш) нли вакуумнодуговым (ВД) переплавом, а также в вакуумноиндукционных печах (ВИ).

Пример условного обозначения: проволока сварочная диаметром 4 мм марки Св-08А для сварки (наплавки) с омедненной поверхностью 4Св-08А-О ГОСТ 2246-70*.

Чугуниые прутки для сварки и наплавки серого чугуна н электродные стержин для дуговой сварки н наплавкн чугуна изготавливают по ГОСТ 2671—70. В зависимости от назначення чугунные пруткн подразделяются на следующие марки: А — для горячей газовой сварки; Б — для газовой сварки с местным нагревом н для электродных стержней:

НЧ-1 — для низкотемпературной газовой сварки тонкостенных отливок, НЧ-2 — для толстостенных отлнвок, БЧ и ХЧ — для износостойкой наплавки.

Сварочную проволоку н прутки 17 марок из меди и сплавов на медной основе по ГОСТ 16130-72 используют для сварки меди и ее сплавов, латуни, бронзы. Диаметры проволок 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8 мм.

В качестве присадочных матерналов прн сварке титана плавлением используют холоднотянутую проволоку и пруткн, изготовляемые из листового металла по составу, близкому к составу свариваемого металла.

Каждая партня проволоки должна сопровождаться сертификатом, в котором указывают: товарный знак предприятия-изготовителя; условное обозначенне проволокн; иомер плавкн и партии; состоянне поверхиости проволоки; химнческнй состав в процентах; содержание α-фазы в пробе; результаты испытанн иа растяжение; массу проволоки нетто, кг.

Химический состав проволоки стальной сварочной, % (ГОСТ 2246—70 *)

Марка	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Молибден	Титан	Сера, не более	Фосфор, не более	Прочие элементы
Низкоуглеродистая проволока										
Св-08	До 0,10	До 0,3	0,35—0,60	До 0,15	До 0,30	—	—	0,04	0,04	Al до 0,01
Св-08А	До 0,10	До 0,3	0,35—0,60	До 0,12	До 0,25	—	—	0,03	0,03	Al до 0,01
Св-08АА	До 0,10	До 0,3	0,35—0,60	До 0,10	До 0,25	—	—	0,02	0,02	Al до 0,01
Св-08ГА	До 0,10	До 0,3	0,80—1,10	До 0,10	До 0,25	—	—	0,025	0,03	—
Св-10ГА	До 0,12	До 0,3	1,10—1,40	До 0,20	До 0,30	—	—	0,025	0,03	—
Св-10Г2	До 0,12	До 0,3	1,50—1,90	До 0,20	До 0,30	—	—	0,030	0,03	—
Легированная проволока										
Св-08ГС	До 0,10	0,60—0,85	1,40—1,70	До 0,20	До 0,25	—	—	0,025	0,03	—
Св-12ГС	До 0,14	0,60—0,90	0,80—1,10	До 0,20	До 0,30	—	—	0,025	0,03	—
Св-08Г2С	0,05—0,11	0,70—0,95	1,80—2,10	До 0,20	До 0,25	—	—	0,025	0,03	—
Св-10ГН	До 0,12	0,15—0,35	0,90—1,20	До 0,20	0,90—1,20	—	—	0,025	0,03	—
Св-08ГСМТ	0,06—0,11	0,40—0,70	1,00—1,30	До 0,30	До 0,30	0,20—0,40	0,05—0,12	0,025	0,03	—
Св-15ГСТЮЦА	0,12—0,18	0,45—0,85	0,60—1,00	До 0,30	До 0,40	—	0,05—0,20	0,025	0,025	Al 0,20—0,50 Цирконий 0,05—1,15 Церий ⩾ 0,4
Св-20ГСТЮА	0,17—0,23	0,60—0,90	0,90—1,20	До 0,30	До 0,40	—	0,10—0,20	0,025	0,025	Al 0,20—0,50 Церий 0,30—0,45
Св-18ХГС	0,15—0,22	0,90—1,20	0,80—1,10	0,80—1,10	До 0,30	—	—	0,025	0,025	—
Св-10НМА	0,07—1,12	0,12—0,35	0,40—0,70	До 0,20	1,0—1,50	0,40—0,55	—	0,025	0,020	—
Св-08МХ	0,06—0,10	0,12—0,30	0,35—0,60	0,45—0,65	До 0,30	0,40—0,60	—	0,025	0,030	—
Св-08ХМ	0,06—0,10	0,12—0,30	0,35—0,60	0,90—1,20	До 0,30	0,50—0,70	—	0,025	0,030	—
Св-18ХМА	0,15—0,22	0,12—0,35	0,40—0,70	0,80—1,10	До 0,30	0,15—0,30	—	0,025	0,025	—
Св-08ХНМ	До 0,10	0,12—0,35	0,50—0,80	0,70—0,90	0,80—1,20	0,25—0,45	—	0,025	0,030	—
Св-08ХМФА	0,06—0,10	0,12—0,30	0,35—0,60	0,90—1,20	До 0,30	0,50—0,70	—	0,025	0,025	*V* 0,15—0,30
Св-10ХМФТ	0,07—0,12	До 0,35	0,40—0,70	1,40—1,80	До 0,30	0,4—0,60	0,05—0,12	0,030	0,030	*V* 0,20—0,35
Св-08ХГ2С	0,05—0,11	0,70—0,95	1,70—2,10	0,70—1,00	До 0,25	—	—	0,025	0,030	—
Св-08ХГСМА	0,06—0,10	0,45—1,45	0,85—1,15	0,85—1,15	До 0,30	0,4—0,60	—	0,025	0,025	—
Св-10ХГ2СМА	0,07—0,12	0,60—0,90	1,70—2,10	0,80—1,10	До 0,30	0,40—0,60	—	0,025	0,025	—
Св-08ХГСМФА	0,06—0,10	0,45—0,70	1,20—1,50	0,95—1,25	До 0,30	0,50—0,70	—	0,025	—	*V* 0,20—0,35
Св-04Х2МА	До 0,06	0,12—0,35	0,40—0,70	1,80—2,20	До 0,25	0,50—0,70	—	0,020	0,025	—
Св-13Х2МФТ	0,10—0,15	До 0,35	0,40—0,70	1,70—2,20	До 0,30	0,40—0,60	0,05—0,12	0,030	0,030	*V* 0,20—0,35
Св-08Х3Г2СМ	До 0,10	0,45—0,75	2,00—2,50	2,00—3,00	До 0,30	0,30—0,50	—	0,030	0,030	—
Св-08ХМНФВА	0,06—0,10	0,12—0,30	0,35—0,60	1,10—1,40	0,65—0,90	0,80—1,00	—	0,025	0,025	*V* 0,20—0,35
Св-08ХН2М	До 0,10	0,12—0,30	0,55—0,85	0,70—1,00	1,40—1,80	0,20—0,40	—	0,025	0,030	—
Св-10ХН2ГМТ	0,07—0,12	0,12—0,30	0,80—1,10	0,30—0,60	1,80—2,20	0,40—0,60	0,05—0,12	0,025	0,030	—
Св-08ХН2ГМТА	0,06—0,11	0,12—0,30	0,80—0,10	0,25—0,45	2,10—2,50	0,25—0,45	0,05—0,12	0,20	0,025	—
Св-08ХН2ГМЮ	0,06—0,11	0,25—0,55	1,00—1,40	0,70—1,10	2,00—2,50	0,40—0,65	—	0,030	0,030	Al 0,06—0,18
Св-08ХН2Г2СМЮ	0,06—0,11	0,40—0,70	1,50—1,90	0,70—1,00	2,00—2,50	0,45—0,65	—	0,030	0,030	Al 0,06—0,18
Св-06Н3	До 0,08	До 0,30	0,40—0,70	До 0,30	3,00—3,50	—	—	0,025	0,030	—
Св-10Х5М	До 0,12	0,12—0,35	0,40—0,70	4,00—5,00	До 0,30	0,40—0,60	—	0,025	0,030	—

Примечания: 1. Цифры, следующие за индексом Св (сварочная), указывают на среднее содержание углерода в сотых долях процента. Цифры, следующие за буквенными обозначениями химических элементов, — на среднее содержание элемента в процентах. После буквенного обозначения элементов, содержащихся в небольших количествах, цифры не проставлены.

2. Буква А в конце условных обозначений марок проволоки указывает на повышенную чистоту металла по содержанию серы и фосфора. В проволоке марки Св-08АА сдвоенная буква А указывает на пониженное содержание серы и фосфора по сравнению с проволокой Св-08А.

Проволоки для наплавки (ГОСТ 10543—75)

Марка	Наплавленный металл: Тип по классификации МИС*	Наплавленный металл: Твердость, НВ	Наплавляемые детали
Нп-30		160—220	Оси, шпиндели, валы
Нп-40		170—230	То же
Нп-50		180—240	Натяжные колеса, скаты тележек опорные ролики
Нп-65		220—300	Опорные ролики, оси
Нп-80		260—340	Коленчатые валы, крестовины карданов
Нп-40Г		180—240	Оси, шпиндели, ролики, валы
Нп-50Г		200—270	Натяжные колеса, опорные ролики гусеничных машин
Нп-65Г		230—310	Крановые колеса, оси опорных роликов
Нп-10Г3	А	250—330	Железнодорожные бандажи, крановые колеса
Нп-30ХГСА		220—300	Обжимные прокатные валки, крановые колеса
Нп-30Х3ВА		33—40	Трефы прокатных валков, детали автосцепки, шлицевые валы
Нп-30Х5		372—420	Прокатные валки сортопрокатных станов
Нп-40Х3Г2ВФ		380—440	Тяжелонагруженные крановые колеса, ролики рольгангов
Нп-35Х2Г2В		370—420	Детали, испытывающие удары и абразивный износ
Нп-5ХНМ		400—500	Штампы горячей штамповки, валки ковочных машин
Нп-5ХНТ		400—500	То же
Нп-5ХНВ		400—500	»
Нп-45Х4В3Ф	Н	380—450	Валки листо- и сортопрокатных станов, штампы горячей штамповки
Нп-45Х2В8Т		400—460	Ножи для резки горячего металла, прессовой инструмент
Нп-60Х3В10Ф		420—500	Валки трубо- и сортопрокатных станов, штампы горячей штамповки
Нп-50ХФА	В	430—500	Шлицевые валы, коленчатые валы двигателей внутреннего сгорания
Нп-3Х13		320—380	Обрезные штампы холодной штамповки, валы смесителей
Нп-2Х14		320—380	Уплотнительные поверхности задвижек для пара и воды
Нп-3Х13	Е	380—450	Плунжеры гидравлических прессов, шейки коленчатых валов, штампы
Нп-4Х13		420—520	Опорные ролики тракторов и экскаваторов, детали конвейера

* МИС — Международный институт сварки.

Размеры и масса мотков стальной сварочной проволоки (ГОСТ 2246—70 *)

Диаметр проволоки, мм	Внутренний диаметр витков мотка проволоки, мм	Масса мотка проволоки, кг, не менее: низкоуглеродистой	легированной	высоколегированной
0,3—0,5	150—300	2	2	1,5
0,8	200—350	5	5	3
1,0—1,2	250—400	20	15	10
1,4	300—600	25	15	10
1,6—2	300—600	30	20	15
2,5—3	400—600	40	30	20
4—10	500—750	40	30	20
12	600—800	40	30	20

Электроды металлические

Электроды покрытые металлические для сварки и наплавки сталей систематизируются и обозначаются следующим образом (ГОСТ 9466—75):

по назначению: для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 600 МПа (60 кгс/мм²) — У; для сварки легированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву свыше 600 МПа (60 кгс/см²) — Л; для сварки легированных теплоустойчивых сталей — Т; для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами — В; для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами — Н;

по толщине покрытия: тонкое ($D/d \leqslant 1{,}20$) — М; среднее ($1{,}20 < D/d \leqslant 1{,}80$) — С; толстое ($1{,}45 < D/d \leqslant 1{,}80$) — Д; особотолстое ($D/d > 1{,}80$) — Г, где D — диаметр электрода, d — диаметр стержня;

по качеству изготовления, состоянию поверхности покрытия, сплошности металла шва, содержанию серы и фосфора — на группы 1, 2, 3;

по видам покрытия: кислое — А, основное — Б, целлюлозное — Ц, рутиловое — Р, смешанное — соответствующее двойное обозначение, прочее — П;

по допустимым пространственным положениям сварки или наплавки: для всех положений — 1, для всех положений, кроме вертикального сверху вниз — 2, для нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости и вертикального снизу вверх — 3, для нижнего и нижнего «в лодочку» — 4;

по роду тока, полярности постоянного тока и номинальному напряжению холостого хода источника питания сварочной дуги переменного тока частотой 50 Гц — в соответствии с таблицей, приведенной ниже.

Классификация электродов по роду и полярности тока

Рекомендуемая полярность постоянного тока	Напряжение холостого хода источника переменного тока, В: номинальное	предельное	Обозначение
Обратная	—	—	0
Любая	50	±5	1
Прямая			2
Обратная			3

Рекомендуемая полярность постоянного тока	Напряжение холостого хода источника переменного тока В		Обозначение
	номинальное	предельное	
Любая	70	±10	4
Прямая			5
Обратная			6
Любая	90	±5	7
Прямая			8
Обратная			9

Во всех видах документации условное обозначение электродов должно состоять из марки, диаметра, группы электродов и обозначения стандарта (рис. 3).

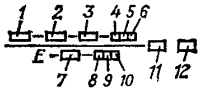


Рис. 3. Условное обозначение электродов на этикетках или в маркировке коробок пачек и ящиков с электродами (ГОСТ 9466—75).

1 — тип; *2* — марка; *3* — диаметр; *4* — обозначение назначения электродов; *5* — обозначение толщины покрытия; *6* — группа электродов; *7* — группа индексов, указывающих характеристики наплавленного металла по ГОСТ 9467—75, ГОСТ 10051—75, ГОСТ 9466—75; *8* — обозначение вида покрытия; *9* — обозначение допустимых пространственных положений сварки или наплавки; *10* — обозначение рода применяемого при сварке или наплавке тока, полярности постоянного тока и номинального напряжения холостого хода источника питания сварочной дуги переменного тока частотой 50 Гц; *11* — обозначение настоящего стандарта; *12* — обозначение стандарта на типы электродов.

Пример условного обозначения электродов типа Э46А по ГОСТ 9467—75, марки УОНИ-13/45, диаметром 3 мм, для сварки углеродистых и низколегированных сталей У, с толстым покрытием Д, 2-й группы, с установленной по ГОСТ 9467—75 группой индексов, указывающих характеристики наплавленного металла и металла шва, 43 2(5), с основным покрытием Б, для сварки во всех пространственных положениях 1 на постоянном токе обратной полярности 0 на этикетках или в маркировке коробок, пачек и ящиков с электродами:

Э46—УОНИ 13/45—3,0—УД2
———————————————ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75;
Е 43 2(5) — Б10

в документации:

электроды УОНИ-13/45—3,0—2 ГОСТ 9466—75.

Механические свойства металлов шва, наплавленного и соединения при дуговой сварке металлическими электродами для конструкционных сталей

Тип электрода	Металл шва и наплавленный			Угол загиба для металла соединения, сваренного электродами диаметром менее 3 мм, град
	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение δ_5, %	Ударная вязкость Дж/м^2 · 10^{-3}	
Э38	380	14	3	60
Э42	420	18	8	150
Э42А	420	22	15	180
Э46	460	18	8	150
Э46А	460	22	14	180
Э50	500	16	7	120
350А	500	20	13	150
Э55	550	20	12	150

Тип электрода	Металл шва и наплавленный			Угол загиба для металла соединения, сваренного электродами диаметром менее 3 мм, град
	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение δ_5, %	Ударная вязкость Дж/м^2 · 10^{-3}	
Э60А	600	18	10	120
370	700	14	6	—
Э85	850	12	5	—
Э100	1000	10	5	—
Э125	1250	8	4	—
Э150	1500	6	4	—

Примечания: 1. Для электродов марок Э70, Э85, Э100, Э125, Э150 механические свойства установлены после термической обработки.

2. Механические свойства металла соединений, сваренных электродами марок Э70, Э85, Э100, Э125, Э150, диаметр которых меньше 3 мм, должны соответствовать требованиям технических условий или паспортов на электроды конкретных типов

Сварочно-технологические свойства электродов

Показатели	Вид покрытия			
	органическое	основное (фтористокальциевое)		рутиловое и рутилоосновное
		сварка снизу вверх	сварка сверху вниз	
Устойчивость горения дуги	Удовлетворительная	Удовлетворительная	Удовлетворительная	Высокая
Разбрызгивание	Повышенное	Незначительное	Незначительное	Умеренное
Отделимость с корневого слоя шва	Отличная	Удовлетворительная	Хорошая	Хорошая
Формирование металла шва	Валик слегка вогнутый, мелкочешуйчатый	Валик выпуклый, среднечешуйчатый (при сварке корневого слоя)	Валик вогнутый, среднечешуйчатый	Валик вогнутый, мелкочешуйчатый
Средний коэффициент наплавки, г/А·ч	10,5	9	9	8
Провар	Глубокий с образованием плавного обратного валика	Средний	Средний	Несколько повышенный
Склонность металла шва к образованию пор	При отсыревшем покрытии или при использовании пересушенных электродов	При увлажнении покрытия и удлинении дуги	При увлажнении покрытия	При превышении тока
Склонность металла шва к образованию трещин	При нарушении технологических требований нормативных документов	Малая	Малая	При нарушении рекомендуемой области применения

Механические свойства металлов шва и наплавленного при дуговой сварке металлическими электродами для легированных теплоустойчивых сталей

Тип электрода	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение δ_5, %	Ударная вязкость, Дж/м^2 · 10^{-3}
Э09М	450	18	10
Э09МХ	460	18	9
Э03Х1М	480	18	9
Э05Х2М	480	18	9
Э09Х2М1	500	16	8
Э09Х1МФ	500	16	8
Э10Х1М1НФБ	500	15	7
Э10Х3М1БФ	550	14	6
Э10Х5МФ	550	14	6

Примечания: 1. Механические свойства металла даны после термической обработки по режимам, регламентированным техническими условиями или паспортами на электроды конкретных марок.

2. Механические свойства соединений, сваренных электродами, диаметр которых меньше 3 мм, должны соответствовать техническим условиям и паспортным данным на электроды конкретных марок

Механические свойства металла шва, наплавленного при дуговой сварке металлическими электродами для высоколегированных сталей с особыми свойствами

Тип электрода	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение δ_5, %	Ударная вязкость, Дж/м^2 · 10^{-3}
	не менее		
Э12Х13	600	16	5
Э06Х13Н	650	14	5
Э10Х17Т	650	—	—
Э12Х11НМФ	700	15	5
Э12Х11НВМФ	750	14	5
Э14Х11НВМФ	750	12	4
Э10Х16Н4Б	1000	8	4
Э08Х24Н6ТАМФ	700	15	5
Э04Х20Н9	550	30	10
Э07Х20Н9	550	30	10
Э02Х21Н10Г2	550	30	10
Э06Х22Н9	650	20	—
Э08Х16Н8М2	550	30	10
Э08Х17Н8М2	550	30	10
Э06Х19Н11Г2М2	500	25	9
Э02Х20Н14Г2М2	550	25	10
Э02Х19Н9Б	550	30	12
Э08Х19Н10Г2Б	550	24	8
Э08Х20Н9Г2Б	550	22	8
Э10Х17Н13С4	600	15	4
Э08Х19Н10Г2МБ	600	24	7
Э09Х19Н10Г2М2Б	600	22	7
Э08Х19Н9Ф2С2	600	25	8
Э08Х19Н9Ф2Г2СМ	600	22	8
Э09Х16Н8Г3М3Ф	650	28	6
Э09Х19Н11Г3М2Ф	580	22	5
Э07Х19Н11М3Г2Ф	550	25	8
Э08Х24Н12Г3СТ	550	25	9
Э10Х2513Г2	550	25	9

Тип электрода	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение δ_5, %	Ударная вязкость, Дж/м^2 · 10^{-3}
	не менее		
Э12Х24Н14С2	600	24	6
Э10Х25Н13Г2Б	600	25	7
Э10Х28Н12Г2	650	15	5
Э03Х15Н9АГ4	600	30	12
Э10Х20Н9Г6С	550	25	9
Э28Х24Н16Г6	600	25	10
Э02Х19Н18Г5АМ3	600	30	12
Э11Х15Н25М6АГ2	600	30	10
Э09Х15Н25М6Г2Ф	650	30	10
Э27Х15Н35В3Г2Б2Т	650	20	5
Э04Х16Н35Г6М75	600	25	8
Э06Х25Н40М7Г2	600	30	12
Э08Н60Г7М7Т	450	20	10
Э08Х25Н60М10Г2	650	24	12
Э02Х20Н60М15В3	700	15	7
Э04Х10Н60М24	600	15	—
Э08Х14Н65М15В4Г2	550	20	10
Э10Х20Н70Г2М2В	—	—	—
Э10Х20Н70Г2М2Б2В	650	25	—

Примечание. Механические свойства металла для электродов типов Э12Х13, Э10Х17Т, Э12Х11НМФ, Э12Х11ВМФ, Э14Х11НВМФ, Э10Х16Н4Б, Э08Х24Н6ТАФМ приведены после термической обработки по режимам, регламентированным паспортами или техническими условиями на электроды конкретных марок, а для электродов остальных типов — в состоянии после сварки.

Характеристики электродов общего назначения для сварки сталей

Тип электрода (ГОСТ 9467—75)	Марка электрода	Ток и полярность	Положение сварки	Коэффициент наплавки, г/А·ч	Режим прокалки (сушки)	
					Температура, °С	Время, мин
Углеродистые и низколегированные конструкционные стали (марка сварочной проволоки Св-08 или Св-08А по ГОСТ 2246—70)*						
Э42	АНО-5	Постоянный и переменный	Любое	11	180—200	60
	АНО-6	То же	»	8,5	180—200	60
	ОМА-2	»	»	10	100	60
	ВСП-1	»	»	10	100	60
	ВСП-2	Постоянный	»	10,5	100—110	60—90
	ВСЦ-4	Постоянный, на электроде (+)	»	10	100—110	60
Э42А	УОНИ-13/45	То же	»	8,5	350—370	60
	СМ-11	Постоянный и переменный	»	9,5	300—350	60
	УП-1/45	То же	»	10	350—370	60
	УП-2/45	Постоянный и переменный	»	10	300—350	60
	ОЗС-2	Постоянный, на электроде (+)	»	8,5	250—300	60
Э46	АНО-3	Постоянный и переменный	»	8,5	190—200	40
	АНО-4	То же	»	8,3	190—200	40
	МР-3	»	»	7,8	170—200	90
	ОЗС-4	»	»	8,5	100—120	60
	ОЗС-6	»	»	0,5	150—180	60
	РБУ-4	»	»	7,8	200	90—120
	РБУ-5	»	»	9	200	90—120
	ЭРС-2	»	»	10,5	150	90
	ОЗС-3	»	Нижнее	15	150—180	60
	АНО-13	»	Вертикальное	9	200	30—40
	ЗРС-1	Постоянный и переменный	Нижнее	14	150	60
	ОЗС-9	То же	Любое	6,5—7,5	120—160	60
	ОЗС-12	»	»	8—8,5	120—160	60
Э46А	Э138/45Н	Постоянный, на электроде (+)	»	8,5	330—350	30
Э50	ВСЦ-3	Постоянный	»	9,5—13	100—110	90—120
	ВСЦ-4А	Постоянный, на электроде (+)	»	10	100	60
Э50А	УОНИ-13/55	То же	»	9	350	60
	ДСК-50	Постоянный и переменный	Постоянный, на электроде (+)	10	350—370	60
	СК2-50	То же	То же	9,5	350—360	60
	УП-1/55	»	»	10	50	30
	АНО-11	»	»	10	350	60
	Э138/50Н	Постоянный, на электроде (+)	»	9	320—380	60
	АНО-10	Постоянный и переменный	Нижнее, вертикальное	12	350—400	60
Э55	УОНИ-13/55У	Постоянный, на электроде (+), и переменный	Горизонтальное и вертикальное	9,5	300—350	60
Э60А	УОНИ-13/65	Постоянный, на электроде (+)	Любое	9	400	60
Э70	ЛКЗ-70	То же	Нижнее	9,5	320—350	60
	48Н-1	»	Любое	9	380	60
	АНП-2	»	»	9	420—450	120
Э85	УОНИ-13/85	—	»	9,5	370	60
	УОНИ-13/85У	Постоянный и переменный	»	10	300—350	60

Тип электрода	Марка электрода	Марка сварочной проволоки (ГОСТ 2246-70 *)	Ток и полярность	Положение сварки	Коэффициент наплавки, г/А·ч	Режим прокалки	
						Температура, °С	Время, мин
Э09М	ЦУ-2М	Св-08А	Постоянный, на электроде (+)	Любое	9—10	300—350	60
Э09МХ	ЦЛ-14	Св-08А	Постоянный и переменный	»	10,5	150—200	60
	ОЗС-11	Св-08А	То же	»	8—9	300—350	60
	ГЛ-14	Св-08МХ	Постоянный, на электроде (+)	»	8	300—350	90
Э-09Х1М	ЦЛ-30-63	Св-08МХ	»	Нижнее вертикальное	10,4	350	60
Э-09Х1МФ	ЦЛ-20-63	Св-08ХМФА	»	Любое	10,3	330—350	45
Э-10Х1М1НФБ	ЦЛ-27Б	Св-08ХМФА	»	»	10,5	120—200	60
Э-10Х3М1БФ	ЦЛ-26М-63	Св-08А	»	»	10,5	330—350	60
Э-10Х5МФ	ЦЛ-17-63	Св-10Х5М	»	»	10,5	300—350	45
Коррозиестойкие аустенитные и нержавеющие хромистые стали (тип электрода по ГОСТ 10051—75)							
Э-04Х20Н9	ОЗЛ-14	Св-01Х19Н9	Постоянный и переменный	Любое	11	200—250	60
Э-07Х20Н9	ОЗЛ-8	Св-01Х19Н9, Св-04Х19Н9, Св-06Х19Н9Т	Постоянный, на электроде (+)	Любое	13	270	40
	Л-39	Св-04Х19Н9	То же	Нижнее и вертикальное	10,5	200—250	90
Э-08Х19Н10Г2Б	ЦЛ-11	Св-04Х19Н9, Св-07Х19Н10Б,	»	Любое	12,5	320—350	90
	Л-38	Св-07Х19Н10Б	Постоянный, на электроде (+)	Нижнее и вертикальное	10,5	320—380	90
	ОЗЛ-7	Св-01Х19Н9	То же	Любое	11,5	270	40
	Л-40М	Св-01Х19Н9, Св-04Х19НД	»	Нижнее и вертикальное	10,5	320—380	90
	ЦТ-15-1	Св-07Х19Н10Б	»	Любое	12	350—450	90
	ЦТ-15	Св-07Х19Н10Б	»	»	12	350—450	90
	ЗИО-3	Св-07Х19Н10Б	»	»	12,5	300—320	90
Э-08Х19Н10Г2МБ	ЭА-898/19	Св-07Х19Н10Б	»	»	11,5	320—350	60
Э-12Х13	УОНИ/10Х13	Св-06Х14	»	Нижнее я вертикальное	11	300	60
Э-10Х17Т	УОНИ/10Х17Т	Св-10Х17Т	»	Любое	11	300	60
Э-09Х16Н8Г3М3Ф	ЭА-400/10У	Св-04Х19Н11М3	»	»	12	320—380	60
Э8Х17Н8М2	НИАТ-1	Св-06Х19Н9Т	»	»	10,5	150—350	60
	ЭНТУ-3М	Св-04Х19Н11М3	»	»	11,5	270	25
	ЦЛ-4	Св-06Х19Н9Т	»	»	11	350—450	90
Э-09Х19Н10Г2М2Б	СЛ-28	Св-08Х19Н10М3Б	»	Нижнее я наклонное	10,7	350—380	60
	ЭЛ-400/13	Св-04Х19Н11М3	»	Любое	12	320—380	60
	НЖ-13	Св-04Х19Н11М3	»	Нижнее и вертикальное	12,5	300	120
Э-08Х19Н9Ф2С2	ЭА-606/11	Св-0819Н9Ф2С2	»	Любое	12	300—350	120
	ГЛ-2	Св-08Х19Н9Ф2С2	»	Нижнее и вертякальное	10,5	320—380	90
Жаростойкие стали и сплавы (тип электрода по ГОСТ 10051—75)							
Э-10Х28Н12Г2	ОЗЛ-6	Св-07Х25Н13	Постоянный, на электроде (+)	Любое	11,5	300	60
	ЦЛ-25	Св-07Х25Н13	То же	»	10,5	350—400	90
	ОЗЛ-4	Св-10Х20Н15	»	»	12	300	60

Продолжение

Тип электрода	Марка электрода	Марка сварочной проволоки (ГОСТ 2246 — 70 *)	Ток и полярность	Положение сварки	Коэффициент наплавки, г/А·ч	Режим прокалки: Температура, °С	Режим прокалки: Время, мин
Э-28Х24Н16Г6	ОЗЛ-9А	Св-30Х45Н16Г7	Постоянный, на электроде (+)	Нижнее и вертикальное	13,5	300	60
Э-12Х24Н14С2	ОЗЛ-5	Св-10Х20Н15	То же	Любое	12,5	300	60
	ЦТ-17	Св-10Х20Н15	»	»	10,5	350—400	90
Э-09Х16Н8Г3М3Ф	ЦТ-1	Св-04Х19Н9, Св-06Х19Н9Т	Постоянный, на электроде (+)	Любое	13	350—450	90
Э-07Х19Н11М3Г2Ф	ЦТ-7-1	Св-04Х19Н11М3	»	»	10,5	350—400	90
	ЦТ-7	Св-04Х19Н11М3	»	Нижнее	12	350—400	90
	КТИ-5-62	Св-04Х19Н11М3	»	Любое	12	300—350	120—180
Э-28Х24Н16Г6	ОЗЛ-9	Св-13Х25Н18	»	»	13,5	300	60
Э-27Х15Н35В3Г2Б-2Т	КТИ-7-62	Св-30Х15Н35В3Б3Т	»	»	11,2	300—350	120
Э-12Х11НВМФ	КТИ-10-62	Св-10Х11НВМФ	»	»	9,2	350	70

Электроды для ручной наплавки сталей

Тип электрода (обозначение МИС)	Марка	Твердость наплавленного металла HR_{cl50}	Условия эксплуатации	Детали, подвергаемые наплавке
Э-225Х10Г10С Э-65Х25Г13Н3 Э-65Х11Н3(Е) Э-175Б8Х6СТ	ЦН-11 ЦНИИН-4 ОМГ-Н ЦН-16	40—50 25—30 22—29 52—57	Износ, смятие и большие ударные нагрузки	Цепи дробилок, железнодорожные крестовины, элементы драг
Э-110Х14В13Ф2	ВСН-6	50—55	Интенсивный абразивный износ с ударными нагрузками	Зубья роторных экскаваторов, резцы машин для мерзлого грунта
Э-260Х15Н3М2	ВСН-11	—	Интенсивный абразивный износ с большими ударными нагрузками	Зубья одноковшовых экскаваторов
Э-300Х25РС2Г (G)	КБХ-45, Т-590, Т-620	60—68	Интенсивный абразивный износ без ударных нагрузок	Ковши землечерпалок, шнеки, ковши роторных пескометов
Э-300Х30РС2Г	ХР-19	60—62	То же	Ковши землечерпалок, шнеки, козырьки ковшей драг и др.
Э-500Х30Р8Г	БХ-2	66—70	Интенсивный абразивный износ без ударных нагрузок	Шнеки, ножи грунтосмесительных машин, матрицы и пуансоны
Э-300Х25Т	Т-268	58—60	Интенсивный абразивный износ с небольшими ударными нагрузками	Ковшовые цепи экскаваторов, козырьки черпаков, отвалы и ножи бульдозеров
Э-300Х28Н4С4 (G)	ЦС-1 (сормайт-1)	48—54	То же	Зубья и ковши одноковшовых экскаваторов, ножи автогрейдеров и др.
Э-320Х23С2ГТР(G)	Т-620	55—62	Интенсивный абразивный износ	Била мельниц, щеки камнедробилок, зубья ковшей экскаваторов
Э-80Х4С (G)	13КН/ЛИВТ	50—60	То же	Ножи дорожных машин, зубья черпаков
Э-350Х26Г2Р2СТ (G)	Х-5	58—63	»	Ножи торфокопателей, матрицы и штеппели торфобрикетных прессов

Электроды для сварки цветных металлов и сплавов

Марка электрода	Материал сердечника		Коэффициент наплавки, г/А·ч	Температура прокалки, °С
	Марка	ГОСТ		
Алюминий и его сплавы				
ОЗА-1	Св-А91	ГОСТ 7871—75	6,3	150—200
АФ-4аКр	Св-А97	ГОСТ 7871—75	7,5—7,8	150—200
А-2	Св-АМц	ГОСТ 7871—75	7,5—7,8	150—200
	Св-АК5	ГОСТ 7871—75	7,5—7,8	150—200
ОЗА-2	Св-АК5	ГОСТ 7871—75	6,25—6,5	150—200
Медь и ее сплавы				
«Комсомолец-100»	Медная проволока	ГОСТ 2112—79	14	350
МН-5	МНЖ5-1	ГОСТ 16130—72	12	150—200
АНМц/ЛКЗ-АБ	МНЖКТ-1-0,2-0,2	ГОСТ 16130—72	16,5	150—200
Сплавы на основе никеля				
МЗОК	НМЖМц-28-2,5-1,5	ГОСТ 492—73*	13	350
ХН-1	НМц5	ГОСТ 492—73*	14	350

Примечания: 1. Ток постоянный, на электроде (+).
2. Положение сварки — нижнее.
3. Время прокалки составляет 60 мин.

Проволоки порошковые

Проволоки порошковые для механизированной дуговой сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей, наплавки изношенных поверхностей и сварки арматуры изготовляют по техническим условиям разработчиков — Института электросварки им. Е. О. Патона, ВНИИМонтажспецстроя Минмонтажспецстроя СССР, треста Днепростальконструкция, ВНИПИ Промстальконструкция.

Оболочка порошковой проволоки представляет собой трубку, свернутую из стальной (чаще из низкоуглеродистой стали) ленты толщиной 0,2—0,5 мм. Внутри оболочка заполнена смесью порошков из газо- и шлакообразующих компонентов.

Порошковые проволоки для механизированной сварки

Марка проволоки	Диаметр, мм	Соответствие типу электрода по ГОСТ 9467—75	Способ сварки	Положение сварки, назначение	Разработчик
ПП-1ДСК	2,2; 1,8	Э46	Открытой дугой	Нижнее, сварка неответственных конструкций	Трест Днепростальконструкция
ПП-2ДСК	2,35	Э50	То же	Нижнее, наклонное, горизонтальное	То же
ППВ-4	2,3	Э46	»	Нижнее, вертикальное	ВНИИМонтажспецстрой Минмонтажспецстроя СССР
ППВ-5	2,3	Э50А	»	То же	То же
ППТ-7	2,3	Э50А	»	Сварка поворотных стыков технологических трубопроводов IV и V категорий	»
ПП-АН3	3,0	Э50А	»	Нижнее	Институт электросварки им. Е. О. Патона
ПП-АН7	2,0; 2,3	Э50А	»	Нижнее, вертикальное	То же
ПП-АН11	2,0; 2,4	Э50А	»	Нижнее, горизонтальное, вертикальное	»
ПП-АН23	3,0	Э50А	»	Нижнее, сварка стыков арматуры в инвентарных формах	»
ПП-АН25	3,0	Э46	»	Нижнее	»
ПП-АН8	2,0; 2,5; 3,0	Э46	В среде защитного газа	Нижнее, наклонное, горизонтальное	»
ПП-АН9	2,2; 2,5	Э46	То же	Нижнее, наклонное	»
ПП-АН10	2,0; 2,3	Э46	»	Нижнее, наклонное, горизонтальное	»
ПП-АН20	2,0; 2,4 2,5	Э60	»	Нижнее	»
ПП-АН21	1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2	Э50А	»	Нижнее, вертикальное, горизонтальное	»
ПП-АН22	1,8; 2,0; 2,2; 2,5	»	»	То же	»

Марка проволоки	Диаметр, мм	Соответствие типу электрода по ГОСТ 9467—75	Способ сварки	Положение сварки, назначение	Разработчик
ПП-2ВДСК	2,3	Э50А	С принудительным формированием	Вертикальное	Трест Днепростальконструкция
ПП-АН3С	3,2; 3,5	Э50А	С полупринудительным формированием и дополнительной защитой углекислым газом	»	Институт электросварки им. Е. О. Патона
ПП-АН19	2,3; 3; 3,5	Э50А	С принудительным формированием	Вертикальное	Институт электросварки им. Е. О. Патона
ПП-АН19С	3	Э60; Э50А	То же	»	То же
ПП-АН24	2,8	Э60	»	Неповоротные стыки труб	»
ПП-АН30	2,3; 3	Э60; Э50А	»	Вертикальное	»

Примечание. Для сварки нержавеющих сталей типа 18-8 может быть использована проволока марки ПП-АНВ-1, разработанная Институтом электросварки им. Е. О. Патона.

Порошковые проволоки и ленты для механизированной наплавки

Марка проволоки или ленты	Тип наплавленного металла (обозначение МИС)	Твердость после наплавки HR_C	Марка флюса или сварка открытой дугой (О)	Объекты наплавки
ПЛ-АН101; ПЛ-АН102	У30Х25Н3С3 (G)	50—55	АН-15М, О	Детали засыпных аппаратов доменных печей, валки и била дробилок, ножи грейдеров, плиты скипов, гильзы шнековых насосов и другие детали, работающие в условиях абразивного износа. Возможна наплавка на сталь 110Г13Л

Марка проволоки или ленты	Тип наплавленного металла (обозначение МИС)	Твердость после наплавки HR_C	Марка флюса или сварка открытой дугой (О)	Объекты наплавки
ПП-АН103	У20Х12М (Е)	40—44	АН-20	Ножи холодной резки металлов, рабочие элементы смесителей и другие детали, испытывающие абразивный износ и ударные нагрузки
ПП-АН104	У20Х12ВФ (Е)	40—44	АН-20	
ПП-АН106	10Х14Т (Е)	42—48	О	Уплотнительные поверхности газовой и нефтяной арматуры, эксплуатируемой при температуре до 450 °С, плунжеры гидросистем
ПЛ-АН112	У25Х15Б8РТ	48—52	АН-20, АН-70	Шнеки, ковши землечерпалок и другие детали, испытывающие интенсивный абразивный износ без ударов
ПП-АН120	20Х2Г2М (А)	НВ 300—350	АН-348А	Ролики рольгангов, тормозные шкивы, ролики, катки и натяжные колеса гусеничных машин, посадочные места различных валов; восстановление размеров деталей из углеродистых сталей
ПП-АН121	20ХГТ (А)	НВ 280—350	О	
ПП-АН122	30Х5Г2М (В)	50—56	О	
ПП-АН124	У25Х17Т (G)	42—48	О	Зубья, козырьки и стенки ковшей экскаваторов, колосники грохотов, ножи грейдеров и бульдозеров, била дробилок, грунтозацепы звенья и звездочки ходовой части гусеничных машин, лопасти дымососов и другие дета-
ПП-125	У20Х15СТР (G)	50—58	О	

Продолжение

Марка проволоки или ленты	Тип наплавленного металла (обозначение МИС)	Твердость после наплавки HR_C	Марка флюса или сварки открытой дугой (О)	Объекты наплавки
				ли, работающие в абразивной среде; наплавка на детали из стали 110Г13Л
ПП-АН131	90Х7М3-50 (Е)	48—54	АН-20	Рабочие элементы смесителей, ролики рольгангов и другие детали, работающие в условиях циклической термической нагрузки и износа
ПП-АН133	10Х18Н9С6Г2 (Д)	28—34	АН-28, АН-20, 48-ОФ-10	Уплотнительные поверхности энергетической арматуры, работающей при температуре до 540 °С и высоком давлении
ПП-АН138	08Х15Н2 (Е)	НВ 220—250	О	Рабочие колеса, камеры проточного тракта гидротурбин и другие детали, подвергающиеся кавитационной эрозии; возможна наплавка на вертикальные поверхности
ПП-АН170	70Х20Р3Т (G)	60—65	О	Рабочие колеса и улитки грунтовых насосов и рабочие органы землеройных машин при эксплуатации на песчаных грунтах, шнеки, козырьки многоковшовых экскаваторов, драг и другие детали, испытывающие интенсивный абразивный износ без сильных ударов
ПП-АН171	У10Х20Р4Т (G)	60—65	О	
ПЛ-У25Х25, ГЗФ2РН	У25Х25Г3ФРН (G)	52—56	АН-20 или АН-70	Ножи бульдозеров, автогрейдеров и другие детали, испытывающие абразивный износ с умеренными ударными нагрузками

Продолжение

Марка проволоки или ленты	Тип наплавленного металла (обозначение МИС)	Твердость после наплавки HR_C	Марка флюса или сварки открытой дугой (О)	Объекты наплавки
ПЛ-У25Х25Г3РЮ	**У25Х25Г3ФЮ (G)**	48—52	АН-20, АН-70	Ножи торфокопателей, била дробилок и другие детали, подвергающиеся абразивному износу с сильными ударными нагрузками
ЛМ-70Х3МН	**70Х3МН (В)**	54—58	АН-60	Сухари рессор, катки и ножи бульдозеров и грейдеров, подвергающихся абразивному износу и умеренным ударным нагрузкам
ЛМ-20Х10ГЮТ	2ЛХ10Г10Т	32—48	АН-20	Плунжеры гидропрессов, лопасти гидротурбин, камеры насосов и другие детали, испытывающие гидроабразивный износ
ЛМ-10Х12Н2В2Ф	10Х12Н2В2Ф (Е)	41—45	АН-20	Тормозные шкивы, штампы холодной и горячей штамповки и другие детали, работающие при трении металла по металлу
ЛМ-25Х25Н16Г7Т	25Х25Н16Г7Т (Д)	28—35	АН-28	Детали химического, нефтехимического и кузнечно-прессового оборудования, работающие в условиях коррозии и износа
ПЛ-У40Х28Г3РТЮ	У40Х38Г3РТЮ—52 (G)	50—54	АН-60	Лопатки дорожных фрез, ножи бульдозеров, ко-

Марка проволоки или ленты	Тип наплавленного металла (обозначение МИС)	Твердость после наплавки HR_c	Марка флюса или сварки открытой дугой (О)	Объекты наплавки
				зырьки ковшей, зубья траншейных экскаваторов, испытывающие интенсивный абразивный износ без сильных ударных нагрузок
ПП-У10Х4Г2Р	У10Х4Г2Р-60 (Е)	52—62	О	Катки гусеничного хода тракторов, поддерживающие и направляющие ролики ротора и другие детали, подвергающиеся абразивному износу в умеренным ударным нагрузкам
ЛМ-У10Х7ГР	У10Х7ГР-60 (Е)	58—62	АН-60	
ПЛ-У30Х30Г3ТЮ	У30Х30Г3ТЮ (G)	56—60	АН-60	Зубья экскаваторов, ножи бульдозеров и скреперов, испытывающие интенсивный абразивный износ с умеренными ударными нагрузкам

Флюсы сварочные

Марки плавленых флюсов и их назначение (ГОСТ 9087—81)

Марка	Размер зерен, мм	Вид флюса и цвет зерен	Назначение
АН-348-А АН-348-АМ ОСЦ-45 ОСЦ-45М	0,35—3 0,25—1 0,35—3 0,25—1	Стекловидный; желтый и коричневый всех оттенков Стекловидный; светло-серый, желтый и коричневый всех оттенков	Механизированная сварка и наплавка углеродистых и низколегированных сталей низкоуглеродистой и легированной сварочной проволокой
АН-60	0,35—4,0	Пемзовидный; белый, желтый всех оттенков и светло-коричневый	То же

Марка	Размер зерен, мм	Вид флюса и цвет зерен	Назначение
ФЦ-9	0,25—1	Стекловидный; светло-желтый и коричневый всех оттенков	Механизированная сварка и наплавка углеродистых и низколегированных сталей низкоуглеродистой и легированной сварочной проволокой
АН-8	0,25—2,5	Стекловидный; желтый и коричневый всех оттенков	Электрошлаковая сварка углеродистых сталей низкоуглеродистой и легированной сварочной проволокой
АН-20С	0,25—3	Стекловидный; светло-серый и светло-голубой	Дуговая автоматическая наплавка высоколегированных сталей
АН-22	0,25—2,5	Стекловидный; желтый всех оттенков и светло-коричневый	Электрошлаковая сварка и дуговая автоматическая наплавка легированных сталей легированной сварочной проволокой
АН-26С	0,25—2,5	Стекловидный; серый всех оттенков и светло-зеленый	Автоматическая и полуавтоматическая сварка нержавеющих, коррозионностойких и жаропрочных сталей
АН-26СП	0,25—4	Смесь стекловидных и пемзовидных зерен; серый всех оттенков и светло-зеленый	То же

Примечания. 1. Индексы в наименовании марки флюса имеют следующие значения: М — мелкий, С — стекловидный, П — пемзовидный.

2. При выбранной технологии флюсы марок АН-8, АН-20С, АН-20СМ, АН-20П, АН-22, АН-26С и АН-26П могут применяться для сварки сварочной проволокой.

3. Стекловидный флюс с размером зерен не более 3 мм и пемзовидный с размером зерен до 4 мм предназначены для автоматической сварки проволокой диаметром не менее 3 мм.

4. Стекловидный флюс с размером зерен не более 1,6 мм предназначен для автоматической и полуавтоматической сварки проволокой диаметром до 3 мм.

5. Флюс марки АН-26СП может быть изготовлен смешиванием выплавленных отдельно флюсов марок АН-26С, АН-26П в соотношении 50 на 50% по массе.

6. Флюсы марок АН-348-А, АН-348-АМ и ОСЦ-45 могут выплавляться в пламенных и электрических печах, флюсы всех остальных марок — в электрических.

Массовые доли компонентов флюсов для автоматической сварки алюминия и его сплавов, %

Компонент	Марка флюса		
	АН-А1	УФОК-А1	МАТИ-1
Хлористый калий	50	40	34
Хлористый натрий	20	30	43
Криолит	30	30	23

Массовые доли компонентов флюсов для газовой сварки алюминия и его сплавов, %

Компонент	Марка флюса				
	АФ-4А	АН-А201	АН-4А	ВАМИ	КМ-1
Хлористый калий	55	—	—	50	45
Хлористый натрий	28	—	—	30	20
Хлористый литий	14	15	—	—	—
Хлористый барий	—	70	—	—	20
Фтористый натрий	3	—	70	—	15
Фтористый литий	—	15	30	—	—
Криолит	—	—	—	20	—

Массовые доли компонентов флюсов для дуговой сварки меди угольным электродом, %

Компонент	Номер флюса					
	1	2	3	4	5	6
Борная кислота	—	50	10—20	—	—	—
Бура прокаленная	100	50	60—70	50	94	96
Кислый фосфорнокислый натрий	—	—	—	15	—	—
Кремниевая кислота	—	—	—	15	—	—
Древесный уголь	—	—	—	20	—	—
Поваренная соль	—	—	20—30	—	—	—
Магний металлический	—	—	—	—	6	4

Массовые доли компонентов флюсов для газовой сварки меди и ее сплавов, %

Компонент	Номер флюса					
	1	2	3	4	5	6
Борная кислота	35	25	50	—	—	100
Бура прокаленная	50	75	50	56	100	—
Кислый фосфорнокислый натрий	15	—	—	—	—	—
Хлористый натрий	—	—	—	22	—	—
Углекислый калий	—	—	—	22	—	—

Массовые доли компонентов флюсов и области их применения для кислородно-флюсовой резки, %

Группа флюсов	Железный порошок ПЖ2,М, ПЖ5М (ГОСТ 9849—74*)	Кварцевый песок	Алюминиевый порошок АПВ	Алюминиево-марганцевый порошок ПАМ-2 или ПАМ-3	Силикокальций СаСИ-1 или СаСи-2	Ферросилиций Си-45	Феррофосфор ФФ	Назначение
I	100	—	—	—	—	—	—	Разделительная резка высоколегированных, хлористых и хромоникелевых сталей и сплавов
	—	100	—	—	—	—	—	
	80—90	—	20—10	—	—	—	—	
	—	—	—	60—80	—	40—20	—	
II	65—75	—	—	—	—	—	35—25	Разделительная резка чугуна
	65—75	25—20	10—5	—	—	—	—	
III	70—80	—	30—20	—	—	—	—	Разделительная резка меди, латуни, бронзы
	70—80	20—15	10—5	—	—	—	—	
	70—75	—	20—15	—	—	—	15—10	
IV	100	—	—	—	—	—	—	Поверхностная резка высокохлористой и хромоникелевой стали
	—	—	—	25—30	75—70	—	—	

Газы для сварки и резки

Ацетилен применяется для всех видов газопламенной обработки металла. Самопроизвольно взрывается при 500° С и давлении 150 кПа, а в присутствии катализатора (окиси меди) — при 240 °С, в смеси с кислородом — при 305 °С. С медью и серебром образует взрывоопасную смесь, поэтому при изготовлении аппаратуры не используют сплавы с содержанием меди свыше 70%. Фосфористый водород может быть причиной самовоспламенения ацетилена.

На рабочие места газ поступает из передвижных генераторов, трубопроводов или баллонов с растворенным ацетиленом.

Водород применяется при сварке и пайке легкоплавких металлов и стекла, а также при кислородной резке под водой. Обладает высокой проникающей способностью, поэтому при его использовании нужно обращать особое внимание на плотность всех соединений аппаратуры. Взрывоопасен, особенно при образовании смеси 65% водорода с кислородом — «гремучий газ».

Природный газ (метан) — бесцветный, с запахом чеснока. Применяется для кислородной резки и других видов газопламенной обработки.

Сжиженные или жидкие газы: основные компоненты их — пропан и бутан при 20° С и 0,1 МПа находятся в газообразном состоянии, но при небольшом давлении сжижаются. Эти газы тяжелее воздуха и при утечках застаиваются в нижних частях помещений и углублениях. Поэтому их нельзя использовать в замкнутых сосудах, шахтах и т. п. При испарении 1 кг жидкой смеси получается около 0,5 м³ газа. Пропан-бутановая смесь применяется для газовой резки, при некоторых сварочных работах и для прихватки соединений под сварку.

Пары бензина и керосина используются в основном для кислородной резки металлов, обеспечивая хорошую чистоту реза. В резак подаются в жидком виде из специального бачка под давлением 200—300 кПа.

Кислород (ГОСТ 5583—78) — газ без цвета, запаха и вкуса. В смеси с горючими газами обеспечивает высокую температуру пламени. Масса 1 л жидкого кислорода при температуре —183° С и 0,1 МПа — 1,14 кг. Кислород выпускается трех сортов, чистотой не ниже, %: 1-й — 99,7; 2-ой — 99,5; Б — 99,2. Чистота кислорода особенно влияет на производительность и качество кислородной резки. Соприкосновение сжатого кислорода с маслами, жирами и мелкодисперсными

горючими веществами (угольной пылью, ворсинами тканей и т. д.) может привести к мгновенному окислению с выделением тепла, разогреву и воспламенению металлических частей аппаратуры, в первую очередь вентиля баллона. На рабочие места кислород попадает по трубопроводам под давлением до 1500 кПа или поступает из баллонов.

Техническая характеристика горючих газов (паров) и жидкостей при давлении 0,1 МПа (760 мм рт. ст.)

Наименование	ГОСТ	Плотность, кг/м³	Низшая теплотворная способность, Дж/м³	Температура пламени в рабочей зоне, °С	Соотношение между кислородом и горючим газом в смеси в горелке	Пределы взрываемости в смеси, %	
						с воздухом	с кислородом
Ацетилен	ГОСТ 5457—75	1,09	52 800	3150	1,1—1,7	2,2—82,0	2,3—93,0
Водород	ГОСТ 3022—80	0,084	10 100	3200	0,3—0,4	3,3—81,5	4,6—93,0
Коксовый	ГОСТ 8330—74	0,4—0,55	14 700—17 600	2000	0,6—0,8	7,0—19,0	—
Природный	ГОСТ 5542—78	0,7—0,9	35 600	2200	1,5—1,6	4,5—14,0	3,0—45,0
Городской	—	0,84—1,05	17 200—21 000	2000	1,5—1,6	3,8—24,8	10—73,6
Пропан-бутановая смесь	ГОСТ 20448—80	1,95	93 000	2400	3,4—3,8	2,17—9,5	2,4—57
Бензин	ГОСТ 1012—72*, ГОСТ 2084—77, ГОСТ 8505—80	0,7—0,76	42 700—44 300	2500—2600	1,1—1,4	0,7—6,0	2,1—28,4
Керосин	ГОСТ 4753—68*	0,8—0,84	42 000—42 700	2400—2500	1,7—2,4	1,4—5,5	—

Примечание. Для бензина и керосина характеристика и расход кислорода приведены на 1 кг жидкости горючего.

Применение горючих газов при газопламенной обработке

Газ	Вид газопламенной обработки
Ацетилен, пропан, бензин	Сварка тонколистовой стали, чугуна, меди, алюминия и их сплавов
Коксовый, водород, бензин	Сварка свинца, стекла
Ацетилен, пропан, коксовый, нефтяные и природные газы, водород, бензин, керосин	Пайка с газопламенным нагревом
Ацетилен, пропан, коксовый и нефтяной газы, бензин, керосин	Поверхностная закалка
Пропан, коксовый, природные газы	Напыление легкоплавких материалов
Ацетилен, пропан, коксовый, нефтяные природные и сланцевые газы, водород, бензин, керосин	Машинная листовая и заготовительная резка без скоса кромок
Ацетилен, пропан, природные газы, бензин, керосин	Нагрев при плавке, гибке и пр.
Ацетилен, пропан, бензин, керосин	То же, со скосом кромок
	Ручная заготовительная резка лома, стального литья, отрезка прибылей
Ацетилен, пропан, коксовый, природные газы, водород, бензин, керосин	Резка больших (более 200 мм) толщин
Ацетилен, пропан, коксовый, нефтяные и природные газы, бензин, керосин	Резка тонкого металла

Продолжение

Газ	Вид газопламенной обработки
Ацетилен, пропан, коксовый, природные газы, керосин	Кислородно-флюсовая резка
Водород, бензин	Подводная резка
Ацетилен, пропан, коксовый, нефтяные и природные газы, бензин	Зачистка металлургическая обычная
Ацетилен, природные газы, бензин	То же, кислородно-флюсовая
Ацетилен, коксовый, природные газы, бензин	Зачистка сплошная машинная
Ацетилен, пропан, коксовый, природные газы, бензин, керосин	Вырезка отдельных канавок

Защитные газы, применяемые для дуговой сварки и резки

Газ	ГОСТ и ТУ	Содержание чистого газа по объему, %, не менее	Транспортировка и рабочим местам	Применение
Аргон сорта:				
высшего	ГОСТ 10157—79	99,99	В баллонах под давлением 15±0,5 или 20±1 МПа в газообразном виде (может поставляться в смеси с кислородом, азотом, гелием, водородом)	Для сварки тонколистовых и нержавеющих сталей, алюминия, меди и их сплавов, резки металлов
1-го		99,98		
2-го		99,95		
Гелий высокой чистоты	ГОСТ 20461—75	99,985	В баллонах под давлением 15±0,5 или 20±1 МПа, в газообразном виде	Как заменитель аргона (расход выше на 30%); для поддува при сварке в аргоне активных и редких металлов. В качестве примеси к аргону при сварке алюминия, меди и их сплавов
Технический азот:	ГОСТ 9293—74*		В баллонах в газообразном виде под рабочим давлением 15±0,5 или 20±1 МПа и по трубопроводу	Для сварки меди и медных сплавов; резки нержавеющей стали толщиной 20—25 мм; испытания газосварочной аппаратуры
особой чистоты		99,8		
сорта:				
высшего		99,996		
1-го		99,994		
2-го		99,5		
Водород:	ГОСТ 3022—80		То же	Для атомно-водородной сварки; как примесь к аргону (5—10%) при сварке легкоокис-
А		99,8		
Б		98,0		
В, сорта:				
1-го		98,5		

Продолжение

Газ	ГОСТ и ТУ	Содержание чистого газа по объему, %, не менее	Транспортировка к рабочим местам	Применение
2-го		97,5		ляющихся сплавов толщиной 1 мм;
Г, сорта:				
1-го		97,5		как примесь к азоту (50%) — при резке металла большой толщины и 20—35% при резке цветных металлов
2-го		95,0		
Углекислый газ:				
пищевой		98,8	По газопроводу или в баллонах в жидком внде под давлением 20 МПа	Для сварки углеродистых, низколегированных и нержавеющих сталей; как примесь к аргоиу (10%) при сварке различных марок тонколистовой стали
технический	ГОСТ	98,5		
сварочный	8050—76	99,5		

Примечание. В пищевом углекислом газе содержится влага. Для удаления ее применяют осушитель с силикагелем или алюмогелем. Перед сваркой баллои должен отстояться (15—20 мин); первые порции газа необходимо выпустить в атмосферу. Можно также опрокинуть баллон и осторожно приоткрыть вентиль для выпуска воды.

ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СВАРКИ

Источники питания сварочной дуги

Источнпкн пнтания сварочной дуги должны удовлетворять следующим основным требованиям:

напряжение холостого хода должно быть достаточным для легкого зажнгания н устойчнвого горения дуги, но не превышать зиачений ГОСТ и ТУ на соответствующее оборудование;

должны быть рассчитаны на работу прн периодическнх коротких замыканиях сварочиой цепи. Ток короткого замыкания должен быть в пределах 1,25—2 зиачений рабочего тока;

должны обеспечивать легкое зажиганне во всем диапазоне регулирования сварочиого тока, иачиная с 40—50 А;

внешние характеристнкн источников питания должны быть крутопадающими (для сварки штучным, иеплавящнмся н плавящнмся электродами с зависимой от напряженпя дуги скоростью подачи), пологопадающими и жесткими или возрастающими (для сварки плавящимся электродом с иезависимой скоростью подачи), продолжительность включения прн ручной сварке должна быть 60% (допускается 20% при сварке короткомерных швов и прихватке).

На монтажных площадках целесообразно прнменение дистанционных регуляторов. Прн отсутствии постоянных рабочих мест сварщиков необходимы малогабаритные нсточнкн тока или передвижные сварочные посты (на автомобилях, автоприцепах, в контейнерах). В условиях, опасных для исполнителей, в перерывах между сваркой напряжение холостого хода источников тока должно понижаться до безопасной величины.

Источнпки питання подразделяются по следующим прнзнакам:

по роду тока — на постояиный (сварочные выпрямнтели н электромашинные генераторы постоянного тока — преобразователи н агрегаты) н перемеиный (сварочные трансформаторы и одиофазные электромашиниые генераторы повышенной частоты); по способу установкн — на стационарные и передвнжные;

по количеству обслуживающих постов — на одно- н многопостовые;

по конструктивному исполиению — на однокорпусные и раздельные;

по мощностн — на малую, средиюю, большую;

по схеме подключения к сетн — на много- и однофазные;

по назиаченню — на универсальные н спецналнзированные.

Сравнительные технико-экономические показатели источников питания для дуговой сварки

Технико-экономические показатели	Единица измерения	Источники постоянного тока		Источники переменного тока (траисформаторы)
		Преобразователь	Выпрямитель	
Затраты на изготовление	%	100	75	50
Масса	%	100	60	50
Обслуживанне	—	Трудоемкое	Нетрудоемкое	Нетрудоемкое
КПД	—	0,45—0,65	0,5—0,75	0,6—0,8
Cos φ	—	0,7—0,9	0,5—0,75	0,3—0,6
Потерн холостого хода	кВ·А	1,6—3,2	0,3—0,8	0,4—0,9
Нагрузка сетн	—	Трехфазная	Трехфазная	Одиофазная
Уровень шума	—	Высокий	Низкнй	Низкнй
Чувствительность к перегрузкам	—	Нечувствнтелен	Чувствителен	Нечувствителен
Падение мощиости при колебаинн иапряженпя сети 8%	%	10—15	16—28	18—35

Техническая характеристика сварочных преобразователей и агрегатов с электродвигателями

Тип			Мощность приводного двигателя, кВт	Частота вращения, об/мин	Габариты (длина × ширина × высота), мм	Масса, кг
преобразователя или агрегата	генератора	приводного двигателя				
Преобразователи однокорпусные передвижные						
ПСО-120 *	ГСО-120	АВ-42/2	7,3	2900	1055×550×730	155
ПСО-300А *	ГСО-300А	А-62/4	14	2890	1020×608×996	305
ПСО-300-3	ГСО-300-3	АВ2-61-4	13	1450	1096×590×800	400
ПСО-300 *	ГСО-300	АВ2-62-4	14	1450	1015×590×980	400
ПСО-300М *	ГСО-300М	А-62/4	14	2920	550×645×1150	300
ПС-300М *	СГ-300М	А-62/4	14	1450	1200×755×1170	570
ПСО-500 *	ГСО-500	АВ-2-71-2	30	2930	1075×650×1085	540
ПСГ-500-1	ГСГ-500-1	АВ2-71-2	30	2930	1050×590×870	460
ПС-500 *	ГС-500	А-72/4	28	1450	1400×770×1140	940
ПД-101 *	ГД-101	АВ2-42-2В	7,5	2910	806×480×625	222
ПД-303 *	ГСО-300А	АВ2-51-2	10	2890	1031×608×996	331
ПСУ-300 *	ГСУ-300	АВ2-82/2	10	2890	1160×490×740	300
ПСУ-500-2 *	ГСУ-500-2	АВ-2-52/2	30	2930	1075×1085×650	545

* Здесь и далее оборудование, не выпускаемое в нзстоящее время серийно, обозначено *.

Тип			Мощность приводного двигателя, кВт	Частота вращения, об/мин	Габариты (длина × ширина × высота), мм	Масса, кг
преобразователя или агрегата	генератора	приводного двигателя				
Преобразователи однокорпусные стационарные						
ПС-1000	ГС-1000-II	АВ2-82-4	55	1470	1465×770×910	1600
ПС-1000-III	ГС-1000-II, ГС-1000-III	АВ-82/74	55	1460	1465×770×910	1600
ПСМ-1000-II*	СГ-1000	АД-91/4	75	1450	1520×820×910	1600
ПСМ-1000-4*	ГСМ-1000-4	А2-82/2	75	2925	1430×620×820	950
Преобразователь однокорпусный на одной раме с двумя полуавтоматами А-547 с крышей и откидными стенками						
СДАУ-1	ПСГ-500-1	А-71/2	28	2930	1950×900×1500	1000
Агрегаты двухмашинные на общей раме						
АСУМ-400	ГСУМ-400	АМ-82-2	12	2925	1860×620×920	875
САМ-300 *	ГСО-300М	П62М	16	1560	1435×600×832	635
Агрегат трехмашинный стационарный						
АСО-2000	СГ-1000-II (2 шт.)	А101-4	125	1460	4000×935×1190	4000

Техническая характеристика агрегатов с бензиновыми и дизельнымк двигателями

Тип			Мощность приводного двигателя, кВт	Частота вращения, об/мин	Габариты (длина × ширина × высота), мм	Масса, кг
агрегата	генератора	приводного двигателя				
На общей раме с крышей и съемными стенками						
АБ-8-АСБ-300М *	ПГС-300	407-Д1	14,7	3000	1690×810×1080	515
АД-301 *	ГСО-300-12	Д-37М	29,4	1600	1915×895×1250	800
АД-302 *	ГСО-300-12	Д-22	22	1600	1915×895×1250	840
АДБ-306	ГСО-300-5	320-01	29,4	2000	1915×895×1250	650
АДБ-309	ГД-303	320Б	29,4	2000	1980×880×1200	750
АДБ-318	ГД-312	320-01	29,4	2000	1895×880×1655	710
АДД-303	ГСО-300-12	Д-37Е	29,4	1600	1915×895×1250	900
АДД-305	ГД-310	Д-37Е	29,4	1600	1915×895×1140	900
АСБ-300М	ГСО-300М	408	14,7	3000	1660×1095×935	565
АСБ-300-7	ГСО-300-5	ГАЗ-320	29,4	2000	1915×895×1250	640
АСБ-300-8	ГСО-300-8	ГАЗ-320	29,4	3000	1915×895×1250	640
АСБП-300	ГСО-300-5	ГАЗ-320Ж	18,4	2000	1915×895×1655	860

Тип			Мощность приводного двигателя, кВт	Частота вращения, об/мин	Габариты (длина × ширина × высота), мм	Масса, кг
агрегата	генеретора	приводного двигателя				
На общей раме с крышей и откидными стенками						
АСД-3-1	СГП-3-VIII	ЯАЗ-М69-204Г	44	1500	2820×1100×2115	2500
АСД-300 *	ГСО-300	5П4-44-8,5/11	17,7	1500	1885×875×1470	980
АСД-300М	ГСО-300	5П4-44-8,5/11	17,7	1500	1885×875×1470	980
ПАС-400-VII *	СГП-3-VI	ЗИЛ-164А	48	1600	2950×1900×880	1900
ПАС-400-VIII *	СГП-3-VI	ЗИЛ-164А	48	1600	2950×1900×880	1900
САК-2МVI *	СМГ-2М-VI	ГАЗ-МК	22	1430	2080×810×1730	900
На общей раме с крышей						
АСБ-120 *	ГСО-120-2	УД-2	6,6	2900	1290×645×935	300
На общей раме и съемными стенками на одноосном прицепе						
АДД-304	ГД-307	1Р2-10	13,2	1880	1820×930×1450	—
На общей раме с крышей и съемными стенками на двухосном прицепе						
АСДП-500	СГП-3-VIII	ЯАЗ-М204Г	44	1500	5380×1930×2600	440
АСДП-500Г-3М	ГСМ-500	ЯАЗ-М204Г	44	1500	6400×2500×2800	5000
АСДП-1000Г	ГС-1000-III	У1Д-6-С2	121	1500	6350×2250×2900	6250
Агрегаты на общей раме с крышей и откидными стенками на базе трактора Т-100М						
СДУ2В	ГСО-300-5 (2 шт.)	Д-108	79,5	2000	5235×2460×3040	13500
СДУА	ГСО-300-5 (4 шт.)	Д-108	79,5	2000	5770×2460×3040	14600
То же, на базе трактора Т-100МБ						
СДУ2Б-1	ГСО-300-5 (2 шт.)	Д-108	79,5	2000	5730×3250×3040	15400

Технические характеристики однопостовых сварочных выпрямителей

Тип	Напряжение, В			Сварочный ток, А		Режим работы ПВ, %	Номинальная мощность, кВА	Габариты, мм	Масса, кг
	питающей сети	рабочее	холостого хода	Номинальный	Пределы регулирования				
Для дуговой сварки в защитных газах плавящимся электродом (жесткая характеристика)									
ВДГ-301	380	15—32	46	300	40—300	60	15	960×700×775	210
ВДГ-302	380; 220	16—38	—	315	50—315	60	18	1015×748×953	275
ВДГ-502	380	16—40	60	500	600—500	60	—	1050×760×960	370
ВДГ-505	380; 220	40	90	500	100—500	60	33,5	1200×950×760	370
ВДГ-601	380; 220	—	—	630	100—700	60	69	1234×868×108	530
ВДГИ-101	380; 220	32	18—50	315	50—315	60	20	710×550×955	250
ВДГИ-102	380; 220	10—25	—	160	—	60	—	1015×748×953	300
ВДГИ-301	380; 220	30	10—35	315	40—325	60	13	1015×748×953	350
ВЖ-2П	380;	—	21—40	180	—	60	6	595×602×652	57
ВЖ-2М	380	11—29	21—40	200	—	25	8,5	590×390×540	50
ВСП-160	380	—	14—30	160	—	60	—	520×700×1195	280
ВСП-315	380	—	14—40	315	—	60	—	520×700×1195	350
ВСП-630	380	—	14—50	630	—	60	—	800×1000×1510	—
ВСП-1000	380	—	14—60	1000	—	60	—	800×1000×1510	1150
ТИР-100А	380	—	—	100	3—100	65	5,5	755×531×1370	260
ТИР-100М	380	—	—	100	3—100	65	6,5	760×550×1500	420
ВДГ-1001	380	24—66	—	1000	300—1000	100	105	1150×1850×900	950
ВС-200 *	380; 220	17—26	19—28	200	30—200	65	8,5	660×430×1200	187
ВС-300	380	30	20—40	300	30—300	65	—	560×720×965	250
ВС-500	380	40	20—53	500	50—500	65	31	720×660×1150	350
ВС-600	380	40	24—49	600	60—600	65	38	1070×880×1490	490
ВС-1000 *	380	17—48	28—63	1000	50—1000	65	75	880×700×1375	600
ВС-1000-1 *	380	17—48	65	1000	50—1000	65	—	880×700×1375	650
ВС-1000-2 *	380	36	18—65	1000	50—1000	65	92	880×700×1375	650
Для ручной дуговой и механизированной под флюсом сварки (крутопадающая характеристика)									
ВД-502	380; 220	40	80	500	50—500	60	42	810×550×1062	355
ВКС-120 *	380; 220	30	55—65	120	15—130	65	4,8	—	142
ВКС-500	380; 220	40	65—74	500	60—550	65	27	—	410
ВКС-500-1	380; 220	40	65—78	500	60—550	65	28	—	420
ВСС-300×3	380; 220	30	58—65	300	35—330	65	22	875×735×900	240
Универсальные сварочные выпрямители									
ВСУ-300	380; 220	17—35	58—65	300; 220	50—380; 25—240	65	67; 63	910×612×960	320
ВСУ-500	380; 220	20—40	52—68	500; 350	90—550; 50—350	65	40	1186×953×1017	420
ВДУ-504	380; 220	72—76	18—50; 24—15	500	100—500; 70—500	65	40	1110×940×816	400
ВДУ-1001	380	66—56	56—24	1000	300—1000	100	105	1800×1100×880	900
ВДУ-1601	380	26—66	26—66	1600	500—1600	100	165	960×1150×1850	950
ВСК-150 *	380	17—23	70	150	50—200	65	—	1800×1100×800	950
ВСК-300 *	380; 220	14—34	70	300	75—400	65	—	—	72
ВСК-500 *	380	24—28	70	500	125—675	65	—	—	178
ВКСУ-500 ×2	380	40	78	1000	160—1150	65	40	1850×870×1220	850

Техническая характеристика многопостовых сварочных выпрямителей

Тип	Количество сварочных постов, шт.	Напряжение, В		Сварочный ток, А		Режим работы, ПВ, %	Номинальная мощность, кВА	Масса, кг
		рабочее	холостого хода	номинальный	одного поста			
ВДМ-1001	7	60	70	1000	300	100	7,6	550
ВДМ-1601	9	60	70	1600	300	65	122	770
ВДМ-3001	18	60	70	3000	300	65	230	1750
ВДГМ-1001	9	26	24—28	1000	200	100	78	520
ВДГМ-1601	9	40	37—43	1600	360	100	—	770
ВДГМ-1602	10	30	—	1600	120—250	—	—	750
ВДГМ-1602-1	6	50	—	1600	200—400	100	—	1000
ВДГМ-1602-2	4	60	—	1600	400—630	—	—	1000
ИДГМ-1001	9	—	96	1000	200	60	78	520
ИДГМ-1601	18	40	—	1600	300	60	—	770
ВМГ-5000	30	30—60	68	5000	480	100	317	3200

Примечание. Выпрямители универсальные, кроме ВДМ-1001, ВДМ-1601 и ВДМ-30001, которые предназначены для ручной электродуговой сварки.

Техническая характеристика генераторов для импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом в инертных газах

Тип	Пределы регулирования амплитуды импульсов тока, А	Частота генерирования, импульс/с	Длительность импульса, мс	Число ступеней регулирования		Диаметр электрода, мм	Номинальная мощность, кВА	Габариты, мм	Масса, кг
				тока импульса	длительности импульса				
ИИП-1 *	400—850	50	1,5—2,0	3	4	1,6—2,0	5	444×700×895	180
ИИП-2 *	600—1000	50	1,6—2,8	3	4	0,8—2,5	10	580×680×910	25
ГИ-ИДС-1	400—1200	60; 100	1,8—3,5	3	3	0,8—2,5	15,2	520×510×800	160
ГИ-ИДС-2 *	200—1200	100	1,0—2,5	4	1 (плавно)	0,8—2,5	13,4	544×483×700	100
ГИД-1 *	450—1200	50; 100	1,5—3,0	3	2 (плавно)	0,8—2,5	11	774×73×1185	200

Примечание. Напряжение сети составляет 380 В.

Техническая характеристика аппаратов типа АП для питания установок аргонодуговой сварки неплавящимся электродом

Тип	Напряжение, В		Сварочный ток, А		Пределы регулирования импульсов, с	Мощность, кВА	Габариты, мм	Масса, кг
	питающей сети	холостого хода	номинальный	пределы регулирования				
АП-2 *	380; 220	40	15	0,5—15	0,03—0,25	0,3	780×400×590	65
АП-4 *	220	35	30	0,5—30	0,03—0,6	1,2	565×300×340	35
АП-5 *	380	40	100	5—100	0,03—0,6	4,8	664×518×955	100
АП-5М	380; 220	80	100	10—100	0,03—0,3	6,0	800×600×1400	130
АП-6	380	37	100	15—100	—	6,0	660×350×385	50

Техническая характеристика сварочных трансформаторов

Тип	Напряжение, В: питающей сети	Напряжение, В: рабочее	Сварочный ток, А: холостого хода	Сварочный ток, А: номинальный	Сварочный ток, А: пределы регулирования	Номинальная мощность, кВА	Режим работы, ПР, %	Внешние характеристики	Габариты, мм	Масса, кг
С нормальным магнитным рассеиванием										
ТСД-500 *	380; 220	45	80	500	200—600	42	60	Падающие	950×818×1242	450
ТСД-500-1 *	380; 220	45	80	500	200—600	42	60	»	950×818×1242	475
ТСД-1000-3 *	380; 220	42	70	1000	400—1200	76	60	Крутопадающие	950×818×1215	540
ТСД-1000-4 *	380; 220	42	69; 78	1000	400—1200	78	60	»	950×818×1382	510
ТСД-2000 *	380	52	80	2000	800—2000	180	60	Падающие	1050×900×1300	670
ТСД-2000-2 *	380; 220	53	72; 84	2000	800—2200	165	60	»	910×818×1382	675
С повышенным магнитным рассеиванием										
СТШ-300 *	380; 220	30	63	300	110—405	20,5	60	Падающие	545×695×707	156
СТШ-500 *	380; 220	30	60	500	145—650	33	60	»	670×666×753	220
СТШ-500М	380; 220	40	60	500	60—580	33	60	»	700×670×750	220
СТШ-500-80 *	380	50	80	500	60—800	44,5	60	»	965×762×750	323
ТД-101	220	22	65	50	30—50	2,1	20	Крутопадающие	405×200×375	20
ТД-300	380; 220	30	61—79	300	60—400	19,4	60	»	640×715×490	137
ТД-304	380; 220	35	61—79	300	60—385	19,4	60	»	692×620×710	137
ТД-500	380; 220	30	60—76	500	100—560	34	60	»	720×580×850	210
ТД-502	380; 220	40	59—73	500	100—560	26,6	60	»	765×720×835	230
ТСК-300 *	380	30	63	300	110—385	20	65	Падающие	760×520×970	215
ТСК-500 *	380	30	60	500	165—650	32	65	»	840×575×1060	280
ТС-120 *	380; 220	25	68	120	50—160	9	65	»	650×340×880	90
ТС-300 *	380; 220	30	63	300	110—385	20	65	»	760×520×970	185
ТС-500 *	380; 220	30	60	500	165—650	32	65	»	840×575×1060	250
ТДФ-1001	380; 220	44	68—71	1000	400—1200	82	100	»	1200×830×1200	720
ТДФ-1601	380	60	75—105	1600	600—1800	182	100	»	1200×830×1200	1000
ТДФ-2001 *	380	50	68—79	2000	800—2200	170	100	»	1200×830×1200	1000

Техническая характеристика малогабаритных сварочных трансформаторов для ручной дуговой сварки и прихватки в условиях монтажной площадки

Тип	Напряжение, В: питающей сети	Напряжение, В: рабочее	Напряжение, В: холостого хода	Сварочный ток, А: номинальный	Сварочный ток, А: пределы регулирования	Режим работы, ПР, %	Номинальная мощность, кВА	Габариты, мм	Масса, кг
ТДП-1	380; 220	25	68	160	58—180	20	11,4	435×310×535	38
ТСМ-250	380	25	60	250	92—250	20	16	418×360×400	38
ТСМ-500	380	40	68	500	60—700	40	32	650×560×580	130
ТСП-1 *	380; 220	25	65—70	160	105—180	20	12	254×424×435	35
ТСП-2	380; 220	30	62	300	90—300	20	11,8	510×370×590	65
АДЗ-50	220	22	—	50	—	20	2,1	360×210×510	25
«Разряд-250М»	380	30	60	250	90—250	20	16	400×370×490	44
СТШ-200-									
ТМ2	380	25	61	200	70—260	20	13	420×380×425	69
СТШ-250 *	380	25	61	250	80—260	20	15,3	420×310×425	44

Техническая характеристика трансформаторов для электрошлаковой сварки

Тип	Напряжение, В: рабочее	Напряжение, В: пределы регулирования	Напряжение, В: число ступеней регулирования	Номинальный сварочный ток в фазе, А	Режим работы ПР, %	Номинальная мощность, кВА	Габариты, мм	Масса, кг
ТШС-600-3 *	56	38—62	18	600	100	96	1450×850×1500	1160
ТШС-1000-1	56	38—62	18	1000	80	54	650×650×1160	500
ТШС-1000-3	56	38—62	18	1000	80	160	1520×950×1720	1256
ТШС-3000-1 *	46	18—46	10	3000	100	140	960×106×780	582
ТШС-3000-3 *	56	8—63	48	3000	100	138	1360×1335×1505	2200
ТШС-10 000-1 *	41	28—41	4	10 000	100	410	1370×1300×900	1650
ТШП-10-1-II *	61	36—61	4	10 000	100	610	1740×1100×1840	3650
ТШП-10 000-1 *	72	40—72	4	10 000	100	724	1770×1010×1762	2480
ТШП-15-3 *	30	14—50	10	15 000	100	1370	1450×1300×1300	3250
ТРМК-1000-1	57	15—63	4	1000	100	70	950×730×1600	700
ТРМК-3000-1 *	55	22—61	3	3000	100	190	1220×950×1600	1300
А-1006 *	69	41—69	4	5100	100	615	1345×1380×1651	2220

Техническая характеристика балластных реостатов

Тип	Номинальный ток при ПР=60%, А	Пределы регулирования тока, А	Габариты, мм	Масса, кг
РБ-201	200	10—200	550×355×635	30
РБ-300	300	10—300	550×370×700	38
РБ-301	300	10—300	580×410×635	35
РБ-501	500	10—500	580×465×635	40
РБГ-301	300	До 315	600×410×390	32
РБГ-502	500	До 500	580×465×648	40

Техническая характеристика источников питания для плазменной резки

Тип	Номинальный ток при ПР = = 100%, А	Пределы регулирования тока, А	Напряжение, В			Номинальная потребляемая мощность, кВА	Габариты, мм	Масса, кг
			сети	номинальное	холостого хода			
ВПР-401	320	100—450	380	130	180	72	990×1048×1390	1200
ВПР-402	450	100—450	380	200	300	120	1049×1060×1430	1700
ВПР-602	630	200—700	380	200	300	190	1460×1150×1150	2500
ИПГ-500-1	500	100—600	380	200	300	150	1128×870×1462	2000

Техническая характеристика установок для ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом

Тип	Напряжение питания, В		Пределы регулирования тока, А	Габариты, мм	Масса, кг
	первичное	вторичное			
УДАР-300	220; 380	60	50—300	Шкаф управления 710×1670×722	245
				Сварочный трансформатор 314×651×666	140
				Дроссель 725×684×480	250
УДАР-500	220; 380	65	60—500	Шкаф управления 710×1670×722	290
				Сварочный трансформатор 314×651×666	160
				Дроссель 755×465×470	260
УДГ-301	220; 380	70	15—310	1590×860×730	550
УДГ-501	220; 380	70	40—520	1590×860×730	570
ПАРС-1	220	50—70	250	—	15 (без источника питания)

Техническая характеристика сварочных осцилляторов

Тип	Напряжение, В		Потребляемая мощность, кВт	Габариты, мм	Масса, кг
	питающей сети	холостого хода			
ТУ-2 *	220; 65	3700	0,225	390×270×350	20
ТУ-77 *	220; 65	1500	1,0	390×270×350	25
ТУ-177 *	220; 65	2500	0,4	390×270×350	20
М-2 *	220; 110	2600	0,14	300×235×265	20
М-3	65; 40	2500	0,08	350×240×290	15
ОС-1 *	65	2500	0,13	315×215×260	15
ОСЦН *	220	2300	0,4	390×270×310	35
ОСП-3-300М *	220	5000	0,04	290×2254×150	7
ОСП-3-2М *	220	6000	0,044	250×170×110	6,5
ОСП-3-2М-1 *	220	8000	0,02	250×176×110	3,8

Модулятор переменного сварочного тока ОИ-101 разработан Институтом электросварки им. Е. О. Патона и предназначен для создания пульсирующего режима сварки применительно к ручной дуговой сварке покрытыми электродами.

Модулятор выполнен однокорпусным и подсоединяется последовательно со вторичной обмоткой любого сварочного трансформатора. В нем предусмотрена возможность ступенчатого регулирования тока паузы в зависимости от типа и диаметра применяемых электродов. Величина тока импульса устанавливается непосредственно на трансформаторе. Схема модулятора обеспечивает раздельное регулирование длительности импульса и паузы в широких пределах.

Техническая характеристика модулятора переменного сварочного тока ОИ-101

Номинальный сварочный ток в период импульса, А	280
Длительность импульса, с	0,02—0,5
Длительность паузы, с	0,02—0,5
Ток паузы (установочно), А	60,90
Относительная продолжительность работы ПВ, %	60
Напряжение питания модулятора, В	220
Охлаждение	Воздушное, естественное
Габариты (длина × ширина × высота), мм	350×216×555
Масса, кг	12

Модулятор позволяет значительно расширить технологические возможности дуговой сварки на переменном токе: увеличить глубину проплавления при меньшей, чем обычно, зоне термического влияния, улучшить качество шва, его формирование, увеличить производительность процесса при сварке в различных пространственных положениях, упростить технику сварки и снизить требования к квалификации сварщика.

С использованием модулятора можно сваривать тонколистовые конструкции ($\delta \geqslant 0{,}6 \div 0{,}8$ мм) широко распространенными электродами Ø 3 и 4 мм. Модулятор рекомендуется для ручной сварки в условиях монтажа и ремонтных мастерских.

Техническая характеристика полуавтоматов для сварки в защитных газах

Тип полуавтомата	Напряжение сети, В	Номинальный сварочный ток при ПР = 60%, А	Диаметр электродной проволоки, мм	Габариты механизма подачи, мм	Масса, кг	
					механизма подачи	шкафа управления
А-537 *	220/380	500	1,6—2	405×335×432	21	30
А-537Р *	380	500	1,6—2	330×280×325	25	22
А-537У *	380	500	1,6—2	330×280×325	25	35
А-547Р	380	200	0,8—1,2	330×118×245	21	5,5
А-547У	380	300	0,8—1,2	350×118×245	6,25	8,5
ПДГ-301	220/380	315	0,8—1,4	450×275×240	6	30
ПДГ-302	220/380	300	0,8—2	380×330×100	5	30
ПДГ-303	220/380	315	0,8—1,2	450×275×240	5	30
ПДГ-304 *	220/380	315	0,8—2	380×330×100	5	30
ПДГ-305	220/380	315	0,8—1,4	362×284×153	12,5	74
ПДГ-306 *	220/380	315	0,8—1,4	362×284×153	12,5	74
ПДГ-502	220/380	500	1,2—2	470×298×260	13	74
ПДГ-503	380	500	1,6—2	904×660×434	27,5	74
ПДГ-504	380	500	1,2—2	470×298×260	13	74
ПДГ-505	380	500	1,2—2	470×298×260	13	74
ПДПГ-500	220/380	500	0,8—2	670×320×335	15	80
ПДГИ-101	380	120	1,2—1,6	362×284×153	12,5	300
ПДГИ-302	380	315	1,2—1,6	470×298×260	13	350
ПДГИ-303	380	315	1,2—2	470×298×260	13	350
ПШП-10	220	300	1—2,5	325×85×200	1,7	23,6
ПШП-16	220	350	1,2—2	540×215×320	8,3	30
ПШП-17	220	315	0,6—2	570×222×426	25,5	125
А-825М	220/380	300	0,8—1,2	305×175×245	10,5	15
А-929 *	220/380	350	1—2	305×175×245	10,5	15
А-1035М *	220/380	450	1,6—2	900×660×480	30	22
А-1197П	220/380	500	1,6—2	960×660×560	35	70
А-1230М	380	315	0,8—1,2	364×290×130	10	—
ПРМ-4	220	400	0,8—2	—	6 (с ранцем)	—

Техническая характеристика унифицированных горелок типа ГДПГ для полуавтоматической дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитных газов

Марка	Номинальный сварочный ток, А	Электродная проволока		Длина шлангов, м	Охлаждение	Масса (без шлангов), кг
		Диаметр, мм	Материал			
ГДПГ-101-8	160	0,8—1,2	Сталь	2	Воздушное	0,45
ГДПГ-101-9	160	0,8—1,2	»	1	То же	0,45
ГДПГ-101-10	160	0,8—1,2	»	2	»	0,45
ГДПГ-102	160	1,2—1,6	Алюминий	2	»	0,45
ГДПГ-301-6	315	1,2—1,4	Сталь	3	»	0,6
ГДПГ-301-7	315	0,8—1,4	»	1	»	0,6

Марка	Номинальный сварочный ток, А	Электродная проволока		Длина шлангов, м	Охлаждение	Масса (без шлангов), кг
		Диаметр, мм	Материал			
ГДПГ-301-8	315	1,2—1,4	Сталь	3	Воздушное	0,6
ГДПГ-302	315	1,6—2,0	Алюминий	2	Водяное	0,7
ГДПГ-501-4	500	1,4—2,1	Сталь	3	»	0,7
ГДПГ-603	630	1,6—2,5	»	3	»	0,7

Техническая характеристика полуавтоматов для дуговой сварки под флюсом

Тип	Электродная проволока		Сварочный ток, А		Механизм подачи электродной проволоки	
	Диаметр, мм	Скорость подачи, м/ч	Номинальный	Пределы регулирования	Габариты, мм	Масса, кг
ПШ-54 *	1,6—2	80—600	630	100—550	405×330×340	23
ПДШР-500	1,6—2,5	100—420	500	100—425	400×345×343	13
ПДШС-500С	1,6—2	120—600	500	125—500	670×320×335	15
ПДШР-500М	1,6—2	120—600	500	125—500	670×320×335	15
А-1197Ф	1,6—2	120—720	500	—	550×360×200	23
А-1035 *	1,6—2,5	58—580	450	—	900×660×420	25

Техническая характеристика полуавтоматов для дуговой сварки самозащитными проволоками

Тип	Диаметр электродной проволоки, мм		Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	Номинальный сварочный ток, А	Подающий механизм	
	сплошной	порошковой			Габариты, мм	Масса, кг
А-765	1,6—2	1,6—3,0	115—750	450	320×170×240	16,5
А-1114М	1,6—2	—	106—428	500	364×290×130	10,5
А-1234	1,6—2	—	106—428	350	364×290×130	10,5
А-1197	1,6—2	1,6—3,5	90—900	500	550×360×200	23,0
А-1035 *	1,6—2,5	1,6—3,5	58—580	450	900×560×420	25,0
«Луч»	0,6—1	—	—	80	370×180×320	2,0

Техническая характеристика сварочных головок

Тип	Электродная проволока: Диаметр, мм	Электродная проволока: Скорость подачи, м/ч	Скорость сварки, м/ч	Номинальный сварочный ток при ПВ=65%, А	Масса, кг	Назначение
Однодуговые для сварки под флюсом						
АБС	2—6	29—220	14—110	1500	160	Сварка продольных и кольцевых швов стыковых, угловых и нахлесточных соединений толщиной 5—30 мм, наплавки и др.
А-1215	2—5	50—490	12—120	1000	270	Сварка продольных и кольцевых швов стыковых, угловых и нахлесточных соединений толщиной 5—30 мм
АДК-500	1,6—2,5	90—960	20—70	500	650	Сварка на постоянном токе кольцевых швов диаметром 150—600 мм
ПТ-56	1,6—2	100—500		600	34,5	Сварка поворотных стыков труб диаметром 325—1020 мм
СГФ-601	2	192—572	—	600	37	То же, диаметром свариваемых труб 325—1420 мм
СГФ-1003	3—5	45—265	—	1200	50	То же, диаметром 820—1620 мм
СГФ-1004	2—3	192—572	—	1000	40	То же, диаметром 325—1420 мм
ИК-47	2—3	192—572	—	1000	55	То же, диаметром 530—1420 мм
А-1401	2—5	53—532	12—120	1000	325	Сварка продольных и кольцевых швов стыковых, угловых и нахлесточных соединений
А-1410	2—6	53—532	12—120	2000	325	
А-1416	2—5	50—509	12—120	1000	320	
А-1419	2—6	50—509	24—240	2000	320	

Тип	Электродная проволока: Диаметр, мм	Электродная проволока: Скорость подачи, м/ч	Скорость сварки, м/ч	Номинальный сварочный ток при ПВ=65%, А	Масса, кг	Назначение
Двухдуговые для сварки под флюсом						
А-1185	2—5	50—490	24—240	1600×2	400	Сварка стыковых, угловых и нахлесточных соединений на плоских и цилиндрических поверхностях
А-1156	3—5	155—650	80—250	1500×2	985	Сварка внутренних продольных швов цилиндрических изделий диаметром более 1000 мм
А-639	2—5	29—220	14—110	1000×2	250	Сварка прямолинейных швов и наплавка
Однодуговые для сварки в защитных газах плавящимся электродом						
А-1150У	2,5—3,5	180—220	3—10	500	31,6	Сварка сплошной или порошковой проволокой с принудительным формированием вертикальных и наклонных швов металла толщиной 8—30 мм
А-1237	3—5	50—400	1—10	500	85	То же, 50—100 мм
А-1381	2—4	150—300	4—12	500	58	Сварка порошковой проволокой с принудительным формированием стыковых швов на криволинейной поверхности
А-1325		140—280	14—45	1000	150	Сварка порошковой проволокой с принудительным формированием горизонтальных швов на вертикальной плоскости

Тип	Электродная проволока: Диаметр, мм	Электродная проволока: Скорость подачи, м/ч	Скорость сварки, м/ч	Номинальный сварочный ток при ПВ=65%, А	Масса, кг	Назначение
ТСГ-7	1—2,5	250—850	—	450	20	Сварка поворотных стыков труб диаметром 56—1020 мм
Универсальные						
АДФГ-501	1—2,5	90—960	20—70	500	400	Сварка под флюсом и в защитных газах на горизонтальной, вертикальной и наклонной плоскостях кольцевых соединений диаметром 150—600 мм
А-874С, А-874Н	3—6 (2—3,5 — порошковая)	—	10—232 (5—116 — наплавки)	1500 (переменный), 1000 — (постоянный при наплавке)	285	Сварка стыковых, угловых и нахлесточных швов и наплавка открытой дугой, под слоем флюса или в среде углекислого газа

Техническая характеристика переносных автоматов для аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом неповоротных стыков труб в монтажных условиях

Марка	Диаметр свариваемых труб, мм	Максимальный сварочный ток, А	Головка: Радиус вращающихся частей, мм	Головка: Установочная длина, мм	Головка: Габариты, мм	Головка: Масса без шлангов, кг	Назначение
АСТ-I-25-А	8—25	200	55	65	200×80×185	2,3	Сварка без присадки труб из алюминиевых сплавов
АСТ-I-40-А	25—40	200	80	65	200×80×207	3,1	
АСТ-I-60-А	40—60	220	90	65	218×80×228	3,5	
АСТ-I-85-А	60—85	200	105	65	230×85×264	4,2	
АСТ-I-110-А	85—110	200	120	65	242×85×296	4,6	
АСТ-I-150-А	110—150	200	140	65	257×85×345	5,4	
АСТ-I-220-А	150—220	200	170	65	310×85×420	6,1	

Марка	Диаметр свариваемых труб, мм	Максимальный сварочный ток, А	Головка: Радиус вращающихся частей, мм	Головка: Установочная длина, мм	Головка: Габариты, мм	Головка: Масса без шлангов, кг	Назначение
АСТ-I-25-С	8—25	250	55	65	200×80×185	2,3	Сварка без присадки труб из коррозиестойких сталей
АСТ-I-40-С	25—40	250	80	65	206×80×207	3,1	
АСТ-I-50-С	40—60	250	90	65	218×80×228	3,5	
АСТ-I-85-С	60—85	250	105	65	230×85×264	4,2	
АСТ-I-110-С	85—110	250	120	65	242×85×296	4,6	
АСТ-I-150-С	110—150	250	140	66	257×85×345	5,4	
АСТ-I-220-С	150—220	250	170	65	310×85×420	6,1	
АСТ-I-25-Т	8—25	300	55	65	200×80×185	2,3	Сварка без присадки труб из титановых сплавов
АСТ-I-40-Т	25—40	300	80	65	200×80×207	3,1	
АСТ-I-60-Т	40—60	300	90	65	218×85×228	3,5	
АСТ-I-85-Т	60—85	300	105	65	230×85×264	4,2	
АСТ-I-110-Т	85—110	300	120	65	242×85×296	4,6	
АСТ-I-150-Т	110—150	300	140	65	257×85×345	5,4	
АСТ-I-220-Т	150—220	300	170	65	310×85×420	6,1	
АСТ-II-25-А	8—25	200	55	75	110×115×305	5,3	Сварка с присадочной проволокой труб из алюминиевых сплавов
АСТ-II-40-А	25—40	200	80	75	136×115×305	6,1	
АСТ-II-60-А	40—60	200	90	75	155×115×320	6,6	
АСТ-II-85-А	60—85	200	105	75	170×115×346	6,8	
АСТ-II-110-А	85—110	200	120	75	210×115×338	8,6	
АСТ-II-150-А	110—150	200	140	75	246×115×412	9,0	
АСТ-II-220-А	150—220	200	170	75	335×115×490	9,2	
АСТ-II-25-С	8—25	250	55	75	110×115×305	5,3	Сварка с присадочной проволокой труб из коррозиестойких сталей
АСТ-II-40-С	25—40	250	80	75	136×115×305	6,1	
АСТ-II-60-С	40—60	250	90	75	155×115×320	6,6	
АСТ-II-85-С	60—85	250	105	75	170×115×346	6,8	
АСТ-II-110-С	85—110	250	120	75	210×115×388	8,6	
АСТ-II-150-С	110—150	250	140	75	246×115×412	9,0	
АСТ-II-220-С	150—220	250	170	75	335×115×490	9,2	
АСТ-II-25-Т	8—25	300	55	75	110×115×305	5,3	Сварка с присадочной проволокой труб из титановых сплавов
АСТ-II-40-Т	25—40	300	80	75	136×115×305	6,1	
АСТ-II-60-Т	40—60	300	90	75	155×115×320	6,6	
АСТ-II-85-Т	60—85	300	105	75	170×115×346	6,8	
АСТ-II-110-Т	85—110	300	120	75	210×115×388	8,6	
АСТ-II-150-Т	110—150	300	140	75	246×115×412	9,0	
АСТ-II-220-Т	150—220	300	170	75	335×115×490	9,2	
ОДА-1С	8—26	100	40	63	138×194×60	4,1	Сварка без присадки труб из коррозиестойких сталей
ОДА-2С	20—42	160	55	90	180×250×80	5,7	
ОДА-3С	42—76	200	90	100	190×355×90	11,8	
ГТМ-1-25	10—25	250	45	40	265×90×90	3,4	Сварка без присадки коррозиестойких и жаропрочных сталей дугой, вращающейся в магнитном поле
ГТМ-1-65	25—65	250	45	40	302×90×124	4,1	
ГТМ-2-20	6—20	250	50	40	265×101×90	3,4	
ГТМ-2-35	20—35	250	50	40	285×102×107	3,7	
ГТМ-2-50	35—50	250	50	40	295×102×120	4,0	

Техническая характеристика подвесных аппаратов для автоматической сварки в защитных газах

Тип	Номинальный сварочный ток, А	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Диаметр проволоки, мм		Установочные перемещения горелки, мм		Поворот вокруг оси, град		Головка	
			электродной	присадочной	поперек шва	по вертикали	вертикальной	горизонтальной	Габариты, мм	Масса, кг
АГВ-2	300	До 6	—	1—2,5	160	100	90	360	300×500×375	28
АГВ-5	300	До 5	1—2	1—2	50	120	—	(+5)÷(—10)	325×320×520	18
АГП-2	400	—	1—2,5	—	160	100	90	360	300×600×440	24
АГП-4	315	—	0,6—2,5	—	100	100	—	±90	345×425×635	28
АСГВ-4	315	1,5	—	0,8—2	±50	±50	—	±90	310×385×675	27
АСГВ-4Р	315	1—5	—	0,8—2	100	100	—	±90	370×360×650	22
АГТФ-1	600	До 10	—	1,6—3	45	150	360	±90	355×600×855	33
А-1208С	200	—	1,6	—	50	—	—	—	760×740×2100	345
А-1505	1500	—	3—5	—	30	±50	—	±90	890×1350×2450	—
А-1411П	1000	—	2—4	—	±30	—	—	—	500×230×440	25
А-1417	1000	—	2—5	—	±75	—	—	—	925×740×1560	240
А-1418	1000	—	2—5	—	±75	—	—	—	1405×840×1920	240

Примечания: 1. АГВ-5 имеет механизм колебаний горелки с амплитудой 2—6 мм. 2. АСГВ-4 оснащен автоматическими системами слежения за стыком и поддержания дугового промежутка, АСГВ-4Р имеет ручную систему слежения. 3. А-1208С подвешивается с помощью троса и предназначен для сварки обсадных труб над скважиной. В комплект входят вращатель, сварочная головка, переносной пульт и пункт питания — два преобразователя ПСГ-500. 4. А-1411П оснащен копирным устройством слежения за швом в двух плоскостях и головкой для автоматического поиска начала шва.

Техническая характеристика клапана А-1630 для открывания и закрывания газовой магистрали при ручной, полуавтоматической и автоматической сварке в защитных газах

Напряжение питающей сети постоянного тока, В	16—36
Давление в газовой магистрали, МПа	До 0,4
Диаметр дюзы, мм	1; 1,6; 2,5
Пропускная способность клапана при изменении давления в газовой магистрали от 0,05 до 0,4 МПа и диаметра дюз, л/мин	6—220

Техническая характеристика сварочных тракторов

Марка	Электродная проволока (электрод)		Номинальный сварочный ток, А	Скорость сварки, м/ч	Масса, кг	Назначение и конструктивные особенности
	Диаметр, мм	Скорость подачи, м/ч				
Однодуговые для сварки под флюсом						
ТС-17М	1,6—5	52—403	1000	16—126	42	Сварка стыковых, угловых и нахлесточных прямолинейных и
ТС-17МУ	1,6—5	52—403	1000	16—126	42	
ТС-17М-1	1,6—5	52—403	1000	16—126	45	

Марка	Электродная проволока (электрод)		Номинальный сварочный ток, А	Скорость сварки, м/ч	Масса, кг	Назначение и конструктивные особенности
	Диаметр, мм	Скорость подачи, м/ч				
ТС-17Р	1,6—5	57—440	1000	16—126	42	кольцевых швов. Наименьший внутренний диаметр шва 1200 мм, ТС-17Р может вести сварку вне колесной базы
ТС-32	2—5	137—284	900	24—50	77	Сварка тонколистовых стыковых соединений за один проход на скользящей медной подкладке
ТС-33 *	1,2—3	86—668	800	8—60	45	Сварка алюминия и его сплавов
АДС-1000-2 *	3—6	30—120	1000	15—70	65	Сварка стыковых, угловых и нахлесточных соединений, в том числе вне колесной базы
АДС-1000-3	3—6	30—120	1000	15—70	65	
АДС-1000-4	2—5	60—360	1000	12—120	65	
АДС-1000-5	2—5	60—360	1000	12—120	55	
АДФ-500 *	1,6—2,5	150—720	500	15—70	28	Скорость подачи электродной проволоки зависит от напряжения на дуге. В АДФ-500, АДФ-501 и АДФ-1003 скорость подачи не зависит от напряжения на дуге
АДФ-501 *	1,6—2	30—720	500	12—120	55	
АДФ-1001	2—5	18—360	1000	12—120	60	
АДФ-1003	2—5	18—360	1000	12—120	40	
АДФ-1004	2—5	18—360	1000	12—120	60	
АДФ-1601	3—6	18—360	1600	12—120	60	
АДФ-1602	3—6	18—360	1600	12—120	60	
Двухдуговые для сварки под флюсом						
ДТС-24М *	1,6—4	140—1400	1000×2	15,3—85	62	Сварка стыковых, нахлесточных и угловых соединений и наплавка
ДТС-38	2—5	58—580	1500×2	16—160	85	То же, в том числе с расщепленным электродом и колебанием его
ТС-41*	2—3,5	140—1400	900×2	11,2—112	80	Сварка алюминия расщепленным электродом
Для сварки в защитных газах						
ТС-49 *	0,8—1,2	210—320	250	50—75	21	Сварка нахлесточных соединений на медной подкладке
АДГ-502	1,2—2	30—720	500	18—180	55	Сварка в углекислом газе
АДПГ-500 *	1,2—2	150—720	500	15—70	22	То же
АДПГ-500-1	1,2—2	150—720	500	15—70	22	»
АДСП-2	1—2,5	100—800	400	10—80	63	Сварка в аргоне

Продолжение

Марка	Электродная проволока (электрод)		Номинальный сварочный ток, А	Скорость сварки, м/ч	Масса, кг	Назначение и конструктивные особенности
	Диаметр, мм	Скорость подачи, м/ч				
Для сварки под флюсом и в защитных газах						
ТС-35 *, ТС-35П	1,6—5	50—500	1000	12—120	48	Сварка стыковых, угловых и нахлесточных соединений, в том числе вне колесной базы
ТС-42 (А-1181М)	1,2—3	100—1000	500	12—120	36	Сварка сплошной и порошковой проволокой

Техническая характеристика установок для сварки в защитных газах неплавящимся электродом

Марка	Диаметр проволоки, мм		Номинальный сварочный ток, А	Масса, кг	Состав комплекта
	электродной	присадочной			
УДГ-101	0,8—6	—	300	600	Шкаф управления с источником питания и горелки
УДГ-301	0,8—6	—	315	470	То же
УДГ-501	2—10	—	500	550	»
«Шторм-2»	2—5	—	350	470	Шкаф управления, переносной пульт, коммутационный блок, газовый редуктор и горелки
«Сатурн»	10	3—5	1200	30	Сварочный трактор, аппаратный блок
«Нептун»	10	2—4	1500	30	То же и блок контакторов
АДСВ-2	1—5	1—2	300	122	Сварочный трактор и шкаф управления
АДСВ-5	1—4	1—2	300	245	То же
АДСВ-6	1—5	0,8—2	315	406	То же, трактор осиащен системами слежения за стыком и поддержания дугового промежутка
АДСВ-6Р	1—5	0,8—2	315	175	То же, трактор без систем слежения (ручная регулировка)

Конструктивные особенности и назначение аппаратов для электрошлаковой сварки

Тип	Толщина свариваемого металла, мм	Способ передвижения	Масса, кг	Назначение
А-671Р	16—50	С помощью пружинного механизма	18,6	Полуавтоматическая сварка вертикальных швов проволочным электродом
А-820МК	18—70	По рельсам	20	Автоматическая и полуавтоматическая сварка вертикальных прямолинейных швов проволочным электродом
А-433Р *	До 150	То же	75	Автоматическая сварка вертикальных прямолинейных швов проволочным электродом
А-535	До 450—800	»	380	Автоматическая сварка продольных и кольцевых швов стыковых и угловых соединений проволочными электродами при толщине до 450 мм или одной-двумя пластинами при толщине до 800 мм
А-1170 (унифицированный)	До 300	По рельсам	350	Автоматическая сварка прямолинейных швов проволочным электродом
А-612	20—100	По изделию с помощью двух тележек, притягиваемых пружиной	70	Автоматическая сварка вертикальных прямолинейных швов проволочным электродом
А-501М	До 90	Безрельсовый, магнитношагающий	25	Автоматическая сварка угловых, тавровых и стыковых швов проволочным электродом
А-645 *	200—600	Крепится к изделию или подвешивается над ним	35	Автоматическая сварка прямолинейных и кольцевых швов и швов переменной кривизны и в труднодоступных местах плавящимся мундштуком
А-1304	До 400 (сталь) До 140 (алюминий)	То же	55	То же
А-550У *	До 200	По рельсам	440	Автоматическая сварка пластинчатым электродом изделий из углеродистых, легированных сталей, алюминиевых и титановых сплавов
А-1027	10—50	По рельсам	19	Автоматическая сварка порошковой проволокой
А-681	14—60	То же	19	Автоматическая сварка прямолинейных швов в монтажных условиях проволочным электродом

Продолжение

Тип	Толщина свариваемого металла, мм	Способ передвижения	Масса, кг	Назначение
А-1150М	8—30	С помощью пружинного механизма	35	Сварка прямолинейных вертикальных и наклонных швов порошковой проволокой

Оборудование и инструмент для газопламенной и плазменно-дуговой обработки металлов

Газообразный кислород, водород, азот, метан, воздух и инертные газы хранят и транспортируют в стальных баллонах, в основном, вместимостью 40 л (ГОСТ 949—73) под давлением 15 МПа (150 кгс/см²), в которых содержится 6 м³ газа. Для ацетилена, аммиака и других газов используют баллоны типа 100, где они находятся под давлением до 10 МПа (100 кгс/см²). Баллоны для ацетилена заполнены высокопористой массой (ГОСТ 6217—74), пропитанной ацетоном (ГОСТ 2768—79), в котором ацетилен хорошо растворяется. При эксплуатации баллонов ацетон уносится ацетиленом. Для уменьшения его потерь и связанной с этим опасности необходимо оставлять в баллоне давление, отбирать газ со скоростью не более 1700 л/ч, а также хранить баллон в вертикальном положении. Нормальное давление растворенного ацетилена в баллоне составляет 1,6 МПа (19 кгс/см²) при температуре 20° С. При этом в баллоне содержится 5,5 м³ ацетилена.

Баллоны для пропан-бутана изготавливаются по ГОСТ 15860—70 * вместимостью от 2,5 до 80 л.

Хранить и перевозить газы предусмотрено при температуре от —50 до +60° С.

Маркировку баллона выбивают клеймом в верхней сферической части и обводят краской в виде рамки. Маркировка включает: товарный знак изготовителя; номер баллона; дату изготовления; дату следующего испытания; вид термообработки (нормализация, закалка с отпуском); давление Р — рабочее, П — пробное; вместимость в л; массу баллона; клеймо ОТК; индексы (Т — для тропического климата, ХЛ — для холодного климата). На забракованных баллонах ставят круглое клеймо с крестом.

На баллонах для ацетилена места клеймения с указанием наименования завода-изготовителя, массы баллона, даты заполнения корпуса пористой массой и ацетоном обводят красной краской.

Ацетиленовые станции состоят из нескольких генераторных установок и применяются для централизованного снабжения участков газопламенной обработки металлов газообразным ацетиленом.

Ацетиленовые генераторы различают по величине давления газа: низкого — до 10 кПа (0,1 кгс/см²), среднего — первая группа до 10—70 кПа (0,1—0,7 кгс/см²) и вторая группа до 70—150 кПа (0,7—1,5 кгс/см²); по производительности: малой — до 3, средней — до 30, большой — свыше 30 м³/ч; по роду установки: стационарные — производительность свыше 3 и передвижные — до 3 м³/ч; по характеру взаимодействия карбида кальция с водой: КВ — карбид в воду, ВК — вода на карбид с вариантом мокрого и сухого процессов, ВВ — вытеснение воды. Допускается сочетание в одном генераторе разных систем (комбинированные генераторы).

Запрещены в эксплуатации передвижные генераторы с газосборником в виде плавающего колокола и генераторы, работающие по способу погружения карбида кальция в воду. Каждый генератор состоит из газообразователя, в котором происходит разложение карбида кальция, газгольдера для сбора и хранения газа, химического очистителя для очистки ацетилена от примесей и водяного затвора для предохранения генератора от взрыва.

Понижение давления газа, поступающего из баллона или распределительного трубопровода, и автоматическое поддержание заданного рабочего давления осуществляют с помощью газовых редукторов (ГОСТ 6268—78), которые классифицируются:

по назначению — Б (баллонные), Р (рамповые), С (сетевые);

по роду газа — А (ацетиленовые), К (кислородные), М (метановые), П (пропан-бутановые);

по схеме регулирования — О (одноступенчатые) с механической установкой давления, Д (двухступенчатые с механической установкой давления), У (одноступенчатые с пневматической установкой давления).

Горелки для газовой сварки, пайки, нагрева и очистки поверхности деталей подразделяют по следующим признакам: по способу подачи газа и образованию горючей смеси — на инжекторные и безынжекторные, по назначению — на специализированные и унифицированные, по способу применения — на ручные и машинные, по роду горючего газа — на ацетиленовые, для газов заменителей ацетилена и для жидких горючих, а также на одно- и многопламенные.

Пост КПМ-1 предназначен для ручной плазменно-дуговой резки и газодуговой сварки неплавящимся вольфрамовым электродом в монтажных условиях высоколегированных сталей, цветных металлов и сплавов. Представляет собой передвижную установку, смонтированную на автоприцепе ТАПЗ-755А. Состоит из комплекта аппаратуры КДП-2: резака РДП-2, горелки ГДС-150, выпрямителя ВКС-500-1, компрессора СО-7А, двух балластных реостатов РБ-300-1, коллектора, обеспечивающего переход от сетевых коммуникаций к кабель-шланговому пакету. Вместо выпрямителя ВКС-500-1 используют также ВДГ-500-1. Длина коммуникаций 20 м. Оборудование поста закрыто металлическим кожухом. Для установки и крепления двух баллонов со сжатыми газами (аргоном и азотом) на посту предусмотрено специальное место. Охлаждение поста при резке принудительное, при сварке — естественное.

Техническая характеристика поста КПМ-1

Толщина металла, мм:	
при сварке	До 2,5
при резке:	
алюминия и его сплавов	До 50
высоколегированной стали	До 40
меди и ее сплавов	До 20
Давление воздуха при резке, МПа	Не менее 0,45
Расход, м³/ч:	
аргона или азота при сварке	0,12—0,6
воздуха при резке	30
Диаметр вольфрамового электрода, мм	
при сварке	1,5; 2; 3
при резке	4
Рабочий ток при ПР=60%, А:	
при сварке	150
при резке	250
Наибольшая мощность дуги, кВт	До 30

Техническая характеристика стальных баллонов для сжатых, сжиженных и растворенных газов (ГОСТ 949—73)

Вместимость, л	Наружный диаметр, мм	Толщина стенки баллонов из стали, мм					Длина корпуса баллонов из стали, мм				
		углеродистой			легированной		углеродистой			легированной	
		Давление, МПа									
		10	15	20	15	20	10	15	20	15	20
5	140	3,1	4,4	5,7	3,1	3,9	460	475	495	460	470
8	140	3,1	4,4	5,7	3,1	3,9	680	710	740	680	700
10	140	3,1	4,4	5,7	3,1	3,9	830	865	900	830	850
12	140	3,1	4,4	5,7	3,1	3,9	975	1020	1060	975	1005
20	219	5,2	6,8	8,9	5,2	6,0	730	740	770	730	730
25	219	5,2	6,8	8,9	5,2	6,0	890	900	935	890	890
32	219	5,2	6,8	8,9	5,2	6,0	1105	1120	1165	1105	1105
40	219	5,2	6,8	8,9	5,2	6,0	1350	1370	1430	1350	1350
50	219	5,2	6,8	8,9	5,2	6,0	1660	1685	1755	1660	1660

Примечания: 1. При давлении до 20 МПа баллоны малой вместимости имеют вместимость до 0,012 м³ (12 л), средней — 0,02—0,05 м³ (20—50 л). 2. Наружный диаметр резьбы горловины баллона (по ГОСТ 9909—70) малой вместимости равен 19,2, средней вместимости для ацетилена — 30,3, средней для других газов — 27,8 мм.

Характеристика и цвет окраски стальных газовых баллонов

Газ	Состояние газа в баллоне	Резьба присоединительная штуцера вентиля	Цвет		
			баллона	надписи	полосы
Азот	Сжатый	3/4" трубная правая	Черный	Желтый	Коричневый
Аргон чистый	»	То же	Серый	Зеленый	Зеленый
Аргон технический	»	»	Черный	Синий	Синий
Ацетилен	Растворенный	Левая	Белый	Красный	—
Пропан-бутан	Сжиженный	»	Красный	Белый	—
Водород	Сжатый	»	Темно-зеленый	Красный	—
Воздух	»	Правая	Черный	Белый	—

Газ	Состояние газа в баллоне	Резьба присоединительная штуцера вентиля	Цвет		
			баллона	надписи	полосы
Гелий	Сжатый	Правая	Коричневый	Белый	—
Кислород	»	»	Голубой	Черный	—
Углекислота	Сжиженный	»	Черный	Желтый	—
Другие горючие газы (метан, коксовый)	Сжатый	Левая	Красный	Белый	—
Другие негорючие газы	Сжатый	Правая	Черный	Желтый	—

Техническая характеристика ацетиленовых генераторов

Тип	Производительность, м³/ч	Давление, МПа		Единовременная загрузка карбида кальция, кг	Гранулация карбида кальция, мм	Масса, кг
		рабочее	предельное			
Передвижные						
ГВР-1,25М	1,25	0,008—0,015	0,07	4	15/25 и 25/80	50
АНВ-1,25-72	1,25	0,0015—0,002	0,01	5	25/80	42
АСМ-1,25-3 *	1,25	0,01—0,07	0,15	3	25/80	19
АСВ-1,25-4	1,25	0,01—0,07	0,15	3	25/80	19
Стационарные						
ГКР-10-68	10	0,01—0,07	0,15	25	25/80	630
АСК-1-67	5	0,015—0,03	0,07	12	15/25	176
	5	0,015—0,03	0,07	16	25/80	176
УАС-5	5	0,015—0,03	0,07	12	15/25	190
(установка)	5	0,015—0,03	0,07	16	25/80	190

Примечание. Генератор АНВ-1,25-72 предназначен для работы при температуре до —20° С.

Техническая характеристика редукторов для сжатых газов

Тип	Назначение	Давление газа, МПа		Наибольший расход газа м³/ч	Масса, кг
		наибольшее на входе	рабочее		
		Кислородные			
ДКП-1-65	Баллонный	20	0,1—1,5	10	2,4
ДКМ-1-70	»	20	0,02—0,03	1	2,3
ДКД-8-65	»	20	0,05—0,8	25	3,6
ДКД-15-65	»	20	0,1—1,5	60	3,3
ДКС-66	Сетевой	1,6	0,01—0,5	10	2
ДКР-250	Рамповый	20	0,3—1,6	250	18
ДКР-500	»	20	0,3—1,6	500	18
		Пропан-бутановые			
ДПП-1-65	Баллонный	2,5	0,01—0,03	5	2
ДПС-66	Сетевой	0,3	0,02—0,15	6	2
ДПР-1-64	Рамповый	2,5	0,02—0,3	25	14,4
		Ацетиленовые			
ДАП-1-65	Баллонный	3	0,01—0,12	5	2,5
ДАМ-1-70	»	3	0,02—0,1	5	2,5
ДАД-1-65	»	3	0,01—0,12	5	3,5
ДАС-66	Сетевой	0,12	0,01—0,1	10	2
ДАР-1-64	Рамповый	3	0,02—0,1	15	14
		Метановые			
ДМС-66	Сетевой	0,3	0,02—0,15	30	2
		Водородные			
ДВП-1-65	Баллонный	20	0,1—1,5	80	2,3
В-50	»	20	0,1—0,54	3	3,8
		Азотные			
В-50	С показывающим расходомером	20	0,1—0,54	3	3,8
А-30	То же	20	0,1—1,5	1,8	3,8
А-90	»	20	0,1—0,39	5,4	3,8
		Воздушные			
РС-250-58	Баллонный, сетевой	25	6,5	60	2,3
СЗ-1404-Ф	То же	15	0,1—0,8		1,2

Продолжение

Тип	Назначение	Давление газа, МПа		Наибольший расход газа, м³/ч	Масса, кг
		наибольшее на входе	рабочее		
		Аргоновые			
АР-10	С показывающим расходомером	20	0,1—0,9	0,6	3,8
АР-40	То же	20	0,1—0,46	2,4	3,8
АР-150	»	20	0,1—0,7	9	3,8
		Углекислотные			
ДЗД-1-59М	Баллонный, сетевой	15	0,15	2,2	1,9
У-30	То же	10	0,1—0,4	1,8	4,7

Техническая характеристика смесителей газов

Тип	Смешиваемые газы	Состав смеси, %	Давление, МПа	Масса, кг
УКП-1-71	Углекислый газ Кислород	70 30	0,02—0,1 0,12—0,15	2,15
АКУП-1	Аргон Углекислый газ Кислород	70 25 5	0,1—0,4 0,6 0,36—0,6	8
УКР-1-72	Углекислый газ Кислород	70 30	0,4—0,8 0,4—1,5	40

Газоразборные посты

Газ, подаваемый из сети к месту работ	Пропускная способность, м³/ч	Рабочее давление, МПа		Состав комплекта	Масса, кг
		на входе	на выходе		
Кислород	40	0,3—1,5	0,1—1,5	Шкаф с вентилем и редуктором ДКП-1-65	8,4
Кислород	90	1—3,5	0,3—1,6	Шкаф с вентилем и редуктором ДКР-500	38
Ацетилен	3,2	0,02	0,07	Шкаф с постовым водяным затвором ЗСП-7	17,5

Примечание. Трубопроводы и газоразборные посты кислорода окрашивают в синий, ацетилена — в белый других горючих газов — в красный цвет.

Техническая характеристика резиновых рукавов с нитяным каркасом (ГОСТ 9356—75*)

Тип	Назначение	Рабочее давление, МПа	Цвет наружного слоя
I	Для ацетилена и городского газа	0,6	Красный
II	Для жидкого топлива (керосин, бензин и их смеси)	0,6	Желтый
III	Для кислорода	1,5	Синий

Примечания: 1. Диаметр рукавов соответственно внутренний — 6; 9; 12 и 16 и наружный — 12; 18; 22,5 и 26 мм. 2. Температура наружного воздуха при эксплуатации от +50 до —35° С.

Техническая характеристика универсальных ацетилено-кислородных горелок (ГОСТ 1077—79Е)

Тип	Наименование	Расход, м³/ч		Давление на входе, МПа		Номера наконечников в комплекте
		ацетилена	кислорода	ацетилена	кислорода	
Г1	Микромощности	0,005—0,06	0,006—0,065	0,01—0,1	0,01—0,1	000; 00; 0
Г2	Малой мощности	0,025—0,43	0,028—0,44	0,001—0,1	0,05—0,4	0; 1; 2; 3
Г3	Средней мощности	0,05—2,8	0,055—3,1	0,01—0,1	0,1—0,4	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7
Г4	Большой мощности	2,8—7,0	3,1—8	0,03—0,1	0,2—0,4	8; 9

Примечание. Горелка Г1 безынжекторная, Г2, Г3 и Г4 — инжекторные.

Техническая характеристика горелок для газопламенной обработки металлов

Марка	Толщина металла (деталей), мм	Расход, м³/ч			Давление, МПа		Масса, кг
		кислорода	ацетилена	пропан-бутана	кислорода	горючего газа	
Ручная газовая сварка, пайка и нагрев деталей из черных и цветных металлов и сплавов							
ГС-2	0,25—4	0,065—0,44	0,06—0,4	—	0,05—0,4	0,001—0,35	0,5
ГС-3	0,5—30	0,055—1,9	0,125—2,8	—	0,1—0,4	0,001	0,83
«Звездочка»	0,2—4	0,065—0,44	0,06—0,4	—	0,05	0,001	0,54
«Звезда»	0,5—30	0,055—1,95	0,105—1,7	—	0,1—0,4	0,001	0,85
ГЗУ-2-62	0,5—7	0,26—5,8	—	0,07—1,7	0,1—0,4	0,1—0,4	1,7
ГЗМ-2-62М	0,2—4	0,14—0,84	—	0,04—0,24	0,05—0,7	0,001	1,06
ГКР-1	—	0,5—3,2	—	0,3—2,3 (керосин, кг/ч)	0,3—0,5	0,15—0,3	0,95
Пайка и нагрев деталей							
ГВП-3М	—	0,56—3,33 (воздух)	—	0,06—0,4 (пропан)	0,04 (воздух)	0,01—0,1	0,91
ГВП-4	4	До 1,39 (воздух)	0,02—0,1	0,01—0,06 (пропан)	0,5 (воздух)	0,001	0,68
Сварка и пайка алюминиевых проводов							
ГПВМ-0,07	10 (площадь, мм²)	—	—	0,02—0,08	—	—	0,65
ГПВМ-0,1	35 (площадь, мм²)	—	—	0,1	—	—	1,1
Нагрев деталей перед сваркой, отпаивание поверхностей гидроизоляционных материалов							
ГВПН	—	—	—	0,1—0,12	—	0,1—1,5	1,5
Пламенная очистка поверхности металла от ржавчины, окалины и краски							
ГАО-2-72	110 (ширина, мм)	2,2	2	—	0,4	0,001	2,0
Наплавка поверхностей и заварка дефектов чугунного литья							
ГАП-2	0,1—4 (наплавка, мм)	0,25—1,95	0,23—1,75	—	0,2—0,4	0,01—0,025	1,02

Техническая характеристика ручных резаков

Марка	Толщина разрезаемого металла, мм	Расход, м³/ч: кислорода	ацетилена	пропан-бутана	природного газа	Давление, МПа: кислорода	горючего газа, не менее	Масса, кг
Кислородная разделительная резка								
«Маяк-1»	3—350	3—40	0,4—1,2	—	—	0,3—1,2	0,001	1,25
«Маяк-2»	3—350	2,5—40	—	0,3—0,8	0,6—1,9	0,3—1,2	0,02	1,25
«Ракета-1»	3—300	3—40	0,4—1,2	—	—	0,3—1,2	0,001	1,05
«Факел»	3—300	3—40	0,4—1,2	—	—	0,3—1,2	0,001	1,05
РК-71	3—200	2,8—28	—	0,5—1,5	—	0,3—0,6	0,15	1,57
РЗР-2	300—800	35—90	—	(керосин) 2,5—7	—	0,5—0,75	0,05	5,5
Удаление кислородной струей корня сварных швов и пороков в стальном литье								
РАП-1	—	5,5—18	1,5—2	—	—	0,1—0,6	0,001	1,2
РАП-62	—	5,5—18	1,5—2	—	—	0,4—0,6	0,001	1,2
Удаление пороков в литье и прокате								
РПК-2-72	—	75	—	—	5	0,8—1,2	0,4—0,5	2,49
РПА-2-72	—	75	1,2	—	—	0,8—1,2	0,02	2,53
Разделительная резка стального литья и скрапа								
РАЛ-1	50—300	10—40	1—1,2	—	—	0,4—1,2	До 0,01	1,25
РЗЛ-1	100—400	15—50	—	1,6—2	4—5	0,35—1,2	0,33	1,2

Техническая характеристика вставных гезовых разаков для ручной кислородной резки

Марка: резака	Марка: горелки	Толщина разрезаемого металла, мм	Расход, м³/ч: кислорода	Расход, м³/ч: ацетилена	Давление, МПа: кислорода	Давление, МПа: ацетилена (не менее)	Масса, кг
Разделительная резка							
РГС-70	ГС-3	3—70	3—10	0,4—0,6	0,3—0,6	0,001	0,61
РГМ-70	ГС-2	3—50	3—8	0,3—0,6	0,3—0,5	0,001	0,54
Резка труб наименьшим диаметром 45 мм							
РАТ-70	ГС-3	3—20	2—3	0,3—0,4	0,2—0,3	0,001	0,6
Вырезка отверстий диаметром 25—100 мм							
РАО-70	ГС-3	5—50	3—8	0,3—0,6	0,3—0,5	0,001	0,68
Срезание заклепок при ремонтных работах и демонтаже							
РАЗ-70	ГС-3	Диаметром до 70	4—10	0,4—0,6	0,3—0,6	0,005	0,61

Техническая характеристика комплектов для ручной газовой сварки, пайки и резки метелла

Марка	Толщина металла, мм: при сварке	Толщина металла, мм: при резке	Тип: горелки	Тип: резака	Масса комплекта, кг
КГС-2А	2,5—17	3—70	ГС-3	РГС-70	3,4
КГС-1-72	0,25—4	3—50	ГС-2	РГМ-70	3,38

Техническая характеристика аппаратов для ппазменно-дуговой резки (ГОСТ 12221—79)

Тип аппарата	Наибольшая толщина разрезаемого металла, мм	Напряжение холостого хода, В	Рабочий ток, А	Режим работы, ПВ %	Мощность дуги, кВт
Плм-10/100	10	300	100	100	20
Плм-60/300	60	300	300	100	60
Плм-160/630	160	400	630	100	180
Плм-300/1000	300	500	1000	100	300
Плмт-50/300	50	400	300	100	60
Плр-20/250	20	180	250	60	30
Плр-50/250	50	180	250	60	30
Плрм-80/400	80	180	400	60	50

Примечание. Плм — машинная резка Плмт — машинная точная резка, Плр — ручная резка Плрм — ручная и машинная резка.

Техническая характеристика резаков для ручной плазменно-дуговой резки

Марка	Наибольшая толщина разрезаемого металла, мм			Наибольший рабочий ток при ПВ = 60%, А	Наибольшая мощность дуги, кВт	Расход газа, м³/ч				Расход воды, л/мин
	алюминия	стали	меди			аргона	азота	водорода	сжатого воздуха	
РДП-1	80	60	30	400	50	1,2—2	2,5—3,5	0,4—1	—	4—6
РДП-2	50	40	20	250	30	1,2—2	2,5—3,5	0,4—1	30	—

Примечание. Напряжение холостого хода источника питания — 160 В, диаметр вольфрамового электрода — 4 мм, масса резаков с рукавами — 7,25 кг.

Техническая характеристика и конструктивные особенности установок для плазменно-дуговой резки

Марка	Металл		Номинальная мощность, кВт	Примечание
	Наименование	Наибольшая толщина резания, мм		
ПВП-1	Сталь	60	30	Циркульное устройство позволяет вырезать детали диаметром 180—1500 мм
ПРП-1	Сталь	60	70	Полуавтомат состоит из переносной однорезаковой тележки, циркульного устройства, машинного резака и пульта управления
	Алюминий	80	70	
	Медь	30	70	
ПРП-2	Сталь	60	70	То же, а также имеются резак для ручной резки и источник питания (три преобразователя)
	Алюминий	80	70	
	Медь	30	70	
ОПР-6-3М	Сталь	120	150	Установка состоит из источника питания с аппаратурой управления, резаков для ручной и механизированной резки, выносного пульта, токо-газового коллектора для резки на расстоянии до 20 м
	Алюминий	200	150	
ОПР-7	Сталь	60	110	Резка в монтажных условиях. Состоит из источника питания с аппаратурой управления, ручного резака и токо-газового коллектора для резки на расстоянии до 20 м
ЮГ-2,5Пл6	Сталь	50	93	Машина стационарная скоростная с фотокопировальным устройством
	Алюминий	60	93	
УПР-201	Сталь	40	36	Состоит из источника питания с аппаратурой управления и плазмотрона ПРВ-201

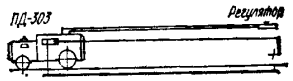
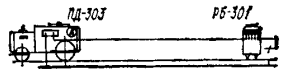
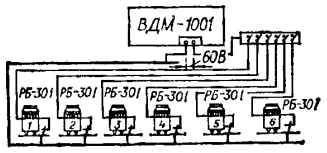
Продолжение

Марка	Металл		Номинальная мощность, кВт	Примечание
	Наименование	Наибольшая толщина резания, мм		
АПР-401	Сталь	80	120	Состоит из источника питания, пульта управления и плазмотрона
	Алюминий	100	120	
	Медь	60	120	
«Киев-2»	Сталь	60	60	Состоит из тиристорного источника питания с аппаратурой управления и плазмотрона ВПР-10
УВПР «Киев» (АВПР-2)	Сталь	60	90	В комплекте резак РПМ-1, трансформаторный блок и шкаф управления
«Киев-4»	Сталь	60	54	В комплекте индуктивно-емкостный источник тока и шкаф управления, плазмотроны ВПР-9 и ВПР-11М

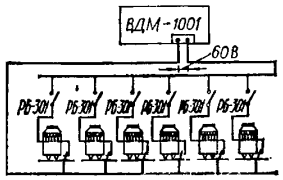
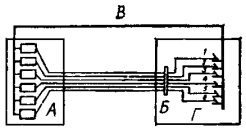
Электроснабжение сварочных постов

Сварочное оборудование должно быть максимально приближено к сварочным постам. Если это трудноосуществимо, то на площадках прокладываются временные разводки от сварочного оборудования к рабочим местам.

Схемы электроснабжения сварочных постов

Канализация и регулирование тока	Схема
Питание от однопостового источника. Тонкое регулирование дистанционным регулятором	
Питание от однопостового источника, регулирование выносным балластным реостатом	
Автономное питание постов от многопостового (или параллельно работающих однопостовых) источника с общим обратным проводом	

Продолжение

Канализация и регулирование тока	Схема
Питание постов от многопостового источника (или параллельно работающих однопостовых) общим проводом с индивидуальным подключением и общим обратным проводом	
Автономная прокладка кабелей от однопостовых агрегатов (или от балластных реостатов), находящихся в машинном зале А, к передвижному щиту Б, установленному у объекта Г, с общим обратным проводом В	

Экономия времени при подключении источников тока к электросети может быть достигнута за счет использования инвентарных распределительных шкафов с присоединением питающих кабелей через штепсельные разъемы.

В сварочном производстве используются главным образом кабели марок КРПТ, АКРПТ, КРПТН и АКРПТН по ГОСТ 13497—77*Е и марок ПРГД, ПРГДО и АПРГДО по ГОСТ 6731—77*Е. Это гибкие кабели с медными или алюминиевыми жилами, заключенными в резиновую изоляцию и оболочку, рассчитанную для подключения к источникам сварочного тока на номинальное напряжение до 660 В (ГОСТ 13497—77*Е) или 127 В переменного тока, или 220 В постоянного тока (ГОСТ 6731—77*Е) при частоте 50 Гц. Длительно допускаемая температура жил не должна превышать 65° С.

Провода соединяются между собой и с электрододержателем механическим путем, сваркой или пайкой. При токах более 600 А токопроводящий провод должен присоединяться к электрододержателю, минуя рукоятку. Места соединения тщательно изолируются. Для соединений проводов применяют соединительные муфты МС-2, МСБ-2, М315, М500, для подключения обратного провода к свариваемым деталям — клеммы заземления К3-2, для неразъемных соединений сварочных кабелей — соединитель ССП-2.

Сварочный кабель к источнику питания сварочной дуги может присоединяться с помощью присоединительной муфты МС-3, одна из полумуфт которой аналогична полумуфтам МС-2 или МСБ-2, а другая вместо конца провода имеет выходную деталь с отверстием, надеваемую на контактный болт источника питания.

Допустимые нагрузки тока на сварочные кабели для электрододержателей (длина не более 1,5 м)

Наибольшая допустимая сила тока, А	Сечение гибкого провода, мм²		Наибольшая допустимая сила тока, А	Сечение гибкого провода, мм²	
	одинарного	двойного		одинарного	двойного
200	25	—	450	70	2×25
300	50	2×16	600	95	2×35

Примечание. Сечение обратного провода («сварочной земли») должно соответствовать сечению основного.

Допустимые нагрузки на сварочные провода

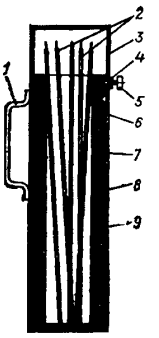
Сечение жилы, мм²	Нагрузка на провод, А			
	одножильный		двухжильный	
	длительная	повторная кратковременная	длительная	повторная кратковременная
Температура воздуха +25° С				
10	90	125	150	208
16	120	167	190	264
25	160	222	250	348
35	190	264	300	416
50	235	327	370	514
70	290	404	470	654
95	354	492	—	—
120	414	575	—	—
Температура воздуха —5° С				
10	119	165	198	275
16	158	220	251	348
25	211	293	330	460
35	251	349	396	550
50	310	431	489	679
70	383	533	620	863
95	467	650	—	—
120	546	760	—	—
Температура воздуха +40° С				
10	71	99	118	164
16	95	132	150	208
25	126	175	197	275
35	160	208	237	329
50	186	258	292	405
70	229	319	371	515
95	280	382	—	—
120	327	455	—	—

Примечания: 1. Повторная кратковременная нагрузка: основное время сварки — не более 4 мин, общее время цикла — до 10 мин. 2. Длина сварочного провода не должна превышать 50 м для обеспечения падения напряжения в цепи не более 4—5%.

Оснащение рабочего места и инструмент для ручной электродуговой сварки

Основным инструментом сварщика является электрододержатель. Сварщик также должен иметь широкую и узкую (торцовую) металлические щетки для зачистки кромок основного металла и шва; молоток (кирочку) для обивки шлака и брызг и проковки шва (при наличии на площадке сжатого воздуха вместо кирочек для обивки шлака могут использоваться облегченные пневматические молотки); измерители для замера швов; личное клеймо сварщика. Выпускают специальные наборы инструментов для электросварщика.

Инструмент и электроды хранятся в деревянном ящике с высокими бортами, в сумке, в пеналах из жести или полиэтилена.



Для сушки электродов на рабочем месте электросварщика, поддержания их в горячем состоянии, обеспечения защиты от попадания влаги на обмазку электродов применяется специальный пенал (рис. 4). Его подключают к тому же источнику питания, что и сварочную дугу напряжением 65 ÷ 70 В постоянного или переменного тока. Температура в пенале обеспечивается прикосновением электрододержателя к выводной клемме на 40 ÷ 60 с, которое замыкает электрическую спираль для подогрева внутренней части пенала. Пенал утеплен, поэтому в нем сохраняется температура 100 ÷ 110° С в течение 1 ÷ 1,5 ч в зависимости от температуры окружающей среды. По истечении этого времени пенал включается.

Рис. 4. Пенал для сушки электродов:

1 — ручка; *2* — электроды; *3* — крышка; *4* — изолятор; *5* — клемма; *6* — нихромовая спираль; *7* — керамическая трубка; *8* — корпус; *9* — асбестовая ткань.

Техническая характеристика пенала для сушки электродов

Длина, мм	450
Диаметр, мм:	
наружный	100
внутренний	50
Масса, кг:	
без электродов	600
с электродами	2600

Для сокращения потерь рабочего времени, связанных с перемещением оборудования, сварочные посты в условиях монтажа можно размещать: в металлических контейнерах, на шасси одноосных или двухосных автоприцепов, на шасси автомобилей.

В большинстве случаев сварщик работает на лесах, лестницах, подмостях или подвесных устройствах. Могут быть рекомендованы металлические инвентарные подмости с телескопическими опорами, позволяющие изменять высоту, или телескопические вышки. При сварке неповоротных стыков труб в траншеях

Техническая характеристика электрододержателей для ручной электродуговой сварки плавящимся электродом

Марка электрододержателей	Сварочный ток, А	Диаметр электродов, мм	Сечение подсоединяемого сварочного кабеля, мм²	Диаметр, мм	Тип	Масса, кг
ЭП-2	250	До 5	50	—	Пассатижный	0,43
ЭП-3	500	6—8	70	—	»	0,8
ЭД-125	125	1,6—3	25	—	»	0,32
ЭД-315	315	2—6	50	—	»	0,48
ЭД-500	500	4—10	70	—	»	0,62
ЭР-1	300	До 6	50	—	Рычажный	0,52
ЭР-2	500	6—8	70	—	»	0,72
ЭВ-2	500	6—8	70	50	Винтовой	0,5
ЭВ-3	315	4—6	50	47	»	0,37
ЭВ-4	125	До 4	35	45	»	0,27
ЭДС-125	125	До 4	25	42	Защелочный	0,22
ЭДС-315	315	3—6	50	48	»	0,34
ЭУ-300	315	3—6	50	—	»	0,4
ЭУ-500	500	5—8	70	—	»	0,42

Наборы инструмента для электросварщика

Тип	Сварочный ток, А	Масса, кг	Состав набора и габариты ящика
КИ-125 КИ-315 КИ-500	125 315 500	6,5 7,0 9,0	Муфта соединительная М315 (КИ-125 и КИ-315) или М-500 (КИ-500), электрододержатель ЭД-125, ЭД-300 и ЭД-500 (соответственно типу комплекта) с отрезком сварочного кабеля, запасные части к электрододержателю, стекла покровные и светофильтры, зажимы контактные, шлакоотделитель, металлическая щетка. Габариты ящика: 385×340×115 мм. Изготовитель — Минэлектротехпром СССР
ЭНИ-300, ЭНИ-300/1	300	8	Электрододержатель с запасными частями, соединительная муфта, клемма заземления, щетка-зубило, отвертка с диэлектрической ручкой, две диэлектрические ручки, плоскогубцы комбинированные, ключ гаечный разводной, клеймо сварщика, молоток, светофильтры и стекло покровное, кабель марки ПРГД. Габариты ящика с ручкой и замками: 415×290×80 мм. Изготовитель — Минмонтажспецстрой СССР.

Технические характеристики горелок для ручной дуговой сварки неплавящимся электродом в среде защитных газов

Марка	Номинальный сварочный ток, А	Диаметр электрода, мм	Охлаждение	Габариты	Масса (без шлангов), кг
ЭЗР-5	5	0,5; 1,5	Воздушное	160×21×120	1,4
ЭЗР-3-66	150	1,5; 2; 3	»	260×35×110	0,75
РГА-150	150	0,8—3	Водяное	260×30×85	0,296
ГНР-160	160	0,8; 1; 2; 3	»	323×30×30	0,212
ЭЗР-3-58	200	2—4	Воздушное	350×80×150	0,68
ГРСТ-1	200	1—4	Водяное	285×95×45	0,65
ГНР-315	315	3—5	»	345×35×35	0,305
РГА-400	400	4—6	»	270×34×105	0,430
ЭЗР-4	500	4—6	Воздушное	325×35×190	0,8
ГДС-150	150	1,5—3	»	245×22×113	0,4
АР-10-1	120	1—3	»	260×34×110	0,35
АР-10-2	200	2—4	Водяное	296×34×150	0,4
АР-10-3	400	3—8	»	300×34×170	0,5

вырывают специальные приямки. В случае необходимости рабочее место сварщика ограждается ширмами, накрывается брезентовым тентом, палаткой, навесом.

В холодное время года в районе производства открытых работ оборудуются помещения для обогрева рабочих и сушки спецодежды.

Вспомогательное сварочное оборудование

Техническая характеристика манипуляторов для электродуговой сварки

Тип	Грузоподъемность, т	Скорость сварки, м/ч	Диаметр круговых швов, мм	Допускаемая сила сварочного тока, А	Габариты, мм	Масса, кг
М11020	0,063	7—200	125—630	1000	700×860×630	0,115
М11030	0,125	8—200	160—800	1000	1100×815×755	0,45
М11050	0,5	12—240	250—1250	1000	1300×1260×1450	0,97
М11070	2,0	12—240	До 2000	1200	1620×1550×950	1,755

Техническая характеристика универсального манипулятора для вращения сферических резервуаров объемом 600—2000 м³ при сварке меридиональных и кольцевых швов

Диаметр сооружаемых резервуаров, мм	10 000—16 000
Масса резервуара, т	До 160
Скорость вращения резервуара, м/ч	45—60
Управление манипулятором	Дистанционное
Потребляемая мощность, кВт	22
Габариты, мм	5300×5300×2485
Разработчик — ВНИИМонтажспецстрой	Минмонтажспецстроя СССР

Техническая характеристика вращателей для автоматической электродуговой сварки круговых швов при наплавочных работах

Тип	Грузоподъемность, т	Сварочная скорость, м/ч	Диаметр круговых швов, мм	Допускаемая сила сварочного тока, А	Габариты, мм	Масса, т
Вращатели вертикальные						
М21020	0,125	8—200	125—1250	1000	600×530×480	0,21
М21030	0,25	12—240	60—800	1000	1000×1000×450	0,295
М21050	1,0	12—240	250—2000	1000	1000×1000×630	0,650
М21070	4,0	12—240	До 2500	2000	1260×1260×400	1,225
Вращатели горизонтальные						
М31020	0,125	8—200	125—1250	1000	4400×1100×1150	0,71
М31030	0,25	8—200	До 1000	1000	3600×1250×1425	0,633
М31050	1,0	12—240	250—1950	1000	5955×1600×1500	2,041
М31070	4,0	12—240	500—2500	2000	9100×2000×2250	3,893

Роликовые стенды для вращения цилиндрических изделий при сварке внутренних и наружных кольцевых швов, а также продольных швов обечаек и приварки деталей насыщения

Тип	Грузоподъемность, т	Диаметр свариваемых изделий, мм	Скорость вращения изделий при сварке, м/ч	Масса стенда, т
70СД-А	13,065	400—4000	4—200	1,703
Тяжелый	15,0	120—6000	8—130	—

Оборудование для сборки, резки и сварки элементов и узлов трубопроводов

Наименование	Диаметр труб, мм	Скорость вращения, м/ч	Масса, т	Разработчик
Вращатель универсальный фрикционный УВТ-1	57—529	15—250	0,75	Гипронефтеспецмонтаж Минмонтажспецстроя СССР
Стенд для сварки узлов трубопроводов	50—500; узлы до 1500×2500×6000	—	2,4	ВНИИМонтажспецстрой Минмонтажспецстроя СССР

Кантователи для поворота конструкций при сборке и сварке

Наименование и назначение	Грузоподъемность, т	Габариты свариваемого изделия, мм	Разработчик
Двухстоечный с ручным приводом для балочных, рамных и решетчатых конструкций	0,2	650×650 (ширина × высота)	ВПТИстройдормаш Минстройдормаша СССР
С пневмодомкратами для листовых и решетчатых изделий	0,5	1700×1300×200	Крюковский вагоностроительный завод, Кременчуг
С телескопическим гидродомкратом для рамных конструкций	3,0	3000×3000×300	Московский завод специальных станков
Цепной Р-404 для балочных конструкций, близких по сечению к квадратному	2,0	1400×500×500	Институт электросварки им. Е. О. Патона АН УССР
Цепной с нижним приводом для балочных конструкций, близких по сечению к квадратному	2,0	1400×600×500	Крюковский вагоностроительный завод, Кременчуг
Двухстоечный УДК-3 для рамных и балочных конструкций	3,0	Наибольший диаметр 4200	ВПТИтяжмаш Минтяжмаша СССР
Для длинномерных конструкций типа балок	1,0	15 000×1600×600	Трест Сибхиммонтаж Минмонтажспецстроя СССР

Центраторы конструкции треста Востокметаллургмонтаж для сборки труб под сварку

Марка	Диаметр центрируемых труб, мм	Масса, кг	Принцип зажима труб
ЦН-60	30—60	15	Скобами
ЦН-114	76—114	27	»
ЦНУ-400	133—426	10,5	Пластинчатой роликовой цепью
ЦНУ-1020	402—1020	50	То же
ЦНУ-1220	920—1220	55	»

Техническая характеристика универсальной колонны с шарнирно-поворотной консолью для сварочных полуавтоматов при сварке в среде защитных газов и под слоем флюса

Радиус обслуживания, м 4,2
Высота консоли, мм 2815
Масса бухты сварочной проволоки, т 0,08
Разработчик — ВПТИстройдормаш Минстройдормаша СССР

Техническая характеристика универсальной площадки Т81090 для перемещения сварщика в зону работы при сварке на высоте

Грузоподъемность, кг 250
Высота подъема, м . . . . . 0,5—7,48
Размеры рабочего места сварщика, м² . . . . . 1×2,2
Вылет балкона по горизонтали, мм 3200
Размер площадки в плане, мм . . . . . 1850××2430
Масса, т 3,9
Разработчик — Всесоюзный институт сварочного производства Минстанкопрома СССР

Техническая характеристика неповоротных столов сварщика

Наименование показателей	ССН-1	ССН-2 *	ССН-3
Размеры рабочей части стола (длина × ширина), мм	800×500	800×500	1250×700
Тип вентилятора	Центробежный ЦЧ-70	—	Центробежный ЦЧ-70
Мощность вентилятора, кВт	2,5	—	2,5
Наибольшие размеры свариваемых изделий (длина × ширина × высота), мм	1000×500×600	1000×500×600	1000×500×600
Высота рабочей части стола над уровнем пола, мм	700	700	700
Наибольшая масса свариваемого изделия, кг	60	60	80
Габариты (длина × ширина × высота), мм	800×850×1370	800×850×1370	1395×850×1470
Масса, кг	210	173	308

* Газоотсос стола должен быть обеспечен подключением к цеховой вытяжной системе

Сборудование для прокалки и сушки сварочных материалов

Наименование и назначение	Наибольшая температура, °С	Загрузка, кг: электродов	Загрузка, кг: порошковой проволоки	Загрузка, кг: флюса	Масса, кг	Разработчик
Стационарная электропечь	550	80	30	30	150	ВНИИМонтажспецстрой Минмонтажспецстроя СССР
Стационарная электропечь ППЭ-1	500	80	30		150	Трест Львовэнергоремонт Минэнерго СССР
Электропечь СНО-5.5,5/5-ИП	500	50	20	80	250	ВНИИЭТО Минэлектротехпрома СССР
Электропечь сопротивления шахтная СШО-3,2.3,2.5/3,5-И1	350	40	15	—	30	То же
Сушильный шкаф	450	100	40	—	220	СКТБ «Спецмашмонтаж» Минмонтажспецстроя СССР
Переносная электропечь для прокалки и сушки электродов	420	15	10	—	25	ВНИИМонтажспецстрой Минмонтажспецстроя СССР

Эксплуатация электросварочного оборудования

Основные виды работ по уходу за оборудованием

Виды работ	Периодичность
Сварочные трансформаторы	
Проверка надежности:	
заземление трансформатора	Ежедневно
контактов	То же
Смазка ходового винта механизма перемещения подвижной части сердечника трансформатора	1 раз в месяц
Замена смазки трущихся частей в коробке перемещения винта и в других частях	1 раз в год
Очистка обмотки и сердечника от грязи, продувание их сухим сжатым воздухом	1 раз в месяц
Проверка сопротивления изоляции (минимально допустимое сопротивление изоляции — 2,5 мОм, а цепей управления на корпус — не менее 0,5 мОм)	То же
Контролирование исправности защитных кожухов	Ежедневно
Сварочные генераторы	
Проверка надежности заземления	Ежедневно
Контроль исправности коллектора:	
не допускать нагара, протирать коллектор чистой ветошью, смоченной бензином	1 раз в неделю
при появлении нагара устранять причины его образования, протирать ветошью и прошлифовывать коллектор мелкой стеклянной шкуркой. После шлифовки продувать сухим сжатым воздухом. Если между пластинами начинает выступать слюда, удалить ее специальной пилкой на глубину до 1 мм, а затем мелким трехгранным напильником убрать заусенцы и прошлифовать коллектор при поднятых щетках	При обнаружении неисправности

Продолжение

Виды работ	Периодичность
Контроль исправности щеток: щетки должны свободно (но без зазоров) передвигаться в щеткодержателях; щетки должны быть пришлифованы к коллектору по всей его поверхности и расположены так, чтобы они одновременно сходили с коллектора и пластины и встречали новую пластину. Притирку следует производить при нормальном нажатии пружин щеткодержателей. Для окончательной притирки генератор должен работать вхолостую; щетки одного ряда следует сместить вдоль оси машины по отношению к ряду щеток другой полярности на 3—4 мм; для выравнивания износа коллектора щеткодержатель надо закрепить на колодке так, чтобы зазор между обоймами и коллектором был равен 3—4 мм, разница величины нажима щеток на коллектор должна быть не более 15%	Ежедневно
Очищать щетки и щеткодержатели следует чистой ветошью, после чего шлифовать мелкой стеклянной шкуркой; после каждой шлифовки машина должна быть продута сухим сжатым воздухом	1 раз в две недели
Промывка подшипников керосином и смазывание гнезда на 1/2—1/3 свободного объема консистентной смазкой	Через 500—600 ч работы, но не менее 1 раза в 6 мес
Контроль исправности пускового устройства, зачистка контактов от нагара, брызг и пыли	Ежедневно
Продувка контактов сухим сжатым воздухом	1 раз в месяц
Проверка сопротивления изоляции (минимально допустимое сопротивление должно быть не менее 0,5 мОм)	1 раз в месяц, а также после длительного бездействия агрегата, находящегося на открытом воздухе или в сыром помещении
При эксплуатации агрегатов с приводом от двигателя внутреннего сгорания необходимо: проверять натяжение ремней привода регулятора оборотов и его крепление, а также крепление батарей, уровень электролита	Ежедневно
проверять и подтягивать все резьбовые соединения, обращая особое внимание на сочленение двигателя с генератором, крепление их на раме, крепление бензобака и т. д. Двигатель и аккумуляторную батарею обслуживать по специальной инструкции, входящей в комплект поставки	Ежедневно
Сварочные выпрямители *	
Наблюдение за правильной нагрузкой и надежной работой системы охлаждения	Ежедневно
Включение выпрямителей с селеновыми вентилями, хранившимися длительное время (более шести месяцев) в нерабочем состоянии или не бывших в эксплуатации, на 20 мин под напряжение, равное половине номинального, затем — на 4 ч под номинальное без нагрузки со стороны постоянного тока	Перед работой

* К сварочным выпрямителям относятся все требования, предъявляемые к наладке и эксплуатации трансформаторов

Продолжение

Виды работ	Периодичность
Проверка сопротивления изоляции, которое должно быть не менее 2,5 мОм	1 раз в месяц
Автоматы и полуавтоматы	
Проверка заземления шкафа управления и источника питания перед включением автомата и полуавтомата в сеть	Ежедневно
Осмотр и проверка состояния: контактов силового контактора, контактных соединений проводов и всех внешних соединений. При неисправности следует зачистить контактные поверхности, подтянуть соединения и при необходимости заменить неисправные контакты	1 раз в неделю
изоляции проводов (в случае неисправности необходимо восстановить поврежденные участки)	То же
токопроводов, мундштуков и наконечников сварочных головок	»
подающих роликов, поджатия пружины	»
шлангов в шланговых полуавтоматах уровня смазки в масляных ваннах	»
редукторов механической части аппаратов; при необходимости заполнять ванны смазкой	»
Проверка работы: электромагнитного клапана для пуска защитного газа	Ежедневно
аппаратуры управления и надежности работы кнопок управления	То же
флюсовой аппаратуры	»
Протирание чистой ветошью сварочной установки и пульта управления с электроаппаратурой	»
Проверка надежности прилегания (контакта) проволоки к токопроводу и плотности контактов сварочной цепи	»
Проверка герметичности	»
Прочистка и продувание шлангов, а также промывка газовой и водяной магистрали	Раз в две недели

Основные неисправности источников тока

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
	Трансформаторы	
Трансформатор сильно нагревается	Неправильно включен в сеть	Проверить включение первичной обмотки
	Сварочный ток выше допустимого	Уменьшить силу тока, применить электроды меньшего диаметра
	Замыкание между витками первичной обмотки (трансформатор сильно гудит)	Устранить витковое замыкание или отправить трансформатор на перемотку

Продолжение

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Чрезмерный нагрев сердечника и стягивающих его шпилек	Нарушена изоляция сердечника и шпилек	Восстановить изоляцию
Зажимы трансформатора сильно нагреваются	Слабо затянуты контакты. Занижено сечение проводов в месте контактов	Зачистить зажимы, плотно пригнать по месту и затянуть. Заменить провода
Трансформатор сильно гудит	Ослаблено крепление сердечника, механизма перемещения катушек и болтов, стягивающих кожух	Подтянуть крепления
Дроссель не регулирует силу тока	Замыкание в обмотке дросселя	Отремонтировать дроссель
	Преобразователи	
Электродвигатель вращается в обратную сторону	Перепутаны фазы	Поменять местами концы подводящих проводов двух любых фаз
Электродвигатель после включения не вращается и гудит, вращается очень медленно	Перегорел предохранитель одной фазы	Сменить плавкий предохранитель
	Обрыв в обмотках статора или ротора электродвигателя	Найти и устранить обрыв или отправить преобразователь в ремонт
	Неисправность рубильника или пакетного выключателя	Устранить неисправность
Двигатель гудит, неравномерно нагревается обмотка статора, появляется дым из машины	Обрыв в обмотке ротора, короткое замыкание между фазами обмотки статора, внутривитковое замыкание, задевание обмотки ротора о статор	Сдать преобразователь в ремонт
Генератор не возбуждается (нет напряжения)	Загрязнен коллектор	Прочистить коллектор мелкой стеклянной бумагой и продуть сжатым воздухом
	Обрыв в цепи возбуждения или в реостате обмотки возбуждения	Сдать преобразователь в ремонт
	Размагнитился генератор (в машинах с самовозбуждением)	Перемагнитить генератор от другой сварочной машины
Перегрев якоря	Перегрузка машины	Остановить преобразователь, дать ему остыть и работать на допустимом режиме
	Короткое замыкание между витками обмотки якоря или между коллекторными пластинами	Сдать в ремонт преобразователь
Обгорание большой группы рядом лежащих пластин	Коллектор «бьет»	Обточить коллектор
Искрение щеток сопровождается нагаром отдельных пластин	Коллектор «разошелся», т. е. выступают отдельные пластины	Если дефект выражен слабо, устранить его шлифовкой коллектора

Продолжение

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Искрение и значительный нагар в одном месте коллектора	Обрыв или плохая пайка в обмотке якоря. При сильном нагреве части якоря — короткие замыкания в его обмотке	Отремонтировать якорь, хорошо очистить коллектор
Искрение с перегревом отдельных щеток из одного ряда	Неравномерное распределение тока между щетками	Если искрящие щетки хорошо притерты и не качаются в обоймах, проверить контакты между канатиками и щетками у неискрящих щеток. Заменить щетки с плохим контактом
Значительное искрение добавочной щетки генератора при холостом ходе	Щетку заедает в обойме или она болтается в ней	Устранить заедание или закрепить щетку в обойме
	Щеточная траверса или пальец сдвинулись	Установить: траверсы по меткам, щеточный палец на минимальное искрение
Перегрев коллектора и щеток	Загрязнен коллектор	Прочистить
	Слишком сильный нажим щеток; очень твердые щетки; недостаточное сечение или плохой контакт щеток с коллектором	Отрегулировать усилие нажатия пружин; сменить щетки; пришлифовать щетки к коллектору
Искрение щеток, сопровождающееся нагаром на всех пластинах	Перегрузка генератора	Снизить нагрузку
	Загрязнение коллектора	Прочистить
	Неровности на поверхности коллектора; слюда выступает между пластинами	Прочистить коллектор на станке
	Щетки расположены не по нейтрали	Отрегулировать установку согласно данным завода-изготовителя
	Слабое нажатие пружин на щетки	Сменить или отрегулировать пружины
	Плохая пришлифовка щеток или выкрашивание слюды	Пришлифовать или сменить щетки. Удалить остатки слюды
Перегрев подшипников	Загрязнение смазочных колец и подшипников; перекос оси агрегата; повышенное давление на подшипник со стороны вращающегося электродвигателя	Промыть кольца и подшипники, заменить смазку. Устранить перекос оси агрегата или давление на подшипнике со стороны двигателя
Разбрызгивание и течь масла из подшипников	Много масла; недостаточный размер отверстий для его стока в нижней половине вкладыша и сильное вентилирующее действие вращающихся частей машины	Слить излишек масла из подшипников; увеличить отверстие для стока; установить дополнительные кожаные или войлочные уплотнители у подшипников со стороны, обращенной к корпусу

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
	Выпрямители	
Нет напряжения на клеммах	Не работает вентилятор или воздух не засасывается со стороны жалюзи	Проверить работу вентилятора, изменить направление вращения так, чтобы воздух засасывался сверху (поменять местами два питающих провода)
	Неисправно реле вентилятора	Проверить работу реле
	Вышел из строя один из вентилей выпрямительного блока	Снять шины, соединяющие выпрямительный блок. Проверить вентили с помощью тестера. Сопротивление вентиля в прямом и обратном направлениях должно резко отличаться. Заменить неисправный вентиль
При пуске двигатель вентилятора не вращается и гудит	Сгорел предохранитель в цепи двигателя	Заменить предохранитель
	Обрыв в цепи одной из фаз двигателя	Устранить обрыв
Сильный нагрев вплоть до оплавления частей обмотки трансформатора	Витковое замыкание в обмотке	Ликвидировать замыкание
Трансформатор сильно гудит, ток холостого хода повышен	Витковое замыкание в первичной обмотке трансформатора	Ликвидировать замыкание. Если нужно, перемотать обмотку вновь. При этом армированные медью концы отрезать и приварить к новой обмотке
Чрезмерный нагрев сердечника и стягивающих его шпилек	Нарушена изоляция листов сердечника и шпилек	Разобрать сердечник и восстановить изоляцию листов и шпилек

Основные неисправности сварочных автоматов

Признаки неисправности	Возможные причины
При нажатии кнопки «Вверх» или «Вниз» двигатель подачи не работает	Обрывы или нарушения контактов в цепи электродвигателя
При нажатии кнопки «Пуск» не срабатывает контактор	Неисправны предохранители. Обрыв в цепи управления. Неисправны вспомогательный трансформатор или промежуточное реле, а также катушка контактора. Нет контакта в кнопках управления
При нажатии кнопки «Пуск» контактор срабатывает, но электродвигатель подачи проволоки не работает	Разрыв цепи в блок-контактах контактора или кнопках управления
При нажатии кнопки «Пуск» силовой контактор срабатывает, но дуга не возбуждается	Нет тока в сварочной цепи. Отсутствует замыкание между электродом и свариваемым металлом

Признаки неисправности	Возможные причины
В тракторе ТС-17М при нажатии кнопки «Пуск» дуга загорается и тут же обрывается. Электродвигатель работает на подачу проволоки вверх	При возвращении кнопки «Пуск» в исходное положение не замыкается один из нормально замкнутых контактов кнопки
Неравномерная подача проволоки и обрывы дуги при нормально работающем двигателе подачи	Слабый зажим электродной проволоки в подающих роликах. Выработались канавки или насечки в подающем или прижимном ролике. Заедание проволоки в контактах, мундштуках или в подающих роликах. Заедание проволоки в шланге из-за перегибов или засорения Люфты в механизмах автомата
В процессе сварки произвольно меняется положение головки или мундштука	Ссыпной патрубок засорен шлаковыми корками
При открытом шибере флюс из бункера не высыпается	Слишком короткая дуга. Малый сварочный ток или резкое падение напряжения в сети
Конец электродной проволоки периодически приваривается к изделию. Дуга крайне неустойчива.	Очень длинная дуга. Большой сварочный ток или резкое повышение напряжения в сети
Частые обрывы дуги	Мундштук замкнут на корпус держателя. Пробита изоляция прокладок в месте соединения держателя со шлангом
Корпус держателя находится под напряжением	

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ И РЕЗКИ

Сварочная дуга

Сварка дугой постоянного тока выполняется на прямой (минус на электроде, плюс на изделии) или на обратной (плюс на электроде, минус на изделии) полярности. Обратная полярность рекомендуется при сварке большинства легированных сталей, чугуна, меди, алюминия, тонких листов низкоуглеродистой стали. Полярность определяется с помощью угольного электрода. При его включении на «минус» (прямая полярность), образуется спокойно растягивающаяся дуга. На обратной полярности дуга горит неровно и гаснет при небольшом удлинении. Можно проверить полярность путем погружения подсоединенных к зажимам машины проводов в слабый раствор серной кислоты. На конце, соответствующем «минусу», будет наблюдаться сильное выделение пузырьков газа (водорода). Иногда используют специальный указатель полюсов Ульмана (стеклянная трубка с раствором сернокислого натрия и 1%-ным раствором фенолфталеина в спирте) — при присоединении металлических зажимов трубки к клеммам генератора со стороны отрицательного полюса жидкость окрашивается в розовый цвет.

Дуга переменного тока менее устойчива. Для повышения ее стабильности необходимо напряжение холостого хода источника тока не менее 55—70 В. Кроме того, для сварки на переменном токе применяют электроды со специальным покрытием или дополнительно включают в цепь питания дуги источник тока высокой частоты — осциллятор. Под действием тепла дуги металл расплавляется. Количество расплавленного металла в единицу времени — производительность расплавления — прямо пропорционально силе сварочного тока. Не весь

расплавленный металл используется для формирования сварного шва, часть (3—20%) теряется в результате угара и разбрызгивания. Коэффициент наплавки меньше коэффициента расплавления обычно на 1—3 г/А·ч.

Для сварщика ручной электродуговой сварки важно умение поддерживать при сварке определенную длину дуги (расстояние между концом электрода и дном сварочной ванны-кратера), которая должна быть $l_д = (0{,}5—1{,}1)\, d_э$, где $d_э$ — диаметр электрода, мм. На обратной полярности длина дуги не должна превышать 2,5, а на переменном токе — 4 мм. Ее увеличение приводит к нарушению стабильности горения, снижению глубины проплавления основного металла, повышению потерь на угар и разбрызгивание, образованию шва с неровной поверхностью, увеличению вредного воздействия воздуха на расплавленный металл.

Одна из трудностей выполнения дуговой сварки — отклонение дуги под действием электромагнитных сил и потоков воздуха. Способы ослабления действия магнитного дутья и воздушных потоков на дугу: применение переменного тока, сварка на токах меньше 300 А, уменьшение длины дуги, сокращение расстояния от дуги до места подсоединения к свариваемому металлу обратного провода («сварочной земли»), подбор угла наклона электрода к металлу, уменьшающий магнитное дутье, защита дуги от ветра или сквозняка щитами, палатками, временными подкладками и т. д.

При обрыве дуги образуется кратер, в котором скапливаются неметаллические включения, возникают трещины, поэтому повторно дугу следует зажигать на основном металле, затем возвратиться на шов и хорошо проварить металл в месте образовавшегося кратера, после чего продолжить сварку.

Заканчивая сварку шва, электрод следует держать неподвижно до возникновения самопроизвольного обрыва дуги или укоротить ее до получения частых коротких замыканий, что обеспечит заплавление кратера.

Ручная электродуговая сварка

Предназначена для наложения швов различного вида и назначения во всех пространственных положениях. Основной объем работ выполняется штучными электродами диаметром 3—5 мм при токе 150—200 А и напряжении на дуге 18—25 В. Глубина провара 2—3 мм.

Основные типы и конструктивные элементы швов сварных соединений приведены в ГОСТ 5264—80 (примеры см. в таблице на с. 102).

В соответствии с ГОСТ 5264—80 допускается смещение свариваемых кромок перед сваркой относительно друг друга в зависимости от толщины, не более:

Смещение, мм	*Толщина, мм*
0,5	До 4
1,0	4—10
0,1S но не более 3	10—100
0,01S + 2, но не более 4	Более 100

В стыковых, тавровых и угловых соединениях толщиной более 16 мм, выполняемых в монтажных условиях, допускается увеличение номинального значения зазора в собранном соединении до 4 мм с одновременным уменьшением значения угла скоса кромок на 3°.

При сварке в положениях, отличных от нижнего, допускается увеличение размера усиления стыкового шва не более: 10 мм для деталей толщиной до 60 мм; 20 мм — для деталей толщиной свыше 60 мм.

При выполнении двустороннего шва с полным проплавлением перед сваркой с обратной стороны корень шва должен быть расчищен до чистого металла.

Катеты углового шва должны быть установлены при проектировании сварного соединения, но не более 3 мм для деталей толщиной до 3 мм включительно и 1,2 толщины более тонкой детали при сварке деталей толщиной свыше 3 мм.

Предельные отклонения катетов углового шва от номинального значения должны соответствовать: +1 мм — при $k \leqslant 5$ мм; +2 мм — при $k \geqslant 6$ мм.

Минимальные значения катета углового шва, мм

Предел текучести свариваемой стали, МПа	Минимальный катет при толщине более толстого из свариваемых элементов, мм							
	от 3 до 4	свыше 4 до 5	свыше 5 до 10	свыше 10 до 16	свыше 16 до 22	свыше 22 до 32	свыше 32 до 40	свыше 40 до 80
До 400	3	4	5	6	7	8	9	10
Свыше 400 до 450	4	5	6	7	8	9	10	12

При применении электродов с более высоким временным сопротивлением разрыву, чем у основного металла, катет углового шва в расчетном соединении может быть уменьшен.

Катет углового шва, мм, при использовании электродов с повышенным временным сопротивлением разрыву

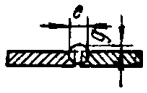
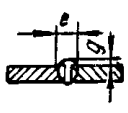
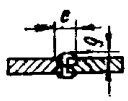
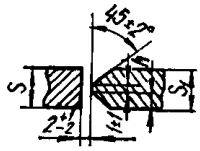
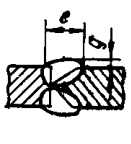
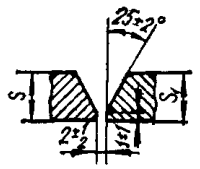
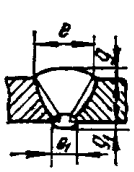
Катет углового шва для отношения временных сопротивлений металла шва и основного металла					Катет углового шва для отношения временных сопротивлений металла шва и основного металла				
1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
4	4	4	3	3	13	12	11	10	9
5	5	4	4	4	14	13	12	11	10
6	6	5	5	4	15	14	13	12	11
7	7	6	6	5	16	15	14	13	12
8	7	7	6	6	17	15	14	13	12
9	8	8	7	7	18	17	15	14	13
10	9	9	8	7	19	17	16	15	14
11	10	9	9	8	20	18	17	16	14
12	11	10	9	9					

Допускается усиление или ослабление углового шва до 30% размера его катета, но не более 3 мм. При этом ослабление не должно приводить к уменьшению расчетного катета.

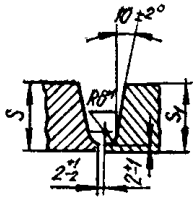
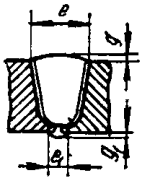
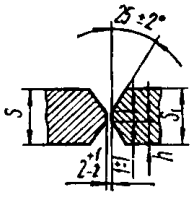
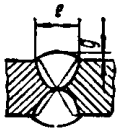
Допускается применять установленные ГОСТ 5264—80 основные типы сварных соединений, конструктивные элементы и размеры сварных соединений при сварке в углекислом газе электродной проволокой диаметром 0,8—1,4 мм (VII).

Основные типы, конструктивные элементы и размеры швов сварных соединений, выполняемых ручной дуговой сверкой (ГОСТ 5264—80)

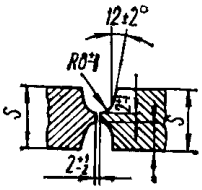
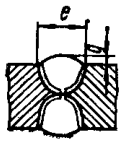
Стыковые соединения

Характер выполнения, форма кромок, условное обозначение шва	Конструктивные элемеиты		Размеры, мм			
	кромок свариваемых деталей	сварного шва	$S = S_1$	b	e, не более	g
Односторонний без скоса кромок, С2			От 1,0 до 1,5 Свыше 1,5 до 3,0 Свыше 3,0 до 4,0	$0^{+0,5}$ $1 \pm 1,0$ $2^{+1,0}_{-0,5}$	6 7 8	$1,0 \pm 0,5$ $1,5 \pm 1,0$ $2,0 \pm 1,0$
Односторонний на остающейся подкладке без скоса кромок, С5			От 1,0 до 1,5 Свыше 1,5 до 3,0 Свыше 3,0 до 4,0	$0^{+0,5}$ $1^{+1,0}$ $2^{+1,0}_{-0,5}$	6 7 8	$1,0 \pm 0,5$ $1,5 \pm 1,0$ $2,0 \pm 1,0$
Двусторонний без скоса кромок, С7			2,0 Свыше 2,0 до 4,0 Свыше 4,0 до 5,0	$2 \pm 1,0$ $2 \pm 1,0$ $2^{+1,5}_{-1,0}$	8 9 10	$1,5 \pm 1,0$ $1,5 \pm 1,0$ $2,0 \pm 1,0$
Двусторонний с двумя симметричными скосами одной кромки, С15			$S = S_1$	e	g	
			От 8 до 11 Свыше 11 до 14	10 ± 2 12 ± 2	$0,5^{+1,5}_{-0,5}$	
			Свыше 14 до 17 » 17 до 20 » 20 до 24 » 24 до 28 » 28 до 32 » 32 до 36 » 36 до 40 » 40 до 44 » 44 до 48 » 48 до 52 » 52 до 56 » 56 до 60	14 ± 3 16 ± 3 18 ± 3 20 ± 3 22 ± 3 24 ± 3 26 ± 3 28 ± 3 30 ± 3 32 ± 3 34 ± 3 36 ± 3	$0,5^{+2,0}_{-0,5}$	
			Свыше 60 до 64 » 64 до 70 » 70 до 76 » 76 до 82 » 82 до 88 » 88 до 94 » 94 до 100	39 ± 4 42 ± 4 45 ± 4 48 ± 4 51 ± 4 54 ± 4 58 ± 4	$0,5^{+3,0}_{-0,5}$	
Двусторонний со скосом кромок, С21			$S = S_1$	e	e_1 (предельное отклонение ±2)	$g = g_1$
			Свыше 3 до 5 » 5 до 8 » 8 до 11 » 11 до 14	8 ± 2 12 ± 2 16 ± 2 19 ± 2	8 8 10 10	$0,5^{+1,5}_{-0,5}$
			Свыше 14 до 17 » 17 до 20 » 20 до 24 » 24 до 28	22 ± 3 26 ± 3 30 ± 3 34 ± 3	10 10 10 10	$0,5^{+2,0}_{-0,5}$
			Свыше 28 до 32 » 32 до 36 » 36 до 40	38 ± 3 42 ± 3 47 ± 3	10 12 12	$0,5^{+3,0}_{-0,5}$

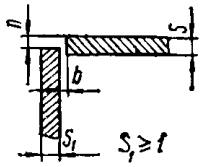
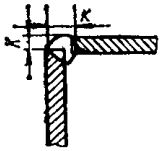
Продолжение

Характер выполнения, форма кромок, условное обозначение шва	Конструктивные элементы		Размеры, мм			
	кромок свариваемых деталей	сварного шва	$S = S_1$	e	e_1 (предельное отклонение ±2)	$g = g_1$
			Свыше 40 до 44	52±4	12	$0{,}5^{+3{,}0}_{-0{,}5}$
			» 44 до 48	54±4	12	
			» 48 до 52	54±4	12	
			» 52 до 56	60±4	12	
			» 56 до 60	65±4	12	
Двусторонний с криволинейным скосом кромок С23			От 15 до 17	26±3	10	$0{,}5^{+2{,}0}_{-0{,}5}$
			Свыше 17 до 20	28±3	10	
			» 20 до 24	30±3	10	
			» 24 до 28	32±3	10	
			» 28 до 32	33±3	10	
			» 32 до 36	34±3	12	
			» 36 до 40	35±4	12	
			» 40 до 44	36±4	12	
			» 44 до 48	38±4	12	
			» 48 до 52	40±4	12	
			» 52 до 56	42±4	12	
			» 56 до 60	44±4	12	
			Свыше 60 до 64	46±5	14	$0{,}5^{+3{,}0}_{-0{,}5}$
			» 64 до 70	48±5	14	
			» 70 до 76	50±5	14	
			» 76 до 82	52±5	14	
			» 82 до 88	54±5	14	
			» 88 до 94	56±5	14	
			» 94 до 100	60±5	14	
			$S = S_1$	e		g
Двусторонний с двумя симметричными скосами кромок, С25			От 8 до 11	10±2		$0{,}5^{+1{,}5}_{-0{,}5}$
			Свыше 11 до 14	12±2		
			Свыше 14 до 17	14±3		$0{,}5^{+2{,}0}_{-0{,}5}$
			» 17 до 20	16±3		
			» 20 до 24	18±3		
			» 24 до 28	20±3		
			» 28 до 32	22±3		
			» 32 до 36	24±3		
			» 36 до 40	26±3		
			» 40 до 44	28±3		
			» 44 до 48	30±3		
			» 48 до 52	32±3		
			» 52 до 56	34±3		
			» 56 до 60	36±3		
			Свыше 60 до 64	39±4		$0{,}5^{+3{,}0}_{-0{,}5}$
			» 64 до 70	42±4		
			» 70 до 76	45±4		
			» 76 до 82	48±4		
			» 82 до 88	51±4		
			» 88 до 94	54±4		
			» 94 до 100	57±4		
			» 100 до 106	60±4		
			» 106 до 112	63±4		
			» 112 до 118	66±4		
			» 118 до 120	68±4		

Продолжение

Характер выполнения, форма кромок, условное обозначение шва	Конструктивные элементы: кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Размеры, мм: $S = S_1$	e	g
Двусторонний с двумя симметричными криволинейными скосами кромок, С26			От 30 до 34	23±3	$0,5^{+2,0}_{-0,5}$
			Свыше 34 до 38	24±3	
			» 38 до 40	25±3	
			» 42 до 46	26±3	
			» 46 до 50	27±3	
			» 50 до 54	28±3	
			» 54 до 60	29±3	
			Свыше 60 до 66	31±4	$0,5^{+3,0}_{-0,5}$
			» 66 до 72	33±4	
			» 72 до 78	34±4	
			» 78 до 84	36±4	
			» 84 до 90	38±4	
			» 90 до 96	40±4	
			» 96 до 100	42±4	
			» 100 до 108	44±4	
			» 108 до 116	46±4	
			» 116 до 124	48±4	
			» 124 до 132	50±5	
			» 132 до 140	52±5	
			» 140 до 148	54±5	
			» 148 до 156	56±5	
			» 156 до 164	60±5	
			» 164 до 170	64±5	
			» 170 до 175	65±5	

Угловые соединения

Характер выполнения, форма кромок, условное обозначение шва	Конструктивные элементы: кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Размеры, мм: S	e	b
Односторонний без скоса кромок, У4			От 1,0 до 1,5	Свыше 0,5S до S	0+0,5
			Свыше 1,5 до 3,0		0+1,0
			» 3,0 до 30,0		0+2,0

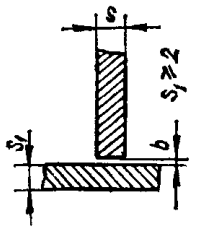
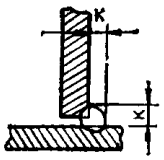
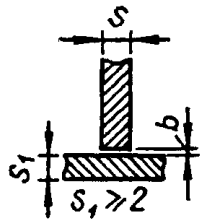
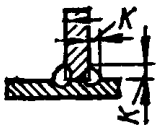
Характер выполнения, форма кромок, условное обозначение шва	S	n	b	e, не более
Двусторонний без скоса кромок, У5	От 2 до 3	От 0 до 0,5S	0+1	8
	Свыше 3 до 5		0+2	10
	» 5 до 6		0+2	12
	» 6 до 8		0+2	14
	От 2 до 3	Свыше 0,5S до S	0+1	—
	Свыше 3 до 30		0+2	—

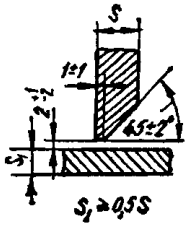
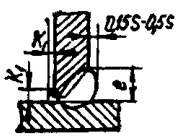
Характер выполнения, форма кромок, условное обозначение шва	S	e	g
Двусторонний со скосом кромок, У10	От 3 до 5	8±2	$0,5^{+1,5}_{-0,5}$
	Свыше 5 до 8	12±2	
	» 8 до 11	16±2	
	» 11 до 14	19±2	

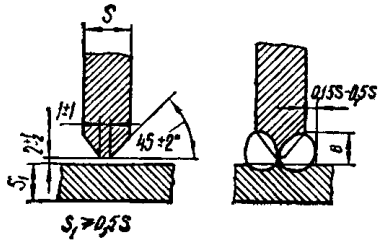
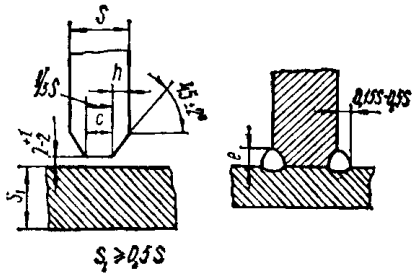
Продолжение

Характер выполнения, форма кромок, условное обозначение шва	Конструктивные элементы		Размеры, мм		
	кромок свариваемых деталей	сварного шва	S	e	g
Двусторонний со скосом кромок, У10			Свыше 14 до 17 » 17 до 20 » 20 до 24 » 24 до 28 » 28 до 32 » 32 до 36 » 36 до 40 » 40 до 44 » 44 до 48 » 48 до 52 » 52 до 56 » 56 до 60	22 ± 3 26 ± 3 30 ± 3 34 ± 3 38 ± 3 42 ± 3 47 ± 3 52 ± 4 54 ± 4 56 ± 4 60 ± 4 65 ± 4	$0{,}5^{+2{,}0}_{-0{,}5}$

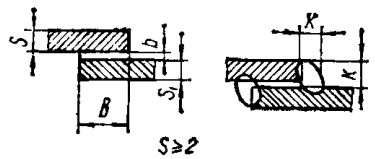
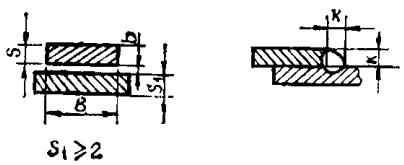
Тавровые соединения

Характер выполнения, форма кромок, условное обозначение шва	Конструктивные элементы		Размеры, мм	
	кромок свариваемых деталей	сварного шва	S	b
Односторонний без скоса кромок, Т1			От 2 до 3 Свыше 3 до 15 « 15 до 40	0^{+1} 0^{+2} 0^{+3}
Двусторонний без скоса кромок, Т3			От 2 до 3 Свыше 3 до 15 » 15 до 40	0^{+1} 0^{+2} 0^{+3}

Характер выполнения, форма кромок, условное обозначение шва	Конструктивные элементы		Размеры, мм	
	кромок свариваемых деталей	сварного шва	S	e
Двусторонний со скосом одной кромки, Т7			От 3 до 5 Свыше 5 до 8 » 8 до 11 » 11 до 14 » 14 до 17 » 17 до 20 » 20 до 24 » 24 до 28 » 28 до 32 » 32 до 36 » 36 до 40 » 40 до 44 » 44 до 48 » 48 до 52 » 52 до 56 » 56 до 60	7 ± 2 10 ± 2 14 ± 2 18 ± 2 22 ± 3 26 ± 3 30 ± 3 33 ± 3 36 ± 3 40 ± 3 44 ± 3 47 ± 4 50 ± 4 54 ± 4 58 ± 4 62 ± 4

Характер выполнения, форма кромок, условное обозначение шва	Конструктивные элементы		Размеры, мм	
	кромок свариваемых деталей	сварного шва	S	e
Двусторонний с двумя симметричными скосами одной кромки, Т8			От 8 до 11 Свыше 11 до 14 » 14 до 17 » 17 до 20 » 20 до 24 » 24 до 28 » 28 до 32 » 32 до 36 » 36 до 40 » 40 до 44 » 44 до 48 » 48 до 52 » 52 до 56 » 56 до 60 » 60 до 64 » 64 до 70 » 70 до 76 » 76 до 82 » 82 до 88 » 88 до 94 » 94 до 100	9±2 11±2 12±3 14±3 16±3 18±3 20±3 22±3 24±3 26±3 28±3 30±3 32±3 34±3 37±4 40±4 43±4 46±4 48±4 52±4 56±4
Двусторонний с двумя симметричными скосами одной кромки, Т9			От 12 до 14 Свыше 14 до 17 » 17 до 20 » 20 до 24 » 24 до 28 » 28 до 32 » 32 до 36 » 36 до 40 » 40 до 44 » 44 до 48 » 48 до 52 » 52 до 56 » 56 до 60 » 60 до 64 » 64 до 70 » 70 до 76 » 76 до 82 » 82 до 88 » 88 до 94 » 94 до 100	8±2 10±3 12±3 14±3 16±3 17±3 18±3 19±3 20±3 21±3 22±3 24±3 26±3 28±4 30±4 32±4 34±4 36±4 38±4 40±4

Соединения внахлестку

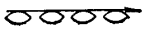
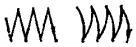
Характер выполнения, форма кромок, условное обозначение шва	Конструктивные элементы		Размеры, мм		
	кромок свариваемых деталей	сварного шва	S	B	b
Односторонний без скоса кромок, Н1			От 2 до 5 Свыше 5 до 10 » 10 до 29 » 29 до 60	3—20 8—40 12—100 30—240	0+1,0 0+1,5 0+2,0 0+2,0
Двусторонний без скоса кромок, Н2			От 2 до 5 Свыше 5 до 10 » 10 до 29 » 29 до 60	3—20 8—40 12—100 30—240	0+1,0 0+1,5 0+2,0 0+2,0

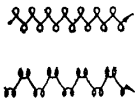
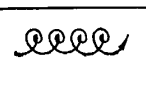
Допустимое уменьшение катета шва при переходе с ручной электродуговой сварки на сварку в углекислом газе, мм

Ручная электродуговая сварка	Сварка в среде CO_2 проволокой диаметром, мм		Ручная электродуговая сварка	Сварка в среде CO_2 проволокой диаметром, мм	
	1,4—1,6	1,6—2		1,4—1,6	1,6—2
3—5	3	3	14	12	10
6	4	4	16	14	12
8	6	5	18	16	14
10	8	6	20	18	16
12	10	8	22	20	18
			24	22	20

Примечания: 1. Ручная электродуговая сварка электродами марок Э42, Э46, Э50. 2. Угловые соединения без скоса кромок.

Техника перемещения конца электрода при сварке

Способ перемещения	Характеристика	Применение
	Наложение ниточных валиков без поперечных колебаний электрода. Ширина (0,8÷1,5) d электрода	Сварка тонкого металла, заварка первого слоя в многослойном шве и подварка дефектов
	Возвратно-поступательное движение электрода	Короткие колебания применяются, если нужно немного увеличить ширину шва, что способствует дегазации ванны и улучшению внешнего вида шва. Длинные колебания используются при сварке в потолочном и вертикальном положениях
	Движения, не способствующие усиленному прогреву кромок	Сварка в нижнем положении. Движение «полумесяцем» (серпообразное) рекомендуется для стыковых соединений без скоса кромок
	Движение способствует усиленному прогреву кромок	Сварка стыковых швов со скосом обеих кромок и угловых соединений в нижнем и вертикальном положениях
	Движение способствует усиленному прогреву обеих кромок	Сварка односторонних тавровых швов со скосом кромок

Способ перемещения	Характеристика	Применение
	Движения «восьмеркой», обеспечивающие прогрев обеих кромок	Выполнение угловых и стыковых швов за один проход
	Движения, способствующие прогреву одной кромки	Сварка элементов конструкции разной толщины и т. п.
	Улучшается прогрев корня шва	Сварка различных соединений с полным проваром корня шва

Примечание. При сварке с колебательными движениями ширина валика не должна превышать (2—4) d электрода

Выбор диаметра электрода в зависимости от толщины металла

Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм	Назначение электрода
1—2	1—2	Сварка очень тонкого металла
3 и более	3	Наложение швов катетом 3 мм, заварка корня шва
4 и более	4	Сварка швов в вертикальной плоскости и потолочном положении, сварка чугуна, прихватка перед сваркой
4—8	4	Наложение швов катетом 4—5 мм, сварка 2-го и 3-го слоев в швах со скосом кромок
9—12	4—5	Сварка декоративного шва
13—15	5	То же, наложение швов катетом 6—8 мм
16—20	5—6	Наложение заполняющих слоев при сварке толстостенного металла в нижнем положении
Свыше 20	6	То же

Примечание. Не рекомендуется применять электроды диаметром 6 мм и более для сварки ответственных конструкций.

Выбор силы сварочного тока в зависимости от условий сварки

№ п/п	Условия сварки	Сила тока, А
1	Сварка в нижнем положении электродами диаметром 4—5 мм при толщине металла (1,5—3) $d_э$	(40 ÷ 50) $d_э$
2	То же, при сварке электродами диаметром до 4 и более 5 мм	(20 ÷ 6 $d_э$) $d_э$
3	Сварка в нижнем положении, сварка чугуна и спецсталей	(25 ÷ 35) $d_э$

Продолжение

№ п/п	Условия сварки	Сила тока, А
4	Сварка металла толщиной менее 1,5 $d_э$	Уменьшить на 10—15% по сравнению с п. 1
5	Сварка металла толщиной более 3,0 $d_э$	Увеличить на 10—15% по сравнению с п. 1
6	Сварка в вертикальной плоскости	Уменьшить на 10—15% по сравнению с силой тока при сварке в нижнем положении
7	Сварка в потолочном положении	Уменьшить на 15—20% по сравнению с силой тока при сварке в нижнем положении

Примечания: 1. Сила тока должна также соответствовать данным, указанным в паспортах на электроды.
2. $d_э$ — диаметр электрода, мм.

Рекомендуемое количество проходов при сварке конструкций в зависимости от толщины металла

Стыковые швы

Толщина металла, мм	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18
Количество проходов (кроме подварочного)	1	1	1	1	2	2—3	3—4	4	4—5	5—6	5—6

Угловые швы

Толщина металла, мм	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
Количество проходов (кроме подварочного)	1	1	1	1	2	2—3	3—4	5	5—6	5—6	6—7

Примечание: Высота валика (0,8÷1,2) $d_э$, разбег между концами валиков 20—40 мм.

Одним из основных условий правильного выполнения швов является соблюдение правил их наложения по длине и толщине свариваемого металла (рис. 5—8).

При сварке многослойных швов перед наплавкой последующего слоя предыдущий очищают от шлака и брызг. Стыковые и угловые швы подваривают после заварки основного шва со стороны разделки. Перед подваркой очищают корень от шлака и пористого металла пневматическим рубильным инструментом, тонким шлифовальным кругом, кислородной или воздушно-дуговой поверхностной строжкой с образованием канавки, которая заполняется подварочным швом. Для вырезки корня шва и удаления дефектов в шве рекомендуются также

электроды АНР-2М, разработанные Институтом электросварки им. Е. О. Патона АН УССР. После строжки необходима механическая зачистка канавки.

При выполнении сварочных работ должна быть обеспечена возможность наложения сварных швов в нижнем положении, так как эти швы наиболее надежны и наименее трудоёмки. Предельные размеры выступающих деталей, при которых возможна сварка достаточно высокого качества, показаны на рис. 9.

Удаление дефектных мест, корня шва, снятие усиления рекомендуется осуществлять с помощью высокооборотных электрических шлифовальных машинок (WSBA-1400, III-230, III-178, ИЭ-2102А, ИЭ-2103А) и абразивных армированных кругов диаметром 230 и 180 мм и толщиной 3—6 мм. При обработке сварных соединений ослабление сечения (углубление в основном металле) не должно превышать 3% толщины металла, но не более 1 мм. Все ожоги поверхности металла должны быть также зачищены на глубину 0,5—1,5 мм.



Рис. 5. Последовательность наложения швов при сварке:
а — напроход; *б* — от середины к краям; *в* — обратноступенчатым швом; *г* — обратноступенчатым швом от середины к краям; *д* — вразброс (длина ступени 100—350 мм).



Рис. 6. Сварка металла толщиной более 15—20 мм:
а — одноироходная; *б*, *в* — многослойная или многопроходная.

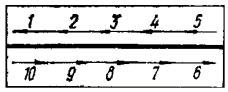


Рис. 7. Последовательность наложения двухслойных швов.

Особенности сварки тонколистовой стали. Сварку выполняют без зазора. Используют массивные медные или бронзовые подкладки, стальные остающиеся подкладки и соединения с отбортовкой кромок. Иногда применяют нахлесточное соединение с подкладкой или в зазоре между листами располагают присадочную проволоку.

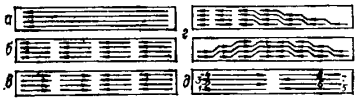


Рис. 8. Последовательность наложения слоев в многопроходных швах при сварке:
а — напроход; *б*, *в* — обратноступенчатым швом; *г* — каскадом; *д* — блоками.

Возможна сварка электродами диаметром 3—4 мм на токе 90—180 А (при наклоне металла на 12—18°), сверху вниз без колебаний. Для сварки употребляют специальные электроды (ТМ-2, ОМА-2 и др.), сварочные преобразователи с повышенным напряжением холостого хода, допускающие регулировку на малых токах (например, ПСО-120), сварочные выпрямители типа ВД-101, источники переменного тока со стабилизатором («Разряд-250»), осциллятором или устройством поджига дуги УПД-1М (черт. Об. 1948—01УЧ) в комплекте с блоком коммутации СУ-139, разработанные Институтом электросварки им. Е. О. Па-

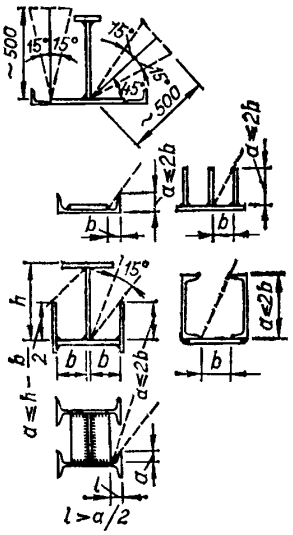


Рис. 9. Предельные размеры выступающих деталей при сварке различных конструкций.

тоиа. Металл толщиной 4 мм и более сваривают с двух сторои. При сварке тавровых, угловых и иахлесточных соединений ток увеличивают иа 10—20% по сравнению со стыковыми соединениями. Полярность постоянного тока — обратиая.

Особенности сварки углеродистых и иизколегированных сталей. Средиеуглеродистые стали (Ст5, 30) и некоторые иизколегированные стали с содержанием углерода и легирующих примесей, близким к верхнему пределу, сваривают с предварительным подогревом до 150—300° С. Для сварки применяют электроды диаметром ие более 4—5 мм с фтористокальциевым покрытием, обеспечивающие предел прочности швов не иниже предела прочности основного металла.

Кромки стыков тщательио обрабатывают, выдерживая равномерный зазор. Собирают конструкции с помощью приспособлений, допускающих свободную усадку в процессе сварки. Прихватку и сварку конструкций выполияют высококвалнфицированные сварщики постоянным током обратной полярности, уменьшениым на 10—20% по сравнению с током для сварки низкоуглеро-

Режимы сварки стыковых соединений тоикой стали без сиоса кромок

Толщина, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Диаметр электрода, мм	1,0	1,6	2,0	2,5	3,0
Сила тока, *А*	10—20	25—35	30—50	45—70	60—100

дистых сталей. Кратеры тщательио заплавляют, обеспечивая плавный переход шва к основиому металлу.

При толщине металла более 6 мм накладывают многослойные швы, причем среднеуглеродистые и низколегированные (10ХСНД, 15ХСНД и т. п.) стали сваривают с бо́льшим, а стали типа хромансиль — с минимальным интервалом между наложением слоев, не прерывая сварку до заполнения ступени по всей толщине. Последним накладывают отжигающий валик, который должен отстоять иа 2—3 мм от основного металла.

Коиструкции из сталей, подвергающихся закалке после сварки, должны пройти термообработку. Для сталей типа хромансиль рекомендуется нагрев до 650—680° С с выдержкой в течение 1 ч на каждые 25 мм толщины и охлаждение иа воздухе или в горячей воде. Предварительный подогрев и термообработка после сварки иеобходимы для всех сталей, имеющих после сварки твердость в зоне термического влияния 250 единиц по Бринеллю и выше. В настоящее время для снятия статических иапряжений после сварки находит применение технология обработки взрывом.

Сварка теплоустойчивых молибденовых и хромомолибденовых сталей. Сборку конструкций выполняют без подкладных колец, с помощью приспособлений, исключающих прихватку или сводящих количество прихваток к мииимуму. Разделка кромок желательна с криволинейным скосом.

Перед сваркой при толщине металла 10 мм и более необходим обязательный, а в процессе сварки — сопутствующий подогрев. Сопутствующий подогрев исключается только в случаях, когда сварку ведут два сварщика. Сварка выполняется постоянным током обратной полярности $I = (35—40)d_э$.

При толщине металла 5—6 мм и более шов заполияют многослойно. При сварке вертикальных стыков металла толщиной более 30 мм и всех горизонтальных стыков усиление шва выполняют несколькими валиками. Замыкающим является отжигающий валик. Необходима защита места сварки от атмосферных воздействий. После окоичания сварки требуется термообработка в режиме высокого отпуска.

Сварка высоколегированных сталей. Сварку выполияют специальиыми электродами на постояином токе обратной полярности, иа 10—20% меньшем, чем для иизкоуглеродистых сталей. Хромистые стали можно сварнвать аустенитиыми электродами. Для сварки прнмеияют укороченные электроды малого диаметра. Корень шва заваривают электродами диаметром 2—3 мм.

Сваривают короткой дугой без поперечных колебаний электрода на повышенных скоростях, иакладывая многослойиые швы с большим нитервалом времени между наложением отдельных слоев. Аустенитиые стали при сварке усилеино охлаждают. Швы аустеиитных сталей, обращеиные к агрессивной среде, сваривают в последиюю очередь. Дугу зажигают на шве, кратеры тщательно заплавляют. При сварке аустенитиых сталей особенно надежно прикрепляют (ио не приваривают) к изделию «обратный провод».

Хромистые стали сваривают с подогревом до 200—400° С, после сварки охлаждают до 150—200° С и дают высокий отпуск (иагрев в печи до 720—750° С с выдержкой в течение 5 мин на 1 мм толщины, ио ие менее 1 ч, с последующим охлаждением иа спокойном воздухе. Прн содержаиии хрома 17—20% выдержку увеличивают до 10 мин на каждый миллиметр толщины). Окалиностойкие стали после сварки отпускают при 250° С. Ферритиые стали (Х25 и Х30) нагревают до 800—850° С и охлаждают в воде. Термообработку аустенитных сталей выполняют только для выравнивания структуры шва и осиовиого металла и для ликвидации опасиости возникиовения межкристаллитной коррозин (стабилизирующий отжиг-нагрев в течение 2—3 ч при 850—900 или закалка в воде после нагрева до 1050—1100° С). Высокомарганцовистую аустенитную сталь (Г13Л) сваривают в закалением состоянии, которое определяют с помощью магнита (закалеиная сталь немагиитиа). Аустенитные стали подвержены сильному короблению, поэтому их сваривают с применением различиых зажимов, обратноступенчатого способа и т. п.

Режимы сварки высоколегированных сталей

Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А, в положениях		
		нижнем	вертикальном	потолочном
1,5	2	30—50	30—40	30—40
2—5	3	60—90	45—75	50—80
4—10	4	90—140	70—120	80—120
5—12	5	110—160	80—130	90—150

Сварка алюминия и его сплавов. При сварке угольным электродом прихватку кромок следует выполнять после подогрева до 200—250° С. Металл толщиной до 20 мм можно сваривать без разделки кромок. Металл толщиной до 10 мм сваривают без подогрева. При большей толщине необходим подогрев до 100—400° С. Присадочные прутки (чаще АК) и флюсы применяют те же, что и при газовой сварке (см. «Газовая сварка и резка»).

Сварку металлическим электродом ведут на обратиой полярности. Дуга короткая. Рекомендуется вести сварку на стальных подкладках. После разогрева детали силу тока можно снизить на 10—15%. Зазор в стыке в отличие от сварки угольным электродом (0,5—0,7 толщины) должен быть ие более 0,5—1 мм. При смене электродов кратер нужно вывести в сторону, а дугу зажигать иа уложенном шве.

Перед сваркой поверхность металла обезжиривают растворителями (бензином, уайт-спиритом, ацетоном и т. п.), удаляют окисную пленку зачисткой или травлением в течеиие 0,5—1 мин раствором едкого натра технического 45—55 г и натрия фторнстого технического 40—50 г в 1 л воды, промывают водой,

нейтрализуют 1—2 мин в 25—30%-ном растворе азотной кислоты, промывают в проточной, а затем горячей воде и сушат. После сварки остатки флюса и покрытий смывают горячей водой.

Режимы сварки алюминия и его сплавов

Толщина металла, мм	Диаметр присадочной проволоки, мм	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А (в нижнем положении)	Толщина металла, мм	Диаметр присадочной проволоки, мм	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А (в нижнем положении)
Угольным (графитовым) электродом				*Металлическим электродом*			
2—5	1—6	8	120—200	1—3	—	3	80—130
5—10	5—7	10	200—280	3—5	—	4	150—180
10—15	7—10	12	280—350	5—8	—	5	250—320
15 и более	10—12	15	350—450	8—10	—	6	300—350
				10—15	—	8	350—400
				15 и более	—	10	400—450

Сварка меди и латуни. Угольным электродом медь и латунь сваривают при напряжении дуги 30—40 В в нижнем положении на графитовых или стальных подкладках. При сварке металла толщиной более 5 мм его подогревают до 200—300° С. Флюс наносят на присадочные прутки и перед сваркой подсыпают в разделку. Электрод держат под углом 70—90° к свариваемому металлу и ведут возвратно-поступательно. Сваривают быстро, по возможности в один проход.

Сварку металлическим электродом ведут на обратной полярности. Латунь толщиной 5—15 мм сваривают на прямой полярности при силе тока 250—280 А для электрода диаметром 5 мм. При толщине 5—10 мм нужен односторонний скос кромок. При больших толщинах — двусторонний, а для латуни — криволинейный скос. При толщине меди более 20 мм ее подогревают до 700—750° С.

Проковка шва и переходной зоны в холодном (S до 5 мм) или горячем состоянии, при 300—400° С, уплотняет металл и измельчает зерно.

После сварки медь отжигают нагревом до 500—600° С и охлаждением в воде, а латунь большой толщины нагревают до 600—700° С и медленно охлаждают.

Повышение электропроводности меди достигается при сварке в инертном газе или под флюсом.

Режимы сварки меди и латуни

Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А
Угольным электродом			*Металлическим электродом*		
1	5	140—190	2	3	120—150
2	6	190—250	3	3—4	160—210
4	6	220—300	4	4	240—280
6	8	280—400	5	5	300—350
8	8	300—450	6	5—6	330—380
10	10	400—500	7	5—7	350—420
12	10—12	490—650	8	6—8	420—550

Механизированная сварка под флюсом

Влияние режима и техники сварки на форму, размеры и состав шва

Характеристика	Изменение характеристики шва при увеличении									
	сварочного тока	диаметра сварочной проволоки	напряжения на дуге, В		скорости сварки, м/ч	угла наклона сварочной проволоки	угла наклона изделия		зазора и угла разделки кромок	размера зерен флюса
			от 22 до 34	от 34 до 60	от 10 до 40	от 40 до 100	сварка «на спуск»	сварка «на подъем»		
Глубина провара, $h_п$	Интенсивно увеличивается	Уменьшается	Немного увеличивается	Немного уменьшается	Не изменяется	Уменьшается	Интенсивно уменьшается	Уменьшается	Немного увеличивается	Незначительно увеличивается	Немного уменьшается
Ширина провара, b	Немного увеличивается	Увеличивается	Увеличивается	Интенсивно увеличивается	Уменьшается	То же	Увеличивается	Увеличивается	Немного уменьшается	Немного уменьшается	Немного увеличивается
Высота усиления, $h_в$	Интенсивно увеличивается	Уменьшается	Уменьшается	Уменьшается	Немного увеличивается	Немного увеличивается	Уменьшается	Уменьшается	Увеличивается	Уменьшается	Немного уменьшается
Коэффициент формы $\psi = \frac{b}{h_п}$	Интенсивно уменьшается	Увелнчивается	Увелнчивается	Интенсивно увеличивается	Уменьшается	Немного уменьшается	Интенсивно увеличивается	Увеличивается	Уменьшается	Незначительно уменьшается	Увеличивается
Соотношение, $\frac{b}{h_в}$	То же	То же	То же	То же	То же	Уменьшается	То же	То же	То же	Увеличивается	То же
Доля основного металла в металле шва	Интенсивно уменьшается	Уменьшается	Немного увелнчивается	Практически не изменяется	Интенсивно увеличивается	Увелнчивается	Уменьшается	Уменьшается	Уменьшается	Уменьшается	Немного уменьшается

Сила тока, А, обеспечивающая одинаковую глубину проплавления металла, в зависимости от диаметра сварочной проволоки

Диаметр проволоки, мм	Глубина проплавления, мм						
	3	4	5	6	8	10	12
5	450	500	550	600	725	825	930
4	375	425	500	550	675	800	925
3	300	350	400	500	625	750	875
2	200	300	350	400	500	600	700

Примечание. Флюс марки АН-348А и проволока марки Св-08.

Рекомендуемое сочетание «проволока-флюс»

Марка	
флюса	проволоки
АН-348А	Св-08А, Св-08АА, Св-08ГА
АН-22	Св-08ХМ, Св-08МХ
АН-47	Св-08ГА, Св-08ХМ, Св-08МХ

Режимы сварки стыковых соединений без разделки кромок по ручной подварке корня шва

Толщина металла, мм	Зазор, мм	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи электродной проволоки, м/ч
6	0—1,5	600	34—36	54	54,6
8	0—2,0	650	34—36	46	60,7
10	0—2,0	750	34—36	40	75,5
12	0—2,5	800	36—38	34	83,2
14	0—2,5	900	36—38	28	95,2
16	0—3,0	950	38—40	26	103,0

Примечание. Диаметр электродной проволоки 5 мм. Подварку выполняют штучными электродами на 1/3 толщины металла (V). Вместо ручной можно применять подварку в углекислом газе или порошковой проволокой без защиты.

Режимы односторонней сварки стыковых швов без скоса кромок на флюсовой подушке

Толщина металла, мм	Зазор, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Давление воздуха в шланге флюсовой подушки, МПа
3	0—1,5	1,6	275—300	28—30	30—35	0,08
3	0—1,5	2	300—325	28—30	40—45	0,08
5	0—2,5	2	425—450	32—34	30—35	0,1—0,15
5	0—2,5	4	575—625	32—36	40—45	0,1—0,15
8	0—3	4	725—775	32—36	30—35	0,1—0,15

Примечание. Для флюсовой подушки применяется флюс мелкой грануляции.

Новым способом одисторонней сварки стыковых соединений является наложение швов на специальной гибкой приклеивающейся ленте, расположенной с обратной стороны стыка (рекомендуется для монтажных условий).

Техническая характеристика гибкой ленты

Предельная толщина свариваемого металла, мм . . .	18—20
Максимальный сварочный ток, А	800
Толщина формующего материала, мм	8

Разработчики: Институт электросварки им. Е. О. Патона АН УССР, Киевский филиал НИИ резиновых и латексных изделий, Херсонское производственное объединение

Режимы сварки швов без скоса кромок (с обязательным зазором) на флюсовой подушке

Толщина металла, мм	Зазор, мм	Вид шва	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч
10	3—4	Односторонний	700—750	34—36	30
12	4—5	То же	750—800	36—40	27
14	4—5	»	850—900	36—40	25
14	3—4	Двусторонний	700—750	24—36	30
16	5—6	Односторонний	900—950	38—42	20
16	3—4	Двусторонний	700—750	34—36	27
18	5—6	Односторонний	900—950	40—44	17
18	3—8	То же	800—850	36—40	27
20	5—6	»	950—1000	40—44	15
20	3—5	Двусторонний	850—900	36—40	27
30	6—7	То же	950—1000	40—44	16
40	8—9	»	1000—1200	40—44	12
50	10—11	»	1200—1300	44—48	10

Примечание. Первый шов сваривают проволокой диаметром 5 мм на флюсовой подушке, второй — без флюсовой подушки

Режимы сварки двусторонних швов со скосом кромок

Толщина металла, мм	Подготовка кромок	Угол скоса кромок, град	Притупление кромок, мм	Зазор	Номер шва	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч
14	V-образная	50	3—5	1—3	1	830—850	36—38	25
					2	600—620	36—38	45
18	»	60	6—8	1—3	1	830—850	36—38	20
					2	600—620	36—38	45
22	»	60	7—9	1—3	1	830—850	36—38	18
					2	600—620	36—38	45
30	X-образная	50	5—7	1—4	1	1000—1100	36—40	18
					2	900—1000	36—38	20

Примечание. Первый шов выполняется на флюсовой подушке.

Режимы сварки «в лодочку» угловых швов тавровых и нахлесточных соединений

Катет шва, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Катет шва, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч
6	2	450—475	34—36	40	10	2	475—525	34—36	20
	5	600—700	34—36	40		3	600—650	34—36	23
8	2	475—595	34—36	28		4	650—700	34—36	23
	3	550—600	34—36	30		5	750—800	34—36	25
	4	575—625	34—36	30	12	2	475—525	34—36	14
	5	700—750	34—36	32		3	600—650	34—36	15
						4	725—775	36—38	20
						5	850—900	36—38	18

Режимы сварки угловых швов при вертикальном положении стенки

Катет шва, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Катет шва, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч
3	2	200—220	25—28	60	5	4	425—475	28—30	50
4	2	280—300	28—30	55	7	2	375—400	30—32	28
4	3	340—360	28—30	55	7	3	500—550	30—32	48
5	2	375—400	30—32	55	7	4	650—700	32—36	50
5	3	425—475	28—30	55					

Примечания: 1. Флюс марки АН-348А мелкой грануляции.
2. Наклон электрода к вертикали 30° с некоторым смещением к горизонтальному листу.
3. Ток постоянный для проволоки диаметром 2 мм, в остальных случаях возможно использование также и переменного тока.

Режимы сварки нахлесточных соединений способом оплавления кромки

Толщина верхнего листа, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч
4	5	550—600	26—28	60
6	5	550—600	30—32	40
8	5	700—750	34—36	26

Особенности сварки под флюсом некоторых сталей и цветных металлов

Свариваемый металл	Рекомендации для сварки
Углеродистые стали ($C \geqslant 0{,}30\%$)	Сваривать постоянным током обратной полярности проволокой диаметром 2—3 мм. Перед сваркой металл подогревать. Уменьшать скорость сварки и остывания металла. Применять двухдуговую сварку раздвинутыми дугами и сварку с поперечными колебаниями электрода. Глубина провара должна быть меньше ширины. Проволоку и флюс следует использовать те же, что и для низкоуглеродистых сталей
Низколегированные стали марок 10ХСНД, 15ХСНД, 10Г2С1, 14ХГС, 09Г2, 14Г2, 09Г2С	Сваривать под обычными флюсами проволокой, легированной марганцем (Св-10Г2, и т. п.). При повышенном содержании кремния в стали применяют флюс марки АН-10, для скоростной сварки — АН-60. При содержании углерода выше 0,25% и наличии жестких закреплений сталь подогревать до 150—250° С. После сварки — отпуск при 550—650° С. Режимы сварки аналогичны режимам для углеродистых сварок
Коррозиестойкие стали	Металл до 12, а иногда и до 20 мм толщиной сваривать без разделки кромок. Особенности автоматической сварки этих сталей те же, что и ручной. Сила тока 400—700 А, напряжение на дуге 30—40 В. Флюсы марок ФЦЛ-2, АН-26, проволока марок Св-02Х19Н9, Св-04Х19Н9С2, Св-06Х19Н9Т
Окалиностойкие стали	Применять: флюсы марок ФЦЛ-2, АН-26; проволоки марок Св-13Х25Н18, Св-07Х25Н13, Св-10Х20Н15; ток постоянный, обратной полярности, силой 500—800 А, при напряжении на дуге 30—40 В. Термообработку для снятия напряжений производить при 650°, а для изменения структуры при 950—1100° С
Медь — стыковые и угловые швы при толщине материала от 2 мм и выше	Применять: флюсы марок ОСЦ-45, АН-348А, АН-20, нагартованную сварочную проволоку марок М-1, М-2, М-3, БрКМЦ3-1 диаметром 1,4—4 мм; ток постоянный обратной полярности силой 100 А на 1 мм диаметра электрода; напряжение на дуге 38—40 В; скорость сварки 15—25 м/ч. Металл толщиной до 8 мм перед сваркой не подогревать
Латунь — листы толщиной 4—16 мм	Применять: флюсы марок АН-348М, ОСЦ-45 с добавкой 10% борной кислоты и 20% кальцинированной соды, предварительно сплавленных между собой; сварочную проволоку марок М-1, М-2, М-3, ЛК62-05. Сваривать постоянным током прямой полярности силой 250—480 А проволокой диаметром 2 мм. Напряжение на дуге 30—42 В. Собирать листы без зазора для односторонней сварки на флюсовой подушке, на латунной или асбестовой подкладке

Электрошлаковая сварка

Механизированный процесс бездуговой сварки под флюсом обычно выполняется при вертикальном положении шва. Применяется в строительстве для получения прямолинейных и криволинейных швов при изготовлении и укрупнительной сборке толстостенных конструкций (минимальная толщина деталей 25—30 мм).

Параметры электрошлаковой сварки стыковых соединений из низкоуглеродистых и низколегированных сталей проволочными электродами следующие:

Зазор, мм	
расчетный	26
сварочный	28—30
Допускаемое смещение кромок, мм	2—3
Диаметр сварочной проволоки (Св-10Г2, Св-08Г2), мм	3
Усиление шва, мм	4—10
Скорость подачи проволоки, м/ч	250
Напряжение, В	32—56
Ширина шлаковой ванны, мм	30—60
«Сухой» вылет электрода, мм	70—90

Для сварки используются флюсы марок АН-8 и АН-8М. В начале процесса рекомендуется флюс марки АН-25. В верхней части стыка зазор увеличивают на 2—4 мм на каждый метр длины стыка. Сварку выполняют с помощью водоохлаждаемых ползунов, медных или стальных остающихся подкладок, входных и выходных планок. Сварочный ток постоянный и переменный.

Дуговая сварка в защитных газах

Сварку можно выполнять плавящимися и неплавящимися электродами, с присадкой и без присадки. Специфические особенности способа и широкий диапазон защитных газов обусловливают широкую область его применения как в отношении свариваемых металлов так и их толщины. К недостаткам способа следует отнести необходимость использования часто дефицитных газов и создания условий, предотвращающих их сдувание в процессе сварки, а также необходимость применения газовой аппаратуры (баллонов, редукторов и т. д.).

При аргонодуговой сварке на постоянном токе дугу зажигают прикосновением электрода к изделию с последующим отводом или без прикосновения, с помощью осциллятора. На переменном токе дугу зажигают на угольной (графитовой) пластинке. Сваривают во всех пространственных положениях правым и левым способами. Угол наклона электрода к изделию должен быть 60—80°, а присадочной проволоки 10—12°. Присадочный пруток вводят в ореол пламени (но не столб дуги) в начале сварочной ванны. При обрыве дуги пруток держат под защитой аргона до потемнения. Перемещение прутка при сварке малых толщин — возвратно-поступательное, а при сварке со скосом кромок — серповидное. Газ открывают за 2—3 с до зажигания дуги и закрывают после остывания электрода. Металл толщиной до 3 мм сваривают в один слой, 3,5—5 мм — в два слоя, 6—8 мм — в три. Перед сваркой выполняют прихватки длиной 5—10 и высотой 1—1,5 мм.

Механизированную сварку в аргоне нержавеющих сталей плавящимся электродом ведут после прихватки неплавящимся электродом без присадочной проволоки. Перед сваркой прихватки зачищают щеткой из нержавеющей стали. Сваривают на постоянном токе обратной полярности. На качество швов большое влияние оказывает вылет электрода: при его увеличении повышается количество расплавляемого металла; при уменьшении — повышается стабильность дуги, но увеличивается разбрызгивание газового сопла. Вертикальные швы сваривают обычно «на спуск», горизонтальные — с наклоном горелки вниз от горизонтальной оси, без поперечных колебаний, потолочные — вертикальным электродом или с наклоном электрода «углом назад» и с поперечными колебаниями.

В качестве неплавящегося электрода применяют прутки из чистого вольфрама, вольфрама с присадками окислов лантана и иттрия, которые облегчают зажигание и поддерживают горение дуги, повышают стойкость электрода.

При сварке на переменном токе рабочий конец электрода затачивают в виде полусферы, при сварке на постоянном токе — под углом 60° на длине 2—3 диаметров или в виде четырехугольной пирамиды.

Рекомендуемая область применения дуговой сварки в защитных газах

Способ сварки	Защитный газ	Ток	Основной металл	Толщина, мм	Свариваемые конструкции
Механизированная и частично механизированная плавящимся электродом	Углекислый газ, смесь аргона с углекислым газом (до 10%), смесь углекислого газа с кислородом (до 30%). Аргон 2-го сорта	Постоянный, обратной полярности	Углеродистые и низколегированные стали	0,5	Решетчатые и листовые конструкции, трубопроводы и монтажные швы негабаритной аппаратуры
Механизированная, частично механизированная и ручная угольным электродом	Углекислый газ	Постоянный, прямой полярности	То же	0,5—3,0	Тонколистовые конструкции и трубы
Ручная, неплавящимся электродом	Аргон 2-го сорта	Постоянный, прямой полярности	»	8	Корень шва толстостенных трубопроводов
Ручная, механизированная и частично механизированная неплавящимся электродом	Для нержавеющих аргон 2-го сорта, смесь аргона и гелия, для жаропрочных аргон 1-го сорта и гелий	Постоянный, прямой полярности и переменный	Нержавеющие и жаропрочные легированные стали	1 и более	Листовые конструкции толщиной до 3 мм, трубопроводы с толщиной стенки до 10 мм
Механизированная и частично механизированная, плавящимся электродом	Для нержавеющих аргон 2-го сорта, гелий, углекислый газ, смесь аргона с углекислым газом (10%)	Постоянный, обратной полярности	То же	0,5 мм и более	Листовые конструкции, трубопроводы и монтажные швы негабаритной аппаратуры

Продолжение

Способ сварки	Защитный газ	Ток	Основной металл	Толщина, мм	Свариваемые конструкции
Ручная и механизированная, неплавящимся электродом	Аргон 2-го сорта, гелий	Постоянный, прямой полярности и переменный	Медь и ее сплавы	То же	Листовые конструкции и трубопроводы
Механизированная и частично механизированная, неплавящимся электродом	Аргон 2-го сорта, гелий, смесь аргона и азота (20—30%)	Постоянный, обратной полярности	То же	3 и более	Листовые конструкции и трубопроводы
Ручная и механизированная, неплавящимся электродом	Аргон 1-го сорта	Переменный	Алюминий и его сплавы	0,5—15	Решетчатые и листовые конструкции, трубопроводы и монтажные швы негабаритной аппаратуры
Механизированная и частично механизированная, плавящимся электродом	Аргон 1-го и 2-го сортов, смесь аргона и гелия	Постоянный, обратной полярности	То же	2 мм и более	Решетчатые и листовые конструкции, трубопроводы и монтажные швы негабаритной аппаратуры
Ручная и механизированная, неплавящимся электродом	Аргон высшего сорта	Постоянный, прямой полярности	Титан и его сплавы	0,5 и более	То же
Механизированная и частично механизированная, плавящимся электродом	Аргон высшего и 1-го сортов	Постоянный обратной полярности	То же	3 мм и более	»

Примечание. Постоянный ток может быть заменен переменным при использовании устройств поджига дуги или других стабилизаторов.

Оптимальные значения силы тока в зависимости от диаметра вольфрамовых электродов

Ток	Защитный газ	Сила тока, А, при диаметре электрода, мм					
		1	2	3	4	5	6
Переменный	Аргон	10—75	40—90	90—150	150—220	220—300	300—400
	Гелий	10—40	30—60	60—120	100—180	150—200	200—350
Постоянный прямой полярности	Аргон	20—65	65—100	200—300	300—400	350—400	300—480
	Гелий	10—50	50—80	150—200	200—300	300—350	300—400
Постоянный обратной полярности	Аргон	До 10	10—30	20—40	40—80	60—100	80—130
	Гелий	До 10	10—20	15—30	20—60	30—75	40—100

Примечание. Бо́льшие значения силы тока соответствуют электродам с присадками.

Режимы ручной дуговой сварки в аргоне высоколегированных сталей неплавящимся электродом диаметром 2 мм

Толщина металла, мм	Тип соединения	Конструктивные элементы подготовки кромок	Диаметр присадочной проволоки мм	Сила тока, А	Расход аргона, л/мин
1,0	Стыковое с отбортовкой одного или двух листов	Высота отбортовки $(2 \div 2{,}5)\ S$	1,6—2	35—60	4—5
1,5			1,6—2	45—80	4—5
2,0			1,6—2	75—120	5—6
3,0			1,6—2	100—140	6—7
1,0	Стыковое без скоса кромок с подачей или наложением на стык присадки	Зазор $(0 \div 0{,}2)\ S$	1,6	40—70	4—5
1,5			1,6	50—85	4—5
2,0			1,6	80—130	5—6
3,0			1,6—2	100—150	6—7
⩾4	Стыковое с V-образным или криволинейным скосом кромок (корневой шов)	В зазоре проволочное кольцо грибовидного сечения	3	100—120	5—6
⩾4	Стыковое с V-образным скосом кромок (корневой шов)	Зазор 0,5—1,5, притупление 0,5—2,5, угол скоса 40—50°	3	160—200	6—8
1,0	Нахлесточное	Перекрытие $(2 \div 2{,}5)\ S$	1,6	40—60	3—4
2,0			2	80—110	5—6
1,5	Тавровое	Зазор $(0 \div 0{,}2)\ S$	1,6	40—60	3—4
1,0	Угловое	То же	1,6	45—50	3—4

Примечание. Длина дуги 2—3 мм. Напряжение на дуге 12—15 В. Давление газа 0,01—0,03 МПа (0,1—0,3 кгс/см²). Вылет электрода 3—5 мм, а при сварке соединений стыковых со скосом кромок и угловых 5—7 мм. Применять левый способ сварки.

Режимы частично механизированной аргонодуговой сварки (полуавтоматической) высоколегированных сталей неплавящимся электродом

Толщина металла, мм	Подготовка кромок	Зазор, мм	Диаметр, мм: вольфрамового электрода	Диаметр, мм: присадочной проволоки	Сварочный ток, А	Скорость сварки, м/ч	Расход аргона, л/мин
			Нижнее положение				
0,8	Без скоса	0—0,2	1,5	1,0	60—70	30—35	5—6
1,0	То же	0—0,2	1,5	1,6	70—80	20—23	5—6
1,5	»	0—0,3	2,0	1,6	135—150	30—32	6—7
2,0	»	0—0,3	2,0	2,0	160—180	25—26	6—7
3,0	*V*-образная, угол 40°	0—0,4	2,5	2,0	190—200 180—190 *	19—24	7—9
4,0	То же	0—0,4	2,5	2,0	170—185 160—175 *	12—13	7—9
			Вертикальное положение				
0,8	Без скоса	0—0,2	1,5	1,0	60—70	32—35	5—6
1,2	То же	0—0,2	2,0	1,6	75—95	19—20	6—7
2,0	»	0—0,3	2,0—2,5	1,6	180—200	25—30	6—7
3,0	*V*-образная, угол 40°	0—0,4	2,5	1,6	190—200 180—190 *	19—24	7—9
4,0	То же	0—0,4	2,5	1,6	190—200 180—200 *	10—15	7—9

* Второй проход.

Режимы ручной аргонодуговой сварки алюминия вольфрамовым электродом

Толщина металла, мм	Стыковые соединения: без присадки: Сварочный ток, А	Стыковые соединения: без присадки: Расход газа, л/мин	Стыковые соединения: с присадкой: Сварочный ток, А	Стыковые соединения: с присадкой: Расход газа, л/мин	Сварка по отбортовке: Сварочный ток А	Сварка по отбортовке: Расход газа, л/мин
	На съемной подкладке					
0,8	45—55	4—5	—	—	40—45	4—5
1,0	50—65	4—5	65—85	4—5	45—55	4—5
1,2	60—70	5—6	70—90	5—6	55—70	5—6
1,5	70—90	7—8	80—100	7—8	70—85	7—8
2,0	90—100	7—8	90—110	7—8	—	—
3,0	110—120	8—9	100—120	8—9	—	—
	На остающейся подкладке					
1,5	—	—	60—80	5—6	—	—
2,0	—	—	90—110	7—8	—	—
2,5	—	—	110—130	8—9	—	—
3,0	—	—	140—160	8—9	—	—

Примечание. Перед сваркой кромки тщательно очищают от загрязнений и окисной пленки. Прихватку выполняют также в среде аргона. Длина прихваток (12 + 20) *S*. Сварку производят на переменном токе; металл толщиной до 2 мм — также на постоянном токе обратной полярности. Напряжение на дуге 11—15 В длина дуги 1,5—3 мм. Нахлесточные и тавровые соединения сваривают правым способом, остальные — левым. Стыковые швы сваривают на подкладках из меди или нержавеющей стали с канавкой глубиной 1—2 мм и шириной 4—6 мм При сварке «на весу» сила тока на 15—20% ниже. необходим поддув газа. Присадка — проволока той же марки, что и свариваемый металл.

Режимы механизированной аргонодуговой сварки алюминия неплавящимся электродом в нижнем положении

Тип соединений	Толщина металла, мм	Диаметр, мм: электрода	Диаметр, мм: присадочной проволоки	Скорость, м/ч: сварки	Скорость, м/ч: подачи проволоки	Сварочный ток А	Номер прохода	Расход аргона, л/мин
Стыковое без скоса кромок и присадки	1	2	—	25—50	—	40—70	1	5—6
	2	3	—	20—40	—	80—100	1	7—8
	3	4	—	15—30	—	150—200	1	8—9
Стыковое без скоса кромок с присадкой	1	2	1,0	20—60	40—80	60—100	1	5—6
	2	3	1,5	20—40	30—60	115—140	1	7—8
	3	4	1,5	15—30	50—80	160—120	1	8—9
Стыковое с *V*-образным скосом кромок	6	4	2,5	8—15	20—30	240—260	1	12—15
		4	2,5	6—15	20—35	240—260	2	12—15

Режимы частично механизированной аргонодуговой сварки стыковых соединений стали плавящимся электродом

Толщина стенки трубы, мм	Подготовка кромок	Число слоев	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сварочный ток А	Расход аргона, л/мин
1,5	Без скоса	1	0,8—1,0	90—110	6—8
2,5	То же	1	1,0	140—180	6—8
3,0	»	1	1,0—1,6	150—250	6—8
4,0	»	1	1,0—1,6	160—300	7—9
6,0	*V*-образная	1—2	1,6—2,0	220—230	9—12
8,0	»	2	1,6—2,0	240—340	11—15
10,0	»	2	2,0	290—390	12—17

Режимы механизированной аргонодуговой сварки алюминия плавящимся электродом

Параметры режима	Диаметр электродной проволоки, мм: 1,2	1,6	2	2,5	3	4	5
Сварочный ток, А	100—250	150—300	200—350	250—400	280—450	400—500	450—600
Напряжение дуги, В	18—26	19—25	20—25	21—24	22—26	26—30	33—35
Скорость подачи проволоки, м/мин	4—14	4—11	4—7	4—6	2—4	2—3	0,5—1

Режимы механизированной аргонодуговой сварки стыковых соединений алюминия «на весу» плавящимся электродом

Толщина металла, мм	Подготовка кромок	Диаметр электродной проволоки, мм	Количество проходов	Сварочный ток А	Напряжение дуги В	Скорость сварки, м/ч	Расход аргона, л/мин
4	Без скоса	1,2—1,6	1	140—150	91—21	30	10—12
6	То же	1,2—1,6	2	170—200	20—22	30	12—14
8	»	1,6	2	220—250	22—24	20—25	15—20
10	»	2,0—2,5	2	300—320	22—24	20—25	20—25
12	*V*-образный скос	2,0—2,5	2	330—350	22—24	20—25	20—25
15	То же	2,0—2,5	2	350—380	24—26	20—25	30—35
20	»	4,0	2	500—540	28—30	11—18	28—35

Режимы аргонодуговой сварки стыковых соединений раскисленной меди

Толщина металла, мм	Подготовка кромок	Диаметр присадочной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Расход аргона, л/мин
1,5	Без скоса кромок на медной подкладке	2,4	80—110	2,5
3	То же	3,2	140—220	3,5
5	»	4—4,8	300—400	5,0
6,5	*V*-образный скос под углом	5	250—350	7
9,5	90°	5	300—400	7
13	*X*-образный скос	6,5	400	8
16	То же	6,5	400	

Примечание. Сварнвают на постоянном токе прямой полярности. Стык собнрают на медной подкладке с зазором 2—3 мм. Длина прихваток 8—15 мм, высота 1,5—3 мм Перед сваркой требуется подогрев до 550° С, листы располагают с наклоном к горизонту до 10° чтобы расплавленный металл не натекал на нерасплавленные кромки листов.

Выбор вылета электрода и силы тока в зависимости от диаметра сварочной проволоки при сварке в аргоне плавящимся электродом

Наименование показателей	Диаметр проволоки мм					
	0,5	0,8	1	1,6	2	3
Вылет электрода, мм	5—6	6—7	7—9	10—12	13—15	18—20
Минимальный ток, А	25—30	35—40	45—55	80—90	100—130	150—170

Из всех известных способов сварки в защитных газах наиболее распространена сварка в углекислом газе (CO_2).

Как показывает отечественный и зарубежный опыт, использование вместо CO_2 смеси аргона с окислительными газами (O_2 и CO_2) позволяет расширить область применения механизированной сварки сталей этим способом, повысить показатели качества сварных соединений. Основные преимущества процесса сварки в смеси аргоиа с кислородом:

значительное уменьшение разбрызгивания и набрызгивания электродного металла;

повышение показателей механических свойств металла шва, особенно его ударной вязкости прн отрицательных температурах;

снижение объема работ по зачистке приварившихся брызг;

улучшение санитарио-гигиенических характернстик процесса сварки.

На ряде металлургических заводов нашей страны введены в эксплуатацию мощные установки по разделеиию воздуха КАр-30. Среди газообразных и сжиженных продуктов, которые можно получить на этих установках,— чистый аргон и аргоно-кислородиая смесь.

В качестве присадочных материалов при сварке в углекислом газе или смесн газов используются легированные проволоки сплошного сечения, порошковые проволокн, а также активированные проволоки. Для сварки тонкой проволокой сплошиого сечения (диаметром 0,8—1,2 мм) рекомендуется импульсно-дуговой метод.

Сварку в углекислом газе выполняют короткой дугой на постояиом токе обратиой полярности. Расстояиие от сопла горелки до изделия не должно превышать 25 мм. Стыковые швы в нижнем положении сваривают с наклоном электрода от вертикальной осн на 5—20°. Угловые соединения (не «в лодочку») сваривают с таким же наклоном в иаправлении сварки и с иаклоиом поперек шва под углом 40—50° к горизонтали, смещая электрод на 1—1,5 мм от угла на горизоитальную полку. Тонкий металл сваривают без колебательных движений, за исключеннем мест с повышеииым зазором. Швы катетом 4—8 мм накладывают за один проход, перемещая электрод по вытяиутой спирали. Корень стыкового шва заваривают возвратно-поступательно, следующий — по вытянутой спирали, а последующие — серповидиыми движениями. Проволокой толщиной 0,8—1,2 мм сваривают металл во всех положениях, причем при вертикальном, горизонтальиом и потолочном — напряжение умеиьшают до 17—18,5 В, а силу тока — на 10—20%. Стыковые швы металла толщиной до 2 мм, а угловые — катетом до 5 мм и корень стыковых швов большого сечения лучше сваривать сверху вииз. При сварке необходимо обеспечить защиту от сдувания газа и подсоса воздуха через зазор. Для уменьшения разбрызгивания в сварочную цепь можио последовательно включить индуктивное сопротивление.

Режимы частично механизированной сварки в углекислом газе стыковых швов углеродистых и низколегированных сталей проволокой марки Св-08Г2С

Толщина металла, мм	Подготовка кромок	Количество слоев	Диаметр электродной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Скорость сварки, м/ч	Расход газа л/мин
0,6—1	Отбортовка высотой 2 мм, зазор 0—0,5 мм	1	0,5—0,8	50—60	18	20—25	6—7
1,2—2	Без скоса, зазор 0—0,5 мм	1—1	0,8—1,0	70—110	18—20	18—24	10—12
3—5	То же	1—2	1,6—2,0	160—200	27—29	20—22	14—16
6—8	»	2	2	280—300	28—30	25—30	16—18
6—8	На подкладке с зазором 2—3 мм	2	2	280—300	28—30	18—22	16—18
8—12	*V*-образный скос, угол 60—70°, притупление 4—6, зазор 0—1,5 мм	2—3	2	280—300	28—30	16—20	18—20
12—18	*X*-образный скос, притупление 4—6, зазор 0—2 мм	2—3	2	380—400	30—32	18—22	18—20
20—22	*X*-образный скос, притупление 6, зазор 0—2 мм	2	2	380—400	30—32	16—20	18—22
25—30	Криволинейный скос, притупление 6, зазор 0—2 мм	2	2—2,5	440—460	30—32	16—20	18—22
40 и более	Двусторонний криволинейный скос, притупление 6, зазор 0—2 мм	4 8 и более 12 и более 12 и более	2—2,5 2—2,5 2—2,5 3	420—440 440—500 440—500 500—750	30—32 30—32 30—32 34—36	16—20 16—20 16—20 16—20	18—22 18—22 18—22 18—22

Режимы частично механизированной сварки в углекислом газе угловых швов углеродистых и низколегированных сталей проволокой марки Св-08Г2С

Толщина металла, мм	Зазор, мм	Минимальный катет, мм	Сварка «в лодочку»					Сварка в угол				
			Диаметр электрода, мм	Количество слоев	Напряжение на дуге, В	Скорость подачи проволоки, м/ч	Сила тока, А	Диаметр электрода, мм	Количество слоев	Сила тока, А	Напряжение на дуге, В	Скорость подачи проволоки м/ч
4—6	0—1,5	4	1,6—2	1	30—32	340—360	340—360	1,6	1	300—320	30—32	320—340
								2	1	360—380	31—33	290—310
7—8	0—2	4	2	1	34—36	360—380	430—450	1,6	1	330—350	30—32	340—360
								2	1	380—420	32—34	320—350
9—10	0—2	5	2	1	34—36	360—380	430—450	2	2	380—420	32—34	320—350
10—12	0—2	5	2	1	34—36	360—380	430—450	2	2	380—420	32—34	320—350
16—18	0—2	6	2	3	34—36	360—380	430—450	2	5	380—420	32—34	320—350
20	0—2	6	2	3	34—36	360—380	430—450	2	6	380—420	32—34	320—350

Примечание. Длина дуги 1,5—4 мм. Скорость сварки 15—40 м/ч. Расход газа 1,1—1,3 м³/ч. Расстояние от сопла горелки до изделия не более 25 мм. Вылет электрода 15—30 мм. Во всех возможных случаях применяют сварку «в лодочку», используя технику сварки стыковых швов. При многослойной сварке низколегированных сталей площадь каждого валика должна быть не более 50—60 мм. На стали марки 10ХСНД предыдущий валик перед наложением последующего должен остыть до 100—150°С.

Дуговая сварка порошковой проволокой

Режимы сварки порошковой проволокой различных соединений без скоса кромок в нижнем положении

Марка	Диаметр проволоки, мм	Слой	Скорость подачи проволоки, м/ч	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Расход CO_2, л/мин
ПП-АН3	3	1	88	250—280	24—28	30—50	—
		Последующие	142	250—300	24—28	30—50	—
ПП-АН8	3	1	188	150—200	20—24	40—60	8—10
		Последующие	142	250—300	22—25	40—60	10—12
ПП-АН9	2,5	1	110	200—240	22—25	40—50	8—10
		Последующие	142	250—300	23—26	40—50	10—12
ПП-АН10	2,3	1	142	150—200	23—26	40—60	10—12
		Последующие	236	250—300	25—30	40—60	12—14
ПП-1ДСК *	2,2	1	159	150—200	21—24	25—30	—
		Последующие	235	280—320	26—30	25—30	—
ПП-2ДСК *	2,35	1	88	180—200	22—24	50—70	—
		Последующие	142	250—300	22—26	50—70	
ПП-АН7 *	2,3	1	142	150—200	21—22	25—30	—
		Последующие	236	250—300	24—26	25—30	—
ЭПС-15/2	2,5	1	188	220—260	24—27	40—50	—
		Последующие	236	380—400	30—32	40—50	—

Примечания: 1. Подготовка кромок по ГОСТ 14771—76. 2. Сварка выполняется на постоянном токе обратной полярности. 3. Техника сварки такая же, как и при сварке проволокой сплошного сечения в CO_2. 4. Звездочкой отмечены проволоки, рекомендуемые для монтажа. 5. Облицовочные слои выполняют на пониженных режимах. 6. Проволока ПП-1ДСК пригодна для сварки неответственных конструкций.

Режимы сварки порошковой проволокой ППВ-5

Толщина металла, мм	Количество слоев	Скорость подачи проволоки, м/ч	Напряжение дуги, В	Сварочный ток, А	Вылет электрода, мм	Положение шва
10—14	3—4	178—210	24—27	150—200	40—80	Горизонтальное на вертикальной плоскости
16 и более	4	236	26—28	220—240	40—80	То же
12—14	1	126—159	22—26	110—150	60—100	Вертикальное
16—22	2	142—159	22—26	120—150	60—100	»

Примечание. Проволока предназначена для сварки в вертикальной плоскости. Рекомендуется катет шва ≥10 мм.

Режимы сварки проволокой ППТ-7 диаметром 2,3 мм

Толщина стенки трубы, мм	Слои шва	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Вылет проволоки, мм	Скорость подачи проволоки, м/ч	Смещение электрода с зенита трубы в сторону, обратную вращению, град
3—6	1-й	100—140	24—26	10—12	40—60	99—112	10—15
7—10	1-й	160—200	26—28	15—20	40—60	126—142	30—45
	2-й	250—300	28—30	20—25	30—40	178—236	30—45
12—16	1-й	160—200	26—29	15—20	40—60	126—132	30—45
	2-й	450—500	34—36	30—35	30—40	382—435	30—45
18—24	1-й	220—240	27—29	18—22	40—60	142—159	5—10
	2-й	450—500	34—36	30—35	30—40	382—435	5—10
24—30	1-й	220—240	27—29	18—22	40—60	142—159	5—10
	2-й и последующие	450—500	34—36	30—35	30—40	382—435	5—10

Примечание. При выполнении корневого слоя продольная ось проволоки должна находиться под углом 25—35° к касательной, проводимой к поверхности трубы. В дальнейшем угол увеличивается до 35—45°. Высота корневого слоя 5—9 мм. Все слои, кроме корневого, должны выполняться со смещением ванны в сторону вращения на 5—10°. Проволока предназначена для сварки технологических трубопроводов IV и V категорий, группы В, работающих при давлении до 2,5 МПа (25 кгс/см²).

Газовая сварка

Газовая сварка служит для получения монтажных соединений тонкостенного (до 3 мм) металла, в частности стальных труб диаметром до 57 мм, а также изделий из цветных металлов. Необходимая температура пламени достигается за счет сгорания ацетилена или его заменителей в кислороде.

Характеристика ацетилено-кислородного пламени

Вид пламени	Отношение $O_2 : C_2H_2$	Температура, °С	Назначение
Науглероживающее	0,8—1,0	2700—3100	Сварка чугуна, наплавка твердых сплавов, сварка высокоуглеродистой стали
Нормальное	1,0—1,3	3100	Сварка стали, меди, алюминия, качественная резка и пайка, металлизация
Окислительное	1,3—1,5	3100—3300	Пайка и сварка латуни, поверхностная закалка, огневая очистка поверхности, разделительная резка

В нормальном сварочном пламени можно рассмотреть три зоны: ядро, среднюю зону (восстановительную) и факел (окислительную). Ядро пламени резко очерчено и плавно закругляется на конце.

При избытке горючего (науглероживающее пламя) размеры пламени увеличиваются, ядро теряет резкость очертания, а граница между средней зоной и факелом исчезает. При значительном избытке горючего пламя становится коптящим, удлиняется и получает красноватый оттенок. При избытке кислорода ядро сокращается, приобретая конусообразную форму и становится менее отчетливым. Также сокращаются остальные зоны. Пламя с голубоватым оттенком горит с шумом, степень которого зависит от содержания кислорода в смеси.

Сварку выполняют левым и правым способами. Металл толщиной до 5 мм сваривают левым способом. В зависимости от толщины металла изменяют и угол горелки. Угол наклона присадочной проволоки составляет 30—45° к оси шва. Перемещение горелки по металле толщиной 1,5 мм «пятачком»: от 1,5 до 5 мм — по вытянутой спирали; 5 мм и выше — зигзагообразное, при правом способе сварки — по волнистой линии.

При выборе мощности горелки A, л/ч, следует пользоваться формулой $A = kS$, где S — толщина металла, мм, k — удельные затраты газа, л/ч на 1 мм толщины металла. Диаметр сварочной проволоки подбирается по формуле для способа соответственно левого $S/2+1$, правого $S/2$.

Наряду с ацетиленом для прихватки и сварки тонкостенных стальных трубопроводов используют сжиженную пропан-бутановую смесь. Для этого необходимы стальная проволока марки Св-12ГС диаметром 3—4 мм и специальные горелки ГЗУ-2-62, ГЗУ-2-9М. Баллон с 20 кг сжиженного газа обеспечивает непрерывную работу горелки в течение 45—50 ч.

В настоящее время газовую сварку заменяют ручной и механизированной электродуговой, аргонодуговой и дугоконтактной.

Удельные затраты k горючего газа

Способ сварки	Ацетилен	Водород	Нефтегаз	Природный газ (метан)	Пропан-бутан
Левый	100	300	200	250	75
Правый	150	450	300	—	100

Сварка в положениях, отличных от нижнего

Пространственное положение шва	Техника сварки
Вертикальное	Сварка левым способом снизу вверх, при толщине 6—8 мм сварка правым способом. Движения по вытянутой спирали с перерывами для остывания металла. Шов формируется с двух сторон. Мощность пламени та же, что и при сварке в нижнем положении
Горизонтальное	Сварка левым способом при расположении горелки снизу вверх; ее передвигают вперед присадочной проволоки (как при правом способе). Мощность пламени 75 л/ч на 1 мм
Потолочное	Сварка правым способом. Горелку держат под углом 45—90° к оси шва и передвигают по вытянутой спирали. Мощность пламени 45—50 л/ч на 1 мм

Размеры сварных швов

Толщина металла, мм	Тип соединения			
	Стыковое	Угловое	Тавровое	Нахлесточное
До 4:				
ширина	$S+4$	$S+2$	—	$S+4$
усиление	$0{,}5S$	$0{,}2S$	—	$0{,}5S$
катет	—	—	$1{,}5S$	—
Свыше 4:				
ширина	$2S+2$	$1{,}4S+3$	—	$S+3$
усиление	$0{,}2S$	$0{,}2S$	—	$0{,}3S$
катет	—	—	$S+3$	—

Примечание. Зазор равен 0,5—2 мм.

Технология ацетилено-кислородной сварки различных металлов

Сварочный материал	Режим сварки	Термическая обработка	Назначение
Средне- и высокоуглеродистые стали			
Проволока марки Св-08А, Св-08ГА, Св-12ГС, Св-10Г2 Флюс: по 50% углекислого и двууглекислого натрия	Пламя нормальное или с небольшим избытком ацетилена, мощность 75—90 л/ч на 1 мм. Сварка с наибольшей скоростью	При толщине более 3 мм предварительный или местный подогрев до 250—350° С. Медленное охлаждение. Проковка сразу после сварки. Затем высокий отпуск при 650° С	Сварка конструкций толщиной до 3 мм и труб диаметром до 57 мм

Продолжение

Сварочный материал	Режим сварки	Термическая обработка	Назначение
Медь			
Проволоки марок М-1 (диаметром до 8 мм); ЛК-62-05 Флюсы: по 50% буры и борной кислоты или чистая бура БМ-1	Пламя нормальное, мощность 150—200 л/ч на 1 мм. Сварка обратно-ступенчатым способом, многослойная сварка недопустима	Проковка швов при температуре 250—500° С. Нагрев после сварки до 500—550° С и охлаждение в воде	Сварка различных изделий и химической аппаратуры толщиной 0,8—1,6 мм
Латунь			
Проволока марки ЛК-62-05; проволока, содержащая 0,3% кремния, 1% алюминия, 0,6% марганца, 58—60% меди, остальное — цинк. Флюс: бура 100%; по 50% буры и борной кислоты, БМ-1	Мощность пламени 100—150 л/ч на 1 мм. Пламя окислительное (30—40% избытка кислорода). Расстояние от ядра пламени до ванны 6—12 мм. Наклон горелки 80—90°	Для металла толщиной более 15 мм предварительный подогрев до 500—550° С. Отжиг нагрева до 600—650° С и охлаждение на спокойном воздухе. Проковка сварных швов (при 60% меди — в холодном состоянии, до 60% — с подогревом до 600° С)	Сварка листовых конструкций и труб
Бронза			
Литые стержни диаметром 5—12 мм. Флюс тот же, что для меди и латуни	Мощность горелки 125 л/ч на 1 мм. Пламя нормальное. Расстояние от ядра пламени до ванны 3—6 мм	Подогрев до 200—300° С перед сваркой. Охлаждение в воде после сварки. Для оловянистой и малокремнистой бронзы нагрев до 400—500° С и охлаждение в воде	Заварка дефектов литья, сварка изделий сложной конфигурации, наплавка
Алюминий и его сплавы			
Проволока марок А1, А2, АК и АМц. Флюс, хлористый натрий — 30, хлористый калий — 45, хлористый магний — 15%, кислый сернокислый калий — 3, фтористый калий 7 (наносят на кромки изделия или пруток)	Кромки готовят так же, как и при сварке сталей. Пламя нормальное, мощность 100—120 л/ч на 1 мм. Угол наклона горелки 30—35°. После сварки — промывка изделия для удаления остатков флюса. Сварку рекомендуется производить в нижнем положении	Кромки листов толщиной 8 мм и выше перед сваркой нагревают до 200—250° С. Швы в соединениях из алюминия и сплава АМц можно проковать. Литые детали подвергают после сварки отжигу при 300—350° С с последующим медленным охлаждением	Сварка изделий из листа, профилей и труб (соединения внахлестку не рекомендуются)

Продолжение

Сварочный материал	Режим сварки	Термическая обработка	Назначение
Чугун			
Чугунные стержни диаметром 4—12 мм с содержанием углерода 3—3,6%, кремния 3,6—4,8%, марганца 0,5—0,8%, фосфора 0,3—0,5%, серы 0,8%. Флюсы: бура кристаллическая; бура обезвоженная; по 50% буры и борной кислоты; по 50% буры и соды. Серый, ковкий и высокопрочный чугун можно сваривать присадочной проволокой из латуни марки Л62	Сварка нейтральными или с незначительным избытком ацетилена пламенем, горелкой с наконечником № 3—6 в зависимости от толщины свариваемого металла. На массивных изделиях сварка двумя горелками № 6 или № 7: одной подогревают и создают ванну, другой расплавляют присадочный пруток и сварнвают	Полный или местный подогрев изделия до 400—650° С в стационарных или временных печах, горнах. После сварки медленное охлаждение в печи. При сварке массивных изделий применяют местный подогрев горелками, паяльными лампами, древесным углем, коксом	Заварка трещин и других дефектов при ремонте изделий

Термическая резка

Кислородная резка. Процесс кислородной резки основан на свойстве металлов и их сплавов сгорать в струе кислорода и удалении продуктов сгорания этой струей.

Кислородной резке хорошо поддаются низкоуглеродистые и низколегированные стали. С повышением содержания углерода в стали процесс резко осложняется.

Не поддаются нормальному процессу резки:

чугун из-за высокой температуры его воспламенения и плавления окислов кремния по сравнению с температурой плавления обычных сталей;

высокохромистые и хромоникелевые стали из-за высокой температуры плавления окиси хрома, образующейся на поверхности нагреваемой стали, препятствующей процессу окисления нижележащих слоев металла. Поэтому более приемлем кислородно-флюсовый способ;

цветные металлы и их сплавы из-за высокой температуры плавления их окислов и значительной теплопроводности, препятствующей концентрации необходимого количества тепла в металле.

В настоящее время кислородную резку углеродистых, легированных сталей и цветных металлов успешно заменяют плазменной резкой.

Перед резкой деталь очищают от окалины, краски и грязи и укладывают на опоры так, чтобы по линии реза под ней было свободное пространство. Расстояние от сопла до поверхности металла $h = 5 + 0{,}05\ S$, где S — толщина металла, мм.

На резаке прикрепляют мундштуки, соответствующие толщине металла, на редукторах устанавливают нужное давление, проверяют плотность соединений в резаке и шлангах. Для зажигания пламени открывают вентиль подогревающего кислорода, затем вентиль горючего и зажигают пламя, регулируя его по внешнему виду, как окислительное. Открывают вентиль режущего кислорода, устанавливая пламя с небольшим избытком кислорода. Гасят пламя в обратном порядке.

Резку начинают с края детали. Если необходимо начать резку с середины детали, в ней пробивают отверстие (при толщине металла до 50 мм) пламенем вертикально стоящего резака, разогревая место резки и плавно открывая вентиль режущего кислорода по мере углубления отверстия.

Резак должен быть наклонен под углом 20—45° в сторону, обратную направлению резки. При криволинейной резке резак держат вертикально.

Стадии процесса резки следующие: нагрев начального участка резки до температуры воспламенения металла в кислороде; сгорание металла в струе кислорода; расплавление образующихся окислов и выдувание их из места реза; нагрев соседних слоев металла в кислороде; перемещение резака вдоль линии реза.

При использовании сжиженного газа и других заменителей ацетилена длительность подогрева в 1,5—2 раза больше, чем при ацетилено-кислородной резке. Это особенно сказывается на производительности процесса при резке круглого металла и прибылей литья. Для сокращения времени начального подогрева можно вводить в пламя конец стального прутка диаметром 3—5 мм или наносить зубилом зарубки в месте начала резки.

Параметры ручной кислородной резки низкоуглеродистой стали в зависимости от толщины металла

Толщина металла, мм	Наименование показателей	Единица измерения	Среднее значение
3—25 25—50 50—100	Мощность подогреваемого пламени	м³/ч	0,3—0,55 0,55—0,75 0,75—1,0
10—20 20—100	Продолжительность предварительного подогрева	с	5—10 7—25
5—300	Давление режущего кислорода	МПа (кгс/см²)	0,3—1,5 (3—15)
5—300	Скорость резки	мм/мин	550—80
50—100 25—50 5—25	Ширина реза	мм	5—6 4—5 3—4

При механизированной кислородной резке скорость процесса заметно возрастает, однако на нижних кромках остаются приварениыми часть шлаков (грата), на удаление которых затрачивают 20—70% машинного времени.

Режимы безгратовой механизированной кислородной резки

Толщина металла, мм	Давление режущего кислорода, МПа (кгс/см²)	Расход, м³/ч		Скорость резки, мм/мин
		кислорода	ацетилена	
5	0,18 (1,8)	1,0—1,2	0,25—0,35	420—550
10	0,2 (2,0)	1,7—1,8	0,25—0,35	360—470
20	0,65 (6,5)	3,8—4,0	0,3—0,4	280—370
40	0,7 (7,0)	6,4—6,6	0,3—0,4	230—300
100	0,8 (8,0)	13,1—13,3	0,35—0,45	170—230

Примечание. Применяют кислород 1-го и 2-го сортов (данные приведены для 2-го сорта).

Режимы резки низкоуглеродистой стали кислородом низкого давления

Толщина металла, мм	Давление кислорода, МПа	Диаметр выходного отверстия сопла, мм	Расстояние резака от поверхности металла, мм	Скорость резки, мм/мин	Толщина металла, мм	Давление кислорода, МПа	Диаметр выходного отверстия сопла, мм	Расстояние резака от поверхности металла, мм	Скорость резки, мм/мин
6	0,6—0,8	1,0	5	410—480	50	0,9—1,0	2,5	9	150—200
10	0,8—1,0	1,0	7	300—350	80	1,3—1,5	2,5	10	150—170
20	0,8—1,0	1,7	8	200—230	100	1,4—1,7	2,5	10	130—150

Примечание. Резку стали кислородом низкого давления осуществляют при увеличенном диаметре сопла и проходных отверстий в редукторе и рукавах (9—12 мм). При этом возрастает эффективность использования кислорода, хотя производительность процесса снижается. Этот способ дает наилучшие результаты при пакетной резке листов (при толщине металла 4 мм можно одновременно разрезать 12—25 листов)

Резка плазменной дугой. Сущность плазменно-дуговой резки состоит в проплавлении металла сжатой дугой и интенсивном удалении расплава струей плазмы. Температура плазменной струи достигает 30000° С. Для резки цветных металлов в качестве рабочих (плазмообразующих) газов рекомендуются аргон, азот и их смеси с водородом; для экономичной ручной и механизированной резки высоколегированных, низколегированных и углеродистых сталей толщиной до 30 мм — сжатый воздух. Питание дуги осуществляют постоянным током прямой полярности.

Ориентировочные режимы воздушно-плазменной машинной резки углеродистой и низколегированной стали

Толщина металла, мм	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость резки, м/мин	Ширина реза, мм
6	270—290	140—145	3,0—3,5	2,5—3
10	270—290	145—150	2,2—2,5	2,5—3
20	270—290	165—170	1,0—1,2	2,5—3
30	290—310	175—180	0,6—0,65	3—4
40	290—310	190—195	0,3—0,4	4—6

Примечание. Электрод из иодидного циркония. Расход воздуха 80—99 л/мин. Диаметр сопла — 3 мм. Аппараты: «Киев-4», АВПР-2, АПР-401, и др. Рабочие органы — от серийных газорезательных машин. С помощью аппарата «Киев-4» возможна также ручная резка

Напряжения и деформации при сварке и резке

Внутренние напряжения, образующиеся во время сварки из-за неравномерного нагрева, линейной усадки и структурных изменений металла, могут вызвать появление трещин в металле шва или в зоне термического влияния при недостаточной пластичности шва и большой жесткости основного металла. В условиях эксплуатации внешние нагрузки могут суммироваться с внутренними усилиями, представляя опасность для прочности конструкций. При сварке изделий с небольшой жесткостью суммарные внутренние напряжения вызывают местное или общее коробление (деформацию) изделия, иногда настолько изменяя его размеры и конфигурацию, что оно не может быть без правки пригодно к эксплуатации или дальнейшей обработке.

Мероприятия по уменьшению напряжений и деформаций при сварке:

Конструктивные, уменьшающие напряжения:

применять пластичные свариваемые и присадочные материалы;

избегать скоплений и пересечений швов, а также швов, образующих замкнутые контуры;

использовать сортамент металла, позволяющий уменьшить количество накладок, косынок и пр.;

преимущественно применять стыковые швы;

при сварке металлов разных толщин предусматривать на более толстом металле переходной скос.

Технологические, уменьшающие напряжения:

в первую очередь сваривать стыковые швы, начиная с больших сечений;

не допускать большого разогрева металла в жестких контурах; при сварке чугуна делать перерывы после наложения отдельных валиков;

перед сваркой металла больших толщин закаливающихся сталей наплавлять кромки каждой части, а затем сваривать их;

соблюдать температурный режим сварки; не допускать сварки закаливающихся сталей и чугуна на морозе, на сквозняке; при атмосферных осадках сварку не производить;

разгонять концы валиков при продольной наплавке и сварке многослойных швов, не допуская концентрацию напряжений в одном сечении;

применять местный и общий предварительный и сопутствующий подогрев (наилучший подогрев до 600° С) конструкций с повышенной жесткостью (чугун, закаливающиеся стали, металл большой толщины и т. п.);

сваривать в последнюю очередь швы, работающие на сжатие (в последних швах возникают наибольшие растягивающие напряжения);

снимать напряжения в конструкциях после сварки: общим (нагревом до 650—800° С и медленным охлаждением) или местным отжигом (нагревом до 200° С металла с обеих сторон шва на ширине 50—60 мм горелками или индукторами), а также отжигающим валиком, накладываемым после заварки последнего слоя на металле большой толщины (отжигающий валик может быть удален после остывания металла);

не допускать больших усилий в швах; желательны нормальные или вогнутые угловые швы с плавным переходом к основному металлу;

не допускать в сварных швах дефектов, являющихся местами концентрации напряжений.

Конструктивные, уменьшающие деформации:

предусматривать припуски в деталях, учитывающие уменьшение их размеров после сварки;

проектировать сварные конструкции достаточной жесткости.

Технологические, уменьшающие деформации:

применять жесткие закрепления конструкций перед сваркой (прихватка или прижим листов к сварочной плите перед сваркой и т. д.);

искусственно охлаждать тонкостенные свариваемые детали;

выполнять сварку вертикально расположенных швов сверху вниз;

использовать обратный выгиб деталей перед сваркой (в сторону, обратную деформации при сварке);

начинать сварку с меньших толщин металла или катетов швов;

временно прихватывать между собой детали для создания большей жесткости при сварке;

выполнять первый шов при двусторонней сварке тавровых конструкций заведомо меньшим катетом или прерывистым, а после заварки второго шва доводить первый до проектной величины;

наплавлять детали кольцевым швом по спирали. Начинать наплавку следует с выпуклой части детали;

выправлять деформированные детали после сварки:

холодным способом (под прессом, на вальцах, молотком);

наложением холостых валиков сварного шва;

термической правкой с помощью газового пламени (рис. 10);

термо-механической правкой;

выполнять сварку двутавровых или коробчатых конструкций накрест с кантовкой. При невозможности кантовки сварку начинать с потолочного шва.

Конструктивные, уменьшающие напряжения и деформации:

Уменьшать количество швов, их длину и катет (рационально раскраивать материал, применять прерывистые или точечные швы);

располагать швы в местах, удобных для выполнения;

проектируя сложные конструкции, предусматривать использование штампованных или литых узлов;

располагать параллельные швы симметрично центру тяжести конструкции;

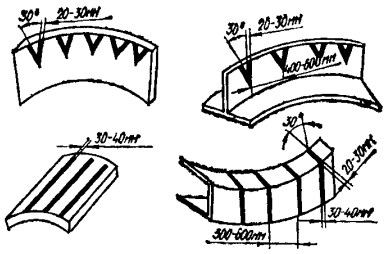


Рис. 10. Примеры правки конструкций газовым пламенем (жирными линиями показаны места нагрева).

располагать ребра жесткости так, чтобы при сварке разогревались одни и те же места основного металла;

уменьшать, по возможности, угол скоса кромок или сваривать конструкции без разделки кромок;

для сварки металла большой толщины назначать криволинейную или Х-образную разделку;

назначать сварку механизированными способами;

предусматривать изготовление крупных конструкций отдельными узлами.

Технологические, уменьшающие напряжения и деформации при сварке и резке:

правильно подбирать режим сварки; не завышать силу тока;

выбирать следующую последовательность наложения швов: в цилиндрических конструкциях сваривать продольные, а затем кольцевые швы; в двутавровых — стыки полок и стенок, а затем поясные швы; в листовых конструкциях — поперечные швы (стыки), а затем продольные швы (или пазы); применять обратноступенчатые швы с направлением сварки от середины к краям, сварку вразброс. Швы больших сечений сваривать в несколько слоев;

производить сварку «дуга в дугу» (одновременно с обеих сторон) вертикально расположенных листов с Х-образной разделкой кромок;

применять сварку с глубоким проваром, уменьшая долю присадочного металла в шве, и, соответственно, катет угловых швов;

очищать каждый слой при многослойной сварке (кроме последнего, облицовочного) и проковывать легкими ударами молотка с закругленным бойком;

избегать применения газовой сварки, внедрять механизированную дуговую и контактную сварку;

сваривать конструкцию одновременно несколькими сварщикам;

обращать особое внимание на качество подготовки конструкций под сварку. Соблюдать конструктивные размеры подготовки под сварку и сварных швов, предусмотренные ГОСТ. Прихватки в местах пересечения швов не накладывать;

применять сборочные приспособления, кондукторы, центраторы, повышающие точность сборки;

применять сборочные приспособления, кондукторы, центраторы, повышающие резаемыми после окончания основной резки и охлаждения заготовок; применять метод резки с середины листа; подогревать заготовки из углеродистых и легированных сталей перед резкой, производить сопутствующий подогрев, а после резки отжиг или нормализацию; охлаждать попутно зону нагрева незакаливающихся сталей водой или сжатым воздухом; исключать возможность провисания заготовок на опорах.

Оптимальные режимы термической правки сварных изделий

Наименование показателей	Единица измерения	Толщина металла, мм				
		2	3	4	5	6
Номер наконечника горелки	—	3	4	5	6	6
Расход газа:						
ацетилена	л/ч	500	750	1200	1700	1700
кислорода	л/ч	550	820	1300	1850	1850
Скорость нагрева	см/мин	42	36	27	24	18

Мероприятия по сварке при низких температурах. Ручную и полуавтоматическую дуговую сварку конструкций из стали классов до С 52/40 включительно при температурах, указанных в таблице, приведенной ниже, следует производить с предварительным подогревом стали в зоне выполнения сварки до 120—160° С.

Минимальная допустимая температура окружающего воздуха при ручной и частично механизированной сварке металлоконструкций без предварительного подогрева, °С

Толщина стали, мм	Углеродистая сталь		Низколегированная сталь	
	Швы конструкций			
	решетчатых	листовых, объемных и сплошностенчатых	решетчатых	листовых, объемных и сплошностенчатых
До 16 (включительно)	—30	—30	—20	—20
Свыше 16 до 30	—30	—20	—10	0
Свыше 30 до 40	—10	—10	0	+5
Свыше 40	0	0	+5	+10

Механизированную дуговую сварку низкоуглеродистых и низколегированных сталей разрешается производить по обычной технологии при температуре до —30° С для швов металла толщиной до 30 мм и при температуре до —20° С для швов металла толщиной более 30 мм. При более низких температурах сварка должна выполняться по специальной технологии, предусматривающей увеличенное тепловыделение и замедленную скорость охлаждения.

Электрошлаковая сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей допускается без температурных ограничений.

Сварку стыков магистральных трубопроводов и газопроводов из низкоуглеродистой и низколегированной сталей со стенками толщиной до 16 мм производят по обычной технологии при температуре не ниже —20° С, обеспечивая скорость охлаждения шва не более 10° в 1 мин.

Минимальная допустимая температура окружающего воздуха, °С, при сварке сосудов, работающих под давлением, паровых котлов, трубопроводов пара и горячей воды

Свариваемая сталь	Толщина стали, мм		
	до 10	12—15	свыше 16
Углеродистая с содержанием углерода, %: до 0,2	—20 без подогрева стыка		—20 с подогревом стыка до 100—200° С
0,21—0,28	—10 без подогрева стыка		—10 с подогревом до 100—200° С
0,28—0,33	—10 без подогрева стыка		—10 с подогревом стыка до 250—400° С
Молибденовая марок 15М, 16М, 20М	То же		То же
Хромомолибденовая марок: 12МХ, 15МХ, 15ХМ и др. 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 20ХМФЛ, 12Х2МФСР, 12Х2МФБ	1—0 с подогревом стыка до 250—400° С То же до 350—400° С		
Высокохромистая мартенситно-ферритного класса	10 с подогревом стыка до 300—350° С		10 с подогревом до 350—400° С
Аустенитная типа 18-8	—20 без подогрева		

Для сварки применяются электроды с фтористо-кальциевым покрытием (УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, СМ-11, ДСК-50, СК2-50), дающим наиболее пластичный наплавленный металл.

При температуре ниже —5° С сварку производят без перерыва до выполнения проектного размера шва. В противном случае нужен повторный подогрев перед возобновлением сварки. Сборку конструкций выполняют без ударов и чрезмерного натяжения собираемых элементов; холодная правка не допускается. При температуре ниже — 30° С сборку ведут без прихваток.

Ручная дуговая и механизированная под флюсом сварка должна выполняться на постоянном токе обратной полярности.

При выполнении сварочных работ следует:

тщательно заваривать кратеры прихваток, швов и замыкающие участки швов с выводом дуги назад, на шов, на 10—15 мм;

при сборке, после наложения прихваток, не допускать ударов по соединяемым узлам;

особенно тщательно перед сваркой прокаливать электроды и флюс, использовать подогретые электроды;

удалять влагу и снег на расстоянии не менее 1 м от места сварки;

предварительно просушивать зону сварки с помощью форсунок, горелок и индукторов;

силу тока увеличивать до 15—20%, уменьшать скорость сварки. Повышать погонную энергию на 4—5% на каждые 10% понижения температуры окружающего воздуха (100% при положительной температуре);

применять подогрев околошовной зоны шириной не менее 100 + 100 мм, длина подогреваемого участка в зависимости от толщины металла должна быть следующей:

Толщина, мм	*Длина, мм*
До 12	1000—1500
12—20	800—1000
Более 20	600—800

Сварку необходимо вести в последовательности, обеспечивающей минимальные внутренние напряжения в зоне шва (сварка шва с двух сторон, обратноступенчатая сварка и др.);

термическую обработку выполнять сразу, без перерыва, создавая условия для медленного охлаждения (до 20° С);

проводить немедленный операционный контроль качества;

по мере возможности переносить сварку в закрытые помещения или специальные тепляки;

защищать места сварки от ветра, снега и дождя;

предусматривать места обогрева рабочих вблизи от объектов.

Минимальная допустимая температура окружающего воздуха при сварке технологических трубопроводов

Марка стали	Толщина стенки трубы, мм	
	до 16	свыше 16
Углеродистая с содержанием углерода, %:		
⩽ 0,2	До 20° без подогрева	До 0° без подогрева, ниже 0 до —20° с подогревом до 100—150°
⩾ 0,2 до 0,28	До —10° без подогрева; ниже —10° с подогревом до 100—150°	До 0° без подогрева; ниже 0 с подогревом до 100—150°
⩾ 0,28% и легированные: при сумме легирующих элементов, %:		
до 3 и углерода до 0,18 (10Г2, 17ГС, 12МХ, 15ХМ)	Не ниже —10° С с подогревом стыка до 150—200° С при сварке аустенитными электродами и до 200—250° С при сварке неаустенитными электродами	
выше 3% и углерода 015—0,25% (12Х1М1Ф, 12Х5М, 30ХМ, 20Х3МФ)	Не ниже 0° с подогревом стыка до 200—300° при сварке аустенитными электродами и до 300—350° С при сварке неаустенитными электродами	
Ферритная (типа Х13, Х17, Х25	Не ниже 5° С	
Аустенитная (типа Х18Н10Т, Х17Н13М2Т)	Не ниже —20°. Необходимость подогрева определяется в зависимости от условий работы трубопровода	

Примечание. При температуре окружающего воздуха ниже —20° сварка трубопроводов из углеродистых и легированных сталей должна выполняться по техническим условиям и инструкциям, утвержденным в установленном порядке.

СВАРКА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ТРУБОПРОВОДОВ И АРМАТУРЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Сварка строительных металлоконструкций

ШВЫ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Угловые швы. Толщина швов $h_ш$ должна быть ⩾ 4 мм (за исключением швов в деталях толщиной менее 4 мм) и не более 1,2 наименьшей толщины свариваемых деталей.

В зависимости от группы конструкций, метода сварки, класса стали и толщины свариваемых элементов толщины двусторонних угловых швов $h_ш$ следует принимать не менее указанных в пп. 1, 2 и 3 нижеследующей таблицы и не более 1,2 S (наименьшей толщины свариваемых элементов).

Для прикрепления ребер жесткости и диафрагм в конструкциях III, IV и VI групп допускается применение односторонних угловых швов, толщины которых $h_ш$ следует принимать не менее указанных в п. 4 таблицы и не более 1,2 S. При этом не допускается применение односторонних угловых швов в конструкциях:

эксплуатируемых в среднеагрессивной и сильноагрессивной средах (в соответствии со СНиП II-28-73), а также находящихся на открытом воздухе;

изготавливаемых из стали классов С52/40 — С85/75;

возводимых в районах с расчетными температурами наружного воздуха ниже —40° С;

изготавливаемых с применением ручной сварки.

Минимальные толщины угловых швов

№ п/п	Группа конструкций	Метод сварки	Класс стали	Минимальные толщины швов, мм, при толщине более толстого из свариваемых элементов, мм						
				6—10	11—16	17—22	23—32	33—40	41—60	61—80
	Соединение с двусторонними угловыми швами									
1	I—IV, VI	Ручная	С38/23—С46/33	4	6	6	8	10	10	12
			С52/40—С60/45	6	8	8	10	12	12	—
2	I и II (крепление фасонок к поясам ферм)	Автоматическая и полуавтоматическая	С38/23—С46/33	4	6	6	8	10	10	12
			С52/40—С60/45	6	8	8	10	12	12	—
3	III, IV и VI (кроме крепления фасонок к поясам ферм)	То же	С38/23—С46/33	4	5	6	7	8	9	10
			С52/40	5	6	7	8	9	10	—
			С60/45	6	8	8	10	12	12	—
	Соединение с односторонними угловыми швами									
4	III, IV и VI (ребра жесткости и диафрагмы)	То же	С38/23—С46/33	4	6	6	8	10	10	12

Примечания: 1. В конструкциях из стали классов С70/60 и С85/75, а также из стали всех классов при толщине элементов более 80 мм минимальные толщины угловых швов принимаются по специальным техническим условиям, утвержденным или согласованным в установленном порядке.

2. В конструкциях из стали класса С38/23—С52/40, возводимых в районах с расчетными температурами наружного воздуха ниже минус 40° С, минимальные толщины швов принимаются такими же, как для стали класса С60/45.

Расчетная длина флангового и лобового швов должна быть ⩾ 4 $h_ш$ и не менее 40 мм.

Наибольшая расчетная длина флангового шва предусматривается не более 60 $h_ш$, за исключением сопряжений, в которых усилие, воспринимаемое фланговым швом, возникает на всем его протяжении; в этом случае длина шва не ограничивается.

Расстояние в свету между участками прерывистых швов не должно превышать 15 S в сжатых и 30 S в растянутых и нерабочих элементах (S — наименьшая толщина соединяемых элементов).

Выпуск в соединениях внахлестку должен быть не менее пяти толщин наиболее тонкого из свариваемых элементов.

Соотношения размеров катетов фланговых и лобовых швов в конструкциях, воспринимающих статические нагрузки, принимаются 1 : 1.

В конструкциях, воспринимающих динамические и вибрационные нагрузки, необходимо, чтобы: швы выполнялись с плавным переходом к основному металлу; имели отношение катетов 1 : 1,5 (лобовые) и 1 : 1 (фланговые); при ручной сварке валик шва имел вогнутую, при механизированной — плоскую по-

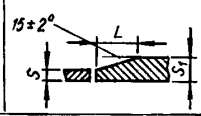
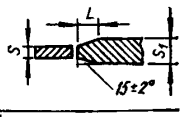
верхность; концы фланговых и лобовых швов для плавного перехода на основной металл подвергались механической обработке. Прерывистые швы не допускаются.

Стыковые швы. При сварке элементов на монтаже необходимо отдавать предпочтение *V*-образной разделке, а сваривать преимущественно в нижнем или вертикальном положении.

Применение комбинированных соединений, в которых часть усилий воспринимается сварными швами, а часть — заклепками, запрещается.

В конструкциях, воспринимающих вибрационные нагрузки, соединения выполняют встык без накладок и подкладок с обязательной подваркой корня шва. С целью снижения концентрации напряжений рекомендуется зачищать поверхности стыковых швов заподлицо с основным металлом, а концы выводить на технологические планки.

Способы стыковки листов разных толщин

ГОСТ	Без скоса		Со скосом	
	Толщина тонкого листа	Максимальная разность толщин	односторонним	двусторонним
				
ГОСТ 5264—80	До 4 Свыше 4 до 20 » 20 до 30 » 30	1 2 3 4	$L = 5\,(S_1 - S)$	$L = 2{,}5\,(S_1 - S)$
ГОСТ 8713—79, ГОСТ 14771—76	2—3 4—30 32—40 > 40	1 2 4 6	$L = 5\,(S_1 - S)$	$L = 2{,}5\,(S_1 - S)$
ГОСТ 14806—80	0,8—3 Свыше 3 до 5 » 5 до 12 » 12 до 25 » 25 до 60	0,5 1 1,2 1,5 3	$L = 5\,(S_1 - S) + 6$	$L = 2{,}5\,(S_1 - S) + 3$

Примечания: 1. Скос на толстом листе делают при разности толщин, превышающей пределы максимальной разности толщин, свариваемых без скоса кромок.

2. По ГОСТ 14771—76 разрешается не делать скос при разности толщин стыкуемых листов до 30%, но не более 5 мм.

3. Конструктивные элементы подготовленных кромок и размеры шва сварного соединения выбирают по большей толщине свариваемого элемента S_1.

СБОРКА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

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; их накладывают длиной 50—100 мм через 400—500 мм и сечением менее 2/3 высоты основного шва. Для прихваток применяют те же электроды, что и для сварки.

Полужесткие крепления позволяют избежать «присутствия» сварщика в процессе сборки ответственных конструкций, которые должен прихватывать сварщик высокой квалификации. Крепления выполняют с помощью клиновых оправок, прямоугольных шайб, приварных к собираемым листам, и сборочной планки (рис. 11). 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

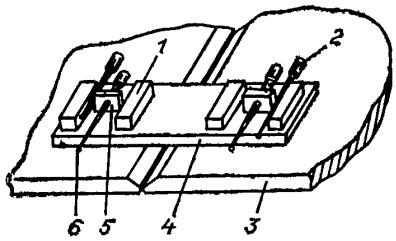


Рис. 11. Полужесткое крепление стыка:
1 — брусок-упор; *2* — оправка; *3* — лист; *4* — сборочная планка; *5* — шайба; *6* — коническая оправка.

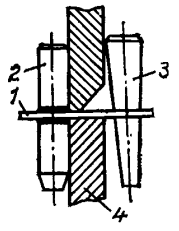


Рис. 12. Приспособление для сборки горизонтальных стыков:
1 — зазорная прокладка; *2* — закладка; *3* — оправка; *4* — лист.

нужное положение. Зазор фиксируют специальными зазорными прокладками нужной толщины. Листы, стыкуемые в вертикальной плоскости, удобно фиксировать так, как показано на рис. 12.

Клиновые полужесткие крепления применяют также для сборки нахлесточных соединений 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 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 начале и конце стыкового шва устанавливают технологические планки, которые после сварки срезают, а места среза тщательно зачищают.

Группа конструкций	Класс стали по СНиП II-В 3-72	Марка стали	Толщина металла, мм	Температура, °С *	Сварка под флюсом: Марка флюса (ГОСТ 9087—81)	Сварка под флюсом: Марка сварочной проволоки (ГОСТ 2246—70 *)	Марка сварочной (ГОСТ 2246—70 *) и порошковой проволоки при сварке открытой дугой и в углекислом газе	Электрод для ручной электродуговой сварки: Тип (ГОСТ 9467—75)	Электрод для ручной электродуговой сварки: Марка
I	С 38/23	ВСт3Гпс5 ВСт3сп5	5—30 5—25		Плавленые:	Св-08АА, Св-08А		Э42А, Э46А	УОНИ 13/45, СМ-11
II	С 38/23	ВСт3пс6 ВСт3Гпс5 ВСт3сп5 09Г2С-12	5—10 11—30 11—25 61—160		АН-348А, ОСЦ-45, АН-348АМ, ОСЦ-45М				
I	С 44/29	09Г2С-12	12—60		Керамические:	Св-08ГА, Св-10Г2	Св-08Г2С, ПП-АН3, ПП-АН8, ПП-АН9, ПП-АН10, ПП-2ДСК, ППВ-2ДСК, ПП-АН11, ППВ-5	Э46А, Э50А	УОНИ 13/55, УОНИ 13/45, ДСК-50, АНО-7, К-5А
I	С 46/33	09Г2С-12 10Г2С1-12 15ХСНД-12 14Г2-12 10Г2С1Д-12	4—20 4—11 4—32 4—32 12—40		К-1, К-2, КВС-19, К-11				
II		14Г2-11 10Г2С1-12 10Г2С1Д-12 15ХСНД-12 10ХНДП-12	4—32 4—10 12—40 4—32 4—9						
I	С 52/40	15Г2АФДпс-12 10Г2С1-12 10ХСНД-12 14Г2АФ-12	4—52 10—40 4—40 4—50	≥ —40 ≥0	АН-22 АН-348А, ФЦ-9 АН-60	Св-08ХМ, Св-18ХМА		Э60А, Э50А	УОНИ 13/65, УОНИ 13/55
II		10Г2С1-12 10ХСНД-12 14Г2АФ-12 15Г2АФДпс-12	10—40 4—40 4—50 4—32						
	С 60/45	16Г2АФ-12 18Г2АФпс-12 15Г2СФ-12	4—50 4—32 10—32		АН-22 АН-17М	Св-08ХМ, Св-18ХМА, Св-08ХН2М	Св-10ХГ2СМА		
III, IV, VI	С 38/23	ВСт3кп2 ВСт3пс6 ВСт3Гпс5	4—30 5—25 10—30		АН-348А, ОСЦ-45	Св-08	Св-08Г2С ПП-1ДСК	Э42, Э46	АНО-5, АНО-6 АНО-4, МР-3, РБУ-4, РБУ-5,
	С 46/33	10ХНДП-6 10ХНДП-6	4—9 10—12		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
		14Г2-6	4—32						
	С 52/40	10Г2С1-6 15Г2СФ-6 14Г2АФ-6 15Г2АФДпс-6	10—40 4—32 4—50 4—32	≥ —40 ≥0	АН-22, АН-348А, АН-348АМ	Св-10ГА	Св-08Г2С, ПП-АН9, ПП-2ДСК и др.	Э50, Э60А	УОНИ 13/55, УОНИ 13/65
III, IV	С 60/45	15Г2СФ-6 16Г2АФ-6 18Г2АФпс-6	10—32 4—50 4—32		АН-22, АН-17М, АН-348А	Св-08ХМ, Св-18ХМА	Св-10ХГ2СМА	Э60А	УОНИ 13/65
	С 70/60	12Г2СМФ	10—32		АН-22, АН-17М	Св-08ХН2ГМЮ Св-08ХМФА	Св-08ХГСМФА Св-08ХН2Г2СМЮ	Э70, Э-Х2МФБ	48Н-1, АНП-2, ЦЛ-40
I, II	С 44/29	09Г2С-15	21—60						
I, II II II III	С 46/33	09Г2С-15 10Г2С1-15 10Г2С1Д-15 09Г2С-12	4—20 4—11 12—60 4—12	—40 > t ≥ —65 ≥ —50	АН-22	Св-10НМА	Св-08Г2С, ПП-АН9	Э50А, Э42А, Э46А	УОНИ 13/55, УОНИ 13/45, СМ-11 (при положительной температуре)
II, III III		15ХСНД-15 10Г2С1-15	4—32 4—60						

* В числителе температура расчетная, в знаменателе — температура сварки.

Продолжение

Группа конструкций	Класс стали по СНиП II-В.3-72	Марка стали	Толщина металла, мм	Температура, °С *	Сварка под флюсом: Марка флюса (ГОСТ 9087—81)	Сварка под флюсом: Марка сварочной проволоки (ГОСТ 2246—70*)	Марка сварочной (ГОСТ 2236—70*) и порошковой проволоки при сварке открытой дугой и в углекислом газе	Электрод для ручной электродуговой сварки: Тип (ГОСТ 9467—75)	Электрод для ручной электродуговой сварки: Марка
I, II III	С 52/40	10Г2С1-15 10ХСНД-15 14Г2АФ-15 15Г2АФДпс-15	10—40 4—40 4—50 4—32						
IV	С 44/29	09Г2С-9	21—60						
	С 46/33	09Г2С-9 10Г2С1-9 15ХСНД-9	4—20 4—60 4—32	$\frac{-50 > t \geqslant -65}{\geqslant -50}$					
	С 52/40	10Г2С1-9 10ХСНД-9 14Г2АФ-9 15Г2АФДпс-9	10—40 11—40 4—50 4—32	$\frac{-50 > t \geqslant -65}{\geqslant -50}$	АН-22	Св-10НМА	Св-08Г2С, ПП-АН9	Э50А, Э46А	УОНИ 13/55, УОНИ 13/45
IV	С 44/29	09Г2-6 09Г2С-6 09Г2С-9 10Г2С1-6	4—32 21—32 33—60 61—160	$\frac{-40 > t \geqslant -50}{\geqslant 0}$	АН-348А, АН-348АМ, ОСЦ-45 ОСЦ-45М	Св-08ГА (Св-08АА и Св-08А только для VI группы)		Э42А, Э50А, Э46А	УОНИ 13/45, УОНИ 13/55, СМ-11, ДСК-50, АНО-7, К-5А
	С 46/33	09Г2С-6 10Г2С1-6 10Г2С1-9 10ХНДП-6	4—20 4—20 21—60 4—9						
VI	С 38/23	ВСт3сп5 ВСт3Гпс5	5—25 5—30						
	С 46/33	10ХНДП-12	4—9				Св-08Г2С, ПП-АН9, Св-08Г2С		
IV	С 38/23	09Г2С-6	61—160	$\frac{-40 \geqslant t \geqslant -65}{0 \geqslant t \geqslant -35}$		Св-10ХНМА, Св-08ХНМ, Св-08ГА			
	С 44/29	09Г2-6 Г2С-6 Г2С-9 10Г2С1-6	4—32 21—32 33—60 61—160						
	С 46/33	09Г2С-6 10Г2С1-6 10Г2С1-9 10ХНДП-6	4—20 4—60 21—60 4—9		АН-348А, АН-348АМ, ОСЦ-45, ОСЦ-45М, АН-60			Э42А, Э50А, Э46А	УОНИ 13/45, УОНИ 13/55, СМ-11 (только для VI группы)
VI	С 38/23	ВСт3сп5 ВСт3Гпс5	5—25 5—30						
	С 46/33	10ХНДП-12	4—9						
IV	С 44/29	09Г2-6 09Г2С-6 09Г2С-9 10Г2С1-6	4—32 21—32 33—60 61—160	$\frac{-40 > t \geqslant -50}{-35 > t \geqslant -50}$	ОСЦ-45, ОСЦ-45М, АН-60, АН-348А, АН-348АМ	Св-10НМА, Св-08ХНМ		Э42А, Э50А, Э46А	УОНИ 13/45, УОНИ 13/55, СМ-11 (только для VI группы)
	С 46/33	09Г2С-6 10Г2С1-6 10Г2С1-9 10ХНДП-6	4—20 4—20 21—60 4—9				Св-08Г2С, ПП-АН9		
VI	С 38/23	ВСт3сп-5 ВСт3Гпс-5	5—25 5—30	$\frac{-40 > t \geqslant -65}{-35 > t \geqslant -50}$					
	С 46/33	10ХНДП-12	4—9						

Примечания: 1. Использование других сварочных материалов возможно при условии, если механические свойства шва будут на уровне обеспечиваемых применением соответствующих материалов, приведенных в таблице. Для расчетных угловых швов допускается применять сварочные материалы, предназначенные для стали более высокого класса по сравнению со сталью данной конструкции. 2. Флюс АН-17М поставляется по ЧМТУ 1-1017-70. 3. В конструкциях IV—VI групп при расчетных температурах ниже —40° С для стыковых соединений применяют только электроды марки УОНИ 13/45. 4. Для конструкций всех групп при расчетных температурах —40° С и выше для сварки, выполняемой при отрицательных температурах, выбор материалов производят в соответствии со СНиП III-18-75. 5. Для сварки стали марки 10ХНДП рекомендуются электроды типа Э50А-Ф марки Э-138/50Н (с повышенным содержанием никеля). Автоматическую сварку можно выполнять проволокой марки Св-08Х1ДЮ, выпускаемой по ТУ 14-1-1148-75, в сочетании с флюсом марки АН-348А.

Эти конструкции имеют большое количество коротких, прямолинейных стыковых и угловых швов, выполняемых ручной или частично механизированной сваркой. Фермы сваривают последовательно от середины к опорам. В первую очередь выполняют стыковые соединения, в узлах сваривают сначала лобовые, а затем фланговые швы. В каждом узле вначале приваривают косынки к поясам, а затем стойки и раскосы к косынкам. Последовательность выполнения типичного стыка стропильной фермы предусматривает сварку:

поясов фермы с горизонтальными накладками в направлении от середины к краям;

горизонтальных накладок с фасонками фермы. При сварке фасонок верхнего пояса с горизонтальными накладками следует выполнять два отдельных угловых шва;

вертикальных накладок с фасонками фермы и горизонтальными накладками.

При сварке стыка фермы в горизонтальном положении ферму после выполнения швов с одной стороны следует перекантовать на 180° и продолжить сварку в указанной последовательности с другой стороны.

Балки и колонны со сплошным сечением стенки изготовляют из листового металла, причем сначала их собирают без ребер жесткости. Каждый последующий продольный шов сваривают в направлении, обратном сварке предыдущего. Ребра жесткости приваривают одновременно с двух сторон два сварщика в направлении от середины к краям балки. При относительно небольших толщинах и размерах полок и стенки последовательность сварки стыков принципиального значения не имеет. При толщинах 25 мм и больше и значительных размерах элементов рекомендуется сначала сваривать стык стенки колонны, а затем стыки полок, причем в первую очередь стык пояса, который в работе будет растянутым. Продольные (поясные) швы при изготовлении обычно не доводят до конца балки на 400—500 мм и заваривают на месте монтажа в последнюю очередь. Перед сваркой поясных швов места сопряжения стенки с полками рекомендуется зашлифовывать. Ступени (участки) поясных швов не должны начинаться и заканчиваться на стыковом шве колонны.

Последовательность сварки стыка подкрановой балки определяется толщиной свариваемых элементов и размерами поясов и стенки. В случае соизмеримости сечений и размеров стенки и поясов балки первым (как и у колонн) следует сваривать стык стенки, затем стыки поясов.

Если сечение стенки значительно меньше сечения поясов и, особенно, если высота стенки значительно превышает ширину поясов, первыми рекомендуется сваривать стыки поясов; при этом сначала сваривают стык нижнего (растянутого) пояса. При сварке балок в стыке стенки зазор должен на 1—2 мм превышать зазор в стыках поясов. Продольные ребра жесткости сначала приваривают к поперечным, а затем к стенке балки, причем вторые швы не должны доходить до стыкового шва на 40—50 мм.

При сварке балок коробчатого сечения, если нельзя выполнить швы с внутренней стороны, следует (по согласованию с авторами проекта) установить изнутри остающиеся подкладки толщиной 4—6 мм, а зазор увеличить до 5 ± 1 мм, в том числе в угловых соединениях.

СВАРКА РЕЗЕРВУАРОВ

Вертикальные резервуары. В настоящее время наибольшее распространение получил рулонный метод изготовления резервуаров. По этому способу стенку, днище и кровлю изготовляют на заводе из отдельных листов с применением механизированной сварки. Готовые полотнища свертывают в рулоны и доставляют на место установки. Рулон днища разворачивают непосредственно на песчаном основании (подушке) резервуара. Если днище состоит из нескольких частей, то их сваривают ручной или механизированной сваркой от середины к краям. На днище устанавливают центральную колонну, после чего рулон стенки ставят вертикально и постепенно развертывают при помощи лебедки и трактора. По мере развертывания стенку прихватывают к днищу. Сверху устанавливают стропила. После окончательной подгонки и прихварки корпуса к днищу выполняют монтажный шов вертикальной стенки внахлестку. Далее сваривают секторы кровли, стойки, лазы и т. д.

Резервуары вместимостью 50—100 тыс. м³, сооружаемые методом полистовой сборки, сваривают преимущественно с помощью механизированных методов. Нахлесточные швы днища выполняют сваркой под флюсом трактором типа ТС-35 с приставкой Н-2 конструкции ВНИИмонтажспецстроя. Используя приставку Т-2, сваривают уторный шов, соединяющий первый пояс стенки с окрайками днища. Остальные соединения днища выполняют полуавтоматами А-1197 или А-765 порошковой проволокой марки ПП-АН3 или ПП-АН7. Вертикальные стыковые соединения стенки выполняют с принудительным формированием шва.

Рекомендуются следующие режимы сварки вертикальных стыковых соединений резервуара порошковой проволокой марки ПП-2ВДСК:

Толщина металла, мм:	
свариваемого без скоса кромок за один проход	До 22—24
свариваемого с двусторонним скосом кромок за два прохода	22—40
Зазор между листами, мм:	
при толщине, мм:	
8—16	10±2
18—20	12±2
22—24	14±1
при *X*-образном скосе кромок	3—6
Сварочный ток, А	270—380
Напряжение дуги, В, при толщине, мм:	
8—12	24—25
12—16	25—27
16—24	27—30
Скорость сварки, м/ч:	
без скоса кромок	4—6
со скосом кромок	4—12
Уровень сварочной ванны (ниже верхней грани ползунов), мм	10—15

При сварке корень шва *X*-образных соединений формируют медной охлаждаемой трубкой или прутком. Охлаждение формирующих ползунов и трубок — автономное. Сварка выполняется аппаратами типа А-1150У или А-1381М. Возобновить процесс можно в любом месте. Аппарат должен быть установлен так, чтобы конец наложенного шва был выше уровня ползуна на 8—10 мм. Этот участок выплавляют дуговым способом и включают механизм перемещения аппарата. При этом целесообразно в зону дуги направить порцию углекислого газа.

Режимы сварки горизонтальных швов стенки резервуара с полупринудительным формированием порошковой проволокой марки ПП-АН3С

Толщина металла, мм	Номер слоя	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Угол наклона электрода, град	Расход углекислого газа, л/мин	Скорость сварки, м/ч
12+12	1	400—420	21—22	15	18	35
	2	420—440	21—22	20	18	35
12+14	1	420—440	21—22	20	18	32
	2	430—450	23—24	25	18	32
14+17	1	430—450	23—24	25	18	30
	2	430—450	23—24	30	20	33

Продолжение

Толщина металла, мм	Номер слоя	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Угол наклона электрода, град	Расход углекислого газа, л/мин	Скорость сварки, м/ч
17+19	1—2	430—450	23—24	25	20	25
	3—4	430—450	23—24	30	20	35
19+24	1—2	440—450	24—25	25	20	20
	3—4	440—460	24—25	30	22	30
24+26	1—2	440—460	24—25	25	22	18
	3—5	450—500	24—25	30	23	25
	6	450—500	24—25	35	23	35

Примечание. Скос кромок Х-образный (С15 по ГОСТ 14771—76). Сварку выполняют аппаратом «Цикроматик» фирмы «Аркос» (Бельгия) двумя головками со смещением дуг на 100—150 мм. Новая модель АД-119 (разработка Института электросварки им. Е. О. Патона).

Шаровые резервуары. Механизированную сварку резервуаров из стали 09Г2С (М) на манипуляторах ведут по подварочному шву, выполненному вручную электродами типа Э50А диаметром 4 мм или порошковой проволокой. Трактором накладывают швы с внешней стороны в верхней точке резервуара, а затем — изнутри в нижней его точке. Сначала заваривают стыки днищ, затем экваторнальный стык, меридиональные стыки (через один или два) и в последнюю очередь — кольцевые стыки днищ. Используют проволоку марки Св-08ГА диаметром 4—5 мм и флюс марки АН-348 А. Для резервуаров, эксплуатируемых при температуре от —41° до —60°, применяют проволоку марки Св-08МХ и флюс марки АН-43 или АН-47. Режим сварки: сила тока 600—800 А, напряжение дуги 30—44 В, вылет электрода 30—45 мм.

Сварку шаровых резервуаров без вращения выполняют в углекислом газе автоматом СК-1, проволокой марки Св-08Г2С диаметром 0,8—1,2 мм (соединение — без скоса кромок, зазор 18—32 мм, шов формируют на медной подкладке; для обеспечения хорошей защиты сварку ведут в специальной камере) или за один-два прохода аппаратом А-1381М порошковой проволокой ПП-АН12 в углекислом газе с принудительным формированием шва охлаждаемым медным ползуном, на медной шине или по подварочному шву. Режим сварки: скорость сварки 4 м/ч, сила тока 140—160 А, напряжение дуги 18—20 В.

ОСОБЕННОСТИ СВАРКИ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ

Для сварки корневого слоя в соединениях из сталей класса С 60/45, приварки сборочных приспособлений и других конструкций из низкоуглеродистых сталей можно применить электроды типа Э-46А марки УОНИ 13/45, а для выполнения основных слоев по сечению шва — электроды типа Э50А марки УОНИ 13/55.

Не допускается использование электродов с содержанием легирующих элементов в наплавленном металле выше следующих пределов, %: УОНИ 13/45 — кремний 0,4, марганец 0,7; УОНИ 13/55 — кремний 0,6, марганец 1,4.

Перед выдачей в работу электроды следует прокаливать при температуре 400—420° С, на рабочее место подавать из сушильной печи теплыми ($t \geqslant 45°$ С) и использовать в течение не более 2 ч.

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 17—26 мм. При более низких температурах и при большей толщине металла сваривать конструкции следует с обязательным подогревом от 120 до 160° С; температуру контролировать термокарандашами или переносной термопарой (замер делают с обратной стороны стыка на расстоянии 120—150 мм от оси шва). Температурные ограничения и подогрев нужны также при прихватке конструкций и приварке сборочных приспособлений. Последние рекомендуется удалять огневой резкой, не разогревая металл конструкции, а остатки металла высотой 3—6 мм зачищать пневмозубилом или армированными абразивными кругами. Риски от абразивной обработки металла должны быть направлены вдоль свариваемых кромок. Правка конструкций с подогревом выше 900° С запрещается.

Зажигать дугу можно только в зоне наложения шва, кратеры следует выводить на наплавленный металл и тщательно заплавлять. При вынужденном обрыве дуги кратер шва вырезают армированным кругом. Не допускается завышение зазора в стыках: вырывы и увеличенные зазоры перед сваркой должны быть заплавлены.

Для механизированной сварки конструкций из сталей класса С 60/45 рекомендуются флюсы марок АН-348А, АН22 и сварочная проволока марок Св-10Г2, Св-10МХ и Св-10НМ, а также керамический флюс марки АНК-50 и проволока марки Св-08ГА. Корневые проходы в толстостенных конструкциях можно выполнять под слоем флюса марки АН-17М проволокой марки Св-08ГА. Для электрошлаковой сварки следует применять флюс марки АН-22 и проволоку марки Св-08ГА или Св-10Г2. Частично механизированную и механизированную электродуговую сварку можно выполнять порошковой проволокой марки ПП-АН19, причем механизированную — с принудительным формированием шва.

Ориентировочные режимы механизированной сварки под флюсом стыковых соединений из стали 16Г2АФ с применением порошкового присадочного материала (ППМ)

Диаметр проволоки, мм	Толщина металла, мм	Зазор, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Расход ППМ на 1 м шва, г
4	10	4	550—650	39—41	50	0,22
4	20	6	800—900	42—45	35	0,5
4	30	7	850—950	42—46	19	0,8
4	40	8	850—950	43—48	14	1,2
4	50	9	1100—1200	44—49	14	1,6
5	10	5	800—825	38—40	50	0,2
5	30	7	850—950	42—45	19,5	0,8
5	50	9	1300—1400	44—48	14	1,6

Примечание. Сборка без скоса кромок. Применение ППМ обеспечивает повышение производительности процесса и благоприятный тепловой режим, что позволяет отказаться от предварительного подогрева.

Ручную дуговую сварку стали 14Х2ГМР ведут электродами марки АНП-2, которые перед сваркой прокаливают при температуре 430—480° С. Для механизированной сварки под флюсом используют флюс марки АН-17М и проволоку марки Св-10ХГН2МЮ, для сварки в углекислом газе — проволоку марки Св-10ХГСН2МЮ.

Классификация сталей, применяемых в разнородных соединениях

Класс	Группа	Характеристика	Марка стали
Перлитные	I	Низкоуглеродистые	ВСт3, 10, 20
	II	Углеродистые и низколегированные	ВСт5, 09Г2, 09ГС, 17ГС, 14ХГС
	IV	Теплоустойчивые хромомолибденовые	15ХМ, 30ХМА
	V	Теплоустойчивые хромомолибденованадиевые	12Х1М1Ф, 15Х1М1Ф, 20Х3МФ, Х5ВФ
Мартенситные, ферритные и ферритно-мартенситные	VI	12-ные хромистые коррозиестойкие	08Х13, 12Х13
	VII	Высокохромистые, кислотостойкие и жаростойкие	12Х17Т, 15Х25Т, 14Х17Н2
	VIII	12% хромистые жаропрочные	15Х11МФ, 15Х12ВНМФ
Аустенитно-ферритные и аустенитные	IX	Аустенитные и аустенитно-ферритные, кислотостойкие и жаропрочные	12Х18Н10Т, 10Х17Н13М3Т, 12Х16Н9М2

Указания по сварке конструкций из разнородных сталей

Группы свариваемых сталей	Тип электродов	Особенности выполнения
I и II I и IV	Э42А, Э50А	Температура подогрева, близкая к наиболее легированной стали, сварочные материалы, близкие к наименее легированной. Соединение со сталями I группы можно не подвергать термообработке. Соединения, куда входит сталь V группы, отпускают при 630—700° С
I и V II и V	Э09МХ Э09Х1М	
VI и VIII	Э12Х1Х, Э12Х11НМФ, Э10Х25Н13Г2 *	Для групп VI—VIII применяют электроды, пригодные для любой из этих сталей. Подогрев по режиму для более легированной стали. Для электродов, обозначенных *, температуру подогрева снижают на 150—200° С. После сварки необходим отпуск, кроме соединений, выполняемых аустенитными электродами
VII и VIII	Э10Х25Н13Г2 *, Э08Х24Н6ГАМФ, Э10Х20Н9Г6С	Для сварки сталей группы VI (VIII) и VII применяют аустенитно-ферритные электроды. Температура подогрева по режиму групп сталей VI (VIII). Отпуск 700—750° С и ускоренное охлаждение
I и VI, I и VIII	Э09Х1М	Стали I—V с VI—VIII групп сваривают перлитными электродами, имеющими большее легирование. При больших толщинах необходима облицовка кромок со стороны группы стали VI и VIII. Термический цикл — по более легированной стали. Стали групп I—V с VII сваривают аустенитно-ферритными электродами, а при невысоких температурах — аустенитными.
IV и VI, IV и VIII	Э09Х1МФ	
I и VII, II и VII	Э08Х24Н6ГАМФ	
IV и VII	Э10Х25Н13Н2	

Группы свариваемых сталей	Тип электродов	Особенности выполнения
I, II, IV, V, VI, VII, VIII, и IX	Э10Х25Н13Г2 * Э10Х2049Г6С Э11Х15Н25М6АГ2 ** Э27Х15Н35В3Г262Т, Э08Н60Г7М7Т, Э08Х14Н65М15В4Г2, Э07Х19Н11Г3М2Ф *	При сварке используют аустенитные или аустенитно-ферритные электроды, обозначенные*, с запасом аустенитности (для соединения IX с I—V). Жесткие соединения группы III (VI, VII) с IX сваривают электродами, обозначенными **. Корневые слои сваривают электродами с повышенным содержанием молибдена. Термообработка соединений незакаливающихся перлитных сталей и сталей группы IX не нужна

Примечание. Стали групп IV и V при ремонте заваривают высоконикелевыми электродами без последующей термообработки. Возможна также облицовка кромок этими электродами с заполнением разделки электродами с заполнением разделки электродами с меньшим содержанием никеля. Облицовку кромок, наложение корневого шва выполняют электродами диаметром не более 3 мм при силе тока 60—80 А; сварку — электродами диаметром 4 мм на токах 100—120 А. Стали, требующие подогрева, после сварки следует медленно охлаждать.

Сварка трубопроводов

Укрупнительная сварка узлов трубопроводов и труб в секции производится на заготовительных заводах или базах с использованием средств механизации. Сварка неповоротных стыков труб в нитку (монтажная сварка) во многих случаях производится вручную.

ПОДГОТОВКА К СВАРКЕ

При подготовке трубопроводов к сварке одним из основных условий является соблюдение требований к разностенности и смещению кромок стыкуемых труб.

Величина разностенности и смещения кромок

Назначение трубопровода	Разностенность или смещение кромок при толщине стенки трубы S, мм				
	до 3	3—6	6—10	10—11	15 и более
Технологический	Продольные швы 0,15 S, но $\geqslant$ 2 мм; поперечные — 0,35 S, но $\geqslant$ 3 мм				
Для пара и горячей воды	0,2 S	0,1S + 0,3	0,15 S	0,15S + 1	0,1 S, но не более 3 мм
Для горючих токсичных и сжиженных газов Высокого давления (выше 9,81 МПа)	0,1 S, но не более 3 мм Внутренние кромки 0,1 S, но не более 1 мм				

Если условия данной таблицы не соблюдены, то должен быть обеспечен плавный переход, при этом конусность не должна превышать 12—15°. При разнице толщин менее 30% (но не более 5 мм) и равенстве внутренних диаметров сва-

риваемых труб допускается плавный переход за счет наклонного расположения шва.

Правку концов труб производят домкратами, а стыковку — с помощью внутренних гидравлических или наружных роликозвенных центраторов. Продольные стыки смещают не менее чем на 50—100 мм. Трубы малого диаметра, собираемые враструб, фиксируют с помощью монтажных обжимок. Стыки под сварку обычно готовят или без скоса ($S = 2$—4 мм) или с одностороннim скосом двух кромок (горизонтальные стыки собирают с односторонним скосом верхней кромки). Качество сборки проверяют шаблонами.

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ

Способы обеспечения надежного провара корня шва трубопроводов

Способ сварки	Характеристика или назначение способа
Ручная электродуговая корня шва «на весу»	Применение электродов диаметром до 3 мм или электродов с целлюлозным покрытием диаметром 4 мм (сварка сверху вниз)
Ручная аргонодуговая корня шва неплавящимся электродом	Надежное формирование корневого слоя. Обратную сторону шва защищают инертным газом или флюс-пастой. Часто применяют в комбинации с другими способами, обеспечивающими заполнение стыка
На съемных, остающихся или расплавляемых (кольцевых фигурных) подкладках	Остающиеся подкладки не допустимы при динамических нагрузках на трубопровод или наличии агрессивной среды. Стык с расплавляющимся кольцом требует особенно тщательной подгонки
Подварка корня шва изнутри трубы	Увеличивается трудоемкость сварки. Возможна при диаметре труб более 700 мм
Механизированная на флюсовой подушке (подкладке, заполненной флюсом), флюсомедной подкладке (с канавкой, заполняемой флюсом) или съемных эластичных неметаллических подкладках	Укрупнительная сварка секций магистральных трубопроводов, крупногабаритных отводов, продольных швов труб и т. п.
Механизированная аргонодуговая корневого слоя «на весу»	Выполняется с присадкой проволоки или без нее. Требует тщательной подгонки стыков
Частично механизированная «на весу» корневого слоя в углекислом газе	Сварка трубопроводов из низкоуглеродистых и низколегированных сталей проволокой диаметром 0,8—1,2 мм

Ручная электродуговая сварка. Сварка труб выполняется в следующем порядке. Каждый слой шва накладывают двумя или тремя участками. Заварку слоя на каждом из двух участков начинают с нижней части стыка и заканчивают наверху. Чтобы начало и конец шва не совпадали, начало каждого слоя смещают на 50—60 мм вправо или влево от самой нижней точки. С целью равномерного распределения усадочных напряжений первые два-три слоя стыков труб диаметром более 219 мм желательно сваривать обратноступенчатым способом с длиной каждой ступени не более 250 мм. Сварку трубопроводов диаметром более 219 мм рекомендуется выполнять одновременно двум сварщикам, наплавляющим диаметрально противоположные участки шва. При сварке горизонтальных швов начало валиков нужно сместить на 1/4 длины окружности стыка. Наименьшее расстояние между кольцевыми швами и швами патрубков — 200 мм.

Количество проходов при сварке стыков технологических трубопроводов

Толщина стенки, мм	2—3	4—5	6—9	10—12	13—15
Количество проходов (без подварочного)	1	2	3	4	5

Режимы ручной электродуговой сварки стыков трубопроводов

Вид покрытия	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А	Назначение электрода
Органическое	3	80—110	Сварка корневого слоя шва
	4	110—170	Сварка заполняющих и облицовочного слоев шва в нижнем положении (поворотный стык)
	5	160—200	
Основное для сварки:			
снизу вверх	3	110—140	Сварка корневого слоя шва
	4	150—180	Сварка заполняющих, облицовочного слоев шва и подварка
	5	200—250	Сварка верхней полуокружности неповоротных стыков, заполняющих и облицовочного слоев шва поворотных стыков
сверху вниз	4	190—220	Сварка корневого слоя шва
	5	200—250	Сварка заполняющих и облицовочного слоев шва
Рутиловое и рутилкарбонатное	3	90—120	Сварка корневого слоя шва
	4	140—180	Сварка заполняющих и облицовочного слоев шва
	5	200—250	Сварка верхней полуокружности неповоротных стыков, заполняющих и облицовочного слоев шва поворотных стыков

Усредненная линейная скорость ручной электродуговой сварки трубопроводов, м/ч

Слой шва	Вид покрытия			
	органическое	основное для сварки		рутиловое и рутилкарбонатное для сварки снизу вверх
		сверху вниз	снизу вверх	
Корневой	18—22	20—25	8—10	9—12
Горячий проход	14—18	22—28	—	—
Заполняющие	11—15	—	6—7	7—8
Облицовочные	9—12	—	4—6	4—6
Подварочный	—	—	8—9	—

Сварка технологических трубопроводов

Марка стали	Тип электрода	Предварительный подогрев при термической резке	Предварительный и сопутствующий подогрев при сварке	Термическая обработка после сварки
Ст. 3, 10, 20	342, Э42А, Э46А	—	—	—
10Г2, 09Г2С, 17ГС	Э50А	—	—	—
12МХ	Э09МХ	+	+	+
15ХМ	Э09Х1М	++	++	+
15ХМ	Э10Х28Н12Г2	+	+	При толщине стенки >18 мм
12Х1М1Ф	Э09Х1МФ	+	+	+
12Х5М, 15Х5	Э10Х5МФ, Э28Х24Н16Г6	+	+	При толщине стенки >18 мм и диаметре до 325 мм, толщине стенки >25 мм и диаметре до 219 мм
20Х3МФ	Э10Х5МФ	+	+	+
20Х3МФ	Э09Х1М	++	++	+
08Х13	Э12Х13	+	+	При толщине стенки >18 мм
09Х17Т	Э10Х17Т	+	+	+
09Х17Т	Э10Х28Н12Г2	+	+	—
09Х17Т	Э28Х24Н16Г6	+	+	—
12Х25Т	Э12Х13, Э10Х17Т	+	+	При необходимости стойкости против межкристаллитной коррозии
12Х25Т	Э10Х28Н12Т	+	+	
12Х18Н10Т	Э02Х19Н9Б	—	—	
08Х17Н13М3Т	Э09Х19Н10Г2М2Б	—	—	

Примечания: 1. В таблице знаком «+» обозначены необходимость подогрева и термической обработки сварных стыков, отсутствие этого требования обозначено знаком «—».
2. При сварке трубопроводов высокого давления из углеродистых сталей $S \geqslant 35$ мм независимо от марки стали и электродов назначают термическую обработку соединений.

Ручная аргонодуговая сварка. Этот способ используют для сварки труб из углеродистых и легированных сталей диаметром до 100 мм при толщине стенки не более 10 мм. При большем диаметре толщина стенки должна быть не более 3 мм или указанным способом сваривают только корень шва.

Для сварки используют неплавящиеся электроды из лантанированного вольфрама марок ЭВЛ-10 и ЭВЛ-20 по СТУ 45-ЦМ-1150-63 (диаметр 1—5 мм) или иттрированного вольфрама марки СВИ по ТУ 48-42-73-71 диаметром 2—5 мм. Электроды затачивают на конус длиной 6—10 мм и диаметром притупления 0,5 мм. Вместо поддува при сварке коррозиестойких сталей применяют флюс-пасту ФП-8-2 (ТУ 14-4-736-76) с силикатной связкой в соотношении 1 : 1.

Выбор присадочного прутка в зависимости от марки стали

Марка стали	Марка прутка (диаметр 1,6—2 мм)	Марка стали	Марка прутка (диаметр 1,6—2 мм)
20	Св-08ГС	12Х1М1Ф	Св-08ХМ
15Х5М	Св-10Х5М	12Х18Н10Т	Св-06Х19Н9Т
15ХМ	Св-08ХМ	0Х13	Св-06Х14
15МХ	Св-08МХ	10Х17Н13М2Т	Св-06Х19Н10М3Т

В качестве источников тока используют сварочные преобразователи или выпрямители с падающей или жесткой характеристикой, но с балластным реостатом. Полярность тока — прямая. Возможна сварка на переменном токе с использованием устройства поджига дуги УПД-1М и балластного реостата.

Для понижения давления используют редукторы марок АР-10, АР-40, АР-150 или ДКМ-1-70 с ротаметром РС-3 или РС-5. Рекомендуются горелки марок ЭЗР-3, ЭЗР-5, АР-3. Сопло горелки при толщине стенки трубы свыше 40 мм рекомендуется удлинить.

Сварка должна выполняться на возможно короткой дуге (1—1,5 мм). Особое внимание обращают на провар корня шва и заделку кратера. Подачу аргона из горелки прекращают через 5—8 с после обрыва дуги. Горелку перемещают справа налево, а проволоку — навстречу. Оплавляемый конец проволоки всегда должен находиться под защитой аргона. При зазоре между трубами до 0,5 мм сварку корневого слоя выполняют без присадочной проволоки. При сварке труб из сталей мартенситного или мартенситно-ферритного класса кромки должны быть нагреты до температуры не ниже 350° С. Стали аустенитного класса нельзя перегревать.

Количество и длина прихваток

Диаметр трубопровода, мм	Количество прихваток по периметру трубы	Длина прихватки, мм
до 100	2	5—10
100—200	3	40—50
200—600	4—5	40—50
Свыше 600	Через 300—400 мм	80—100

Параметры аргонодуговой сварки «на весу» корня шва толстостенных трубопроводов неплавящимся электродом следующие:

Диаметр электрода, мм	3
Сварочный ток, А	100—140
Диаметр присадочной проволоки, мм	2—2,5
Напряжение, В	24—28
Скорость сварки, м/ч	5—10
Расход аргона, л/мин:	
для сварки	8—10
для поддува	4—5
Расход флюс-пасты (вместо поддува), г/м	5—6

Марка стали	Марка электрода	Марка сварочной проволоки	Допускаемая температура эксплуатации, °С	Предварительный подогрев, °С	Вид термической обработки и температура, °С	Время выдержки	Условия охлаждения
20	УОНИ 13/45	Св-08А	≥ —40	До 200 (при сварке сталн 20 с толщиной стеикн ≥ 19 мм и 15ГС, 14ХГС с толщиной стеики ≥ 10 мм)	Отпуск: 600—650	3 мин на 1 мм толщины стенки трубы	До 300° С со скоростью 150° С в 1 ч с термоизоляцией
20	МР-3	Св-08А	≥ —20		600—650	То же	
20, 15ГС	УОНИ 13/55	Св-08Г2С Св-08ГСМТ	≥ —40		600—650	»	
16ГС 14ХГС	ТМУ-21	Св-08Г2С	≥ —40		630—650	$\frac{S}{25}$ 2 ч	
15ХМ	ЦЛ-14, ЦЛ-38	Св-08ХМ	≥ —20	Во всех случаях необходим предварнтельный подогрев сталей марок 20Х2МА и 15ХМ до 200—250 12Х1МФ и 15Х1М1Ф до 250—300 н 30ХМА до 300—350° С	Отпуск: 690—720	$\frac{S}{25}$ 1,5 ч	То же со скоростью 100° С в 1 ч
15ХМ	ЦУ-2ХМ	Св-08ГСМА	≥ —20		690—720		
15Х5М	ЦЛ-17	Св-10Х5М	≥ —30		730—750		
15Х5М	ЦЛ-17	Св-10Х5М	≥ —30		650—670		
30ХМА	ХЗМ-1	Св-18ХМА	≥ —30		640—660		
20Х2МА	ЦЛ-17	Св-10Х5М	≥ —30		640—660		
22Х3М	ЦЛ-20А ЦЛ-20Б	Св-08ХМ	≥ —30		Нормализация 1000—1020	1,5 ч	
18Х3МВ	ЦЛ-17	Св-18ХМА	0	Необходим предварнтельный подогрев по ТУ	Отпуск: 670—690	$\frac{S}{25}$ 2 ч	По группе сталей ХМ
20Х3МВФ	ЦЛ-26М	Св-08Х3Г2СМ	0		670—690		
12Х1МФ	ЦЛ-20А, ЦЛ-39	Св-08ГСМФА	≥ —20		720—750		
15Х1М1Ф	ЦЛ-20Б, ТМЛ-1	Св-08ХМФА	≥ —20		720—750		
12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т	ЦТ-15, ЦТ-15-1, ЗИО-3	Св-01Х19Н9, Св-04Х19Н9	До 600; 350—600 после стабнлизирующего отжига или аустенизации	То же	Стабилизнрующий отжиг, 950—970	2—3 ч	Нагрев до 600° С со скоростью 75° С в 1 ч далее 150° С в 1 ч, охлаждение на воздухе
12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т	Л-38М, ЦЛ-11, АНВ-23, ОЗЛ-7, Л-40М	Св-07Х19Н10Б, Св-000Х18Н10	До 450; 350—450 — после стабилизирующего отжига или аустеиизацин	Подогрев независимо от толщины стенкн трубы. Влажность окружающего воздуха должна быть не более 80%, а температура выше —20° С	Аустенизация 1080—1130	2—1,5 ч	Нагрев до 600° С со скоростью 75° в 1 ч, далее 150° в 1 ч, охлаждение на воздухе или в воде
12Х18Н12Т, 08Х18Н12Т	ОЗЛ-8, ОЗЛ-22, ОЗЛ-13, АНВ-13	Св-01Х19Н9, Св-04Х19Н9	До 600	Подогрев незаансимо от толщины стенки трубы. Влажность окружающего воздуха должна быть не более 80%, а температура выше —20° С	Аустеиизация 1080—1130	2—1,5 ч	Нагрев до 600° С со скоростью 75° в 1 ч, далее 150° С в 1 ч, охлаждение на воздухе или в воде
12Х18Н12Т	ОЗЛ-14	Св-07Х19Н10Б	До 350				
08Х18Н12Т	ЭА-400/10У	Св-000Х18Н10					
10Х17Н13М2Т	ОЗЛ-20	Св-04Х19Н11М3					
10Х17Н13Н3Т	ЭНТУ-3М, НЖ-13	Св-06Х19Н10МВТ					
08Х17Н15М3Т	СЛ-28, АНВ-17	Св-000Х17Н14М2					

Примечания: 1. Нормализацию с отпуском назначают для сварных соединеиий, предназначеиных для работы в водородосодержащих средах и для работы при температурах 401—510° С (20Х3МВФ). Термообработку осуществляют индукционными нагревателями, газовыми горелками или гибкими нагревательными элементами сопротивления. Электронагреватели питаются от серийных трансформаторов марок ТД-500, ТДФ-1001 и т. п. Теплоизоляционный материал — кремиеземистая ткань.

2. Сталь 15ХМ электродами типа АНЖР можно сварнвать без термообработки.

Механизированная сварка. В сантехнических устройствах, системах маслосмазки и автоматического управления производственными процессами широко распространены тонкостенные трубопроводы малого диаметра. Здесь используют, в основном, трубы диаметром до 40 мм из низкоуглеродистых, в том числе оцинкованных, сталей с толщиной стенки до 3 мм. До недавнего времени на монтаже этих трубопроводов использовали газовую сварку. В настоящее время внедрена электродуговая сварка рутиловыми электродами диаметром 3 мм, что позволяет в 1,6—1,7 раза увеличить производительность труда, втрое уменьшить выгорание цинка при сварке оцинкованных труб. Механизацию процесса осуществляют тремя следующими способами:

частично механизированной сваркой в углекислом газе проволокой марки Св-08Г2С (Св-08ГС, Св-12ГС) диаметром 1 мм на постоянном токе обратной полярности полуавтоматами типа ПРМ, А-547УМ и т. п. при силе тока 140—180 А, напряжении дуги 20—22 В, вылете электрода 10—14 мм;

частично механизированной сваркой самозащитной проволокой марки Св-15ГСТЮЦА (ЭП-439) диаметром 0,8—1 мм на постоянном токе прямой полярности силой 120—150 А и напряжении дуги 22—23 В. Кроме полуавтоматов типа ПРМ, А-547УМ и других применяются специальные полуавтоматы А-1114М;

дугоконтактной сваркой труб диаметром 15 и 20 мм автоматической головкой марки УДК-204. Сила тока 260 А, напряжение дуги 28 В. Установка УДК-27-01 (1 и 2 модификации) позволяет также сваривать трубы диаметром 8—27 мм на расстоянии до 75 м от источника тока. Производительность сварки составляет 50—60 стыков в 1 ч.

Ориентировочные режимы сварки оцинкованных труб

Толщина металла, мм	Способ сварки	Сварочный материал		Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В
		Марка	Диаметр, мм		
1,6	В углекислом газе	Св-08Г2С	0,8—1	80—100	20
3	То же	Св-08Г2С	1—1,2	110—150	19—20
1,6	Самозащитной проволокой	Св-15ГСТЮЦ	0,6—0,8	60—90	20—21
3	То же	Св-15ГСТЮЦ	1	100—130	21—23

Стыки труб диаметром 57—530 мм сваривают в углекислом газе в соответствии с режимами, приведенными на с. 165.

Режимы частично механизированной сварки стыков трубопроводов в углекислом газе

Толщина стенки, мм	Диаметр электрода, мм	Поворотные стыки				
		Количество проходов	Корневой шов		Последующие слои	
			$I_{св}$, А	$U_д$, В	$I_{св}$ А	$U_д$, В
1—2	0,8	1	80—100	19—21	—	—
3—5	1,2	1	140—180	22—24	—	—
6—8	1,2	2	130—150	20—23	150—200	22—24
10—12	1,2	2	140—160	21—24	200—250	24—28
10—12	1,6	2	280—300	28—30	320—380	30—32
10—12	2,0	2	280—300	28—37	400—450	30—34
14—16	1,2	2—3	140—160	21—24	200—250	24—28
14—16	1,6	2	280—300	28—30	320—380	30—32
14—16	2,0	2	280—300	28—32	400—450	30—34
18—20	1,2	3—4	140—160	21—24	200—250	24—28
18—20	1,6	2—4	280—300	28—30	320—380	30—32
18—20	2,0	2—4	280—300	28—32	400—450	30—34
22—24	1,2	4—10	140—160	21—24	200—250	24—28
22—24	1,6	3—8	280—300	28—30	320—380	30—32
22—24	2,0	3—8	280—300	28—32	400—450	30—34

Продолжение

Толщина стенки мм	Диаметр электрода, мм	Неповоротные стыки				
		Количество проходов	Корневой шов		Последующие слои	
			$I_{св}$, А	$U_д$, В	$I_{св}$ А	$U_д$, В
1—2	0,8	1	80—90	19—21	—	—
3—5	1,2	1	120—130	20—23	—	—
6—8	1,2	2	110—130	20—23	140—160	21—23
10—12	1,2	2—3	130—150	21—24	150—185	21—25
10—12	1,6	—	—	—	—	—
10—12	2,0	—	—	—	—	—
14—16	1,2	2—4	130—150	21—24	150—185	21—25
14—16	1,6	—	—	—	—	—
14—16	2,0	—	—	—	—	—
18—20	1,2	4—8	130—150	21—24	150—185	21—25
18—20	1,6	—	—	—	—	—
18—20	2,0	—	—	—	—	—
22—24	1,2	6—15	130—150	21—24	150—185	21—25
22—24	1,6	—	—	—	—	—
22—24	2,0	—	—	—	—	—

Примечание. Вылет электрода диаметром 0,8—1,2 мм должен быть 8—12 мм, диаметром 1,6—2 мм от 20 до 25 мм. Расход углекислого газа при сварке тонким электродом составляет 500—600, толстым электродом 1000—1200 л/ч. При сварке на сквозняке или открытом воздухе расход газа возрастает в 1,2—1,5 раза или применяют защитные насадки (камеры).

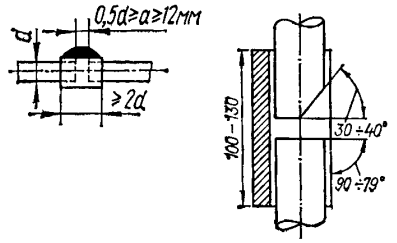
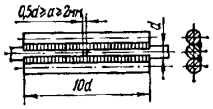
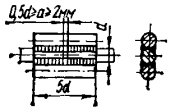
Режимы механизированной сварки труб из низкоуглеродистых сталей сварочной головкой марки ТСГ-7М

Толщина стенки, мм	Притупление, мм	Зазор, мм	Проход	Сварочный ток А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Амплитуда колебаний, мм
5	0—1	1—1,5	1	100—120	19—21	15—18	0
			2	120—140	20—22	15—18	3—4
	1,5—2	1—1,5	1	120—150	20—21	18—20	0
			2	140—180	23—25	18—20	6—8
10	0—1	1—1,5	1	110—130	20—22	15—18	0
			2	150—180	23—25	15—18	3—5
			3	150—180	23—25	15—18	8—10
	1—2	1—1,5	1	130—140	21—23	15—18	0
			2	130—140	22—24	15—18	3—5
			3	130—140	22—24	15—18	8—10

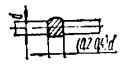
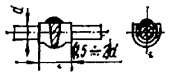
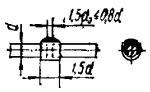
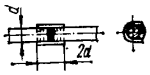
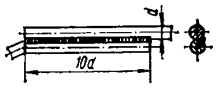
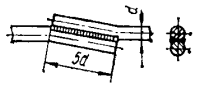
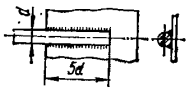
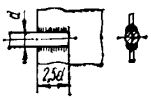
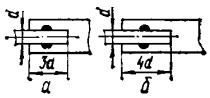
Примечание. Электрод смещают с зенита трубы против направления вращения на 20—30°. Для сварки применяют сварочную проволоку марки Св-08Г2С диаметром 1 мм. Защита в углекислом газе.

Сварка арматуры железобетона

Сварные соединения арматуры

Вид сварки и тип соединения	Конструкция соединения	Класс стали	Диаметр стержня, мм
Электрошлаковая и ванная сварка стержней в съемной форме (медной или графитовой)		A-I A-II A-III	20—40 20—60 20—40
Ванная многоэлектродная сварка стержней с желобчатой стальной подкладкой		A-I A-II A-III	20—40 20—80 20—40
Ванная одноэлектродная сварка стержней с желобчатой стальной подкладкой		A-I A-II A-III	20—32 20—32 20—32

Продолжение

Вид сварки и тип соединения	Конструкция соединения	Класс стали	Диаметр стержня, мм
Ванно-шовная сварка стержней с желобчатой стальной подкладкой		A-I A-II A-III	20—40 20—80 20—32
Дуговая сварка стержней с желобчатой подкладкой многослойными швами		A-I A-II A-III	20—32 20—32 20—32
Дуговая сварка стержней двумя флаговыми швами		A-I A-II A-III A-IV	8—40 10—80 8—40 10—32
То же, четырьмя флаговыми швами		A-I A-II A-III	8—40 10—80 8—40
Дуговая сварка внахлестку одним фланговым швом		A-I A-II A-III	8—40 10—40 8—40
То же, двумя фланговыми швами		A-I	8—40
Дуговая сварка стержней с полосовой или фасонной сталью двумя фланговыми швами		A-I A-II A-III	8—40 10—10 8—40
То же, четырьмя фланговыми швами		A-I A-II A-III	20—40 20—80 20—40
Сварка стержней с пластинами электродуговыми точками		A-I	*а* — 8—10 *б* — 12—16

Примечание. К классу A-I относятся стали марок Ст3сп, Ст3пс3, ВСт3кп и т. п., A-II — ВСт5сп2, ВСт5пс2; 10ГТ, 18Г2С, A-III — 35ГС, 25Г2С.

Указания по сборке и сварке стержней арматуры. При сборке должна строго соблюдаться соосность стержней. Смещение не должно превышать 0,1 d, а перелом в месте стыка — не более 3°.

Размеры фланговых швов: высота $h = 0{,}25\ d$, но не менее 4 мм, ширина $b = 0{,}5\ d$, но не менее 10 мм.

Для сварки стержней из стали всех классов, кроме А-1, применяют электроды марки УОНИ 13/55У или аналогичные. Арматуру диаметром до 36 мм сваривают электродами диаметром 4—5, арматуру диаметром 40 мм и выше — электродами диаметром 5—6 мм. Для механизированной сварки применяют проволоки диаметром 1,6—2 мм (Св-08А, Св-08ГА, Св-10ГА), порошковую проволоку диаметром 2,3 мм.

Сварку выполняют без перерыва до полной заварки стыка, обязательно заплавляя кратеры. Затем заваривают флаговые швы.

Сила тока при ручной сварке колеблется от 220 А при $d = 20$ мм до 330 А — при $d = 40$ мм.

При температуре ниже —30° С, как правило, арматуру не сваривают. Силу тока на морозе увеличивают на 5—10%. При температуре ниже 0° С рекомендуется снизить скорость охлаждения стыковых соединений, выполненных ванным способом, для чего стык прикрыть или обмотать мягким асбестом, формующие элементы снимать после остывания до температуры 100° С. Иногда требуется подогрев стержней газовым пламенем на расстоянии до 3—4 d в обе стороны от стыка до температуры 200—250° С.

Оцинкованные стальные элементы следует сваривать при максимальной силе тока. Зазор между плоскими элементами, собранными внахлестку или втавр, должен быть не менее 0,5 мм. При толщине сопрягаемых оцинкованных элементов более 12 мм следует обеспечить зазор в местах наложения швов не более 1,5 мм.

Монтажные швы и места с нарушенным во время сварки цинковым покрытием следует восстанавливать путем металлизации или протекторными обмазками.

При увеличенных, по сравнению с указанными на эскизах к таблице (см. таблицу на с. 166), зазорах между стыкуемыми стержнями допускается применение одной вставки из арматуры того же класса и диаметра. Длина выпусков арматуры из тела бетона должна быть не менее 150 мм при нормальных зазорах и 100 мм при использовании вставки.

Ориентировочные режимы полуавтоматической ванной сварки однорядных стержней проволокой диаметром 2 мм

Диаметр стержня, мм	Скорость подачи проволоки, м/ч	Напряжение дуги, В	Сварочный ток А	Вылет электрода, мм	Глубина шлаковой ванны, мм	Продолжительность сварки, с
			Горизонтальные стержни			
20	280—310	38—42	300—420	30—60	10—15	45—55
28	370—400	40—44	350—500	30—80	10—20	75—90
32	370—400	40—44	350—500	30—80	10—20	95—105
36	460—500	42—46	400—500	40—80	10—20	110—120
40	460—500	42—46	400—500	40—80	10—20	120—130
			Вертикальные стержни			
20	280—310	36—40	280—420	20—60	10—15	80—90
28	370—400	40—44	350—500	20—80	10—20	110—120
32	370—400	40—44	350—500	20—80	10—20	140—150
36	460—500	45—48	420—500	30—80	10—20	160—170
40	460—500	45—48	420—500	30—80	10—20	20—240

Техника сварки горизонтальных стержней: проплавить нижние кромки, заплавить зазор возвратно-поступательно или зигзагами, без перерыва, на предельно короткой дуге. С целью успокоения ванны электрод периодически закорачивать. Для выхода шлака прожечь отверстие на уровне, превышающем на 4—6 мм поверхность жидкого металла. Усиление шва 3—4 мм над поверхностью стержней. Боковые углубления между стержнями и накладкой заварить в последнюю очередь. Катет шва $k = d/2{,}5$ мм.

Техника сварки вертикальных стержней: проплавить в угол торец нижнего стержня. Затем — притупление верхнего стержня. Подняться по скошенной части торца верхнего стержня, наплавляя слои в полупотолочном положении. Заполнить разделку, сделав усиление до 6 мм.

Сварка изделий из пластмасс

В основе сварки пластмасс лежит процесс взаимодействия макромолекул при контакте свариваемых деталей. Этот процесс может быть диффузионным (при сварке плавлением) или химическим.

Сварка плавлением применяется для термопластов, химическая — для реактопластов.

Применение пластмасс в сварных конструкциях и изделиях

Наименование (вид)	Применение
Полиэтилен (пленки, трубы, прутки)	Трубопроводы химических производств, тара, покрытия теплиц, крупноразмерные конструкции
Винипласт (лист пленки, трубы, прутки)	Конструкции, трубопроводы и изделия химических производств, баки, ванны, футеровка сосудов, резервуаров, травильных и электролизных ванн
Полипропилен (пленки, трубы)	Конструкции и изделия с высокими механическими свойствами и незначительной газопроницаемостью, трубопроводы химических производств и горячей воды
Полиамин (пленки, трубы, прутки)	Конструкции для остекления парников, теплиц, водонепроницаемая тара и обкладка стен вагонов и зданий, трубопроводы для водоснабжения полей, садов и т. п.
Полистирол	Электрическая изоляция, предметы культурно-бытового назначения
Полиметилметакрилат	Крупногабаритные конструкции, сосуды, прозрачные модели и т. д.
Полиизобутилен	Обкладка травильных и электролизных ванн, цистерн, кислотохранилищ, изоляция конструкций фундаментов, облицовка туннелей и др.
Пластикат из поливинилхлоридных смол	Обкладка травильных и гальванических ванн
Фторопласт (лист, пленки, трубы)	Конструкции и изделия, в которых требуются высокие тепловая и химическая стойкость и диэлектрические свойства

СПОСОБЫ СВАРКИ ПЛАСТМАСС

Сварка газовым теплоносителем заключается в следующем. Свариваемые кромки и присадочный пруток нагревают подогретым воздухом или инертным газом до вязкотекучего состояния. Сварной шов образуется под действием механического усилия, передаваемого через присадочный пруток, или путем сдавливания свариваемых поверхностей.

При сварке пленок и листов малой толщины применяется сварка без присадочного материала, с подводом тепла к наружным поверхностям материала и сваркой их внахлестку при сдавливании.

Сваркой газовым теплоносителем выполняются стыковые, нахлесточные, угловые и тавровые соединения (рис. 13). Присадочный материал представляет собой прутки круглого (диаметром 2—6 мм) или другого сечения, которые, нагреваясь, размягчаются и своей массой заполняют шов под небольшим прижимом, а при сварке пленок — ленту шириной 10—15 мм. Листы и трубы толщиной 4 мм и более сваривают прутком за несколько проходов (слоев). Для повышения производительности применяют прутки треугольного или квадратного сечения (по сеченню разделки кромок) или сдвоенные. Эффективно использование предварительного подогрева прутка и разделки, а также специальных наконечников горелки.

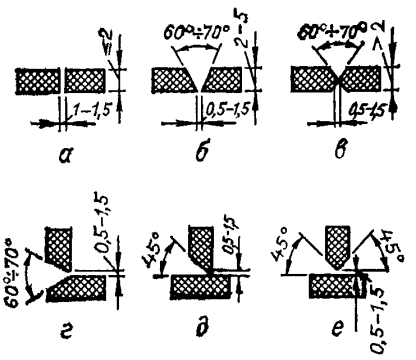


Рис. 13. Подготовка кромок деталей перед сваркой горячим газом:

а — без разделки кромок; *б, в* — с разделкой кромок; *г* — разделка кромок углового соединения; *д, е* — разделка кромок таврового соединения.

Контактно-тепловая (термоконтактная) сварка подразделяется на сварку оплавлением и проплавлением. В первом случае нагревательный инструмент непосредственно соприкасается со свариваемыми поверхностями, во втором — тепло к сварнваемым поверхностям поступает сквозь толщу сварнваемых деталей, а нагреватель контактирует с их внешней поверхностью. Сварку оплавлением используют для деталей значительной толщины, проплавлением — для тонких листов и пленок, образующих нахлесточное соединение. Нагреватели могут быть в виде дисков, пластин, полос, профилированных пленок, нитей, игл. Сварочный инструмент нагревают электрическим током, открытым пламенем и т. д. После нагрева сварнваемые кромки разводят, инструмент убирают, а оплавленные поверхности соединяют под небольшим давлением и сварнвают. Сварка труб в зависимости от диаметра и толщины стенки может производиться встык и враструб. При сварке встык соединение осуществляется по торцам труб, а нагревательный инструмент представляет собой плоский диск или кольцо. При контактной сварке враструб соединение происходит по внутренней поверхности раструба и наружной поверхности трубы, а нагревательный инструмент имеет гильзу для оплавления наружной поверхности труб и дорн для оплавления внутренней поверхности раструба.

Сварку экструдированной присадкой (экструзионную сварку) выполняют с помощью экструдера, обеспечнвающего непрерывную подачу расплава, получаемого из гранулированного материала или расплавленного прутка. Как разновидность этого способа применяют так называемую контактно-экструзионную сварку, когда нагретое сопло касается кромок, добавочно нагревая их. При третьем способе — сварке литьем — присадочный материал подают в зону соединения непосредственно из литьевой машины.

В первых двух случаях экструдируемой присадкой можно сваривать стыковые, угловые и нахлесточные соединения. При сварке стыковых соединений применяют *V*- и *X*-образную разделку кромок с углом раскрытия 70—100° при *V*-образной и 60—80° при *X*-образной разделке. Зазор составляет 0,5—1,5 мм, диаметр струи расплава 3—4 мм, температура присадочного материала 220—280° С. Прочность сварного соединения выше при сопутствующей прокатке формируемого шва роликом с силой 10—80 Н. Для сварки термопластов экструдируемой присадкой применяют полуавтоматы типа ПСП-3Э и ПСП-4 со шнековыми пистолетами-экструдерами, а также ПСП-5 и РЭСУ-500 с пистолетами-экструдерами прямоточного типа.

Сварку инфракрасным излучением производят аналогично контактной сварке встык, но с расположением нагревательного элемента, нагретого до необходимой температуры, на некотором расстоянии от торцов свариваемых труб. Процесс нагрева труб основан на свойстве термопластичных материалов поглощать инфракрасное излучение и превращать электромагнитную энергию в тепловую. В различных термопластах по-разному происходит поглощение лучистой энергии поверхностными слоями и, в зависимости от степени прозрачности материала, также и внутренними слоями, что определяет скорость и глубину прогрева материала.

При *сварке растворителями* необходимая подвижность молекулярных цепей создается за счет набухання контактирующих поверхностей в присадке-растворителе или смеси растворителей.

Сварка трением основана на получении тепловой энергии для оплавления и сварки торцов изделий (чаще всего труб) за счет перехода механической энергии трення деталей относительно друг друга в тепловую. Различают три схемы процесса сварки треннем: вращением свариваемых деталей или вставки между ними, вибрацни свариваемых деталей или промежуточного элемента, комбинации этих двух схем.

Некоторые пластмассы (полярные пластмассы) и изделия могут свариваться также токами высокой частоты (ТВЧ) и сверхвысокой частоты (СВЧ), ультразвуком (УЗ), светом, холодной сваркой.

ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ

Технические характеристики ручных горелок для сварки термопластов газовым теплоносителем с присадочным прутком

Наименование показателей	Единица измерения	ГГК-1	ГГП-1	ГЭП-1-67
Принцип нагрева газа-теплоносителя	—	От поверхности, нагретой при сгорании горючего газа	За счет смешивания с продуктами сгорания	Электроподогрев напряженне на спирали 36 В мощность 0,5 кВт
Давление:				
пропана или природиого газа	МПа	0,05—0,1	0 01—0,1	—
воздуха	МПа	0,1—0,2	0,08—0,5	0,015—0,1
Расход:				
пропана	м³/ч	0,12	0,025—0,04	—
природного газа	м³/ч	0,36	0 03—0,11	—
воздуха	м³/ч	До 3	До 3,5	До 3
Температура газа-теплоносителя	°С	До 500	1700	До 500
Диаметр присадочного прутка	мм	До 3	3—6	3—5
Масса горелки	иг	0,85	0,6	0,68

Технические характеристики полуавтоматов и машин для сварки термопластов газовым теплоносителем

Наименование показателей	Единица измерения	Полуавтоматы		Машины	
		ПГП-1	«Пчелка»	МСП-5М	СПК-М
Вид сварки	—	С присадочным прутком		Без присадки	
Напряжение:					
питающей сети	В	220	220	220	380
на нагревателе горелки	В	36, 30, 24	—	36	36
на тележке	В	24	—	—	—
Потребляемая мощность	кВт	0,75	1,2	1,5	2
Толщина свариваемого материала	мм	До 4	До 4	До 0,2	До 0,2
Скорость сварки	м/мин	До 1	1,7—10	0,8—11	0,6—5
Минимальное давление воздуха	МПа	0,05	—	0,06	0,06
Расход воздуха	м³/ч	1,2	—	0,85	0,85
Максимальная температура воздуха	°С	500	—	350	350
Масса:					
полуавтомата (машины)	кг	14	—	280	1200
источника питания	кг	30,5	—	—	—

Режимы сварки некоторых термопластов газовым теплоносителем с присадочным прутком

Материал	Характеристика газа-теплоносителя			Скорость, м/мин, при сварке однорядного шва прутком диаметром, мм		Сила вдавливания в шов на 1 мм² площади сечения присадочного прутка, Н
	Давление МПа	Расход, м³/ч	Температура на расстоянии 6 мм от сопла, °С	3	4	
Жесткий поливинилхлорид ПВХ (винипласт)	0,006—0,04	1,5—1,8	200±15	0,17±0,03	0,13±0,03	3
Полиэтилен высокого давления (ПЭВД)	0,035—0,07	2—3	240±15	0,17±0,03	0,13±0,03	3
Полиэтилен низкого давления (ПЭНД)	0,04—0,07	2—3	250±15	0,17±0,03	0,13±0,03	3
Полипропилен	0,03—0,07	2—3	260±15	0,17±0,03	0,13±0,03	3
Пентапласт	0,07—0,15	2—3	300±15	0,15±0,03	—	3
Полиметилметакрилат	—	0,7—1,5	300±15	—	—	0
Полиамид-54	—	0,375	240—280	—	—	0

Примечание. Прочность сварных соединений, выполненных газовым теплоносителем с присадочным прутком, составляет для винипласта 0,4—0,6 полиметилметакрилата — 0,3...0,4 полистирола — 0,4...0,5 прочности основного материала. С помощью газового теплоносителя без присадочного материала преимущественно сваривают нахлесточные соединения из пленок и листов из мягких термопластов.

Основные параметры режимов контактной сварки термопластов

Термопласт	Температура нагревателя, °С	Время, с		Давление, МПа	
		нагрева	выдержки после сварки	при сварке	осадки
Полиэтилен:					
ПЭНД	220—250	30—180	30—900	0,03—0,06	0,1—0,2
ПЭВД	210—230	20—120	30—600	0,02—0,05	0,05—0,15
Полипропилен	230—260	30—180	30—900	0,05—0,1	0,15—0,25
Поливинилхлорид (винипласт)	240—250	40—70	30—150	0,01—0,03	0,1—0,15
Полиизобутилен	250	20—50	20—50	—	0,15—0,20
Полиэтилентерафталат (лавсан)	320	20—25	30	—	0,15—0,20
Полиамид 6	400—440	15	30	—	0,8—1
Полистирол	160—180	25—30	30—60	—	2—2,5
Полиметилметакрилат СТ-1	280—300	25	30—60	—	0,8—1
Полиметилметакрилат (пластифицированный)	240—280	25	25—30	—	0,6—0,8
Поливинилхлорид пластифицированный	180—200	20—60	30—60	0,01—0,03	0,15—0,2

Режимы сварки полимерных пленок контактным нагревом

Материал	Толщина мкм	Температура инструмента, °С	Давление, МПа	Выдержка, с
Односторонний контактный нагрев				
Полиэтилен:				
ПЭВД	30—45	130—140	0,05—0,06	2—3
	60—90	140—160	0,05—0,06	2—3
	150—200	160—180	0,05—0,06	2—3
ПЭВД	60—150	200—220	0,06—0,08	2—3
Полипропилен	60—150	230—240	До 0,1	2—3
Сополимер этилена с пропиленом СЭП-10	60—150	200—220	0,06—0,08	2—3
Полиамид	60—150	185—200	0,06—0,08	5—6
Двусторонний контактный нагрев				
ПЭНД	150—600	160—170	0,08—0,09	2—3
СЭП-10	150—300	160—170	0,08—0,09	2—3
Полипропилен	150—300	180—200	0,09	2—3
Полиамид	130—200	210—220	0,04—0,05	10—15
Фторопласт-4	100—200	390—400	0,02—0,05	120—150

Основные параметры режима контактной стыковой сварки труб

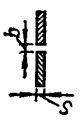
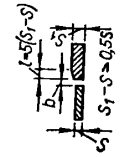
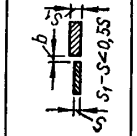
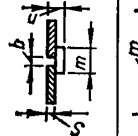
Наименование показателей	Единица измерения	Материал труб			
		ПЭНД	ПЭВД	ПП	ПВХ
Температура сварки	°С	240±10	220±10	240±10	245±5
Давление сжатия торцов труб при оплавлении	МПа	0,02—0,05	0,02—0,05	0,04—0,08	0,08—0,05
Время оплавления при +20° С при толщине стенки трубы, мм:					
4	с	50	35	60	35
6	с	70	50	80	45
8	с	90	70	90	50
10	с	110	85	100	60
12	с	130	100	150	70
14	с	160	120	180	—
16	с	180	160	230	—
Давление осадки	МПа	0,2—0,3	0,1—0,2	0,2—0,3	0,2—0,3
Время охлаждения стыка под давлением при толщине стенки трубы, мм:					
4—6	с	180—300	180—240	180—300	120—180
7—12	с	360—540	300—480	360—600	180—300
14—16	с	600—900	600—900	720—980	—

Примечания: 1. Промежуток времени между окончанием нагрева и соединением оплавленных торцов труб не должно превышать 2—3 с. 2. При изменении температуры окружающей среды время оплавления следует корректировать по высоте грата, которая в зависимости от толщины стенок должна составлять 1 5—2 мм при толщине стенки 4—6, 2—2,5 при 6—12 2.5—3 при 12—16 мм

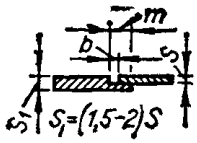
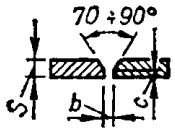
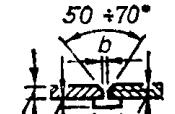
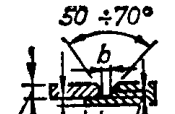
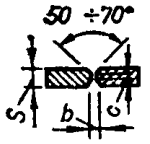
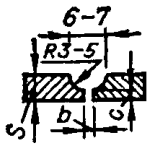
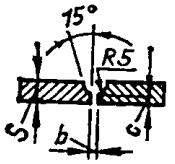
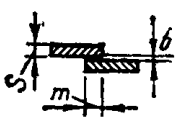
Сварка конструкций из титана и его сплавов

Сварные конструкции изготавливают из сплавов титана следующих марок: ВТ1-00, ВТ1-0, ОТ4-0, ОТ4-1, ОТ-4, ВТ-4, ВТ5-1, ВТ-5, ВТ6-С, АТ3.

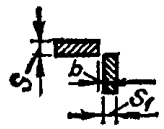
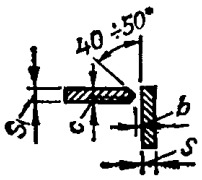
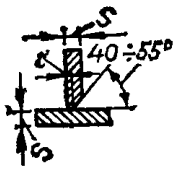
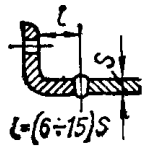
Типы сварных соединений и конструктивные элементы подготовки кромок под сварку конструкций из титана [7]

Тип соединения	Толщина S, мм	Размеры, мм			Способ сварки	Область применения
		b	n	m	c	
	0,5—3	0—0,1S	—	—	—	Ручная и автоматическая сварка неплавящимся электродом непрерывной и импульсной дугой	Сварка линейных и кольцевых швов
	0,8—3	0—0,1S	—	—	—	То же	То же
	0,3—3	0—0,2S	0,5—3 0	0,4—10	—	»	»
	1—3	0—0 2S	0,3—0,4	1—2S		Автоматическая сварка неплавящимся электродом непрерывной и импульсной дугой	Сварка кольцевых швов

Продолжение

Тип соединения	Толщина S, мм	Размеры, мм				Способ сварки	Область применения
		b	n	m	c		
	1—1,5	0—0,2S	—	3S	—	Автоматическая сварка импульсной дугой	Сварка монтажных стыков, кольцевых и круговых швов
	1,5—2,5	0—0,2S	—	3S	—	Автоматическая сварка неплавящимся электродом непрерывной дугой	То же
	3—10	0—0,15S	—	—	1—1,5	Ручная и автоматическая сварка неплавящимся электродом с присадкой	Сварка продольных и кольцевых швов
	3—6	0—0,15S	2—3	12—15	1—1,5	То же	То же
	6—12	0—0,15	3 и более	6—8	1,5—2,0	Ручная и автоматическая сварка неплавящимся (с присадкой) и автоматическая плавящимся электродом	»
	6—25	0—0,1S	—	—	1,5—2	Автоматическая сварка плавящимся и неплавящимся электродами и неплавящимся электродом с присадкой	»
	3,5—5	0—0,1S	—	—	2	Автоматическая сварка вольфрамовым электродом с присадочным материалом и плавящимся электродом	Сварка изделий с односторонним подходом
	Свыше 5	0—0,1S но не более 2,0	—	—	2—10	То же	То же
	0,5—1,5	0—0,1S	—	12—15	—	Точечная аргонодуговая сварка	Приварка бобышек и других накладок, а также фланцев; заварка окон, обшивок и пр.
	2 и более	0—0,1S	—	8—10	—	Ручная и автоматическая сварка неплавящимся электродом с присадкой или без нее (для малых толщин)	То же

Продолжение

Тип соединения	Толщина, S мм	Размеры, мм				Способ сварки	Область применения
		b	n	m	c		
	1 и более	0—0,1S	—	—	—	Ручная и автоматическая сварка неплавящимся электродом с присадкой	Приварка ребер жесткости
	1 и более	0—0,1S	—	—	—	То же	То же
	1 и более	0—0,1S	—	—	—	»	»
	3 и более	0—0,2S	—	—	1—2	Ручная и автоматическая сварка вольфрамовым электродом с присадкой и плавящимся электродом	»
	3 и более	0—0,2S	—	—	1—2	Ручная и автоматическая сварка вольфрамовым электродом с присадкой и плавящимся электродом	Приварка ребер жесткости
	1,8—3	—	—	—	—	Автоматическая и ручная сварка неплавящимся электродом без присадки и с присадочным металлом	Сварка кольцевых и продольных швов, приварка фланцев и др.

Примечания: 1. В первых шести типах соединений при механизированной и ручной сварке с присадочным материалом зазор между свариваемыми кромками допускается на 30% выше.

2. Смещение кромок деталей относительно друг друга не должно превышать 0,1 мм — для толщин до 1,2; 0,2 мм — для толщин от 1,2 до 3; 0,5 мм — для толщин от 3 до 5 и 0,8 мм — для толщин свыше 5 мм.

3. Основные типы и конструктивные элементы подготовки кромок для швов, выполняемых автоматической сваркой под флюсом,— согласно ГОСТ 8713—79.

Механические свойства присадочных проволок для сварки титана

Марка проволоки	Диаметр, мм	ТУ или ОСТ	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	δ, %
			не менее	
ВТ1-00	1—1,7	ОСТ 1-90015-71	480 (48)	15
ОТ 4-1	1—1,4		800 (80)	7,5
	1,5—3		800 (80)	9
	3,5—7		800 (80)	12
ОТ4	1—1,4		850 (85)	7
	1,5—3		850 (85)	9
	3,5—7		850 (85)	10,5
СПТ-2	2—7	ТУ 1-9-105-71	680(68)	13

Примечание. Следует применять отожженные, дегазированные проволоки, хранить их в металлических контейнерах или плотной упаковке.

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ

Аргонодуговая сварка неплавящимся электродом. Непосредственно перед началом работы необходимо очистить детали и присадочную проволоку от загрязнений и обезжирить стандартными растворителями: спиртом этиловым, бензином, ацетоном и т. д. Сварку рекомендуется проводить без перерыва, начинать и заканчивать на технологических планках. Для защиты шва следует применять специальные насадки и поддув (рис. 14, 15). При невозможности применения приспособлений для поддува при сварке длинномерных труб или трубопроводов в нитку необходимо заполнять участками или продувать всю нить защитным газом. Объем газа для заполнения полости должен быть в 5 раз больше, чем объем полости. Время продувки определяют экспериментально. Например, для сварки труб ∅ 300 × 8 мм при расходе газа 10, 12, 20 л/мин оно равно соответственно 7,5, 4,5 и 3,5 мин. Подавать присадку следует непрерывно под углом 10—20° к изделию. Сварка — «углом вперед» без поперечных колебаний. Вылет электрода 5—7 мм. Каждый валик многослойного шва нужно тщательно очищать от окисной пленки.

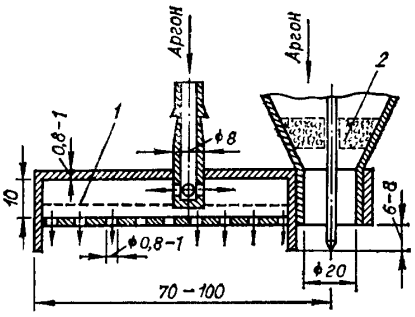


Рис. 14. Насадка для защиты наружной стороны шва при сварке титана:
1 — сетка; *2* — титановая стружка. При сварке кольцевых швов насадка должна быть изогнута соответственно конфигурации изделия.

Установочная длина дуги 1—1,5 мм. Ось вольфрамового электрода устанавливают перпендикулярно к оси изделия. Диаметр сопла горелки составляет 14—16 мм, а для толщины 6 мм и более — 18—20 мм. После окончания сварки инертный газ следует подавать до полного остывания нагретых участков.

Перед наложением последующего валика предыдущий тщательно очищают от окисной пленки, характеризующейся появлением цветов побежалости. При хорошей защите шов имеет серебристый оттенок.

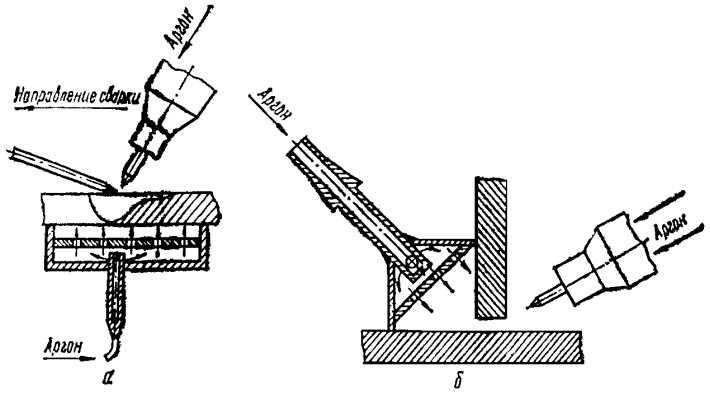


Рис. 15. Камера для защиты обратной стороны шва стыковых *(а)* и тавровых *(б)* соединений.

Режимы ручной аргонодуговой сварки

Толщина металла, мм	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Диаметр присадочной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Расход аргона для защиты, л/мин	
					дуги	сварного шва (в насадку) и его обратной стороны
0,5—1	1,5—2,0	1,0—1,5	25—60	8—10	8—10	2—4
1,5	1,5—2,0	1,5—2,0	60—80	10—12	10—12	2—4
2,0	2,0—2,5	1,5—2,0	80—100	10—12	10—12	2—4
3,0	2,5—3,0	2,0—3,0	120—160	10—14	10—12	2—4
4,0	2,5—3,0	2,0—3,0	120—160	10—16	12—14	2—4
6,0	3,0—4,0	2,0—3,0	140—180	10—16	12—14	2—4
8,0—10	3,0—4,0	2,0—3,0	160—180	10—16	12—16	3—4
12,0	3,0—4,0	2,0—4,0	180—220	10—16	12—16	3—4
14,0	3,0—4,0	3,0—4,0	200—220	10—16	12—16	3—4
16,0	3,0—4,0	3,0—4,0	200—240	10—16	12—16	3—4
18—20	4,0—5,0	3,0—4,0	200—240	10—16	12—16	3—4

Примечание. Режимы подлежат уточнению в экспериментальном порядке.

Режимы механизированной сварки непрерывной дугой стыковых соединений без скоса кромок

Толщина материала, мм	Сварочный ток, А	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Скорость сварки, м/ч	Напряжение дуги В	Расход аргона, л/мин, для защиты	
					сварочной ванны и шва	обратной стороны шва
0,8	40—55	1,5—2	20—25	8	5—7	2—4
1,0	65—80	1,5—2	20—25	8—9	5—7	2—4
1,5	до 110	2—3	20—25	9—10	5—7	2—4
2,0	115—140	3—4	15—20	9—11	7—9	3—5
3,0	155—190	3—4	15—20	9—11	8—10	3—5
5,0	230—270	5—7	10—15	9—10	14—20	8—12
8,0	280—320	5—7	10—15	10—11	14—20	8—12

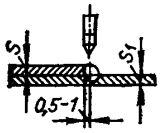
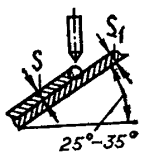
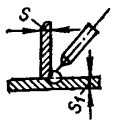
Примечания: 1. Соединения большой толщины (5—8 мм) могут быть выполнены без скоса кромок способом сварки погруженной дугой.
2. При наличии в швах недопустимых подрезов 2-й проход осуществляют без погружения дуги с присадкой или без нее.

Режимы механизированной сварки непрерывной дугой стыковых и замковых соединений со скосом кромок

Толщина материала, мм	Номер прохода	Сварочный ток, А	Скорость сварки, м/ч	Напряжение дуги, В	Диаметр проволоки мм	Скорость подачи присадочной проволоки, м/ч	Расход аргона, л/мин, для защиты	
							сварочной ванны	обратной стороны шва
3,5	1	100—130	15—18	9—10	—	—	14—18	4—6
	2	180—210	13—15	11—13	2,0	70—90	14—18	4—6
3,5	1	160—180	12—15	9—11	—	—	14—18	4—6
	2	160—210	12—15	11—13	2,0	40—60	14—18	4—6
4	1	160—180	10—15	9—11	—	—	16—20	4—6
	2	200—220	10—15	11—13	2,0	80—120	16—20	4—6
5	1	160—180	10—15	9—11	—	—	16—20	4—6
	2	210—240	10—15	11—13	2,0	120—160	16—20	4—6
5*	1	180—210	10—13	9—11	—	—	14—18	8—10
	2	200—240	13—15	13—15	2,5	60—80	14—18	8—10
6	1	170—210	10—15	10—12	—	—	20—30	5—8
	2	220—250	10—15	11—13	2,0	120—180	20—30	5—8
8	1	190—240	6—10	10—12	—	—	20—30	5—8
	2	240—290	6—10	11—13	2,5	50—100	20—30	5—8

Примечания: 1. При сварке металла большей толщины количество проходов следует увеличить. 2. Диаметр вольфрамового электрода принимают равным 3—5 мм; для толщины металла 8 мм применяют электрод диаметром 5—7 мм. 3. Установочная длина составляет 1,5—2,5 мм. 4. Для механизированной сварки плавящимся и неплавящимся электродами рекомендуется использовать аппараты типа АДСВ-2, АДСВ-5, АДСП-2, АРК, АДПГ-500. 5. Звездочкой отмечен криволинейный скос, одностороний подход к шву.

Режимы механизированной сварки непрерывной дугой нахлесточных и тавровых соединений

Эскиз соединения	Толщина материала, S/S_1 мм	Сварочный ток, А	Установочная длина дуги, мм	Напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, м/ч	Расход аргона л/мин, для защиты	
						сварочной ванны	обратной стороны шва
	2,5/2,5	150—180	1—1,5	8—10	Без присадки	15—20	3—4
	2,5/2,5	130—160	2—2,5	8—10	35—50	15—20	3—4
	3,5/5 2,5/2	170—210 220—260	2—2,5 2—2,5	9—11 8—10	45—65 45—65	20—25 20—25	3—4 8—10

Примечание. Диаметр вольфрамового электрода составляет 3—4 диаметр присадочной проволоки — 2 мм, скорость сварки — 15—20 м/ч.

Режимы механизированной сварки импульсной дугой стыковых соединений из титана без скоса кромок

Толщина материала, мм	Сварочный ток, А	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Напряжение дуги, В	Ток дежурной дуги, А
0,5	30—50	1,5—2	8—9	5—8
0,8	60—90	1,5—2	8—10	5—8
1,0	70—100	1,5—2	8—10	5—8
1,2	80—110	2,0—3	8—10	5—8
1,5	до 120	2,0—3	10—12	5—10
2,0	160—200	3,0—4	10—12	5—10

Примечания: 1. Техника сварки и расход аргона такие же, как при сварке непрерывной дугой. 2. Скорость сварки 10—15 м/ч, время импульса и паузы составляет 0,15—0,20 с. 3. Перекрытие сварных точек должно быть не менее 3/4 их длины.

Сварка под флюсом. Для защиты ванны используются бескислородный, фторидно-хлоридный флюс по ТУ Института электросварки им. Е. О. Патона марки АН-Т7 (CaF_2 — 98%, NaCl — 2%). Перед сваркой флюс следует прокалить при температуре 300—350° С в течение 2—3 ч. Шлаковую корку удаляют после охлаждения металла до температуры ниже 400° С.

Ориентировочные режимы механизированной сварки конструкций из титана под флюсом

Толщина материала, мм	Тип соединения	Диаметр электродной проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, м/ч	Скорость сварки, м/ч
2,5	На остающейся подкладке	2	180—200	30—32	150—170	45—55
3	То же	2	190—210	28—30	150—170	45—55
3	»	2,5	240—260	30—32	150—170	45—55
4	»	2,5	270—290	20—32	170—190	45—55
4	На медной подкладке	3	340—360	32—34	145—155	45—55
5	На остающейся подкладке	3	350—380	32—34	150—160	45—55
5	На медной подкладке	3	370—390	32—34	150	45—55
6	На остающейся подкладке	3	420—450	32—34	200—210	45—55
6	На медной подкладке	3	390—420	30—32	170—180	45—55
6	Двустороннее	2,5	240—360	30—32	160—170	45—55
8	»	3	350—380	32—34	160—170	45—55
8	На медной подкладке	4	590—600	30—32	90—100	40—50
10	Двустороннее	3	440—460	32—34	180—190	45—55
12	То же	3	450—500	32—34	190—200	45—55
16	»	4	450—500	32—34	90—100	40—50
18—20	»	4	600—610	32—34	90—100	40—50

Примечание. Вылет электрода должен быть не более 20—25 мм. Высота флюса должна быть не менее вылета электрода.

Сварка при ремонте

НАПЛАВОЧНЫЕ РАБОТЫ

Наплавку деталей производят с целью восстановления их геометрических размеров и повышения износостойкости. Проплавление основного металла должно быть минимальным. Каждый последующий валик должен перекрывать предыдущий на 1/2—1/3 ширины. Желательно, чтобы ширина валика равнялась 2,5 диаметрам электрода. Припуск толщины шва на механическую обработку не должен превышать 2—3 мм.

Режимы ручной дуговой наплавки

Наименование показателей	Единица измерения	Толщина наплавляемого слоя мм		
		до 1.5	до 5	свыше 5
Диаметр электрода	мм	3	4—5	5—6
Количество слоев наплавки	—	1	1—2	2 и более
Сила сварочного тока	А	80—100	130—180	180—240

Обычно наплавку ведут дугой постоянного тока на обратной полярности ручными или механизированными способами.

Из механизированных способов наиболее широко применяют наплавку под слоем флюса, порошковой проволокой и в среде углекислого газа, а также вибродуговую наплавку.

При наплавке под флюсом тел вращения величину смещения электрода с зенита в сторону, противоположную направлению вращения детали, подбирают так, чтобы не было осыпания флюса и вытекания шлака из ванны. При наплавке деталей небольшого диаметра применяют флюсоудерживающие приспособления.

Вибродуговая наплавка тел вращения выполняется наплавочными головками от источников тока с жесткой характеристикой. В качестве наплавочной используют сварочную или пружинную проволоку I и II классов. Охлаждающая жидкость — водный раствор кальцинированной воды или глицерина. Биение наплавляемых осей и валов не должно превышать 0,2 мм.

УКАЗАНИЯ ПО СВАРКЕ ПРИ РЕМОНТЕ КОНСТРУКЦИЙ

Трещины в стенках котлов, сосудов, резервуаров предварительно подготавливают. Концы трещин засверливают на всю глубину сверлом диаметром 4—6 мм и делают скос кромок. Сварку выполняют от краев трещины к середине. Если сталь склонна к закалке, края трещины подогревают газовым пламенем, а боковые стороны охлаждают. Для заварки заплаты поврежденное место вырезают, придавая форму круга или овала. По кромке выреза снимают фаски. Заплату подгоняют в стык с неравномерным зазором. Сварку начинают со стороны бо́льшего зазора. Иногда заплате придают выпуклую форму для компенсации усадки. При толщине стенки 8—10 мм заплату ставят внахлестку с таким расчетом, чтобы перекрытие было не менее пятикратной толщины листа. Сварку заплаты производят с двух сторон.

На практике встречаются случаи, когда в конструкциях, уже находящихся под нагрузкой, приходится усиливать сварные швы. Однако стыковые швы усилению не подлежат. Усиление возможно на угловых швах за счет увеличения длины сварного шва. Это наиболее простой способ усиления, осуществляемый только за счет наложения лобовых швов, если они отсутствуют в усиливаемых элементах. Чаще возникает необходимость в увеличении катета угловых швов, прикрепляющих элемент к фасонке. При сварке следует соблюдать следующие условия:

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

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

применять наиболее пластичные электроды (УОНИ 13/45, УОНИ 13/55 и т. п.);

не сваривать одновременно 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.

Усиление конструкций возможно только в том случае, если перед сваркой их разгрузили в соответствии с требованиями проекта производства работ.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

К дефектам сварных соединений по ГОСТ 19232—73 относится каждое отдельное несоответствие их характеристик требованиям, установленным нормативной документацией. Дефекты в сварных швах приводят к уменьшению прочности и снижению эксплуатационной надежности сварных конструкций.

Причины появления дефектов

Дефект	Причина появления
Подрезы, наплывы, прожоги, незаделанные кратеры, оставшиеся после сварки шлак и брызги	Чрезмерные сила тока и напряжение на дуге; большой диаметр электрода; неправильное движение электрода в процессе сварки; плохая сборка под сварку; низкая квалификация и небрежность сварщика
Газовые поры и свищи	Грязный и ржавый основной или присадочный металл; влажные электроды, флюс, порошковая проволока или газ; плохая газовая защита; сварка длинной дугой; большая скорость сварки и быстрое затвердевание наплавленного металла; частый отрыв пламени горелки; повышенное содержание углерода в наплавленном металле
Шлаковые включения: макроскопические (крупные шлаки) и микроскопические (пленки окислов по границам зерен)	Высокий удельный вес, тугоплавкость или повышенная вязкость шлаков; плохая зачистка поверхности кромок и отдельных слоев при многослойной сварке; затекание шлака в зазоры между свариваемыми кромками и в места подрезов; недостаточное раскисление металла шва; избыток кислорода в пламени горелки
Поверхностное окисление сварного соединения	Окислительное пламя; частый отрыв горелки, длительный нагрев сварочной ванны при температуре, превышающей температуру плавления металла; повышенный режим сварки; неудовлетворительная защита шва
Непровары: корня в соединениях угловых и со скосом кромок; в центре шва при двусторонней сварке металла без скоса кромок; в нижней части шва при односторонней сварке стыковых соединений; по кромкам разных типов соединений; между отдельными слоями в многослойных швах	Плохая очистка кромок; большая скорость сварки; неправильная подготовка кромок под сварку (малый угол скоса кромок и зазор, большое притупление, перекос или смещение кромок и т. д.); малые поперечные колебания при газовой сварке; недостаточная тепловая мощность дуги или пламени; неправильный угол наклона электрода или горелки; направление дуги (пламени) на одну из кромок; неправильная установка электрода при механизированной сварке; магнитное дутье при сварке на постоянном токе; чрезмерно большой диаметр электрода для данных размеров и формы подготовки кромок; неправильный выбор полярности; наличие непроваренных (или неудаленных) дефектных прихваток
Трещины макро-и микроскопические: в шве и в зоне термического влияния; продольные, поперечные и разветвленные; холодные и горячие; трещины в кратере	Неправильная последовательность наложения швов; повышенное количество наплавленного металла в жестких закреплениях; нерациональная конструкция с большим количеством швов, особенно пересекающихся; повышенная скорость охлаждения закаливающихся сталей и чугуна; неправильный выбор сварочных материалов; повышенное содержание серы, фосфора и углерода в металле; наличие непроваров, кратеров и других дефектов в швах; сварка без предварительного и сопутствующего подогрева

Методы контроля качества сварных швов

Внешний осмотр (ГОСТ 3242—79). Служит для определения наружных дефектов в сварных швах. Производится невооруженным глазом или с помощью лупы 10-кратного увеличения. Перед осмотром сварной шов и прилегающую к нему поверхность металла шириной 20 + 20 мм очищают от шлака, брызг и загрязнений, стыки паропроводов из аустенитных сталей проходят механическую и химическую обработку. Размеры сварного шва и дефектных участков определяют измерительным инструментом и специальными шаблонами. Границы трещин выявляют путем засверливания, подрубки металла зубилом, шлифовки дефектного участка и последующего травления. При нагреве металла до вишнево-красного цвета трещины обнаруживаются в виде темных зигзагообразных линий. В случаях, когда необходима термическая обработка сварных стыков, внешний осмотр и измерения следует производить до и после термообработки.

Просвечивание сварных соединений (ГОСТ 3242—79, ГОСТ 7512—75 и ГОСТ 23055—78). Основано на способности рентгеновских или гамма-лучей проникать через толщу металла, действуя на чувствительную фотопленку, фотобумагу, или селеновую пластину, приложенную к шву с обратной стороны. В местах, где имеются поры, шлаковые включения или непровар, на пленке (пластине) образуются более темные пятна. Рентгенопросвечиванием выявляют дефекты в металле толщиной до 60 мм размером 0,5—3% толщины металла, гамма-просвечиванием — в металле толщиной до 100 мм размером 2—5%. Просвечивание не позволяет выявлять трещины, если они расположены под углом не более 5° к направлению центрального луча, а также непровары в виде слипания свариваемых металлов без газовой или шлаковой прослойки. При обнаружении в шве недопустимых дефектов просвечивают удвоенное количество швов (стыков). Если вновь обнаруживают дефекты, то просвечивают все швы, заваренные данным сварщиком. Выявленные дефекты удаляют, швы переваривают и вновь просвечивают. При оценке качества швов рекомендуется иметь эталонные снимки для толщин 8—12, 14—20, 30—50 и 60—100 мм с характерными дефектами. Альбомы эталонных снимков утверждаются инспекцией Госгортехнадзора и администрацией и являются неотъемлемой частью технических условий на приемку изделий.

Магнитографический контроль (ГОСТ 3242—79). Основан на обнаружении полей рассеивания, образующихся в местах дефектов при намагничивании контролируемых изделий. Поля рассеивания фиксируются на эластичной магнитной ленте, плотно прижатой к поверхности шва. Запись производят на дефектоскопе или считывают. Выявляют поверхностные и подповерхностные макротрещины, непровары, поры и шлаковые включения глубиной 2—7% на металле толщиной 4—12 мм. Менее четко обнаруживаются поры округлой формы, широкие непровары (2,5—3 мм), поперечные трещины, направление которых совпадает с направлением магнитного потока. В ряде случаев результаты магнитного контроля проверяют просвечиванием. Производительность метода 5—6 м/мин.

Ультразвуковой метод (ГОСТ 3242—79, ГОСТ 22368—77). Основан на различном отражении направленного пучка высокочастотных звуковых колебаний (0,8—2,5 Мгц) от металла (сварного шва) и имеющихся в нем дефектов в виде несплошностей. Применяют для контроля сварных швов сталей и цветных металлов. Для получения ультразвуковых волн используют пьезоэлектрические пластинки из кварца или титаната бария, которые вставляют в держатели-щупы. Отраженные колебания улавливают искателем, преобразуют в электрические импульсы, подают на усилитель и воспроизводят индикатором. Для обеспечения акустического контакта поверхность изделия в месте контроля обильно покрывают маслом (автол марок 6, 8, 18; компрессорное масло и т. д.). Предельная чувствительность при толщине металла до 10 мм 0,2—2,5 мм², свыше 10 до 50 мм 2—7 мм², свыше 50 до 150 мм 3,5—15 мм².

Вскрытие шва (ГОСТ 3242—79). Применяют для определения дефектов в сомнительных местах, после проведения контроля другими методами, а также для контроля угловых швов. Вскрытие производят вырубкой, сверлением, термической строжкой, а также вырезкой участка сварного соединения. При засверливании в сварном шве высверливают воронкообразное углубление диаметром

на 2—3 мм больше ширины шва. Поверхность воронки шлифуют и протравливают 15%-ным раствором азотной кислоты. При этом отчетливо выделяются границы шва.

Контроль плотности методом химических реакций (ГОСТ 3242—79). На наружный шов металла толщиной до 16 мм наносят 4%-ный раствор фенолфталеина или накладывают марлю, пропитанную 5%-ным раствором азотнокислого серебра. В изделие нагнетают воздух в смеси с аммиаком (его получают из баллона со сжиженным газом). В местах локальных течей фенолфталеин окрашивается в ярко-красный цвет, а азотнокислое серебро — в серебристо-черный. Перед испытанием требуется тщательная очистка шва от загрязнений и шлака.

Люминесцентная и цветная дефектоскопия (ГОСТ 3242—79). В полость дефекта вводят флюоресцирующий раствор или ярко-красную проникающую жидкость, которую затем удаляют с поверхности. Под действием ультрафиолетовых лучей происходит видимое свечение раствора, адсорбированного из полости дефекта. При цветной дефектоскопии дефекты выявляют белой проявляющейся краской (на белом фоне появляется красный рисунок, соответствующий форме дефекта). С помощью этих методов выявляют поверхностные дефекты, главным образом трещины в различных сварных соединениях, в том числе из немагнитных сталей, цветных металлов и сплавов. Для цветной дефектоскопии используют готовые комплекты (ДАК-2Ц).

Керосиновая проба (ГОСТ 3242—79). Служит для определения плотности сварных швов на металле толщиной до 10 мм. Керосиновой пробой обнаруживают дефекты размером 0,1 мм и выше. Доступную для осмотра сторону шва покрывают водной суспензией мела или каолина и подсушивают. Противоположную сторону смачивают 2—3 раза керосином. Проницаемость обнаруживают по жирным желтым пятнам на поверхности, покрытой мелом или каолином. Продолжительность испытания составляет не менее 4 ч при положительной температуре и не менее 8 — при температуре ниже 0° С. Если швы нагреть до 50—60° С, то процесс ускорится до 1,5—2 ч. Его также можно ускорить, добавляя в керосин краску «Судан-III» (2,5 г/л) и обдувая швы со стороны керосина сжатым воздухом или создавая вакуум.

Гидравлическое испытание (ГОСТ 3242—79, ГОСТ 3285—77). Налив воды применяют для испытания на прочность и плотность вертикальных резервуаров, газгольдеров и других сосудов с толщиной стенки не более 10 мм. Воду наливают на полную высоту сосуда и выдерживают не менее 2 ч. Поливу из шланга с брандспойтом (диаметр выходного отверстия 15—30 мм) под давлением не ниже 1 атм (0,1 МПа) подвергают сварные швы открытых сосудов. При испытании с дополнительным гидростатическим давлением последнее создают в наполненном водой и закрытом сосуде с помощью напорной трубки диаметром не менее 30 мм, а также гидравлическим насосом. Величину давления определяют по техническим условиям и правилам Котлонадзора. При проведении испытаний сварные швы обстукивают молотком массой 0,5—1,5 кг. Дефектные места определяют по наличию капель, струек воды и отпотеваний.

Пневматическое испытание (ГОСТ 3242—79, ГОСТ 3285—77). Метод основан на создании с одной стороны шва избыточного давления воздуха и промазывании другой стороны мыльной пеной, образующей пузыри под действием проникающего через неплотности сжатого воздуха. При создании в сосудах избыточного давления воздуха утечку определяют также по понижению давления на маиометре. Небольшие сосуды под давлением опускают в воду и следят за появлением пузырьков выходящего воздуха. Обдувают швы сжатым воздухом под давлением 4—5 атм (0,4—0,5 МПа) при расстоянии между наконечником шланга и швом не более 50 мм. Мыльный раствор: 100 г хозяйственного мыла на 1 л воды (зимой до 60% воды заменяют спиртом или применяют незамерзающие жидкости).

Вакуум-метод (ГОСТ 3242—79, ГОСТ 3285—77). Сущность метода заключается в создании вакуума и регистрации проникновения воздуха через дефекты на одной, доступной для испытания стороне шва. Применяют для испытания на плотность днищ вертикальных резервуаров и других конструкций. Выявляют сквозные неплотности размером 0,1 мм и более металла толщиной до 16 мм. В качестве пенного индикатора используют мыльный раствор (250 г хозяйственного мыла на 10 л воды), а в зимнее время — водный раствор хлористой соли (кальция или натрия) с концентрированным раствором экстракта лакричного корня (1 кг экстракта на 0,5 л воды).

Для создания вакуума используют плоские, кольцевые и сегментные камеры. Величина вакуума 500—600 мм вод. ст. (5000—6000 Па). Длительность испытания 20 с.

Технологическая проба (ГОСТ 3242—79). Служит для определения сплавления металла, характера излома соединений (по шву или по основному металлу), наличия непровара и других внутренних дефектов на образцах. Место разрушения осматривают невооруженным глазом или с помощью лупы 10-кратного увеличения. Применяют при аттестации сварщиков, испытании сварочных материалов и выбранной технологии.

Определение склонности швов к межкристаллитной коррозии (ГОСТ 6032—75). Служит для проверки склонности соединений, изготовленных из легированных ферритных, аустенитно-мартенситных, аустенитно-ферритных и аустенитных сталей (например, сталей типа 18-8), к межкристаллитной коррозии в зависимости от свойств применяемой стали и условий работы сосуда. Образцы, изготовленные из сварного соединения, в течение определенного времени находятся под воздействием специального раствора, после чего их промывают, просушивают и загибают под углом 90°. Наличие трещин указывает на то, что образец испытаний не выдержал.

Металлографическое исследование (ГОСТ 3242—79). Макроструктуру контролируют для установления глубины проплавления металла, ширины зоны термического влияния, наличия внутренних дефектов путем осмотра поверхности образца, вырезанного поперек сварного шва с помощью режущего или абразивного инструмента (огневая резка должна быть на расстоянии, при котором в исследуемом сечении не происходит структурных изменений). Контролируемую поверхность шлифуют и подвергают травлению специальными реактивами до четкого выявления структуры. Микроисследованием устанавливают точность соблюдения предписанной технологии сварки и термической обработки. Шлифы-темплеты перед испытанием полируют и протравливают 4%-ным раствором азотной кислоты в этиловом спирте.

Механические испытания (ГОСТ 6996—66*). Данное испытание позволяет определить прочность и пластичность сварных соединений. Образцы сваривают в тех же условиях, что и изделие, или вырезают из него. Испытания на разрыв и загиб (сплющивание для труб диаметром до 100 мм) являются обязательными, на ударную вязкость — только для назначенных изделий. Испытания проводят при проверке квалификации сварщиков, а также для определения пригодности сварочных материалов и выбранной технологии сварки.

Испытание на твердость (ГОСТ 22761—77). Его применяют для проверки качества термической обработки сварных соединений толстостенных трубопроводов из углеродистых (С) и хромомарганцовистых (ХГ) сталей, а также трубопроводов из легированных сталей перлитного и мартенситно-ферритного классов (ХМ и ХФ).

Твердость измеряют на двух участках по окружности стыка на трубах с наружным диаметром более 100 мм и на одном участке при наружном диаметре трубы до 100 мм. При автоматической сварке и общей термической обработке допускается производить измерение на одном участке независимо от наружного диаметра. Измеряют в пяти точках: по центру шва, на расстоянии 1—2 мм от границы сплавления в сторону основного металла и на расстоянии 10—20 мм от границы сплавления — на основном металле.

Испытанию подвергают 15% общего количества сваренных каждым сварщиком в течение месяца однотипных стыков на сталях групп С и ХГ, но не менее двух, и 100% стыков на сталях групп ХМ и ХФ.

По результатам измерения твердости качество сварки считается неудовлетворительным, если:

снижение твердости наплавленного металла превышает 25 *НВ* по сравнению с нижним значением твердости основного металла;

твердость наплавленного металла превышает 20 НВ по сравнению с верхним значением твердости основного металла;

разность в твердости основного металла и зоны термического влияния превышает 50 *НВ* на сталях групп *С* и *ХГ* и 75 *НВ* на сталях групп *ХМ* и *ХФ*.

При разности в твердости, превышающей допустимую, стыки повторно термически обрабатывают. При разности в твердости, превышающей допустимую на сталях групп С и ХГ, твердость замеряют на 100% стыков; в случае необходимости производят термическую обработку независимо от толщины стенки. При разности в твердости, превышающей допустимую после повторной термической обработки, делают стилоскопирование наплавленного металла всех одиотипных производственных стыков, сваренных данным сварщиком во время последней контрольной проверки. При несоответствии химического состава наплавленного металла заданному стыки бракуют окончательно.

В полевых условиях применяют переносные твердомеры типа ТПП-10, ТПК-1, ТШП-3, ТШП-4 и ТШП-0,75. Для приближенного определения твердости по Бринеллю (*НВ*) служат приборы с произвольной энергией удара, называемые твердомерами Польди-Хютте.

Динамическое нагружение стального шарового индентора осуществляют посредством удара по бойку (штоку) ручным молотком. При ударе индентор одновременно внедряется в эталон и изделие. Твердость находят путем сравнения отпечатков.

Контроль содержания ферритной фазы в швах (ГОСТ 11878—66*). Наплавленный металл на содержание ферритной фазы контролируют на изделиях из стали группы ХН переносными ферритометрами ФА-1 ФМ-10Н и альфа-фазометрами в объеме 100% на трубах, предназначенных для работы при температуре свыше 350° С и в коррозионных средах (при наличии требования в проекте). Измерения производят не менее чем в пяти точках на каждой из трех равнорасположенных по окружности стыка площадок размером не более 10 × 10 мм. На трубах с наружным диаметром не менее 50 мм замеры проводят на двух диаметрально-противоположных площадках. Шероховатость поверхности, подготовленной под замеры, должна быть не менее $R_z = 20$ по ГОСТ 2789—73 (СТ СЭВ 638—77).

Результаты измерений на содержание ферритной фазы считаются неудовлетворительными, если количество ее превышает 7% в деталях, предназначенных для работы при температуре свыше 350° С; 3% — в трубопроводах из хромоникельмолибденовых сталей, работающих в коррозионной среде, с толщиной стенки трубы до 5 мм и в корне на высоте не менее 5 мм — при большей толщине, а также 5% — на наружной поверхности швов деталей из тех же сталей с толщиной стенки трубы более 5 мм.

Стилоскопирование наплавленного металла. Стилоскопирование, или экспрессанализ химического состава наплавленного металла, проводят с целью установления соответствия марок использованных сварочных материалов требованиям технических условий и производственных инструкций на сварку. Стилоскопированию на выявление осиовных легирующих элементов подвергают наплавленный металл шва в случае, рассмотренном выше, и если соответствие использованных сварочных материалов назначением вызывает сомнение. Для этой цели служат переносные стилоскопы СЛП-2 и СЛП-4, стационарные СЛ-12 «Спектр».

При получении неудовлетворительных результатов выполняют стилоскопирование 100% однотипных стыков, сваренных данным сварщиком. При несоответствии (по результатам стилоскопирования) химического состава наплавленного металла требуемому проводят химический анализ лабораторными методами, результаты которого считаются окончательными.

Оборудование для неразрушающего контроля качества сварных соединений

Техническая характеристика дефектоскопов для просвечивания сварных швов в условиях монтажа

Тип	Источник излучения	Мощность экспозиционной дозы на расстоянии 1 м Р/С или напряжение, кВ (для рентгеноаппаратов)	Толщина просвечиваемой стали, мм	Масса, кг
Гамма-дефектоскопы:				
Гаммарид-20	Цезий-137	$5 \cdot 10^{-4}$	15—60	14
	Иридий-192	$5 \cdot 10^{-3}$	7—60	14
Гаммарид-21	Цезий-137	$1{,}2 \cdot 10^{-4}$	15—40	8
	Иридий-192	$1{,}5 \cdot 10^{-3}$	15—40	8
Гаммарид-23	Иридий-192	$5 \cdot 10^{-3}$	15—60	14
	Цезий-137	$5 \cdot 10^{-4}$	15—60	14
Гаммарид-25	Иридий-192	$1{,}5 \cdot 10^{-2}$	15—60	17
	Цезий-137	$5 \cdot 10^{-4}$	15—60	17
Рентгеновские аппараты непрерывного действия:				
РУП-120-5-1	Рентгеновские лучи	50—120	25	75
РАП-160-6П	То же	80—160	40	75
РУП-300-6Н	»	100—300	70	99
Суперлилипут-140 (MXR-150) («Медикор», ВНР)	»	50—140	40	68
Суперлилипут-200 (MXR-200)	»	70—200	70	88
Рентгеновские аппараты портативные импульсные:				
МИРА-1Д	»	120	10	7
МИРА-2Д	»	220	20	14
МИРА-3Д («НОРА»)	»	300	40	22 (19)
МИРА-4Д	»	500	60	81

Примечания: 1. Для рентгеноаппаратов приведены максимальная толщина просвечиваемой стали с флюоресцирующими усиливающими экранами (ВП-1, ВП-2 и др.) и амплитуда импульса напряжения на трубке импульсного аппарата. 2. Просвечивание ведут на рентгеновских пленках или с получением отпечатков на обычной бумаге (электрорентгенография), для чего используют аппараты «Эренг», «Арекс-2М» и т. п. Новым методом является получение отпечатков на фотобумаге (рентгенсфотография)

Характеристика основных источников гамма-излучения

Источник	Период полураспада	Толщина просвечиваемой стали, мм	Источник	Период полураспада	Толщина просвечиваемой стали, мм
Тулий-170	127 дней	1—20	Цезий-137	33 года	20—120
Селен-75	127 дней	5—30	Кобальт-60	5,4 года	50—200
Иридий-192	74 дня	5—80			

Примечание. Рекомендуются источники на базе изотопа Иридий-192: ГИД-И3 (12 Кн), ГИД-И4 (24 Кн), ГИД-И5 (40 Кн), ГИД-И6 (120 Кн). Последний может нести аппарат Гаммарид-25.

Переносные ультразвуковые дефектоскопы

Тип дефектоскопа	Тип головки	Рабочая частота, МГц	Минимальная глубина выявления дефектов, мм	Масса, кг	Характеристика
УДМ-1М, УДМ-3	Прямая искательная	5,0 2,5 1,8 0,6	8 10 12 50	14	Позволяют обнаруживать дефекты с эквивалентной площадью не менее 1 мм² на частоте 5 МГц, расположенные на глубине не более 100 мм. Отличаются схемами некоторых каскадов и типов электронно-лучевой трубки. Питание от сети переменного тока напряжением 36 и 220 В
	Призматическая	1,8; 2,5	2		
	Раздельно-совмещенная	1,8 1,5	2 0,5		
ДУК-13ИМ	С углом падения лучей, град:				Позволяет выявлять дефекты в стали с эквивалентной площадью 2—3 мм² на глубине до 100 мм. Его можно установить в горизонтальном положении на откидной ножке или укрепить ремнями на груди оператора. Дефектоскоп работает от сети переменного тока напряжением 220 и 36 В, а также от аккумуляторной батареи напряжением 12 В
	30 и 40	2,5	8		
	50	1,8	3	4	
	Прямая	2,5; 1,8	30		
ДУК-66П	То же	5,0	8	9,5 (со встроенными аккумуляторами)	По своим параметрам аналогичен прибору УДМ-1М, от которого отличается возможностью более точного сравнения амплитуд эхосигналов непосредственного отсчета координат отражающих поверхностей по шкале глубиномера
	»	2,5	10		
	»	1,8	12		
	»	0,6	50		
«Эхо»	»	2,5	10	7 (с источником тока)	Монтажное устройство с питанием от электросети и автономным. Минимальная площадь выявляемых дефектов 1—2 мм²

Передвижные лаборатории для неразрушающего контроля качества сварных соединений

Тип	Назначение	Количество
РМЛ-2В на шасси автомобиля ГАЗ-63	Контроль качества сварных соединений магистральных трубопроводов при температуре воздуха от + 35° до — 40° С	Оборудование для рентгеновского и гамма-просвечивания, магнитографического контроля сварных стыков трубопроводов диаметром 720—1420 мм
Лаборатория легкого типа на шасси автомобиля УАЗ-452	Комплексная дефектоскопия (радиографический и ультразвуковой контроль сварных соединений в условиях монтажа)	Аппараты Гаммарид-23 (25) МИРА-2Д, ДУК-66ПМ, передвижная электростанция, а также оборудование и принадлежности для обработки и расшифровки радиографических снимков, хранилище для гамма-дефектоскопа

Продолжение

Тип	Назначение	Количество
Лаборатория среднего типа на шасси автоприцепа	Комплексная дефектоскопия сварных соединений в условиях монтажа, бытовое помещение для радиографов площадью 7 м²	Аппараты Гаммарид-23 (25), МИРА-2Д (3Д), Суперлилипут-140, ДУК-66П, дозиметрическая аппаратура, принадлежности для обработки и расшифровки снимков
ЛКСС на шасси автомобиля УАЗ-452Д	Лаборатория для контроля сварных соединений на монтажных и специальных работах	Аппараты МИРА-2Д, ДУК-66П («Эхо»), ДУК-13ИМ, электроаппаратура для питания приборов в полевых условиях (127В), место для установки гамма-аппарата

Объем неразрушающего контроля сварных швов

Неразрушающий контроль выполняют специально подготовленные дефектоскописты. Объем контроля устанавливается нормативной документацией. Если объем менее 100%, проверяют не менее одного стыка трубопроводов, сваренного каждым сварщиком на данном объекте. На листовых конструкциях предпочтение отдают местам пересечения швов. Обязательно проверяют места примыкания стенок резервуаров к окрайкам днища.

Объем контроля, %, для различных сварных конструкций должен быть не менее:

Технологические трубопроводы категорий:	
I	5
II	3
III	2
IV	1
Газопроводы подземные диаметром 50 мм с рабочим давлением:	
низким до 0,005 МПа	5
средним:	
свыше 0,005 до 0,3 МПа	10
свыше 0,3 до 0,6 МПа	50
высоким свыше 0,6 до 1,2 МПа	100
Газопроводы высокого давления, наружные, надземные, а также внутренних помещений и ГРП	2
Магистральные трубопроводы категорий:	
I, II и III	100
IV	10
стыки косые, захлестов и катушек, свариваемой аппаратуры (независимо от категории)	100
Сосуды:	
для обработки, хранения и транспортирования взрывоопасных продуктов и сильнодействующих ядовитых веществ	100

Продолжение

для работы под давлением:	
свыше 5 МПа при температуре свыше 200° С и ниже — 70°С	100
до 5 МПа при температуре — 70 до + 200° С	50
до 1,6 МПа при температуре стенки от — 40° до + 200° С	25
Гидротехнические сооружения:	
соединения I категории	100
соединения II категории	50
Вертикальные резервуары, сооружаемые из рулонных заготовок:	
пересечения швов I и II пояса	100
то же II, III и IV поясов	50
Вертикальные монтажные швы стенок резервуаров вместимостью от 2000 до 20 000 м³	100
Вертикальные резервуары, сооружаемые полистовым методом:	
вертикальные стыковые соединения I — IV поясов	100
V — VI поясов	50
стыковые соединения окраек днища	100
Трубопроводы тепловых сетей диаметром до 450 мм включительно с параметрами:	
пар с температурой до 250° С и избыточным давлением до 1,6 МПа, вода с температурой до 115° С и давлением до 1,6 МПа	3 *
пар с температурой до 440° С и давлением до 2,5 МПа	5 **
Трубопроводы тепловых сетей диаметром, мм:	
свыше 450 до 900 мм	10 **
900 и более	15 **
Трубопроводы водоснабжения и канализации с давлением:	
до 1 МПа	2 *
1—2 МПа	5 *
более 2 МПа	10 **
Трубопроводы, прокладываемые под дорогами с городскими проездами, надводные, надземные на переходах через дороги, прокладываемые в городских коллекторах и технических коридорах	100

Примечание. Одной звездочкой отмечено, что количество стыков должно быть не менее двух, свариваемых каждым сварщиком; двумя звездочками — не менее трех.

Надземные газопроводы низкого и среднего (до 0,3 МПа) давления, газопроводы с таким же давлением внутри помещения, а также газопроводы внутри жилых зданий, кроме трубопроводов диаметром 76 мм и более, проложенных в технических подпольях и подвалах, проверке физическими методами не подлежат. Просвечиванию подвергают стыки трубопроводов диаметром условного прохода 25 мм и более с толщиной стенки до 15 мм. Стыки толстостенных (16 мм и более) трубопроводов рекомендуется контролировать в два приема: просветить заваренный корень шва, а затем, после заполнения, проверить шов ультразвуковым методом. Стыки труб из высоколегированных сталей контролируют в комбинации с послойной цветной дефектоскопией. Соединения гидротехнических сооружений III категории подвергают физическому контролю только на участках, где на основании наружного осмотра предполагается наличие внутренних дефектов. Магистральные трубопроводы I категории могут быть только просвечены.

Если в результате выборочного контроля в швах металлоконструкций 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. При неудовлетворительных результатах выборочного контроля качества трубопроводов производят проверку удвоенного количества стыков. Если при повторной проверке будет обнаружен хотя бы один стык неудовлетворительного качества, следует проверить все стыки, выполненные сварщиком на объекте, а сварщика отстранить от работы и провести с ним дополнительное обучение до получения положительных результатов на пробных стыках (продолжительность практики не менее 10 дней). Если подземный трубопровод испытывают, принимают и засыпают участками, оформляя соответствующую документацию, то удвоенное количество стыков проверяют только на не принятых к моменту обнаружения брака участках.

В соединениях трубопроводов разрешается исправление дефектов только в том случае, если они выполнены дуговой сваркой, и при условии, если:

длина трещин менее 20 мм ($D_н \leqslant 159$ мм) и менее 50 мм ($D_н > 159$ мм);

общая протяженность участка с недопустимыми дефектами не превышает $^1/_4$ длины окружности стыка;

глубина залегания дефектов не превышает 50% толщины стенки.

Устранение дефектов подчеканкой запрещается. Одно и то же место можно исправлять не более двух раз. В остальных случаях, в том числе при использовании газовой сварки, дефектный стык удаляют и на его место вваривают «катушку».

Количество контролируемых стыков, %, на трубопроводах высокого давления (ОСТ 26-1434-76)

Характеристика стыка	Параметры рабочей среды					
	Температура, °С			Давление, МПа (кгс/см²)		
	от — 50 до + 200	201—400	401—510	До 32 (до 320)	32—70 (320—700)	70—100 (700—1000)
Поворотный	25	50	100	25	50	100
Неповоротный	100	100	100	100	100	100

Примечание. Независимо от норм выполняют 100%-ный контроль швов трубопроводов из углеродистых и высоколегированных сталей, предназначенных для работы при давлении более 20 МПа, с $D_y = 70$ мм и более при толщине стенки 16 мм и выше.

Объем неразрушающего контроля трубопроводов пара и горячей воды устанавливается правилами Госгортехнадзора СССР. В соответствии с ними ультразвуковому контролю или просвечиванию из стали перлитного и мартенситно-ферритного классов подлежат:

а) все продольные сварные соединения трубопроводов, их деталей и элементов всех категорий — по всей длине соединения;

б) все поперечные сварные стыковые соединения трубопроводов I категории с наружным диаметром 200 мм и более при толщине стенки менее 15 мм — по всей длине соединения;

в) выполненные электродуговой и газовой сваркой поперечные стыковые соединения трубопроводов 1-й категории с наружным диаметром менее 200 мм при толщине стенки менее 15 мм, а также трубопроводов 2-й категории с наружным диаметром 200 мм и более при толщине стенки менее 15 мм в объеме не менее 20% (но не менее 5 стыков) от общего количества однотипных стыков трубопровода, выполненных каждым сварщиком,— по всей длине соединения;

г) выполненные электродуговой и газовой сваркой поперечные стыковые сварные соединения трубопроводов 2-й категории с наружным диаметром менее 200 мм при толщине стенки менее 15 мм в объеме не менее 10% (но не менее

четырех стыков) от общего колнчества однотипных стыков трубопровода, выполненных каждым сварщиком,— по всей длине соединения;

д) выполненные электродуговой и газовой сваркой поперечные сварные стыковые соединения трубопроводов 3-й категории в объеме ие менее 5% (но не менее трех стыков) от общего колнчества однотнпных стыков трубопровода, выполненных каждым сварщиком,— по всей длине соединения;

е) выполненные электродуговой и газовой сваркой поперечные стыковые соединения трубопроводов 4-й категории в объеме ие менее 3% (но не менее двух стыков) от общего количества однотипных стыков трубопровода, выполненных каждым сварщиком,— по всей длине соединения;

ж) все угловые и тавровые соединения деталей и элементов трубопроводов с наружным диаметром привариваемых штуцеров (труб, патрубков) 133 мм и более при толщине их стенки 15 мм и более — по всей длине соединения;

з) угловые и тавровые свариые соединения деталей и элементов трубопроводов с наружным диаметром привариваемых штуцеров (труб, патрубков) менее 133 мм, а также 133 мм и более при толщине стенки менее 15 мм, поперечные стыковые сварные соединения литых элементов труб с литыми деталями, а также другие сварные соединения в объеме, установленном техническими условиями и производственной инструкцией по сварке.

Установленные в пп. «д» и «е» требования по объему коитроля распространяются на сварные соединения трубопроводов 3-й и 4-й категорий с наружным диаметром не более 465 мм. Для сварных соединений трубопроводов большего диаметра объемы контроля устанавливают специальными техническими условиями.

На изделиях из стали аустенитного класса, а также в местах сопряжения элементов из стали аустенитного класса с элементами из стали перлитного или мартенситно-ферритного классов обязательному просвечиванию подлежат:

все стыковые соединения трубопроводов, за исключением выполненных стыковой контактной сваркой,— по всей длине соединения;

то же, литых элементов, а также труб с литыми деталями — по всей длине соединения;

все угловые и тавровые соединения деталей и элементов трубопроводов с наружным диаметром привариваемых штуцеров (труб, патрубков) 108 мм и более (независимо от толщины стенки) — по всей длине соединения.

При выявлении недопустимых дефектов в сварных соединениях, подвергаемых ультразвуковой дефектоскопии или просвечиванию в объеме менее 100%, обязательному контролю тем же методом на трубопроводах 1-й и 2-й категорий подлежат все однотипные соединения, выполненные данным сварщиком (по всей длине соединения), за исключением недоступных для коитроля участков на отдельных стыках, а на трубопроводах 3-й и 4-й категорий дополнительно контролируют сварные соединения в утроенном объеме по сравнению с установленными нормами. В случае выявления при дополнительном контроле недопустимых дефектов в сварных соединениях должны быть проконтролированы все стыки, выполненные данным сварщиком.

Оценка качества

В сварных швах не допускаются:

трещины любых размеров и направлений;

свищи, подрезы глубиной более 0,5 мм иа металле толщиной до 10 мм и более 1 мм на металле толщиной свыше 10 мм и общей длине более 20% длины шва, незаплавленные кратеры, прожоги;

иепровары по кромкам, по сечению шва, в вершине шва в соединениях, доступных для сварки с двух сторон или иа подкладке. В соединениях металлических конструкций допускается в этом случае непровар глубиной 5% толщины металла, но не более 2 мм, длиной до 50 мм при расстоянии между непроварами более 250 мм и общей длины участков ие более 200 мм иа 1 м шва. В коиструкциях из высокопрочных сталей непровары ие допускаются;

непровары в вершине шва в соединениях, доступных для сварки только с одной стороны, если их глубина превышает 15% толщины металла, или 3 мм в металле толщиной свыше 20 мм, а длина — 200 мм на 1 м шва;

непровары в трубопроводах высокого давления;

скопления газовых пор более пяти на 1 см² при общей пористости более 5 см² на длине шва 0,5 м;

шлаковые включения при суммарной длине цепочки более 200 м на 1 м шва;

суммарная величина иепровара, пор и шлаковых включений в одном сечении, если доступ к шву только с одной стороны, более 15% толщины металла или более 3 мм в металле толщиной более 20 мм. В соединениях технологических трубопроводов и во всех случаях газовой сварки недопустимы названные дефекты при их глубине более 10% толщины металла, или 2 мм (для сталей толщиной более 20 мм);

поверхностное окисление соединений из титана.

Качество сварных соединений оценивают по каждому снимку в отдельности. На снимке должны быть видны: изображение эталона чувствительности (дефектометра) с четко выраженным затемнением части канавок (проволок, отверстий в пластинах), соответствующим чувствительности 2—7,5%; отпечаток клейма. Не должно быть пятен, иатеков и поврежденнй пленки.

Условные обозначения дефектов при расшифровке радиограмм (ГОСТ 23005—78)

Вид дефекта	Условное обозначение по алфавиту		Характер дефекта	Условное обозначение по алфавиту	
	русскому	латинскому		русскому	латинскому
Трещина	Т	*E*	Вдоль шва	Тв	*Ea*
			Поперек шва	Тп	*Eb*
			Трещина разветвленная	Тр	*Ec*
Непровар	Н	*D*	В корне	Нк	*Da*
			Между валиками	Нв	*Db*
			По разделке	Нр	*Dc*
Пора	П	*A*	Отдельная пора	П	*Aa*
			Цепочка	ЦП	*Ab*
			Скопление	СП	*Ac*
Шлаковое включение	Ш	*B*	Отдельное включение	Ш	*Ba*
			Цепочка	ЦШ	*Bb*
			Скопление	СШ	*Bc*
Вольфрамовое включение	В	*C*	Отдельное включение	В	*Ca*
			Цепочка	ЦВ	*Cb*
			Скопление	СВ	*Cc*
Окисное включение	О	—	—	—	

Для сокращения записи максимальной суммарной величины дефектов на худшем участке радиограммы длиной 100 мм или на всей радиограмме при ее длине менее 100 мм должно использоваться условное обозиачение Σ.

Примеры условной записи дефектов при расшифровке радиограммы и документальном оформлении результатов радиографического контроля:

1. На радиограмме обнаружены изображения пяти пор с диаметром 3 мм каждая, цепочки пор с длиной 30 мм и максимальными длиной и шириной пор соответственно 5 и 3 мм, а также шлакового включения шириной 2 и длиной 15 мм.

Максимальная суммарная длина дефектов на участке радиограммы длиной 100 мм составляет 20 мм.

Запись в документации: 5П3; Ц30П3 × 5; Ш2 × 15; Σ20.

2. На радиограмме обнаружены изображения двух скоплений пор длиной 10 мм каждое и максимальный диаметр пор 0,5 мм, а также скопление шлаковых включенй длиной 8 мм и максимальной шириной и длиной включенй соответственно 1 и 2 мм.

Максимальная суммарная длина дефектов на участке радиограммы длиной 100 мм составляет 18 мм.

Запись в документации: 2С10П0,5; 8СШ1 × 2; Σ18.

3. На радиограмме обнаружены изображения двух непроваров длиной 15 мм каждый и трещины длиной 40 мм.

Запись в документации: 2Н15; Т40.

4. На радиограмме обнаружены изображения пяти пор диаметром 4 мм каждая и непровара длиной 20 мм.

Максимальная суммарная длина пор на участке радиограммы длиной 100 мм составляет 12 мм.

Запись в документации: 5П4; Н20; Σ12.

ГОСТ 23055—78 установил семь классов сварных соединений по результатам радиографического контроля с максимальным допустимым размером дефектов, выявляемых при радиографическом контроле. Например, в классах 1—3 непровары, цепочки и скопления пор в классах 1—2 не допускаются. С увеличением номера класса возрастают допускаемые размеры дефектов.

ОРГАНИЗАЦИЯ СВАРОЧНЫХ РАБОТ

Организация сварочных работ в строительстве должна предусматривать: технологическую подготовку; обеспечение квалифицированного руководства; материально-техническое обеспечение; подготовку и аттестацию сварщиков; рациональное использование и распределение труда квалифицированных сварщиков, сварочного оборудования.

Сварочные работы должны выполняться в соответствии с проектами производства работ (ППР), технологическими картами или картами трудовых процессов. Основные составляющие раздела сварки ППР: расчет объема сварочных работ в натуральном и нормативном (трудовом) исчислении, ведомости трудовых и материальных ресурсов, схемы энергоснабжения, технологические указания по сварке, термообработке и контролю качества сварных соединений, выбор форм организации и кооперации труда, требования техники безопасности и охраны труда. При необходимости составляется график производства работ. Проект должен предусматривать максимально возможную степень изготовления и укрупнения конструкций на заводах или базах, где осуществляется комплексная механизация сборочно-сварочных процессов. Технико-экономическое и оперативное планирование сварочных работ, оплата труда сварщиков предусматриваются на основе объемов сварки, установленных ППР. Техническое руководство сварочными работами на предприятиях и в организациях осуществляют: главный сварщик (там, где в год изготавливают 20 тыс. т и более сварных конструкций или имеется в списочном составе 200 и более сварщиков), инженеры, прорабы и мастера по сварке. В подрядной организации за каждым специалистом по сварке закрепляют определенный комплекс работ и 10—20 сварщиков (должности ИТР вводят за счет линейного персонала). Руководитель сварочных работ обязан:

организовывать выполнение работ в соответствии с ППР и другой нормативно-инструктивной документацией;

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

обеспечивать эффективное использование имеющейся и внедрение новой сварочной техники, правильное хранение и экономное расходование сварочных материалов;

вести учет выполненных работ, выписывать и выдавать рабочим наряды на сварку;

организовывать входной, операционный и приемочный контроль качества сварных соединений в соответствии с ГОСТ и ТУ (см. схемы на с. 196, 197);

принимать участие в составлении исполнительной документации на сварные соединения, в сдаче заказчику и органам надзора отдельных сооружений или комплексов;

участвовать в периодической аттестации сварщиков и газорезчиков;

участвовать в составлении заявок на сварочные материалы и оборудование, отчетов по сварке.

Старший специалист по сварке непосредственно подчиняется главному инженеру управления (участка), а в техническом отношении — также главному сварщику треста.

Численность сварщиков в монтажном производстве в основном предопределяется принятыми формами организации труда:

высококвалифицированные сварщики-одиночки входят в состав монтажных участков и выполняют сварку по мере подготовки им фронта работ монтажными бригадами. Начальник участка (прораб) определяет их рабочие места и выдает задания, он же принимает законченную работу. Каждый сварщик имеет индивидуальный наряд на выполнение работ. Это наиболее распространенная форма организации труда при производстве монтажных работ на объектах со сравнительно небольшими объемами или при недостаточном фронте ответственных сварочных работ;

высококвалифицированные сварщики объединены в сварочные бригады, подчиненные мастеру (прорабу) по сварке, который принимает собранные под сварку конструкции, обеспечивает сварщиков рабочими местами и принимает законченные сварочные работы. Работу оплачивают по бригадному наряду. Указанная форма организации труда целесообразна при выполнении большого сосредоточенного объема ответственных сварочных работ (крупногабаритные листовые конструкции, сложные конструкции из сборного железобетона, крупнотоннажные установки и др.);

высококвалифицированные сварщики включены в состав комплексных монтажных бригад и работают по бригадному наряду. Такой вариант оправдывает себя главным образом на монтаже ответственных линейных сооружений, в частности трубопроводов. В этом случае необходимо принимать за основу при расчете состава комплексных бригад время сварки стыков с тем, чтобы не допускать выполнения сварщиками работ, связанных с физическими нагрузками, так как иначе не может быть гарантировано качество сварки;

в состав монтажных бригад включены сварщики сравнительно низкой (не выше IV разряда) квалификации, выполняющие прихватку и сварку (как вариант — некоторые слесари-монтажники в бригаде имеют специальность сварщика). Работы ведутся по бригадному наряду. Это наиболее распространенная форма организации труда при монтаже неответственных конструкций;

высококвалифицированные сварщики монтажного управления объединены в составе специализированного сварочного участка, выполняющего сварочные работы на всех объектах данного управления. Руководят сварочными работами инженерно-технические работники, имеющие специальное образование. Сварочный участок ведет работы по принципу внутреннего субподряда у монтажных участков. Планирование объемов работ и взаиморасчеты сварочного участка с монтажными осуществляют по единичным расценкам в соответствии с «Указаниями по производству расчетов за сварочные работы, выполняемые сварочными участками» (МСН 155-67/ММСС СССР) или разработками института УкрПТКИМонтажспецстрой. Сварочные участки организуют при больших объемах ответственных сварочных работ на отдельных объектах (например, сооружение комплекса доменной печи) и в монтажных управлениях;

специализированный сварочный участок является ответственным исполнителем сборочных и сварочных работ на объекте; в состав сварочного участка включают монтажные бригады или монтажный участок выступает как внутренний субподрядчик у сварочного, находясь у него в оперативном подчинении. Эта форма организации производства может быть рекомендована на монтаже ответственных объектов с особыми требованиями, предъявляемыми к качеству сварных соединений (например, комплекс трубопроводов высокого давления химических крупнотоннажных производств аммиака).

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

Элементы, подлежащие контролю	Техническая документация	Квалификация сварщиков	Сварочные материалы	Сварочное оборудование и сборочно-сварочные приспособления
Состав контроля	Проверка содержания технологического проекта и проекта производства работ (раздела сварки), технологичности сварных узлов, сертификатов на основные 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 аттестации сварщиков». Проведение дополнительной подготовки для выполнения данной работы. Организация сварки и испытания пробных образцов	Проверка сертификатов, соответствия материалов техническим условиям, актов испытания технологических свойств, условий хранения, технологических свойств материалов по браковочным признакам	Комплектность и исправность оборудования, наличие контрольно-измерительной аппаратуры
Способ контроля	Изучение проекта	Проверка удостоверений сварщиков, дополнительные испытания	Осмотр, механические испытания	Осмотр, проверка формуляров, журнала учета и состояния оборудования
Время контроля	До начала сборочно-сварочных работ			
Кто привлекается к контролю	Производственно-технический отдел	Сварочная лаборатория		Отдел главного механика (энергетика)

Схема операционного и приемочного контроля качества сборки и сварки (контролирует руководитель сварочных работ — прораб, мастер по сварке)

Контроль	Операционный			Приемочный	
Операции, подлежащие контролю	Подготовка конструкций под сварку	Сборка конструкций под сварку	Технология сварки	Сварные соединения	Оформление исполнительной документации
Состав контроля	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	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 околошовной зоне, непроваров, пор, незаваренных прожогов, кратеров, подреза 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
Способ контроля	Внешний осмотр и измерения		Внешний осмотр, измерения и механические испытания	Внешний осмотр, физический (просвечивание швов и т. д.) и химический контроль	Проверка технической документации
Время контроля	До начала сварки		Во время сварки	Во время и после сварки	После сварки
Кто привлекается к контролю	Мастер или прораб монтажного участка		Мастер или прораб сварочного участка	Сварочная лаборатория	

Выбор той или иной формы организации труда и управления сварочными работами зависит от конкретных объема и условий производства, а также характера сварочных работ. Однако во всех случаях необходимо обеспечить наибольшую загрузку сварщиков в соответствии с трудовой функцией (специализацию труда), создавая межоперационные заделы.

Опыт передовых монтажных организаций показал, что существенное повышение производительности труда сварщиков в строительстве возможно только при раздельном выполнении сборочных и сварочных операций, создании межоперационных заделов и расширении зоны обслуживания монтажных работ каждым сварщиком, т. е. при сосредоточении сварщиков в мобильных специализированных подразделениях.

При этом увеличивается и стабилизируется занятость квалифицированных сварщиков работой по специальности, сокращаются технологические перерывы и потери рабочего времени, высвобождается время для выполнения сложных работ, возрастают взаимная требовательность слесарей и сварщиков, качество подготовки конструкций под сварку и сварных швов, шире внедряются прогрессивные способы сварки, оборудование и приспособления, аккордная оплата труда. Прогрессивные показатели производительности труда при выполнении сварочных работ см. в приложении 1. Расчеты и производственный опыт свидетельствуют, что в сложных условиях монтажа можно загрузить работой по специальности в среднем до 60—70% дипломированных сварщиков 4—6 разряда. Поэтому потребную численность рабочих этой категории в строительстве рекомендуется определять по формуле

$$Ч = \frac{1{,}3 \cdot Т \cdot 10^6}{Ф_э k_н k_{пр}},$$

где Т — нормативные трудозатраты на сварочные работы, приведенные к ручной электродуговой сварке, млн. нормо-ч; $Ф_э$ — эффективный фонд рабочего времени или срок выполнения работы, ч; $k_н$ — коэффициент переработки норм; $k_{пр}$ — коэффициент приведения нормативных трудозатрат на сварочные работы к ручной сварке.

Рекомендуемые значения коэффициента приведения к ручной сварке $k_{пр}$ для различных способов следующие:

Способ сварки	$k_{пр}$
Механизированная под флюсом	3
Частично механизированная под флюсом	1,5
Частично механизированная в углекислом газе	2
Частично механизированная порошковой проволокой открытой дугой	2
Электрошлаковая	4
Ручная дуговая	1
Контактная	3,5

Приведенные затраты труда на газовую сварку должны определяться по трудоемкости ручной электродуговой сварки.

Важным фактором обеспечения роста производительности труда на сварочных работах является проведение систематического контроля за использованием дипломированных сварщиков в соответствии с их специальностью и квалификацией.

Уровень специализации труда можно контролировать с помощью коэффициента качества рабочего времени $k_з$ — отношения нормированного времени, затраченного на выполнение работ, свойственных специальности и квалификации исполнителя, или фактической выработки t_1, к расчетным нормативным затратам на выполнение этих работ (расчетной выработке) t

$$k_з = \frac{t_1}{t} \leqslant 1.$$

Анализ статистической отчетности показал, что $k_з$ в настоящее время в среднем не превышает 0,4—0,5, но вполне реален $k_з = 0{,}75 \div 0{,}8$.

Институт ВНИКТИстальконструкция Минмонтажспецстроя СССР разработал автоматизированную систему контроля за работой сварочных постов, которая в значительной степени решает проблему увеличения эффективности использования рабочего времени и оборудования.

Система предназначена для оперативного управления сборочно-сварочными участками и обеспечивает контроль за ходом выполнения сменных заданий, поставкой на рабочие места конструкций и сварочных материалов, работой оборудования и передачей запросов с рабочих мест о вызове крана, контролера. Система фиксирует время работы оборудования (время горения дуги), собирает и накопляет информацию о выполняемой работе.

Система состоит из диспетчерского пульта, устройства для вызова крана, устройства для вызова контролера или мастера ОТК и проекционной установки.

Техническая характеристика системы контроля работы сварочных постов

Номинальное напряжение питающей сети, В	220
Номинальное напряжение цепей управления, В	36
Количество обслуживаемых сварочных постов, шт.	24
Габаритные размеры пульта, мм	1190×900×1400
Масса пульта, кг	
Экономическая эффективность на один пульт, тыс. руб.	36

Время горения дуги на отдельных сварочных постах можно фиксировать с помощью простейшего счетчика, включенного в цепь источника сварочного тока. При зажигании дуги ток в цепи возрастает, реле тока замыкает свои блок-контакты в цепи микроэлектродвигателя, вращающего вал счетчика, а счетчик отсчитывает машинное время.

Необходимое количество сварочного оборудования определяют с учетом сменности, объема и характера выполняемых работ, сроков монтажа и количества рабочих, а также 10—15% дополнительных единиц в виде запаса на ремонт, транспортировку и т. д.

Общая требуемая мощность электропитания постов сварки и термической обработки P определяется как сумма полных мощностей источников тока, используемых при производстве монтажных работ. Полная мощность каждой из групп потребителей, кВ·А

$$P_t = \frac{P_у k_с}{\cos \varphi},$$

где $P_у$ — суммарная активная мощность потребителей данной группы, кВт; $k_с$ — коэффициент спроса, зависящий от загрузки оборудования, одновременности работы постов.

Коэффициенты спроса и мощности

Потребители	Коэффициент спроса $k_с$	Средневзвешенный коэффициент мощности cos φ
Однопостовой сварочный трансформатор	0,35	0,35
Однопостовой сварочный преобразователь или выпрямитель	0,35	0,60
Многопостовой выпрямитель или преобразователь	0,7—0,9	0,65
Трансформатор серии ТСД (ТДФ) для термообработки или автоматической сварки под флюсом	0,60	0,55
Электролебедка, кран	0,15—0,20	0,5
Освещение, электропечь	0,8	1,0

Потребность в баллонах каждого типа

$$Б = k_1 k_2 k_3 k_4 Ч,$$

где Ч — число рабочих, использующих баллоны; k_1 — коэффициент, определяющий число баллонов, необходимых для одного поста в смену ($k_1 = 1$ для горючих и защитных газов; $k_1 = 2$ для кислорода); k_2 — коэффициент запаса баллонов на их транспортировку и перезарядку ($k_2 = 2$); k_3 — коэффициент, учитывающий запас баллонов на их ремонт ($k_3 = 1{,}1$); k_4 — коэффициент, учитывающий условия обеспечения газом рабочих постов; при индивидуальном снабжении $k_4 = 1$; при централизованном (от рампы) $k_4 = 0{,}7$. Необходимое количество газоинструмента и шлангов определяется числом занятых рабочих с учетом запаса на износ и ремонт.

Потребность в горелках, резаках, редукторах Г определяется по соотношению

$$Г = KЧ,$$

где K — коэффициент, учитывающий запас на ремонт газоинструмента; Ч — списочный состав сварщиков и резчиков.

Потребность в шлангах определенного назначения $Ш = K_1 K_2 l Ч$, м, где $K_1 = 1{,}15 \div 1{,}2$ — коэффициент, учитывающий запас на ремонт; K_2 — коэффициент, определяющий стойкость шлангов; для кислородных и дюритовых шлангов $K_2 = 1$, для ацетиленовых $K_2 = 1{,}2$—$1{,}3$; l — длина шлангов на один пост, которая в среднем составляет 25 м в цеховых и 35 м в монтажных условиях.

Потребное количество электродов и сварочной проволоки определяется по формуле

$$G_э = Q k_э k_п,$$

где Q — масса наплавленного металла, кг; $k_э$ — коэффициент потерь, или расход электродов и проволоки на 1 кг наплавленного металла, кг; $k_п$ — коэффициент, зависящий от пространственного положения сварных швов.

Коэффициент потерь для различных способов сварки и сварочных материалов равен:

Ручная дуговая сварка электродами:	
меловыми, марок СМ-11, РБУ-5, ОМА-2	1,50
УОНИ-13/45, УОНИ 13/55, АНО-6, АНО-4, МР-3	1,70
ДСК-50, ВСП-3	1,38
АНО-5, УОНИ 13/55У, УОНИ 13/85У	1,60
РБУ-4	1,68
ВСЦ-2, УП-1/45	1,80
Частично механизированная сварка:	
под флюсом	1,10
порошковой проволокой	1,25
в среде углекислого газа	1,10
Механизированная сварка под флюсом	1,03
Газовая сварка:	1,05
алюминия, стали, бронзы	1,10
чугуна	1,08
меди	1,15
латуни	1,15
Пайка припоем:	
мягким	1,03
твердым	1,10

В различных пространственных положениях $k_п$ будет следующим:

Положение сварки	$k_п$
Нижнее, сварка поворотных стыков	1,0
Вертикальное, горизонтальное, сварка неповоротных стыков	1,1
Потолочное	1,2

Масса наплавленного металла и расход сварочных материалов при различных способах сварки и резки приведены в приложении 2.

АТТЕСТАЦИЯ СВАРЩИКОВ

Тарифно-квалификационная характеристика рабочих в строительстве [21]

Разряд рабочего	Необходимо знать	Характеристика и примеры работ
	Газосварщики	
III	Устройство обслуживаемой газосварочной аппаратуры; основные свойства свариваемых металлов; правила подготовки под сварку, выбор режима нагрева, причины напряжений и деформаций в свариваемых изделиях и меры их предупреждения; основные технологические приемы сварки деталей из стали, цветных металлов и чугуна	Газовая сварка во всех пространственных положениях сварочного шва, кроме потолочного, конструкций и трубопроводов из углеродистых сталей, цветных металлов и сплавов Предварительный и сопутствующий подогрев при сварке. Сварка труб вентиляции и безнапорных для воды (кроме магистральных), трубопроводов водоснабжения и теплофикации в цеховых условиях
IV	Способы установления режима сварки в зависимости от конфигурации и толщины металла; основные сведения о свариваемости металлов; основные методы получения и хранения наиболее распространенных газов, используемых при сварке; виды дефектов в сварных швах, методы их предупреждения и устранения; чтение чертежей	Сварка конструкций и трубопроводов из углеродистых сталей и цветных металлов во всех пространственных положениях. Сварка трубопроводов водоснабжения, теплофикации и технологических V категорий — на монтаже и газопроводов низкого давления — в цеховых условиях
V	Механические и технологические свойства свариваемых металлов; выбор технологической последовательности наложения швов и режимов сварки; способы контроля и испытания ответственных швов, влияние термообработки на свойство сварного соединения	Сварка сложных и ответственных узлов из различных сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов, предназначенных для работы под динамическими и вибрационными нагрузками, термообработка сварных швов. Монтажная сварка трубопроводов технологических, пара и горячей воды III и IV категорий, газопроводов низкого давления, трубок импульсных
VI	Разновидности легких и тяжелых сплавов и их свойства; необходимые сведения по металлографии сварных швов; методы специальных испытаний свариваемых изделий	Сварка особо ответственных узлов, предназначенных для работы под давлением более 4МПа (40 кгс/см²). Монтажная сварка газопроводов среднего и высокого давления, трубопроводов I и II категорий

Продолжение

Разряд рабочего	Необходимо знать	Характеристика и примеры работ
	Электросварщики ручной сварки	
III	Устройство применяемого сварочного оборудования; требования к сварным швам; свойства и назначение обмазок электродов; основные виды контроля сварных швов; причины напряжений и деформаций в свариваемых изделиях	Ручная электродуговая и газоэлектрическая сварка во всех пространственных положениях, кроме потолочного, узлов и конструкций из углеродистых сталей (лестниц, перил, стоек, скоб и т. д.) Электровоздушная строжка различных металлов
IV	Особенности сварки конструкций; основные законы электротехники в пределах выполняемой работы; виды дефектов и способы испытания сварных швов; принципы выбора режима сварки, марки и типы электродов; механические свойства свариваемых металлов, чтение чертежей сложных металлоконструкций	Ручная электродуговая и газоэлектрическая сварка, а также электровоздушная строжка во всех положениях, сварка конструкций из чугуна. Сварка аппаратов, сосудов и емкостей из углеродистой стали, работающих без давления, каркасов, печей, резервуаров для нефтепродуктов вместимостью до 1000 м³, трубопроводов водоснабжения и теплофикации на монтаже
V	Электрические схемы и конструкции различных типов сварочных машин; технологические свойства свариваемых металлов, выбор технологической последовательности наложения швов и режимов сварки; способы контроля и испытания ответственных конструкций	Сварка аппаратов и сосудов из углеродистых сталей, работающих под давлением, и из легированных сталей, работающих без давления. Сварка блоков строительных и технологических металлоконструкций. Монтажная сварка арматуры железобетона во всех положениях и трубопроводов технологических, пара и воды III и IV категорий, газопроводов низкого давления, резервуаров вместимостью 1000—5000 м³
VI	Разновидности титановых сплавов, их свойства; методы специальных испытаний свариваемых изделий и назначение каждого из них; основные виды термической обработки; необходимые сведения по металлографии сварных швов	Ручная и газоэлектрическая сварка особо ответственных конструкций и узлов из различных металлов особо сложной конфигурации, работающих под динамическими и вибрационными нагрузками. Сварка экспериментальных конструкций из металлов и сплавов ограниченной свариваемости. Сварка особо ответственных конструкций в блочном исполнении. Сварка на монтаже газгольдеров и резервуаров вместимостью более 5000 м³, сферических емкостей трубопроводов I и II категорий, газопроводов среднего и высокого давления

Продолжение

Разряд рабочего	Необходимо знать	Характеристика и примеры работ
	Электросварщики на автоматических и полуавтоматических машинах	
I	Основные сведения об устройстве оборудования для механизированной сварки; способы и средства для подачи газа и флюса; основные требования, предъявляемые к флюсу, электродной проволоке, защитным газам и свариваемым деталям	Зачистка конструкций под механизированную сварку и очистка швов после сварки. Установка деталей в приспособления. Подготовка к установке защитных приспособлений и обеспечение защиты шва в процессе сварки Зачистка швов после сварки. Заправка электродной проволоки, засыпка и уборка флюса
II	Принцип действия применяемых аппаратов для механизированной сварки и источников питания; виды сварных швов; подготовка металла под сварку; общие понятия о применении и назначении механизированной сварки	Обслуживание установок для электрошлаковой сварки, а также автоматов специальных конструкций. Полуавтоматическая сварка простых узлов и конструкций из углеродистых сталей (кожухи ограждения и т. п.)
III	Устройство применяемых аппаратов и источников питания; основные виды контроля швов, выбор сварочных материалов; причины и меры предупреждения деформаций и напряжений в свариваемых изделиях; установление режима сварки	Сварка и наплавка сложных конструкций из углеродистых сталей. Сварка аппаратов, сосудов, емкостей, бункерных решеток, переходных площадок, лестниц, обшивки котлов, трубопроводов безнапорных для воды, технологических V категорий
IV	Основные законы электротехники; способы испытания сварных швов; виды, меры предупреждения и устранения дефектов в сварных швах, влияние режима сварки на геометрию шва, механические свойства свариваемых металлов; чтение сложных чертежей	Сварка ответственных узлов и конструкций из различных металлов, в том числе работающих в тяжелых условиях, блоков воздухонагревателей, кожухов доменных печей. Сварка в цеховых условиях колонн, бункеров, эстакад
V	Механические и технологические свойства различных свариваемых металлов; выбор технологической последовательности наложения швов и режимов сварки; способы контроля и испытания ответственных соединений	Сварка особо ответственных конструкций, работающих под динамическими и вибрационными нагрузками. Сварка балок рабочих площадок мартеновских цехов, конструкций из алюминиево-магниевых сплавов, биметаллов, трубопроводов I—IV категорий. Сварка мачт, телебашен, опор ЛЭП в цеховых условиях, выпусков арматуры железобетона на монтаже
VI	Электрические и кинематические схемы сложных аппаратов для сварки, причины неисправностей и их устранение; контроль и способы испытания сварных соединений ответственных конструкций; основные	Полуавтоматическая сварка балок рабочих площадок мартеновских цехов, подкрановых балок под краны тяжелых режимов работы. Сварка ответственных конструкций из легированных сталей, титановых сплавов на осо-

Продолжение

Разряд рабочего	Необходимо знать	Характеристика и примеры работ
	виды термической обработки сварных соединений	бо сложном оборудовании, пролетных строений мостов. Монтажная сварка мачт, башен, опор ЛЭП

Примечания: 1. Неудаляемые прихватки, исправление дефектов в сварных швах, приварку различных приспособлений при монтаже ответственных конструкций выполняют сварщики, имеющие квалификацию не ниже той, которая установлена для сварки этих конструкций. 2. Электросварщики на автоматических или полуавтоматических машинах выполняют сварные соединения одним из следующих способов сварки: под слоем флюса, в среде защитных газов, открытой дугой проволокой сплошного сечения или порошковой, электрошлаковой и т. д.

Правила аттестации сварщикоа

Цель периодических испытаний — установить квалификацию сварщика для допуска его к выполнению ответственных работ. Порядок и объем испытаний, обязательных для сварщиков, допускаемых к выполнению сварки при сооружении и ремонте поднадзорных Госгортехнадзору СССР объектов (паровых котлов, водогрейных котлов с температурой воды выше 115° С, сосудов, работающих под давлением, паропроводов, металлоконструкций, грузоподъемных устройств), а также ответственных элементов вертикальных цилиндрических резервуаров для нефтепродуктов и газопроводов регламентируются правилами Госгортехнадзора.

Каждый сварщик, независимо от стажа работы, ежегодно подвергается испытаниям по одному или нескольким способам сварки и видам работ, а при перерыве в работе свыше 6 мес, или систематическом браке в работе — досрочно. Сварщиков, зарекомендовавших себя высоким качеством выполнения работы, освобождают от повторных испытаний сроком до 1 года, но не более трех раз подряд. Теоретические и практические испытания проводят по согласованию с местным органом Госгортехнадзора постоянно действующая квалификационная комиссия во главе с главным сварщиком или руководителем сварочных работ организации. Результаты испытаний и решение комиссии оформляют протоколом, а сварщикам, выдержавшим испытания, выдают удостоверения. Не выдержавшие имеют право на повторные испытания не ранее чем через 1 месяц. Примерный тематический план подготовки сварщиков приведен в приложении 3.

Для практических испытаний необходимы основные и сварочные материалы, соответствующие применяемым на данном производстве. Сварка образцов должна проводиться в условиях, аналогичных производственным. Для получения права ведения работ во всех положениях шва допускается сварка в двух наиболее трудных положениях. Сварку выполняют в присутствии не менее двух членов комиссии. После сварки образцы осматривают и удовлетворительные, после маркировки, передают в лабораторию для дальнейших испытаний.

Практические испытания включают выполнение технологической пробы по ГОСТ 3242—79 на образцах, сваренных внахлестку или втавр, контроль физическими методами, механические испытания по ГОСТ 6996—66* образцов на растяжение, загиб или сплющивание и металлографическое исследование. Толщину пластин, мм, устанавливают: 8—25 для электросварщиков, 6—10 для газосварщиков.

При сварке металла толщиной менее 6, более 25 мм и разных толщин при других видах сварки — в зависимости от свариваемых изделий и соответствующих технических условий.

Сварщиков, выдержавших испытания по сварке в горизонтальном и потолочном положениях шва, допускают к сварке во всех положениях.

Сварщики, занятые сваркой труб, при испытаниях должны сварить встык без подкладок отрезки неповоротных труб при горизонтальном и вертикальном положениях их осей. При толщине стенки трубы до 6 мм для каждого положения сваривают по четыре отрезка: два — на растяжение и два — на сплющивание, из которых изготовляют образцы. При толщине 6—25 мм из труб вырезают по две полосы: на растяжение и на изгиб. Полосы простругивают до получения плоских образцов со снятым в пределах норм непроваром. Испытание на изгиб также можно заменить испытанием на сплющивание. Перед вырезкой образцов керосиновой пробой определяют непроницаемость стыка.

Длина свариваемых кромок пластин определяется размерами и количеством подлежащих изготовлению образцов с учетом припусков на ширину реза (3 мм) и последующую обработку и с добавлением длины неиспользуемых участков шва.

Размеры пластин для изготовления контрольных соединений

Толщина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Ширина, мм
4	50	Свыше 20 до 50	150
Свыше 4 до 10	70	» 50 до 100	200
» 10 до 20	100	» 100	250

Размеры используемых участков шва на контрольных пластинах

Способ сварки	Длина неиспользуемого участка шва, мм, не менее	
	в начале	в конце
Ручная электродуговая и газовая	20	30
Механизированная с любым типом защиты, кроме флюса, при толщине металла, мм:		
до 10	15	30
более 10	30	50
Механизированная под флюсом на токе, А:		
до 1000	40	70
более 1000	60	Длина кратера в конце шва

Пробные образцы арматуры железобетона, заваренные сварщиком, проверяют путем осмотра, обмера и механических испытаний на прочность. В случае разрушения хотя бы одного из образцов при нагрузке меньшей, чем допускаемая, изготавливают и испытывают удвоенное количество образцов. Если вновь будут отмечены отклонения, необходимо дополнительное обучение рабочего.

Качество сварных соединений при приемочном контроле определяют по результатам их осмотра, обмера и механических испытаний на прочность контрольных образцов этих соединений, отбираемых из партии готовых арматурных изделий или соединений в соответствии с требованиями ГОСТ 10922—75. Механические испытания контрольных образцов могут быть заменены ультразвуковой дефектоскопией соединений согласно СН 393-78.

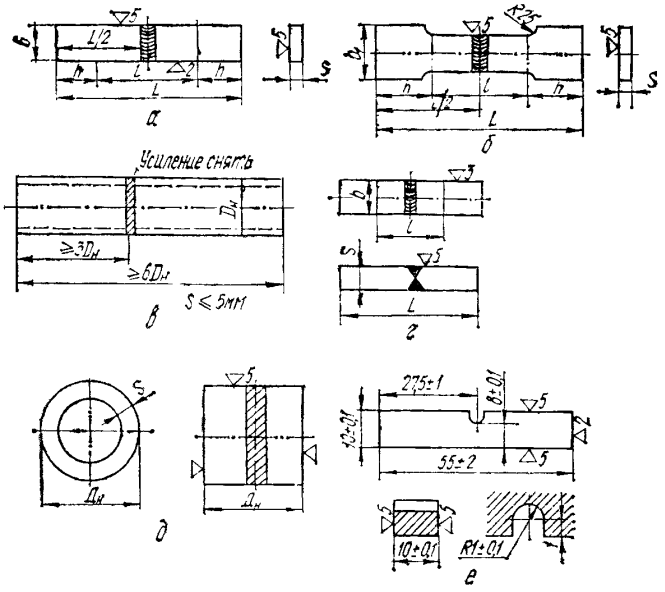


Рис. 16. Образцы для механических испытаний:
а, б, в — на статическое растяжение; *г* — на статический изгиб; *д* — на сплющивание; *е* — на ударную вязкость.

Размеры образцов для механических испытаний, мм (рис. 16)

S	*b*	b_1	*l*	*L*
		На растяжение		
До 6	15±0,5	25	50	$l+2h$
От 6 до 10	20±0,5	30	60	$l+2h$
От 10 до 25	25±0,5	35	100	$l+2h$
От 25 до 50	30±0,5	40	160	$l+2h$
		На изгиб		
До 50	1,5 *S*, но не менее 10	—	*L*/3	2,5*D* + 80

Примечания: 1. Длина захватной части образца *h* устанавливается в зависимости от конструкции машины для испытания. 2. *D* — диаметр оправки, мм.

Показатели испытаний

Виды испытаний	Показатель брака
Технологическая проба	
Внутренние дефекты: поры, шлаковые и другие включения, непровары в корне шва стыковых соединений с односторонней разделкой кромок, выполненных без подкладок, а также угловых и тавровых соединений, выполненных с разделкой кромок	Свыше 75% норм, установленных ТУ на изготовление изделия
Механические испытания	
Временное сопротивление разрыву при испытании образцов на статическое растяжение	Ниже нижнего предела временного сопротивления разрыву основного металла
Угол статического изгиба для сталей:	
углеродистых	<120°
низколегированных-марганцовистых и кремнемарганцовистых при толщине стенки, мм:	
до 20	<80° (для *ХГ* — 70°)
свыше 20	<60° (для *ХГ* — 50°)
низколегированных — хромомолибденовых и хромомолибденованадиевых, а также высоколегированных хромистых при толщине стенки, мм:	
до 20	<60°
свыше 20	<50°
аустенитного класса	<160° (*S* до 20 мм)
(для других материалов показатель должен быть не ниже норм, установленных ТУ на изготовление данных изделий)	<120° (*S* более 20 мм)
Угол загиба при газовой сварке:	
углеродистых (*С*) и хромомарганцовистых (*ХГ*) сталей	<70°
хромомолибденовых (*ХМ*) и хромованадиевых (*ХФ*) сталей	<30°
Сплющивание	Образование трещин при расстоянии между сплющивающимися поверхностями трубы *H* менее определенного по формуле *
Ударная вязкость (при толщине металла более 12 мм)	Минимальное значение при температуре 20° С ниже $5 \cdot 10^{-3}$ Дж/м² (5 кгс · м/см²) для всех сталей, кроме аустенитного класса, ниже $7 \cdot 10^{-3}$ Дж/м² (7 кгс · м/см²) — для сталей аустенитного класса
Испытания, не указанные выше	Ниже норм, установленных ТУ на изготовление изделия

* $H = \dfrac{(1+a)S}{a + \dfrac{S}{D_н}}$, где *S* — номинальная толщина стенки, мм; $D_н$ — номинальный наружный диаметр трубы, мм; *a* — деформация на единицу длины (для углеродистых сталей $a = 0{,}08$, для стали 1Х18Н12Т $a = 0{,}09$).

Правила техники безопасности при производстве работ

Общие положения. При выполнении сварочных работ и термической резки следует руководствоваться положеннями СНиП III-4-80, а также Правилами техники безопасности и гигиены труда при производстве сварочных работ и термической резки металлов в строительстве, утвержденными Минмонтажспецстроем УССР (РД 36 УССР 3-81) и другими нормативными материалами.

К сварке допускают рабочих не моложе 18 лет, прошедших специальное обучение с проверкой знаний по правилам техники безопасности и оформлением в специальном журнале. Повторные инструктажи проводятся администрацией ежеквартально и перед началом каждой новой работы, а проверка знаний — ежегодно — специальной комиссией (в том числе квалификационной комиссией по допуску к сварке ответственных конструкций). К сварке и резке с применением пропано-бутановой смеси рабочих допускают после специального обучения и сдачи экзамена комиссии. Допуск к самостоятельному обслуживанию сварочных машин разрешается после сдачи экзамена по правилам их эксплуатации (квалификационная группа не ниже II).

Лица, поступающие на работу, проходят предварительный медицинский осмотр. Работающие в замкнутых пространствах и занятые сваркой цветных металлов ежегодно проходят медицинский осмотр с обязательной рентгенографией грудной клетки и лабораторными исследованиями крови и мочи. Сварщиков, у которых выявлен пневмокониоз, не допускают к сварке в закрытых помещениях, а при интоксикации марганцем переводят на работы, не связанные с вредными условиями труда.

Рабочие места сварщиков ограждают переносными ширмами или щитами из несгораемых материалов (листовая сталь, асбестовое полотно, брезент). Постоянные рабочие места, а также защитные ограждения окрашивают в светлые тона (серый, голубой, желтый) с добавлением в краску окиси цинка.

При выполнении работ на высоте более 1,1 м от уровня земли перекрытия или ярусы должны быть оборудованы исправными лесами, люльками, подмостями с перилами высотой не менее 1 м и бортовой доской высотой 150 мм. Деревянные поручни перил должны быть остроганы, а металлические не должны иметь заусенцев, острых кромок, незачищенных сварных швов и т. п. Бортовые доски устанавливаются на настил, а элементы перил крепятся к стойкам с внутренней стороны.

Для выполнения незначительного объема работ по установке небольших консолей и кронштейнов на высоте до 3 м при невозможности устройства подмостей можно пользоваться переносными монтажными лестницами или стремянками.

Лестницы должны быть оборудованы крючьями или другими надежными устройствами для их закрепления; нижние концы тетив должны иметь упоры в виде острых металлических шипов или других тормозящих устройств в зависимости от материала опорной поверхности. Длина приставной лестницы не должна превышать 5 м, а шаг между ступеньками — 340 мм. Деревянные лестницы должны изготовляться из одиосортного прочного дерева. Ступеньки лестниц должны быть врезаны в тетивы, которые не реже чем через 2 м скрепляются металлическими стяжками. Запрещается крепление ступенек гвоздями внакладку. Раздвижные лестницы-стремянки должны быть обеспечены устройствами, исключающими их самопроизвольное раздвигание. Все приставные (переносные) лестницы должны находиться на учете, иметь порядковые номера, таблички с указанием принадлежности и даты очередной проверки. Окрашивать лестницы не разрешается. При невозможности использования лесов и т. п. сварщиков снабжают исправными предохранительными поясами (ГОСТ 5718—77 *). Женщин к работе на высоте, на плазморежущих установках и в замкнутых пространствах не допускают.

При одновременной работе сварщиков (резчиков) и других рабочих на различных высотах по одной вертикали необходимы надежные средства защиты от падающих брызг, огарков и других предметов.

Сварка на открытом воздухе во время дождя и грозы не допускается.

Применение и хранение в местах производства сварочных работ огнеопасных материалов запрещается. Баллоны и ацетиленовые генераторы допускается располагать не ближе 10 м от открытого огня.

Производство работ на открытом воздухе разрешается при температуре до —30° С. При температуре от —20 до —25° С рабочим должна представляться возможность обогрева в непосредственной близости от рабочих мест в течение 10 мин через каждый час. При температуре от —25 до —30° С рабочий день сокращают на 1 час. Не допускается производство работ на высоте при силе ветра более 6, а при монтаже глухих панелей — 5 баллов, а также при гололеде.

Рабочие места должны быть оборудованы общим и местным освещением. Напряжение стационарных светильников местного освещения не должно превышать 36, а переносных — 12 В.

Для выполнения работ в колодцах, емкостях и других замкнутых помещениях с неудобными для рабочего условиями у входа должен находиться рабочий, наблюдающий за сварщиком. Сварщику необходимо иметь переносную лампу и предохранительный пояс со страхующим канатом, второй конец которого должен находиться у подсобного рабочего.

Запрещается одновременная работа в закрытых листовых конструкциях электро- и газосварщиков (газорезчиков).

В местах, где возможно образование и скопление вредных газов, устанавливают вентиляцию, а рабочих снабжают респираторами, противогазами, кислородными изолирующими приборами (КИП) или шланговыми противогазами с подачей воздуха в зону дыхания.

Выполнение особо опасных и сложных работ оформляют допуском, прилагаемым к наряду, с указанием необходимых мероприятий по технике безопасности.

Запрещается выполнять сварочные работы на сосудах, находящихся под давлением.

Правила безопасности при эксплуатации электросварочного оборудования. Напряжение холостого хода сварочных генераторов не должно превышать 80—90, а трансформаторов — 70—75 В.

Длина проводов между питающей сетью и передвижным сварочным агрегатом не должна превышать 10 м.

При работе в стесненных условиях или в замкнутых помещениях сварочная установка должна иметь блокировку, обеспечивающую автоматическое отключение сварочной цепи, или понижение напряжения при обрыве дуги до 12 В с выдержкой не более 0,5 с. Для снижения напряжения на держателе при сварке на переменном токе можно применять устройства УСНТ-4 (ТУ МЭТП СССР от 3 октября 1969 г.), УОНТ-2У2, и т. п.

Корпуса сварочных агрегатов, каркасы распределительных щитов и шкафов подлежат заземлению медным проводом сечением не менее 6 мм² или железным сечением не менее 12 мм². В качестве заземлителя можно использовать трубу диаметром 37—50 мм (или полосу металла толщиной более 4 мм и сечением 48—50 мм²), длиной 1—2 м, закопав ее в землю и присоединив к ней и заземляемому корпусу заземляющий проводник. Сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 10 Ом при суммарной мощности источников сварочного тока 100 кВА. Заземление выполняют до включения установки в электросеть. Запрещается использовать контур заземления в качестве обратного провода.

Маховички, кнопки, рукоятки, в том числе ручки электрододержателей, выполняют из токонепроводящего материала или надежно изолируют от частей, находящихся под напряжением. Необходимо заземление зажима вторичной обмотки трансформатора, к которому присоединяют обратный провод.

Температура нагрева отдельных частей сварочного агрегата не должна превышать 75° С.

Запрещается производить какой-либо ремонт сварочных установок, находящихся под напряжением.

Правила производства огневых работ на сосудах, бывших в употреблении. Перед работой на сосудах, бывших в употреблении, необходимо установить, чем они были заполнены. Если в сосуде находилась горючая жидкость, то его сле-

дует очистить, промыть 10—12%-ным раствором каустической соды или тринатрийфосфата и продуть сухим острым паром. Продолжительность пропаривания зависит от вместимости сосуда:

Вместимость сосуда, л	До 20	20—200	200—300	3000—5000
Продолжительность пропаривания, ч, не менее	0,5	2—3	15—20	24

При невозможности применить пропаривание сосуд вместимостью до 200 л можно заполнить водой на 80—90% объема и кипятить в течение 2—3 ч. Последующим лабораторным анализом воздушной среды в сосуде определяют ее негорючесть.

Если в сосуде было минеральное масло, то в моющий раствор добавляется 2—3 г/л жидкого стекла или мыла.

Во всех возможных случаях сосуд перед сваркой следует заполнить водой до максимально допустимого уровня и оставить открытыми все люки и вентили в верхней части сосуда и особенно в месте сварки (сосуд вместимостью свыше 1000 л вместо заполнения водой можно промывать изнутри в течение 2—3 ч). Допускается создание в сосуде взрывобезопасной газовой среды путем заполнения его углекислым газом, азотом или аргоном под давлением не более 0,01 МПа (0,1 кгс/см²).

Указания по технике безопасности при эксплуатации агрегатов с приводом от двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Для исключения аварийного повышения скорости вращения ДВС перед пуском агрегата в работу необходимо проверить:

натяжение ремней вентилятора и регулятора оборотов. При нажатии на ремни между шкивами генератора и вентилятора прогиб должен быть не более 12—15, а между шкивами вентилятора и регулятора оборотов — 10...12 мм;

исправность ремней;

соединение тяги регулятора оборотов с рычагом и дроссельной заслонкой;

исправность кронштейна регулятора оборотов;

крепление ступицы вентилятора на валике водяного насоса.

Категорически запрещается работать с агрегатом: при ослаблении ремней, наличии неисправных соединений тяги регулятора оборотов с рычагом и дроссельной заслонкой, трещины или поломки кронштейна регулятора, ослаблении крепления ступицы вентилятора к валику водяного насоса, а также без защитного кожуха на щите генератора со стороны коллектора.

Во избежание попадания бензина на щетки сварочного генератора и его воспламенения необходимо:

заливать бензин только при неработающем двигателе, а после заливки вытереть места, куда он попал;

следить за тем, чтобы не было течи топлива из бака и бензопровода. Для проверки уровня топлива следует пользоваться мерной линейкой. Ни в коем случае нельзя подносить огонь к баку; в случае воспламенения бензина пламя тушат землей, песком или накрывают брезентом.

Правила техники безопасности при механизированной сварке. Флюс, применяемый при механизированной сварке, должен быть чистым и сухим. Целесообразно, где это возможно, вместо флюса марки ОСЦ-45 применять флюс марок ФЦ-9, АН-348А. Для уборки флюса нужно пользоваться флюсоотсосами или совками со стальными щетками. Убирать или загружать в бункеры флюс следует осторожно — во избежание выделения пыли в окружающую среду.

Подвижные контакты, рубильники и переключатели необходимо систематически осматривать при снятом напряжении и подчищать.

Ток к автоматам должен поступать по подвижным проводам, помещенным в резиновые рукава, обшитые брезентом или обмотанные киперной лентой. Неподвижные провода должны быть в металлических трубах. Электропровода, трубки для газа и охлаждающей воды, соединяющие передвижные пульты управления со сварочными головками и горелками, заключают в общий резиновый шланг.

Горелки для сварки и резки в среде защитных газов не должны иметь открытых токоведущих частей, а рукоятки должны быть покрыты диэлектрическими и теплоизоляционными материалами и снабжены щитками для защиты рук сварщика от ожогов.

При электрошлаковой сварке и электродуговой с принудительным формированием шва нужно следить за уровнем жидкой ванны и состоянием подачи охлаждающей воды. Запрещается во время сварки находиться под ползуном, подкладкой или формой, откуда возможен выброс металла.

Правила безопасной эксплуатации баллонов со сжатыми газами. Транспортировка баллонов разрешается на рессорных транспортных средствах, на специальных ручных тележках и носилках, в специальных контейнерах (баллоны закреплены вертикально). Переноска на руках или на плечах не допускается (в пределах рабочего места баллон можно кантовать в слегка наклонном положении).

Бесконтейнерная транспортировка предполагает до отказа навернутые колпаки, горизонтальную укладку в деревянные гнезда, обитые войлоком или другим мягким материалом. При погрузке более одного ряда баллонов применяют прокладки из пенькового каната или резиновые кольца толщиной не менее 25 мм. Баллоны укладывают в пределах высоты бортов только поперек кузова.

Не менее чем двое рабочих должны заниматься погрузкой и разгрузкой. Не допускаются сбрасывание баллонов, удары их друг о друга, а также разгрузка вентилями вниз. Запрещено грузить баллоны в грязные кузовы автомашин. В летнее время при перевозке их необходимо накрывать брезентом от солнечных лучей.

Совместная транспортировка кислородных и ацетиленовых баллонов запрещена, за исключением доставки двух баллонов к рабочему месту.

Автомашины, перевозящие баллоны, должны иметь на кузове опознавательный красный флажок. Не допускается проезд людей в кузове. Сопровождающее лицо должно находиться в кабине шофера.

Баллоны хранят на одноэтажных складах с покрытиями легкого типа, со стенами и перегородками из материала не ниже II степени огнестойкости. Окна и двери должны открываться наружу. Стекла — матовые или закрашенные белой краской, полы (на складах с горючими газами или карбидом кальция) — из материалов, исключающих искрообразование при ударах (деревянные торцы, неискрящий асфальт и т. п.). Температура в помещениях не должна превышать +35° С. Освещение — наружное, отопление — центральное. Необходима естественная или искусственная вентиляция.

Совместное хранение полных и пустых баллонов с горючим газом и кислородом не допускается.

Обязательна герметичность вентилей, баллонов. В случае обнаружения пропуска газа баллон должен быть удален в безопасное место.

Эксплуатация грязных, с вмятинами и царапинами, неравномерно покрашенных, несвоевременно испытанных баллонов запрещена. Особенно следует обращать внимание на отсутствие масла или грязи на штуцере вентиля кислородного баллона. Не разрешается открывать колпак ударами, ремонтировать вентили (на закрытом вентиле ацетиленового баллона, в случае пропуска газа, можно подтянуть сальниковую гайку). При замерзании вентилей их отогревают только с помощью чистой горячей воды или пара.

На рабочем месте баллоны устанавливают вертикально в специальных стойках и прочно крепят хомутами или цепями. Они не должны касаться металлических конструкций, электропроводки. Навесы на стойках предохраняют баллоны от попадания масла, грязи. На открытых местах в летнее время баллоны необходимо укрывать от солнечных лучей брезентовыми чехлами.

Правила безопасности при использовании барабанов с карбидом кальция и эксплуатации передвижных ацетиленовых генераторов. Карбид хранят в сухих, хорошо проветриваемых негораемых складах с легкой кровлей, за состоянием которой устанавливают наблюдение для предупреждения проникновения атмосферных осадков. Склады обеспечивают огнетушителями и ящиками с сухим песком. Барабаны разрешено хранить как в горизонтальном, так и в вертикальном положении. Из вскрытых или поврежденных барабанов карбид следует пересыпать в специальные, герметические закрывающиеся бидоны, и расходо-

вать в первую очередь. Хранение тары из-под карбида разрешается на специально отведенных площадках вне производственных помещений. При погрузке и разгрузке барабанов не допускается курение.

Для раскупорки барабанов запрещается использовать инструменты из стали и сплавов, содержащих более 70% меди (можно рекомендовать латунные молоток и зубило). Перед раскупоркой крышку необходимо смазать слоем тавота толщиной 2—3 мм.

Запрещается пользоваться самодельными ацетиленовыми генераторами. К каждому генератору должен быть приложен паспорт, а также инструкция по правилам эксплуатации и техники безопасности, составленная на основании технической характеристики генератора (паспорта) с учетом особенностей его эксплуатации в местных условиях и утвержденная главным инженером организации.

Передвижные генераторы устанавливают преимущественно на открытом воздухе или под навесом. Допускается установка для производства временных работ: в рабочих и жилых вентилируемых помещениях, имеющих объем не менее 300 м³ на один аппарат или 100 м³, если газопламенные работы проводятся в другом помещении; в горячих цехах на расстоянии не менее 10 м от открытого огня и нагретых предметов, где нет опасности попадания на генератор горячих частиц металла или искр и засасывания ацетилена в печи, вентиляторы и т. д.; выше уровня земли — при письменном разрешении главного инженера организации и пожарного надзора.

Запрещается устанавливать генератор наклонно и рядом с кислородным баллоном; во время работы его следует охранять от толчков и падения. Не допускается зарядка генератора карбидом кальция меньшей грануляции, что предусмотрено инструкцией.

Не допускается работа генератора без водяного затвора и с неисправным затвором. Уровень жидкости в водяном затворе следует проверять не реже двух раз в смену и обязательно перед началом работ, а также после каждого обратного удара. Не допускается работа от однопостового генератора несколькими горелками.

Температура воды и газа в генераторе не должна превышать 50° С (при большей температуре ил принимает бурую окраску). Ил складывают в специальный ящик с вентиляционной трубой, а после работы загружают в специальные ямы.

В зимнее время генератор укрывают ватным чехлом от замерзания, шланг и корпус вентиля на водяном затворе покрывают теплоизоляционным материалом (например, шнуровым асбестом), в водяной затвор заливают незамерзающую жидкость (раствор в воде):

Температура, °С, до	*Состав жидкости, %*
—40	60 этиленгликоля (по объему)
—40	30 хлористого кальция (по массе)
—30	35 глицерина (по объему)
—15	20 хлористого натрия (по массе)

Необходимо принять меры против коррозии внутренней части затвора при использовании хлористого кальция и хлористого натрия; после работы раствор надо слить, а затвор промыть водой.

При замерзании воды в затворе, генераторе или шлангах их отогревают только чистой горячей водой на расстоянии не менее 10 м от открытого огня и при наличии вентиляции.

При воспламенении генератора тушить огонь можно только песком или сухим огнетушителем.

Правила эксплуатации аппаратуры для газопламенной обработки металлов. Находящиеся в эксплуатации ручные резаки, горелки, редукторы, шланги и газорезательные машины закрепляют за отдельными рабочими. Перед началом работы необходимо проверить:

плотность и прочность присоединения газовых шлангов к горелке (резаку) и редуктору;

наличие воды в водяном затворе до уровня контрольного крана и плотность всех соединений;

исправность аппаратуры, наличие достаточного подсоса в инжекторной горелке (резаке);

правильность и исправность подводки тока, заземления (зануления) выключающих устройств газорезательной машины.

Запрещается:

эксплуатация аппаратуры, имеющей неплотности;

сплющивание и перегибание шлангов, переплетение их с тросами, электрокабелями, использование замасленных шлангов, подматывание дефектных мест изоляцией.

Аппаратура должна периодически проходить испытание. Пользование неисправной аппаратурой запрещается.

Указания по технике безопасности при сварке трубопроводов из полимерных материалов. При контактной сварке необходимо следить за тем, чтобы торцы свариваемых труб были ровными и их можно было одновременно и равномерно прижать к нагревательному инструменту, а после оплавления — друг к другу. Для этого, соблюдая меры предосторожности, непосредственно перед сваркой торцы труб следует зачистить напильником и циклей.

Не разрешается сварка поверхностей, загрязненных маслами, смазками, нефтью и другими материалами, которые не только ухудшают качество сварки, но при контакте с раскаленной поверхностью могут загореться и стать причиной загрязнения воздушной среды вредными газами.

Каждый полимерный материал имеет свою оптимальную температуру для сварки, превышение которой может привести к разложению материала с выделением в воздух вредных и ядовитых газов. Так, для трубопроводов из полиэтилена максимальная температура для сварки колеблется от 180 до 220° С, для трубопроводов и вентиляционных коробов из винипласта эта температура не должна превышать 250° С и т. д. С этой целью в процессе сварки температура на поверхности нагревательного инструмента должна быть постоянной (с точностью ±10° С). Ее контролируют с помощью термопар, расположенных максимально близко к рабочей поверхности.

Продолжительность оплавления торцов труб, которая не должна превышать необходимых пределов, зависит от вида полимерного материала, температуры рабочей поверхности нагревательного инструмента и окружающей среды, а также от качества подготовки торцов труб под сварку и величины давления, прижимающего их к нагревателю.

Продолжительность оплавления торцов труб

Материал труб	Температура рабочей поверхности инструмента, °С	Продолжительность оплавления, с, при толщине стенки трубы, мм							
		2	3	4	6	8	10	12	14
ПЭВД	180	25	30	35	50	70	85	100	120
ПЭНД	200	30	40	50	70	90	110	130	160
ПХВ	240	35	40	60	75	100	120	140	180

Контроль продолжительности контакта с нагревательным инструментом в производственных условиях осуществляется с помощью секундомера или реле времени.

Промежуток времени между снятием нагревательного инструмента с оплавленных труб и их сжатием должен быть минимальным (1—2 с). С увеличением

этого промежутка времени прочность шва резко снижается вследствие быстрого охлаждения свариваемых поверхностей. Каждое движение рабочих при этом должно быть хорошо продумано, так как спешка может привести к тяжелым ожогам из-за большой температуры расплавленного материала и его высокой вязкости.

После выполнения каждой сварочной операции нагревательный инструмент необходимо тщательно очищать от прилипшего к его поверхности материала, а также от окалины, пыли, чтобы загрязнения не попали в дальнейшем в сварной шов. Очищать инструмент можно только после того, как он остынет.

Для предотвращения налипания полимерного материала трубы к рабочим поверхностям нагревательного инструмента можно применять фторопластовую пленку, надеваемую на нагревательный инструмент в виде чехла. При ее использовании необходимо следить за тем, чтобы температура инструмента не превышала 250° С, так как при более высокой температуре фторопласт начинает разлагаться с выделением токсичных газов. Применять для этой цели различные смазки не разрешается.

Прутковую сварку во избежание несчастного случая выполняют следующим образом. Струю горячего газа направляют попеременно круговыми или колебательными движениями горелки на сварочный пруток и скошенные кромки. При сварке пруток держат в левой руке между большим и указательным пальцами, горелку — в правой. До начала сварки конец прутка срезают под углом 30°, затем пруток нагревают и укладывают в основание шва под небольшим усилием прижима. Степень размягчения поверхности прутка и кромок свариваемого материала определяют визуально. Для удобства в работе и во избежание ожогов пруток рекомендуется брать длиной несколько большей длины сварочного шва (на 10—12 см).

Следует отрегулировать газовую горелку таким образом, чтобы газ сгорал полностью, так как загрязнение воздуха окисью углерода, углекислым газом или другими продуктами неполного сгорания может привести к отравлению работающих.

Воздействие газов, выделяющихся при огневых работах, на организм человека и меры предосторожности

Когда выделяется	Признаки отравления	Меры предосторожности
Окись цинка		
При сварке, пайке и резке медноцинковых сплавов, оцинкованных сталей; при металлизации цинком и латунью	Сладковатый привкус во рту, плохой аппетит, усиленная жажда, повышенная усталость, давящая боль в груди, сонливость, сухой кашель, появляется чувство холода, озноб, повышение температуры, тошнота, рвота	Использование в качестве присадки проволоки ЛК-62-05. Сварка с подветренной стороны. Применение вентиляции, респираторов ШБ-1 «Лепесток», правильный выбор режима сварки, применение рутиловых электродов диаметром не более 3 мм. Сварка тонкой проволокой в углекислом газе или СОДГП. Предварительная очистка цинка в местах сварки

Когда выделяется	Признаки отравления	Меры предосторожности
Окись кадмия		
При сварке изделий с защитным кадмиевым покрытием, пайке с помощью серебряного припоя (15—25% *Cd*)	Сухость во рту, головная боль, слюноотделение, тошнота, сильная рвота, общая слабость. Симптомы воспаления бронхов и легких, мучительный кашель, затрудненное дыхание, температура до 40° С, бред, боли в области груди и суставах, иногда приступы удушья	При пайке пользование электронагревательными или газовоздушными приборами для нагрева припоя выше 700° С. Местная вытяжка, применение респиратора Ф-46 или противогаза типа «Г» с фильтром от дыма. Наличие кадмиевого покрытия определяют при нагреве по образованию золотисто-желтой пленки
Окись свинца		
При сварке металла, окрашенного свинцовыми красками, сварке свинца и металлизации свинцом	Металлический привкус во рту, отрыжка, потеря аппетита и общий упадок сил	Удаление краски из зоны сварки (реза) механическим путем. Надежная вентиляция. Соблюдение чистоты кожи, рта, одежды, прием пищи и курение вне рабочих помещений. Чистка зубов после работы
Акролеин		
При сварке и резке металла, покрытого жиром; при наличии жира на проволоке и на флюсе	Жжение в глазах, слезотечение, конъюнктивит, кашель. Запах акролеина напоминает запах, возникший при гашении свечи	Тщательная очистка свариваемых поверхностей и проволоки от жира и красок без применения пламени. Сушка флюса
Фтористые соединения		
При сварке электродами фтористокальциевого типа, применение флюса ОСЦ-45	Сладкий привкус во рту, головокружение. После работы озноб, повышение температуры, иногда тошнота, рвота	Применение флюсов марок ФЦ-9, АН-348А. Надежная вентиляция в замкнутых помещениях
Окислы марганца		
При сварке и резке марганцовистых сталей, сварке электродами рудноксилого типа (ОММ-5, ЦМ-7, СМ-5 и др.)	Головная боль, слабость, головокружение, апатия, сонливость, изжога, боли в конечностях	Применение электродов рутилового типа (АНО-4, РБУ-4, МР-3 и др). Вентиляция рабочих мест

Когда выделяется	Признаки отравления	Меры предосторожности
Окись углерода		
Неполное сгорание горючих газов в пламени горелки, сварка в углекислом газе в замкнутых пространствах	Повышенное утомление, головная боль, тошнота, рвота, потеря сознания	Усиленная вентиляция рабочей зоны. Подвод воздуха в зону дыхания сварщика

Примечание. При обезжиривании металла и других сварочных материалов не следует применять трихлорэтилен, дихлорэтан и другие хлорированные углеводороды, так как при их соединении с озоном, присутствующим в атмосфере при дуговой сварке возможно образование фосгена. При обезжиривании свариваемых кромок металла ацетоном или другими растворителями необходимо соблюдать такие требования: растворитель хранить в сосудах с плотно закрывающейся крышкой вместимостью не более 0,5 м³; разлитую жидкость немедленно удалять с помощью тампонов; тампоны держать в сосуде, до половины наполненном водой, с плотно закрывающейся крышкой; нельзя начинать сварку до закрытия сосуда с тампонами, а также до удаления разлитой жидкости и ее испарения с кромок; сосуды с растворителем и тампонами помещать в плотно закрытые огнестойкие шкафы.

Ремонт и испытание аппаратуры и приспособлений

Наименование	Межремонтный цикл, не более	Краткое содержание работы
Электросварочное оборудование	1 мес	Проверка на отсутствие замыкания на корпус, целость заземляющего провода, исправность изоляции питающих проводов, отсутствие оголенных токоведущих частей и замыкания между обмотками
Сварочный провод	1 мес	Проверка на целость изоляции
Редуктор (срок службы клапана 4 мес, мембраны — 6 мес)	3 мес	Ремонт, промывка (обезжиривание), испытание: на плотность, на самотек, на падение давления, на пропускную способность, на срабатывание предохранительного клапана
Редуктор	1 неделя	Проверка резьб. Испытание на плотность и самотек
Фильтр редуктора	2 недели	Чистка и промывка дихлорэтаном
Манометры редуктора и бачка для горючего	1 год	Проверка, мелкий ремонт, регулировка
Горелка (резак)	1 мес	Ремонт. Очистка и промывка наконечника (головки). смесительной камеры и инжектора. Проверка на плотность, инжекцию и отсутствие обратных ударов
Испаритель керосинореза	1—2 недели	Очистка нагара с асбестовой оплетки. Промывка бензином
То же	1 мес	Замена асбестовой оплетки. Проверка керосинореза на горение
Шланги	3 мес	Проверка, удаление дефектных мест. Испытание кислородных шлангов под 1 МПа (10 кгс/см²) и ацетиленовых — 0,6 МПа (6 кгс/см²)

Наименование	Межремонтный цикл, не более	Краткое содержание работы
Бачок для горючего	1 мес	Проверка: на прочность гидравлическим давлением 1 МПа (10 кгс/см²), на плотность — пневматическим давлением 0,5 МПа (5 кгс/см²) с обмыливанием всех соединений
Ацетиленовый генератор	1 год	Очистка, продувка, общий осмотр, устранение неплотностей, смазка резьб техническим вазелином, испытание на плотность
Водяной затвор	1 неделя	Проверка мыльной эмульсией всех соединений
То же	2 недели	Очистка от ила, промывка, смазка тавотом седла клапана среднего давления. При необходимости замена клапана, троекратное испытание уплотнений при давлениях 0,05, 0,1 и 0,145 МПа (0,5, 1 и 1,45 кгс/см²). Провереиный затвор испытывают на плотность при максимальном давлении
Пояс предохранительный	6 мес	Испытание под статической нагрузкой массой 300 кг
Веревка спасательная	3 мес	То же, 200 кг
Контейнер для кислородных баллонов	1 год	Испытание сосредоточенным грузом массой 300 кг
Леса подвесные	1 год	Испытание под статической нагрузкой массой 1,25 $P_н$ и динамической — 1,1 $P_н$
Леса подъемные и люльки	1 год	Испытание под статической нагрузкой массой 1,5 $P_н$ и динамической — 1,1 $P_н$
Подмости	1 год	Испытание сосредоточенным грузом массой 130 кг и равномерно распределеиным грузом массой 250 кг

Примечание. $P_н$ — допустимая рабочая нагрузка.

Противопожарные мероприятия. Места, где производятся огневые работы, оборудуют огнетушителями, гидрантами, ящиками с песком, лопатами и совками, бочками или ведрами с водой.

Деревянные конструкции, расположенные ближе 5 м от сварочных постов, оштукатуривают или обивают листовым асбестом или листовой сталью по войлоку, смоченному в глинистом растворе. В сфере попадания брызг металла и искр не должно быть других, легко воспламеняющихся предметов. При работе на лесах следует уложить на настиле листы асбеста, держать поблизости сосуды с водой или огнетушители.

В тех случаях, когда проведение работы не требует дополнительных мер, предусмотренных общими правилами, на производство огневой работы выдают разрешения, регистрация которых ведется пожарной охраной. Лицо, получившее разрешение, расписывается на корешке, дублирующем текст. При огневых работах в опасных зонах предусматривают специальные пожарные посты.

Для тушения горящего титана могут применяться: сухой порошковый флюс и огнетушители, используемые для тушения горящего магния. Локализованные очаги горения тушат аргоном или гелием. Нельзя применять для гашения горящего титана воду, углекислоту, песок и четыреххлористый углерод.

Индивидуальные средства защиты

Для сварочных работ используются костюмы из парусины брезентовой с комбинированной пропиткой.

Работать можно только в целой, сухой, непромасленной, застегнутой спецодежде. Ботинки должны быть с боковыми застежками, подошва — клеевая. Брюки — гладкие, без отворотов внизу — носят только навыпуск. Рукавицы должны быть в виде «краг». Карманы куртки закрывают клапанами, концы рукавов завязывают тесемками. Голову укрывают обычным головным убором или фибролитовой каской с брезентовыми наплечниками. При работе на металлических поверхностях, производя резку проникающей дугой или плазменной струей, следует пользоваться резиновым ковриком, наколенниками и налокотниками, подшитыми войлоком, а также резиновыми галошами. После работы спецодежду развешивают для просушивания. Пришедшую в негодность раньше срока спецодежду и спецобувь ремонтируют за счет организации или актируют и заменяют новой.

Для защиты глаз и лица электросварщика от брызг расплавленного металла и световой радиации электрической дуги применяются щитки и маски (шлемы),

Светофильтры, рекомендуемые для защиты от излучения дуги (ГОСТ 12.4.080—79)

Процесс	Сила тока А	Обозначение светофильтра	Процесс	Сила тока, А	Обозначение светофильтра
Дуговая сварка:			вольфрамовым	10—15	С-3
металлическим	15—30	С-3	электродом в	15—20	С-4
электродом	30—60	С-4	инертных газах	20—40	С-5
	60—150	С-5		40—80	С-6
	150—275	С-6		80—100	С-7
	275—350	С-7		100—175	С-8
	350—600	С-8		175—275	С-9
	600—700	С-9		275—300	С-10
	700—900	С-10		300—400	С-11
	Свыше 900	С-11		400—600	С-12
				Свыше 600	С-13
тяжелых металлов	20—30	С-3			
металлическим	30—50	С-4	металлическим	30—60	С-1
электродом в среде	50—80	С-5	электродом в CO_2	60—100	С-2
инертных газов	80—100	С-6		100—150	С-3
	100—200	С-7		150—175	С-4
	200—350	С-8		175—300	С-5
	350—500	С-9		300—400	С-6
	500—700	С-10		400—600	С-7
	700—900	С-11		600—700	С-8
	Свыше 900	С-12		700—900	С-9
			Плазменная сварка	30—50	С-5
легких силавов	15—30	С-4	и резка	500—100	С-6
металлическим	30—50	С-5		100—175	С-7
электродом в среде	50—90	С-6		175—300	С-8
инертных газов	90—150	С-7		300—350	С-9
	150—275	С-8		350—500	С-10
	275—350	С-9		500—700	С-11
	350—600	С-10		700—900	С-12
	600—800	С-11		Свыше 900	С-13
	Свыше 800	С-12			
			Воздушно-дуговая	500—700	С-11
			поверхностная резка,	700—900	С-12
			строжка и выплавка	Свыше 900	С-13

выпускаемые по ГОСТ 12.4.035—78, в смотровые отверстия которых вставляют защитные стекла-светофильтры, поглощающие ультрафиолетовые лучи и значительную часть световых и инфракрасных лучей. От брызг и капель расплавленного металла светофильтр защищают обычным прозрачным стеклом, устанавливаемым в смотровое отверстие перед светофильтром.

Широко распространены щитки ЩС, универсальные, «Носорог», каска с маской по ТУ 5.978-13122-77.

При газовой сварке и резке следует применять очки с соответствующими светофильтрами. Такими же светофильтрами можно пользоваться при электрошлаковой сварке.

При контактной сварке следует применять светофильтры, предназначенные для вспомогательных рабочих.

Оказание первой помощи при несчастных случаях

Основные принципы оказания первой помощи: быстрота и точное выполнение всех приемов. В местах, удаленных от санитарных пунктов, должны быть организованы постоянные и передвижные посты из числа работающих. Помощь, оказываемая неспециалистами в области медицины, ограничивается: остановкой кровотечения, перевязкой раны или ожога, проведением искусственного дыхания, наложением неподвижной повязки при переломе, переноской и перевозкой пострадавшего.

В аптечке первой помощи на каждом участке или в бригаде должны быть: иодная настойка, бинты, вата, раствор борной кислоты, цинковые капли, глазная капельница, нашатырный спирт, сода, марганцовокислый калий, эфирно-валериановые капли, складные фанерные шины, подушка с кислородом или карбогеном (кислород с примесью 5—7% углекислого газа).

При электроофтальмии (воспаление слизистой оболочки глаз) на глаза следует наложить 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 работающие рядом со сварщиками.

При загорании на человеке одежды нужно набросить на него любую, находящуюся под рукой тряпку или брезент, мешок и прижать к телу. При потере пострадавшим сознания следует немедленно вынести его на свежий воздух. Ожоги, вызванные воздействием химических веществ, обильно смачивают водой в течение 10—15 мин. 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, сероводородом, аммиаком, окислами азота, фтористым водородом и др.) первая помощь заключается в удалении пострадавшего из загазованного помещения. Затем пострадавшего следует уложить, расстегнуть одежду, дать понюхать нашатырный спирт, согреть, если холодно, при необходимости сделать искусственное дыхание, дать подышать кислородом (особенно при отравлении окисью углерода). Кислород поступает из резиновой подушки с трубкой; 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. Если не принять мер, может наступить тепловой удар. 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 сделать 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 смертель-

ному исходу. Прикасаться к человеку, находящемуся под током, без соблюдения надлежащих мер предосторожности опасно для жизни оказывающего помощь. Поэтому следует немедленно отключить ту часть установки, которой касается пострадавший. Если пострадавший находится на высоте, то отключение установки и освобождение пострадавшего может 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 этого можно 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 случае, 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 к их заземлению. Провод, применяемый для заземления и закорачивания, следует соединить с землей, а затем забросить на провода, подлежащие заземлению.

Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, но пульс прощупывается и дыхание устойчивое, его надо 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.

Даже при отсутствии у пострадавшего признаков жизни (дыхания и пульса) пострадавшему следует делать искусственное дыхание и наружный (непрямой) массаж сердца. Самым эффективным является способ «рот в рот», который делают одновременно с непрерывным массажем сердца. Он заключается в том, что оказывающий помощь производит «выдох» из своих легких в легкие пострадавшего. Для этого пострадавшего следует уложить на спину, раскрыть ему рот, удалить изо рта посторонние предметы и слизь и сделать так, чтобы язык пострадавшего не запал назад и не закрыл дыхательные 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 глотательные движения 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.

Искусственное дыхание следует делать непрерывно как до, так и после прибытия врача. Вопрос о целесообразности применения искусственного дыхания решает врач.

Приложение 1

Прогрессивные показатели производительности труда при выполнении сварочных работ

Ручная электродуговая сварка стальных конструкций

Вид работы	Положение шва	Выработка в смену *, м шва, при толщине свариваемой стали, мм									
		5	6	8	10	12	14	16	18	20	22
Сварка стыковых соединений без скоса кромок	Нижнее	43,1	41,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	Вертикальное	21,6	28,2	—	—	—	—	—	—	—	—
	Потолочное и горизонтальное	20,5	16,7	—	—	—	—	—	—	—	—
Сварка стыковых У-образных соединений со скосом двух кромок при угле раскрытия 60°	Нижнее	—	—	27,3	20,0	16,1	11,9	10,4	9,1	7,4	6,2
	Вертикальное	—	—	13,9	11,5	9,1	7,5	6,4	4,9	4,3	3,7
	Потолочное и горизонтальное	—	—	12,0	8,4	7,25	5,35	4,5	3,9	3,3	2,8
Сварка стыковых У-образных соединений со скосом одной кромки при угле раскрытия 50°	Нижнее	—	—	24,1	20,5	15,4	11,9	10,5	8,6	6,9	6,2
	Горизонтальное	—	—	11,0	10,4	9,2	7,2	5,9	4,8	4,0	3,4
	Потолочное	—	—	10,4	7,6	6,4	5,0	4,3	3,7	3,2	2,6
Сварка стыковых Х-образных соединений при угле раскрытия 60°	Вертикальное	—	—	—	—	12,0	10,5	9,0	6,9	5,9	5,1
Сварка стыковых К-образных соединений при угле раскрытия 50°	Горизонтальное	—	—	—	—	12,0	10,2	7,2	6,0	5,15	4,5
Сварка нахлесточных, тавровых и угловых соединений без скоса кромок	Нижнее и горизонтальное	56,5	52,9	39,0	29,3	23,4	17,8	14,1	11,5	9,5	8,4
	Вертикальное	42,0	34,1	24,8	19,1	13,7	10,4	8,2	6,6	5,3	4,7
	Потолочное	32,8	24,1	18,6	13,2	9,4	7,1	5,5	4,4	3,6	3,2

* Продолжительность рабочей смены составляет 8,2 ч.

Продолжение прил. 1

Выработка сварщиков при монтаже цилиндрических резервуаров

Тип сварного соединения	Положение шва	Способ сварки	Выработка в смену, м шва
Нахлесточное, $S = 4$ мм	Нижнее	Частично механизированная под флюсом	80,8
То же	»	Механизированная под флюсом	192
Тавровое (шов двусторонний) при $\kappa = 5$ мм	»	То же	128
Стыковое без скоса кромок, $S = 3$ мм	»	»	136
То же, $S = 5$ мм	Вертикальное	Ручная электродуговая	20,5

Тип сварного соединения	Положение шва	Способ сварки	Выработка в смену, м шва
То же (подварной шов), глубина проплавления 3 мм	Вертикальное	Ручная электродуговая	68,6
Угловое при $k = 5$ мм	Нижнее	То же	57
То же	Потолочное	»	33
»	Вертикальное	Механизированная под флюсом	42,2

Примечание. S — толщина листа; k — катет шва.

Сварка стержней арматуры встык *

Вид работ	Выработка в смену, шт. сварных стыковых соединений стержней арматуры диаметром, мм						
	20	22	25	28	32	36	40
Частично механизированная сварка под флюсом в съемных формах стержней арматуры:							
горизонтальных	82,0	82,0	82,0	74,5	68,3	58,6	54,7
вертикальных	68,3	68,3	68,3	58,6	58,6	51,2	45,6
Ручная ванная сварка в медных формах горизонтальных стержней арматуры:							
одноэлектродная	58,6	58,6	54,7	54,7	48,2	45,6	41,0
многоэлектродная	63,1	63,1	63,1	58,6	54,7	51,2	45,6
Ручная ванная и ванно-шовная сварка в стальных скобах горизонтальных стержней	63,1	56,8	54,7	48,2	43,2	35,6	49,3
Частичная механизированная сварка многослойными швами на стальных скобах стержней открытой дугой сплошной проволокой стержней арматуры:							
горизонтальных	74,5	68,3	63,1	58,6	54,7	48,2	43,2
вертикальных	63,1	38,6	54,7	51,2	48,2	43,2	39,0
Ручная сварка многослойными швами на стальных остающихся скобах или на медных съемных желобчатых подкладках вертикальных стержней арматуры	68,3	58,6	48,2	35,6	27,3	20,5	15,7

* При сварке открытой дугой порошковой проволокой и проволокой сплошного сечения в углекислом газе соответствующая норма выработки для ручной сварки должна быть увеличена в 1,4 раза.

Вид работ	Выработка в смену, шт. сварных стыковых соединений стержней арматуры диаметром, мм						
	20	22	25	28	32	36	40
Ручная сварка протяженными швами с круглыми накладками горизонтальных стержней при толщине накладок, мм:							
3	117,1	91,1	63,1	45,6	31,5	20,5	14,6
4	91,1	68,3	48,2	35,6	24,1	16,4	11,7
То же, вертикальных стержней при толщине накладок 3 или 4 мм	102,5	24,5	51,2	37,3	27,3	18,2	12,6

* При сварке открытой дугой порошковой проволокой и проволокой сплошного сечения в углекислом газе соответствующая норма выработки для ручной сварки должна быть увеличена в 1,4 раза.

Ручная электродуговая сварка при монтаже технологических трубопроводов

Наружный диаметр труб, мм	Толщина стенки, мм, до	Выработка в смену стыков при положении стыка: вертикальном, поворотном	вертикальном, неповоротном	Горизонтальном неповоротном	Наружный диаметр труб, мм	Толщина стенки, мм, до	Выработка в смену стыков при положении стыка: вертикальном, поворотном	вертикальном, неповоротном	Горизонтальном неповоротном
39—102	4	44	32	22	426	12	7	5	4
108—114	4	38	27	19		18	5	4	3
	8	26	18	13	529	10	7	5	4
133	6	28	20	14		14	5	4	3
	10	18	13	9	630	10	6	4	3
159—168	6	24	17	12		14	5	3	2
	10	16	12	8	820	10	5	3,5	2,7
219	8	15	11	8		14	4	2,5	1,9
	12	11	8	6		18	3	2	1,2
245	10	11	8	6		12	3,3	2,5	1,9
	16	8	6	4	1020	16	2,5	1,8	1,4
273	10	11	8	6		20	1,8	1,3	1,0
	16	8	6	4		12	3	2	1,5
325	12	9	6	5	1220	16	2,1	1,6	1,1
	18	6	5	3		20	1,6	1	0,8

Электродуговая сварка сантехнических трубопроводов

Наружный диаметр трубы, мм	Толщина металла, мм, до	Выработка в смену стыков, при положении стыка: вертикальном: поворотном	вертикальном: неповоротном	горизонтальном неповоротном	Наружный диаметр трубы, мм	Толщина металла, мм, до	Выработка в смену стыков, при положении стыка: вертикальном: поворотном	вертикальном: неповоротном	горизонтальном неповоротном
До 30	3	167	118	83	108—114	4	46	33	23
38—45	4	89	63	44		6	39	27	20
	6	74	53	37	133	5	34	25	17
57—60	4	76	56	38		8	28	20	14
	6	59	43	30	159—168	6	30	21	15
70—83	4	63	44	31		8	24	17	12
	6	51	37	25	194	6	26	19	13
89—102	4	53	38	47		8	21	15	11
	6	45	31	22	219	6	23	17	12
						8	19	14	10

Толщина металла, мм	Тип шва (ГОСТ 5264—80): С2	С5	С7	С15	С21	С23	С25	С26
38	—	—	—	3,327	4,902	—	2,941	3,462
40	—	—	—	3,661	5,405	4,167	3,225	3,697
42	—	—	—	3,991	5,944	4,474	3,513	3,941
44	—	—	—	4,346	6,498	4,949	3,822	4,185
46	—	—	—	4,706	7,088	—	4,135	4,439
48	—	—	—	5,100	7,693	5,439	4,469	4,691
50	—	—	—	5,490	8,334	—	4,808	4,954
52	—	—	—	5,904	—	6,123	5,168	5,215

Приложение 2

Нормы расхода сварочных материалов

Масса наплавленного металла, кг на 1 м шва

Толщина металла, мм	Тип шва (ГОСТ 5264—80): С2	С5	С7	С15	С21	С23	С25	С26
1	0,027	0,027	—	—	—	—	—	—
1,5	0,027	0,027	—	—	—	—	—	—
2	0,062	0,062	0,131	—	—	—	—	—
3	0,080	0,073	0,147	—	0,085	—	—	—
4	0,131	0,140	0,178	—	0,112	—	—	—
5	0,166	0,157	0,194	—	—	—	—	—
6	0,183	0,173	0,267	—	0,192	—	—	—
8	—	—	0,300	—	0,289	—	—	—
10	—	—	—	—	0,438	—	—	—
12	—	—	—	0,506	0,585	—	0,463	—
14	—	—	—	0,628	0,768	—	0,573	—
16	—	—	—	0,775	0,966	1,193	0,704	—
18	—	—	—	0,926	1,203	1,395	0,839	—
20	—	—	—	1,102	1,452	1,601	1,005	—
22	—	—	—	1,283	1,736	1,821	1,165	—
24	—	—	—	1,498	2,037	2,044	1,347	—
26	—	—	—	1,710	2,372	2,281	1,533	—
28	—	—	—	1,945	2,722	2,523	1,740	—
30	—	—	—	2,186	3,118	2,781	1,952	2,555
32	—	—	—	2,461	3,523	—	2,185	2,773
34	—	—	—	2,732	3,956	3,307	2,241	3,000
36	—	—	—	3,027	4,409	3,588	2,679	2,227

Толщина металла, мм	Тип шва: У4	У5	У10	Т1	Т3	Т7	Т8	Н1	Н2
2	0,021	0,031	—	0,060	0,120	—	—	0,032	0,064
3	—	—	—	0,060	0,120	—	—	0,060	0,119
4	0,060	0,109	—	0,060	0,120	0,262	—	0,095	0,190
5	—	—	—	0,100	0,200	—	—	0,138	0,277
6	0,116	0,176	—	0,100	0,200	0,399	—	0,190	0,379
8	0,190	0,250	—	0,139	0,278	0,537	—	0,315	0,630
10	0,281	0,341	—	0,190	0,380	0,730	—	0,472	0,944
12	0,390	0,499	0,614	0,190	0,380	1,028	0,871	0,660	1,320
14	0,516	0,576	0,786	0,190	0,380	1,299	0,923	0,879	1,758
16	0,660	0,720	0,999	0,249	0,498	1,563	1,186	1,129	2,259
18	0,821	0,881	1,223	0,249	0,498	2,044	1,338	1,411	2,822
20	1,001	1,060	1,481	0,249	0,498	2,488	1,935	1,724	3,448
22	1,057	1,257	1,757	0,315	0,630	2,785	2,116	2,068	4,136
24	1,411	1,474	2,065	0,315	0,630	3,117	2,500	2,443	4,886
26	1,643	1,703	2,391	0,315	0,630	3,599	2,922	2,840	5,699
28	1,892	1,952	2,737	0,315	0,630	—	3,274	3,287	6,574
30	2,159	2,218	3,132	0,315	0,630	—	3,515	3,756	7,511
32	—	—	3,712	—	—	—	3,996	4,256	8,511
34	—	—	3,971	—	—	—	4,267	4,787	9,574
36	—	—	4,438	—	—	—	5,653	5,349	10,698
38	—	—	4,916	—	—	—	5,864	5,943	11,956
40	—	—	5,430	—	—	—	6,516	6,586	13,135
42	—	—	5,959	—	—	—	6,846	7,224	14,447
44	—	—	6,522	—	—	—	7,360	7,911	15,822
46	—	—	7,103	—	—	—	7,720	8,629	17,258
48	—	—	7,717	—	—	—	9,212	9,378	18,757
50	—	—	8,349	—	—	—	9,608	10,160	20,319
52	—	—	—	—	—	—	10,219	10,971	21,943

Нормы расхода электродов, кг, на один поворотный стык трубопровода [12]

Наружный диаметр, мм	Толщина стенки трубы, мм												
	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16
25	0,017	0,02	0,026	0,034	0,043	0,053	0,063	—	—	—	—	—	—
32	0,021	0,025	0,034	0,044	0,055	0,068	0,083	—	—	—	—	—	—
38	0,025	0,029	0,040	0,052	0,066	0,082	0,099	—	—	—	—	—	—
42	0,028	0,033	0,044	0,058	0,073	0,091	0,110	0,132	0,171	—	—	—	—
57	—	0,046	0,06	0,078	0,10	0,124	0,152	0,182	0,24	0,27	0,31	—	—
76	—	—	0,079	0,104	0,133	0,167	0,20	0,25	0,32	0,37	0,43	0,57	0,70
89	—	—	0,093	0,122	0,157	0,196	0,24	0,29	0,38	0,44	0,50	0,67	0,83
102	—	—	0,106	0,140	0,180	0,230	0,28	0,33	0,43	0,50	0,58	0,78	9,96
108	—	—	0,113	0,148	0,190	0,240	0,29	0,35	0,46	0,53	0,62	0,82	1,02
159	—	—	—	0,22	0,28	0,460	0,54	0,62	0,75	0,85	0,95	1,57	1,84
168	—	—	—	0,23	0,3	0,490	0,57	0,65	0,79	0,89	1,00	1,86	1,96
194	—	—	—	0,27	0,34	0,560	0,66	0,76	0,92	1,04	1,16	1,93	2,3
219	—	—	—	—	0,39	0,690	0,74	0,86	1,04	1,17	1,32	2,2	2,6
273	—	—	—	—	—	0,820	0,93	1,07	1,31	1,47	1,65	2,8	3,3
377	—	—	—	—	—	—	—	1,49	1,81	2,0	2,3	3,8	4,5
426	—	—	—	—	—	—	—	1,68	2,0	2,3	2,6	4,3	5,1
530	—	—	—	—	—	—	—	2,1	2,5	2,9	3,1	5,4	—

Нормы расхода электродов, кг, на один поворотный стык для сварки труб большого диаметра [12]

Диаметр трубы, мм	Толщина стенки, мм							
	8	9	10	11	12	14	16	Подварка
600	—	2,4	2,9	3,3	3,7	6,2	—	1,025
630	—	2,5	3,0	3,4	3,8	6,5	—	1,070
720	—	2,9	3,5	3,9	4,4	7,4	—	1,230
820	—	3,3	4,0	4,5	5,0	8,4	—	1,400
920	3,2	—	4,4	—	5,6	—	—	1,572
1020	3,5	—	4,9	—	6,3	—	—	2,742
1220	4,2	—	5,9	—	7,5	—	—	2,085
1320	4,5	—	6,4	—	8,1	13,6	—	2,260
1420	4,9	—	6,9	—	8,7	14,7	—	2,430
1600	5,5	—	7,7	—	9,8	16,7	21,1	2,740
2000	—	—	9,7	—	12,3	20,7	28,7	3,420
2200	—	—	10,6	—	13,5	22,8	29,3	3,760

Примечание. При сварке неповоротных стыков нормы следует увеличить на 10%

Нормы выхода ацетилена из 1 кг карбида кальция

Размер кусков карбида кальция, мм	Условные обозначения размеров (ГОСТ 1460—81)	Норма выхода ацетилена л, для сорта		Размер кусков карбида кальция, мм	Условные обозначения размеров (ГОСТ 1460—81)	Норма выхода ацетилена, л, для сорта	
		1-го	2-го			1-го	2-го
От 2 до 8	2/8	255	235	От 15 до 25	15/25	275	255
От 8 до 15	8/15	265	245	От 25 до 80	15/80	285	265

Примечание. Карбид кальция поставляется в герметически закрытых барабанах массой 50—130 кг.

Расход материалое при газовой сварке труб (на один стык) [24]

Диаметр и толщина трубы, мм	Кислород, л		Пропан-бутан л	Ацетилен, л	Карбид кальция, кг	Сварочная проволока, кг
	для ацетилена	для пропан-бутана				
25×3	4,5	8,2	2,34	3,9	0,016	0,007
38×3	7,0	12,6	3,61	6,08	0,025	0,010
48×3	14,0	26,5	7,56	12,6	0,060	0,014
57×3	20,0	35,7	10,20	17,0	0,077	0,018
70×4	41,0	75,6	21,60	35,0	0,150	0,036
78×5	93,0	168,4	48,12	80,2	0,334	0,069

Примечание. Усредненный расход карбида кальция на 1 кг присадочной проволоки составляет 4 кг.

Расход газа, л, на 1 м реза при ацетилено-кислородной резке стали [12, 24]

Газ	Толщина стали, мм										
	5	10	20	30	50	75	100	150	200	250	300
Кислород	70	130	230	360	580	850	1250	2550	3250	4800	5600
Ацетилен	14	16	20	30	40	70	100	140	180	230	270

Примечание. Коэффициент замены ацетилена сжиженным газом (отношение объемного расхода сжиженного газа к расходу заменяемого ацетилена) при кислородной резке $\varphi = 0{,}6$ Отношение кислорода и сжиженного газа в пламени $\beta = 3{,}5—4$.

Расход аргона при ручной и механизированной сварке сталей [24]

Толщина металла, мм	Оптимальный расход газа, л/мин	Расход л, на 1 м шва при скорости сварки, м/ч								Дополнительный расход на подготовительно-заключительные операции, л
		4	6	10	15	20	25	30	35	
Неплавящийся электрод										
0,5	6	—	—	36	24	18	14,4	12	—	1,2
1—1,5	7	—	—	42	28	21	16,8	14	—	1,4
2—3	9	—	90	54	36	27	21,6	18	—	1,8
3—5	11	165	110	66	44	33	26,4	22	—	2,2
5—2	12	180	120	72	48	36	28,8	24	—	2,4
8 и более	14	210	140	84	56	42	33,6	28	—	2,8
Плавящийся электрод										
2—3	8	120	80	48	32	24	19,2	16	13,6	0,4
4	9	135	90	54	36	27	21,6	18	15,3	0,5
6	10	150	100	60	40	30	24,0	80	17,0	0,5
8	13	196	130	78	52	39	21,2	26	22,1	0,7
10 и более	15	225	150	90	60	45	36,0	30	25,5	0,8

Примечание. В монтажных условиях расход аргона возрастает на 15—20%.

Продолжение прил. 2

Расход вольфрамовых прутков при аргонодуговой сварке [24]

Свариваемый металл	Толщина, мм	Диаметр электрода, мм	Расход вольфрама на 100 мм шва, г, при сварке	
			ручной	механизированной
Конструкционные нержавеющие и жаропрочные стали	0,5	1,0	6,0	2,8
	1,0	1,5	8,3	3,9
	2,0	2,0	23,4	10,9
	3,0	3,0	83,3	39,0
	4,0	4,0	132,2	125,0
	5,0	5,0	165,0	156,0
Алюминий и алюминиево-магниевые сплавы	1,0	1,5	8,3	3,9
	2,0	2,0	23,4	10,9
	4,0	3,0	83,3	39,0
	5—6	4,0	132,2	125,0
	7,0	5,0	165,0	156,0

Продолжение прил. 2

Расход материалов при керосино-кислородной резке стали [24]

Толщина металла, мм	Расход на 1 м реза		Толщина металла, мм	Расход на 1 м реза	
	кислорода, л	керосина, г		кислорода, л	керосина, г
5	134	25	50	1090	100
10	185	35	70	1890	132
15	270	44	100	3360	180
20	423	53	150	4800	190
30	600	70	200	7230	200

Примечание. Взамен керосина допускается применять смесь керосина и бензина.

Продолжение прил. 2

Укрупненные показатели для определения массы наплавленного металла

Изделия	Масса наплавленного металла, % к массе изделия	
	при изготовлении	при монтаже
Конструкции зданий и промышленных сооружений:		
решетчатые (эстакады под трубопроводы, этажерки, опорные конструкции под оборудование и т. п.)	1,04	0,35
листовые колонного типа (скрубберы, абсорберы, декомпозеры и т. п.)	—	1,50
листовые доменных комплексов	—	1,20
другие	0,81	0,25
Резервуары:		
шаровые	—	2,10
цилиндрические (полистовая сборка)	—	1,50
Сосуды, аппараты, бункеры, емкости и т. п.	0,93	0,23
Трубопроводы:		
внутрицеховые	1,00	0,17
межцеховые	0,33	0,15
рассчитанные на $P_y \geqslant 9{,}8$ МПа	—	0,84
магистральные	—	0,75
Водоводы диаметром 1400—2200 мм	0,69	0,29

Продолжение прил. 2

Изделия	Масса наплавленного металла, % к массе изделия	
	при изготовлении	при монтаже

Приложение 3

Примерный тематический план подготовки и аттестации сварщиков

Разделы и темы	Количество часов
Электросварщики ручной сварки	
А. Теоретические занятия	
Вводное занятие	2
Раздел 1. Основы материаловедения	
Основные понятия о металлах и их свариваемости	2
Конструкционные стали и их основные свойства	2
Легированные стали. Арматура железобетона. Цветные металлы	4
Раздел 2. Чтение рабочих чертежей	2
Основные понятия о чтении чертежей, обозначениях сварных швов, электродов и т. д.	5
Раздел 3. Машины и аппараты для дуговой сварки	
Основные сведения из электротехники	4
Электрическая дуга и ее свойства	2
Сварочные преобразователи и выпрямители	3
Сварочные аппараты переменного тока и агрегаты	2
Принадлежности и инструмент для сварки	1
Раздел 4. Электроды	
Электроды для сварки и наплавки	6
Раздел 5. Технология электродуговой сварки	
Типы сварных соединений, подготовка деталей под сварку и классификация сварных швов	2
Техника электродуговой сварки	4
Сварка труб, приварка фланцев и штуцеров	2
Сварка котлов и сосудов, работающих под давлением	2
Сварка металлоконструкций	2
Раздел 6. Деформации и напряжения при сварке	
Причины, вызывающие деформации и напряжения	2
Меры борьбы с деформациями и напряжениями	2
Раздел 7. Термическая обработка сварных соединений	
Влияние процесса сварки на металл в околошовной зоне	1
Виды и способы термической обработки металлов и их назначение	
Снятие напряжений взрывом	2
Сварка при температуре окружающего воздуха ниже 0° С	2
Раздел 8. Дефекты сварных соединений и контроль качества сварки	

Разделы и темы	Количество часов
Наружные и внутренние дефекты сварных соединений, причины их появления и способы устранения	2
Методы контроля	4
Раздел 9. Требования Правил Госгортехнадзора СССР по сварке	
Сварка паровых котлов	1
Сварка сосудов и аппаратов	1
Сварка трубопроводов для пара и горячей воды	1
Сварка металлоконструкций подъемных устройств	1
Требования при испытании электросварщиков	2
Техника безопасности и охрана труда	5
Раздел 10. Организация труда и заработной платы	
Организация труда и рабочего места	2
Основные сведения о техническом нормировании и зарплате	2
Основы экономики производства	7
Раздел 11. Квалификационные испытания	
Испытания сварщиков	4
Итого	90
Б. Практические испытания	
Ознакомление с источниками питания для дуговой сварки. Пуск, остановка, способы регулирования	4
Сварка пластин $S = 8$—15 мм внахлестку, втавр, в угол во всех положениях шва (сварка арматуры)	20
Сварка пластин $S = 3$—6 мм встык во всех положениях шва	10
Сварка пластин 8—15 мм встык с V-образной подготовкой кромок при горизонтальном положении оси, с поворотом трубы	10
То же, без поворота трубы	30
Сварка труб встык с V-образной подготовкой кромок при вертикальном положении оси без поворота трубы	10
Вварка штуцеров диаметром 34, 33, 108 мм в трубу диаметром 250 мм	10
Сварка контрольных образцов и проверка знаний	10
Итого	124
Всего	214
Газосварщики	
А. Теоретические занятия	
Введение	2
Раздел 1. Основы материаловедения	2
Основные понятия о металлах и их свариваемости	8
Газы, применяемые при сварке и резке	4
Присадочные материалы и флюсы	2
Раздел 2. Чтение рабочих чертежей. Элементы чертежа. Обозначение сварных швов	5
Раздел 3. Оборудование и аппаратура для сварки и резки	
Ацетиленовые генераторы, химические очистители и водяные затворы	6
Баллоны для хранения и перевозки газов	2
Редукторы, сварочные горелки и резаки	3
Раздел 4. Технология газовой сварки	
Типы сварных соединений и виды швов	4

Разделы и темы	Количество часов
Сварочное пламя и техника газовой сварки	2
Причины деформаций и напряжений. Меры борьбы с ними	4
Сварка труб и приварка плоских фланцев	4
Сварка листовых конструкций	2
Сварка цветных металлов	2
Раздел 5. Термическая обработка	
Виды термической обработки изделий и их назначение	
Методика использования газового пламени	3
Раздел 6. Дефекты сварных соединений и контроль качества	
Дефекты сварных соединений, причины их появления и способы устранения	4
Методы контроля	6
Раздел 7. Требования правил Госгортехнадзора по сварке	
Сварка паровых котлов	2
Сварка сосудов и аппаратов	2
Сварка трубопроводов пара и горячей воды	2
Требования по испытанию газосварщиков	2
Раздел 8. Техника безопасности, производственная санитария оказание первой помощи	5
Раздел 9. Организация труда и заработной платы. Основы экономики производства	10
Раздел 10. Теоретическое испытание сварщиков	4
Итого	90
Б. Практические занятия	
Сварочная аппаратура (разборка и сборка горелки, резака, редуктора, вентиля, пуск в работу генератора)	4
Сварка пластин встык во всех положениях	20
Сварка пластин внахлестку и втавр во всех положениях	20
Сварка труб встык при горизонтальном положении осей, с поворотом трубы	18
То же, без поворота трубы	20
Сварка труб встык при вертикальном положении осей, без поворота	20
Практические испытания газосварщиков	8
Итого	110
Всего	200

Список литературы

1. *Алексеев Е. К., Мельник В. И.* Сварка в промышленном строительстве. М. : Стройиздат, 1977.— 360 с.

2. *Бельфор М. Г., Патон Б. Е.* Оборудование для дуговой и шлаковой сварки и наплавки. М. : Высш. школа, 1974.— 385 с.

3. *Бондарь В. Х., Шкуратовский Г. Д.* Справочник сварщика-строителя.— 2-е изд. Киев : Будівельник, 1974.— 302 с.

4. *Глизманенко Д. Л.* Сварка и резка металлов. М. : Высш. школа, 1973.— 447 с.

5. *Зайцев К. И., Мацюк Л. Н.* Сварка пластмасс. М. : Машиностроение, 1978.— 224.

6. Инструкция по изготовлению и монтажу технологических трубопроводов из полиэтилена, полипропилена, винипласта и фторопласта. ВСН 339—75/ММСС СССР. М. : ЦБНТИ ММСС СССР, 1975.— 112 с.

7. Инструкция по сварке конструкций из титана и его сплавов. Киев : УкрПТКИМонтажспецстрой, 1974.— 64 с.

8. Инструкция по сварке порошковыми проволоками. РД36 УССР 1-80. Киев : УкрПТКИМонтажспецстрой, 1980.— 56 с.

9. Инструкция по монтажу и испытанию трубопроводов диаметром условного прохода до 400 мм включительно на давление свыше 9,8 до 245 МПа (свыше 100 до 2500 кгс/см²). ВСН 70—79/ММСС СССР. М. : ЦБНТИ ММСС СССР, 1980.— 38 с.

10. Инструкция по сварке соединений арматуры и закладных деталей железобетонных конструкций. СН 393-78. М. : Стройиздат, 1979,—135 с.

11. *Нойман А., Рихтер Е.* Справочник по сварке, пайке, склейке и резке металлов и пластмасс.: Пер. с нем. М. : Металлургия, 1980.— 163 с.

12. Нормативы расхода сварочных материалов. Киев : УкрПТКИМонтажспецстрой, 1973.— 79 с.

13. Порошковые проволоки для электродуговой сварки. Каталог. Киев : Наук. думка, 1980.— 179 с.

14. Правила аттестации сварщиков. М. : Недра, 1971.— 33 с.

15. Правила техники безопасности и гигиены труда при сварочных работах и термической резке металлов в строительстве. РД36 УССР 3—81. М. : ЦБНТИ ММСС СССР, 1981.— 96 с.

16. Руководство по сварке типовых узлов при монтаже стальных конструкций производственных зданий и сооружений. М. : ЦБНТИ ММСС СССР, 1980.— 76 с.

17. Сборник правил и руководящих материалов по котлонадзору. М. : Недра, 1974.— 559 с.

18. Сварка и резка в промышленном строительстве / Под ред. Г. Д. Малышева. М. : Стройиздат, 1980.— 784 с.

19. Сварка в машиностроении. Т. I. / Под ред. Н. А. Ольшанского. М. : Машиностроение, 1978.— 501 с.

20. Справочник по специальным работам. Т. I. Сварочные работы в строительстве / Под ред. В. Д. Тарана. М. : Стройиздат, 1971.— 415 с.

21. Тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих, занятых в строительстве и на ремонтно-строительных работах (ТКС строителей). М. : Стройиздат, 1969.— 153 с.

22. *Шинкарев Б. М., Суптель А. М.* Сварка строительных металлоконструкций порошковой проволокой. Киев ; Будівельник, 1978.— 174 с.

23. *Шкуратовский Г. Д.* Сварочные работы при монтаже строительных конструкций. Киев : Будівельник, 1977.— 80 с.

24. *Юрьев В. П.* Справочное пособие по нормированию материалов и электроэнергии для сварочной техники. М. : Машиностроение, 1972.— 146 с.

25. *Ялышко Г. Ф.* Сварка трубопроводов высокого давления. М. : Стройиздат, 1979.— 174 с.

26. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сб. 22. Сварочные работы. М. : Стройиздат, 1979.— 176 с.

27. Инструкция по разработке проектов производства сварочных работ. ВСН 424—81/ММСС СССР. М. : Изд. ЦБНТИ ММСС СССР, 1981.— 20 с.

28. Инструкция по изготовлению, монтажу и испытанию технологических трубопроводов различного назначения с условным давлением до 10 МПа (100 кгс/см²). М. : Изд. ЦБНТИ ММСС СССР, 1977.— 202 с.

29. Инструкция по технологии сварки магистральных трубопроводов. ВСН 2-124-80/Миннефтестрой СССР. М. : ВНИИСТ, 1981.—61 с.

30. Руководящие технические материалы по сварке при монтаже тепловых электростанций. РТМ-1с-73/Оргэнергострой. М. : Энергия, 1975.— 272 с.

31. Сосуды и аппараты стальные сварные. СТ СЭВ 800-77 (взамен РС 1277-68). Киев : УкрПТКИмонтажспецстрой, 1980.— 59 с.

Оглавление

Предисловие 3

Основные понятия и обозначения при сварке металлов в строительстве 5
Стали и их свариваемость 18
Марки и характеристики сталей 18
Свариваемость сталей 24

Сварочные материалы 27
Проволоки сварочные 27
Электроды металлические 31
Проволоки порошковые 42
Флюсы сварочные 48
Газы для сварки и резки 51

Оборудование и инструмент для сварки 54
Источники питания сварочной дуги 54
Оборудование для механизированной электросварки 64
Оборудование и инструмент для газопламенной и плазменно-дуговой обработки металлов 74
Электроснабжение сварочных постов 85
Оснащение рабочего места и инструмент для ручной электродуговой сварки 87
Вспомогательное сварочное оборудование 90
Эксплуатация электросварочного оборудования 93

Технология сварки и резки 99
Сварочная дуга 99
Ручная электродуговая сварка 100
Механизированная сварка под флюсом 118
Электрошлаковая сварка 123
Дуговая сварка в защитных газах 124
Дуговая сварка порошковой проволокой 132
Газовая сварка 133
Термическая резка 137
Напряжения и деформации при сварке и резке 139

Сварка строительных конструкций, трубопроводов и арматуры железобетона 144
Сварка строительных металлоконструкций 144
Швы металлоконструкций (144). Сборка металлоконструкций (146). Материалы, рекомендуемые для сварки строительных металлоконструкций (148). Сварка решетчатых и балочных, конструкций (152).
Сварка резервуаров (152). Особенности сварки конструкций из высокопрочных сталей (154). Особенности сварки конструкций из разнородных сталей (156).
Сварка трубопроводов 157
Подготовка к сварке (157). Технология сварки (188).
Сварка арматуры железобетона 166
Сварка изделий из пластмасс 169
Способы сварки пластмасс (169). Оборудование и инструмент (171). Технология сварки (179).
Сварка конструкций из титана и его сплавов 174
Сварные соединения и сварочные материалы (175). Технология сварки (180)
Сварка при ремонте 184
Наплавочные работы (184). Указания по сварке при ремонте конструкций (185)
Контроль качества сварных соединений 185
Методы контроля качества сварных швов 187
Оборудование для неразрушающего контроля качества сварных соединений 191
Объем неразрушающего контроля сварных швов 193
Оценка качества 196

Организация сварочных работ 198

Аттестация сварщиков 205
Тарифно-квалификационная характеристика рабочих в строительстве . . . 205
Правила аттестации сварщиков 208

Техника безопасности и охрана труда 212
Правила техники безопасности при производстве работ 212
Индивидуальные средства защиты 222
Оказание первой помощи при несчастных случаях 223

Приложения 225
Приложение 1. Прогрессивные показатели производительности труда при выполнении сварочных работ 225
Приложение 2. Нормы расхода сварочных материалов 228
Приложение 3. Примерный тематический план подготовки и аттестации сварщиков 232

ВИКТОР ХАРИТОНОВИЧ БОНДАРЬ,
ГРИГОРИЙ ДАВИДОВИЧ ШКУРАТОВСКИЙ

Справочник сварщика-строителя

Издание 3-е, переработанное и дополненное

Редактор *В. А. Шевчук*
Обложка художника *О. И. Царапкина*
Художественный редактор *О. Д. Васильева*
Технические редакторы *С. Г. Яблонская, О. Г. Шульженко*
Корректоры *Л. И. Рымаренко, Л. К. Никенка*

Информ. бланк № 1759.

Сдано в набор 12.11.81. Подписано в печать 16.09.82. БФ 04164. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 15. Усл. кр.-отт. 15,5. Уч.-изд. л. 19,28. Тираж 120 000 экз. Изд. № 155—80. Заказ № 1—2816. Цена 1 р. 10 к.

Издательство «Будівельник». 252053. Киев-53. Обсерваторная, 25.

Головное предприятие республиканского производственного объединения «Полиграфкнига», 252057, Киев, ул. Довженко, 3.