

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа страницы 112, рисунков 11, таблиц 31, 77 формул, 2 графика, приложение 1.

Ключевые слова: запорная арматура, катушка, крановый узел, механизированная сварка в среде углекислого газа, ручная дуговая сварка, технология сборки и сварки.

Объектом исследования является крановый узел магистрального газопровода.

Цель работы – Технология сварки кранового узла магистрального газопровода.

В процессе исследования проводились: сварка катушки к запорной арматуре, сварка разнопроходного тройника к катушке ручной дуговой сваркой и механизированной полуавтоматической сваркой в среде углекислого газа.

В результате исследования был изучен технологический процесс сварки и сборки кранового узла магистрального газопровода.

Область применения: магистральные газо- нефтепроводы.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ,
НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

РДС – ручная дуговая сварка

КПД – коэффициент полезного действия

ПВ – продолжительность включения

КСU, КСV – ударная вязкость, определенная на образце с
концентраторами соответственно вида U и V

ПДГ – полуавтомат дуговой сварки в защитных газах

ВД – выпрямитель дуговой сварки

ПДК – предельно допустимая концентрация

СКЗ – средства коллективной защиты

СИЗ – средства индивидуальной защиты

УФ – ультрафиолетовое излучение

ОГЛАВЛЕНИЕ

Обзор литературы	7
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ	10
1.1 Описание сварной конструкции	10
1.2 Химический состав и механические свойства стали	12
2 Выбор способа сварки, сварочных материалов и оборудования	13
2.1 Основные сведения о свариваемости	13
2.2 Выбор способа сварки	16
2.2.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами	16
2.2.2 Механизированная сварка в среде защитного газа (CO ₂) плавящимся электродом	17
2.3. ВЫБОР СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ	18
2.3.1 Выбор сварочных материалов для ручной дуговой сварки	19
2.3.2 Выбор сварочных материалов для полуавтоматической сварки в среде защитного газа (CO ₂)	22
2.4 Параметры режимов сварки	24
2.4.1 Параметры режимов ручной дуговой сварки	24
2.4.1.1 Расчеты режимов ручной дуговой сварки	29
Таблица 11 Расчеты режимов ручной дуговой сварки	29
2.4.2 Расчёт режимов для механизированной сварки в защитных газах плавящимся электродом	30
2.4.2.1 Расчеты режимов механизированной сварки в среде защитного газа CO ₂ плавящимся электродом	36
Таблица 14 Расчеты режимов механизированной сварки в среде защитного газа CO ₂ плавящимся электродом	36
2.5. РАСЧЁТ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛА ШВА	37
2.5.1 Расчет для шва, полученного ручной дуговой сваркой покрытыми электродами	37
2.5.2 Расчет для шва, полученного механизированной сваркой в среде защитного газа (CO ₂) плавящимся электродом	39
2.6. РАСХОД СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ	40

2.6.1 Расход сварочных материалов при ручной дуговой сварке плавящимся электродом.....	40
2.6.2 Расход сварочных материалов при механизированной сварке в среде защитного газа (CO ₂) плавящимся электродом	40
2.6.3 Расчёт объёма газа при сварке в защитных газах.....	42
2.7. ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ.	43
2.7.1 Выбор источников питания для ручной дуговой сварки покрытыми электродами	43
2.7.2 Выбор источников питания дуги для сварки плавящимся электродом в защитных газах.....	45
2.8 ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ И СВАРКИ ТРУБ	49
2.8.1 Входной контроль труб	49
2.8.2 Процесс подготовки к сборке и сварке.....	50
2.8.3 Технологический процесс сборки и сварки.	51
4.3 Технический контроль качества	53
4.3.1 Визуальный контроль качества	54
4.3.2 Радиографический контроль качества.....	55
4.4 Исправление дефектов	57
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.1.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМ ВРЕМЕНИ.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.1.2 Определение норм времени для ручной дуговой сварки покрытыми электродами	Ошибка! Закладка не определена.
5.1.2.1 Определение норм времени для сварки в защитных газах плавящимися электродами.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СРАВНИВАЕМЫХ СПОСОБОВ СВАРКИ.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.2.1 Первая ситуация.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.2.1.1 Полуавтоматическая сварка.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.2.1.2 Ручная дуговая сварка	Ошибка! Закладка не определена.
5.2.1.3 Вторая ситуация	Ошибка! Закладка не определена.
6 Анализ сварочного производства.....	Ошибка! Закладка не определена.

6.1. Воздушная среда и микроклимат. Вентиляция	Ошибка! Закладка не определена.
6.2. Шумы и вибрации	Ошибка! Закладка не определена.
6.3. Освещение	Ошибка! Закладка не определена.
6.4. Охрана труда и техника безопасности	Ошибка! Закладка не определена.
6.5. Средства индивидуальной защиты ..	Ошибка! Закладка не определена.
6.6 Правила обращения с баллонами для сжатых и сжиженных газов	Ошибка! За
7 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды.....	Ошибка! Закладка не определена.
7.1 Электробезопасность.....	Ошибка! Закладка не определена.
7.2 Расчёт защитного заземления	Ошибка! Закладка не определена.
Рисунок 10 – Схема установки заземлителей	Ошибка! Закладка не определена.
7.3 Противопожарная безопасность.....	Ошибка! Закладка не определена.
7.3.1Марки огнетушителей их назначение	Ошибка! Закладка не определена.
7.3.2. Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности	Ошибка!
7.4 Промышленная санитария	Ошибка! Закладка не определена.
7.5 Ультрафиолетовое излучение.....	Ошибка! Закладка не определена.
7.6 Охрана окружающей среды	Ошибка! Закладка не определена.
7.7 Чрезвычайные ситуации.....	Ошибка! Закладка не определена.
7.8Техногенные чрезвычайные ситуации	Ошибка! Закладка не определена.
7.9 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Ошибка! За
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	Ошибка! Закладка не определ

Введение

В связи с тем, что газопроводы являются связующим звеном между районами добычи и пунктами переработки газа, то от бесперебойной и безаварийной работы, зависит деятельность многих отраслей экономики. В свою очередь эксплуатационная работа магистральных газопроводов зависит от правильного выбора способа, режима, термообработки сварки и правильной организации сварочно-монтажных работ.

Целью выпускной квалификационной работы является технология сборки и сварки кранового узла магистрального газопровода с номинальным диаметром труб 720 мм.

В выпускной квалификационной работе предложены расчеты и выбор двух видов сварки, которые оптимально подходят к выполнению сварочных работ кранового узла магистрального газопровода.

Одним из путей повышения производительности труда является мобильность и быстрота использования оборудования для выполнения сварочных работ.

Обзор литературы

В настоящее время газопроводы занимают ведущее значение в газовой промышленности. Газовая промышленность важна для экономики России так как обладает большой сырьевой базой, которая позволяет нам быть одними из лидеров по добыче газа. По уровню запасов газа на разработанных месторождениях, Россия занимает шестое место в мире.

Основной задачей газопровода является транспортировка жидкого и газообразного вещества. Перемещение газа осуществляется под влиянием разницы давлений в трубе.

Составляющей частью газопровода является труба. Одним из важных требований к трубе, является проверка на прочность. При этом проверяется не только трубопровод в целом, но и каждый элемент в отдельности, в том числе и система крановых узлов.

Крановый узел—является неотъемлемой частью любого трубопровода и предназначены для управления потоками продукта, транспортируемого по трубопроводу. По принципу действия они подразделяются на запорные, регулирующие и предохранительные. От надежной работы кранового узла во многом зависит работа всего трубопровода, а также размер возможных потерь транспортируемого газа при авариях с последующим пагубным воздействием газа на окружающую среду. В большинстве случаев крановые узлы выполнены в наземном исполнении и защищены специальным ограждением.

Описание применяемой стали.

В настоящее время применяются при строительстве и эксплуатации магистральных газо- нефтепроводов стальные трубы марки стали 09Г2С. Сталь 09Г2С получила распространение благодаря своим высоким химическим и механическим свойствам. Физические свойства стали обеспечивают им достаточную прочность. Сталь при этом не подвергается какой-либо дополнительной обработке. Свариваемость стали не ограничена.

К механическим характеристикам стали необходимо добавить также следующие особенности: процесс сварки не приводит к перегреву и закаливанию стали; наблюдается сохранение пластических свойств на высоком уровне; при этом зернистость структуры стали не увеличивается. Механические свойства позволяют использовать сталь 09Г2С для изготовления надежных сварных конструкций.

Особенности

Листовой прокат, изготовленный из стали 09Г2С, обладает высокой пластичностью. Благодаря этому сталь используют для создания конструкций сложных форм. Потребителями стальных изделий, в частности, труб и трубопроводной арматуры, являются нефтяные, газодобывающие и химические отрасли. Сталь 09Г2С широко применяется при производстве труб и другого металлопроката.

Описание способов сварки

При сварочно-монтажных работах широко используется ручная дуговая сварка покрытыми электродами. Имеющая ряд преимуществ и недостатков.

Достоинства:

- Возможность сварки во всех пространственных положениях.
- Возможность сварки в местах, имеющих ограниченный доступ.
- Возможность относительно быстрого перехода между свариваемыми материалами.
- Возможность сварки разной толщины, сталей, что обеспечивается широким спектром выпускаемых электродов.

Недостатки:

- Вредные условия, возникающие в процессе сварки.
- Качество сварных соединений зависит от квалификации сварщика.
- Низкая производительность и качество сварного шва.
- Большая потеря металла на разбрызгивание, огарки.

Применение сварки в среде защитных газов плавящимся электродом позволило механизировать сварочные работы при изготовлении ответственных сварных конструкций и заменить во многих случаях ручную дуговую сварку полуавтоматической сваркой.

Преимущества:

- увеличение количества наплавленного металла за единицу времени;
- снижение потерь электродного металла на разбрызгивание;
- снижение количества прилипания брызг в районе сварного шва и, следовательно, уменьшение трудоёмкости их удаления;
- повышение стабильности процесса сварки;
- улучшение качества сварного шва: снижение пористости и неметаллических включений;
- уменьшение зоны термического влияния, вследствие этого - уменьшение коробления конструкции;
- сокращение потребления электроэнергии.

Недостатки:

- при сварке на открытом воздухе при наличии ветра защитный газ оттесняется от свариваемых швов, что снижает его защитное действие;
- в результате ветра в сварных швах могут появиться поры, которые снижают механические свойства наплавленного металла;

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Описание сварной конструкции

Неотъемлемой частью любого газопровода является крановый узел, предназначенный для управления потоками транспортируемого продукта.

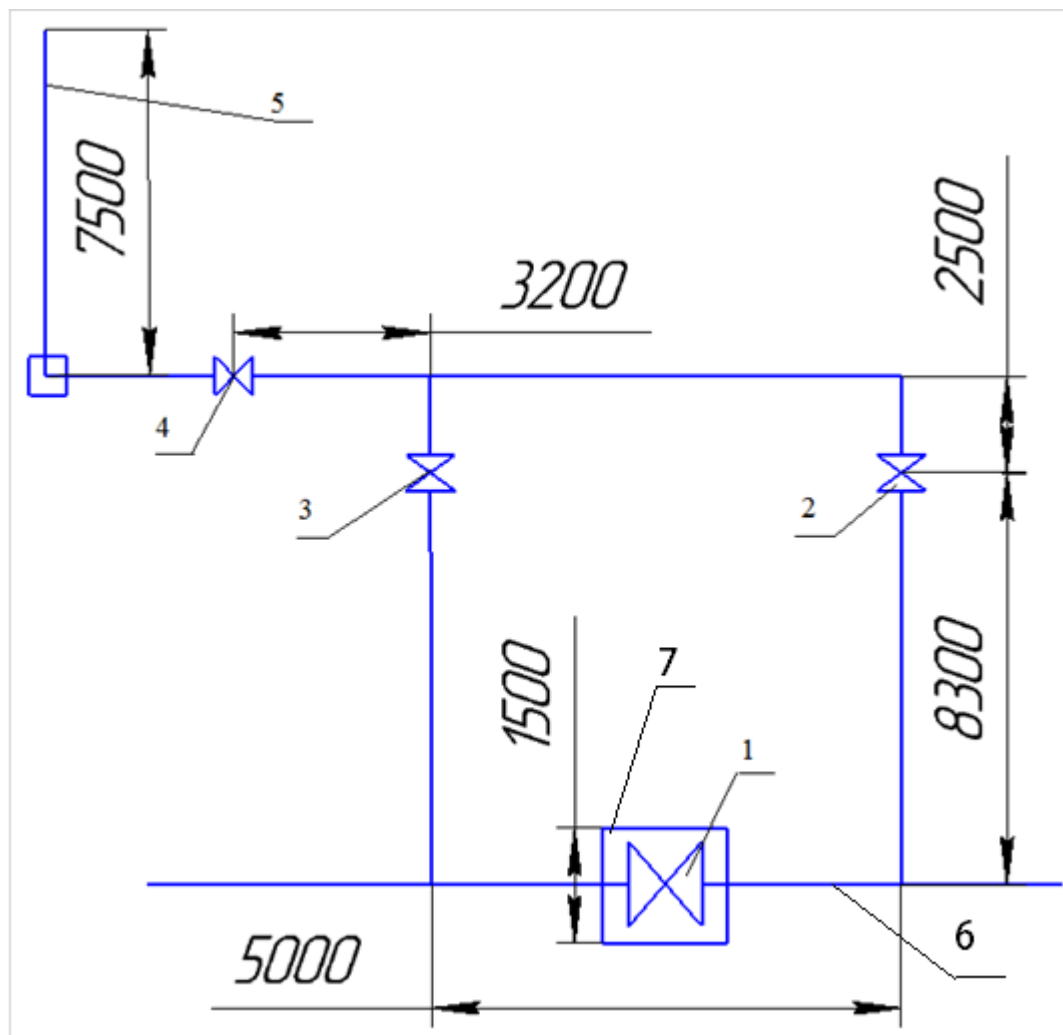


Рисунок 1 – Схема кранового узла магистрального газопровода

1–кран, 2,3–байпасный кран; 4–свечной кран; 5–свеча; 6–труба газопровода; 7–опора.

Параметры труб, из которых собирается крановый узел приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры труб кранового узла:

Длина, м	Диаметр, мм	Материал	Толщина стенки, мм
10,6...11,6	720	09Г2С	12
10,6...11,6	325	09Г2С	8

Параметры запорной арматуры применяемой при сборе кранового узла в таблице 2

Таблица 2 – параметры запорной арматуры ТУ 1469-002-82932963-2012

Условный проход $D_y D_{y1}, \text{мм}$	Давление, МПа	Размер присоединяемых труб, мм
700	1,6	720x12
300	1,6	325x8

При строительстве газопровода по разработанному проекту через определенное расстояние проектируются крановые узлы. В процессе сборки и сварки кранового узла согласно рабочей документации для вывода байпасной линии необходимо производить сварку разнопроходного тройника.

Условное обозначение:

Тройник ТШС 720×12-325×-К48-4,0-036 УХЛ сталь 09Г2С - тройник Ду 700×300 штампосварной, Дн 720×325 мм, толщина стенки по магистрали $S_1=12$ мм, толщина стенки по горловине $S_2=8$ мм, класс прочности К48 из стали 09Г2С, климатическое исполнение УХЛ, ТУ 1469-002-82932963-2012.

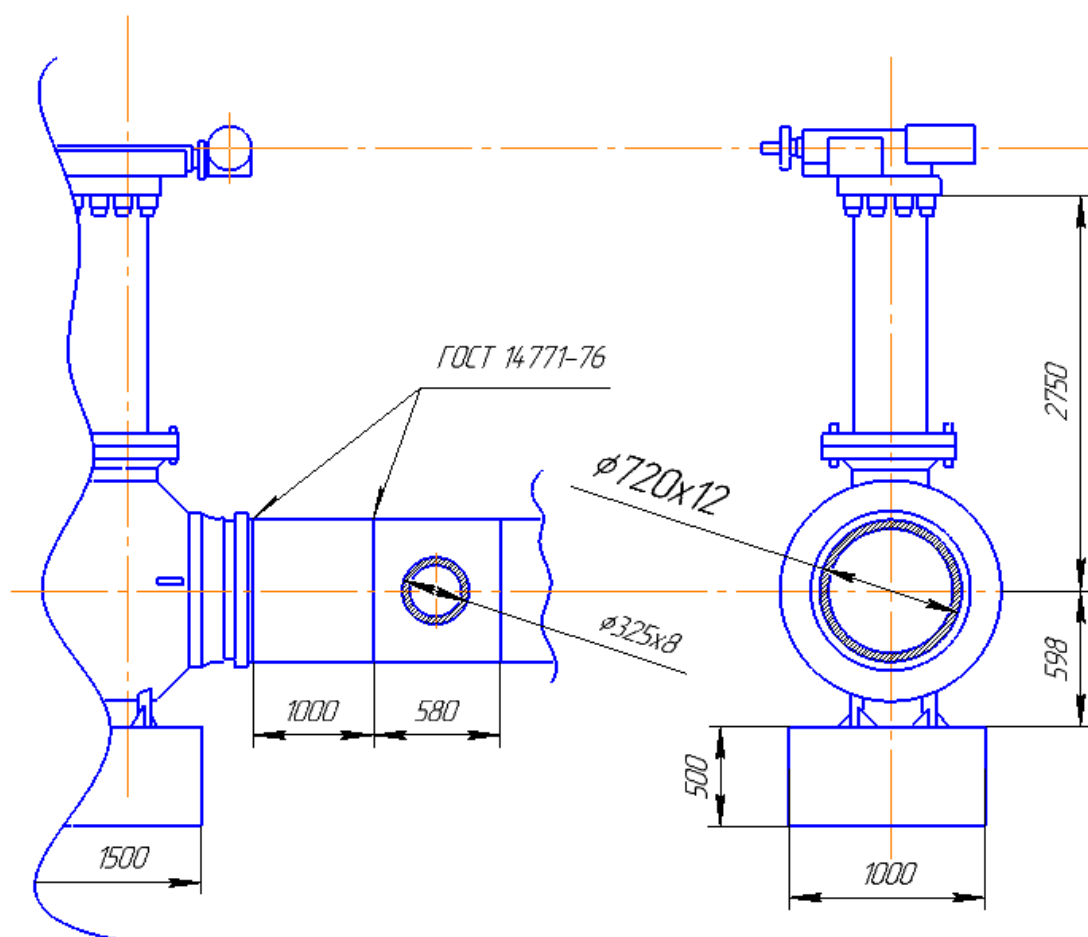


Рисунок 2 – Схема сборки кранового узла магистрального газопровода

1.2 Химический состав и механические свойства стали

09Г2С - сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций, марка стали широко применяется при производстве труб и другого металлопроката.

Таблица 3 – Химический состав стали 09Г2С%, ГОСТ19281-73

Химический элемент	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As	Fe
%	до 0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	до 0,3	0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,08	~96 – 97

Механические свойства стали 09Г2С представленные в таблице 4

Таблица 4-Механические свойства стали 09Г2С, ГОСТ19281-73

σв, МПа	σт, МПа	δ5, %	ψ, %	KCU, Дж/м ²
490	343	20	-	-

2 Выбор способа сварки, сварочных материалов и оборудования

2.1 Основные сведения о свариваемости

Свариваемостью называют: свойство материалов или сочетание свойств металлов образовывать при установленной технологии сварки соединения, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия.

Сталь 09Г2С обладает хорошей свариваемостью, так как содержит малое количество углерода.

Устойчивость свойств в широком температурном диапазоне позволяет применять детали из этой марки в диапазоне температур от -70 до +450 °С. Также легкая свариваемость позволяет изготавливать из листового проката этой марки сложные конструкции для химической, нефтяной, строительной, судостроительной и других отраслей. Применяя закалку и отпуск изготавливают качественную трубопроводную арматуру. Высокая механическая устойчивость к низким температурам также позволяет с успехом применять трубы из стали 09Г2С в северных широтах.

Также марка широко используется для сварных конструкций. Сварка может производиться как без подогрева, так и с предварительным подогревом до 100-120 °С. Так как углерода в стали мало, то сварка ее довольно проста, причем сталь не закаливается и не перегревается в процессе сварки, благодаря чему не происходит снижение пластических свойств или увеличение ее зернистости. К плюсам применения этой стали можно отнести также, что она не склонна к отпускной хрупкости и ее вязкость не снижается после отпуска. Вышеприведенными свойствами объясняется удобство использования стали 09Г2С от других сталей с большим содержанием углерода или присадок, которые хуже варятся и меняют свойства после

термообработки. Для сварки 09Г2С можно применять любые электроды, предназначенные для низколегированных и малоуглеродистых сталей, например сварочные электроды типа Э42А и Э50А.

Металл околошовной зоны при сварке незначительно упрочняется в зоне перегрева. Необходимо учитывать, что при сварке низкоуглеродистых сталей наблюдается снижение ударной вязкости на участке рекристаллизации околошовной зоны.

Механические свойства металла шва и сварного соединения зависят от его структуры, которая определяется химическим составом, режимами сварки и скоростью охлаждения сварного шва.

Химический состав металла шва зависит от доли участия основного и электродного металлов в образовании металла шва и взаимодействия расплавленного металла со шлаком и газовой фазой.

Максимальный эквивалент углерода трубных сталей не должен превышать 0,46%.

Эквивалент углерода рассчитывается по формуле [9,С.9]:

$$C_{\text{ЭКВ}} = \frac{C + Mn/6 + (Cr + Mo + V + Ti + Nb)/5 + (Cu + Ni)/15}{100} \quad (1)$$

где: С, Мп, Cr, Мо, V, Ti, Nb, Cu, Ni – массовые доли (%) элементов в стали.

Подставим значения из таблицы 1 в формулу 1

$$C_{\text{ЭКВ}} = 0,10 + 1,3/6 + 0,2/5 + 0,5/4 + 0,3/15 + 0,3/13 + 0,035/2 = 0,41\%.$$

При сварке низкоуглеродистых сталей, металл шва незначительно отличается от основного металла по составу. Это отличие в основном сводится к снижению содержания в металле шва углерода, так как металл электродной проволоки содержит его, как правило, в меньшем количестве, чем основной металл, и повышению содержания марганца и кремния. Меньшее содержание углерода в электродной проволоке необходимо для предупреждения образования структур закалочного характера при повышенных скоростях охлаждения.

Снижение прочности металла шва, вызванное уменьшением содержания в нем углерода, при дуговых способах сварки полностью компенсируется за счет увеличения скорости его остывания и легирования металла через проволоку, покрытие или флюс марганцем и кремнием. Обеспечение равнопрочности металла шва при дуговой сварке малоуглеродистой стали не вызывает затруднений.

Увеличение скорости охлаждения приводит к возрастанию прочностных и к снижению пластических свойств металла шва. Ударная вязкость металла шва уменьшается с ростом скорости охлаждения. Однако критическая температура перехода металла однослойного шва в хрупкое состояние практически не зависит от скорости охлаждения.

Скорость охлаждения металла шва определяется толщиной свариваемого металла, режимом сварки и начальной температурой изделия. Изменение механических свойств металла шва связано не только со скоростью охлаждения, но и с пластической деформацией, возникающей в металле под воздействием сварочных напряжений и вызывающей заметное повышение предела текучести. Влияние скорости охлаждения в наибольшей степени проявляется при дуговой сварке однослойных угловых швов и последнего слоя многослойных стыковых.

Швы сваренные на низкоуглеродистых сталях всеми способами сварки плавлением, обладают хорошей стойкостью против образования кристаллизационных трещин, что обуславливается низким содержанием углерода в шве. Появление кристаллизационных трещин связано в основном с неблагоприятной формой провара (узкая и глубокая). Для предупреждения образования в сварных швах пор, непроваров и других дефектов, свариваемые кромки перед сваркой необходимо тщательно защищать от шлака, оставшегося после термической резки, ржавчины, масла и загрязнений.

Из выше приведённого следует, что при сварке низкоуглеродистых сталей можно использовать широкий диапазон скоростей охлаждения металла и соответственно широкий диапазон режимов сварки.

2.2 Выбор способа сварки

При выборе способа сварки следует руководствоваться следующими факторами:

- свойство свариваемого металла;
- толщина детали;
- габариты конструкций;
- экономическая эффективность.

При изготовлении кранового узла рассматриваются два способа сварки приемлемых для конструкции, поэтому необходимо рассмотреть эти способы с технологической и экономической точки зрения и выбрать наиболее оптимальный способ сварки.

2.2.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами

При сварке покрытыми электродами происходит плавление стержня и покрытия. Расплавляющееся покрытие образует шлак и газы. Шлак обволакивает капли металла, образующиеся при плавлении электродной проволоки. В ванне шлак перемешивается и всплывает на её поверхность. Образуется шлаковый покров, предохраняющий металл от взаимодействия с кислородом и азотом воздуха. Кроме того, при всплывании на поверхность шлака, взаимодействуя с расплавленным металлом, очищает его. Образующиеся при расплавлении покрытия газы оттесняют воздух из реакционной зоны и таким образом способствуют созданию лучших условий для защиты.

Основные преимущества данного способа:

- возможность сварки во всех пространственных положениях и в условиях монтажа;

- относительная простота и надежность оборудования сварки;
- возможность сварки различного спектра металлов (углеродистые стали, цветные металлы, медь и т. д.);
- возможность использования более дешевого оборудования.

Основные недостатки:

- низкая производительность;
- наличие на сварной ванне шлака;
- самый тяжелый способ сварки по технике выполнения;
- многофакторность качества сварного соединения (человеческий фактор, оборудование и т. д.);
- тяжелые условия труда сварщика.

2.2.2 Механизированная сварка в среде защитного газа (CO_2) плавящимся электродом

При механизированной сварке плавящимся электродом в среде защитного газа шов образуется за счет проплавления основного металла и расплавления электродной проволоки. Размеры и форма шва зависят при этом не только от мощности дуги, но также и от процесса плавления проволоки, от переноса металла через дуговой промежуток и от взаимодействия газового потока и частиц метал и пересекающих дуговой промежуток, с ванной расплавленного металла.

Поток газов, паров и капель металла в столбе дуги оказывает давление на поверхность сварочной ванны, в результате чего столб дуги погружается в основной металл, увеличивая глубину проплавления.

Поток газов и металла, направляемый от электрода в сторону сварочной ванны, создается благодаря сжимающему действию электромагнитных сил.

Интенсивность механического воздействия дуги на сварочную ванну характеризуется ее давлением, которое будет тем больше, чем

концентрированный поток газа и металла. Концентрация потока металла увеличивается с уменьшением диаметра капли.

Размер капли электродного металла определяется составом металла и защитного газа, а также направлением и величиной тока. При сварке стали и некоторых сплавов током, превышающим некоторый критический, капельный перенос металла сменяется струйным. В этом случае сжимающее действие тока становится настолько большим, что расплавленный металл на конце электрода стекает в дуговой промежуток в виде конической струи.

Достоинства наплавки в среде углекислого газа являются:

- плотный, ровный и красивый сварной шов, нет шлаковой корки и не требуется последующая механическая обработка, металл шва менее чувствителен к коррозии;

- высокая производительность труда (в 1,5-2,5 раза выше, чем при ручной электродуговой сварке);

- хорошие условия для визуального наблюдения сварщиком за процессом сварки;

- небольшое коробление детали из-за хорошего охлаждения ее газом.

Недостатком сварки в среде углекислого газа является:

- сильное разбрызгивание металла и посредственное формирование шва.

- при сварке в открытых помещениях, а также при наличии сквозняков или ветра углекислый газ оттесняется от свариваемых швов, что снижает его защитное действие.

- в результате в сварных швах могут появиться норы, которые снижают механические свойства наплавленного металла.

- в замкнутых сосудах сварку швов в среде углекислого газа применять не рекомендуется, так как в процессе сварки образуется значительная концентрация углекислого газа, при которой сварщик может угореть.

2.3. ВЫБОР СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

2.3.1 Выбор сварочных материалов для ручной дуговой сварки

В ГОСТ 9467–75 «Электроды, покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных низколегированных сталей».

Для сварки конструкционных низколегированных и легированных сталей рекомендованы следующие типы электродов Э50А, Э60.

Электроды этих типов регламентированы только по характеристикам механических свойств и содержанию серы и фосфора в наплавленном металле.

Выбор электродов для дуговой сварки конструкционных низколегированных сталей производится в зависимости от прочности и пластичности свариваемой стали, а также условий эксплуатации сварной конструкции. Согласно механическим характеристикам стали 09Г2С рекомендуется использовать электроды УОНИ-13/55, МТГ-01К. Эти электроды обеспечивают высокую пластичность и ударную вязкость металла шва и стойкость против образования трещин.

Рассмотрим сравнительную характеристику данных электродов.

Основное назначение сварочных электродов УОНИ 13/55

Предназначена для сварки особо ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей, когда к металлу швов предъявляются повышенные требования по пластичности и ударной вязкости. Допускается сварка электродами УОНИ 13/55 во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности. По заключению независимых экспертов электроды УОНИ 13/55 самые высококачественные из всех отечественных и зарубежных производителей сварочных электродов.

Основное назначение - электроды МТГ-01К.

Предназначены для сварки поворотных и неповоротных стыков трубопроводов и других ответственных конструкций из низкоуглеродистых, углеродистых и низколегированных сталей прочностных классов до К60 включительно с нормативным временным сопротивлением разрыву до 589 Н/мм включительно.

Электроды МТГ-01К диаметром 3,0 мм предназначены также для сварки заполняющих и облицовочного слоёв шва тонкостенных конструкций, включая стыки трубопроводов из сталей прочностных классов до К54 включительно (с нормативным пределом прочности до 539 Н/мм).

Таблица 5 - Характеристика электродов, ГОСТ 9467 - 75

Марка электродов	УОНИ 13/55	МТГ-01К
Покрытие марки сварочных электродов	основное	основное
коэффициент наплавки	9,5 г/А·ч	9,5 г/А·ч
Производительность наплавки электродов (для диаметра 4,0 мм)	1,4 кг/ч	1,4 кг/ч
Расход электродов на 1 кг наплавленного металла	1,7 кг	1,7 кг
Особые свойства электродов сварочных	Электроды обеспечивают получение металла шва с высокой стойкостью к образованию кристаллизационных трещин и низким содержанием водорода	Наплавленный металл устойчив к разрыву и имеет хорошие показатели ударной вязкости также при низких температурах. Сварочные свойства: электроды предназначены для сварки во всех положениях, кроме вертикального сверху вниз. Дуга стабильна, разбрызгивание малое, удаление шлака легкое.
Технологические особенности сварки	Сварку производят только на короткой	Повторная прокатка в течение 1 часа при

электродами	длине дуги по очищенным кромкам. Прокалка перед сваркой: 250-300°C; 1 ч.	температуре 350±20°C. Сварку производить на короткой дуге.
-------------	---	--

Таблица 6-Типичные механические свойства металла шва

Марка электрода	Временное сопротивление, σ_B	Предел прочности, σ_T	Относительное удлинение $\delta, \%$	Ударная вязкость, Дж/см ²
УОНИ 13/55	540	410	29	260
МТГ-01К	510	390	26	120

Таблица 6 - Типичный химический состав наплавленного металла электродов, %

Марка эл – да	C	Mn	Si	S	P
УОНИ13/55	0,09	0,83	0,42	0,022	0,024
МТГ-01К	0,04	1,20	0,25	0,035	0,035

С учетом технологических характеристик представленных выше электродов выбираем электроды марки МТГ-01К. Эти электроды лучше других подходят по механическим характеристикам. К тому же существенным достоинством электродов марки МТГ-01К что они подходят по химическому составу и механическим свойствам.

2.3.2 Выбор сварочных материалов для полуавтоматической сварки в среде защитного газа (CO₂)

Сварочная проволока СВ-08ГА предназначена для сварки углеродистых сталей типа 10 ХСНД в защитных газах и под флюсом, а также для изготовления сварочных электродов ГОСТ 2246-70. Используется для сварки производства сварных труб и сварки в энергетическом машиностроении, при производстве газонефтепроводных труб большого диаметра из низколегированных сталей, рассчитанных на высокое рабочее давление в условиях севера.

При сварке в углекислом газе в составе проволоки обязательно, кроме легирующих элементов, должны присутствовать элементы-раскислители:

кремний и марганец. Поэтому при сварке низколегированных сталей применяют сварочную проволоку Св-08ГА.

Основной особенностью сварки в защитных газах плавящимся электродом является использование электродных проволок с содержанием элементов раскислителей, компенсирующих их выгорание в зоне сварки.

Так как толщина свариваемой детали 12мм, то рекомендовано использовать проволоку диаметром 3мм. Для сварки нашего соединения выбираем сварочную проволоку марки Св-08ГА.

Качественная намотка проволоки на катушки, стабильный калибр ее по всей длине в сочетании с низким содержанием серы и фосфора обеспечивают стабильное горение с минимальным разбрызгиванием, хорошую растекаемость металла и высокое качество сварного шва.

Таблица 7 - Характеристика сварочной проволоки

Диаметр проволоки, мм	Допуск для труб, мм
2,0	-0,06
3,0	-0,06
4,0	-0,09

Таблица 8 -Химический состав проволоки Св-08ГА, %, ГОСТ 2246 - 70

Марка стали	C	Si	Mn	S	P
Св-08ГА	<0,10	<0,03	0,35-0,60	<0,20	<0,020

Таблица 9 -Механические свойства сварочной проволоки Св-08ГА

Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, % не менее	Предел текучести, МПа, не менее	Минимальное среднее значение твердости, Н _v
630	23	580	195

2.4 Параметры режимов сварки

2.4.1 Параметры режимов ручной дуговой сварки

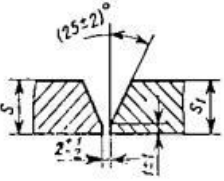
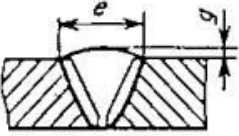
Режим сварки выбирают в зависимости от толщины металла, типа сварного соединения и пространственного положения сварки.

Основными параметрами режима ручной дуговой сварки покрытыми электродами являются диаметр электрода при выбранном его типе или марке, сила сварочного тока, напряжения дуги, площадь поперечного сечения шва, выполненные за один проход, число проходов, род и полярность тока. Остальные параметры подбираются сварщиком в процессе сварки и не регламентируются.

Так как при толщине труб 12мм диаметр электрода равен, для первого прохода 3мм для последующих 4мм.

При ручной дуговой сварке в соответствии с ГОСТ 5264- 80 установлены следующие геометрические размеры подготовки кромок под сварку и размеры сварного шва, которые приведены в таблице 4.1.

Таблица 10- Геометрические размеры подготовки кромок под сварку и размеры сварного шва

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		S= S1	b		e	g	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва		номин.	пред.откл.	номин.	номин.	пред.откл.
C17			12	2	1-2	19±2	0,5	+2, 0- 0,5

Для определения числа проходов найдем общую площадь поперечного сечения наплавленного металла. Площадь наплавки находят как сумму площадей элементарных геометрических фигур по формуле [9, С.18]:

$$F_{\text{н}} = h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha + b \cdot S + 0,75g \cdot e$$

(2)

Где S , b , e , g , h , α –размеры конструктивных элементов сварного соединения (рисунок 3):

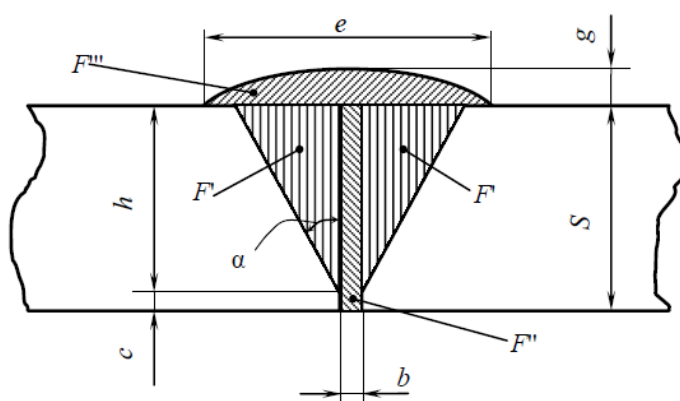


Рисунок 3 – Геометрические элементы площади сечения стыкового шва.

Подставляем значения в формулу (2):

$$F_{\text{н}} = 11^2 \cdot 0,46 + 2 \cdot 12 + 0,75 \cdot 0,5 \cdot 19 = 86 \text{ мм}^2$$

Общую площадь поперечного сечения наплавленного и расплавленного металла найдем по формуле [9;С.19]

$$F = 0,75 \cdot e \cdot (S + g)$$

(3)

F – площадь поперечного сечения

S – толщина металла (мм)

e – ширина валика сварочного шва (мм)

g – высота усиления валика (мм)

Подставляем значения в формулу 3

$$F = 0,75 \cdot 19 \cdot (12 + 0,5) = 177 \text{ мм}^2$$

Находим площадь поперечного сечения проплавленного металла по формуле [9,С.18]:

$$F_{\text{пр}} = F - F_{\text{н}}$$

(4)

Подставляем в формулу (4)

$$F_{\text{пр}} = 177 - 86 = 91 \text{ мм}^2$$

Первый проход выполняем электродами $d=3$ мм; все последующие проходы выполняем электродами $d=4$ мм.

При сварке швов стыкового соединения площадь поперечного сечения металла наплавляемого за один проход, при которой обеспечиваются оптимальные условия формирования, должна составлять не более 30 мм^2 , для первого прохода при сварке корня шва и не более 40 мм^2 для последующих проходов [9,С.18]:

Воспользуемся формулой для определения первого прохода:

$$F_1 = (6 \dots 8) \cdot d_3$$

(5)

Подставляем значения в формулу (5):

$$F_1 = 6 \cdot 3 = 18 \text{ мм}^2$$

Для определения последующих проходов [9,С.18]:

$$F_n = (8 \dots 12) \cdot d_3$$

(6)

Подставляем значения в формулу (6):

$$F_n = 8 \cdot 4 = 32 \text{ мм}^2$$

Число проходов рассчитывается по формуле [9,С.19]:

$$n = \frac{F_H - F_1}{F_n} + 1$$

(7)

Подставляем значения в формулу(7)

$$n = \frac{86 - 18}{32} + 1 = 3,1$$

Назначаем три прохода.

Определим силу сварочного тока.

При ручной дуговой сварки сила тока выбирается в зависимости от диаметра электрода и допускаемой плотности тока:

Силу сварочного тока определяем по формуле [9,С.15]:

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{эл}}^2}{4} \cdot j$$

(8)

где $d_{\text{эл}}$ – диаметр электродного стержня, мм;

j – плотность тока, А/мм²

Тогда, сила тока для электродов диаметром 3 мм равна:

Подставляем значения в формулу (8):

$$I_{\text{св}} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} \cdot (13 \dots 18,5) = 92 \dots 130 \text{ А}$$

Принимаем $I_{\text{св}}=110\text{А}$

Для электродов диаметром 4 мм:

Подставляем значения в формулу (8):

$$I_{\text{св}} = \frac{3,14 \cdot 4^2}{4} \cdot (10 \dots 14,5) = 126 \dots 182 \text{ А}$$

Принимаем $I_{\text{св}}=160\text{А}$

Напряжение дуги определяем по формуле [9,С.17]:

$$U_{\text{д}}=20+0,04 \cdot I_{\text{св}}$$

(9)

Для электродов диаметром 3мм:

Подставляем значения в формулу (9):

$$U_{\text{д}}=20+0,04 \cdot 110=24,4 \text{ В}$$

Принимаем $U_{\text{д}}=25 \text{ В}$

Для электродов диаметром 4мм:

Подставляем значения в формулу (9):

$$U_{\text{д}}=20+0,04 \cdot 160=26,4 \text{ В}$$

Принимаем $U_{\text{д}}=27 \text{ В}$

Скорость сварки.

Скорость дуговой сварки покрытыми электродами обычно задается и контролируется косвенно по необходимым размерам получаемого шва и может быть определена по формуле[9,С.19]:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_n \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n} \quad (10)$$

где α_n – коэффициент наплавки, г/А·ч; $\alpha_n=9,5$ г/А·ч;
 γ – плотность наплавляемого металла $\gamma = 7,8$ г/см³;
 Подставляем значения в формулу (10):
 для электродов диаметра 3 мм:

$$V_{\text{св}} = \frac{9,5 \cdot 110}{3600 \cdot 7,8 \cdot 18 \cdot 10^{-2}} = 7,2 \text{ м/ч}$$

для электродов диаметра 4 мм:

$$V_{\text{св}} = \frac{9,5 \cdot 160}{3600 \cdot 7,8 \cdot 32 \cdot 10^{-2}} = 5,76 \text{ м/ч}$$

Для вычисления величины сварочных деформаций и некоторых других расчётов бывает необходимо учесть тепловое воздействие на свариваемый металл, определяемой погонной энергией:

Погонная энергия определяется по формуле [9,С.20]:

$$q_n = \frac{q_{\text{эф}}}{V_{\text{св}}} = \frac{I_{\text{св}} \cdot U_d \cdot \eta_u}{V_{\text{св}}}, \quad (11)$$

η_u - эффективный К.П.Д. дуги; для дуговых способов сварки он равен [9. с.20]: $\eta_u = 0,6 \div 0,9$; покрытыми электродами на постоянном токе 0,75...0,85;

$V_{\text{св}}$ - скорость перемещения сварочной дуги, см/с

Следовательно погонная энергия, по формуле (11):

для электродов диаметром 3 мм равна:

$$q_n = \frac{q_{\text{эф}}}{V_{\text{св}}} = \frac{110 \cdot 25 \cdot 0,8}{0,20} = 11000 \text{ Дж/см}$$

Рассчитаем погонную энергию для электродов диаметром 4 мм:

$$q_n = \frac{q_{\text{эф}}}{V_{\text{св}}} = \frac{160 \cdot 27 \cdot 0,8}{0,15} = 23040 \text{ Дж/см}$$

2.4.1.1 Расчеты режимов ручной дуговой сварки

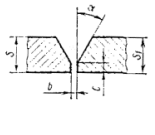
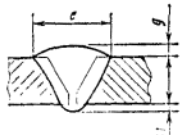
Таблица 11 Расчеты режимов ручной дуговой сварки

Тип соединения	Толщина металла	Диаметр электрода	Режимы сварки		
			I, А	U, В	V _{св} , м/ч
ГОСТ 5264– 80 С 17	12	3	110	25	7,2
		4	160	27	5,76

2.4.2 Расчёт режимов для механизированной сварки в защитных газах плавящимся электродом.

При сварке в смеси (CO₂) плавящимся электродом в соответствии с ГОСТ 14771-76 установлены следующие размеры подготовки кромок под сварку и размеры сварного шва (таблица 13).

Таблица 12 - Геометрические размеры подготовки кромок под сварку и сварного шва при сварке плавящимся электродом в среде защитных газов, ГОСТ 14771-76

Условное обозначение. Сварного соединения	Конструктивные элементы		S = S1	c		b		e		g		a
	Подготовленные кромки свариваемых деталей	шва сварного соединения		Номин.	пред. откл.	Номин.	пред.откл.	Номин.	Пред.	Номин.	пред. откл.	
C17			12	2,0	+1,0-2,0	2,0	+1,0-2,0	13	±3.0	1.0	±1.0	20

Рассчитаем основные параметры сварки.

Выбираем диаметр электродной проволоки согласно таблице.

Таблица 13 - Зависимость диаметра электродной проволоки от толщины свариваемого металла:

Толщина листов, мм	1... 2	3...6	6...24 и более
Диаметр электродной проволоки d _э , мм	0,8...1,0	1,2...1,6	2,0

Зная геометрию сварного шва определим площадь наплавленного металла по формуле[9,С.26]:

$$F_{\text{н}} = h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha + b \cdot S + 0,75g \cdot g_1 \cdot e \quad (12)$$

F – площадь поперечного сечения

S – толщина металла (мм)

e – ширина валика сварочного шва (мм)

b – зазор (мм)

g_1 – усиление обратного валика (корня) шва (мм)

g – высота усиления валика (мм)

Подставляем значения в формулу (12):

$$F_H = 11^2 \cdot 0,36 + 2 \cdot 12 + 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 13 = 78 \text{ мм}^2$$

Общую площадь поперечного сечения наплавленного и расплавленного металлов найдем по формуле [9, С.26]:

$$F = 0,75 \cdot e \cdot (S + g + g_1) \quad (13)$$

Подставляем значения в формулу (13):

$$F = 0,75 \cdot 13 \cdot (12 + 1 + 1) = 137 \text{ мм}^2$$

Находим площадь поперечного сечения проплавленного металла по формуле (4):

$$F_{\text{пр}} = F - F_H = 137 - 78 = 59 \text{ мм}^2$$

При сварке проволокой диаметром 1,6...2,0 мм площадь первого прохода – 20...40 мм², площадь второго прохода – 40...60 мм², площадь последующих проходов составляет 40...100 мм².

Число проходов рассчитывается по формуле (7):

$$n = \frac{F_H - F_1}{F_n} + 1 = \frac{78 - 20}{40} + 1 = 2,45 \quad (14)$$

Назначаем три прохода.

Определим силу сварочного тока по формуле (8):

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot j_3$$

где d – диаметр электродной проволоки;

j_3 – допустимая плотность тока, А/мм².

Согласно [2, табл.7], для диаметра проволоки равного $d_3=2\text{мм}$, этот коэффициент равен: $j_3=90$

Таким образом

$$I_{\text{св}} = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} \cdot 90 = 282 \text{ А}$$

Принимаем ток сварки равным:

$$I_{\text{св}}=280 \text{ А},$$

рекомендуемый ток равен 240-280 А.

Для принятого диаметра электрода и силы сварочного тока определим оптимальное напряжение дуги по формуле [9,С.26]:

$$U_{\text{д}} = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_3}} \cdot I_{\text{св}} \pm 1 \quad (15)$$

Таким образом:

$$U_{\text{д}} = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{2}} \cdot 280 \pm 1 = 26-28 \text{ В}$$

при этом рекомендуемое напряжение равно 26...28В. Принимаем $U_{\text{д}}=27\text{В}$.

Зная сварочный ток, диаметр электрода и напряжение дуги, определяем коэффициент провара по формуле [9,С.26]:

$$\psi_{\text{пр}} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{\text{св}}) \cdot \frac{d_3 \cdot U_{\text{д}}}{I_{\text{св}}} \quad (16)$$

где K' – коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности.

K' при плотности тока $j < 120 \text{ А/мм}^2$ при сварке на постоянном токе обратной полярности определяется соотношением

$$K' = 0,367 \cdot j_3^{0,1925} = 0,376 \cdot 90^{0,1925} = 0,89 \quad (17)$$

В таком случае подставляем значения в формулу (16):

$$\psi_{\text{пр}} = 0,89 \cdot (19 - 0,01 \cdot 280) \cdot 2 \cdot 27 / 280 = 2,7$$

Определим скорость сварки по формуле [9,С.28]:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{н}}},$$

(18)

где γ – плотность наплавляемого металла.

$$\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3;$$

$\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент наплавки. Его можно определить по формуле [9,С.31]:

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{р}} \cdot (1 - \psi)$$

(19)

где $\psi_{\text{п}}$ – коэффициент потерь, определяемый по формуле [9,С.31]:

$$\psi_{\text{п}} = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j_{\text{э}} - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j_{\text{э}}^2$$

(20)

где $j_{\text{э}}$ – плотность тока; $j_{\text{э}} = 90 \text{ А/мм}^2$.

Таким образом,

$$\psi_{\text{п}} = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 90 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 90^2 = 7,49\%.$$

$\alpha_{\text{р}}$ – коэффициент расплавления проволоки, определяется по формуле [9,С.31]:

$$\alpha_{\text{р}} = 9,05 + (3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{\text{св}}}) \cdot L / d_{\text{э}}^2$$

(21)

где L – вылет электродной проволоки $L = 10 \text{ мм}$, так как при сварке низколегированных сталей не рекомендуют большой вылет электрода:

$d_{\text{э}}$ – диаметр электродной проволоки;

$I_{\text{св}}$ – ток сварки.

Тогда коэффициент расплавления проволоки равен (21)

$$\alpha_{\text{р}} = 9,05 + (3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{280}) \cdot 10 / 4 \approx 9,17 \text{ г / А} \cdot \text{ч}.$$

Коэффициент наплавки (19)

$$\alpha_{\text{н}} = 9,17 \cdot (1 - 0,075) = 8,48 \text{ г / А} \cdot \text{ч}.$$

Подставляем значения в формулу (18)

$$V_{\text{св1}} = (8,48 \cdot 280) / (3600 \cdot 7,8 \cdot 0,20) = 0,42 \text{ см/с},$$

$$V_{\text{св1}} \approx 15,12 \text{ м/ч}.$$

$$V_{св2}=(8,48 \cdot 280)/(3600 \cdot 7,8 \cdot 0,40) = 0,21 \text{ см/с},$$

$$V_{св2} \approx 7,56 \text{ м/ч}.$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле [9,С.31]:

Определяем площадь электродной проволоки:

$$F_{эл} = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} = 3,14 \text{ мм}^2 = 0,0314 \text{ см}^2$$

(22)

Определяем скорость подачи электродной проволоки:

$$V_{пэл} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_{эл} \cdot \gamma} = \frac{9,17 \cdot 280}{3600 \cdot 0,0314 \cdot 7,8} = 2,91 \text{ см/с} = 1,746 \text{ м/мин}$$

(23)

где $F_{эл}$ - площадь поперечного сечения электрода, см^2 ,

γ – плотность электродного металла , проволоки, г/см^3 ,

Рассчитаем погонную энергию по формуле (11):

$$q_{п} = I_{св} \cdot U_{д} \cdot \eta_{и} / V_{св}$$

В,

где $I_{св}$ - сварочный ток;

$U_{д}$ - напряжение;

$V_{св}$ - скорость сварки;

$\eta_{и} = 0,8-0,84$ – эффективный КПД.

$$q_{п} = (280 \cdot 27 \cdot 0,8) / 0,10 = 60480 \text{ Дж/см}.$$

Найдем глубину провара по формуле [9,С.35]:

$$H = 0,0081 \cdot \sqrt{\frac{q_{п}}{\psi_{пр}}}$$

(24)

$$H = 0,0081 \cdot \sqrt{\frac{60480}{2,7}} = 1,21$$

Зная глубину провара и коэффициент формы провара, определяют ширину шва формуле [9,С.27]:

$$e = \psi_{\text{пр}} \cdot H = 2,7 \cdot 1,21 = 3,2 \text{ см}$$

(25)

Задавшись оптимальным значением формы выпуклости, т.е. коэффициентом формы усиления $\psi_{\text{в}}$ находят высоту валика [9, С.27]:

$$g = e / \psi_{\text{в}}$$

(26)

где значения $\psi_{\text{в}}$ выбирают в пределах 7-10. Задаёмся $\psi_{\text{в}}$ равным 7,2. Следовательно

$$g = 3,2 / 7,2 = 0,44 \text{ см}$$

Находим общую высоту шва по формуле [9, С.35]:

$$C = H + g = 1,21 + 0,44 = 1,65 \text{ см}$$

(27)

Определяем глубину провара притупления по формуле [9, С.35]:

$$H'_0 = C - g'_0$$

(28)

где g'_0 - высота заполнения разделки одним проходом.

$$g'_0 = \sqrt{\frac{F_{\text{н}} - C \cdot b}{\text{tg } \alpha / 2}}$$

(29)

где $F_{\text{н}}$ — площадь поперечного сечения металла, наплавленного за данный проход.

b - зазор в стыке.

C — общая высота шва

α - угол разделки.

Подставив значения в формулу (29):

$$g'_0 = \sqrt{\frac{20 - 15 \cdot 1}{0,36 / 2}} = 5,2 \text{ мм.}$$

Тогда согласно формуле получаем (28):

$$H'_0 = 15 - 5,2 = 9,8 \text{ мм.}$$

Второй, третий проход осуществляем на тех же режимах и настройках что и первый.

2.4.2.1 Расчеты режимов механизированной сварки в среде защитного газа CO₂ плавящимся электродом

Таблица 14 Расчеты режимов механизированной сварки в среде защитного газа CO₂ плавящимся электродом

Тип соединения	Толщина металла	Диаметр эл-да	Режимы сварки				
			I,А	U,В	Vсв, м/ч		V _{пэл} ,м/мин
					Проходы		
ГОСТ 14771-76 С17-ИП	12	2			1	2,3	
			280	27	15,12	7,56	1,746

2.5.РАСЧЁТ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛА ШВА

Степень легирования металла шва, с некоторой погрешностью, может быть установлена сопоставлением химического состава основного металла и металла наплавленного валика, определяемого по формуле [9,С.55]:

$$R_{ш} = R_0 \cdot \gamma_0 + (1 - \gamma_0) \cdot R_{э} \pm \Delta R$$

(30)

где $R_{ш}$ - содержание рассчитываемого элемента, %;

R_0 - содержание того же элемента в основном металле, %;

$(1 - \gamma_0)$ - доля участия электродного металла в металле шва, %;

$R_{э}$ - содержание рассчитываемого элемента в металле, наплавленном данной маркой электродов, %;

γ_0 - доля участия основного металла в металле шва;

ΔR - переход данного металла из покрытия или газа в шов

2.5.1 Расчет для шва, полученного ручной дуговой сваркой покрытыми электродами

Определим долю участия основного металла в металле шва по формуле [9,С.55]:

$$\gamma_0 = \frac{F_{пр}}{(F_{пр} + F_{н})}$$

(31)

где $F_{н}$ - площадь сечения наплавленного металла

$F_{пр}$ - площадь сечения проплавленного металла

В таком случае рассчитываем по формуле (31)

$$\gamma_0 = 91 / (91 + 86) = 0,51$$

Для того чтобы определить химический состав наплавленного металла необходимо знать химический состав электродного металла, которым будет производиться сварка. Эти данные представлены в таблице 6.

Определяем химический состав металла шва для ручной дуговой сварки по формуле (30):

$$[C]:R_{ш}=0,12 \cdot 0,51 + (1-0,51) \cdot 0,1 = 0,11\%$$

$$[Mn]:R_{ш}=1,5 \cdot 0,51 + (1-0,51) \cdot 0,72 = 1,11 \%$$

$$[Si]:R_{ш}=0,5 \cdot 0,51 + (1-0,51) \cdot 0,27 = 0,38\%$$

$$[Cr]:R_{ш}=0,3 \cdot 0,51 + (1-0,51) \cdot 1,1 = 0,69\%$$

$$[Ni]:R_{ш}=0,3 \cdot 0,51 + (1-0,51) \cdot 0,25 = 0,027\%$$

$$[S]:R_{ш}=0,04 \cdot 0,51 + (1-0,51) \cdot 0,02 = 0,21 \%$$

$$[P]:R_{ш}=0,035 \cdot 0,51 + (1-0,51) \cdot 0,024 = 0,029\%$$

Типичный химический состав наплавленного металла, произведённый электродами марки МТГ-01К по ГОСТ 9467-75. Поскольку, определяя химический состав металла шва, мы используем типичный химический состав наплавленного металла, то значение ΔX мы не учитываем.

2.5.2 Расчет для шва, полученного механизированной сваркой в среде защитного газа (CO₂) плавящимся электродом

Определим долю участия основного металла в металле шва по формуле (31)

где F_n - площадь сечения наплавленного металла ($F_n = 78 \text{ мм}^2$);

F_{np} - площадь сечения проплавленного металла, которая с некоторой погрешностью может быть определена по формуле (4)

$$F_{np} = F - F_n$$

В таком случае

$$\gamma_0 = 59 / (59 + 78) = 0,43.$$

Для того чтобы определить химический состав наплавленного металла необходимо знать химический состав электродного металла, которым будет производиться сварка. по формуле [9,С.56]: Эти данные представлены в таблице 3.

$$R_n = R_{om} \cdot \gamma_0 + R_{n-1} \cdot \gamma_{n-1} + R_9 \cdot (1 - \gamma_0 - \gamma_{n-1}) \pm \Delta R$$

(32)

Определяем химический состав металла шва для сварки плавящимся электродом в среде (CO₂) [9,С.55]:

$$[C]: R_{ш} = 0,12 \cdot 0,43 + (1 - 0,43) \cdot 0,1 = 0,10\%$$

$$[Mn]: R_{ш} = 1,5 \cdot 0,43 + (1 - 0,43) \cdot 0,72 = 1,05 \%$$

$$[Si]: R_{ш} = 0,5 \cdot 0,43 + (1 - 0,43) \cdot 0,27 = 0,36\%$$

$$[Cr]: R_{ш} = 0,3 \cdot 0,43 + (1 - 0,43) \cdot 1,1 = 0,7\%$$

$$[Ni]: R_{ш} = 0,3 \cdot 0,43 + (1 - 0,43) \cdot 0,25 = 0,27\%$$

$$[S]: R_{ш} = 0,04 \cdot 0,43 + (1 - 0,43) \cdot 0,02 = 0,02 \%$$

$$[P]: R_{ш} = 0,035 \cdot 0,43 + (1 - 0,43) \cdot 0,024 = 0,028\%$$

2.6. РАСХОД СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

2.6.1 Расход сварочных материалов при ручной дуговой сварке плавящимся электродом

Расход покрытых электродов при ручной дуговой сварке можно определить по формуле [9,С.61]:

$$G_3 = G_H \cdot (1,6 \dots 1,8) \quad (33)$$

где G_H - масса наплавленного металла, которая определяется по формуле [9,С.61]:

$$G_H = F_H \cdot l_{ш} \cdot \gamma \quad (34)$$

где F_H – площадь наплавленного металла,;

$l_{ш}$ – длина шва; $l_{ш} = 292 \text{ см}$

γ – плотность металла; $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$

$$G_H = 0,86 \cdot 292 \cdot 7,8 = 1958,7 \text{ г.}$$

Тогда

$$G_3 = 1958,7 \cdot 1,6 = 3134 \text{ г}$$

2.6.2 Расход сварочных материалов при механизированной сварке в среде защитного газа (CO_2) плавящимся электродом

Для механизированных способов сварки плавящимся электродом в среде защитных газов количество электродного металла определяется в зависимости от количества наплавленного металла и коэффициента потерь при сварке ψ_n , определяемого при расчете режимов сварки: [9,С.62]:

$$G_3 = G_H \cdot (1 + \psi_n) \quad (35)$$

Масса наплавленного металла определяется по формуле.

$$G_H = F_H \cdot l_{ш} \cdot \gamma = 0,78 \cdot 292 \cdot 7,8 = 1776,5 \text{ г}$$

$$G_3 = 1776,5 \cdot (1 + 7,49) = 14922,8 \text{ г.}$$

2.6.3 Расчёт объёма газа при сварке в защитных газах

Необходимый объём газа находят как, для ручной сварки (ручная аргонодуговая сварка), так и для механизированных способов сварки (механизированная сварка в среде углекислого газа, автоматическая сварка плавящимся электродом в среде инертного газа). Расход защитного газа назначается при расчёте режимов сварки. Для того чтобы определить общий объём газа, необходимо учесть время на выполнение сварного шва. Зная длину провариваемого участка и скорость перемещения сварочной горелки, можно определить время для выполнения сварного соединения [9,С.62]:

$$t = \frac{l_{шв}}{V_{св}}$$

(36)

$$t_1 = \frac{l_{шв}}{V_{св1}} = \frac{292}{15,12} = 19,3 \text{ мин}$$
$$t_2 = \frac{l_{шв}}{V_{св2}} = \frac{292}{7,56} = 38,6 \text{ мин}$$
$$t = t_1 + t_2 = 19,3 + 38,6 = 57,9 \text{ мин}$$

Необходимо помнить о том, чтобы совпадала размерность подставляемых в формулу величин. Зная время на выполнение сварного соединения, можно рассчитать необходимый объём, л: [9,С.62]:

$$Q_r = t \cdot Q_{мин}$$

(37)

где

$Q_{мин}$ – расход газа, назначаемый при расчёте режимов сварки, л/мин;

t – время сварки, мин.

$$Q_r = t \cdot Q_{мин} = 57,9 \cdot 15 = 868,5 \text{ литров.}$$

Таблица 15 Удельный расход углекислого газа CO₂

Тип	Толщина	Диаметр	Режим сварки
-----	---------	---------	--------------

соединения	материала, мм	присадочно го материала, мм	Ток, А	Напряжение дуги, В	Расход газа, л/мин
C17	12	2	240-280	26-28	15-18

2.7. ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ.

2.7.1 Выбор источников питания для ручной дуговой сварки покрытыми электродами

При выборе источников питания дуги необходимо, чтобы он отвечал следующим требованиям:

- а) обеспечивать необходимую для процесса сварки силу тока дуги и напряжение дуги;
- б) иметь необходимый вид внешней характеристики, чтобы выполнять условия стабильного горения дуги;
- в) иметь динамические параметры, чтобы можно было обеспечить нормальное возбуждение дуги.

Для ручной дуговой сварки используем электроды МТГ-01К, которые по ГОСТ 9467-75 пригодны для сварки на постоянном токе.

Характерной чертой источников сварочного тока для ручной дуговой сварки покрытыми электродами является крутопадающая внешняя статическая характеристика. Такая характеристика обеспечивает стабильность тока при колебаниях длины дуги и устойчивость процесса сварки. Она достигается при большом внутреннем сопротивлении источника по отношению к сопротивлению дуги.

Для ручной дуговой сварки покрытыми электродами следует применять выпрямители ВД-313, которые по своим параметрам подходят для этого способа сварки.

Выпрямитель ВД-313 обеспечивает плавное дистанционное регулирование выходного тока и напряжения, стабилизацию установленного режима сварки и выходных параметров при изменениях напряжения в сети.



Рисунок 4 – Сварочный выпрямитель ВД - 313

Технические данные выпрямителя ВД-313 приведены в таблице 16

Таблица 16 - Технологические характеристики ВД-313

Параметры	Значения
Номинальный сварочный ток, А	315
Пределы регулирования сварочного тока, А	60-330
Режим работы, ПВ %	60
Потребляемая мощность, кВА	26
Номинальное рабочее напряжение, В	32
Напряжение холостого хода, В	70
Номинальное напряжение питающей сети, В	380
Габаритные размеры, мм	900 × 570 × 690
Масса, кг	105
Климатическое исполнение, категория размещения	у

Нижний предел температуры окружающего воздуха, °C	-40
---	-----

2.7.2 Выбор источников питания дуги для сварки плавящимся электродом в защитных газах

Для механизированной сварки в среде защитных газов плавящимся электродом следует применять источник питания Idealarc DC-400, который по своим параметрам подходит для этого способа сварки.



Рисунок 5 – Источник питания Idealarc DC-400

Модель DC-400 предназначена для использования со всеми видами сварки открытой дугой, включая сварку порошковой проволокой, сварку сплошной проволокой в защитном газе на всех рекомендованных для нее режимах в диапазоне выдаваемой машиной мощности. Так же, DC-400 может использоваться для сварки ручными покрытыми электродами, аргоно-дуговой сварки вольфрамовым электродом и для воздушной строжки с использованием угольных электродов диаметром до 8 мм. Селектор процессов имеет три положения, соответствующие трем группам сварочных процессов: 1) Жесткая вольт-амперная характеристика, сварка порошковой проволокой и сварка сплошной проволокой в защитном газе; 2) Жесткая характеристика, сварка под флюсом; 3) Падающая вольт-амперная характеристика, сварка штучными электродами и аргоно-дуговая сварка вольфрамовым электродом.

Таблица 17 Технические характеристики Idealarc DC-400

Параметры	Значения
Номинальный сварочный ток, А	400
Пределы регулирования сварочного тока, А	60-500
Режим работы, ПВ %	60
Потребляемая мощность, кВА	26
Номинальное рабочее напряжение, В	40
Напряжение холостого хода, В	12
Номинальное напряжение питающей сети, В	208/380/440
Габаритные размеры, мм	698 × 566 × 840
Масса, кг	215

Для сварки в защитных газах плавящимся электродом следует так же применять специализированный механизм подачи сварочной проволоки LN-10.



Рисунок 6 – Механизм подачи для полуавтоматической сварки LN-10

Механизм подачи проволоки для полуавтоматической сварки LN-10 отличается стабильностью работы, как в полевых условиях, так и при сварке трубопроводов. Простой в эксплуатации портативный механизм подачи идеально подходит для сварки в труднодоступных местах.

Преимущества LN-10

- четырёхроlikовая система протяжки проволоки обеспечивает стабильность скорости подачи.

- диапазон регулировки скорости подачи - от 0,9 - 19,1 м/мин.

- возможность предварительной установки напряжения дуги и скорости подачи сварочной проволоки.

- два ярких дисплея, отображающие рабочие параметры процесса (напряжение дуги и скорость подачи сварочной проволоки) и позволяющие сварщику легко контролировать их.

- вольтметр сохраняет действительное значение напряжения дуги в течение 5 секунд после окончания сварки.

- возможность программирования двух сварочных режимов.

- переключение с одного режима на другой осуществляется либо с помощью кнопок на контрольной панели механизма подачи, либо тумблером на сварочной горелке или пульте дистанционного управления.

- протяжка проволоки вперед и назад без подачи на нее сварочных потенциалов с возможностью регулировки ее скорости.

- замена роликов направляющих панелей происходит без использования какого-либо инструмента. Возможность установки различных режимов работы сварочной горелки : двухшаговый, четырехшаговый, точечная сварка.

Возможность регулировки следующих параметров:

- времени предварительной подачи газа;

- скорости подвода проволоки к свариваемой детали;

- времени импульса при точечном режиме сварки;

- времени поддержания длины дуги в конце сварочного цикла; времени продувки газа.

Конструкция механизма протяжки исключает заминание проволоки, образование петель.

Таблица 18 - Технические характеристики

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания, В	42
Скорость подачи проволоки, м/мин.	0,9 – 19,0
Диаметр сварочной проволоки, мм	0,6 - 2,4
Габариты, мм	406x381x787
Масса, кг	29,5

2.8 ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ И СВАРКИ ТРУБ

2.8.1 Входной контроль труб

Перед началом работ необходимо убедиться в том, что используемые трубы имеют сертификат качества и соответствуют проекту, техническим условиям на их поставку, а также требования действующих нормативно-технических документов. Трубы и детали должны пройти обязательный входной контроль.

При входном контроле проверяют:

Наличие сертификатов соответствия

На внутренней поверхности каждой трубы, на расстоянии 500 мм от одного из ее концов несмываемой краской наносят маркировку: завод-изготовитель, номер контракта, номер плавки, номинальный размер, номер трубы, дата изготовления, эквивалент углерода.

Овальность концов труб

Овальность определяют путем измерения диаметра торца трубы нутромером или индикаторной скобой в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Овальность – отношение разности между наибольшим и

наименьшим диаметром к номинальному должна быть не более 1% Dн при толщине стенки $\delta < 20\text{мм}$.

Кривизну труб

Кривизна труб не должна превышать 1,5 мм на 1 м длины. Общая кривизна не должна превышать 0,15% длины трубы.

Состояние кромок и перпендикулярность реза

Концы труб обрезают под прямым углом. Отклонение от перпендикулярности торцов не должно превышать более 1,2 мм для труб номинальным диаметром 720 мм.

2.8.2 Процесс подготовки к сборке и сварке

Технологический процесс сборки и сварки включает следующие операции: правку, разметку, резку, обработку кромок, очистку под сварку, сборку и сварку.

Во всех случаях перед сборкой необходимо очистить внутреннюю полость труб и деталей трубопроводов от попавшего грунта, снега загрязнений, а также механически очистить до металлического блеска кромки и прилегающие к ним внутреннюю и наружную поверхности труб на ширину не менее 15 мм.

Так же следует осмотреть поверхности кромок свариваемых элементов. Устранить шлифованием на наружной поверхности неизолированных торцов труб или переходных колец цапины, риски, задиры глубиной до 5% от нормативной толщины стенки, но не более минусовых допусков на толщину стенки.

Забоины и задиры фасок глубиной до 5 мм труб 1-й группы прочности следует отремонтировать электродами с основным видом покрытия типа Э50А диаметром 2,5-3,2 мм; 2-й группы прочности – электродами с основным видом покрытием типа Э60 диаметром 3,0-3,2 мм.

При этом перед началом сварки осуществляется предварительный подогрев до 100 ± 30 °С.

Отремонтированные поверхности кромок труб следует зачистить абразивным инструментом путем их шлифовки, при этом должна быть восстановлена заводская разделка кромок, а толщина стенки трубы не должна быть выведена за пределы минусового допуска.

Допускается правка плавных вмятин на концах труб глубиной не более 3,5% номинального диаметра трубы с помощью безударных разжимных устройств гидравлического типа с обязательным местным подогревом изнутри трубы до 100-150 °С независимо от температуры окружающего воздуха.

При толщине стенки менее 10,0 мм допустимое смещение наружных кромок составляет 2 мм. Измерение величины смещения кромок допускается осуществлять шаблоном по наружным поверхностям труб.

При сборке запрещается любая ударная правка концов труб.

При сборке заводские швы следует смещать относительно друг друга не менее чем на 100 мм – при диаметре труб свыше 530 мм.

2.8.3 Технологический процесс сборки и сварки.

Технологический процесс сборки и сварки начинается с установки на бетонную основу основной запорной арматуры магистрального газопровода.

Установка запорной арматуры осуществляется при помощи трубоукладчика Komatsu D355C-3, запорная арматура стропится металлическими стропами с крюками, за заводские транспортировочные петли.

По завершению монтажа запорной арматуры, приступаем к монтажу и сборке катушки размерам $1000 \times 720 \times 12$ которая необходима для соблюдения технологического процесса сборки и сварки тройника 720x12-325x8-K48-4.0-0.6 УХЛ. Монтаж катушки осуществляется трубоукладчиком, строповку производят двумя текстильными стропами тСТП-4,0 длиной 5 м,

грузоподъемностью 4 т, транспортировка трубы во время монтажа угол между стропами составляет 60° . Сборка катушки к запорной арматуре осуществляется на внутреннем центраторе ЦВ-81.



Рисунок – 7 внутренний центратор ЦВ-81

После монтажа стыка трубы на внутренний центратор, сварщик должен используя универсальный шаблон сварщика УШС-3 проверить ширину зазора, допустимое смещение кромок стыка. По окончании выполнения проверки, сборку данного сварного соединения выполняются на прихватки.

Требования к прихваткам указаны в РД 558-97; при диаметре трубы 720 мм количество прихваток составляет три штуки, длиной не менее 60-100 мм и шагом между ними 300 - 400 мм, высота прихваток при толщине стенки 12 мм должна быть от 5-8 мм, сварка прихваток выполняется на таких же режимах что и корневой шов.

Непосредственно, перед выполнением прихваток, необходимо выполнить просушку кромок и прилегающих к ним участков на ширину не менее 150 мм. Просушка кромок обязательна до температуры 20-50°C. Сварка стыкового соединения производят два сварщика, на режимах, рассчитанных в разделе 2.4.

Выполнив сварку, концы прихваток необходимо подвергнуть механической обработке углошлифовальной машинкой, для удаления шлака, окалин и брызг металла.

После выполнения прихваток приступаем к сварке корневого шва с переправлением прихваток, избегая образования дефектов сварного соединения.

Процесс сварки корневого шва начинают один сварщик с нижнего зенита трубы, во избежание травматизма зрения второго сварщика. Второй сварщик приступает к работе после того как первый сварщик выполнит сварку стыка длиной не менее 300 мм. Сварку корневого шва завершают в верхнем зените трубы, один из сварщиков выполняет сварку замка корневого слоя.

Выполнив сварку корневого слоя, необходимо удалить внутренний центратор, для удобного выполнения сварки последующих проходов. Начало каждого следующего слоя необходимо смещать относительно предыдущего не менее чем на 20 мм. После каждого прохода производится механизированная очистка сварного шва и прилегающей к ней территории от шлака, окалины и брызг металла.

Сварку последующих проходов производят на режимах рассчитанных в разделе 2.4.

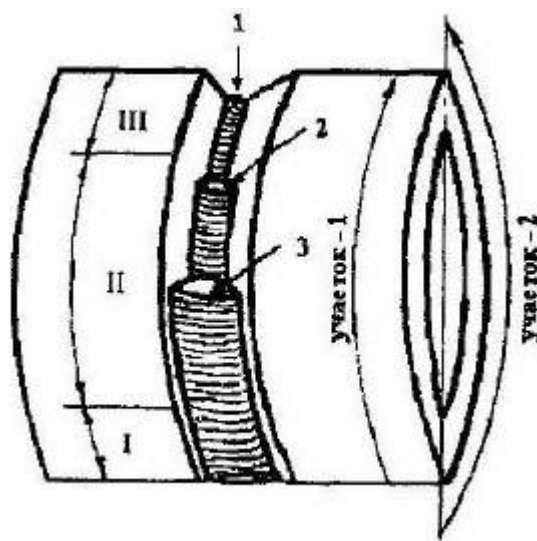


Рисунок 8 – Многопроходная сварка стыка

Выполнения сварки тройника 720x12-325x8-K48-4.0-0.6 УХЛ к катушке запорной арматуры производится по такому же регламенту сборки и сварки стыкового соединения, выполнение сварки происходит на режимах рассчитанных в разделе 2.4.

4.3 Технический контроль качества

4.3.1 Визуальный контроль качества

По внешнему виду сборные шва должна удовлетворять следующим требованиям СНиП 3-42-80, ВСН 012-88, ВСН 006-89 и РД 03-606-03.

Все (100%) сварные соединения труб после их очистки от шлака, грязи, брызг металла, снятия грата подвергают визуальной контролю и обмеру.

Визуальный контроль и обмер производят работники службы контроля (ПИЛ, специализированных управлений по контролю).

При осмотре сварного соединения:

- проверяют наличие на каждом стыке клейма сварщика, выполнявшего сварку. Если сварку одного стыка выполняли несколько сварщиков, то на каждом стыке должно быть проставлено клеймо каждого сварщика в данной бригаде, или одно клеймо, присвоенное всей бригаде;
- проверяют наличие на одном из концов каждой плети ее порядкового номера;
- убеждаются в отсутствии наружных трещин, незаплавленных кратеров и выходящих на поверхность пор.

Клеймо сварщика (бригады) и порядковый номер плети (секции) на трубы из сталей с нормативным пределом прочности 55 кгс/мм^2 и более наносят только несмываемой краской.

По результатам обмера сварные соединения, выполненные дуговыми методами, должны удовлетворять следующим требованиям:

- усиление внешнего и внутреннего швов должно иметь высоту не менее 1,0 мм и не более 3,0 мм и плавный переход к основному металлу;
- сварной шов облицовочного слоя должен перекрывать основной металл:
 - при ручной сварке - на 2,5-3,5 мм;
 - сварной шов облицовочного слоя, получаемого при полуавтоматических методах сварки в среде защитных газов должен иметь ширину 13 ± 3 при толщине стенки 12 мм.

4.3.2 Радиографический контроль качества

Сварные соединения трубопроводов, выполненные дуговыми методами сварки, которые по результатам визуального контроля и обмера, подвергают неразрушающему контролю.

Заключения, радиографические снимки, зарегистрированные результаты ультразвуковой дефектоскопии, магнитные ленты и диаграммы фактического режима стыковой сварки оплавлением хранятся в производственной испытательной лаборатории (ПИЛ) до сдачи трубопровода в эксплуатацию.

К проведению неразрушающего контроля допускаются дефектоскописты, окончившие специализированное профессионально-техническое училище, техникум по соответствующей специальности или курсы по подготовке дефектоскопистов, имеющие документ об окончании учебного заведения и (или) удостоверение установленной формы.

Радиографический контроль сварных соединений газопроводов выполняют с использованием рентгеновского аппарата АРИНА-3.

Импульсный рентгеновский аппарат Арина-3 является универсальным прибором с рабочим напряжением анода на рентгеновской трубке не менее 200 кВ. Рентгеновский аппарат представляет собой компактную переносную модель, в которой учтены последние достижения и разработки в области радиографии.

Импульсный рентгеновский аппарат АРИНА-3 состоит из рентгеновского моноблока и ручного пульта управления, которые соединены между собой кабелем длиной 20 метров, что обеспечивает полную безопасность оператора.

Основным элементом импульсного излучателя является разрядник-обостритель разработки Рязанского газоразрядного института, который имеет время коммутации менее 1 нсек, который преобразует микросекундный импульс высокого напряжения с выхода импульсного трансформатора в наносекундный импульс, подаваемый на электроды

рентгеновской трубки. Под действием столь короткого импульса происходит разогрев, а затем взрыв части микроострий катода трубки. Образующееся вследствие этого облако плазмы является источником электронов, бомбардирующих анод трубки и вызывающих вспышку рентгеновского излучения.

При радиографическом контроле применяют отечественные радиографические пленки типа РТ-5, РТ-4М, РТ-2, РТ-3, РНТМ-1, РТ-1, РТ-СШ.

Допускается применение импортных радиографических пленок, предназначенных для дефектоскопии металлоконструкций.

Если неровности шва, брызги металла и другие внешние дефекты могут затруднить выявление внутренних дефектов в сварном соединении или повредить радиографическую пленку, то поверхность этого соединения должна быть зачищена с использованием средств механической обработки. В остальных случаях специальная подготовка поверхности сварного соединения не требуется.

Швы, подлежащие контролю, размечают на отдельные участки, длина которых зависит от формата применяемой радиографической пленки (кассет), а затем маркируют несмывающейся краской, обеспечивающей сохранность маркировки до сдачи трубопровода под изоляцию. Достаточно одна метка, которая соответствует началу мерительного пояса или рулонной пленки в следующих случаях:

- при использовании вспомогательных мерительных поясов со свинцовыми цифрами, обеспечивающими перенос изображения длины шва на снимки;

при панорамном просвечивании на рулонную пленку с получением изображения контролируемого шва на одном снимке.

На каждом участке шва, подвергаемом радиографическому контролю, закрепляют эталоны чувствительности, имитаторы (если это необходимо) и свинцовые знаки.

Для определения чувствительности радиографического контроля следует использовать проволочные, канавочные и пластинчатые эталоны чувствительности, форма и размеры которых установлены ГОСТ 7512-82.

Допускается использовать канавочные и проволочные эталоны чувствительности, изготовленные по ГОСТ 7512-75.

Для маркировки радиограмм следует использовать маркировочные знаки в виде цифр и букв русского или латинского алфавитов, а также дополнительные знаки в виде стрелок, тире и т.п. (предпочтительны наборы № 1, 2, 5 и 6), изготовленные из материала, обеспечивающего получение их четких изображений на радиографических снимках.

Для удобства нахождения дефектных участков шва целесообразно использование мерительных поясов со свинцовыми знаками, обеспечивающих разметку сварного соединения.

Заключение по результатам контроля следует давать отдельно по каждому отрезку снимка длиной 300 мм (для рулонных снимков) и по каждому снимку (для форматных); после анализа всех отрезков или снимков составляют заключение о качестве сварного стыка в целом.

В тех случаях, когда снимки имеют одинаковую чувствительность, а на изображении сварного шва отсутствуют дефекты, их можно группировать и записывать в заключении одной строкой.

При проведении радиографического контроля на строительстве трубопроводов во избежание поражения электрическим током и опасного воздействия на обслуживающий персонал ионизирующего излучения и вредных газов, образующихся в воздухе под действием излучения, необходимо строго соблюдать правила техники безопасности, установленные действующими нормативными документами.

4.4 Исправление дефектов

4.4.1 Исправление швов с порами и шлаковыми включениями.

Исправление производится путем механической вырезкой дефектного участка с последующей заваркой. После этого производится дополнительный рентгенографический контроль.

4.4.2 Исправление поверхностных дефектов и несоответствие геометрических размеров сварного шва.

Исправление усиления сварных швов с завышенными размерами, наплывов, затеков, и резких переходов от шва к основному металлу производится путем местной механической обработки до требуемых геометрических размеров;

Исправление поверхностных дефектов выполнять вышлифовкой, при этом допускается не выполнять заварку мест их выборки при остающейся толщине и шва и основного металла не менее расчетной толщины детали в зоне сварного соединения.

Исправление швов с трещинами, непроварами и прожогами

Удаление трещин производится механическим путем. При несквозной трещине дефектный участок удаляется до чистого металла с образованием требуемых углов выборки под заварку. При сквозной - дефект удаляется полностью на всю толщину и заваривается с применением медных пластин, прижимаемых к поверхности.

При прожогах производится выборка с одной стороны шва на $2/3$ глубины и на $1/2$ глубины с обратной стороны и заваривается. Либо производят выборку с одной стороны шва на всю толщину шва. Заварка осуществляется с применением медной пластины. Непровары исправляют путем выборки до здорового металла с последующей заваркой.