



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Институт повышения квалификации
и переподготовки

Кафедра «Разработка, эксплуатация нефтяных
месторождений и транспорт нефти»

И. Н. Степанкин, И. А. Панкратов, Е. П. Поздняков

СВАРКА ТРУБОПРОВОДОВ

ПОСОБИЕ

**по одноименному курсу
для слушателей специальности 1-70 05 75
«Трубопроводный транспорт, хранение
и реализация нефтегазопродуктов»
заочной формы обучения**

Гомель 2016

УДК 621.791(075.8)
ББК 39.71-060.5я73
С79

*Рекомендовано кафедрой «Разработка, эксплуатация нефтяных месторождений
и транспорт нефти» ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 4 от 20.10.2015 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Технология машиностроения» канд. техн. наук,
доц. *М. П. Кульгейко*

Степанкин, И. Н.

С79 Сварка трубопроводов : пособие по одноим. курсу для слушателей специальности 1-70 05 75 «Трубопроводный транспорт, хранение и реализация нефтегазопродуктов» заоч. формы обучения / И. Н. Степанкин, И. А. Панкратов, Е. П. Поздняков : ГГТУ им. П. О Сухого, 2016. – 133 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Рассмотрены важнейшие вопросы теории и практики проведения сварочных работ при монтаже магистральных и промысловых трубопроводов при изготовлении их преимущественно из сталей, применяемых в отрасли.

Для слушателей курсов ИПКиП.

УДК 621.791(075.8)
ББК 39.71-060.5я73

ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие сведения.....	3
Глава 1. Общая характеристика трубопроводов.....	4
Глава 2. Материалы для изготовления трубопроводов.....	10
Глава 3. Способы осуществления сварочных работ.....	13
3.1. Общая характеристика сварочного производства.....	13
3.2. Физические основы получения сварных соединений.....	14
3.3. Сварка плавлением.....	16
3.3.1. Дуговая сварка.....	16
3.3.1.1. Ручная дуговая сварка (РДС).....	25
3.3.1.2. Автоматическая дуговая сварка под флюсом.....	29
3.3.1.3. Дуговая сварка в защитных газах.....	30
3.3.2. Электрошлаковая сварка.....	33
3.3.3. Плазменная сварка.....	34
3.3.4. Газовая сварка.....	36
3.3.5. Термическая резка металлов.....	38
3.4. Термомеханическая и механическая сварка.....	39
3.4.1. Контактная сварка.....	39
3.4.2. Сварка трением.....	43
3.5. Пайка металлов и сплавов.....	44
3.6. Сварка вращающейся дугой (СВД).....	45
3.7. Дефекты сварных соединений и контроль качества сварных швов	47
Глава 4. Технологические требования при электродуговой сварке магистральных и промышленных трубопроводов.....	50
4.1. Разделка кромок трубных заготовок.....	51
4.2. Сборка стыков труб перед сваркой.....	51
4.3. Сварочные материалы.....	55
4.4. Ручная электродуговая сварка кольцевых стыков труб...59	
4.5. Двусторонняя автоматическая сварка под флюсом на базах типа БТС.....	62
4.6. Односторонняя автоматическая сварка под флюсом на базах типа ССТ-ПАУ.....	66
4.7. Автоматическая сварка неповоротных стыков трубопроводов порошковой проволокой с принудительным формированием	69
4.8. Автоматическая электродуговая сварка труб в среде защитных газов.....	75
4.9. Специальные сварочные работы.....	79

4.9.1. Заварка технологических отверстий в трубах на стадии строительства трубопроводов.....	80
4.9.2. Сварка прямых врезок.....	86
4.9.3. Сварка захлестов.....	86
4.9.4. Муфтовые сварные соединения.....	89
4.10. Ремонт сварных соединений.....	90
4.11. Сварка трубопроводов, транспортирующих сероводородсодержащие среды.....	91
Глава 5. Прессовые методы сварки магистральных и промышленных трубопроводов.....	105
5.1. Подготовка к сварочным работам.....	105
5.2. Стыковая контактная сварка оплавлением промышленных и магистральных трубопроводов.....	105
5.3. Паяльные материалы.....	109
5.4. Индукционная пайка стыков трубопроводов.....	110
5.5. Сварка вращающейся дугой (СВД).....	112
Глава 6. Резка труб в трассовых условиях.....	114
6.1. Машинная кислородная резка.....	114
6.2. Ручная кислородная резка.....	116
6.3. Воздушно-плазменная резка.....	117
6.4. Ручная и машинная воздушно-дуговая резка (выборка дефектов швов и основного металла).....	121
Глава 7. Техника безопасности и производственная санитария при сварке магистральных и промышленных трубопроводов.....	123

Общие сведения

В данном пособии описаны технологические особенности сварки кольцевых стыков бесшовных, электросварных и спирально-шовных труб, а также труб, фитингов и запорной арматуры из горячекатаных, в том числе с контролируемой прокаткой, нормализованных и термически упрочненных низкоуглеродистых сталей с нормативным значением временного сопротивления на разрыв до 588 МПа (60 кгс/мм²) и термоупрочненных* до 637 МПа (65 кгс/мм²), диаметром от 14 до 1420 мм.

Дополнительно приведены сведения о технологии сварки трубопроводов из полимерных материалов.

Монтаж стальных трубопроводов производится ручной электродуговой сваркой штучными электродами; автоматической сваркой под флюсом; сваркой порошковой проволокой с принудительным формированием шва; автоматической и полуавтоматической сваркой в защитных газах; ручной аргодуговой сваркой корневого шва; стыковой сваркой оплавлением; **сваркой вращающейся магнитоуправляемой дугой; индукционной пайкой.**

Монтаж трубопроводов из полимерных материалов производится стыковой контактной сваркой, а также внахлест с применением соединительных муфт с закладными нагревательными элементами или без них.

Допускается применение газо-кислородной сварки, которая для соединения трубопроводов диаметром до 89 мм с толщиной стенки до 5 мм включительно, а также трубопроводов для транспортировки масла, антифриза, воды, сжатого воздуха, контрольно-измерительной аппаратуры и автоматики диаметром до 168 мм включительно, также с толщиной стенки до 5 мм.

В качестве технологических процессов подготовки трубных заготовок к сварке допускается применение разделительной и поверхностной резки трубопроводов.

Глава 1. Общая характеристика трубопроводов

Трубопровод — это сооружение, предназначенное для транспортировки жидких, газообразных и твердых (сыпучих) продуктов. Трубопроводы состоят из плотно соединённых между собой прямых участков труб, деталей, запорно-регулирующей арматуры, контрольно-измерительных приборов, средств автоматики, опор и подвесок, крепежа, прокладок и уплотнений, а также материалов, применяемых для тепловой и антикоррозионной изоляции.

Детали трубопроводов — это соединительные детали, которые используют при строительстве трубопроводов различного назначения, необходимые при изгибах, наклонах, поворотах, изменении диаметра труб и в случае, когда трубопровод временно не используется. Соединяются детали при монтаже трубопровода, как правило, сваркой встык.

Таблица 1.1 – Основные виды деталей трубопроводов:



Различают промышленный (технологический) и магистральный трубопроводный транспорт в зависимости от территориального расположения и назначения. Газо- и нефтепроводы, переправляющие продукты от мест добычи к местам переработки и потребления, а именно на заводы или в морские порты для последующей выгрузки в танкеры и дальнейшей транспортировки, относятся к магистральному трубопроводному транспорту. С заводов готовые нефтепродукты направляются по магистральным продуктоводам в районы потребления.

Магистральные трубопроводы. К магистральным трубопроводам относятся трубопроводы и ответвления (отводы) от них диаметром до 1420мм включительно с избыточным давлением транспортируемого продукта не выше 10 МПа, предназначенные для транспортировки:

- природного газа или нефтяного углеводородного газа из районов их добычи до мест потребления;
- искусственного углеводородного газа от мест производства до мест потребления;
- сжиженных углеводородных газов (пропана, бутана и их смесей) из мест производства до мест потребления;
- нефти из районов ее добычи (от головных перекачивающих насосных станций) до мест потребления (нефтебаз, перевалочных баз, нефтеперерабатывающих заводов или нефтехимических комплексов, пунктов налива, отдельных промышленных предприятий и портов);
- нефтепродуктов от мест их производства (нефтеперерабатывающих заводов или нефтехимических комплексов) до мест потребления (нефтебаз, перевалочных баз, пунктов налива, отдельных промышленных предприятий и портов);
- товарной продукции в пределах головных и промежуточных газокомпрессорных, нефте- и нефтепродуктоперекачивающих насосных станций, станций подземного хранения газа, газораспределительных станций, замерных пунктов.

Нефть из скважин по индивидуальным нефтепроводам поступает на нефтесборные пункты, а оттуда по нефтесборным трубопроводам на головные сооружения – установку комплексной подготовки нефти, на которых она отстаивается, обезвоживается, очищается от различных примесей, отделяется от нефтяного газа и т.д.

Отсюда нефть подается на головную насосную станцию, а затем в магистральный нефтепровод. Промежуточными насосными станциями нефть перекачивается до конечной насосной станции, а затем потребителю.

Состав магистрального нефтепродуктопровода аналогичен составу нефтепровода, отличие заключается в том, что нефтепродуктопровод имеет большее число отводов к нефтебазам. Магистральные нефте- и нефтепродуктопроводы в зависимости от условного диаметра подразделяются на четыре класса:

- I - от 1000 до 1400мм
- II - от 500 до 1000мм
- III - от 300 до 500мм
- IV - менее 300мм

Магистральные трубопроводы, как правило, прокладываются подземно. В исключительных случаях трубопроводы могут быть проложены по поверхности земли в насыпи (надземно) или на опорах (надземно). Такие прокладки допускаются в пустынях, горах

болотах, на вечномёрзлых и неустойчивых грунтах, на переходах через естественные и искусственные препятствия. Прокладка трубопровода осуществляется одиночно или в составе параллельных трубопроводов в общем техническом коридоре. Число ниток в техническом коридоре регламентируется предельным количеством суммарного объема транспортируемого продукта.

Промышленные трубопроводы. Больше трети трубопроводов промышленных предприятий составляют технологические трубопроводы. Технологические трубопроводы переправляют жидкость, пар, газ, которые считаются сырьем, полуфабрикатами, готовой продукцией, отходами производства или продуктами, требуемыми для правильного течения технологического процесса. Кроме того, данные трубопроводы переправляют пожароопасные и наносящие вред здоровью продукты при разных температурах и давлениях.

Трубы трубопроводов. Трубы современных магистральных и промышленных нефтепроводов в большинстве случаев изготавливают из стали, т.к. это экономичный, прочный, хорошо сваривающийся и надёжный материал. По способу изготовления трубы для магистральных нефтепроводов подразделяются на бесшовные, сварные с продольным швом и сварные со спиральным швом. Бесшовные трубы для трубопроводов диаметром до 529 мм, а сварные – при диаметрах 219 мм и выше. Наружный диаметр и толщина стенки труб стандартизированы. В связи с большим разнообразием климатических условий при строительстве и эксплуатации трубопроводов трубы подразделяют на две группы: в обычном и северном исполнении. Трубы в обычном исполнении применяют для трубопроводов, прокладываемых в средней полосе и в южных районах страны (температура эксплуатации 0°C и выше, температура строительства –40°C и выше). Трубы в северном исполнении применяются при строительстве трубопроводов в северных районах страны (температура эксплуатации –20°C.....-40°C, температура строительства –60°C). В соответствии с принятым исполнением труб выбирается марка стали. Трубы для магистральных нефтепроводов изготавливают из углеродистых и низколегированных сталей.

Понятие условного прохода. Под условным проходом понимают номинальный внутренний диаметр, выраженный целым числом ГОСТ 355-67 устанавливает следующие условные проходы в мм: 6, (8), 10, 15, 20, 25, 32, 40, ..., 80, 100, 125, ..., 1000, 1200, 1400, ..., 4000.

Чугунные магистральные трубы. Для магистральных трубопроводов подземной прокладки в условиях больших нагрузок на

грунт, формируемых инфраструктурой крупных городов, наравне со стальными трубами получили некоторое распространение магистральные трубы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, поскольку:

- магистральные трубы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом имеют хорошую кольцевую жесткость, устойчивы к подземной коррозии, в том числе коррозии при воздействии блуждающих токов и одновременно с этим – высокий порог хрупкого разрушения в широком интервале эксплуатационных температур;

- магистральные трубы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом покрываются изнутри слоем цементно-песчаного состава, что существенно уменьшает шероховатость поверхности и скорость образования наслоений;

- магистральные трубы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом при плотном раструбном соединении обеспечивают достаточную герметичность трубопровода при возможности осевого смещения до 1.5-5 градусов.

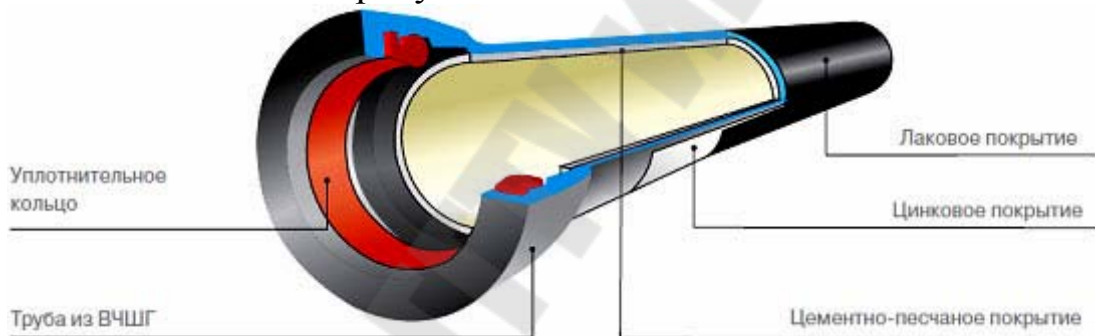


Рис. 1.1. Конструкция чугунной трубы, монтаж которой производится без применения сварки



Рис. 1.2. Конструкция замкового соединения чугунных труб

Вместе с тем, коррозионная стойкость чугунных магистральных труб зависит от целостности внутреннего и наружного покрытий, при сварном соединении магистральных труб плети трубопровода имеют ограниченную гибкость, а при раструбном соединении риски протечек достаточно велики.

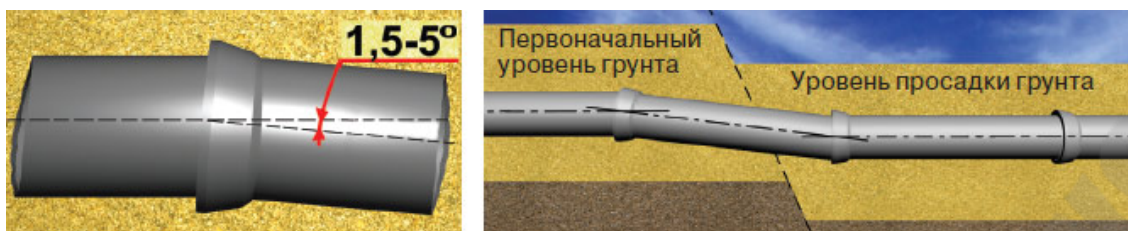


Рис. 1.3. Предельные смещения секций чугунных трубопроводов

Полимерные магистральные трубы. Полимерные магистральные трубы для систем водоснабжения, газоснабжения, канализации и тепловых сетей считаются наиболее прогрессивным видом труб, используемых при прокладке магистральных трубопроводов. Полиэтиленовые, реже полипропиленовые или поливинилхлоридные магистральные трубы при хорошей кольцевой жесткости имеют гибкость и эластичность, позволяющую компенсировать тепловое расширение, небольшие сдвиги грунта и значительные динамические нагрузки, передаваемые через грунт транспортной системой городов.



Рис. 1.4. Монтаж полимерных трубопроводов контактной сваркой

Полимерные магистральные трубы полностью инертны к транспортируемым средам, устойчивы к подземной и атмосферной коррозии, а при соответствующей защите – к ультрафиолетовому излучению солнца (при наземной прокладке) и климатическим условиям. Полимерные магистральные трубы используются в напорных и безнапорных трубопроводах и укладываются практически всеми используемыми в настоящий момент способами (релейнинг с протягиванием в старой трубе, релейнинг длинными трубами, горизонтальное направленное бурение, «запахивание» плугом, выдавливание, берстлайнинг) с ограничениями, обусловленными минимально допустимыми радиусами изгиба полимерных магистральных труб при разных температурах.

Глава 2. Материалы для изготовления трубопроводов

Основным материалом для производства трубопроводов являются стали. В последнее время, отдельные виды трубопроводов, в основном для транспортировки газа, а также водоводов, изготавливаются из полимерных материалов – полиэтилена и др.

Стали для магистральных и технологических трубопроводов применяют классифицируют по следующим признакам:

Теплоустойчивые - стали, работающие при температурах среды до 500-580°C.

Жаростойкие (окалиностойкие) - стали, обладающие сопротивляемостью окислению при высоких (свыше 550°C) температурах.

Жаропрочные - стали, способные противостоять механическим нагрузкам при высоких (свыше 550°C) температурах.

Коррозионностойкие - стали, обладающие сопротивляемостью к образованию трещин и разрушению в коррозионноактивных средах.

В случае, если суммарное содержание легированных элементов в сплаве превышает 2%, такая сталь называется легированной. При расшифровке маркировки легированной стали первые две цифры показывают содержание углерода в сотых долях процента, последующая буква - наличие легирующего элемента, а цифра за ней - среднее его содержание в процентах. Например: в стали 08X18N10T 0,08% углерода, 18% хрома, 10% никеля и до 1% титана. Буква А в конце означает пониженное содержание серы и фосфора до 0,025% (сталь относится к классу высококачественных). Буква А внутри обозначения ставится при наличии азота, Б - ниобия, В - вольфрама, Г - марганца, Д - меди, Е - селена, К - кобальта, М - молибдена, Н - никеля, П - фосфора, Р - бора, С - кремния, Т - титана, У - углерода, Ф - ванадия, Х - хрома, Ц - циркония, Ю - алюминия. Буква Л в конце обозначения указывает, что это литая сталь. Через дефис в конце обозначения могут стоять буквы, указывающие, что сталь улучшена специальными методами переплава: электрошлаковым (Ш), вакуумно-дуговым (ВД), вакуумно-индукционным (ВИ).

Сталь 09Г2С (09Г2СД) - сталь конструкционная низколегированная кремнемарганцовистая. Поставляется по ТУ 14-3р-1128-2007. Применяется для сварных конструкций различного назначения в том числе сварных и бесшовных труб. По ГОСТ 27772-88 соответствует стали для строительных конструкций С345. Заменители: 09Г2, 09Г2ДТ, 09Г2Т, 10Г2С.

Сталь 13ХФА - сталь конструкционная легированная качественная. Трубная заготовка поставляется по ГОСТ 8731, ГОСТ 8732. Применяется для изготовления трубной заготовки предназначенной для производства труб бесшовных горячедеформированных нефтегазопроводных повышенной коррозионной стойкости и хладостойкости, предназначенные для использования в системах транспортирующих газ, системах нефтегазопроводов, технологических промышленных трубопроводов, транспортирующих нефть и нефтепродукты, а также в системах поддержания пластового давления в условиях северной климатической зоны при температуре окружающей среды от -60°C до $+40^{\circ}\text{C}$, температурой транспортируемых сред от $+5^{\circ}\text{C}$ до $+40^{\circ}\text{C}$ и рабочим давлением до 7,4 МПа. Трубы отличаются от нефтегазопроводных труб обычного исполнения, повышенной хладостойкостью, повышенной стойкостью к общей и язвенной коррозии, стойкостью к сульфидному коррозионному растрескиванию и образованию водородных трещин.

Сталь 20 - сталь конструкционная углеродистая качественная. Трубная заготовка поставляется по ГОСТ 8732-78. Применяется для изготовления труб перегревателей, коллекторов и трубопроводов котлов высокого давления, листов и полос для изготовления штрипс и других деталей для длительной и весьма длительной службы при температурах до 350°C . Заменитель: Сталь 15, 25.

Сталь 12Х1МФ – сталь конструкционная жаропрочная низколегированная, перлитного класса. Трубная заготовка поставляется по ТУ 14-3р-55-2001. Применяется Для труб пароперегревателей, трубопроводов и коллекторных установок высокого давления; поковок для паровых котлов и паропроводов; деталей цилиндров газовых турбин; для изготовления деталей, работающих при температуре $540-580^{\circ}\text{C}$, срок работы — более 10000ч. Заменитель: Сталь 12ХМФ

Сталь 15ГС – сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций. Котельные трубы по ТУ 14-3р-55-2001. Применяется для изготовления стационарных трубопроводов питательной воды котлов СВП, работающих при температуре 280°C . Также широко используется для стоек ферм, верхних обвязок вагонов, хребтовых балок, двутавров и других деталей вагоностроения, деталей экскаваторов, элементов сварных металлоконструкций и других деталей, работающих при температуре от -40 до $+450^{\circ}\text{C}$. Заменитель: 12ГС, 16ГС.

Сталь 17Г1С – сталь конструкционная низколегированная кремнемарганцовистая для сварных конструкций. Трубная заготов-

ка для магистральных трубопроводов поставляется по ГОСТ 20295-85. Применяется для изготовления магистральных трубопроводов работающих под давлением при температуре от -40 до +475°С. Заменитель: 17ГС.

Сталь 20ПВ – сталь конструкционная углеродистая качественная. Трубная заготовка поставляется по ТУ 14-Зр-55-2001. Применяется для изготовления труб перегревателей, коллекторов и трубопроводов котлов высокого давления для длительной и весьма длительной службы при температурах до 350°С. Заменитель: Сталь20.

Сталь 30ХГСА – Сталь конструкционная легированная. Сталь хромкремнемарганцовая. Изготавливаются трубы бесшовные горячекатаные для деталей ответственного назначения, применяемые при производстве запорных механизмов и других деталей работающих в условиях динамических нагрузок при температурах до 200°С. Широко используется для различных улучшаемых деталей: валов, осей, зубчатых колес, фланцев, корпусов обшивок, лопаток компрессорных машин, рычагов, толкателей, ответственных сварных конструкций, крепежных деталей работающих при знакопеременных нагрузках и низких температурах. Заменитель: 40ХФА, 35ХМ, 40ХН, 25ХГСА, 35ХГСА.

Сталь 06Х18Н10Т – сталь коррозионно-стойкая для работы в условиях контакта с агрессивными средами, морской водой и газами, нагреваемыми до температуры свыше 850°С. Полоса (штрипса) и тонкий лист поставляется по ГОСТ 5582, трубная заготовка по ГОСТ 9941. Применяется для изготовления магистральных и технологических трубопроводов морского базирования. Отличается хорошей свариваемостью особенно контактными видами сварки. Заменители: 08Х18Н10Т; 12Х18Н9Т; 12Х18Н10Т; 12Х18Н12Т; 12Х18Н9ТЛ

Сталь P91 (10CrMoVNb9-1), разработанная для трубопроводов высокого давления парогенераторов атомных и др. станций, отличаются жаропрочностью до 650°С. Химический состав и свойства производителя Thyssen Krupp регламентируются по K91560 (UNS Designation) – P91, K90901 – T91. Заменителем является сталь: P92 (10CrMoVNb9-2), этого же производителя.

Глава 3. Способы осуществления сварочных работ

3.1. Общая характеристика сварочного производства

Сваркой называется процесс получения неразъемного соединения в результате возникновения атомно-молекулярных связей между соединяемыми деталями. Для образования прочной связи между атомами и молекулами необходимо выполнение следующих условий: освобождение свариваемых поверхностей от загрязнений, оксидов и адсорбированных на них инородных атомов; энергетическая активация поверхностных атомов; сближение поверхностей на расстояния, сопоставимые с межатомными расстояниями в свариваемых заготовках.

Создание необходимых условий для сварки осуществляется путем энергетического воздействия на материал в зоне сварки. Энергия подводится в виде теплоты, упругопластической деформации, электронного, ионного или электромагнитного воздействия.

Сварные соединения можно получать двумя принципиально различными путями: *сваркой плавлением и сваркой давлением*. При *сварке плавлением* образование межатомных связей происходит в жидкой фазе, получаемой за счет местного сплавления соединяемых деталей, без приложения давления. При этом расплавляются кромки свариваемых деталей, либо дополнительный присадочный или электродный металл. После кристаллизации образуется сварной шов, имеющий структуру литого металла. При *сварке давлением* образование межатомных связей происходит в твердом агрегатном состоянии. Сближение атомов в контактирующих слоях происходит в результате их совместного упруго - пластического деформирования, в процессе которого происходит выравнивание микронеровностей, разрушение оксидных пленок и образование атомно-молекулярных связей. Сварка давлением может производиться *без предварительного нагрева соединяемых деталей – механическая сварка* (сварка трением, холодная сварка, сварка взрывом, ультразвуковая сварка) и *с предварительным нагревом* до пластического состояния или до оплавления – *термомеханическая* (контактная, диффузионная, газопрессовая). *Расплавление основного и присадочного металлов* возможно осуществлять за счет энергии дугового разряда – электродуговая сварка; *термической, выделяемой током, проходящим через шлаковую ванну* – электрошлаковая; *потока быстрых электронов* – электронно-лучевая; *струи ионизированного газа* – плазменная; *мощного светового потока* – ла-

зерная; *экзотермической реакции горения газов* – газовая и *порошковых горючих смесей* – термитная сварка.

3.2. Физические основы получения сварных соединений

Прочность и другие свойства сварных соединений определяются *свариваемостью материалов*, под которой понимается свойство металла или сочетания металлов образовывать сварные соединения, отвечающие требованиям, обусловленным конструкцией и условиями эксплуатации изделий. Свариваемость считается *высокой* если соединения с заданными свойствами можно получить различными способами сварки без усложнения технологии. Свариваемость определяется в основном типом и свойствами структуры, образующейся в сварном соединении.

При сварке однородных металлов и сплавов в сварном соединении, как правило, образуется структура, близкая структуре соединяемых заготовок. Прочность соединения обеспечивается внутрикристаллическими связями и свариваемость оценивается как хорошая или удовлетворительная. *Хорошей* свариваемостью обладают низкоуглеродистые и низколегированные стали. *Удовлетворительно* свариваемы цветные металлы и их сплавы, среднеуглеродистые и среднелегированные стали, полимерные материалы. Улучшают свариваемость марганец и кремний, вводимые в стали в небольших количествах. При сварке разнородных материалов, в зависимости от степени их взаимной растворимости в твердом состоянии, в сварном соединении образуются твердые растворы, химические и интерметаллидные соединения или механические смеси соединяемых материалов. Прочность соединений во многом определяется взаимодействием по границам частиц и зерен. Механические свойства соединений могут значительно отличаться от таковых для свариваемых материалов. При этом возможно образование несплошностей в виде трещин и несплавлений. *Ограниченно* свариваемы высоколегированные стали. *Плохо* свариваемыми материалами являются чугуны.

При воздействии высоких температур в *зоне термического влияния* (ЗТВ) происходит изменение структуры и физико-механических свойств свариваемых металлов, возникновение термических напряжений, дефектов в виде пор, трещин и др. Характер протекания этих процессов зависит от химического состава свариваемых металлов и сварочных электродов, скорости протекания процессов нагрева и охлаждения, фазовых превращений. Например,

в легированных сталях в зоне термического влияния возможно существенное повышение твердости и снижение пластичности. У материалов с пониженной свариваемостью возможно образование горячих и холодных трещин как в шве, так и в ЗТВ.

Горячие трещины образуются непосредственно в шве в период его кристаллизации при нахождении его в двухфазном состоянии (твердом и жидком). В результате действия высоких сварочных деформаций растяжения возможно разрушение шва по не затвердевшим жидким прослойкам между кристаллитами. В основном эти трещины образуются вдоль оси сварочных швов в зоне образования столбчатых структур. Образование горячих трещин характерно при сварке металлов с широким интервалом температур кристаллизации, при сварке разнородных материалов, при наличии в металле шва вредных примесей.

Холодные трещины возникают обычно после полного затвердевания шва, если сварочные напряжения превысят прочность металла. Потенциальную склонность к образованию холодных трещин можно оценить по значению эквивалента углерода в процентах

$$C_{\text{экв}} = C + \text{Si}/24 + \text{Mn}/6 + \text{Cr}/5 + \text{Ni}/10 + \text{Mo}/4 + \text{V}/114 + 5B.$$

К образованию холодных трещин склонны стали с $C_{\text{экв}}$ большим или равным 0,4 %.

Возникновение собственных **сварочных напряжений** связано с неравномерностью температурного поля в основном свариваемом материале, шве и в околошовной зоне (ЗТВ). Неравномерность разогрева металлов вызывает и неравномерность температурных деформаций, которые ограничиваются вследствие сопротивления менее нагретого основного металла. В результате этого вместо удлинения отдельных слоев свариваемого металла на величину $\alpha_T T$ (α_T – температурный коэффициент линейного расширения металла) происходит равномерное удлинение всей свариваемой заготовки, в результате чего грань пластины 1 в момент максимального разогрева занимает положение 2 (рис.1.1а). В связи с этим металл шва и прилегающей к нему зоны при нагреве претерпевает необратимую пластическую деформацию сжатия, пропорциональную заштрихованной зоне 3. При охлаждении и обратной температурной деформации различные слои металла должны были бы занять положение в соответствии с зависимостью - $\alpha_T T$ (рис.1.1б). Однако их температурная деформация ограничивается реакцией основного металла и происходит равномерное укорочение пластины и грань 1 занимает

положение 5. Металл шва будет соответственно испытывать внутреннюю упруго - пластическую деформацию пропорциональную заштрихованной площади 6. Соответствующие упругие растягивающие напряжения в шве и ЗТВ уравниваются сжимающими напряжениями в основном металле. Снижение внутренних напряжений это один из путей предупреждения трещин. Холодные трещины возникают в углеродистых и легированных сталях, которые при сварке претерпевают полную или частичную закалку, склонные к росту зерна при нагреве, имеющие повышенное насыщение газами, что приводит к снижению прочности и пластичности.

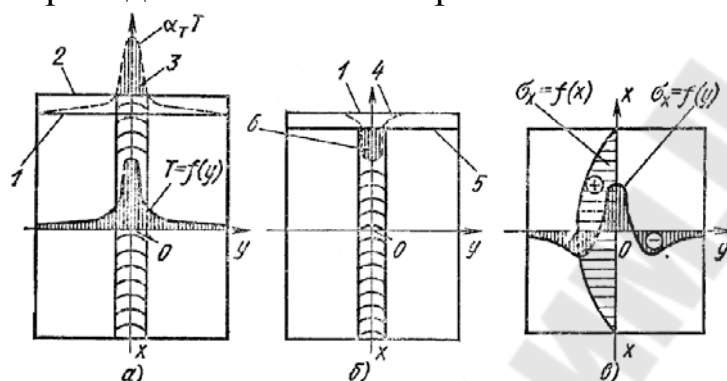


Рис. 3.1. Схема напряженного состояния сварного шва

Поры в сварных швах возникают в процессе кристаллизации вследствие уменьшения растворимости газов в твердом агрегатном состоянии по сравнению с жидким. Причинами образования пор могут быть: повышенная влажность электродных покрытий, флюсов, интенсивные окислительные процессы в шве, высокая скорость кристаллизации.

3.3. Сварка плавлением

3.3.1. Дуговая сварка

Источником теплоты при дуговой сварке служит электрическая дуга, которая горит между электродами или между электродом и свариваемым металлом. Впервые электрический дуговой разряд для сварки и резки металла был применен в 1882 г. русским инженером Н.Н. Бенардосом. По данному способу применялся неплавящийся угольный электрод, а соединение свариваемых изделий осуществлялась расплавлением присадочного металла. В 1888 г. русским инженером Н.Г. Славяновым был разработан способ сварки плавящимся электродом, который и служил присадочным материалом. В настоящее время этот способ наиболее широко используется в промышленности.

В зависимости от материала и числа электродов, а также способов включения электродов и заготовок в цепь электрического тока, различают следующие **виды дуговой сварки**: *сварка неплавящимся электродом 1* (графитовым или вольфрамовым) дугой прямого действия 2 (рис.1.2а), при которой соединение выполняется за счет расплавления только основного металла 3, или с применением присадочного материала; *сварка плавящимся электродом* (рис.1.2б) дугой прямого действия 2, при которой одновременно расплавляется основной металл и электрод, пополняющий сварочную ванну жидким металлом; *сварка косвенной дугой*, горящей между двумя неплавящимися электродами, при которой основной металл расплавляется теплотой столба дуги (рис.1.2в); *сварка трехфазной дугой 5*, при которой дуга горит между электродами и основным металлом (рис.1.2г).

Питание электрической дуги осуществляется постоянным или переменным током. При использовании постоянного тока различают *сварку на прямой и обратной полярностях*. При *прямой полярности* электрод подключается к отрицательному полюсу источника тока, а деталь – к положительному.

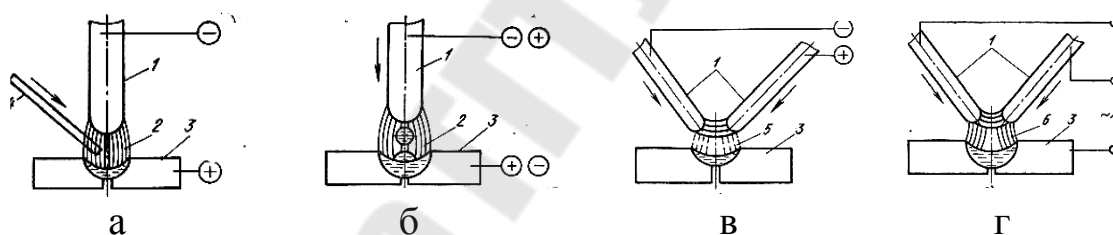


Рис. 3.2.Схемы сварки: а – неплавящимся и б – плавящимся электродом дугой прямого действия; в – косвенной дугой неплавящимися электродами; г – трехфазной дугой

Различают **три вида сварочной дуги**: открытую, защищенную и закрытую. В *открытой дуге* сварочная ванна не защищена от воздействия воздуха. *Защищенная дуга* получается при образовании газовой защиты вследствие применения электродов с обмазкой (роль защиты выполняет образующийся при сварке шлак) или вдувания в зону сварки инертных газов. *Закрытая дуга* погружена в жидкость, газовую среду или в стекловидный флюс.

В практике широко используются следующие **способы дуговой сварки**: *плавящимся электродом открытой дуги, плавящимся*

электродом под слоем флюса, плавящимся электродом в среде защитного газа, неплавящимся электродом в среде защитного газа.

В качестве *плавящихся электродов* используют металлические электроды – стальные, чугунные, из цветных металлов. В качестве *неплавящихся* – вольфрамовые (при аргоно-дуговой сварке), угольные и графитовые – при сварке стальных изделий малой толщины, при наплавке твердых сплавов и сварке цветных металлов. Стальные электроды имеют длину 250...450 мм, диаметром 1...12 мм. Изготавливают их из стальной электродной проволоки: углеродистой – Св08, Св08Г, Св10Г2С, легированной – Св18ХМА, Св10Х5М, высоколегированной – Св07Х18Н9ТЮ и др.

Электроды для сварки конструкционных сталей обозначают буквой Э после чего следуют цифры, показывающие временное сопротивление при разрыве металла в кгс/мм², например, Э34. В обозначениях электродов для сварки теплоустойчивых сталей вводятся буквы, указывающие содержание легирующих элементов – ЭХМ, ЭХМФ и др. Электроды для сварки высоколегированных сталей классифицируются по структуре и составу металла сварного шва: ЭА-3М6, ЭФ-13 (А – аустенитная, Ф – ферритная). Электроды, используемые для ручной дуговой сварки, покрывают обмазкой, при автоматической сварке применяют флюсы. Назначение обмазки и флюсов – защитить расплавленный металл в ванне от взаимодействия с кислородом и азотом воздуха, стабилизировать горение дуги. При сварке малоответственных деталей из углеродистых сталей применяют электроды с тонкой обмазкой толщиной 0,1...0,4 мм, для ответственных деталей – с обмазкой толщиной 0,6...3 мм, в состав которых вводят шлакообразующие, раскисляющие, газообразующие, ионизирующие и др. вещества. Обычно используют обмазки ОММ-5, ЦЛ-2. Угольные электроды изготавливают диаметром 6...30 мм длиной 300 мм.

Электродуговая сварка подразделяется на: ручную, полуавтоматическую и автоматическую. Для питания электрической дуги применяют специальные сварочные машины и аппараты. Сварка может вестись на постоянном и переменном токе. При постоянном токе более устойчивая дуга, но сложнее оборудование.

Электрическая дуга и ее свойства

Электрическая дуга представляет собой мощный стабильный электрический разряд в ионизированной атмосфере газов и паров металла. Ионизация дугового промежутка происходит во время зажигания дуги и непрерывно поддерживается во время ее горения.

Процесс зажигания дуги включает три этапа. *Первый этап* – касание электродом детали. В момент касания электродом заготовки по наиболее сближенным шероховатостям происходит короткое замыкание, вызывающее разогрев торца электрода и заготовки в зоне контакта с электродом (рис. 1.3а). *Второй этап* – отвод электрода на расстояние 3...6 мм. При этом под действием электрического поля с разогретого торца электрода начинается термоэлектронная эмиссия электронов при прямой полярности, а при обратной – с заготовки. Столкновение быстро движущихся электронов от катода к аноду с молекулами газов и паров металла, находящихся в межэлектродном пространстве, приводит к их ионизации (рис.1.3б). *Третий этап* – возникновение устойчивого дугового разряда. В результате ионизации межэлектродного промежутка он становится электропроводным и возникает устойчивый дуговой разряд в столбе дуги (рис.1.3в).

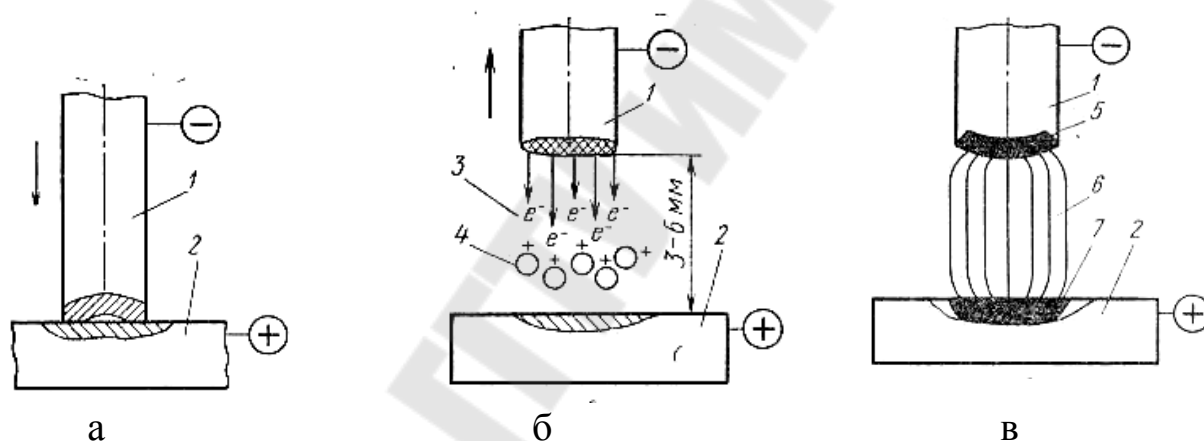


Рис. 3.3. Стадии зажигания дуги

Поверхности электрода и заготовки разогреваются до 2700...2900°C. Причем в анодной области дуги, как правило, выделяется тепла больше чем в катодной. При сварке дугой переменного тока температуры обеих поверхностей выравниваются в связи с периодической сменой полярности. Температура в центре дуги достигает 6000°C.

Электрические свойства дуги описываются *статической вольт – амперной характеристикой*, представляющей собой зависимость между напряжением и током дуги в состоянии устойчивого горения (рис.1.4).

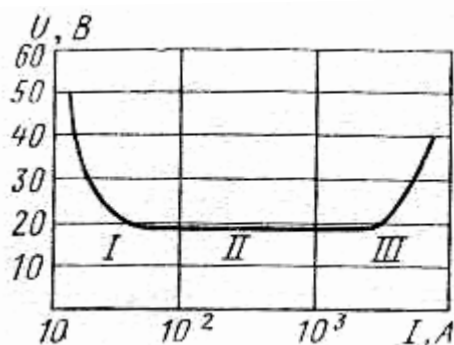


Рис. 3.4. Вольт - амперная характеристика электрической дуги

На этой кривой можно выделить три характерных участка. На первом участке с повышением силы тока увеличивается степень ионизации дугового промежутка и напряжение, требуемое для поддержания устойчивой дуги, уменьшается. Характеристика называется *падающей*. На втором участке возрастает сечение дуги, при этом плотность тока и напряжение дуги остаются постоянными. Характеристика называется *жесткой*. На третьем участке при повышении тока рост сечения дуги ограничен сечением электрода, в результате чего увеличивается плотность тока и напряжение дуги. Характеристика – *возрастающая*. Первый и второй участки обеспечивают крупнокапельный перенос расплавленного электродного металла в сварочную ванну, а третий – мелкокапельный или струйный. На первом участке дуга малоустойчива и имеет ограниченное применение. Для стабилизации дуги в сварочную цепь необходимо включение осциллятора. В основном используется жесткая характеристика. На этом участке напряжение дуги U_d пропорционально ее длине L_d :

$$U_d = \alpha + \beta \cdot L_d,$$

где α и β – коэффициенты, зависящие от химического состава свариваемых металлов, газа в дуге, типа сварки.

Для стальных электродов при ручной дуговой сварке принимается $\alpha = 10\text{В}$, $\beta = 2\text{В/мм}$. Длина дуги не превышает 8 мм.

Полная тепловая мощность дуги зависит от величины сварочного тока $I_{св}$ и напряжения дуги U_d :

$$Q = k \cdot I_{св} \cdot U_d \text{ (Дж/с)},$$

где k – коэффициент несинусоидальности при сварке на переменном токе (на постоянном токе $k = 1$).

При переменном токе $k = 0,7 \dots 0,97$, что говорит о снижении мощности дуги переменного тока. Это связано с тем, что при переменном токе, например, с частотой 50 Гц, дуга вынуждена 100 раз в секунду зажигаться и гаснуть. При этом часть энергии затрачивается на возобновлении ионизации межэлектродного зазора. Для большей устойчивости дуги на переменном токе в дуговой промежуток вводят легкоионизируемые элементы.

Часть мощности электрической дуги расходуется на нагрев окружающего пространства, в связи с чем введено понятие - коэффициент полезного действия (КПД), определяющего мощность, затрачиваемую непосредственно на расплавление металла электрода и заготовки. **Эффективная тепловая мощность сварочной дуги** определяется по формуле $q = \eta Q$. Коэффициент полезного действия для ручной дуговой сварки принимается 0,8, для сварки в защитных газах – 0,6, под флюсом – 0,9, электрошлаковой – 0,7.

Источники питания сварочной дуги

Источники питания должны обеспечивать напряжение до 60...80 В, не выходить из строя при коротком замыкании, иметь регулятор сварочного тока. *Источники питания характеризуются вольт - амперной зависимостью напряжения на выходных клеммах от тока электрической цепи, называемой внешней характеристикой. Внешние характеристики источников питания* могут быть следующих основных видов: *падающая* 1, *полого падающая* 2, *жесткая* 3 и *возрастающая* 4 (рис.1.5а).

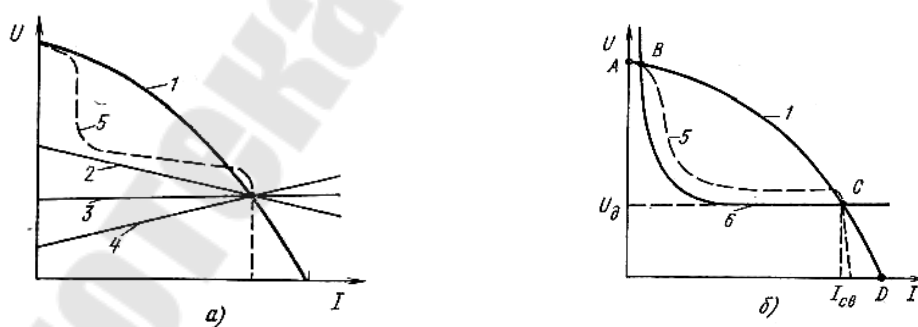


Рис. 1.5. Внешние характеристики источников питания

Источник тока выбирается в зависимости от вольт - амперной характеристики дуги, соответствующей принятому способу сварки. Наиболее широкое применение получили источники с падающей характеристикой (для дуги с жесткой характеристикой, РДС, под флюсом, в защитных газах неплавящимся электродом). Режим го-

рения дуги определяется точкой пересечения характеристики дуги и источника тока (точка С рис.1.5б). Точка А соответствует режиму холостого хода, когда дуга не горит и сварочная цепь разомкнута, точка В - режиму неустойчивого горения дуги, точка С – устойчивому горению дуги и точка D – режиму короткого замыкания при ее зажигании. Источники питания с возрастающей или жесткой характеристикой применяют при сварке в режиме возрастающей характеристики дуги (в защитных газах плавящимся электродом, автоматическая под флюсом током повышенной плотности).

Для питания сварочной дуги применяют источники переменного тока (сварочные трансформаторы) и постоянного тока (выпрямители и генераторы). На постоянном токе дуга горит устойчивее, но источники питания постоянного тока более сложные и менее надежные чем сварочные трансформаторы переменного тока.

Сварочные трансформаторы преобразуют сетевое напряжение в пониженное, необходимое для сварки. Управление сварочным током обеспечивается за счет изменения индуктивности вторичной цепи с помощью включенного в сварочную цепь дросселя (рис.1.6). Сварочные трансформаторы имеют высокий КПД, но в технологическом отношении предпочтительнее источники постоянного сварочного тока. Так как они обеспечивают более устойчивое горение дуги.

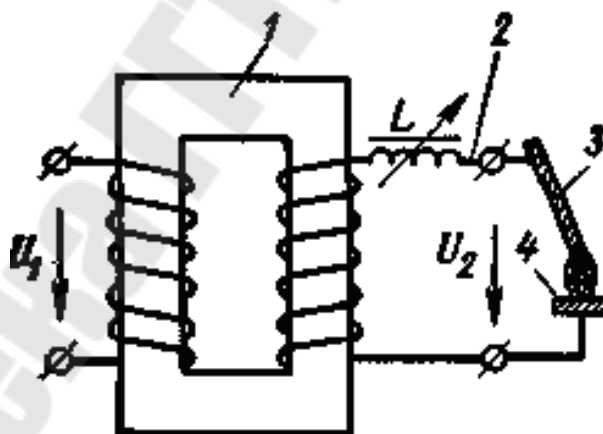


Рис. 1.6. Электрическая схема сварочного трансформатора:
1 — трансформатор; 2 — реактор (дроссель) с переменной индуктивностью; 3 — электрод; 4 — свариваемая деталь

Изменение зазора индуктивного сопротивления дросселя изменяет его индуктивность, а соответственно индуктивность вторичной цепи, что приводит к изменению сварочного тока при относительно постоянном напряжении дуги. Выпускаются сварочные трансформаторы для РДС и механизированной сварки под флюсом. Для этих же видов сварки выпускаются *агрегаты в сочетании понижающего трансформатора с мостовым выпрямительным*

блоком. Широкое применение получили *универсальные выпрямители*, состоящие из понижающего трансформатора с тиристорными или инверторными выпрямительными устройствами. Они отличаются малым весом и улучшением динамической характеристики дуги. Использование инверторных технологий привело к уменьшению габаритов и массы сварочных аппаратов, улучшению качественного показателя сварочной дуги, повышению КПД, минимальному разбрызгиванию при сварке, позволило реализовать плавные регулировки сварочных параметров

Сварочный инвертор представляет собой силовой трансформатор для понижения напряжения сети до необходимого напряжения холостого хода источника, блок силовых электрических схем, в основу которых заложены транзисторы или тиристоры, и стабилизирующего дросселя для уменьшения пульсаций выпрямленного тока. Принцип действия инверторного источника сварочной дуги следующий. Сетевое напряжение переменного тока подается на выпрямитель, после которого силовой модуль преобразует постоянный ток в переменный с повышенной частотой, который подается на высокочастотный сварочный трансформатор, имеющий существенно меньшую массу, чем сетевой, напряжение которого после выпрямления подается на сварочную дугу. Дуга, горящая на постоянном токе более устойчива.

Основные металлургические процессы в сварочной ванне

Сварочная ванна представляет собой относительно небольшой объем расплавленного металла, находящегося в контакте с газовой атмосферой дуги, со слоем расплавленного шлака и твердым холодным основным металлом. Химический состав ванны определяется составом электрода и основного свариваемого металла, долей их участия в образовании шва. Металлургические процессы в сварочной ванне протекают в соответствии с основными закономерностями металлургии, но с более высокой скоростью и в течение короткого времени существования ванны.

Атмосфера дуги состоит из смеси газов: O_2 , H_2 , N_2 , CO и CO_2 , паров воды, металлов и шлаков, которые попадают из окружающей среды, сварочных материалов и флюсов. Кислород окисляет элемент, составляющий основу расплавленного металла, при сварке сталей – Fe . Образующийся оксид железа FeO растворяется в ванне и окисляет примеси и легирующие элементы, обладающие большим химическим сродством к кислороду: Si , Mn , Ti , Cr , Cu и др., которые переходят в шлак. Оксид углерода выделяется в атмосферу.

Азот растворяется в расплавленном металле. При содержании выше предела растворимости он образует нитриды. Азот может образовывать нитриды и с легирующими элементами, содержащимися в ванне.

Водород также растворяется в расплавленном металле. С рядом металлов может образовывать гидриды (Ti, V, Nb и др.).

Образующиеся в шве оксиды, нитриды, гидриды снижают прочностные и пластические свойства шва. Азот, водород и угарный газ CO способствуют образованию пор в сварочном шве.

Для предотвращения отрицательного влияния газов применяют различные способы защиты дуги и сварочной ванны (защитные газы, флюсы, обмазки электродов, вакуум). Расплавленный металл ванны взаимодействует со шлаками, образующимися при расплавлении покрытия электродов и флюсов. При взаимодействии со шлаками происходит раскисление металла сварочной ванны, удаление вредных примесей, а также легирование шва при необходимости придания ему определенных свойств.

Кристаллизация сварного шва начинается от границ оплавленного основного металла и протекает путем роста столбчатых кристаллов к центру шва.

Структурные превращения в зоне термического влияния сварного шва

На участках основного металла, прилегающих ко шву, под действием нагрева происходят фазовые и структурные превращения: сплавление границ зерен, рост зерна, образование закалочных структур и др. Характер и завершенность процессов определяются температурой нагрева, составом сплава, скоростью охлаждения. *Под зоной термического влияния (ЗТВ)* понимается участок около шовной зоны, претерпевший структурные превращения в результате термического воздействия. Различают следующие зоны:

- *Участок наплавленного металла.* В данной зоне наблюдается дендритное строение крупных кристаллов.

- *Участок неполного расплавления,* в котором наблюдается частичное оплавление зерен основного металла. В этих участках зачастую возникают усталостные трещины и зарождается коррозия.

- *Участок перегрева.* Здесь температура близка к $0,8T_{пл}$ и происходит рост зерна. При резком охлаждении средне- и высокоуглеродистых сталей возможно образование закалочных структур с потерей пластичности и увеличением хрупкости.

- *Участок нормализации (перекристаллизации).* В этой зоне возникают наиболее благоприятные условия для образования мелкозернистой структуры.

- *Участок неполной перекристаллизации*, в котором наблюдаются как мелкие зерна, испытавшие полиморфное превращение, так и крупные, образовавшиеся при рекристаллизации.

- *Участок рекристаллизации*, отличающийся структурой с увеличенным зерном.

Размеры зоны термического влияния и ее отдельных участков зависят от толщины свариваемых заготовок, их химического состава, способа и режима сварки. Как правило, механические и эксплуатационные характеристики сварного шва ниже чем у основного металла.

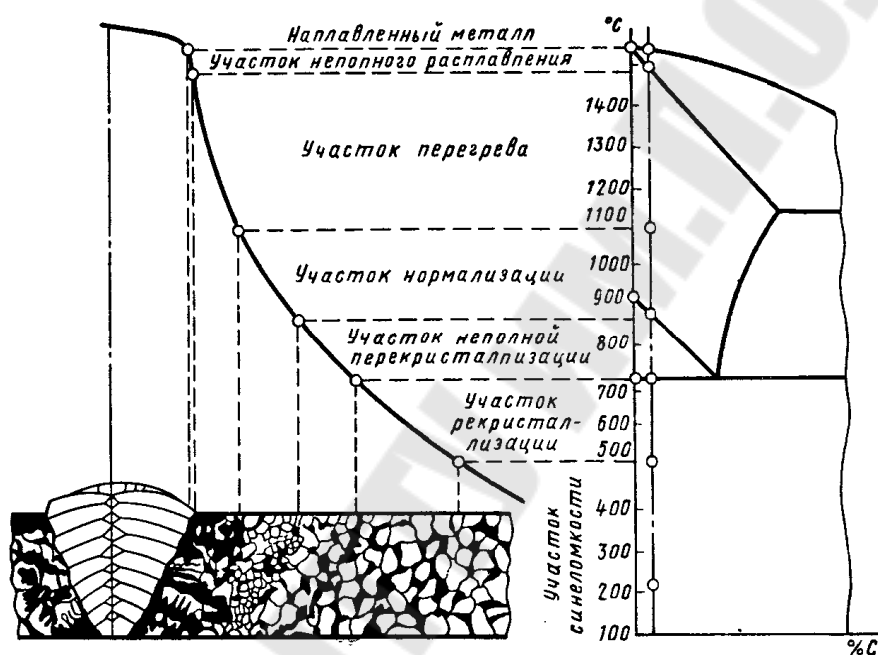


Рис. 1.7. Структура зоны термического влияния сварочного шва

3.3.1.1. Ручная дуговая сварка (РДС)

РДС выполняют сварочными покрытыми электродами, которые вручную подают в зону сварки и перемещают вдоль соединяемых заготовок (рис.1.8). В процессе сварки дуга 5 горит между стержнем электрода 7 и основным металлом 1. Стержень электрода плавится и расплавленный металл каплями стекает в сварочную ванну 9. Вместе со стержнем плавится облицовочное покрытие электрода 6, образуя защитную газовую атмосферу вокруг дуги 8 и жидкую шлаковую ванну 4 на поверхности расплавленного металла. По мере движения электрода вдоль заготовки сварочная ванна 9 затвердевает, образуя сварочный шов 3. Жидкий шлак после остывания образует твердую шлаковую корку 2.

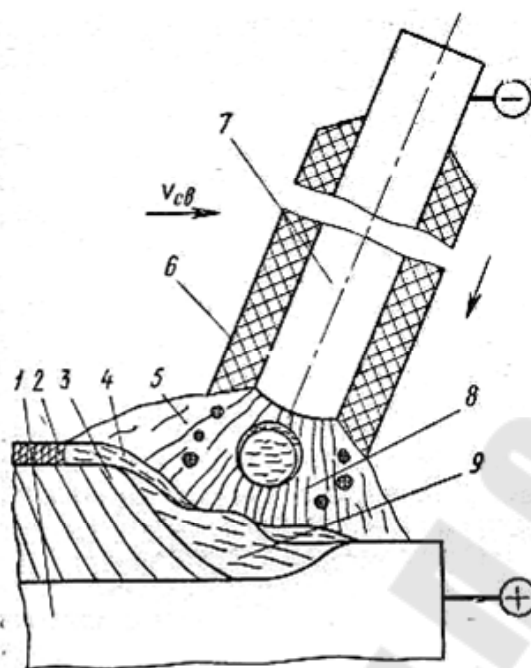


Рис. 3.8. Схема ручной дуговой сварки

Сварочные электроды представляют собой проволочные стержни с нанесенными на них покрытиями. В состав покрытия вводят ионизирующие, газообразующие, стабилизирующие, шлакообразующие, раскисляющие, легирующие и связующие ингредиенты.

Электроды классифицируют по назначению и виду покрытия. По назначению они подразделяются на 5 классов: для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей имеющих предел прочности (σ)_в до 600 МПа, легированных конструкционных сталей с σ _в > 600 МПа, легированных жаропрочных сталей, высоколегированных сталей с особыми свойствами и для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами. По виду покрытия электроды подразделяются на электроды с кислым, рутиловым, основным и целлюлозным покрытием.

Режим сварки определяется диаметром электрода и силой сварочного тока. Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины свариваемых изделий, а силу сварочного тока – от диаметра и марки электрода. Чем толще свариваемые детали, тем выше должна быть сила сварочного тока. Диаметр электрода выбирают исходя из толщины свариваемых листов стали δ при стыковом шве и катета k - при угловом. Рекомендуемые значения приведены ниже

δ (k), мм	1...2	3...5	4...10	12...24	30 и более
$d_э$, мм	2...3	3...4	4...5	5...6	6...8.

Сила сварочного тока определяется по формуле

$$I_{св} = k \cdot d_э \text{ (А/мм)},$$

где – k – опытный коэффициент (40...60) для электродов из низкоуглеродистых сталей, (35...40) – из высоколегированных; $d_э$ – диаметр стержня электрода.

Виды сварных соединений и швов

Различают следующие *типы сварных соединений*: стыковые, угловые, тавровые и нахлесточные (рис. 1.9). *Стыковые* представляют собой соединения двух элементов, примыкающих друг к другу торцовыми поверхностями. При *тавровом* соединении торец одного элемента примыкает под углом к боковой поверхности другого и приварен угловым швом. В *нахлесточном* – сваренные угловым швом элементы расположены параллельно и частично перекрывают друг друга. *Угловым* называется соединение двух элементов, расположенных под углом и сваренных в месте примыкания их краев.

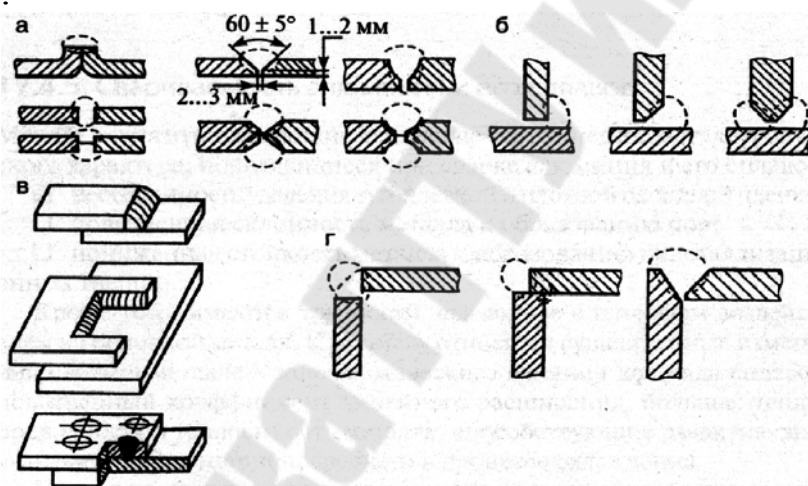


Рис. 3.9. Типы сварных соединений: а – стыковое; б – тавровое; в – нахлесточное; г – угловое

Соединения встык предпочтительнее с точки зрения экономии металла и лучшей работоспособности. При сварке тонких изделий кромки заготовок загибают для усиления шва. При толщине до 8 мм сварку можно производить без разделки кромок заготовок при зазоре между ними до 2 мм. Металл толщиной 8...15 мм сваривают с односторонней V-образной разделкой кромок, при толщине 15...30 мм – с X-образной двусторонней и более 30 мм – с U-образной одно – и двусторонней разделкой кромок. Металл толщиной свыше 10 мм сваривается многослойным швом.

По расположению в пространстве швы подразделяются на: нижние, горизонтальные, вертикальные и потолочные.

По протяженности швы бывают сплошные и прерывистые.

По положению относительно действующего усилия швы подразделяются на: лобовые, фланговые и косые (относятся к угловым швам нахлесточных соединений). *Лобовой шов* перпендикулярен действующему усилию. *Фланговые швы* расположены параллельно усилию, а *косые* находятся под углом к нему (рис. 1.10).

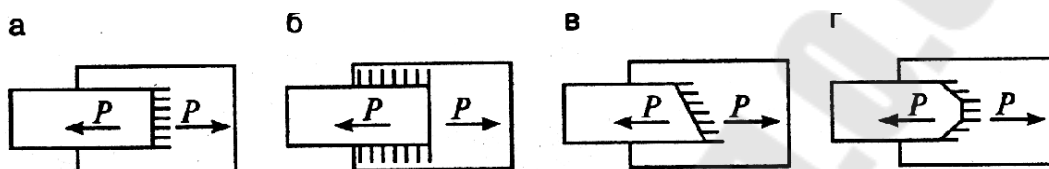


Рис. 1.10. Расположение швов относительно действующего усилия P : а – лобовой; б – фланговый; в – косой; г – сочетание лобового с косыми

По протяженности швы бывают непрерывными и прерывистыми. А **по объему наплавленного металла** – однослойными и многослойными.

Производительность процесса сварки $\Pi_{св}$ определяется количеством наплавленного металла G_n в единицу времени и зависит от силы сварочного тока $I_{св}$ и коэффициента наплавки α_n применяемого электрода:

$$\Pi_{св} = \alpha_n \cdot I_{св}, (\text{г/ч}),$$

$$\alpha_n = G_n / (I_{св} \cdot t), (\text{г/Ач}).$$

Напряжение дуги изменяется в пределах 16...30В. Скорость сварки 5...7 м/ч в зависимости от толщины свариваемых заготовок. Коэффициент наплавки при сварке углеродистых и низколегированных конструкционных сталей 8...14 г/(А·ч).

Ручной дуговой сваркой соединяют детали толщиной 2...30 мм из стали, чугунов и цветных металлов. РДС удобна при выполнении коротких криволинейных швов в любых пространственных положениях и при сварке в труднодоступных местах. Она обеспечивает высокое качество сварки, но производительность невысока. Качество сварного соединения в значительной степени зависит от квалификации сварщика

3.3.1.2. Автоматическая дуговая сварка под флюсом

При данном виде сварки *электрическая дуга горит между изделием и электродной непокрытой проволокой, а плавильное пространство защищено слоем флюса толщиной 30...50 мм* (рис.1.11). Флюс 5 обеспечивает стабилизацию дуги 10, препятствует разбрызгиванию металла, обеспечивает защиту сварочной ванны 9 от воздействия кислорода и азота воздуха, обеспечивает теплоизоляцию и качественное формирование шва 7. Электродная проволока 3 из кассеты специальным роликовым механизмом 2 подается в зону сварки. Флюс 5 подается в зону сварки из бункера через питатель. Под действием теплоты, выделяющейся при горении дуги, флюс плавится. В области горения дуги образуется полость, заполненная парами металла и газами 10. Их давление поддерживает свод из расплавленного флюса 4 над сварочной ванной из жидкого металла. По мере автоматического перемещения дуги в направлении сварки происходит кристаллизация металла и образуется сварной шов, покрытый шлаковой коркой 6. Не расплавившийся флюс отсасывается и поступает опять в бункер. Источник питания подключается к изделию 8 и токопроводу 1, по которому скользит электродная проволока перед погружением в слой флюса.

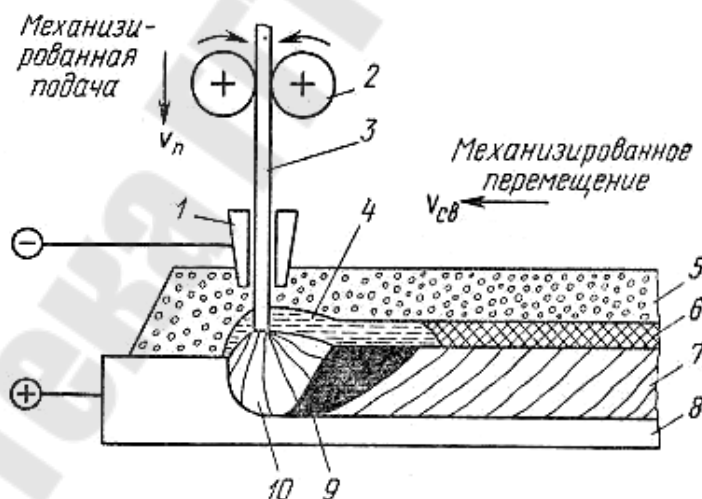


Рис. 3.11. Схема автоматической дуговой сварки под флюсом

Преимущества автоматической дуговой сварки под флюсом перед ручной сваркой:

1. Высокое качество сварки, стабильные размеры и форма сечения шва, отсутствие перерывов в процессе сварки, вызываемой сменой электродов при ручной сварке.

2. Высокая производительность процесса (в 15...20 раз выше, чем при ручной), высокая плотность тока 50...200 А/мм² (вместо 10...20 А/мм² при ручной), значительно большая глубина проплавления без раздела кромок. Коэффициент наплавки составляет 18...20 г/А·ч.

3. Меньше потери металла из-за разбрызгивания (1...2 % вместо 10). Высокий КПД дуги – до 0,90...0,95. Меньше выделение газов.

Сварку выполняют либо самоходными сварочными тракторами, либо неподвижными головками, под которыми перемещается изделие. Скорость сварки 30...50 м/ч и выше, используется проволока диаметром 1...6 мм, сила тока 150...200 А, напряжение на дуге 22...55 В. К недостаткам данной сварки можно отнести возможность получения швов только в нижнем положении.

3.3.1.3. Дуговая сварка в защитных газах

Особенность дуговой сварки в защитных газах – физическая изоляция сварочной дуги и нагретого до высокой температуры основного и электродного металлов от вредного воздействия воздуха защитным газом. Местная защита создается потоком газа, истекающего из сопла, концентрично расположенного относительно сварочного электрода. Сварка *выполняется плавящимися и неплавящимися электродами*. По степени механизации различают *автоматическую, механизированную и ручную сварки*.

Для газовой защиты используют инертные газы (аргон, гелий) и активные (углекислый газ, водород), а также смеси газов (аргон с СО₂, СО₂ с кислородом, аргон с кислородом и др.). Внутренний поток создается обычно аргоном, а наружный – СО₂. Этот способ используют для сварки химически активных металлов (Ni, Al, Mg и др), а также для сварки высоколегированных сталей. Сварку в среде СО₂ применяют для соединения конструкционных углеродистых сталей. Защитные газы поставляют в баллонах емкостью 40 л под давлением 15 МПа (Ar, He) и 6...7 МПа (СО₂).

Сварка в среде СО₂ обеспечивает высокую производительность и низкую стоимость. Недостаток – повышенное разбрызгивание металла до 10%, не всегда удовлетворительный вид шва. Сварку выполняют плавящимся электродом на постоянном токе обратной полярности (плюс на электроде), т.к. при переменном токе низкая устойчивость дуги. Диаметр проволоки составляет 0,5–3 мм, напряжение на дуге в пределах 20–30 В, скорость сварки 20–80 м/ч,

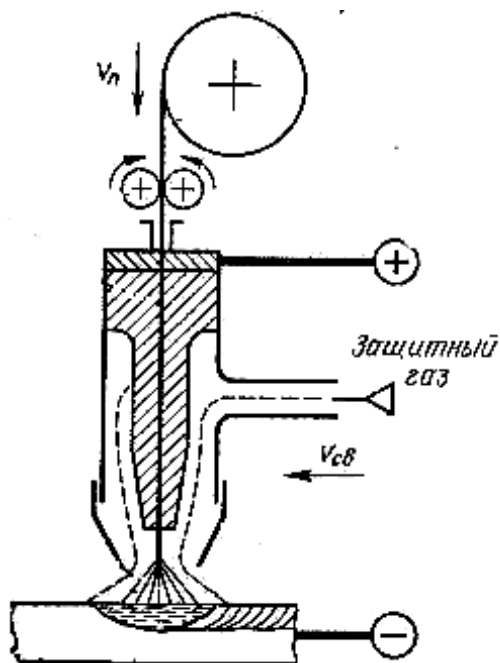


Рис. 3.12. Схема аргодуговой сварки

расход защитного газа 6–25 л/мин. Используют проволоку с повышенным содержанием раскисляющих элементов Si и Mn. Сварка в среде CO_2 производится на повышенных плотностях тока (80–100 А/мм²). Применяется этот метод для сварки конструкций из углеродистых и низколегированных сталей (газо – и нефтепроводы, корпуса судов и др.) в любом пространственном положении. Сварка

легко механизмуется. Для устранения окисления свариваемых металлов применяют сварочную проволоку Св08Г2С и Св08ГС легированную марганцем и кремнием.

Аргодуговая сварка выполняется плавящимся или неплавящимся электродами. При сварке *неплавящимся электродом* для заполнения сварного шва может осуществляться ручная и автоматическая подача присадочного материала. Ручную сварку вольфрамовым электродом применяют для соединения заготовок толщиной до 4 мм без разделки кромок.

Сварка *плавящимся электродом* (рис.1.12) может быть механизированной или автоматической. Сварка ведется на постоянном токе прямой полярности (плюс на изделии), т.к. больше тепла выделяется на аноде. Она применяется для соединения заготовок толщиной 0,8...6 мм. При прямой полярности дуга горит устойчиво при напряжении 10...15 В и минимальном токе 10 А, что обеспечивает возможность сварки тонколистовых заготовок, толщиной менее 1 мм. Для сварки листового металла толщиной до 0,2 мм применяют автоматическую сварку в импульсном режиме.

Обратная полярность наиболее эффективно используется для разрушения оксидной пленки на поверхности металла.

Для сварки Al, Mg, Be используют переменный ток при диаметре электрода 3 мм сила тока составляет 100...160 А, напряжение 12...16 В. Аргодуговую сварку плавящимся электродом диаметром 0,6...3 мм применяют для соединения деталей из цветных ме-

таллов и легированных сталей. Сварка происходит капельным или струйным переносом металла с электрода в сварочную ванну. Плотность тока выбирают $60...120 \text{ А/мм}^2$ при сварке сталей и 70 А/мм^2 для алюминия. В защитный газ часто добавляют небольшое количество кислорода – $\text{Ar} + 10\% \text{O}_2$, в $\text{CO}_2 + 5\% \text{O}_2$. Это приводит к уменьшению поверхностного натяжения металла и снижению критической плотности тока, при которой мелкокапельный перенос переходит в струйный.

Сварка в среде защитных газов позволяет хорошо защитить сварочную ванну от контакта с кислородом. Процесс высокопроизводителен, не требует высокой квалификации, необходимой для ручной дуговой сварки. Единственный недостаток – разбрызгивание до 10% металла сварочной проволоки, которое неминуемо происходит в результате опережающей подачи сварочной проволоки. Проволока с определенной периодичностью выдвигается до касания со сварочной ванной, в результате чего происходит быстрый разогрев и расплавление короткозамкнутой перемычки электрода с разбрызгиванием капель металла.

Автоматическая сварка ведется обычно с помощью сварочных тракторов АДПГ-500, АДГ-500 и др.. Полуавтоматическая – на полуавтоматах А-547, ПДГ-500 и др. Механизированная сварка осуществляется на сварочных постах, включающих сварочный выпрямитель, кассету с проволокой, механизм подачи проволок, баллон с газом, гибкий шланг и горелку.

3.3.2. Электрошлаковая сварка

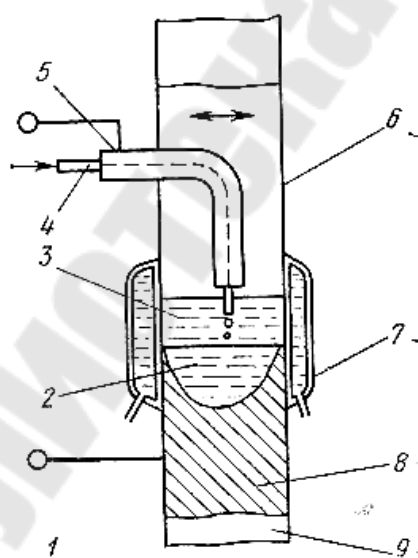


Рис. 3.13. Схема электрошлаковой сварки

При этом способе сварки *теплота, необходимая для плавления основного и электродного металла, выделяется в расплавленном флюсе (шлаковой ванне) при прохождении через него электрического тока* (рис.5.13). Источник переменного или постоянного тока подключают к сварочному электроду 4 и изделию 8. Возбуждается дуга между электродом и вспомогательной планкой, которая расплавляет флюс и затем

гаснет, при этом электрод погружается в расплавленный флюс 3, обладающий электропроводностью. Под действием теплоты, выделяемой при прохождении тока, ванна разогревается до 2000 °С, обеспечивая плавление основного и электродного металлов. Шлаковая 3 и металлическая 2 ванны удерживаются от вытекания плотно прижатыми, охлаждаемыми водой ползунами 7, которые по мере заполнения пространства между соединяемыми заготовками перемещаются вверх.

Электрошлаковая сварка выгодна при толщине свариваемых деталей более 20 мм. Она обеспечивает за один проход соединение металла практически любой толщины, при этом не требуется разделки кромок. Преимуществом является и малый расход флюса (около 3 % от массы наплавленного металла), хорошее удаление вредных примесей и газов из металла шва. Однако можно выполнять только вертикальные швы. Недостатком также является значительный перегрев металла в околошовной зоне, что приводит к росту зерна и снижению пластичности металла.

3.3.3. Плазменная сварка

При плазменной сварке в качестве источника теплоты используют направленный поток частично или полностью ионизированного газа, имеющего температуру 10000...20000 °С.

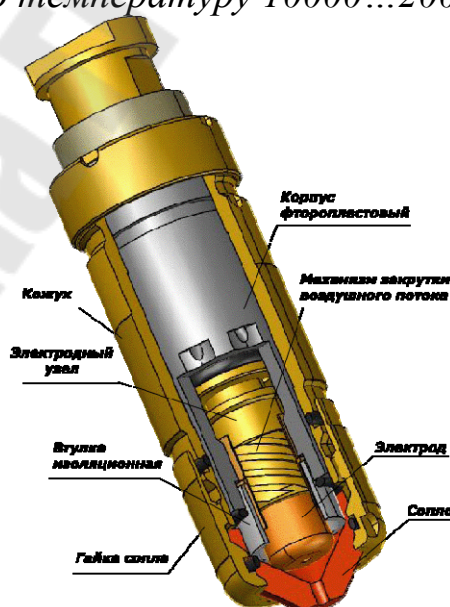


Рис. 3.14. Конструкция плазмотрона прямого действия.

Плазму получают в плазменных горелках (плазмотронах), пропуская газ через столб сжатой дуги. Дуга горит в узком канале сопла горелки, через который продувается газ. Сжатие дуги приво-

дит к увеличению плотности энергии и температуры. Газ, проходя через столб дуги, нагревается, ионизируется и выходит из сопла в виде высокотемпературной плазменной струи. В качестве плазмообразующих газов используют аргон, гелий, водород, углекислый газ, а также смеси газов.

Существуют *плазменные горелки* прямого и косвенного действия. В *плазмотронах косвенного действия* дуга возбуждается и стабильно горит между электродом и охлаждаемым соплом.

В *плазмотронах прямого действия* (рис.3.14) одним из электродов является изделие. В этом случае плазменная струя потоком газа выдувается из сопла. Воздух или плазмообразующий газ, пройдя через канал внутри электродного узла и механизм закрутки образуют вихревой поток, закрученный вдоль продольной оси электрода плазмотрона и выходящий через геометрически соосный с ним канал сопла.

Работа плазмотрона происходит следующим образом: генератор высокого напряжения (осциллятор) создаёт электрический потенциал в промежутке электрод-сопло плазмотрона, необходимый для возникновения искрового разряда. Этот разряд поджигает вспомогательную (дежурную) электрическую дугу, которая горит между электродом и соплом плазмотрона и выдувается наружу потоком воздуха через канал сопла. Ток дежурной дуги определяется токоограничивающим резистором R и составляет обычно 20—60 А. Дежурная дуга, коснувшись металла, шунтирует ограничивающий резистор R и замыкается на металл, минуя контакта с соплом. Установка переходит в режим прямой рабочей дуги. Поток закрученного по спирали воздуха стабилизирует и сжимает столб рабочей электрической дуги, не позволяя ей касаться стенок канала сопла плазмотрона. Сварка осуществляется на переменном или постоянном токе прямой полярности. Плазменная сварка прямой дугой используется для сварки высоколегированных сталей, сплавов титана, никеля, молибдена вольфрама и др. материалов. По сравнению с аргонодуговой сваркой отличается большой проплавляющей способностью (до 10 мм без разделки кромок) и использования присадочного материала.

Плазмотроны косвенной дуги имеют ограниченную тепловую мощность и применяются для сварки и резки тонких металлических листов и неэлектропроводных материалов, а также для напыления тугоплавких материалов на поверхности.

При плазменной сварке ниже тепловое влияние дуги на свариваемый металл и меньше тепловые деформации. Обеспечивается

высокая стабильность горения и качество сварного шва. Возможна сварка очень тонких листов от 0,025 до 0,8 мм на токах 0,5...10А. А. Сварка плазменной струей практически не применяется при монтаже трубопроводов. Основное назначение плазменных технологий – подготовка кромок трубных заготовок с целью формирования заданного профиля разделки.

Основным недостатком использования плазменного оборудования является недолговечность горелок вследствие частого выхода из строя сопел и электродов.

3.3.4. Газовая сварка

При газовой сварке в качестве источника теплоты используют газовое пламя, образующееся при сгорании горючего газа в атмосфере кислорода. В настоящее время в качестве горючих газов применяется метилацетилен-алленовая фракция и ацетилен.

Ацетилен имеет самую высокую температуру сгорания - 3150°C. Для получения пламени из баллонов, снабженных газовыми регуляторами давления, ацетилен и кислород подают в горелку (рис.3.16). Для повышения интенсивности и полноты сгорания, в зону газового факела подается технически чистый кислород.

Метилацетилен-алленовая фракция (МАФ) — сжиженный газ, смесь метилацетилена (пропин, $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}$) и аллена (1,2-пропадиена, $\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2$), с добавлением приблизительно 25 % пропана для стабилизации. Имеет резкий запах, малотоксичен. По параметрам горения он близок к ацетилену, но втрое дешевле и занимает гораздо меньший объем. В стандартном баллоне вмещается 5,5 кг ацетилена, в то время как газа МАФ — 21 кг. При этом вес наполненного ацетиленом баллона составляет 87 кг, а вес баллона с МАФ — 43 кг. По эффективности использования МАФ превышает ацетилен, так как при сравнимых температурах пламени (2927 °С у МАФ и 3150 °С у ацетилена) теплотворная способность МАФ выше. Кроме того ацетилен взрывоопасен если его давление превышает 2 атмосферы.

Для газовой сварки применяются в основном горелки инжекторного типа, в которых кислород, подаваемый под давлением 0,1...0,4 МПа, истекает из сопла с большой скоростью, создавая разрежение в камере 4, всасывает горючий газ в смесительную камеру 3. Здесь образуется смесь, поступающая через наконечник 2 к выходному отверстию мундштука 1. Сгорание смеси происходит в сварочном пламени на выходе из мундштука.

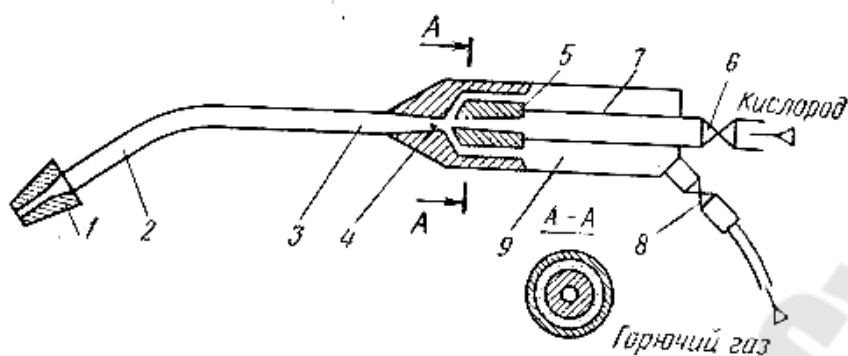


Рис. 3.16. Устройство газовой горелки

Эффективная мощность пламени зависит от расхода газа. Тепловую мощность пламени регулируют сменными наконечниками горелки с разным расходом газа. Газово-кислородное пламя состоит из трех зон (рис.3.17): ядро пламени 1, средняя зона 2, факел пламени 3. В зоне 1 смесь нагревается до температуры воспламенения газовой смеси, в зоне 2 происходит первая стадия горения газа за счет кислорода, поступающего из баллона.

Зона 2 имеет максимальную температуру, обладает восстановительными свойствами и является основной рабочей зоной. В зоне 3 протекает вторая стадия горения газа за счет атмосферного кислорода. Образующиеся при этом CO_2 и пары воды при высоких температурах окисляют поверхность металлов, поэтому эту зону называют окислительной.

В зависимости от соотношения (по объему) горючего газа и кислорода в горючей смеси пламя может быть нормальным ($\beta = V_{\text{O}} / V_{\text{C H}} = 1 \dots 1,3$), окислительным β больше 1,3 и науглероживающим β менее 1,0. Регулировка производится по цвету: окислительное с голубоватым оттенком, науглероживающее с красноватым оттенком и коптит. Окислительное пламя используют для сварки латуней. Науглероживающее – для сварки чугунов. Нормальным пламенем сваривают большинство сталей. Для создания сварочного шва нужного объема в зону горения пламени подается присадочный материал (рис. 3.18).

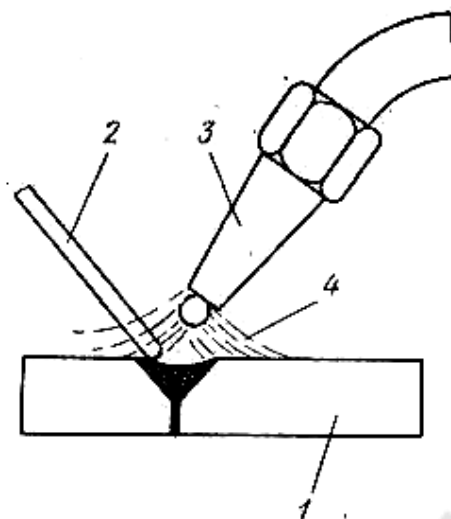


Рис. 3.18. Схема газовой сварки: 1 – свариваемый материал; 2 – присадочный пруток; 3 – наконечник газовой горелки; 4 – газовое пламя

Газовое пламя является рассредоточенным источником теплоты, оно нагревает металл медленнее и более плавно, чем сварочная дуга. Поэтому этот вид сварки имеет преимущества при сварке тонкостенных материалов. Газовую сварку применяют для сварки стальных труб толщиной до 3 мм, в основном при ремонтных работах, при нанесении монтаже вспомогательных деталей. Способ прост, отсутствуют электрические источники.

При сварке тонкого металла во избежание прожогов листов применяют левый способ сварки (горелка движется справа налево), при котором пламя горелки нагревает кромку и присадочный металл. При правом способе горелка движется впереди присадочной проволоки (слева направо), пламя направляется на шов, защищая его от окисления. Второй способ более экономичен, производительность его выше на 20...25%. Диаметр присадочной проволоки выбирается в соответствии с толщиной S основного металла. При левом способе $d = 0,5S + 1$, при правом $d = 0,5S + 2$. Материал проволоки должен быть близок по химическому составу к основному металлу.

3.3.5. Термическая резка металлов

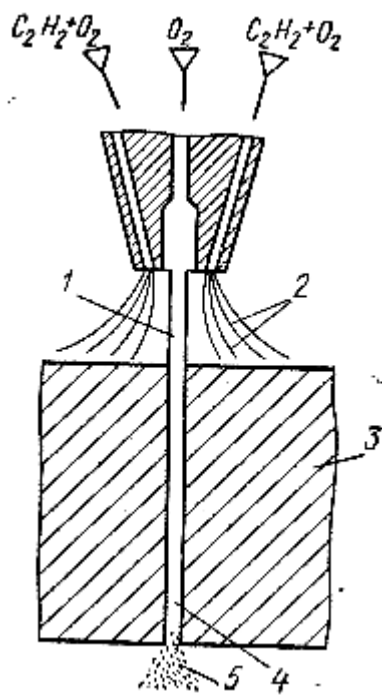
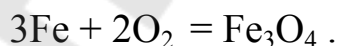


Рис. 3.19. Схема газокислородной резки

Газокислородная резка заключается в сжигании металла в струе кислорода и удалении струей образующихся оксидов (рис.3.19). Способ применяется для формирования заданного профиля кромок трубных заготовок из низколегированных низкоуглеродистых сталей. Не применяется при разделке труб из нержавеющей сталей.

Для начала горения металл подогревают ацетилено - кислородным пламенем 2 до 1000...1200 °С, а затем направляется струя режущего кислорода 1. Нагретый металл 3 начинает гореть и образующиеся оксиды металла струей 4 удаляются из зоны реза 5. Процесс идет в соответствии с уравнением



Для обеспечения нормального процесса резки металл должен отвечать следующим требованиям:

- температура плавления металла должна быть выше температуры горения металла в кислороде;
- температура плавления оксидов металла должна быть ниже его температуры плавления;
- количество тепла, выделяющегося при горении металла, должно быть достаточно для поддержания непрерывного процесса резки;
- образующиеся оксиды должны быть достаточно жидкотекучими.

Практически этим свойствам удовлетворяют железо, низкоуглеродистые и низколегированные стали. Различают разделительную резку, поверхностную и кислородным копьем.

3.4. Термомеханическая и механическая сварки

3.4.1. Контактная сварка

Контактная сварка относится к видам сварки с кратковременным нагревом места соединения без оплавления или с оплавлением и осадкой разогретых заготовок. Характерная особенность этих процессов – пластическая деформация, в ходе которой формируется сварное соединение.

Схема процесса стыковой сварки приведена на рис.3.20.

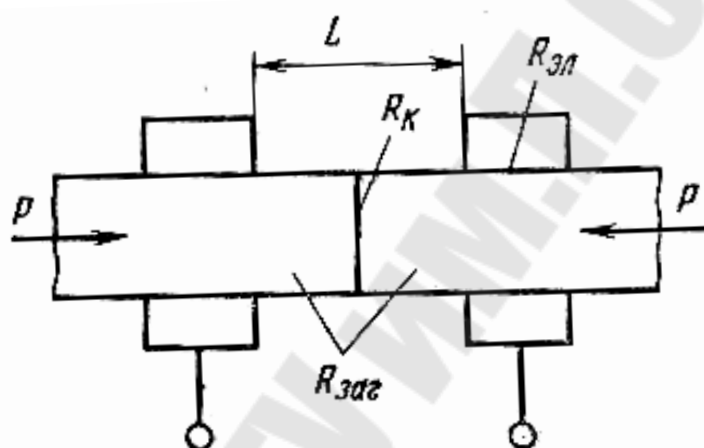


Рис. 3.20. Схема контактной стыковой сварки

Свариваемые заготовки закрепляют в зажимах (электродах) стыковой сварочной машины и сжимают осевой силой P . Электроды подсоединяют к сварочному трансформатору, при включении которого через заготовку протекает электрический ток. Под действием тока происходит нагрев деталей, причем наибольшее количество теплоты выделяется в месте сварочного контакта. Количество выделяемой теплоты Q определяется по закону Джоуля - Ленца

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t,$$

где – I – сварочный ток, А; R – полное сопротивление сварочного контура, Ом; t – время протекания электрического тока, с.

$$R = 2R_{эл} + 2R_{заг} + R_{к},$$

где – $R_{эл}$ – электрическое сопротивление контакта между электродом и заготовкой; $R_{заг}$ – сопротивление участков заготовок, по которым протекает ток; $R_{к}$ – электрическое сопротивление контакта между заготовками

Электрическое сопротивление R_k имеет наибольшую величину вследствие шероховатости поверхностей стыка, наличия оксидных пленок и загрязнений на свариваемых поверхностях. В результате в точках контакта металл разогревается до оплавления либо высокопластического состояния. При непрерывном сближении размягченный металл деформируется, поверхностные оксидные пленки разрушаются и удаляются к периферии стыка, оплавляются новые точки, обеспечивая полное сближение поверхностей, т.е. их сварку. По типу сварного соединения различают сварку стыковую, точечную и шовную.

Различают стыковую сварку *сопротивлением и оплавлением*. При сварке сопротивлением сначала сжимают заготовки силой P , а затем пропускают по ним электрический ток I (рис.3.21). После разогрева сварочного контакта прикладывается дополнительное усилие, обеспечивающее пластическое деформирование стыка заготовок, называемое *осадкой*, а сварочный ток отключается. Сварное соединение образуется в твердой фазе. Необходима при этом тщательная подгонка свариваемых поверхностей и очистка их от оксидных пленок. Применяют этот вид сварки для деталей простой формы (круг, квадрат) сечением до 100 мм^2 , т.к. при больших сечениях возможна неравномерность прогрева стыка.

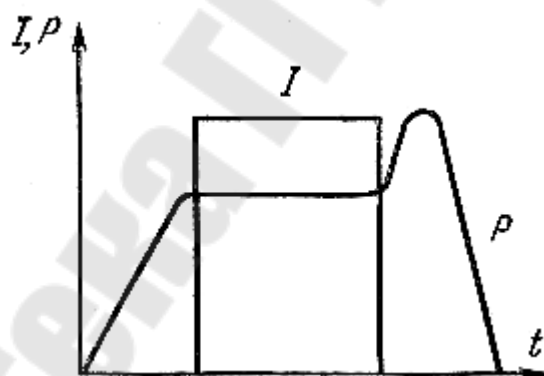


Рис. 3.21. Циклограмма стыковой сварки сопротивлением.

При сварке оплавлением детали, закрепленные в зажимах сварочной машины, под небольшим усилием P медленно сближаются S при включенном сварочном трансформаторе I (рисунок 1.22). Ввиду малых пятен контакта (вследствие контакта по отдельным выступам контактирующих микро выступов шероховатостей и неровностей) на них возникает высокая плотность тока и поэтому происходит мгновенное расплавление выступов с образованием

расплавленных переемычек, которые под действием паров металла разрушаются и образуются новые. Далее сварку оплавлением проводят двумя методами: непрерывным и прерывистым.

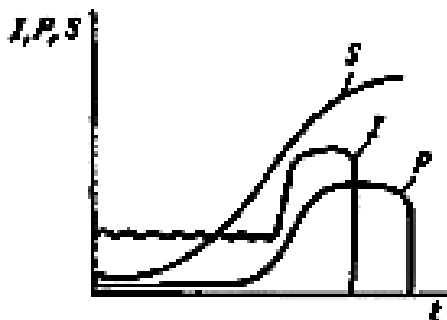


Рис. 3.22. Циклограмма стыковой сварки оплавлением и виды сварных соединений

При непрерывном: после первого касания заготовки продолжают сближать, обеспечивая равномерное оплавление всей поверхности стыка и осаживая его.

При прерывистом - после касания заготовки разъединяют и затем вновь сближают, быстро повторяя несколько циклов короткого замыкания, до достижения оплавления всего сечения. Затем выключают ток и сдавливают заготовку. Под давлением часть расплавленного металла вместе с окислами выдавливается из зоны сварки.

Сварка оплавлением позволяет получить наиболее однородное соединение с минимальным количеством включений оксидов и загрязнений, не требует тщательной подготовки стыков свариваемых поверхностей, позволяет сваривать детали любой конфигурации, различных сечений по форме и по площади сечения (до 100000 мм²), а также сваривать разнородные металлы (быстрорежущие и углеродистые стали, медные и алюминиевые сплавы). Контактная сварка оплавлением энергетически более выгодна, чем сварка сопротивлением.

Шовную контактную сварку выполняют непрерывным швом вращающимися дисковыми электродами и применяют при изготовлении труб из специальных полос. В настоящее время широкое распространение получила технология изготовления труб на специальных базах, как наземного, так и морского базирования. Заготовками труб являются специально раскроенные полосы – штрипсы. Предварительно деформированные заготовки 3 собирают встык, и прокатывают между валиками с фасонной поверхностью 5. Пропускаемый между электродами 2 ток нагревает сварное соединение, а местная осадка происходит в результате сжатия боковых частей

трубной заготовки валиками 5. Режим подачи сварочного тока от источника 1 зависит от толщины свариваемых заготовок. При сварке заготовок максимальной толщины осуществляется непрерывная подача тока (I) по мере перемещения (S) трубной заготовки. Для материалов толщиной до 3 мм возможна прерывистая подача тока (рис. 1.26).

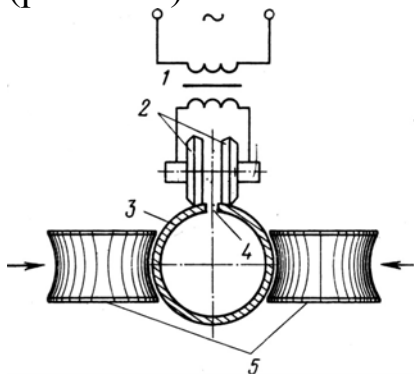


Рис. 1.25. Схема контактной шовной сварки

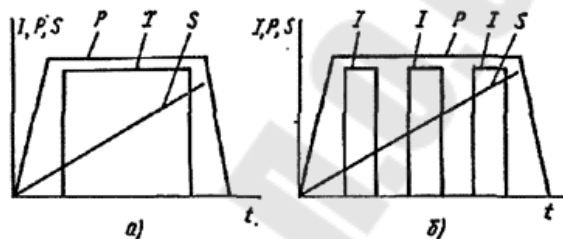


Рис. 1.26. Циклограммы непрерывной (а) и прерывистой подачи тока (б)

Режим с прерывистым включением тока применяется также для сварки высоколегированных сталей, в первую очередь нержавеющих. Это обусловлено их высоким удельным сопротивлением.

Шовная сварка обеспечивает высокую производительность – до 10 м/мин при соединении листового материала толщиной от 0,3 до 3 мм. Применяется она при изготовлении емкостей (баллонов, цистерн, баков и др.), соединении листовых заготовок.

3.4.2 Сварка трением

Сварка трением осуществляется в результате совместной пластической деформации заготовок, поверхности которых предварительно нагреты трением при их относительном перемещении. При трении механическая энергия непосредственно в зоне трения переходит в тепловую. При достижении необходимой температуры относительное перемещение прекращается и увеличивается осевое давление, в результате которого происходит пластическая деформация с образованием металлических связей между поверхностными атомами. Сварка осуществляется в твердой фазе без расплавления металла. Трение поверхностей осуществляется вращением, реже возвратно-поступательным перемещением сжатых заготовок (рис. 1.28).

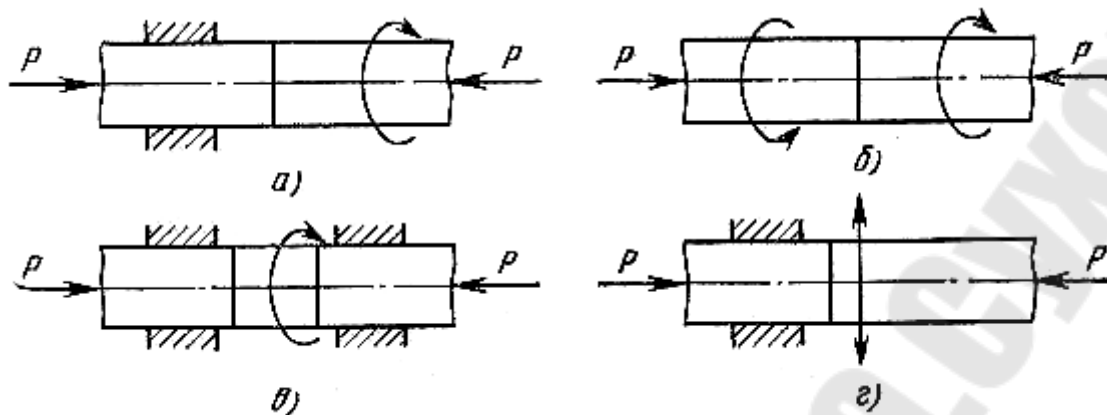


Рис. 1.28. Схемы сварки трением:

- а* – при вращении одной из свариваемых заготовок;
- б* – при вращении обеих свариваемых заготовок;
- в* – при вращении третьей свариваемой вставки;
- г* – при возвратно – поступательном перемещении свариваемых деталей

Основными параметрами процесса являются: скорость относительного перемещения, продолжительность трения, сила сжатия, величина пластической деформации (осадки). Технологические параметры зависят от природы свариваемых металлов, площади поперечного сечения свариваемых заготовок, конфигурации деталей. Для обеспечения качественного соединения в конце процесса необходимо быстрое прекращение движения и применение осадочного осевого давления.

Данный вид сварки обеспечивает высокую прочность соединения, позволяет соединять разнородные металлы и сплавы, характеризуется высокой производительностью. Наиболее распространенной схемой сварки трубных заготовок является сварка с вращением короткой втулки (рис. 1.28 в).

3.5. Пайка металлов и сплавов

Пайкой называют процесс получения неразъемного соединения заготовок без их расплавления путем смачивания сопрягаемых поверхностей жидким припоем с последующей его кристаллизацией.

Для обеспечения растекания припоя по поверхности заготовок и хорошего смачивания заготовки нагревают, а также обрабатывают флюсами, которые растворяют и удаляют с поверхности оксиды, уменьшают поверхностное натяжение.

Пайка экономичнее сварки, не вызывает существенных изменений химического состава и механических свойств деталей, позволяет соединять разнородные металлы и сплавы. Остаточные деформации при пайке меньше, чем при сварке.

В качестве припоев используют сплавы цветных металлов сложного состава. По температуре плавления припой подразделяют на: *особо легкоплавкие* $T_{пл} < 145$ °С, *легкоплавкие* $T_{пл} = 145 \dots 450$ °С, *среднеплавкие* $T_{пл} = 450 \dots 1050$ °С, *тугоплавкие* $T_{пл} > 1050$ °С.

Особо легкоплавкие и легкоплавкие припои изготавливают на основе висмута, кадмия, цинка, олова, свинца.

Среднеплавкие и тугоплавкие содержат медь, никель, цинк, а также серебро, золото, платину.

Пайкой можно соединять трубные заготовки из любых марок сталей. Необходимо лишь правильно выбрать припой и флюс. Флюс не должен химически взаимодействовать с припоем, температура плавления его должна быть ниже температуры плавления припоя. Применяют твердые, пастообразные и жидкие флюсы. *В качестве флюсов применяют* буру $Na_2B_4O_7$, борную кислоту H_2BO_3 , $ZnCl_2$, KF.

Наибольшее распространение получила индукционная пайка, при которой зону соединения нагревают в индукторе. Через индуктор пропускают ТВЧ, в результате чего место пайки нагревается до необходимой температуры. Для предохранения от окисления изделие нагревают в вакууме или в защитной среде с применением флюсов. Индуктор выполняют в виде петли или спирали из красной меди. Формы и размеры индуктора зависят от конструкции паяемого изделия.

По условиям заполнения зазора и механизму образования соединения такая пайка является *капиллярной*, т.к. затекание и удержание в зазоре припоя основано на капиллярном эффекте;

Преимущества пайки перед сваркой:

- возможность соединять плохо свариваемые и разнородные материалы;
- за один прием возможно соединение нескольких деталей;
- кромки деталей не оплавляются и возможно сохранить размеры и форму деталей;
- возможен демонтаж соединения.

Необходима тщательная механическая очистка поверхностей под пайку, а также желательна химическая, электрохимическая и обезжиривание.

Сборка узла должна обеспечивать надежную фиксацию деталей с требуемым зазором и поступление припоя в зазор. Применяют обычно специальные приспособления.

Для плавки сталей используют высокотемпературные припои – латуни и медные сплавы. Можно нанести слой 5-15 мкм гальваническим путем на детали и затем производить пайку.

В качестве флюсов используют борную кислоту и буру в различных сочетаниях. Иногда вводят дополнительно галогениды, фториды натрия, калия, лития, кальция, фторбораты натрия, калия.

3.6. Сварка вращающейся дугой (СВД)

Процесс СВД осуществляется в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 1.29. Дуга возникает в зазоре между трубами при их разведении после сборки стыка без зазора. Как правило, она возникает в месте самого малого зазора, и в результате взаимодействия тока дуги и магнитного поля в зазоре дуга начинает перемещаться по кромкам стыка труб в направлении, определяемом известным "правилом левой руки". Скорость перемещения дуги по кромкам такова, что глаз не может уловить ее движение, а воспринимает свечение плазмы одновременно по всему периметру стыка. По истечении заранее установленного времени, в течение которого стык нагревается до температуры плавления, свариваемые трубы резко сближают и сжимают с удельным усилием 60-80 МПа. В результате образуется сварное соединение, имеющее равномерное усиление по всему периметру стыка.

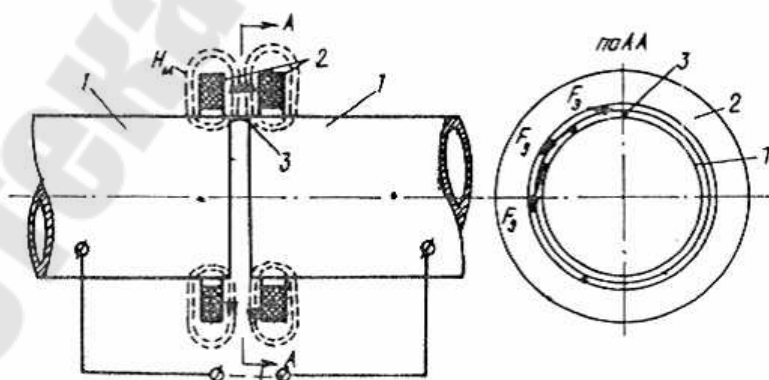


Рис.1.29 Схема сварки вращающейся магнитоуправляемой дугой: 1 - свариваемые трубы; 2 - кольцевые магниты; 3 - столб сварочной дуги; H_m - направление магнитного поля в зазоре; F_l - сила Лоренца или направление перемещения дуги

Сварку трубопроводов осуществляют с помощью комплексов оборудования с использованием сварочных машин типа ОБ-2398 или ОБ-2503.

Оборудование для проведения сварочно-монтажных работ включает:

сварочный стенд;

сварочную машину;

электростанцию мощностью не менее 100 кВт для питания электроэнергией сварочной машины;

транспортное средство для перемещения комплекса оборудования;

пилу маятниковую для обрезки торцов труб;

механические или ручные шлифмашинки для подготовки под сварку концов труб.

Сварочный стенд состоит из следующих основных частей:

саней с платформой;

рольганга с прижимными устройствами и перегружателями;

накопителя;

корректора положения сварочной головки.

3.7. Дефекты сварных соединений и контроль качества сварных швов

Дефекты сварных швов подразделяются на внешние и внутренние. *К внешним дефектам* относятся: наплывы, подрезы, непровары и несплавления, поверхностные трещины и поры, свищи и прожоги. *К внутренним дефектам* относятся: скрытые трещины и поры, внутренние непровары и несплавления, шлаковые включения и др.

Для контроля качества сварных швов применяют разрушающие и неразрушающие методы контроля.

Разрушающие методы контроля заключаются в механических испытаниях контрольных образцов и применяются для оценки свойств основного и сварочного материалов, а также квалификации сварщиков.

Сварочные конструкции подвергаются в зависимости от назначения и ответственности следующим методам контроля: визуальному осмотру, испытаниям на плотность, магнитному контролю, контролю рентгеновским и гамма-излучением, ультразвуковому контролю.

Визуальным осмотром выявляются наличие отклонений геометрических размеров сварного соединения, наплывы, прожоги,

подрезы, наружные трещины шва и околошовной зоны, непровары корня шва. При этом осмотре возможно применение оптических приборов с увеличением до 10 крат.

На плотность проверяют емкости для хранения жидкостей, сосуды и трубопроводы, работающие при избыточном давлении. Испытания проводятся путем гидравлического или пневматического опрессовывания, с помощью течеискателей и керосина. Воздушным и гидравлическим давлением, а также течеискателем можно выявить сквозные дефекты размером от 0,0001 мм. Смачивание керосином позволяет определить дефекты размером более 0,1 мм, а обдувом сжатым воздухом и поливом водой – более 0,5 мм.

При гидравлических испытаниях емкости наполняют водой и создают в них избыточное давление в 1,5...2 раза, превышающее рабочее. После 5...10 минут выдержки осматривают на наличие течи, капель, опотеваний.

При пневматических испытаниях в сосудах создается избыточное давление 0,01...0,02 МПа. Соединение смачивают мыльным раствором или опускают в воду. Дефекты определяются по мыльным или воздушным пузырькам.

При испытании течеискателем в емкости создается вакуум, а снаружи емкость обдувают воздухом с гелием. При наличии неплотностей гелий проникает в сосуд, откуда он отсасывается в течеискатель со специальной аппаратурой для его обнаружения.

При испытании керосином швы с одной стороны обмазываются мелом, а с другой – керосином. При наличии несплошностей на мелованной стороне появляются темные пятна керосина.

Метод магнитного контроля основан на определении полей магнитного рассеяния на дефектных участках. Метод заключается в намагничивании сварных соединений, нанесении на поверхность порошка железной окалины или его масляной суспензии. По скоплению порошка на отдельных участках обнаруживают дефекты, залегающие на глубине до 6 мм, площадью от 2 мм² и более, трещины шириной не менее 0,1 мм.

Рентгеновский контроль основан на различии поглощающей способности рентгеновского излучения участками металла с дефектами и без них. Проверяемое сварное соединение располагается между рентгеновской трубкой и кассетой с рентгеновской пленкой (рис.5.36). Излучение проходит через соединение и облучает пленку. Участки с повышенным потемнением на проявленной пленке указывают дефектные места в соединениях. Данный метод позволяет определять дефекты размером от 0,5 мм и более, просвечивать

соединения из стали толщиной до 200 мм, алюминия – до 300 мм, меди – до 25 мм.

Методика просвечивания гамма-излучением аналогично рентгеновскому методу. Только в качестве источников излучения используют радиоактивные изотопы кобальт – 60, тулий – 170 и др. Ампула с изотопом располагается в свинцовом контейнере. Преимуществом этого метода является портативность аппаратуры, что позволяет его применять в любых условиях. Кроме того он менее дорогостоящий чем рентгеновский. Однако у него ниже чувствительность при просвечивании соединений толщиной до 50 мм.

Ультразвуковой метод контроля основан на способности ультразвуковых волн отражаться от поверхностей раздела двух сред. Метод позволяет выявлять дефекты и их параметры площадью от 1 до 2 мм² и более на глубине 1...250 мм.

Вопросы для самопроверки

1. Что используется в качестве источников теплоты при сварке плавлением?
2. Что понимается под зоной термического влияния и какие структурные превращения происходят в ней?
3. Охарактеризуйте основные типы сварных соединений.
4. Изобразите схему ручной дуговой сварки, укажите ее возможности и методику определения силы сварочного тока.
5. Особенности автоматической дуговой сварки под флюсом.
6. Особенности сварки в защитных газах.
7. Особенности электрошлаковой сварки.
8. Плазменная сварка и резка, области ее применения.
9. Особенности газовой сварки и области ее применения.
10. Особенности контактной стыковой сварки оплавлением и сопротивлением и области их применения.
11. Особенности шовной контактной сварки и области их применения.
12. Методы контроля сварных соединений.

Глава 4. Технологические требования при электродуговой сварке магистральных и промышленных трубопроводов

4.1. Разделка кромок трубных заготовок

Подготовка кромок труб к сварке должна осуществляться в соответствии с рекомендациями изложенными в ВСН 006-89 введенных в действие Миннефтегазстрой СССР. Рекомендуемые типы разделки кромок труб приведены на рис.4.1.

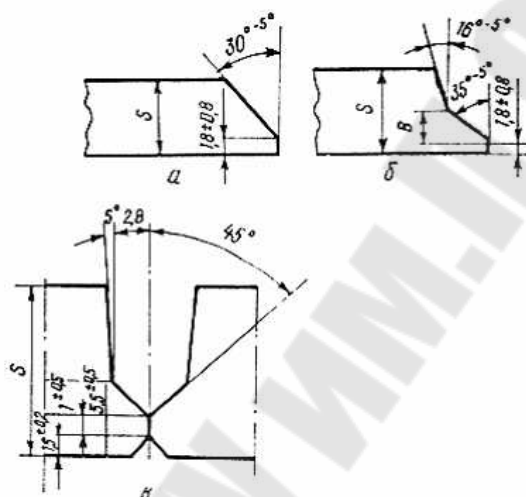


Рис.4.1. Типы разделки кромок труб для ручной дуговой сварки, односторонней автоматической сварки под флюсом, автоматической дуговой сварки порошковой проволокой с принудительным формированием, полуавтоматической сварки в защитных газах:

а - для труб диаметром 57-1420 мм с толщиной стенки s до 16 мм; б - для труб диаметром 273-1420 мм с толщиной стенки более 15 мм; в - для автоматической сварки труб в защитных газах

Примечания: 1. После газовой резки в монтажных условиях разделка кромок труб должна соответствовать рис.1,а независимо от толщины стенки труб.

2. Размер $в$ (мм) на рис.1,б зависит от толщины стенки трубы (мм):

Таблица 4.1 – Величина прикорневого откоса при непрямолинейной разделке кромок

В, мм	Толщина стенки трубы, мм
7	Свыше 15 до 19
8	Свыше 19 до 21,5
10	Свыше 21,5 до 26
12	Свыше 26 до 32

Сварку допускного стыка разрешается выполнять бригадным методом. В этом случае каждый сварщик бригады получает право выполнять сварку только того слоя шва, который был им сварен на допускном стыке.

В случае изменения состава бригады к работе в этой бригаде может быть допущен сварщик, получивший ранее право сварки данного слоя или всего шва.

Требования к выполнению и качеству допускных стыков должны соответствовать СНиП III-42-80 и ВСН 012-88 (см. справочное приложение 2).

Запрещается использовать арматуру из серого или ковкого чугуна.

4.2. Сборка стыков труб перед сваркой

Перед сборкой необходим визуальный контроль поверхностей труб, деталей трубопроводов, запорной и распределительной арматуры в соответствии с требованиями п.4.1 СНиП III-42-80; обнаруженные дефекты должны быть исправлены в соответствии с требованиями п.4.2 СНиП III-42-80.

Соединение разностенных труб, труб с деталями трубопроводов или труб с запорной и распределительной арматурой должно выполняться в соответствии с п.4.5 СНиП III-42-80.

Допускается выполнять непосредственную сборку и сварку труб с деталями трубопроводов при разностенности до 2,0 толщин при специальной подготовке детали (рис. 4.2).

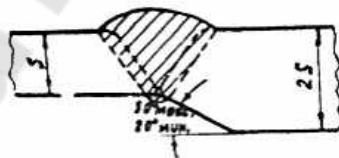


Рис.4.2. Подготовка для сварки торцов труб с разной толщиной (δ) стенки

При сборке стыков труб с одинаковой нормативной толщиной стенки должны соблюдаться следующие требования:

- внутреннее смещение внутренних кромок бесшовных труб не должно превышать 2 мм. Допускаются на длине не более 100 мм местные внутренние смещения кромок труб, не превышающие 3 мм;
- величина наружного смещения в этом случае не нормируется, однако, должен быть обеспечен плавный переход поверхности шва к основному металлу в соответствии с технологической картой. Оценка величины смещения внутренних кромок следует проверять непосредственным измерением с использованием шаблонов марки УПС-4;

– смещение кромок электросварных труб не должно превышать 20% нормативной толщины стенки, но не более 3 мм. Измерение величины смещения кромок допускается проводить по наружным поверхностям труб сварочным шаблоном. Для труб с нормативной толщиной стенки до 10 мм допускается смещение кромок до 40% нормативной толщины стенки, но не более 2 мм. В случае необходимости следует делать селекцию и калибровку (см. справочное приложение 3).

Сборку труб следует производить в соответствии с п.4.3 СНиП III-42-80. Для сборки труб диаметром 1420 мм с толщиной стенки 21,5 мм и выше следует применять внутренние центраторы ЦВ-145 с повышенным усилием разжатия 1960-2250 кН. До начала серийного выпуска таких центраторов можно пользоваться центратором ЦВ-144 усовершенствованной конструкции.

Сборку захлестов, а также других стыков, где применение внутренних центраторов невозможно, разрешается производить с помощью наружных центраторов независимо от диаметра труб, в том числе гидравлических.

Способы сборки промышленных трубопроводов под ручную и автоматическую дуговую сварку под флюсом изложены в ВСН 005-88.

Величины зазоров в стыках при сборке в случае сварки электродами приведены в табл.4.2.

Таблица 4.2 – Допускаемые зазоры в стыках трубных заготовок для сварки плавящимися электродами

Способ сварки	Диаметр электрода или сварочной проволоки, мм	Величина зазора при толщине стенки трубы, мм		
		до 8	8-10	10 и более
Ручная дуговая сварка электродами с основным покрытием	2,0-2,5	1,5-2,5	-	-
	3,0-3,25	2,0-3,0	2,5-3,5	3,0-3,5
Ручная дуговая сварка электродами с целлюлозным покрытием	3,0-3,25	1,5-2,0	-	-
	4,0	-	1,5-2,5	1,5-2,5
Ручная дуговая сварка электродами с рутиловым покрытием	2,0-2,5	1,5-2,5	-	-
	3,0-3,25	2,0-3,0	2,5-3,5	3,0-3,5

Примечание. Величину зазора при сварке способом "на спуск" электродами с основным покрытием следует устанавливать по максимальному значению.

Сборку стыков при двусторонней автоматической сварке под флюсом следует выполнять без зазора. На отдельных участках стыка длиной до 100 мм допускается зазор не более 0,8 -1,0 мм.

Величина зазора при сборке стыков на трубосварочных базах ССТ-ПАУ зависит от способа и технологии выполнения подварочного слоя:

– если подварку изнутри трубы выполняют вручную, то ее следует осуществлять сразу после сварки корня шва; при этом стыки собирают с зазором, рекомендованным для ручной дуговой сварки электродами с основным покрытием;

– если подварку изнутри трубы выполняют автоматической сваркой под флюсом, то сборку стыка следует выполнять с зазором не менее 1,5 мм.

Сборку стыков при автоматической сварке в защитных газах производят без зазора. Допускаются локальные зазоры до 0,5 мм.

Сборку под двустороннюю автоматическую сварку выполняют с помощью одной прихватки, расположенной в соответствии с рис.3 на режимах сварки первого наружного слоя шва. Длина прихватки должна быть не менее 200 мм.

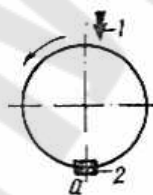


Рис.4.3. Расположение прихваток при сборке под двустороннюю автоматическую сварку под флюсом:

1 - положение сварочной головки в начале сварки; 2 - прихватка

При сборке стыков на наружных центраторах количество прихваток, равномерно распределенных по периметру стыка, и их длина зависят от диаметра трубы и должны соответствовать данным, приведенным в табл.5.

Таблица 4.3 – Количество и длина прихваток при сварке труб на наружных центраторах

Диаметр стыка, мм	Ориентировочное количество прихваток, не менее	Длина прихваток, не менее, мм
До 400	2	30-50
400 - 1000	3	60-100
1000 - 1400	4	100-200

Непосредственно перед прихваткой и сваркой производится просушка (или подогрев) кольцевыми нагревателями торцов труб и прилегающих к ним участков шириной не менее 150 мм.

Просушка торцов труб нагревом до температуры 20-50°C обязательна:

– при наличии влаги на трубах независимо от способа сварки и прочности основного металла;

– при температуре окружающего воздуха ниже +5°C в случае сварки труб с нормативным временным сопротивлением разрыву 539 МПа (55 кгс/мм²) и выше.

Предварительный подогрев выполняют перед прихваткой и ручной дуговой сваркой корневого слоя шва. Необходимость подогрева и его параметры определяют по табл. 6 и 7 в зависимости от эквивалента углерода стали, толщины стенок стыкуемых труб, температуры окружающего воздуха, вида покрытия электродов.

Примечание. Требования таблиц не распространяются на термоупрочненные стали.

Если по условиям пп.2.2.13-2.2.14 необходимы и просушка, и подогрев, то обязательной является только последняя операция.

При сварке корневого слоя шва термически упрочненных труб с нормативным пределом прочности 637 МПа (65 кгс/мм²) электродами с целлюлозным видом покрытия независимо от температуры окружающего воздуха необходим предварительный подогрев стыка до температуры не ниже +100°C, но не выше +200°C.

При сварке корневого слоя шва электродами с основным видом покрытия при температуре окружающего воздуха +5°C и ниже температура кромок труб стыка непосредственно перед сваркой должна быть не ниже +50°C, но не более +200°C.

Предварительный подогрев при сварке стыков труб на трубо-сварочных базах следует применять только непосредственно перед прихваткой и ручной дуговой сваркой корневого слоя шва на базах типа ССТ-ПАУ и БНС.

Перед автоматической сваркой под флюсом заполняющих слоев шва на базах типа ССТ-ПАУ, а также при двусторонней автоматической сварке под флюсом кольцевых стыков труб на базах типа БТС предварительный подогрев не требуется.

Температуру подогрева свариваемых кромок нужно контролировать контактными термометрами (например, ТП-1, ТП-2 или термокарандашами). Замерять температуру следует на расстоянии 10-15 мм от торца трубы; место замера необходимо предварительно зачистить металлической щеткой. Если при замере температуры

непосредственно перед сваркой будет обнаружено, что температура стыка оказалась ниже установленной в табл. 6 и 7, то необходим повторный нагрев.

4.3. Сварочные материалы

Для сварки кольцевых стыков магистральных и промышленных трубопроводов разрешено применять следующие виды сварочных материалов, предусмотренные проектом и прошедшие приемку и оценку качества перед их применением согласно требованиям приложения 4:

электроды с целлюлозным видом покрытия (Ц) для ручной дуговой сварки неповоротных стыков или с основным видом покрытия (Б) для ручной дуговой сварки поворотных и неповоротных стыков*;

флюс и сварочную проволоку для автоматической сварки под флюсом поворотных стыков труб;

самозащитную порошковую проволоку для автоматической и механизированной сварки неповоротных стыков труб с принудительным формированием шва;

защитный газ и сварочную проволоку для автоматической и полуавтоматической сварки в защитных газах.

* Для отдельных категорий промышленных трубопроводов разрешаются электроды с рутиловым (Р) покрытием (см. ВСН 005-88).

Применение сварочных материалов без сертификата завода-изготовителя запрещается.

Сварочные материалы должны соответствовать требованиям проекта, в котором могут быть предусмотрены следующие нормативные документы:

ГОСТ 9466-75 "Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация, размеры и общие технические требования";

ГОСТ 9087-81 "Флюсы сварочные плавные";

ГОСТ 2246-70 "Проволока стальная сварочная";

ТУ 14-1-4171-86 "Сварочная проволока марки Св-08ХГ2СНМТ";

ТУ 14-146-73-87 "Флюс сварочный плавный двухсоставной марки АН-ВС";

ГОСТ 10157-79 "Аргон газообразный";

ГОСТ 8050-85 "Двуокись углерода газообразная и жидкая";

ТУ 1-1768-76 "Сварочная проволока Св-08Г2СМ";

ТУ 14-4-1172-82 "Порошковая проволока ПП-АН19";
ТУ 88 УССР 085-347-83 "Порошковая проволока ПП-АН24";
ТУ 88 УССР 085-348-83 "Порошковая проволока ПП-АН24С";
ТУ ИЭС 514-85 "Порошковая проволока ПП-АН-30".

Сварочные материалы (электроды и порошковую проволоку) следует хранить преимущественно в отапливаемых помещениях при температуре не ниже +15°C в условиях, предохраняющих от загрязнения, увлажнения, ржавления и механических повреждений.

Электроды и порошковую проволоку следует хранить в упаковке завода-изготовителя на стеллажах или в штабеле. Высота укладки упаковок не должна превышать 5 рядов.

Мотки (бухты, катушки) проволоки сплошного сечения необходимо хранить на складе в упаковке завода-изготовителя. Приемка мотков (бухт, шпуль, катушек) проволоки должна быть осуществлена только при наличии металлической бирки с указанием наименования товарного знака предприятия-изготовителя, условного обозначения проволоки, номера плавки и партии.

Флюсы необходимо хранить в бумажных мешках, уложенных в штабель, или в специальных закрытых емкостях (контейнерах, бункерах, ларях). В случае повреждения упаковки флюсы следует хранить только в контейнерах, бункерах, ларях.

Порошковая проволока должна быть уложена в герметизированную жестяную банку отдельными мотками массой 10 кг и не более 35 кг. Банки с проволокой должны храниться на стеллажах. К мотку должна быть привязана бирка, на которой указывают марку порошковой проволоки, номер партии, дату изготовления. Мотки должны быть упакованы в мешки из полиэтиленовой пленки. В каждый полиэтиленовый мешок должен быть уложен матерчатый мешок с прокаленным силикагелем в количестве 0,5% от массы проволоки.

Сварочные электроды, флюсы, порошковую проволоку непосредственно перед их выдачей в производство необходимо сушить (прокаливать) согласно режимам, приведенным в табл.4.4.

Таблица 4.4 – Режимы сушки сварочных материалов

Тип и марка сварочных материалов	Температура прокали, °С	Время выдержки, ч
Электроды		
Э42, Э50	60-100	1,0
Э42А	250	1,0
Э50А	300	1,0
Э60, Э70	350	1,0
Флюсы:		
АН-348А	200-300	1,5
АН-47	300-350	1,5
АН-ВС	300-350	1,5
ФЦ-16	400-500	3,0-3,5
Порошковая проволока		
ПП-АН19	230-250	2,0-3,0
ПП-АН24СМ	200-230	1,5-2,0
ПП-АН30С	200-230	1,5-2,0

Электроды с целлюлозным покрытием, доставленные к месту работ с неповрежденной герметической упаковкой (жестяных банках или картонных коробках с герметизирующей пленкой), разрешается использовать по назначению без предварительной сушки.

Электроды, флюсы и порошковая проволока используются после сушки (прокали) в сроки, указанные в табл.4.5. Дальнейшее их применение разрешается только после проведения повторной сушки (прокали).

Таблица 4.5 – Период годности сварочных материалов

Сварочные материалы	Срок годности при хранении в сухих помещениях, сут.
Электроды с основным видом покрытия и порошковая проволока	2
Электроды с целлюлозным видом покрытия	5
Флюс	15

При температуре окружающего воздуха ниже +5°С прокаленные электроды, предназначенные для сварки корневого слоя шва с основным видом покрытия непосредственно после сушки (прокал-

ки), рекомендуется термостатировать в специальных электротермопеналах типа ЭОС-0,09/2-И1.

Сварочные материалы (электроды, флюсы, порошковую проволоку, проволоку сплошного сечения) следует выдавать сварщику в количестве, необходимом для односменной работы. Неиспользованные за смену электроды с покрытием основного вида и порошковую проволоку следует хранить в сушильных шкафах, а флюс - в закрытой таре.

При хранении прокаленных электродов с покрытием основного вида и порошковой проволоки в сушильных шкафах (с температурой 135-150°C), а флюсов - в закрытой таре срок их хранения не ограничивается.

Флюс, оставшийся после сварки, должен быть возвращен на участок подготовки, где его очищают от шлаковых включений, металлических примесей и других загрязнений.

Сварочную проволоку сплошного сечения перед выдачей на трубосварочную базу необходимо очистить от ржавчины, загрязнений и масел.

Порошковая проволока со следами ржавчины не подлежит сварке.

4.4. Ручная электродуговая сварка кольцевых стыков труб

Ручную дуговую сварку следует выполнять с применением только покрытых электродов. Запрещается вести сварку с применением любых присадок, подаваемых в дугу дополнительно или закладываемых в разделку. Сварку первого (корневого) слоя шва электродами с целлюлозным покрытием ведут постоянным током обратной или прямой полярности, сварку "горячего" прохода и последующих слоев шва - электродами с целлюлозным покрытием на обратной полярности, а также сварку всех слоев шва электродами с основным покрытием - на постоянном токе обратной полярности. Рекомендуемые значения сварочного тока приведены в табл.4.6 и 4.7.

Таблица 4.6 – Рекомендуемые значения сварочного тока при сварке электродами с основным видом покрытия способом на подъем"

Диаметр электродов, мм	Сварочный ток (А) в зависимости от пространственного положения шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
2,0-2,5	50-90	40-80	40-50
3,0-3,25	90-130	80-120	90-110
4,0	140-180	110-170	150-180

Таблица 4.7 – Рекомендуемые значения сварочного тока при сварке электродами способом "на спуск"

Диаметр электродов	Слой	Сварочный ток (А) в зависимости от пространственного положения шва		
		нижнее	вертикальное	потолочное
мм				
Электроды с целлюлозным видом покрытия				
3,0-3,25	1	90-110	90-110	80-100
4,0	1	120-160	120-160	100-140
4,0	"Горячий" проход	140-180	150-170	140-170
5,0	"Горячий" проход и заполняющие слои	180-200	200-220	160-180
Электроды с основным видом покрытия				
3,0	1	80-100	110-130	90-110

При применении электродов с целлюлозным покрытием сварку следует осуществлять методом замочной скважины ("окна"). Когда в процессе сварки электросварщик поддерживает угол наклона электрода в пределах 40-90°, он должен вести "окно" за торцом электрода. При вынужденных перерывах во время сварки первого (корневого) слоя шва необходимо поддерживать температуру торцов труб на уровне требуемой температуры предварительного подогрева. Если это условие было не соблюдено, то стык должен быть вырезан и заварен вновь.

После сварки корневого слоя шва электродами с целлюлозным видом покрытия обязательна его шлифовка абразивным инструментом. "Горячий" проход является обязательной операцией, которую осуществляют непосредственно после сварки и шлифовки корневого слоя шва, выполненного с применением целлюлозных электродов. "Горячим" проходом считается только такой проход, который выполнен по неостывшему корневому слою шва электродами с целлюлозным видом покрытия или специальными низководородистыми электродами, обеспечивающими возможность сварки "на спуск".

Время между окончаниями сварки первого слоя шва и началом выполнения "горячего" прохода не должно быть более 5 мин. Скорость сварки "горячего" прохода целлюлозными электродами - 18-20 м/ч.

При сварке заполняющих и облицовочных слоев шва труб с пределом прочности 539 МПа (55 кгс/мм²) и выше необходимо следить за тем, чтобы температура перед наложением каждого после-

дующего слоя была не ниже $+5^{\circ}\text{C}$. Если температура участка шва, подлежащего сварке, упала ниже $+5^{\circ}\text{C}$, необходимо провести повторный подогрев.

При сварке корневого слоя шва электродами с основным видом покрытия "на спуск" дугу возбуждают методом "зажигания спички" на поверхности разделки, затем, чуть оторвав электрод от поверхности зажигания (длина дуги не более 1,5 мм), мгновенно переводят дугу на свариваемые кромки. Кратер необходимо выводить на поверхность разделки кромок или прорезать шлифмашинкой. После достижения контакта между втулочкой электрода и поверхностью разделки электрод перемещают сверху вниз без поперечных колебаний, непрерывно регулируя положение дуги относительно сварочной ванны. Промежуток "застывший сварочный шлак - дуга" регулируется изменением наклона электрода, скоростью его перемещения, усилием прижатия электрода к свариваемым кромкам и силой тока.

Достижение сквозного проплавления фиксируется по характерному шуму проходящей "навылет" дуги.

Перемещать внутренний центратор разрешается только после того, как корневой слой шва полностью сварен электродами с целлюлозным покрытием или на $3/4$ периметра стыка - электродами с основным покрытием. При сварке термоупрочненных труб при любых электродах корневой слой должен быть сварен полностью.

Сварной шов облицовочного слоя должен перекрывать основной металл в каждую сторону от шва на 2,5-3,5 мм и иметь усиление высотой 1-3 мм.

Стыки труб диаметром 1020 мм и более из сталей с нормативным пределом прочности 539 МПа (55 кгс/мм^2) и выше должны быть подварены изнутри электродами с основным видом покрытия.

Подварку выполняют перед началом сварки заполняющих слоев шва. Запрещается производить подварку способом сварки "на спуск". Подварочный слой должен иметь ширину 8-10 мм и усиление высотой 1-3 мм.

Чтобы предупредить образование дефектов между слоями перед наложением каждого последующего слоя шва, поверхность предыдущего шва должна быть очищена от шлака и брызг наплавленного металла. После окончания сварки поверхность облицовочного слоя шва также должна быть очищена от шлака и брызг. Минимально допустимое число слоев шва при ручной дуговой сварке указано в табл.16.

Таблица 4.8 Число слоев сварного шва при различных толщинах стенки трубы

Толщина стенки трубы мм	Минимальное число слоев шва при сварке корневого слоя шва электродами с разным видом покрытия	
	целлюлозный	основной
До 10	3	2
Свыше 10-15	4	3
Свыше 15-20	5	4
Свыше 20-25	6	5
Свыше 25-32	7	6

Сварные соединения разрешается оставлять незаконченными только на одни сутки после окончания рабочего дня или при остановке работ, если число выполненных слоев шва соответствует табл.17. Если число слоев не соответствует данным, приведенным в табл.17, стык должен быть вырезан и заварен вновь.

Перед возобновлением сварки незавершенного стыка труб при температуре окружающего воздуха $+5^{\circ}\text{C}$ и ниже, а также при наличии влаги стык должен быть просушен.

При ширине разделки более 30 мм рекомендуется применять многоваликовую сварку заполняющих и облицовочных слоев шва (рис. 4.4)

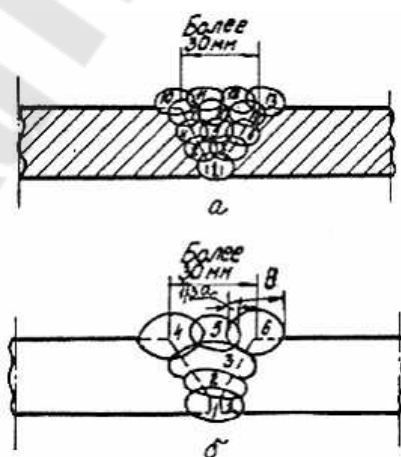


Рис. 4.4. Схема выполнения заполняющих и облицовочного (а), только облицовочного (б) слоев шва несколькими валиками:

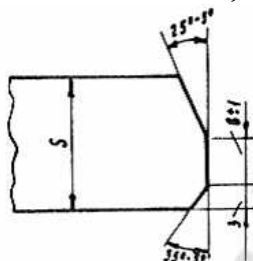
1-13 слою шва; B - ширина валика

4.5. Двусторонняя автоматическая сварка под флюсом на базах типа БТС

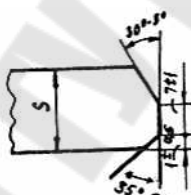
Перед сваркой необходимо осуществить подготовительные операции и обработку кромок по данным рис.4.5.



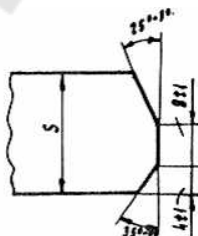
Для труб диаметром до 1020 мм $s = 6,0-10,9$ мм



Диаметры, мм	S, мм
720-820 мм	18,1-22,0 мм;
1020 мм	18,1-21,0 мм;
1420 мм	18,1-20,0 мм



Для труб диаметром 720-1420 мм $s = 11,0-18,0$ мм



Диаметры, мм	S, мм
1020 мм	21,1-27,0 мм;
1220 мм	19,7-27,0 мм;
1420 мм	20,1-32,0 мм

Рис.4.5. Типы разделки кромок труб для двусторонней автоматической сварки под флюсом

В зависимости от типа применяемого оборудования последовательность наложения слоев шва может быть следующей:

сварка наружных слоев шва и последующая сварка внутреннего слоя;

сварка первого наружного слоя и последующая одновременная сварка второго наружного и внутреннего слоя шва.

Вылет электрода должен составлять 40-45 мм. Сварку необходимо проводить на обратной полярности. При сварке под флюсом АН-ВС толщин до 20,5 мм величину сварочного тока рекомендуется увеличить на 100-200 А при скорости сварки 60-100 м/ч; угол наклона электрода "вперед" - до 30°.

Геометрические размеры швов определяют на макрошлифах, изготовленных из каждого 200 стыка. Геометрические размеры швов, определяемые по макрошлифам, должны соответствовать данным рис.4.6 и табл.4.9. В случае отклонения геометрических параметров швов от заданных (см. рис.6, табл.21) сварку следует прекратить, отладить оборудование и режим сварки.

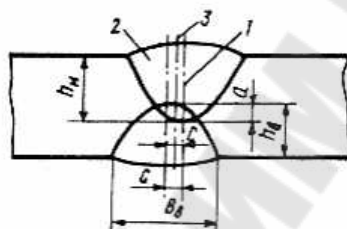


Рис.4.6. Макрошлиф образца из контрольных стыков:

1 - ось первого (наружного) слоя шва; 2 - ось внутреннего слоя шва; 3 - условная ось стыка; a - перекрытие наружного и внутреннего слоев шва ($a \geq 3$ мм при толщине стенки трубы 12 мм и более, $a \geq 2$ мм при толщине стенки менее 12 мм); c - смещение осей наружных и внутреннего слоев шва от условной оси стыка ($c = \pm 1$ мм); h_n и h_v - глубина проплавления соответственно первого (наружного) и внутреннего слоев шва; B_v - ширина внутреннего шва (табл.4.9)

Таблица 4.9 – Геометрические параметры контрольных стыков

Толщина стенки, мм	Тип разделки кро- мок (см. рис.4.5)	Размеры внутреннего шва* (не более), мм	
		глубина проплавления	ширина шва, B_v
6,0	а	4	15
9,5-11,0	а	6	15
11,1-15,2	б	7	21
15,3-18,0	б	9	26
18,1-21,0	в	10	26
19,7-20,5	г	12	26
21,1-32,0	г	12	28

$$* \frac{B_{\text{с}}}{h_{\text{с}}} \geq 2.$$

Остальные 199 стыков, предшествующие вырезанному, следует считать годными, если в результате контроля просвечиванием в них не обнаружено недопустимых дефектов.

Если наружный облицовочный слой шва смещен относительно первого наружного слоя, стык считается годным при отсутствии в нем недопустимых дефектов и соблюдении заданных режимов. При этом оси наружного корневого и внутреннего швов должны совпадать или быть смещены относительно друг друга на величину не более 2 мм (рис.7).

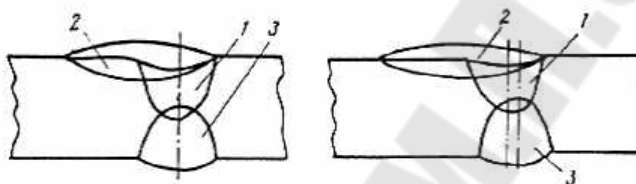


Рис.4.7. Внешний вид макрошлифов сварных швов при двухсторонней автоматической сварке под флюсом и симметричном и несимметричном расположении первого (наружного) и внутреннего слоев шва: 1 - первый (наружный) слой шва; 2 - облицовочный слой шва; 3 - внутренний слой шва

Для предотвращения непроваров и шлаковых включений автоматическую сварку прихваток и начального участка шва не следует выполнять при значениях тока ниже нижнего предела диапазона режимов сварки.

Начало и окончание сварки стыка должно располагаться на расстоянии не менее 100 мм от продольных швов свариваемых труб.

Во избежание образования шлаковых включений и непровара между первым наружным и внутренним слоями в начале прихватки или первого слоя шва рекомендуется делать шлифмашинкой пропил глубиной 4-5 мм, шириной 3-4 мм и длиной не менее 25-30 мм.

Чтобы избежать образования трещин, запрещается освобождать жимки центратора до полного завершения процесса сварки первого наружного слоя стыка.

Интервал времени между завершением первого наружного слоя шва и началом сварки внутреннего слоя не должен превышать:

1 ч при положительной температуре воздуха;

30 мин при температуре воздуха ниже нуля.

Интервал времени между сваркой предыдущего и каждого из последующих наружных слоев шва не должен превышать 2 ч.

Если сварку выполняют при отрицательных температурах, то запрещается скатывать сваренную плетть на мокрый грунт или снег до тех пор, пока стык не остынет до температуры окружающей среды.

В конце смены стыки труб должны быть заварены полностью. В порядке исключения, в случае выхода из строя оборудования, отключения сети и т.д. стыки труб до следующей смены разрешается оставлять с несваренным облицовочным слоем шва. При невыполнении указанного требования стыки подлежат вырезке.

4.6. Односторонняя автоматическая сварка под флюсом на базах типа ССТ-ПАУ

Ручная подварка корня шва осуществляется в соответствии с вышеописанными требованиями. Для улучшения отделимости шлаковой корки после выполнения корневого слоя шва допускается ручная дуговая сварка дополнительных слоев. Дополнительный (е) слой шва сваривают только после полного завершения корневого слоя шва по всему периметру стыка.

Нельзя начинать прихватку или ручную дуговую сварку корневого слоя шва на расстоянии менее 100 мм от продольного шва трубы.

Автоматическую подварку корня шва под флюсом выполняют по всему периметру стыка теми же материалами, которые рекомендованы для сварки заполняющих слоев, после сварки корневого слоя шва или после выполнения всех наружных слоев.

Если подварку осуществляют после сварки корневого слоя шва, то интервал между окончанием сварки корня шва и началом сварки подварочного слоя не должен превышать 40 мин.

Если подварку выполняют после завершения сварки наружных слоев шва, то интервал времени между окончанием сварки корня шва и началом выполнения подварочного слоя не должен превышать 1,5 ч.

Подварку стыков труб диаметрами 1020-1420 мм следует выполнять в один слой на постоянном токе обратной полярности при угле наклона электрода, равном нулю.

Подварку корня шва термически упрочненных сталей следует выполнять электродной проволокой диаметром 3 мм при значениях погонной энергии не более 23 кДж/см.

Шов, полученный при автоматической подварке, должен иметь усиление не менее 1.

Глубина проплавления при автоматической подварке не должна превышать значений, регламентированных табл.4.9.

Смещение осей наружных и внутренних слоев шва от условной оси стыка не должно превышать $\pm 1,0$ мм.

Контроль геометрических параметров осуществляют на макрошлифах в соответствии с рис.4.6.

Автоматическую сварку заполняющих слоев шва под флюсом применяют для соединения труб диаметром 325-1420 мм с толщиной стенки до 32 мм включительно постоянным током обратной полярности. При сварке термически упрочненных труб запрещается применять сварочную проволоку диаметром 4 мм.

При сварке труб большого диаметре под флюсом АН-ВС величину тока рекомендуется увеличить на 100-200 А. При сварке заполняющих и облицовочного слоев шва под флюсом АН-ВС скорость сварки увеличивается до 100 м/ч.

Вылет электрода диаметром 2 мм - 30-35мм, 3 мм - 40-45 мм, 4 мм - 40-50 мм; угол наклона электрода "вперед" - до 30°.

Допускается автоматическая сварка под флюсом труб диаметром 219-273 мм. Автоматическую сварку труб с повышенной толщиной стенки (более 23 мм) целесообразно проводить электродной проволокой диаметром 3-4 мм с применением флюса ФЦ-16, обеспечивающего удаление шлаковой корки из узкой разделки после выполнения первого прохода шва. В этом случае сварку первого слоя шва рекомендуется осуществлять по центру узкой разделки током 500-600 А при напряжении на дуге 30-32 В и скорости сварки 25-40 м/ч.

При сварке толстостенных труб разрешается наложение заполняющих (первого, второго и т.д.) и облицовочного слоев шва параллельными (с перекрытием) проходами (рис 4.8). В этом случае напряжение горения дуги снижают на 2-4 В и скорость сварки увеличивают не менее чем на 20%.

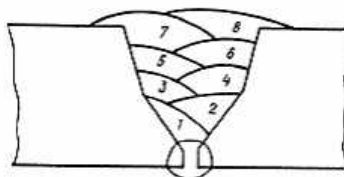


Рис 4.8. Рекомендуемая схема наложения швов при односторонней автоматической сварке под флюсом кольцевых стыков труб параллельными проходами: 1-8 - порядковые номера слоев

Число слоев (без учета подварочного слоя), выполненных автоматической сваркой под флюсом, зависит от толщины стенки труб:

Толщина стенки трубы, мм	Число слоев шва (не менее)
До 16,5	2
Свыше 16,5 до 20,5	3
" 20,5 до 24,0	4
" 24,0 до 28,0	5
" 28,0 до 32,0	6

Ширина облицовочного шва, выполненного двумя параллельными с перекрытием слоями (проходами), не должна превышать допустимой ширины однопроходного облицовочного шва в соответствии с табл.25. Сопряжение облицовочных швов между собой и основным металлом должно быть плавным.

Таблица 4.10 Ширина сварного шва в зависимости от толщины стенки трубы

Толщина стенки трубы, мм	Ширина сварного шва, мм
От 6 до 8	14 ±4
Свыше 8 до 12	20 ±4
" 12 до 16	24 ±4
" 16 до 20,5	26 ±4
" 20,5 до 28	32 ±4
" 28 до 32	34 ±4

Если значения сварочного тока превышают 600 А, то автоматическую сварку под флюсом целесообразно выполнять током прямой полярности. При этом ток следует увеличить на 100 А, а скорость сварки установить по верхнему пределу диапазона скоростей. Все остальные параметры режима сварки оставить без изменения.

При переходе на прямую полярность после отработки режимов сварки необходимо сварить допусковой стык и испытывать его в соответствии со СНиП III-42-80. Автоматическую сварку током прямой полярности следует выполнять теми же сварочными материалами, которые применяют при сварке на обратной полярности.

Интервал времени между сваркой предыдущего автоматического наружного слоя и каждого из последующих слоев шва не

должен превышать 2 ч. Сварные соединения разрешается оставлять в конце смены незаконченными в том случае, если не сварен только облицовочный слой шва. Указанные стыки должны быть обязательно подварены изнутри трубы. При невыполнении указанных требований стыки подлежат вырезке.

Сварные соединения на базах типа БНС (база наружной сварки) оставлять незаконченными не разрешается.

Для предотвращения увлажнения стыков в случае непогоды (дождь, снег, иней) стыки, сваренные корневым слоем шва, перед автоматической сваркой под флюсом должны быть укрыты влагостойчивыми поясами шириной не менее 250-300 мм. Если стыки, сваренные корневым слоем шва, попадают на пост автоматической сварки со следами влаги (снега, инея и т.д.) на кромках, их необходимо просушить в соответствии с требованиями настоящих ВСН.

4.7. Автоматическая сварка неповоротных стыков трубопроводов порошковой проволокой с принудительным формированием

В процессе сварки следует выдерживать определенную глубину сварочной ванны внутри плавильного пространства. Расстояние от поверхности ванны до передней кромки ползуна должно составлять 7-10 мм для порошковой проволоки ПП-АН24СМ и ПП-АН30С и 3-7 мм - для порошковой проволоки ПП-АН19. Регулировка положения дуги по высоте плавильного пространства обеспечивается остановкой сварочной головки без прекращения подачи проволоки и горения дуги или увеличением скорости движения. В первом случае дуга и сварочная ванна поднимаются к переднему торцу ползуна, во втором - опускаются в глубь плавильного пространства.

Для качественного выполнения замка в зените трубы (в нижнем положении) сварку первой головкой завершают на скорости, превышающей скорость заполнения разделки в 1,5-2 раза, что позволяет получить плавный переход к последующему слою. Второй головкой наезжают на образовавшийся скос, формирующий ползун приостанавливают, не доходя 10-15 мм до начала предыдущего слоя и заправляют промежуток между слоями. При подходе головки к зениту трубы целесообразно несколько увеличить амплитуду колебаний, а напряжение на дуге уменьшить на 1-2 В.

По окончании сварки стыка производится осмотр и ручная дуговая подварка неудовлетворительно сформированных участков.

При сварке по ручной подварке к сборке под последующую автоматическую сварку порошковой проволокой допускают трубы с заводской разделкой кромок, а также с кромками, обрезанными механизированной или ручной газовой резкой. В этом случае прямолинейность реза должна обеспечивать прохождение формирующего ползуна с зазором между боковыми стенками его выступа и кромками в пределах не более 1-1,5 мм. Чешуйчатость поверхности реза после ручной газовой резки должна быть зачищена шлифмашинкой.

Кромки и прилегающие к ним внутренняя и наружная поверхности труб шириной не менее 10 мм перед сборкой должны быть зачищены до чистого металла. Попадание влаги, масла и грязи в разделку кромок следует исключить. Для прохода формирующего ползуна наружное усиление продольного (спирального) шва должно быть снято до 0-0,5 мм на расстоянии не менее 25 мм от кромки.

Для прохода сварочной головки высота лежек должна обеспечивать расстояние не менее 600 мм между трубой и грунтом, а расстояние от стыка до края опоры должно быть не менее 2 мм.

При сварке труб диаметром 1020-1420 мм для уменьшения вероятности прожога в потолочном положении при толщине корневого слоя 5 мм внутренняя подварка обязательна на нижней четверти периметра стыка независимо от вида покрытия электродов, использованных при ручной сварке корня шва. При сварке труб диаметром 530-820 мм толщину корневого слоя шва во избежание прожога следует увеличивать снаружи.

Порошковую проволоку диаметром 2,0 мм следует использовать при сварке облицовочного слоя труб с толщиной стенки 9,5-10 мм. При использовании проволоки диаметром 2,4 мм для улучшения условий стабильности процесса сварки и формирования сварного соединения глубину формирующей канавки на водоохлаждаемом ползуне следует увеличить на 1 мм.

Поверхность корневого шва перед автоматической сваркой во избежание местных непроваров и шлаковых включений должна быть очищена от шлака, наплывов и крупной чешуи с применением шлифовальных кругов более тщательно, чем перед последующей ручной сваркой и иметь плавный переход к основному металлу.

Автоматическую сварку порошковой проволокой с принудительным формированием по ручной подварке осуществляют в один или несколько слоев в зависимости от толщины стенки трубы и диаметра проволоки. Число слоев и их толщина приведены в табл.4.11 (для проволоки диаметром 2,4 мм) и табл.4.12 (для проволоки диаметром 2,0 и 2,6 мм).

Таблица 4.11 – Высота слоев швов при сварке проволокой диаметром 2,4 мм

Вид слоя	Высота слоя при толщине трубы, мм						
	До 10	10,1-12,0	13,1-14,0	14,1-17,0	17,1-20,0	20,1-23,0	22,1-26,0
Корневой слой (ручная сварка)	5*	6-7*	6-7*	8-9**	6-7*	6-7	6-7*
1-й заполняющий слой (автоматическая сварка)	-	-	-	-	6-7	7-8	6-7
2-й заполняющий слой (автоматическая сварка)	-	-	-	-	-	-	6
Облицовочный слой (автоматическая сварка)	5	5-6	7-8	8-9	6-7	8-9	6-7

* Два прохода электродами с целлюлозным видом покрытия, либо один проход электродами с основным видом покрытия.

** То же с дополнительным проходом, выполненным электродами с основным видом покрытия.

Таблица 4.12 – Высота слоев швов при сварке проволокой диаметром 2,0 и 2,6 мм

Вид слоя	Высота слоя при толщине стенки трубы, мм							
	До 10	10,1-12,0	12,1-15,0	15,1-17,0	17,1-20,0	20,1-23,0	23,1-26,0	26,1-30,0
Корневой слой (ручная сварка)	5	6-7	6-7	5	5	6-7	6-7	
1-й заполняющий слой (автоматическая сварка)	-	-	-	6*	7-8	7-8**	6**	
2-й заполняющий слой (автоматическая сварка)	-	-	-	-	-	-	6**	
Облицовочный слой (автоматическая сварка)	5	5-6	7-8	5-6*	7-8*	8-9**	7-8**	

* Сварка проволокой диаметром 2,0 мм.

** Сварка проволокой диаметром 2,6 мм.

При сварке заполняющих слоев применяют формирующие ползуны с выступом, а при сварке облицовочных слоев - ползуны с канавкой по форме усиления. В зависимости от диаметра труб,

толщины стенки и номера слоя высоту и ширину выступа необходимо подгонять таким образом, чтобы обеспечить высоту слоя в соответствии с табл.4.11 и 4.12, а зазор между боковыми стенками выступа ползуна и стенками разделки кромок должен быть не более 1-1,5 мм.

Канавка ползуна должна перекрывать разделку. Поверхность канавки и выступа ползуна после сварки каждые 3-5 стыков должны зашлифовываться от задиров для улучшения качества поверхности швов.

Таблица 4.13 – Режимы сварки порошковой проволоки диаметром 2,4 мм

Марка проволоки	Толщина стенки трубы, мм	Вид шва	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В
ПП-АН19	До 17,0 мм включительно	Облицовочный	300-350	26-28
		Заполняющий	260-300	25-27
	23,1-26,0	Облицовочный	300-350	26-28
		1-й заполняющий	260-300	25-27
		2-й заполняющий	280-320	25-27
		Облицовочный	300-350	27-29
ПП-АН24 ПП-АН24СМ	До 17,0 мм включительно	Облицовочный	300-400	25-29
		Заполняющий	280-320	24-28
	23,1-26,0	Облицовочный	300-400	26-31
		1-й заполняющий	280-320	24-28
		2-й заполняющий	300-350	25-29
		Облицовочный	300-400	26-30
ПП-АН30	До 17 мм включительно	Облицовочный	300-360	26-29
		Заполняющий	280-320	24-26
	23,1-26,0	Облицовочный	300-360	26-29
		1-й заполняющий	280-320	24-26
		2-й заполняющий	280-340	26-29
		Облицовочный	300-360	26-30

Сварку стыка осуществляют двумя сварочными головками, расположенными на противоположных сторонах трубы и работающими одновременно или поочередно.

Режимы сварки порошковой проволокой диаметром 2,4 мм приведены в табл.4.13, а порошковыми проволоками диаметром 2,0 и 2,6 мм - в табл.4.14. При этом следует иметь в виду, что уменьшение напряжения на дуге приводит к появлению несплавлений по кромкам, а увеличение напряжения - к появлению газовых пор. Сварку выполняют на постоянном токе обратной полярности от источников тока с жесткой (пологопадающей) вольтамперной характеристикой.

Таблица 4.14 – Режимы сварки порошковой проволоки диаметром 2,0 и 2,6 мм

Диаметр проволоки, мм	Толщина стенки трубы, мм	Вид шва	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В
2,0	9,5-20,0	Заполняющий	250-280	22-25
		Облицовочный	280-320	24-28
2,6	20,1-26,0	1-й заполняющий	250-400	25-30
		2-й заполняющий	280-320	26-29
		Облицовочный	300-500	27-31

Величина вылета электродной проволоки зависит от ее диаметра и составляет для проволоки диаметром 2,0 мм 20-30 мм, для проволоки диаметром 2,4 мм 30-50 мм, для проволоки диаметром 2,6 мм 40-50 мм.

Сварку слоев шириной более 12-13 мм необходимо выполнять с поперечными колебаниями электрода, амплитуда которых устанавливается таким образом, чтобы в зоне сварки электродная проволока приближалась к свариваемым кромкам не менее чем на 2,5 мм. Частота колебаний составляет 0,5-2 Гц. Меньшая частота соответствует меньшей скорости сварки.

Замки предыдущего и последующего слоев должны быть смещены один относительно другого на расстояние не менее 60 мм.

Перед выполнением каждого последующего прохода поверхность предыдущего шва тщательно очищают от шлака, брызг и неровностей.

После окончания смены разрешается оставлять на ночь сварные стыки, сваренные одним заполняющим слоем, за исключением

труб с толщиной стенки 14,1-17,0 мм, которые разрешается оставлять сваренными в соответствии с примечанием (**) табл.4.11.

Подготовку к сборке при сварке на внутренней технологической подкладке необходимо осуществлять так же, как при сварке по ручной подварке. Наружное и внутреннее усиления продольного (спирального) шва должны быть сняты до 0-0,5 мм на расстоянии не менее 25 мм от кромки.

Неровности на кромках должны быть в пределах, обеспечивающих прилегание технологической подкладки к внутренней поверхности трубы.

При сборке труб на технологической подкладке смещение кромок внутри трубопровода должно быть не более 3 мм. Конструкция внутренней технологической подкладки должна обеспечивать при данной величине смещения зазор между подкладкой и внутренними поверхностями свариваемых труб, а также между элементами самой подкладки не более 1 мм. Допускается местный зазор между подкладкой и внутренними поверхностями труб до 1,5 мм на длине не более 150 мм.

К сборке допускаются трубы как с заводской разделкой кромок, так и обрезанные газовой резкой. Допускается изменение разделки для сокращения ее поперечного сечения.

Автоматическую сварку корневого слоя порошковой проволокой осуществляют без предварительного подогрева. При наличии на поверхности трубы влаги стык подлежит просушке нагревом торцов до 50-100°C.

На поверхности технологической подкладки, прилегающей к поверхности трубы, должна быть канавка по форме внутреннего усиления. Технологическую подкладку устанавливают симметрично оси стыка (допускаемая асимметрия $\pm 1,0$ мм). Рабочая поверхность элементов подкладки должна быть очищена от масла и других загрязнений.

Технологический зазор между кромками, имеющими притупление $1,8 \pm 0,8$ мм, должен составлять 2,5-3,0 в потолочной части стыка и 3,5-4,0 мм в верхней части стыка.

Сборку труб осуществляют с помощью прихватки, которая выполняется электродами с основным видом покрытия. Прихватку осуществляют с полным проваром корня в потолочном положении и используют в качестве дна плавильного пространства при начале автоматической сварки.

Автоматическую сварку корневого шва осуществляют порошковой проволокой ПП-АН19 и ПП-АН30 диаметром 2,4 мм. Тол-

щина корневого слоя должна быть в соответствии с табл.26 (не менее) и обеспечиваться выступом формирующего ползуна соответствующей высоты. Сварку корневого слоя осуществляют на токе 280-300 А при напряжении на дуге 26-27 В.

4.8. Автоматическая электродуговая сварка труб в среде защитных газов

Автоматическую сварку в среде защитных газов неповоротных стыков труб диаметром 1020-1420 мм необходимо выполнять на установках для двусторонней сварки. Автоматическая сварка в защитных газах включает следующие основные операции:

- подготовку труб;
- механическую обработку торцов труб (см. рис.1);
- сборку и сварку внутреннего и наружного корневого слоев;
- осмотр внутреннего корневого шва и ручную дуговую сварку неудовлетворительно сформированных участков;
- сварку заполняющих слоев шва;
- подогрев перед сваркой облицовочного слоя;
- сварку облицовочного слоя шва;
- осмотр шва и ручную дуговую сварку неудовлетворительно сформированных участков.

Для повышения устойчивости горения дуги и стабильности процесса сварку внутреннего корневого слоя шва следует выполнять в смеси углекислого газа с аргоном.

Свободный торец нитки трубопровода должен быть закрыт инвентарной заглушкой, чтобы предотвратить сдувание струи газа (при внутренней сварке).

Сварку всех наружных слоев шва следует выполнять только в условиях, при которых исключено попадание осадков на стык и обеспечена защита от ветра.

При газозлектрической сварке внутреннего и наружного корневого слоев неповоротных стыков труб производят автоматическую сварку наружного корневого слоя, которую начинают после того, как внутренними головками будет заварено по 200 мм корневого слоя шва на соответствующем полупериметре.

Сварку наружного корневого слоя шва необходимо начать не позднее чем через 5 мин после начала сварки внутреннего корневого шва на соответствующем полупериметре трубы.

При вынужденном перерыве сварки наружного корневого слоя необходим подогрев стыка до 150-200°C, а далее следует поддерживать эту температуру до возобновления процесса сварки.

Сварку всех наружных слоев шва выполняют одновременно двумя автоматами в направлении сверху-вниз.

Укладку конца трубы на лежку и перемещение центратора на очередную позицию сборки разрешается осуществлять только после окончания сварки наружного корневого слоя.

Для прохода сварочной головки высота лежек должна обеспечивать расстояние не менее 600 мм от надира трубы до поверхности грунта.

Перед сваркой облицовочного слоя на трубах с эквивалентом углерода более 0,40% необходим подогрев стыка наружным кольцевым подогревателем до температуры 220-250°C.

Экранирующее устройство для предохранения направляющего пояса от воздействия пламени следует установить перед подогревом стыка.

Газовые горелки должны быть установлены на расстоянии 50-70 мм от стыка на трубе, свободной от направляющего пояса.

Режимы сварки всех слоев шва для труб диаметром 1420 мм с толщиной стенки 15,7 мм приведены в табл.30.

Таблица 4.15 - Режимы автоматической сварки труб в среде защитных газов

Параметры режима сварки	Наименование слоя					
	внутренний корневой	наружный корневой	заполняющие			облицовочный
			первый	второй	третий	
Скорость сварки, см/мин	60-75	75-125	30-40	30-40	30-40	25-35
Сварочный ток, А	190-210	220-240	220-240	190-210	180-200	170-190
Напряжение, В	20-22	24-25	23-24	21-22	21-22	19-21
Частота колебаний электрода, мин	-	-	130-150	110-130	110-130	110-130
Вылет электродной проволоки, мм	9	9	12	10	10	10
Состав защитной газовой среды, %:						
аргон	25-75	0	0	0	0	0
углекислый газ	25-75	100	100	100	100	100
Расход газовой среды, л/мин	30	30	40	40	40	30

При сварке труб с большей толщиной стенки режимы сварки четвертого и последующих заполняющих слоев выбирают в соответствии с гр.6 настоящей таблицы.

Амплитуду колебаний при сварке облицовочного шва выбирают из расчета перекрытия швом разделки по ширине на 1,5-2,0 мм в каждую сторону.

После сварки каждого слоя обязательна зачистка его поверхности металлическими щетками от шлака и брызг. В необходимых случаях потолочный участок наружных слоев шва обрабатывают абразивными кругами, чтобы получить ровную подложку для сварки последующих слоев.

Сварку в среде защитных газов ведут на постоянном токе обратной полярности.

Скорость подачи электродной проволоки V_n (см/с) диаметром d (см), с вылетом z (см) для данных значений тока $J_{об}$ (А) электродной проволоки определяют по формуле

$$V_n = \frac{J_{об} \left(9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \sqrt{J_{об} \frac{l}{d}} \right)}{22608d^2}$$

Перекрытия участков внутреннего корневого шва, сваренных внутренними сварочными головками, должны составлять на вертикальных и нижнем участках 20-40 мм. Перекрытие участков внутреннего корневого шва в потолочной части стыка не должно превышать 1 мм.

Рекомендуемая последовательность работы сварочных автоматов при наложении каждого слоя и расположение замков приведены на рис.4.9.

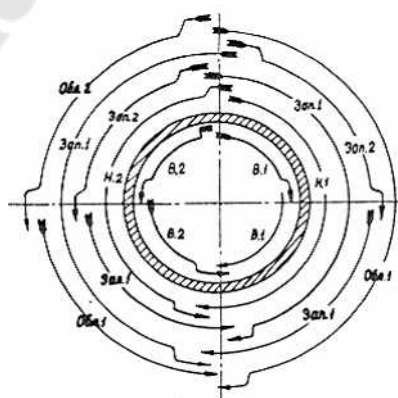


Рис.4.9. Последовательность наложения слоев при работе сварочных автоматов: Н - наружный корневой слой; В - внутренний корневой слой; Зап - заполняющий слой; Обл - облицовочный слой (цифра после обозначения слоя указывает на очередность сварки данного участка в пределах слоя); → - направление сварки

Места замков на наружных слоях должны быть смещены один относительно другого не менее чем на 15 мм.

Режимы сварки внутреннего корневого слоя шва обеспечивают получение внутреннего валика шириной 5-10 мм с усилением 0-3 мм. Усиление облицовочного слоя шва должно быть в пределах 1-3 мм. Допускается ослабление облицовочного шва на вертикальных участках в виде "седловины". Ослабление шва в центре "седловины" не должно быть ниже поверхности трубы.

4.9. Специальные сварочные работы

Все специальные сварочные работы, а также ручная дуговая сварка на КС и НС производятся электродами только с основным видом покрытия. Если нет деталей заводского изготовления (отводов, тройников, переходов), в исключительных случаях и при соответствующем указании в проекте допускается монтажным организациям изготавливать эти детали в условиях, тождественных заводским, и при строгом соблюдении требований проекта и стандартов. Применяемые трубы и материал укрепляющих накладок должны соответствовать проекту и требованиям СНиП 2.05.06-85.

Изготовление деталей должно производиться с выполнением требований пп.13.18-13.23 СНиП 2.05.06-85.

Прихватку и сварку осуществляют электродами с основным видом покрытия или проволокой сплошного сечения в среде защитного газа.

Основным способом нагрева при термической обработке стыков труб диаметром 108 мм и более с толщиной стенки 16 мм и более должен быть индукционный нагрев токами промышленной (50Гц) или повышенной частоты. Для нагрева труб можно применять также гибкие пальцевые электронагреватели (ГЭН) или электронагреватели комбинированного действия (КЭН).

Сварное соединение должно быть подвергнуто термообработке непосредственно после сварки.

При проведении термической обработки следует руководствоваться ОСТ 36-50-86/Минмонтажспецстрой СССР "Трубопроводы стальные технологические. Термическая обработка сварных соединений. Типовой технологический процесс".

К работам по термической обработке сварных соединений следует допускать термистов-операторов, имеющих квалификацию не ниже 4-го разряда и удостоверение об окончании курсов по спе-

циальности термистов-операторов по термической обработке сварных соединений на монтаже.

Для углеродистой стали с нормативным временным сопротивлением разрыву до 490 МПа, низколегированной стали - 490-588 МПа режим термической обработки (высокий отпуск) должен быть следующим:

температура нагрева 550-580°C;

скорость нагрева 250°C/ч;

время выдержки 2 мин на 1 мм, но не менее 30 мин;

условия охлаждения - с печью или нагревателем со скоростью не выше 200 до 300°C/ч, далее на воздухе.

Контроль качества термической обработки следует выполнять измерением твердости металла во всех зонах сварного соединения с помощью переносных приборов. Уровень твердости должен находиться в пределах:

140-180 НВ - для углеродистой стали с нормативным временным сопротивлением разрыву до 490-539 МПа (50 кгс/мм²);

160-200 НВ - для низколегированной стали с нормативным временным сопротивлением разрыву 490-539 МПа (50-55 кгс/мм²);

190-220 НВ - для низколегированной стали повышенной прочности с нормативным временным сопротивлением разрыву свыше 539 МПа (55 кгс/мм²).

Ремонт сварного шва должен быть осуществлен до его термической обработки. В случае выполнения ремонта сварного шва после термической обработки следует повторить термическую обработку всего сварного шва.

4.9.1. Заварка технологических отверстий в трубах на стадии строительства трубопроводов

Перед началом производства работ с учетом конкретной марки, типа трубной стали и диаметра трубопровода в проекте производства работ (ППР) должны быть выбраны место и схема вырезки и заварки технологических отверстий по согласованию с заказчиком. Решение о необходимости выполнения указанных работ принимается при выполнении огневых работ.

Для труб с нормативным пределом прочности до 577 МПа (55 кгс/мм²), толщиной стенки до 12 мм заварка технологических отверстий может осуществляться путем вварки заплат. Форма, размеры и ориентация отверстий и заплат в этом случае должны соответствовать рис.4.10.

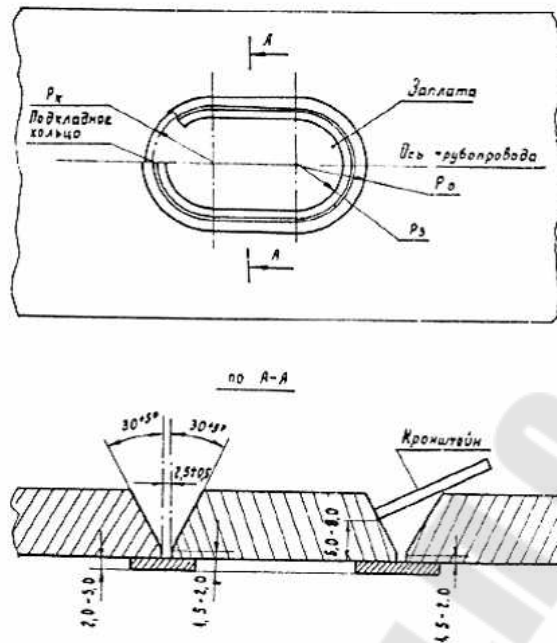


Рис.4.10. Форма и ориентация отверстия, заплата и подкладного кольца и схема разделки кромок под сварку:

R_0 - радиус отверстия в трубе; R_2 - радиус заплата; R_1 - радиус подкладного кольца

Для труб с нормативным значением предела прочности 539 МПа (55 кгс/мм²) и выше, толщиной стенки 12 мм и более заварка технологических отверстий должна производиться путем вварки в трубу патрубка с эллиптическим днищем (заглушкой) (рис.4.11). Допускается вварка патрубка для герметизации отверстий в трубах с нормативным пределом прочности до 55 кгс/мм² и с толщиной стенки до 12 мм.

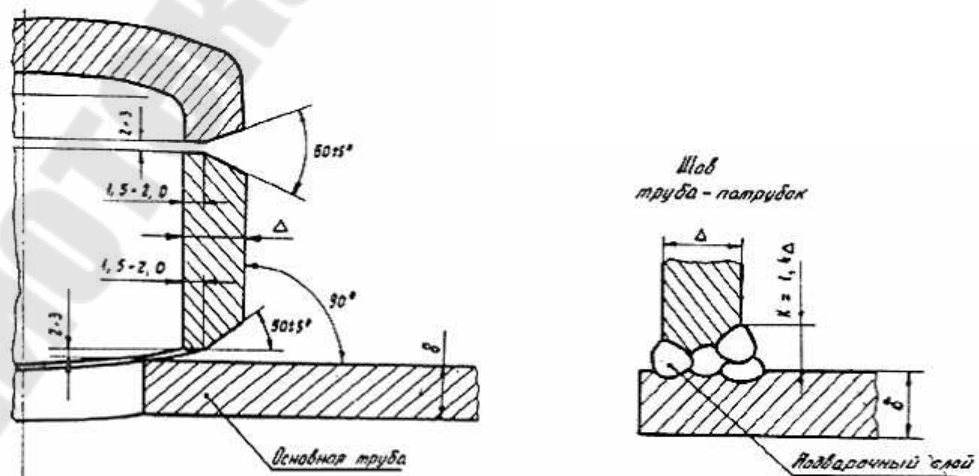


Рис.4.11. Схема подготовки под сварку при заделке технологических отверстий с помощью патрубков

Технологические отверстия для последующей герметизации за счет сварки патрубков или заплат в ППР следует предусматривать, как правило, в верхней части периметра труб с допустимым смещением от зенита до 30° . Отверстия выполняются по шаблону газовой резкой.

Торцы отверстия в основной трубе при последующей сварке в него заплат обрабатываются механическим способом в соответствии с данными, приведенными на рис.10.

Торцы отверстия в основной трубе при последующей приварке к ней патрубка следует зачищать механическим способом для ликвидации острых краев.

Перед засыпкой трубопровода необходима установка бетонных колец, предохраняющих патрубков от механических повреждений.

Вырезку технологических отверстий в основной трубе в случае последующей сварки патрубков следует осуществлять таким образом, чтобы отверстие было на 10-15 мм меньше внутреннего диаметра патрубка.

Место вырезки технологического отверстия должно находиться на расстоянии не менее 250 мм от заводского или кольцевого сварного шва.

Заплаты следует изготавливать, как правило, заранее в стационарных условиях из отдельного участка трубы тех же диаметров, толщины стенки и класса прочности стали, что и основная труба. Размеры заплат не должны превышать 250x350 мм и быть меньше 100x150 мм. Разница между шириной и длиной заплаты должна быть не менее 50 мм. P_o, P_z, P_x устанавливаются в зависимости от длины и ширины заплаты. Кромки заплаты должны быть обработаны (зачищены) механическим способом и по форме и размерам соответствовать данным рис.10.

Патрубки должны быть изготовлены заранее из труб диаметром не выше 0,3 от диаметра основной трубы, но не более 325 мм, с толщиной стенки не более 16 мм. Максимальный размер патрубка для конкретной трубы определяется при условии установки резинового шара. Конструктивное и материальное исполнение врезок патрубков должно соответствовать требованиям ВСН 1-84/Мингазпром "Тройники и тройниковые соединения из стальных труб $P_y 5,5$ и $7,5$ МПа (55 и 75 кгс/мм²)". Днища должны соответствовать ГОСТ 17379-83.

Толщина стенок свариваемых патрубков и заглушки должна быть одинакова.

Торец ввариваемого патрубка должен быть обрезан по шаблону и иметь разделку кромок 50° с притуплением 1,5-2,0 мм. Торец патрубка, привариваемого к днищу, должен быть подготовлен механическим способом с углом разделки кромок 30° (см. рис.11).

Технологические подкладки и подкладные кольца изготавливают из низкоуглеродистой стали (например, ВСт2, Ст10 и т.п.) толщиной 2-3 мм.

Диаметр подкладки 300-310 мм, диаметр отверстия 5-6 мм.

Перед прихваткой и сваркой внутренняя полость трубы в месте производства работ должна быть освобождена от воды и грязи. Прихватка и вварка подкладных колец, технологических подкладок, заплат и патрубков допускается только при положительных температурах металлов трубы и патрубка.

Температура предварительного подогрева должна соответствовать требованиям подразд.2.2 настоящих ВСН.

Специальные подогреватели должны обеспечивать равномерный подогрев места вварки заплат или патрубка.

Если подогрев по условиям сварки не требуется, при температуре окружающего воздуха $+5^\circ\text{C}$ и ниже необходимо произвести просушку участка трубы с технологическим отверстием.

При сборке заплата рекомендуется вначале к заплате прихватить подкладное кольцо, затем заплата с подкладным кольцом должна быть поставлена в отверстие, прихвачена и приварена сплошным швом.

Величина смещения кромок заплаты по отношению к трубе не должна превышать 1,5 мм. Для удобства сборки допускается прихватка к свариваемым торцам временных технологических кронштейнов (см. рис.10) из электродных стержней, которые должны быть удалены механическим путем после прихватки заплаты.

При вварке патрубка с использованием технологической подкладки первоначально следует разметить отверстие, вставить одну половину подкладки и прихватить, вставить вторую половину подкладки, прихватить, а затем проварить сплошным швом по периметру технологического отверстия и стыку подкладки, оставив центральное отверстие подкладки свободным.

При сборке допускается использовать проволочные кронштейны.

Центральное отверстие следует загерметизировать, например, глиной, но таким образом, чтобы при подъеме давления в основной трубе до рабочего произошла разгерметизация отверстия.

Сварочно-монтажные работы по варке заплат и патрубков следует производить за один рабочий цикл без перерывов до полного завершения облицовочного шва.

Температура предыдущего слоя перед наложением последующего слоя шва должна быть не ниже $+100^{\circ}\text{C}$.

Если температура между слоями опустилась ниже $+100^{\circ}\text{C}$, следует произвести подогрев на $100-150^{\circ}\text{C}$.

Отдельные слои шва должны выполняться в последовательности, указанной на рис.4.12.

Приварку патрубков следует осуществлять не менее чем в три слоя с подваркой изнутри трубы, а облицовочный слой шва рекомендуется выполнять двумя валиками с последующей зачисткой шлифмашинкой.

Сварка должна производиться электродами с основным видом покрытия. Сварку заполняющих слоев шва целесообразно производить электродами диаметром 3,0-3,25 мм. При этом могут быть использованы электроды той же категории прочности, что и рекомендованные для сварки корневого слоя шва.

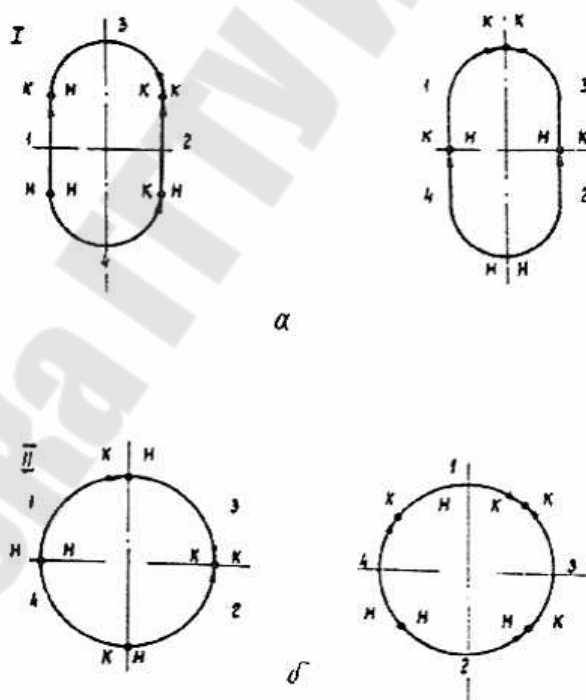


Рис.4.12. Последовательность выполнения отдельных слоев шва при варке заплат (I) и патрубков (II) (четырьмя участками протяженностью 100-250 мм каждый):

а - сварка нечетных слоев; б - сварка четных слоев; Н - начало сварки; К - конец сварки

После приварки патрубков необходимо проведение отпуска с нагревом сварного соединения до 200°C и последующим охлаждением под теплоизолирующим поясом до полного остывания.

В случае вварки заплат последующий подогрев не производится, но место ремонта укрывается теплоизолирующим поясом. В процессе охлаждения как в первом, так и во втором случае попадание влаги на сварное соединение не допускается.

Последней операцией при вварке патрубка является прихватка и приварка эллиптической заглушки к патрубку.

Заглушка должна быть прихвачена и приварена не менее чем в 3 слоя сплошным швом к патрубку электродами с основным видом покрытия диаметром 2,5-3,25 мм, рекомендованными для сварки корневого слоя шва (см. табл.10). Перед сваркой торцы патрубка и заглушки необходимо просушить.

Сварные швы должны быть проконтролированы и радиографическим способом и ультразвуковым. Непровары в сварном соединении не допускаются. Контроль УЗК следует осуществлять как со стороны трубы, так и со стороны патрубка. Допустимые дефекты (кроме непроваров) должны соответствовать требованиям п.4.32 СНиП III-42-80.

При обнаружении недопустимых дефектов сварное соединение ремонту не подлежит. Участок трубы вырезается и на его место вваривается катушка длиной не менее диаметра основной трубы.

После окончания работ по вварке патрубка и заглушки составляется акт специальной формы (см. ВСН 012-88/Миннефтегазстрой "Формы исполнительной документации и правила ее оформления", ч.II).

4.9.2. Сварка прямых врезок

Приварка свечей пылеуловителей, вварка байпасов и других врезок должны быть выполнены через тройники заводского изготовления. Если предусмотрено проектом, допускаются прямые врезки при условии, что диаметр ответвления не превышает 0,3 диаметра основной трубы. Если диаметр ответвления превышает 0,3 диаметра основной трубы, следует применять только специальные детали трубопроводов.

Для выполнения прямой врезки в основной трубе по шаблону вырезают отверстие и после его обработки механическим способом присоединяют ответвление. Конструкция ответвления должна соответствовать ВСН 1-84/Мингазпром.

4.9.3. Сварка захлестов

В зависимости от конкретных условий различают следующие виды технологических захлестов:

концы трубопровода свободны (не засыпаны землей) и находятся в траншее или на ее бровке;

один конец трубопровода заземлен (засыпан, подходит к крановому узлу), а другой имеет свободное перемещение;

оба соединяемых конца трубопровода заземлены (соединены с патрубками запорной арматуры).

В первых двух случаях замыкание трубопровода можно осуществить сваркой одного кольцевого стыка - захлеста. В последнем случае необходима вварка катушки с выполнением двух кольцевых стыков (рис.4.13).

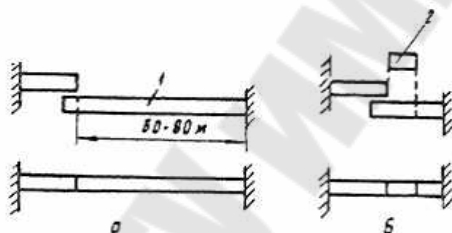


Рис.4.13. Схема ликвидации технологического разрыва:
а - при монтаже захлеста; б - при врезке катушки;
1 - труба; 2 - катушка

Выполнять работы по ликвидации технологических разрывов следует, как правило, в дневное время при температуре окружающего воздуха не ниже -40°C .

Монтаж захлестов и катушек необходимо выполнять только в присутствии прораба или мастера с последующим составлением акта (см. ВСН 012-88/Миннефтегазстрой) . В акте указывают:

фамилии электросварщиков и схему их расстановки;

сварочные материалы и результаты визуального и радиографического контроля стыка.

Если трубопровод находится в траншее, в месте соединения труб необходимо подготовить приямок, размеры которого должны беспрепятственно обеспечивать работы по сварке, контролю и изоляции стыка.

Если соединяемые трубы были ранее изолированы, необходимо удалить изоляцию на расстоянии не менее 150 мм от места сварки.

Для сварки захлеста в траншее необходимо оставлять незасыпанным один из примыкающих участков трубопровода на расстоянии 60-80 м от места предполагаемого захлесточного стыка.

Подготовку труб к сборке с помощью центраторов при монтаже захлестов следует выполнять в приведенной последовательности:

- один из концов трубопровода заранее подготавливают под сварку и укладывают на опоры высотой 50-60 см по оси трубопровода;

- плеть, образующую другой конец трубопровода, вывешивают рядом с первой и делают разметку места реза. Разметка линии реза должна быть выполнена только с помощью шаблона, чтобы исключить образование косого стыка;

- газовую резку плети следует проводить с последующей подготовкой фасок любым станком типа СПК. Как исключение (если нет станка типа СПК) допускается применять газовую резку (преимущественно механизированную) с последующей зачисткой абразивным инструментом;

- стыковку труб с применением наружного центратора выполняют путем подъема обрезанной плети трубоукладчиками на высоту не более 1,5 м на расстоянии 60-80 м от конца трубы; при этом за счет упругих деформаций обрезанный конец провисает, что позволяет совместить один конец с другим;

- не допускается стропить трубу для подъема в месте расположения сварных кольцевых швов;

- регулировку зазора в стыке осуществляют изменением высоты подъема трубопровода трубоукладчиками.

Подготовку труб к сборке при врезке катушек осуществляют в приведенной последовательности:

- концы труб, которые должны быть соединены, обрезают и подготавливают под сварку в соответствии с требованиями, изложенными в настоящем разделе;

- катушку изготавливают требуемой длины на трубы той же толщины, того же диаметра и марки стали, что и соединяемые трубы;

- трубоукладчиком пристыковывают катушку к трубопроводу, собирают стык с применением наружного центратора и сваривают первый стык. Сборку второго стыка выполняют с помощью наружного центратора после окончания сварки первого стыка;

- длина катушки должна быть не менее одного диаметра трубы.

Для обеспечения требуемого зазора или соосности труб запрещается натягивать трубы, изгибать их силовыми механизмами или нагревать за пределами зоны сварного стыка, а также категорически запрещается вваривать любые присадки.

Сборка разнотолщинных труб при монтаже захлестов не допускается.

Прихватку следует выполнять электродами с основным видом покрытия, предназначенным для сварки корневого слоя шва.

Наложение прихваток и сварку труб диаметром более 426 мм должны выполнять без перерывов в работе не менее 2 электро-сварщиков одновременно.

Если сварщик может проникнуть внутрь трубы, он выполняет внутреннюю подварку стыка на нижней четверти периметра и в местах видимых дефектов электродами, предназначенными для сварки корневого слоя шва.

Сварные соединения захлестов оставлять незаконченными не разрешается.

4.9.4. Муфтовые сварные соединения

Муфтовые соединения разрешаются при сварке труб диаметром до 59 мм из стали марок Ст3, 10, 20 или из аналогичных им.

Конструкция сварного соединения должна соответствовать ГОСТ 16037-80 "Соединения сварные стальных трубопроводов, основные типы, конструктивные элементы и размеры".

Муфта должна быть изготовлена в соответствии с требованиями ГОСТ 16037-80 из труб соответствующих типоразмеров для обеспечения зазора между трубой и муфтой $1 \pm 0,5$ мм и из стали аналогичного уровня класса прочности. Длина муфты должна быть не менее 50 мм (рис.4.14).

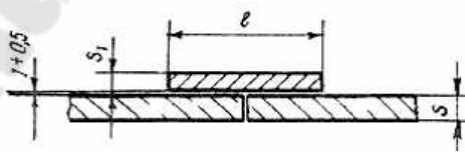


Рис.4.14. Размеры муфтового соединения

Сварку следует осуществлять на минимальных токах, регламентированных заводом-изготовителем и обозначенных на этикетках электродных пачек электродами с основным видом покрытия типа Э42А или Э50А.

Усиление должно быть не более 1 мм для соединений, выполненных в нижнем положении и не более 2 мм - в остальных положениях; ослабление - не более 2 мм во всех пространственных положениях.

Сварные швы не должны иметь видимых дефектов (подрезов, пор, незаплавленных кратеров, трещин).

При контроле допусковых сварных соединений, а также при испытаниях электросварщиков следует испытывать муфтовые сварные соединения на растяжение и на сплющивание по ГОСТ 6996-66.

Все муфтовые сварные соединения подвергаются контролю с применением цветной красящей дефектоскопии (ЦКД) по ОСТ 36-76-83. Дополнительно к 100%-ному контролю ЦКД 1% муфтовых сварных соединений в процессе сварки подвергается механическим испытаниям на растяжение и сплющивание. При этом для механических испытаний выбираются соединения, самые худшие по внешнему виду.

4.10. Ремонт сварных соединений

Ремонт сварных соединений, выполненных дуговой сваркой, производится в случаях, предусмотренных п.4.34 СНиП III-42-80 и приложением 2.

Ремонт участков сварных швов, имеющих дефекты, осуществляют путем их вышлифовки с помощью абразивных кругов с последующей заваркой ручной дуговой сваркой в соответствии с п.4.35 СНиП III-42-80.

Примечания: 1. Допускается удалять с помощью газовой резки или воздушно-дуговой строжки участки, имеющие дефекты, с последующей зачисткой мест реза абразивным инструментом.

2. Удаление участков сварных швов, имеющих дефекты, с помощью газовой или поверхностной воздушно-дуговой резки допускается только при длине участков не менее 200 мм и сварных соединений из сталей всех уровней прочности, кроме сталей термического упрочнения.

Если после ремонта по периметру стыка обнаружены неудаленные дефекты, разрешается их дополнительная вышлифовка с последующей заваркой. Повторный ремонт одного и того же дефекта не разрешается.

Ремонт сварных швов стыков труб диаметром до 1020 мм выполняют только снаружи, а труб диаметром 1020 мм и более - как снаружи, так и изнутри в зависимости от глубины залегания дефектов.

Ремонт сварных стыков труб диаметром 1020 мм и более снаружи трубы осуществляют, если недопустимые дефекты расположены в заполняющих и облицовочном слоях шва. Трубопровод ре-

монтируют изнутри, если недопустимые дефекты расположены в корневом слое шва, горячем проходе и подварочном слое шва и возможен доступ к месту ремонта. В случае вышлифовки дефектного участка трубы она должна вестись шлифовальной машинкой с напряжением не более 36 В. Место расположения дефекта определяет и отмечает дефектоскопист ПИЛа.

Места ремонта и номер ремонтируемого стыка трубы указываются несмываемой краской.

Разметку для последующей вышлифовки участков сварного шва с дефектами снаружи трубы выполняют таким образом, чтобы длина вышлифованных участков сварного шва превышала длину исправляемого дефектного участка не менее чем на 30 мм в каждую сторону.

Разметку участков сварного шва, имеющего дефекты изнутри трубы, проводят с помощью кольцевого шаблона с нанесенными делениями, которые соответствуют показаниям мерного пояса.

Как и при наружном ремонте, длина удаляемых участков сварного шва изнутри трубы должна превышать размеры исправляемого дефектного участка не менее чем на 30 мм в каждую сторону.

Разделка выбранных под сварку участков с дефектами должна соответствовать виду дефекта и обеспечивать качество выполнения сварочных работ.

Ширина выбранного участка сварного шва с дефектом зависит от толщины стенки свариваемых труб:

Толщина стенки трубы, мм	Ширина удаляемого участка, мм
До 5	До 8
Свыше 5-10	10-12
Более 10	13-20

Глубину выбранного участка определяют глубиной замеченного дефекта. Перед выполнением сварочных ремонтных работ следует в зоне сварки удалить ржавчину и влагу, а также следы изоляции.

Ремонт одного стыка разными сварщиками запрещается.

Все отремонтированные участки стыков должны быть подвергнуты внешнему осмотру, радиографическому контролю и удовлетворять требованиям п.4.32 СНиП III-42-80.

4.11. Сварка трубопроводов, транспортирующих сероводородсодержащие среды

Настоящие требования распространяются на производство сварочно-монтажных работ и термическую обработку стыков промышленных нефтегазопроводов, предназначенных для транспортировки сред с парциальным давлением сероводорода свыше 1 МПа, а содержанием сероводорода не выше 10% (объемных). Трубопроводы, сваренные в соответствии с требованиями настоящих ВСН, ингибируются, влажность транспортируемого газа не должна превышать 60%.

Сварку, сборку и контроль качества промышленных нефтегазопроводов, предназначенных для транспортировки сред с парциальным давлением сероводорода в диапазоне 0,3-1,0 МПа, следует проводить в соответствии с ВСН 005-88/Миннефтегазстрой "Строительство промышленных стальных трубопроводов. Технология и организация".

Контроль качества сварных соединений трубопроводов, транспортирующих сероводородсодержащие среды, включает:

сплошной операционный контроль в процессе сборки и сварки стыков;

осмотр и измерение геометрических параметров швов;

проверку качества шва физическими методами контроля;

механические испытания допускных стыков и контроль твердости металла шва и зоны термического влияния.

Все сварные стыки подвергаются 100%-ному радиографическому контролю до термообработки с дублированием 20% стыков ультразвуковым методом контроля для проверки на отсутствие трещин после термообработки.

Критерии оценки качества сварных соединений представлены в приложении 2 со следующими дополнительными ограничениями по результатам радиографического контроля:

– в корне шва не должно быть непроваров, находящихся в пределах чувствительности снимка, регламентированной ГОСТ 7512-82;

– в корне шва не должно быть утяжин (провисов) на длине более 12% периметра, глубиной свыше 10% толщины стенки (но не более 1,5 мм).

Контроль твердости сварных соединений выполняется в объеме 10% стыков методом "Польди" или другими аналогичными. Замеры проводятся в 3 точках: на металле шва, в зоне термического

влияния (на расстоянии 2 мм от линии сплавления) и на основном металле (на расстоянии 50 мм от шва).

Величина твердости не должна превышать 220 единиц по шкале Бриннеля. Результаты контроля твердости записываются в журнал термической обработки стыков или оформляются актом и прилагаются к сварочному журналу.

Аттестацию электросварщиков перед допуском их к сварке трубопроводов, предназначенных для транспортировки сероводородсодержащих сред, следует осуществлять в соответствии с приложением 1.

Сварка трубопроводов для транспортировки сероводородсодержащих продуктов с парциальным давлением сероводорода выше 1 МПа при содержании сероводорода не выше 10% (объемных) осуществляется с использованием ручной дуговой и автоматической сварки под флюсом.

Сварочно-монтажные работы разрешается выполнять при температуре окружающего воздуха не ниже -20°C . При скорости ветра выше 10 м/с, а также при выпадении атмосферных осадков производить сварочные работы без инверторных укрытий запрещается.

По общим вопросам сборки и сварки и требованиям к сварочным материалам и металлу труб, не рассматриваемым в данном подразделе ВСН, следует руководствоваться СНиП III-42-80 "Магистральные трубопроводы", "Правилами производства и приемки работ" и предыдущими разделами настоящего ВСН.

2.11.8. График для определения парциального давления сероводорода в зависимости от его концентрации при различных рабочих давлениях в трубопроводе представлен в приложении 5.

2.11.9. Требования настоящего подраздела распространяются на сварку трубопроводов из низкоуглеродистых нелегированных сталей типа Ст20, 20ЮЧ и низколегированных сталей класса прочности не выше Х46, отвечающих требованиям ТУ 40-78/Н₂S, ТУ 28-40/82- Н₂S, ТУ SX46SS-28/40-83. Конкретная марка стали указанных типов определяется проектом. Использовать трубы, не оговоренные проектом, можно только по согласованию с проектной организацией и заказчиком.

2.11.10. Запрещается применять трубы и детали трубопроводов, не имеющие сертификатов (заводских паспортов, подтверждающих их соответствие требованиям государственных стандартов или технических условий, товарного знака или маркировки).

2.11.11. Все детали трубопроводов и арматуры, контактирующие с коррозионно-активными средами, должны поставляться

заказчиком в заводском исполнении. Допускается изготовление отдельных видов соединительных деталей (по согласованию с заказчиком) на промышленных базах строительного-монтажных подразделений при условии соблюдения всех требований СНиП 2.05.06-85 и настоящего раздела ВСН. Независимо от способа изготовления тройники, отводы и заглушки должны быть термообработаны по режиму, указанному в табл.33.

Концы труб должны иметь снятые фаски под углом $30-35^\circ$ в соответствии с рис.1, а, б.

Транспортировка труб и секций волоком, а также их сбрасывание с транспортных средств запрещается.

Допускается ремонт отдельных участков с вмятинами, забоинами и задирами в соответствии со СНиП III-42-80.

Если необходим ремонт с использованием сварки, следует применять электроды с основным видом покрытия.

Концы труб с недопустимыми дефектами следует обрезать газорезкой. После этого кромку труб необходимо зачищать до металлического блеска с последующим устранением неровностей на поверхности.

Ремонту не подлежат дефектные торцы запорной (распределительной) арматуры; арматура с дефектом должна быть заменена на новую.

Соединение разностенных труб и арматуры должно производиться в соответствии с пп.4.5 и 4.8 СНиП III-42-80.

Сборку труб с продольным швом следует производить так, чтобы продольные швы каждой трубы были смещены по отношению к швам смежных труб не менее чем на 100 мм (рис.4.15).

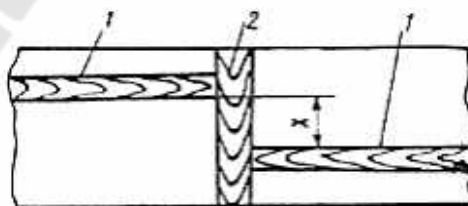


Рис.4.15. Схема сварки труб с продольным швом:

1 - продольные швы; 2 - кольцевой шов; x - не менее 100 мм

Все свариваемые торцы труб на ширине не менее 150 мм просушиваются при температуре $+50^\circ\text{C}$ независимо от температуры окружающего воздуха, толщины стенки и диаметра трубы. Просушка не должна заменять предварительный подогрев.

Концы свариваемых труб и деталей трубопроводов должны подогреваться перед сваркой стыков труб основными электродами при температуре ниже $+5^{\circ}\text{C}$ до температуры $100-120^{\circ}\text{C}$.

При сварке корня шва и горячего прохода электродами целлюлозного типа при любой толщине стенки и любой температуре окружающей среды стыки подогреваются до температуры $150-200^{\circ}\text{C}$.

Подогревающее устройство должно обеспечить равномерный нагрев свариваемых труб по всему периметру. Температуру подогрева кромок можно контролировать контактными пирометрами, термокарандашами, обеспечивающими точность замера $\pm 10\%$, прибором ТП-1 и др.

На всех технологических захлестах и прочих разрывах должны быть установлены заглушки, предотвращающие попадание влаги в трубу.

При необходимости следует делать селекцию и калибровку труб (см. приложение 3). При проведении калибровки торцы труб не должны быть выведены за пределы плюсовых допусков по наружному диаметру. Допускается калибровка бесшовных труб диаметром до 426 мм с нормативным значением предела текучести до 32 кгс/мм^2 включительно. Перед калибровкой труб деформируемый участок должен быть нагрет до температуры $+250^{\circ}\text{C}$.

Автоматическую дуговую сварку под слоем флюса следует применять для выполнения заполняющих и облицовочных слоев поворотных стыков труб диаметром 325 мм и выше. Для труб диаметром 1020 мм автоматической сваркой под флюсом разрешается выполнять также подварочные швы.

При ручной дуговой сварке ширина валика подварочного шва должна составлять 8-10 мм. Подварочные швы выполняются после первого корневого слоя. Запрещается подварка стыка после сварки заполняющих и облицовочных слоев.

Подварку поворотных стыков, а также стыков разностенных труб выполняют по всему периметру.

Подварку неповоротных стыков выполняют ручной дуговой сваркой и осуществляют на нижней четверти периметра и на участках стыка с непроваром.

При сварке стыков труб с толщиной стенки до 16,5 мм число слоев шва, выполненных автоматической сваркой под слоем флюса, должно быть не менее 2; при толщине 16,5-20,5 мм - не менее 3; при толщине 20,5-24,0 мм - не менее 4; при толщине 24,0-28,0 мм - не менее 5; при толщине 28,0-32,0 - не менее 6.

При сварке трубопроводов диаметром 530 мм и более предпочтительной схемой организации работ является монтаж нитки труб из 3-трубных секций укрупненной бригадой, работающей по поточно-групповому или поточно-расчлененному методу.

Сварку трубопроводов диаметром 720 мм и более рекомендуется выполнять двусторонней автоматической сваркой под флюсом на базах типа ПАУ. Порядок наложения слоев в этом случае должен быть следующий: первый - с наружной поверхности трубы, второй - изнутри трубы, третий и последующие до заполнения всей разделки кромок накладываются с наружной поверхности трубы.

Запрещается опускать не остывшие до температуры окружающего воздуха стыки на мокрый грунт или снег.

Запрещается прекращать сварку до полного заполнения разделки кромок.

Каждый слой шва перед наложением последующего, а также прихватки необходимо тщательно очищать от шлака до металлического блеска (шлифмашинкой, щеткой и т.д.).

Запрещается зажигать дугу вне шва на трубе.

При сварке корневых слоев целлюлозными электродами время между первым слоем и горячим проходом не должно превышать 5 мин. Время между первым и вторым слоем при сварке корневых слоев электродами с основным покрытием также не должно превышать 5 мин. При выполнении последующих слоев время между слоями должно быть не более 10-12 мин.

Стыки с выявленными при контроле дефектами могут быть исправлены, если их суммарная длина не превышает 10% периметра. Стыки с трещинами ремонту не подлежат и должны быть вырезаны.

Выполнять ремонт стыков сваркой изнутри трубы не допускается. Дефектное место шва удаляют абразивным инструментом, допускается также его удаление газовым резаком с последующей обработкой поверхности реза до металлического блеска шлифмашинкой.

Заваривать ремонтные участки шва необходимо электродами с основным покрытием диаметром 2,5-3,25 мм в соответствии с табл.33. Предварительный подогрев при этом должен выполняться до +150°С при любой температуре окружающего воздуха.

Контроль отремонтированных участков стыков должен производиться после термообработки радиографическим методом и замерами твердости и удовлетворять требованиям настоящего документа. Результаты контроля качества отремонтированных стыков

с соответствующим заключением должны записываться в исполнительную документацию.

Повторный ремонт сварных швов не допускается.

Термической обработке подлежат все сварные стыки трубопроводов, предназначенных для транспортировки продуктов, содержащих сероводород с парциальным давлением свыше 1 МПа, независимо от толщины стенки трубы и величины эквивалента углерода металла трубы.

Техническое руководство по термической обработке осуществляет руководитель монтажного участка. К проведению работ по термообработке сварных стыков могут быть допущены лица, прошедшие обучение по специальной программе и имеющие удостоверение термиста-оператора соответствующего разряда.

В обязанности бригады входит подготовка стыков к термообработке, установка и подключение нагревателей и термопар, регулировка и контроль режимов, оформление исполнительной документации. Оператор несет ответственность за качество выполненной им термообработки сварного соединения.

Термическая обработка сварных стыков труб, регистрация и регулирование температуры должны производиться в соответствии с заданным режимом по установленной программе. Класс точности регистрирующих самопишущих приборов должен быть не ниже 1. Диаграммы сохраняют в монтажной организации. К исполнительной документации прикладывают сертификат термической обработки сварных стыков. Стыки трубопроводов из низкоуглеродистых нелегированных сталей диаметром 108 мм и меньше, имеющих толщину стенки 6 мм и меньше, могут быть термически обработаны по сокращенному режиму: температура нагрева 660^{+0}_{-40} °С, выдержка при 660°С - 30 мин, скорость нагрева 600°С/ч, охлаждение совместно с печью до 300°С, далее на воздухе.

В случае нарушения термической обработки в сторону недогрева стык проходит повторно термическую обработку, в случае перегрева стык бракуется; при этом выявляется причина отклонения от режима и устраняется.

Общее число повторных термических обработок должно быть не более 3, после чего стык бракуется.

Для контроля температуры при термической обработке сварных стыков должны быть применены хромель-алюмелевые термопары.

Все новые термопары должны подвергаться проверке при температуре, соответствующей температуре термообработки сты-

ков на специальном стенде по эталонному комплекту ("термопара-прибор"). Эталонный комплект должен иметь паспорт госпроверки.

Рабочий (горячий) спай термопар должен быть сварен. Число витков скрутки рабочего спая должно быть не более 3.

Использование термопар с незаваренными концами ("скрутками") и с разбитым шариком не допускается. Проводники термопары должны быть изолированы друг от друга керамическими бусами или переплетены шнуром асбеста.

До установки на рабочее место термопары должны быть проверены. Проверка рабочего спая может осуществляться методом "горячей спички". Свободные концы термопары подключают к потенциометру или милливольтметру, а рабочий спай термопары нагревают пламенем спички. При правильном подключении термопары прибор должен показать температуру горячего спая порядка 400-450°C (для хромель-алюмелевой термопары). Если стрелка прибора отклоняется в обратную сторону, концы термопары следует пересоединить и вторично сделать проверку.

Неподвижность стрелки прибора при проверке означает, что термопара для замера непригодна, так как состоит из одинаковых проводников (хромель + хромель или алюмель + алюмель).

Число термопар, устанавливаемых на стык, должно быть следующим:

- при питании элемента нагревателя от одного источника для труб диаметром до 325 мм (включительно) одну термопару устанавливают в зените стыка;

- для труб диаметром от 325 до 426 мм (включительно) одну термопару устанавливают в нижней (потолочной) части стыка;

- для труб диаметром более 426 мм устанавливают две термопары: одну в верхней, другую - в нижней части стыка;

- при питании элемента нагревателя от нескольких источников термопары устанавливают в центре каждого элемента (секции).

При термообработке стыка, имеющего разную толщину стенки свариваемых труб, термопару (термопары) устанавливают со стороны толстостенной трубы.

При термообработке кольцевых стыков муфельными нагревателями термопара располагается по образующей трубы (рис.4.16); при термообработке индукционным способом и замере температуры с помощью потенциометров термопару следует установить перпендикулярно к оси трубы, а электроды бифилярно скрутить. Такое положение электродов термопары используется для уменьшения

наводок индукционного поля нагревателей на измерительную цепь потенциометра.

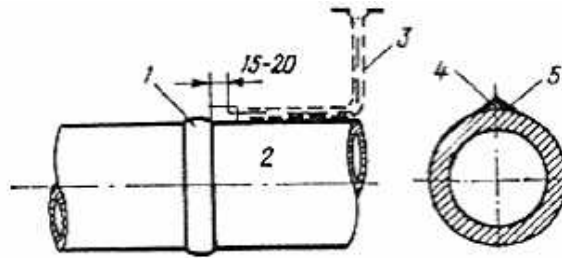


Рис.4.16. Расположение термопар на стыках при нагреве муфельными печами или электрическими элементами сопротивления:

1 - сварной шов; 2 - горячий слой термопары; 3 - электроды термопары; 4 - устройство для крепления термопары; 5 - асбест

Термопара крепится на трубе, подгибаемой скобкой на расстоянии 15-20 мм от края сварного шва (рис.4.17).

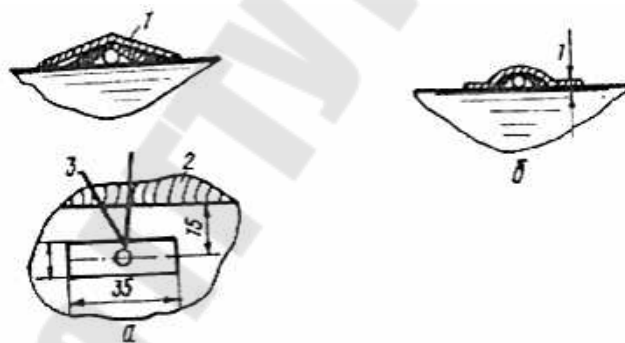


Рис.4.17. Крепление термопары на трубе под скобу (а), зачеканенной (б): 1 - изоляция; 2 - шов; 3 - термопара

Обязательным условием является изоляция горячего спая термопар со стороны нагревателя теплоизоляционным материалом толщиной не менее 4 мм.

Приварка термопар к трубе запрещена.

При термической обработке участки термопары, расположенные в зоне нагрева, должны быть защищены асбестом от непосредственного воздействия источника тепла. Длина нагреваемого участка термопары в области высоких температур не должна превышать 150 мм.

Термопары необходимо устанавливать так, чтобы их свободные концы (холодный спай) не подвергались нагреву выше темпе-

ратуры окружающего воздуха, чтобы не вызвать неправильные показания прибора.

Специализированные организации проводят госпроверку контрольно-измерительных приборов согласно требованиям, оговоренным в паспорте на прибор.

Точность показаний электронного потенциометра проверяют не реже одного раза в неделю и после транспортировки поста на дальнейшее расстояние (транспортировка, не связанная с передвижением поста от стыка к стыку в процессе термообработки).

Результаты проверки заносят в участковый журнал проверки приборов КИП.

Все приборы, регистрирующие и регулирующие термообработку, должны эксплуатироваться в соответствии с паспортными данными.

Подключать термопары к приборам следует с помощью компенсационных проводов. Тип компенсационного провода должен соответствовать типу термопары.

Соединение термопар с потенциометром медным проводом не допускается, так как это может привести к неправильным показаниям прибора.

При подключении компенсационных проводов к термопаре и к прибору следует соблюдать полярность, т.е. соединять потенциалы одного знака - плюс с плюсом, минус с минусом. Положительным потенциалом обладает хромель, отрицательным - алюмель. Хромель в отличие от алюмеля не притягивается магнитом. На приборе в месте подключения компенсационного провода на контактной колодочке обязательно должны быть поставлены знаки плюс и минус.

Соединение термопары с компенсационным проводом должно выполняться надежными контактами - винтовыми соединениями или соединительными разъемами, обеспечивающими хороший контакт. Металлические неизолированные соединительные колодки не должны соприкасаться. "Скрутки" не допускаются.

Компенсационные провода необходимо по возможности прокладывать перпендикулярно токоведущим проводам (сварочным электропроводам) при замере температуры с целью снижения воздействия магнитных полей на показания приборов. Поскольку потенциометры рассчитаны на прием ЭДС при сопротивлении внешней цепи до 200 Ом, в условиях монтажа допускается использование компенсационного провода, сопротивление которого не превышает входного сопротивления прибора.

Для обеспечения надежной работы измерительной схемы и уменьшения наводок от магнитных полей между мощными источниками электромагнитных полей и приборами, расположенными на расстоянии менее 10 м, должны быть установлены экраны.

Термическую обработку сварных соединений трубопроводов различного назначения в полевых условиях предпочтительно проводить с использованием оборудования для термообработки ОТС-121, ОТС-62 и термометрической лаборатории ЛТП-1. Места вварки бобышек диаметром 20-80 мм должны термообрабатываться нагревателями типа НБ-721.

Термическая обработка сварных соединений может производиться нагревателями, обеспечивающими зону равномерного нагрева 70-100 мм (например, электрическими муфельными печами типа ПТО, элементами сопротивления).

Термообработку сварных стыков трубопроводов диаметром 57 мм и меньше допускается производить пламенем газовой горелки. Для равномерного распределения пламени по всей окружности стыка на трубу надевают стальную или асбестовую воронку (рис.4.18). Замерять температуру можно термокраской или термокарандашами через каждые 15 мин, о чем производится запись в специальном журнале и заполняется сертификат.

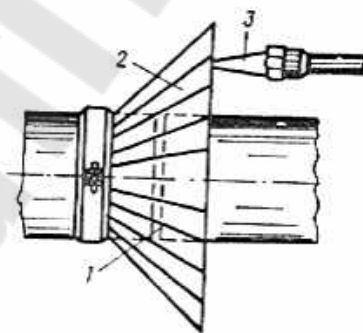


Рис.4.18. Нагрев стыка сварочной горелкой: 1 - сварочный шов; 2 - стальная или асбестовая воронка; 3 - горелка

Термообработку стыков трубопроводов диаметром 114 мм и меньше разрешается производить при групповом подключении гибких элементов (от одного источника питания). Групповое подключение может быть допущено только при следующем условии: одновременно обрабатываемые стыки должны иметь одинаковые диаметр и толщину стенки труб.

Перед применением новые нагреватели или нагреватели, полученные из ремонта, следует проверить на специальном стенде, чтобы определить равномерность температурного поля и потребляемую мощность, а результаты записать в журнал проверки. Повторную проверку нагревателей в процессе производства следует проводить:

для вновь поступивших с завода нагревателей - через первые 75 циклов термообработки, далее - через каждые 50 циклов;

для отремонтированных нагревателей - через 50 циклов термообработки.

При установке нагревателей на сварном стыке необходимо тщательно изолировать места возможного отвода тепла:

при нагреве муфельными нагревателями следует изолировать трубу асбестовыми матами на длине около 400 мм в каждую сторону от нагрева;

при нагреве гибкими пальчиковыми нагревателями необходимо изолировать стык вместе с нагревательными элементами асбестовыми матами суммарной толщиной не менее 40-50 мм на длине 800 мм (по 400 мм от шва);

места приварки фланцев и т.п. должны быть изолированы на ту ширину, которую позволяют габариты фланцев, отводов и т.п.

Во время термообработки до снятия нагревателя со стыка концы труб следует заглушать с торцов, чтобы предотвратить интенсивное охлаждение сварных стыков трубопроводов за счет циркуляции воздуха внутри трубы.

Техническое состояние и исправность оборудования поста термообработки необходимо проверить перед проведением термической обработки.

Термическую обработку сварных стыков трубопроводов следует проводить по возможности непосредственно после окончания сварки.

При термообработке сварных соединений необходимо принять меры для предотвращения их деформации под влиянием температурного расширения и массы трубы. Деформация сварных соединений наиболее вероятна при расположении трубопровода на склонах, переходах через овраги, на углах поворота, в узлах, создающих жесткий контур на участках трубопровода, не вписывающихся в рельеф местности.

Для исключения деформации трубопровода в местах сварных соединений необходимо предусмотреть выравнивание грунта под трубой, вставку вертикальных кривых на спусках, подъемах, пере-

ходах через овраги, установку опор в местах резкого изменения рельефа, а также на прямолинейных участках, где можно ожидать провисания труб.

Для проведения термической обработки стыков трубопроводов на монтажных площадках межтрубное пространство должно быть не менее 250 мм.

Для устранения изгиба при термообработке на стеллаже необходимо устанавливать трехтрубную секцию так, чтобы каждая из труб лежала не менее чем на двух опорах, расположенных на расстоянии 2,5-3,0 м с каждой стороны от середины трубы.

При завершении цикла термообработки необходимо отключить силовую цепь и контрольно-измерительную аппаратуру.

Операционный контроль термообработки, помимо мастера, осуществляют ИТР монтажного участка не реже одного раза в сутки на каждом посту.

У каждого стыка на расстоянии 100-150 мм от шва должно обозначаться несмываемой краской клеймо термиста рядом с клеймом сварщика.

При термической обработке сварных стыков трубопроводов должна записываться диаграмма автоматической регистрации температуры.

В диаграмму потенциометра ответственный термист-оператор заносит следующие сведения:

- дату проведения термообработки сварного стыка;
- наименование узла, привязки и номер стыка в соответствии с номерами точек на диаграмме;
- скорость протяжки ленты самописца;
- диаметр и толщину стенки трубы каждого стыка;
- марку стали трубы;
- фамилию, клеймо и подпись ответственного термиста;
- вид нагревателя;
- подпись мастера с грифом "принято".

При групповой термообработке на диаграмме должна производиться запись о том, какие стыки обрабатывались в группе с указанием типа нагревателя, характеристики теплоизоляции и на каких стыках измеряли и контролировали температуру.

По окончании смены мастер принимает от термиста диаграммы, подписывает их, сдает ответственному инженерно-техническому работнику, оформляющему документацию, который присваивает каждой диаграмме порядковый номер.

На основании диаграммы заполняется журнал термообработки и выписывается сертификат. Номер сертификата соответствует номеру диаграммы.

Журнал термообработки и диаграмма сохраняются на участке не менее 2 лет после сдачи объекта.

По окончании работ представляют сертификат термической обработки, список ответственных лиц с указанием должностей, список термистов с указанием их удостоверений, клейма, а также заключение об уровне твердости вместе с другой исполнительной документацией.

Глава 5. Прессовые методы сварки магистральных и промысловых трубопроводов

5.1. Подготовка к сварочным работам

К сварке трубопровода допускают сварщиков-операторов электроконтактных установок, операторов-паяльщиков и сварщиков-операторов установок сварки вращающейся дугой (СВД), прошедших соответствующую подготовку и имеющих удостоверения на право проведения работ. Порядок проверки квалификации сварщиков-операторов и паяльщиков приведен в обязательном приложении 6.

Разрешается сваривать контактной стыковой сваркой оплавлением, сваркой вращающейся дугой и паять трубы, предусмотренные проектом и отвечающие требованиям "Инструкции по применению стальных труб в газовой и нефтяной промышленности", утвержденной Мингазпромом, Миннефтепромом и Миннефтегазстроем (М., 1988) и действующих ТУ, в том числе трубы с заводской изоляцией

Концы труб для контактной сварки должны быть подготовлены в соответствии с требованиями пп.4.1 и 4.2 СНиП III-42-80.

3.1.4. Обрезанные концы труб для электроконтактной сварки должны иметь фаски под углом не менее 10° и не более 35° ; величина притупления должна составлять не более 3 мм.

3.1.5. Сварке вращающейся дугой (СВД) подлежат трубы из малоуглеродистых сталей диаметром 32-60 мм с толщиной стенки 2,5-5,0 мм. При наличии на концах труб повреждений в виде вмятин, забоин концы обрезают с помощью маятниковой пилы ПМ-300 перпендикулярно к оси трубы. Заусеницы после обрезки необходимо удалить напильником.

Разделка кромок на концах труб, подлежащих СВД, не требуется.

5.2. Стыковая контактная сварка оплавлением промысловых и магистральных трубопроводов

Технология стыковой сварки оплавлением предусматривает следующие основные операции:

- подготовку труб к сварке;
- зачистку поверхностей труб под контактные башмаки сварочной машины;

центровку труб в сварочной машине;
сварку труб, выполняемую автоматически по заданной программе;

удаление внутреннего и наружного грата.

Подготовка труб к сварке включает следующие операции:

проверку труб на соответствие ГОСТам и техническим условиям на поставку;

подборку труб по диаметру или периметру и толщинам стенок. Разница в периметрах стыкуемых труб не должна превышать 12 мм. Разница в толщине стенок стыкуемых труб не должна превышать 1 мм для толщин стенок до 10 мм и 2,2 мм - для толщин стенок более 10 мм;

очистку внутренней и наружной поверхностей труб от посторонних предметов (земли, снега, наледи).

Зачистку поверхностей труб под токоподводящие башмаки сварочных машин выполняют с помощью специальных зачистных устройств (типа АЗТ), входящих в состав установок и комплексов, до металлического блеска.

Кроме зачистки поясков, на поверхности свариваемых труб необходимо провести зачистку их торцов с помощью ручной шлифовальной машинки или напильником.

При сварке электросварных труб диаметром 720-1420 мм механическим путем без повреждения тела трубы снимают усиление продольного шва трубы, выполненного электродуговой сваркой в месте зажатия трубы силовыми и токоподводящими башмаками. Высота оставшейся части усиления продольного шва после снятия должна быть не более 0,5 мм.

Центровку труб осуществляют сварочной машиной. Продольные швы свариваемых труб при центровке располагают в середине между токоподводящими башмаками.

Смещение кромок сцентрированных труб в соответствии со СНиП III-42-80 допускается на величину до 20% толщины стенки трубы, но не более 2 мм.

При сцентрированных трубах величина зазора между ними в любом месте периметра не должна превышать 3 мм для труб диаметром 57-325 мм и 7 мм для труб большего диаметра.

Сварка труб выполняется автоматически с программным изменением основных параметров в процессе сварки после нажатия кнопки " пуск-сварка".

Для проведения сварки следует:

отрегулировать программу командоаппарата в соответствии с режимом сварки данного размера трубы и инструкции по эксплуатации командоаппарата;

установить величину осадки в соответствии с режимом сварки;

установить переключатель коррекции в положение, соответствующее сечению свариваемой трубы.

Внутренний и наружный грат удаляется автоматически с помощью специальных гратоснимающих устройств или гратоснимателями, встроенными в сварочную машину. Порядок съема грата осуществляют в соответствии с инструкцией по эксплуатации гратоснимающих устройств или установок.

При сварке труб на полустационарных механизированных линиях в секции длиной до 36 м, выполняют дополнительно следующие операции:

укладывают трубы на приемный стеллаж симметрично по отношению к покатым стеллажа, где проводят подготовку труб к сварке;

передают трубы на линию зачистки, где осуществляют зачистку;

подают на рольганг и транспортируют по нему зачищенные трубы к сварочной машине, где производят центровку и сварку труб;

транспортируют сваренную трехтрубку и осуществляют ее передачу на стеллаж готовой продукции.

При сварке труб или секций передвижными установками или комплексами в непрерывную нитку трубопровода, кроме операций, изложенных выше, выполняют дополнительно следующие операции:

при сварке труб диаметром до 530 мм на установках типа ТКУП:

труба или секция подается трубоукладчиком и укладывается на подвесной рольганг таким образом, чтобы торец трубы находился в зоне зачистной машины;

при необходимости с помощью индивидуального привода производится точная установка зачистной машины на стык и его зачистка;

труба или секция трубоукладчика подается в сварочную машину, где производятся ее центровка, сварка и снятие наружного грата;

при сварке труб диаметром более 530 мм комплексами типа "Север" (рис.5.1):

трубы или секции раскладывают вдоль трассы. При этом необходимо располагать первую трубу от нитки трубопровода на расстоянии 2-3 м, а остальные трубы таким образом, чтобы обеспечить

проход зачистного агрегата к обоим концам трубы для осуществления их зачистки;

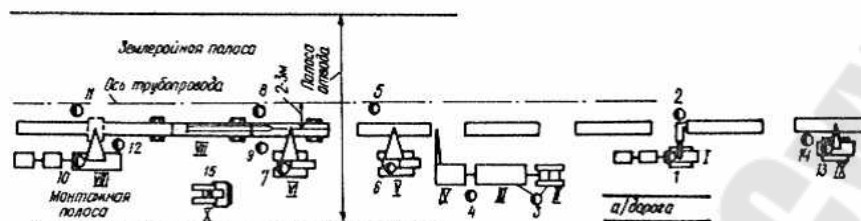


Рис. 5.1. Организация работы комплекса "Север":

I - зачистное устройство; *II* - тягач электростанции; *III* - электростанция; *IV* - вспомогательный кузов "кунг"; *V* - трубоукладчик грузоподъемностью 90 т; *VI* - трубоукладчик грузоподъемностью 90 т; *VII* - сварочная машина; *VIII* - установка для наружного гратосъема; *IX* - трубоукладчик для раскладки труб;

X – бульдозер; *1* - машинист зачистного агрегата;

2 - оператор зачистного устройства; *3* - дизелист электростанции (водитель тягача); *4* - электрик; *5*, *12*, *14* - вспомогательные рабочие; *6*, *7*, *13* - машинист трубоукладчика; *8* - помощник оператора сварочной машины; *9* - оператор сварочной машины (бригадир); *10* - машинист гратоснимающего агрегата;

11 - оператор наружного гратоснимателя; *15* - бульдозерист

отсоединяют от клеммника штанги сварочной машины все разъемы (последним отключается штепсель металлической связи) и перемещают электростанцию на длину привариваемой трубы или секции;

зачаливают привариваемую секцию (трубу) с предварительно введенным в нее вспомогательным кабелем, трубоукладчиком и подают к сваренной нитке трубопровода. При этом ее конец должен находиться на расстоянии 1,5-2 м от конца нитки трубопровода и уровни их торцов должны совмещаться с точностью до 300 мм в диаметральных плоскостях;

включают вспомогательный кабель, имеющий провод и штепсель для металлической связи корпусов, перемещают сварочную машину в нитке трубопровода с прохождением штанги через пристыковываемую трубу и останавливают машину в рабочей позиции так, чтобы расстояние между кромкой зажимных башмаков, находящихся внутри нитки сваренного трубопровода, и краем трубопровода составляло 35-40 мм. В этом положении разжимают башмаки машины в нитке трубопровода;

состыковывают привариваемую плеть (трубу), поддерживаемую трубоукладчиком, с торцом нитки трубопровода и разжимают башмаки внутри привариваемой трубы, при этом осуществляя центровку и сварку;

после сварки производят выдержку перед подъемом сваренной плети в течение 240 с.

Перед началом сварки трубопровода осуществляются техническое обслуживание сварочной машины в соответствии с инструкцией по ее эксплуатации, наладка и проверка на холостом ходу и при сварке.

Контроль качества контактной сварки производится в соответствии со СНиП III-42-80 и ВСН 012-88/Миннефтегазстрой.

5.3. Паяльные материалы

Для пайки применяются припой П-87 на железомарганцевой основе с температурой плавления 1140°C, флюс № 201, порошок полиэтилена низкого давления марки 20608-012 (ГОСТ 16338-77).

Припой П-87 должен иметь следующий химический состав (%):

Mn	Ni	Cu	Si	B	C	Fe	S	P
31,0- 32,5	12,0- 12,5	11,5- 13,0	2,4- 3,0	0,05- 0,1	0,3-0,4	Остальное	0,02	0,02

Паяльные материалы применяются в виде прессованных элементов со следующим весовым соотношением компонентов:

порошок припоя П-87 (зернистость до 0,3 мм) - 92%;

порошок флюса № 201 - 1%;

порошок полиэтилена (или другое связующее, не оставляющее включений) - 7%.

5.4. Индукционная пайка стыков трубопроводов

Пайка неповоротных стыков труб осуществляется комплексом оборудования, включающим устройства для механической обработки торцов труб под пайку, устройство для сборки и пайки стыков труб и индукционную установку с частотой тока 1-8 кГц.

Подготовка труб под пайку заключается в осмотре и очистке торцов и механической их обработке.

Трубы, поступающие на пайку, не должны иметь на торцах забоин и вмятин глубиной более 3,5% диаметра трубы.

Механическую обработку труб производят непосредственно перед процессом пайки. Угол скоса разделки труб должен составлять 20° или 30° (рис.5.2). Шероховатость обработанных поверхностей не лимитируется.

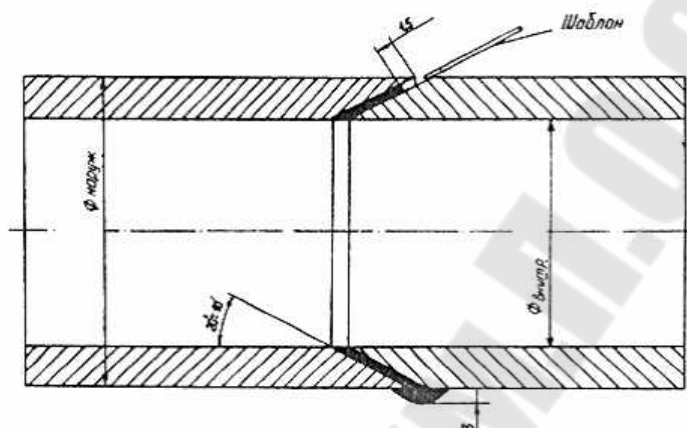


Рис.5.2. Общий вид паяного соединения

После механической обработки при подаче и стыковке труб необходимо предохранить торцы труб от повреждения.

Перед стыковкой труб производится осмотр их торцов. С торцевых участков труб удаляются загрязнения.

Жировые загрязнения с паяемых поверхностей удаляются содовым раствором (концентрация 20%) или керосином.

Сборка стыков под пайку включает: стыковку и центрирование труб, внесение припоя в стык, установку нагревательного устройства на стык.

Стыковка труб осуществляется после установки устройства для сборки и пайки стыков на свободный конец трубопровода или отдельной плети.

Устройство для сборки и пайки стыков представляет собой наружный центратор, обеспечивающий возможность стыковки, центрирования, перемещения и прижатия присоединяемой трубы к концу трубопровода.

Конец стыкуемой трубы заводится трубоукладчиком в устройство, прижимается к опорным призмам зажимным механизмом устройства и подается до совмещения со смежной разделкой конца трубопровода.

Процесс центрирования трубы заключается в перемещении свободного конца относительно стыкованного до полного устрани-

ния зазора между паяемыми поверхностями или установления между ними видимого равномерного зазора без нарушения стыкованного состояния труб. Допускаемая неравномерность зазора по периметру труб не должна превышать 0,3 мм.

Центрирование труб не производится при одновременной обработке концов труб в устройстве для сборки и пайки стыков труб или при использовании самоцентрирующих зажимов.

В стык вносится закладное кольцо припоя (см. приложение 8 справочное), на собранный стык наносится защитное покрытие, устанавливается индуктор и спрейер для принудительного охлаждения стыка, смонтированные на устройстве. Зазор между индуктором и трубой должен быть равномерным по периметру стыка. Видимая кромка стыка должна располагаться между витками индуктора.

На стыке создается давление сжатия, равное 1-2 кгс/см².

Процесс пайки собранного стыка включает индукционный нагрев его до температуры пайки (+1200°C), выдержку - при температура пайки и охлаждение стыка - до температуры 400-500°C.

Перед включением электрической системы нагрева производится запуск системы охлаждения и проверяется нормальная циркуляция охлаждающей жидкости в системе.

Включается индукционная установка и производится пайка.

Контроль за достижением температуры пайки производится визуально по появлению на поверхности стыка расплава припоя, либо автоматическим способом (дилатометрическим, фотоперометром), обеспечивающим определение момента расплавления припоя в стыке.

По достижении температуры пайки производится ее выдержка в течение 20 с для выравнивания температуры по периметру стыка. На период выдержки мощность нагрева снижается на 1/4 от установленной (табл.41).

После достижения в стыке при охлаждении температуры, равной 400-500°C (когда прекращается свечение металла), производится снятие центрирующего устройства со стыка и перемещение его к очередному стыку.

5.5. Сварка вращающейся дугой (СВД)

Суть процесса и техническая характеристика сборочно-сварочного оборудования приведены в приложении 9.

Подготовка и проверка сварочной машины для СВД приведена в обязательном приложении 10.

Технология СВД включает следующие основные операции:
загрузку труб в накопитель сварочного станда;
подготовку труб к сварке;
центровку труб в сварочной машине;
сварку труб, выполняемую автоматически по заданной программе;
совмещение конца сваренной нитки с позицией сварки.
Подготовка труб к сварке предусматривает:
контроль труб, поступающих на сварку, в соответствии с требованиями ГОСТ и ТУ, указанных в проекте;
очистку внутренней и наружной поверхностей труб от посторонних предметов (земли, снега, наледи) на расстоянии не менее 300 мм от свариваемых кромок;
при наличии на концах труб вмятин и забоин - обрезку концов;
зачистку торцов труб от ржавчины и окалины;
зачистку на поверхности труб поясков шириной 150 мм от торца под зажимные башмаки.

Зачистку торцов и поясков на поверхности труб следует выполнять с помощью ручной шлифмашинки металлическими щетками. На зачищенных поверхностях ржавчины не должно быть.

Уменьшение толщины стенки трубы за пределы допуска и нарушение плоскостности торца или перпендикулярности его оси трубы при зачистке не допускается.

Подготовленные к сварке трубы поштучно с помощью отсекателя передаются на ролики рольганга и по ним транспортируются в зону сварки.

Трубы в сварочной машине следует собирать встык без зазора. В случае неперпендикулярности торцов оси трубы допускается местный зазор до 0,7 мм.

Стык труб должен располагаться в сварочной машине посередине между щеками магнитов.

Центровка труб осуществляется в машине зажимными башмаками. Допускается смещение кромок зажатых в машине труб, подготовленных к сварке, на величину не более 20% от толщины стенки трубы.

СВД труб производится автоматически после нажатия кнопки "Пуск-сварка".

Готовый стык должен иметь наружное усиление величиной $2,5 \pm 0,5$ мм; смещение кромок в готовом стыке не должно превышать 25% периметра стыка, величина смещения не должна превышать 30% толщины стенки трубы.

Смещение кромок в стыке следует измерять с помощью линейки сварщика контактной сварки.

Глава 6. Резка труб в трассовых условиях

В качестве горючего газа при кислородной резке можно применять ацетилен или его заменители: МАФ, пропан, пропанобутановые смеси, природный газ, а также керосин или бензин.

К работе с аппаратурой для ручной машинной кислородной и плазменной резки и ее ремонту допускают квалифицированных резчиков, знающих устройство, правила обслуживания и ремонта аппаратуры. Независимо от наличия удостоверения резчик должен сдать экзамен по техминимуму квалификационной комиссии монтажного управления.

6.1. Машинная кислородная резка

Механизированную резку следует выполнять газорезательными машинами "Орбита-2" или "Спутник-3".

Перед резкой следует удалить из трубы на участке длиной не менее 0,5-1,0 м снег и грязь, так как наличие влаги ухудшает качество реза и структуру металла кромки.

Разрезаемый участок трубы шириной 50-100 мм по периметру необходимо тщательно зачистить механической или ручной проволочной щеткой. На поверхности трубы не должно быть слоя праймера, следов изоляции, окалины, ржавчины, пыли, масляных и жировых загрязнений. Резка неочищенного металла приводит к значительному снижению производительности процесса, ухудшению качества поверхности реза.

Резку начинают прожиганием в теле трубы отверстия следующим образом: резак подводят к месту пробивки отверстия, зажигают горючую смесь резака, разогревают место пробивки до температуры воспламенения в струе кислорода и постоянно включают подачу режущего кислорода.

После пробивки отверстия включают привод перемещения резака по периметру трубы.

Резку труб производят по замкнутому периметру трубы, начиная с нижнего положения.

В процессе резки необходимо следить за соблюдением выбранного режима, т.е. сохранять неизменными состав смеси, расстояние между мундштуком резака и металлом, скорость резки, давление газов.

Шероховатость кромки реза не должна превышать 0,16 и 0,32 мм при толщине разрезаемого металла соответственно 5-15 и 16-30 мм, что соответствует 3-му классу по ГОСТ 14792-80.

Перед сваркой после машинной газокислородной резки необходимо тщательно удалить с кромки реза грат и окалину.

По кромкам после машинной газокислородной резки разрешается выполнять ручную дуговую сварку электродами с основным видом покрытия, автоматическую сварку под флюсом по ручной подварке и двустороннюю.

Сварку электродами с покрытием целлюлозного типа разрешается выполнять только после механической обработки кромок реза или зачистки их шлифмашинками.

Резка труб при отрицательных температурах окружающего воздуха может сопровождаться появлением трещин в кромке реза.

Во избежание образования трещин и получения более пластичного металла у линии реза в зависимости от состава стали, толщины металла, режима резки необходимо применять предварительный подогрев.

При поступлении новых труб из сталей повышенной прочности с толщиной стенки более 25 мм рекомендуется проверять металл труб на закаливаемость при машинной кислородной резке путем загиба образцов по схеме, приведенной на рис.6.1.

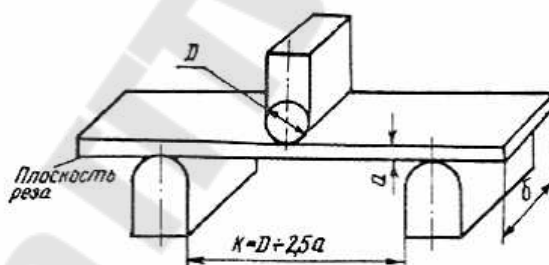


Рис.6.1. Схема нагружения образца при испытании на угол загиба

Размеры образца принимают в соответствии с ГОСТ 6996-66: диаметр нагружающей оправки $D = 2\delta$, толщина образца $a = \frac{\delta}{1,5}$ (но не более 16 мм); δ - толщина стенки трубы, мм.

Угол загиба должен быть не менее 30° . На поверхности реза не допускается появление развивающихся трещин, видимых невооруженным глазом.

Если при загибе образцов до 30° на кромке реза появляются трещины, следует откорректировать режимы резки, применив предварительный подогрев (либо повысив температуру подогрева), или увеличить мощность подогревающего пламени резака.

Предварительный подогрев следует выполнять стационарными кольцевыми подогревателями, применяемыми для подогрева стыков труб перед сваркой.

Сброс подлежащих сварке труб или катушек в снег или в воду до полного их остывания после завершения процесса резки не допускается.

Правку концов труб после кислородной резки металла с нормативным значением временного сопротивления разрыву до 540 МПа при положительных температурах воздуха можно выполнять без подогрева; при отрицательных температурах окружающего воздуха перед правкой необходим подогрев до 150-200°С.

При отрицательных температурах воздуха испарение горючих газов, как правило, прекращается. В этом случае баллон следует поместить в емкость с непрерывно подогреваемой горячей водой.

При замерзании рукавов и редуктора их следует отогревать горячей водой с последующей продувкой воздухом и протиркой с внешней стороны. Вода и воздух не должны иметь примеси жиров и масел.

6.2. Ручная кислородная резка

Ручную кислородную резку труб следует выполнять резаками "Маяк-1-02", "Маяк-2-02", РУА-70, "Факел", РУЗ-70, РК-71, РЗР-62, "Пламя".

Резаки "Маяк-2-02", "Пламя", "Факел" и РУА-70 предназначены для ацетилено-кислородной резки; резаки "Маяк-2-02", РУЗ-70 и РЗР-62 - для кислородной резки с использованием газов-заменителей ацетилена, резак РК-71 - для резки керосином. В комплект поставки ручного резака входят внутренние и наружные мундштуки, сменные мундштуки, ключ, уплотнительные кольца.

Новые резаки перед использованием должны быть проверены в мастерской по ремонту газорезательной аппаратуры (а где ее нет - слесарями, имеющими право на ремонт газорезательной аппаратуры) на подсос, герметичность и горение. Проверке подвергают каждый резак, так как завод-изготовитель проводит выборочную проверку партии, а не проверяет все выпускаемые резаки.

Прежде чем начать работу, необходимо проверить правильность присоединения рукавов к резаку (кислородный рукав присоединяют к штуцеру с правой резьбой, рукав горючего газа - к штуцеру с левой резьбой), инъекцию в каналах горючего газа, герметичность всех разъемных соединений.

Утечку газа в резьбовых соединениях устраняют их подтягиванием.

При сильном нагреве наконечника его следует охлаждать чистой водой. Чтобы вода не попала в каналы резака, закрывают только вентиль горючего газа, оставляя кислородный вентиль открытым.

При засорении каналов мундштуков их необходимо прочищать медной или алюминиевой иглой.

Все мелкие неисправности: перекос мундштуков, негерметичность соединений, засорение инжекторов и каналов мундштука, нагар и брызги на поверхности мундштука, отсутствие подсоса в канале горючего газа, частые хлопки пламени, неисправность вентиля устраняет резчик.

Ручную кислородную резку труб из низкоуглеродистых и низколегированных сталей, в том числе и при отрицательной температуре окружающего воздуха, можно выполнять без каких-либо технологических ограничений. Основным требованием при этом является получение ровного реза и требуемых параметров разделки.

Правку концов труб после кислородной резки металла с нормативным значением временного сопротивления разрыву до 540 МПа при положительных температурах воздуха можно выполнять без подогрева; при отрицательных температурах окружающего воздуха перед правкой необходим подогрев до 150-200°C.

6.3. Воздушно-плазменная резка

Для механизированной воздушно-плазменной резки труб при строительстве магистральных трубопроводов предназначена установка "Орбита ПЛ-1".

Для выполнения резки контейнер с установкой необходимо расположить на расстоянии не менее 1,5-2 м от разрезаемой трубы.

На обрабатываемую трубу монтируют направляющий пояс, соответствующий ее диаметру. Для обеспечения точности резки необходимо произвести тщательную выверку установки направляющего пояса. Ходовую часть машины "Орбита" монтируют на направляющий пояс.

Поверхность трубы в месте, где начинается рез и где должно произойти возбуждение основной дуги, очищают от окалины, грязи, масла, ржавчины, краски, а полость трубы - от грязи, снега и др. При резке изолированных труб место начала реза необходимо очи-

стить от изоляции, после чего в этом месте зачистить поверхность трубы до металлического блеска.

Перед началом работы необходимо проверить в источнике питания:

состояние электрических проводов и контактов;
соответствие напряжения сети напряжению, указанному на маркировке источника питания;

подключение источника питания к компрессору.

Плазмотрон соединяют с источником питания, для этого необходимо подключать по порядку:

воздухотокоподвод;

вилку высоковольтного провода вспомогательной дуги;

вставку штепсельного разъема провода управления к колодке.

Один конец кабеля "+" подключают к клемме "+" источника питания, а другой - к обрабатываемой трубе.

Плазмотрон закрепляют в державке суппорта ходовой части машины "Орбита".

Расстояние между плазмотроном и поверхностью разрезаемой трубы должно быть 10-15 мм, а его положение не должно изменяться в процессе резки.

Угол наклона плазмотрона к образующей трубы должен соответствовать требуемому углу скоса кромок.

Электрический кабель привода ходовой части машины "Орбита" присоединяют к блоку питания через переходную коробку.

Для обеспечения безопасности работы проверяют двойную или усиленную изоляцию кабеля, соединяющего знак "-" выпрямителя с плазмотроном, двойную изоляцию места подключения этого кабеля к выпрямителю и к плазмотрону; корпус выпрямителя должен быть изолирован от всех частей установки.

Выпрямитель подключают к сети переменного тока 3x380+0 через автоматические выключатели.

При отрицательных температурах воздуха перед началом работы ходовую часть машины "Орбита" включают для работы при повышенных скоростях вхолостую в течение 2-3 мин с тем, чтобы разогреть смазку в механическом редукторе.

Шланги, кабель, ведущие от источника питания к плазмотрону, располагают таким образом, чтобы в процессе движения машины вокруг трубы они не мешали работе плазмотрона.

Для подачи напряжения на все устройства установки ручку автоматического выключателя устанавливают в положение "включено".

Включают компрессоры, а на источнике питания УПР-201 с помощью регулятора давления устанавливают давление воздуха 0,4 МПа.

На источнике питания по указателю с помощью резистора регулирования рабочего тока устанавливают требуемую силу тока. Прежде чем приступить непосредственно к резке, необходимо проверить зажигание дежурной дуги. Для этого плазмотрон в державке поднимают на расстояние 150-200 мм от поверхности разрезаемой трубы, нажимают кнопку "пуск" на выносном пульте; при этом из сопла должен показаться видимый прерывистый факел вспомогательной дуги. Вспомогательная дуга может не возбуждаться по следующим причинам: неисправен источник питания, давление воздуха выше допустимого, нарушена изоляция пластмассовой втулки в плазмотроне, неправильно собран плазмотрон.

В том случае, если вспомогательная дуга возбуждается, ее отключают, нажав кнопку "стоп", а плазмотрон устанавливают над точкой начала резки на высоте 10-15 мм от поверхности трубы.

Тумблером на выносном пульте включают движение машины "Орбита" в выбранном направлении (направление движения должно быть таким, чтобы поток плазмы сдувал расплавленный металл с кромки, предназначенной для сварки).

Нажимают кнопку "пуск" на выносном пульте. При этом между электродом и соплом плазмотрона с помощью осциллятора зажигается вспомогательная дуга, которая выдувается из сопла в виде плазменного факела длиной 10-15 мм. При касании факела вспомогательной дуги металла трубы между электродом плазмотрона и металлом трубы возникает режущая дуга. Вспомогательная дуга при этом автоматически отключается.

Для того чтобы окончательно отрегулировать скорость движения машины "Орбита", вращают регулятор скорости на выносном пульте; при этом отклонение факела дуги от оси резака должно составлять 20-30°.

При воздушно-плазменной резке следует соблюдать:
установленный режим резки (следует обратить внимание на правильную форму и постоянство отклонения факела дуги);
стабильность горения дуги;
непрерывность процесса резки;
постоянное рабочее давление воздуха по манометру;
постоянное расстояние между резаком и поверхностью разрезаемой трубы (в пределах 10-15 мм).

После окончания резки обрывают дугу, нажав кнопку "стоп".

При износе пленочного катода в результате испарения материала вставки на глубину более 3,5 мм его следует заменить.

После остывания кромки с поверхности реза проволочной щеткой и зубилом удаляют шлак и грат. Поверхность реза подвергают внешнему осмотру для проверки качества поверхности реза.

Несовмещение начала и конца кольцевого реза Δa не должно превышать 2 мм (рис.6.2). При сварке захлестов (для уменьшения погрешности реза при обрезке торца второй трубы) плазмотрон устанавливают в точке, диаметрально противоположной началу реза первой трубы.

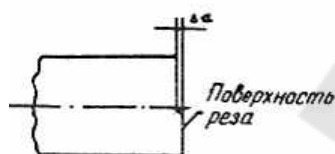


Рис.6.2. Несовмещение начала и конца реза

Шероховатость поверхности R_z измеряют по фактической высоте микронеровностей на поверхности реза. Она определяется на базовой длине не менее 8 мм по 10 точкам в середине толщины разрезаемой трубы. Шероховатость не должна превышать 1,0 мм при толщине металла трубы 5-12 мм и 1,2 мм - при толщине 13-30 мм (ГОСТ 14792-80) (рис.6.3).

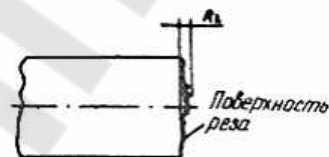


Рис.6.3. Шероховатость поверхности реза

Косина реза (отклонение от перпендикулярности по отношению к продольной оси трубы) не должна превышать 2 мм.

В том случае, если качество поверхности реза не соответствует требованиям п.4.5.25, его следует исправить, зашлифовывая шероховатость и ступеньки на поверхности до заданных значений.

Во избежание образования пор при сварке (возможно насыщение азотом поверхности реза) поверхность реза необходимо зачистить абразивным кругом (шлифовальной машинкой) до металлического блеска (на глубину 0,3-0,5 мм) с образованием в нижней части притупления величиной 1,5-2 мм.

При скорости ветра более 5 м/с и атмосферных осадках выполнять резку без укрытия рабочего места не рекомендуется.

6.4. Ручная и машинная воздушно-дуговая резка (выборка дефектов швов и основного металла)

К воздушно-дуговой резке допускают квалифицированных резчиков или сварщиков, знающих устройство и правило обслуживания оборудования. Независимо от наличия удостоверения резчик (сварщик) должен сдать экзамен по техминимуму квалификационной комиссии монтажного управления.

Механизированную воздушно-дуговую поверхностную резку выполняют на установке воздушно-дуговой резки.

Ручную воздушно-дуговую резку выполняют с помощью резака РВДм - 315.

Для воздушно-дуговой резки следует использовать угольные или графитовые электроды круглого сечения диаметром 6-12 мм. Рекомендуемая плотность тока на электроде 4-6 А/мм².

Перед началом работы электроды необходимо прокалить в печи при температуре 150-200°С в течение 3-4 ч для предупреждения их возможного взрывного разрушения при работе из-за скопившейся в порах влаги.

Установку воздушно-дуговой резки подготавливают к работе в следующем порядке:

на обрабатываемую трубу монтируют направляющий пояс, соответствующий ее диаметру;

транспортирующее устройство с установленным на нем подающим механизмом с электрододержателем фиксируют на направляющем поясе;

к установке воздушно-дуговой резки подключают токоведущие коммуникации от источника питания и газоведущие коммуникации от компрессора;

в электрододержатель установки вставляют угольный электрод. Расстояние между электродом и обрабатываемым изделием должно быть не менее 5 мм;

по манометру устанавливают рабочее давление сжатого воздуха (0,4-0,6 МПа);

на выносном пульте управления устанавливают требуемые скорость резки, скорость подачи электрода;

подключают источник питания к сети;

устанавливают требуемые параметры тока и напряжения.

Подготовку к ручной воздушно-дуговой резке выполняют в следующем порядке:

подсоединяют токоведущие коммуникации резака РВДм-315 к источнику питания, а газоведущие коммуникации - к компрессору;

угольный электрод вставляют в резак таким образом, чтобы вылет электрода составил 100-120 мм;

по манометру устанавливают рабочее давление сжатого воздуха (0,4-0,6 МПа);

подключает источник питания к сети.

Процесс машинной и ручной резки следует выполнять на постоянном токе обратной полярности (плюс на электроде). Скорость резки 30-35 м/ч; угол наклона электрода 40-45°; давление воздуха 0,4-0,6 МПа.

Направление резки должно быть углом вперед, так как в противном случае не происходит выдувания расплавленного металла. Чем меньше угол между электродом и обрабатываемым металлом, тем меньше глубина канавки и тем больше должна быть скорость резки.

При ручной резке зажигание дуги рекомендуется производить на выводной пластине. При зажигании дуги на шве рекомендуется дугу переместить быстро назад на 5-10 мм и лишь с этого места начинать резку. В этом случае зона зажигания дуги будет полностью удалена в процессе резки.

Вследствие инерционности установления требуемой глубины проплавления начало реза должно находиться на расстоянии не менее 50 мм от места залегания дефекта.

В процессе ручной воздушно-дуговой резки вследствие обгорания электрода его вылет уменьшается, поэтому необходимо периодически перемещать электрод в держателе, восстанавливая вылет электрода до 100-120 мм.

Следует соблюдать равномерность перемещения электрода при резке, так как колебания скорости перемещения приводят к изменению глубины и ширины канавки по ее длине.

Необходимо поддерживать постоянной скорость подачи электрода, так как от этого зависит постоянство длины дуги, стабильность ее горения и качество реза. При малой скорости подачи электрода длина дуги увеличивается и устойчивость процесса резки нарушается.

Увеличение скорости подачи электрода при поверхностной воздушно-дуговой резке приводит к тому, что лобовая кромка реза не успевает расплавиться и электрод как бы врезается в металл. Дуга гаснет, процесс резки прерывается.

Необходимо избегать коротких замыканий электрода на обрабатываемый металл, так как этот процесс сопровождается науглероживанием обрабатываемой поверхности.

При частичном или полном разрушении электрода в процессе резки следует остановить процесс и тщательно зачистить рабочую поверхность, удалив частицы электрода.

Поверхность реза следует зачистить от грата абразивными кругами с использованием шлифовальной машинки до металлического блеска (на глубину 0,3-0,5 мм) после завершения удаления дефектов из сварного соединения воздушно-дуговой резкой. При этом можно избежать дефектов при последующей заварке канавки.

Глава 7. Техника безопасности и производственная санитария при сварке магистральных и промышленных трубопроводов

1. При выполнении сварочно-монтажных работ, разделительной и поверхностной резке, пайке необходимо руководствоваться следующими нормативными документами:

ГОСТ 12.3.004-75 "ССБТ. Работы электросварочные. Общие требования безопасности";

ГОСТ 12.2.007.8-75 "ССБТ. Устройства электросварочные и для плазменной обработки. Требования безопасности";

СНиП III-4-80 "Техника безопасности в строительстве". - М.: Стройиздат, 1980;

"Правилами техники безопасности и производственной санитарии при электросварочных работах". - М.: Машгиз, 1966;

"Санитарными правилами при сварке, наплавке и резке металлов". - М.: Медицина, 1973;

"Правилами техники безопасности и производственной санитарии при электросварочных работах". - М.: Машгиз, 1966;

"Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов". - М.: Металлургия, 1976;

"Примерной инструкцией по технике безопасности для машиниста передвижной электростанции". - М.: Недра, 1973;

"Примерной инструкцией по технике безопасности для такелажника". - М.: Недра, 1973;

"Примерной инструкцией по технике безопасности для машиниста трубоукладчика". - М.: Недра, 1973.

2. К работам по электросварке могут быть допущены квалифицированные электросварщики в возрасте не моложе 18 лет, которые прошли медицинское освидетельствование при приеме на работу.

3. Каждый рабочий может быть допущен к работе только после того, как прошел:

вводный (общий) инструктаж по охране труда;

инструктаж по технике безопасности непосредственно на рабочем месте.

4. Инструктаж на рабочем месте необходимо проводить:

периодически, не реже одного раза в квартал;

при каждом изменении условий работы;

при совмещении профессий;

при переводе на другую работу;

в случаях нарушения правил инструкций по технике безопасности для данного вида работ.

5. К выполнению работ по строповке труб и других грузов могут быть допущены только рабочие, которые прошли курс обучения, сдали экзамены квалификационной комиссии и получили удостоверение строповщика.

6. Члены сборочно-сварочной бригады, а также операторы и подсобные рабочие должны быть обеспечены удобной, не стесняющей движений, спецодеждой и спецобувью, а также индивидуальными средствами защиты.

7. В зимних условиях, чтобы рабочие могли обогреться, устанавливают перерывы в работе в соответствии с постановлением областных (краевых) Советов депутатов трудящихся.

В распоряжении бригад должны быть пункты обогрева (передвижные вагон-домики или другие помещения), которые перемещают вместе с бригадой сварщиков.

8. Такелажные приспособления (стропы, клещевые захваты и т.п.) следует подвергать техническому осмотру через каждые 10 дней. Результаты осмотра фиксируют в журнале учета и осмотра.

9. При монтаже, наладке и эксплуатации электроустановок необходимо руководствоваться:

"Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок и потребителей".

10. Передвижные электростанции, электросварочные агрегаты и другое электросварочное оборудование, не укомплектованные специальными отключающими устройствами, а также сварочные стеллажи и стенды должны быть надежно заземлены.

11. Перед началом работы необходимо особо тщательно проверить целостность электроизоляции всех проводов.

12. Рабочие должны выполнять в защитных очках следующие операции:

очистку внутренней и наружной поверхностей трубы от грязи, снега, льда и от посторонних предметов;

обработку торцов труб и правку на них вмятин.

13. При очистке внутренней полости трубы ершом, установленным на штанге, запрещается находиться между трактором и торцом трубы.

14. При обработке кромок труб на станках необходимо выполнять требования техники безопасности, указанные в заводской Инструкции по эксплуатации этих станков.

15. При стыковке труб запрещается держать руки в световом пространстве между торцами труб.

16. По обе стороны стыка следует устанавливать страховочные опоры.

17. Плетни сваренных труб должны быть размещены на расстоянии не менее 1,5 м от бровки траншеи.

16. Подваривать шов разрешается внутри трубопровода диаметром 1020 мм и выше с обязательным соблюдением следующих требований по технике безопасности:

а) рабочий внутри трубопровода передвигается на тележке на расстоянии не более 36 м от торца трубопровода; во время пребывания рабочего внутри трубопровода электросварочный кабель должен быть обесточен;

б) рабочий должен пользоваться специальным защитным шлемом, под который подается свежий воздух. Без специального защитного шлема разрешается работать только в том случае, если применена принудительная вентиляция, при которой загрязненность воздуха вредными газами внутри трубопровода не превышает предельно допустимых концентраций (в мг/м³):

Окиси железа с примесью до 3% окислов марганца	6
Окиси железа с примесью фтористых и марганцевых соединений .	4
Марганца (в пересчете на окись марганца)	0,3
Окиси углерода	20
Солей фтористоводородистой кислоты (в пересчете на фтористый водород)	1,0

в) скорость движения воздуха внутри трубопровода должна быть не менее 0,25 и не более 1,5 м/с. Администрация строительномонтажной организации обязана организовать периодические замеры концентраций вредных газов в воздушной среде;

г) у торца трубопровода должны постоянно находиться двое рабочих для страховки, которые поддерживают сигнальную связь с электросварщиком, работающим внутри трубопровода;

д) при необходимости оказания помощи электросварщику, находящемуся внутри трубопровода, страхующий рабочий немедленно отправляется внутрь трубопровода к рабочему месту, предварительно надев маску кислородного прибора;

е) освещение внутри трубопровода должно быть от источника питания напряжением не более 12 В;

ж) электросварщику следует работать на резиновом коврике.

19. Во время очистки внутренней и наружной поверхностей труб и деталей трубопроводов рабочие должны носить защитные очки.

20. При применении газопламенных подогревателей бригаду необходимо обеспечить средствами противопожарной безопасности (огнетушитель, кошма). Рабочих, выполняющих работу по подогреву свариваемых стыков, следует обеспечить брезентовыми костюмами и рукавицами.

21. Газорезчики, электросварщики, кроме средств индивидуальной защиты, предусмотренных типовыми отраслевыми нормами, должны пользоваться также защитными ковриками, защитными козырьками и шлемами.

22. Баллоны с кислородом и горючими газами следует устанавливать на расстоянии не менее 10 м от источника огня. При температуре ниже минус 25°С должны быть приняты меры, предотвращающие замерзание редукторов баллонов и содержащихся в них газов.

23. Для сварки захлестов и вварки катушек необходимо устраивать котлованы с размером по 2 м во все стороны от свариваемого стыка.

24. Передвижные электростанции должны быть выполнены с изолированной нейтралью. При этом защитной мерой должна служить металлическая связь корпусов электросварочного и другого оборудования, питающегося от электростанции, с корпусом электростанции в сочетании с непрерывным контролем величины сопротивления изоляции относительно корпуса.

25. Стыковая контактная сварка трубопроводов сопровождается следующими вредными и опасными факторами:

поражением электрическим током;

поражением искрами расплавленного металла;

запыленностью и загазованностью воздуха рабочей зоны;

электромагнитными излучениями;

травмированием перемещаемыми грузами и трубами при такелажных работах.

26. При ограничении времени работы передвижной электростанции с изолированной нейтралью на одном месте защитное заземление может не предусматриваться. В этом случае электроустановка должна быть снабжена устройствами непрерывного контроля изоляции и защитно-отключающими устройствами.

27. В процессе работы необходимо следить за исправным состоянием изоляции токоведущих проводов, пусковых и отключаю-

щих устройств, сварочных трансформаторов. Не допускается попадание на изоляцию воды и масла, дизельного топлива и других нефтепродуктов.

28. При работе установки в помещении необходимо оборудовать приточно-вытяжную вентиляцию с шестикратным обменом воздуха в 1 ч.

29. Напряженность магнитного поля в рабочей зоне не должна превышать 100 А/м.

30. Производитель работ до их начала обязан ознакомить рабочих, занятых на испытании трубопровода силовым воздействием, с методикой испытаний и правилами техники безопасности.

31. Перед началом испытаний такелажные приспособления (стрелы, клещевые захваты, троллейные подвески и т.п.) следует подвергать техническому осмотру. Результаты осмотра должны фиксироваться в журналах учета и осмотра.

32. Испытание трубопровода силовым воздействием в ночное время допускается только в исключительных случаях с разрешения руководства управления и профсоюзной организации (постройкома), а также при достаточном освещении места испытания.

33. До начала работ следует проверить состояние канатов, блоков и тормозных устройств трубоукладчиков, троллейных подвесок, которые должны отвечать следующим требованиям безопасности:

иметь шестикратный запас прочности;

иметь свидетельство завода-изготовителя об испытаниях, а при отсутствии свидетельства они должны быть испытаны строительной организацией;

подвергаться испытанию через каждые 6 мес нагрузкой в 1,25 раза превышающей рабочую. Результаты испытания заносят в специальный журнал.

34. Для предупреждения поражения электрическим током при эксплуатации высокочастотного оборудования для пайки трубопроводов следует соблюдать следующие правила:

34.1. Передвижная электроустановка, питающая индукционную установку, должна быть снабжена устройством защитного отключения или устройством непрерывного автоматического контроля состояния изоляции. Корпуса передвижной электроустановки и высокочастотной установки должны иметь металлическую связь.

34.2. Все устройства для подключения и переключения электрических цепей должны быть защищены кожухами.

34.3. Не проводить ремонтных работ в установке, находящейся под напряжением.

34.4. Перед заменой предохранителей конденсаторы должны быть разряжены.

34.5. Высокочастотный преобразователь необходимо содержать в чистоте, не допуская появления на его деталях влаги и пыли.

34.6. Регулярно, не реже 2 раз в месяц, производить осмотр и чистку контактов пуско-регулирующей аппаратуры, блок-контактов электромеханической блокировки и поверхностей групповых охладителей тиристорных преобразователей.

34.7. Наладку высокочастотной установки и все необходимые переключения для настройки режима имеют право производить только квалифицированные электромонтеры, имеющие на это соответствующее разрешение, освоившие конструкцию преобразователя и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

34.8. Обслуживающий персонал высокочастотной установки обязан немедленно отключить ее в случае обнаружения неисправностей, пожара и стихийных бедствий.

34.9. При возникновении пожара пламя следует тушить углекислотными огнетушителями. Категорически запрещается заливать пламя водой.

35. При выполнении разделительной и поверхностной резки в период строительства трубопроводов следует руководствоваться:

"Правилами техники безопасности и производственной санитарии при производстве ацетиленового, кислородного и газопламенной обработке металлов". - М.: Машиностроение, 1967.

36. К работе с аппаратурой по всем видам резки допускаются лица не моложе 18 лет, специально обученные и имеющие соответствующее удостоверение.

37. Во время резки оператор должен защищать глаза специальными очками, маской или щитком со светофильтрами Э-2, а при обработке поверхности реза абразивными кругами шлифовальной машинки необходимо пользоваться защитными очками.

38. Запрещается вести разделительную резку трубопровода или секций труб, когда внутри трубопровода ведутся сварочные работы или находятся люди.

39. Запрещается проводить резку на открытом воздухе во время грозы, дождя или снегопада.

40. Все соединения рукавов с резаком и редуктором, а также соединения шлангов выполнять с помощью обжимных муфт. Применение проволочных скруток запрещается.

41. При перерывах в работе установки для обслуживания и ремонта необходимо выставлять ограждения и вывешивать предупредительные знаки.

42. При работе с аппаратурой для газокислородной резки необходимо соблюдать определенные правила:

42.1. Перед началом работы нужно проверить герметичность соединения всех газовых коммуникаций, аппаратуры и приборов, а также наличие достаточного уровня воды в водяном затворе.

42.2. Перед резкой трубу следует надежно установить на инвентарные опоры (в случае механизированной резки можно использовать земляные призмы) высотой 50 см над уровнем земли.

42.3. Особенно тщательно нужно следить за тем, чтобы аппаратура не соприкасалась с маслом и жирами, так как под действием кислорода возможен взрыв.

42.4. При использовании сжатых газов в баллонах необходимо соблюдать правила перевозки, хранения и получения баллонов.

42.5. Баллоны во время использования должны быть установлены вертикально и закреплены.

Баллоны следует предохранять от нагрева солнечными лучами.

42.6. Баллоны с кислородом, газом (или газогенераторы) следует располагать на расстоянии не менее 5 м от места работы.

42.7. Запрещается хранить в одном помещении баллоны для горючего газа и для кислорода (как наполненные, так и пустые).

42.8. Транспортировать баллоны с газами от стыка к стыку следует на специальных тележках или санях в зависимости от времени года. Запрещается переносить баллоны на плечах, тянуть их по земле или по полу за вентиль или перекачивать.

42.9. При работе с газорезущими машинами типа "Орбита-2", "Спутник-2" необходимо соблюдать следующие правила:

машина должна быть надежно закреплена в направляющем поясе (гибком, цепном); шланги - свободно перемещаться по трубе; во избежание поражения электрическим током должно быть подключено заземление (или зануление);

рабочее место должно быть свободным и удобным для работы.

42.10. Ремонт редуктора, установленного на баллоне, запрещается, в противном случае может произойти несчастный случай.

42.11. В случае разрыва или воспламенения рукавов для горючего в первую очередь необходимо погасить пламя резака, а затем перекрыть подачу горючего.

42.12. В случае воспламенения кислородного рукава необходимо закрыть подачу кислорода из баллона. Перегибать рукав для прекращения подачи кислорода не рекомендуется во избежание ожогов.

42.13. Газорезущая машина должна обслуживаться 2 операторами.

42.14. Во время перерывов в работе аппаратура должна быть отключена от источников питания. Запрещается оставлять без присмотра рабочее место с подключенными газами и при включенном напряжении.

42.15. По окончании работы вентили баллонов с горючим газом и кислородом должны быть закрыты, аппаратура отключена и убрана в помещение.

42.16. По окончании работы следует отключить компрессоры и снять напряжение со всех устройств, входящих в установку.

43. При выполнении воздушно-плазменной резки обслуживающему персоналу следует особое внимание уделять соблюдению правил электробезопасности:

43.1. Электропитание всех устройств установки осуществляется через автоматический выключатель А37125. Запрещается выполнять наладку, профилактическое обслуживание и ремонт деталей и узлов установки при включенном автоматическом выключателе.

43.2. Для обеспечения безопасности работы место подключения кабеля к выпрямителю и плазмотрону необходимо изолировать двойной или усиленной изоляцией, а корпус выпрямителя - от всех частей установки.

43.3. Для своевременного выявления повреждения изоляции источник питания установки (выпрямитель) должен быть включен в сеть через автоматический выключатель Ф-419, а в цепь "выпрямитель-плазмотрон" должно быть включено реле безопасности персонала РБП-2. Указанные устройства автоматически разрывают электрическую цепь при уменьшении сопротивления изоляции ниже установленных значений. Повторное включение выпрямителя в работу возможно только при восстановленной изоляции.

43.4. Для обеспечения безопасности перед началом работы проверяют двойную или усиленную изоляцию кабеля, соединяющего "-" от выпрямителя с плазмотроном, двойную изоляцию места подключения этого кабеля к выпрямителю и к плазмотрону; корпус выпрямителя должен быть изолирован от всех частей установки. Сопротивление изоляции должно быть не менее 2 МОм для основной изоляции и 7 МОм - для усиленной изоляции.

43.5. Запрещается работа на установке с незакрепленными механическими, электрическими узлами и их элементами со сня-

тыми или открытыми крышками, способствующими доступу к токоведущим частям.

43.6. Во время перерывов в работе аппаратура должна быть отключена от источника питания. Запрещается оставлять без присмотра рабочее место при включенном напряжении.

43.7. Вышедшую из строя электроаппаратуру разрешается ремонтировать только электромонтерам и электрослесарям. Оператору без соответствующего удостоверения выполнять эту работу запрещается.

43.8. Замену плазмотрона разрешается производить только при отключении источника питания автоматическим выключателем.

43.9. При перемещении установки от стыка к стыку обслуживающему персоналу необходимо принимать меры против повреждения изоляции токоведущих проводов, а также против соприкосновения проводов с водой, маслом, стальными канатами, шлангами от ацетиленового аппарата, газопламенной аппаратурой и горячими трубопроводами.

43.10. Рабочее место должно находиться на расстоянии не менее 2 м от торца разрезаемой трубы. Оператора следует снабдить противошумными наушниками, снижающими уровень звукового давления до допустимого.

44. При выполнении воздушно-дуговой резки следует в основном соблюдать правила безопасности, действующие при электродуговой сварке.

44.1. Перед началом работы нужно проверить герметичность соединения воздушных коммуникаций.

44.2. В местах выполнения воздушно-дуговой резки запрещается применение и хранение огнеопасных материалов (бензина, спирта, ацетона и др.).

44.3. Корпуса установок для резки и обратные провода должны быть заземлены. Заземление должно быть выполнено до включения источника питания в электросеть, Оно не должно нарушаться до отключения установки от электросети.

Литература.

1. **ГОСТ 3183-1-2007**. Трубы стальные для трубопроводов. Технические условия. Технические требования. – Введ.2002-07-01. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Изд-во стандартов, сор.2002. – 3с.
2. **СНиП 2.05.06-85**. Магистральные трубопроводы – Введ.2002-01-01. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Изд-во стандартов, сор.2002. – 3с.
3. **ВСН 006-89** Мингазпром "Строительство магистральных и промышленных трубопроводов. Сварка". – Введ.2002-01-01. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Изд-во стандартов, сор.2002. – 3с.
4. **ВСН 1-84** / Мингазпром "Тройники и тройниковые соединения из стальных труб Ру 5,5 и 7,5 МПа (55 и 75 кгс/мм²)". – Введ.2002-01-01. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Изд-во стандартов, сор.2002. – 3с.
5. **СНиП III-42-80** "Магистральные трубопроводы" – Введ.2002-01-01. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Изд-во стандартов, сор.2002. – 3с.
6. **ВСН 012-88** / Миннефтегазстрой "Формы исполнительной документации и правила ее оформления", ч.II. – Введ.2002-01-01. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Изд-во стандартов, сор.2002. – 3с.
7. **ГОСТ 16037-80** "Соединения сварные стальных трубопроводов, основные типы, конструктивные элементы и размеры". Технические требования – Введ.2002-07-01. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Изд-во стандартов, сор.2002. – 3с.
8. **ВСН 005-88** / Миннефтегазстрой "Строительство промышленных стальных трубопроводов. Технология и организация". [Текст]. – Введ.2002-01-01. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Изд-во стандартов, сор.2002. – 3с.

**Степанкин Игорь Николаевич
Панкратов Игорь Андреевич
Поздняков Евгений Петрович**

СВАРКА ТРУБОПРОВОДОВ

Пособие

**по одноименному курсу
для слушателей специальности 1-70 05 75
«Трубопроводный транспорт, хранение
и реализация нефтегазопродуктов»
заочной формы обучения**

Подписано в печать 29.08.16.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Ризография. Усл. печ. л. 7,90. Уч.-изд. л. 8,27.

Изд. № 14.

<http://www.gstu.by>

Отпечатано на цифровом дуплекаторе
с макета оригинала авторского.

Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого».
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48