

Реферат

Выпускная квалификационная работа 90 с., 9 рис., 33 табл., 29 источников, 14 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: радиантная секция, ручная дуговая сварка, механизированная сварка в среде защитных газов плавящимся электродом, комплект технологической документации.

Цель работы - разработка технологии сварки труб диаметром 108 мм с толщиной стенки 14 мм из стали 45Х25Н35СБ, используемых для изготовления змеевиков в печах пиролиза.

В результате выполнения дипломной работы были подобраны сварочные материалы, выбрано сварочное оборудование, посчитаны режимы сварки.

В экономической части дана оценка целесообразности замены ручной дуговой сварки на механизированную сварку в среде защитных газов плавящимся электродом.

Из показателей экономической оценки инвестиций можно сделать вывод, что внедрение механизированной сварки в среде защитных газов плавящимся электродом выгодно.

Проведен анализ вредных и опасных ситуаций на производстве. Предложены мероприятия по их предотвращению и ликвидации в случае возникновения, произведен расчет защитного заземления и составлен план эвакуации персонала.

Выпускная квалификационная работа инженера выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016, графическом редакторе “КОМПАС-3D V16” и представлена на диске CD-RW (в конверте на обороте обложки).

Abstract

Final qualifying work 90 p., 9 fig., 33 tab., 29 sources, 14 sheets demonstration material (slides).

Keywords: radiation section, manual arc welding, mechanized welding gas-shielded consumable electrode, a set of technical documentation.

The purpose of work - development of welding technology of pipes of 108 mm in diameter with a wall thickness of 14 mm made of steel 45H25N35SB used for the production of coils on the pyrolysis furnaces.

As a result of the thesis were selected welding materials, selected welding equipment, welding modes counted.

In the economic part of an assessment of the feasibility of replacing the manual arc welding in mechanized welding in shielding gases consumable electrode.

From an economic evaluation of investment performance can be concluded that the introduction of mechanized welding in shielding gases consumable electrode is advantageous.

The analysis of hazardous situations in the workplace. The measures for their prevention and liquidation in the event of, a calculation is made of protective grounding and personnel evacuation plan.

Final qualifying work of the engineer made in Microsoft Word 2016 word processor and a graphics editor "KOMPAS-3D V16" and presented in CD-RW drive (in an envelope on the back cover).

Содержание

	С.
Введение.....	8
1 Характеристики сварной конструкции	10
1.1 Описание сварной конструкции	10
1.1.1 Описание установки печей пиролиза.....	10
1.1.2 Основные технологические показатели печи пиролиза бензина.....	11
1.2 Материал сварной конструкции	12
1.3 Оценка технологической свариваемости материала.....	13
1.4 Особенности технологии сварки	16
2 Анализ существующих методов сварки	22
2.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами.....	22
2.2 Механизированная сварка в среде защитных газов	24
3 Выбор сварочных материалов	26
3.1 Материалы для ручной дуговой сварки.....	26
3.2 Материалы для механизированной сварки в среде защитных газов	27
4 Расчёт режимов сварки.....	29
4.1 Расчёт режимов ручной дуговой сварки.....	29
4.2 Расчёт режимов и размеров шва сварки в защитном газе плавящимся электродом	33
5 Обоснование выбора основного сварочного оборудования.....	37
5.1 Оборудование для ручной дуговой сварки	37
5.2 Оборудование для механизированной сварки в среде защитных газов плавящимся электродом	39
6 Особенности технологии и техники сварки и сборки конструкции.....	42
7 Методы и объем контроля сварных соединений радиантных труб.....	45
7.1 Визуально-измерительный контроль	45
7.2 Ультразвуковой или радиографический контроль	46
7.3 Испытание на герметичность.....	48

8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	49
8.1 Нормирование технологического процесса	49
8.2 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки.....	52
8.3 Экономическая оценка эффективности инвестиций	56
9 Социальная ответственность	61
9.1 Анализ сварочного производства	61
9.1.1 Воздушная среда и микроклимат. Вентиляция.....	62
9.1.2 Производственный шум	63
9.1.3 Освещение.....	66
9.1.4 Средства индивидуальной защиты.....	68
9.1.5 Правила обращения с баллонами для сжатых и сжиженных газов	69
9.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды.....	70
9.2.1 Электробезопасность	70
9.2.2 Расчёт защитного заземления	72
9.2.3 Противопожарная безопасность	74
9.2.3.1 Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности	78
9.2.4 Промышленная санитария	79
9.3 Охрана окружающей среды	82
9.4 Чрезвычайные ситуации.....	85
9.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	86
Заключение	88
Приложение А – Комплект технологической документации.....	91

Диск CD-R

В конверте на
обороте обложки

ФЮРА. 200000.023 Комплект технологической документации.

Файл Диплом Юдин. cdw в формате КОМПАС V16

ФЮРА.200001.023 Презентация.

Файл Презентация Юдин.ppt в формате PowerPoint 2016

ФЮРА. 200002.023 Пояснительная записка.

Файл Диплом Юдин. docx в формате Word 2016

Графический материал:

Титульный лист.	демонстрационный лист
Цели и задачи.	демонстрационный лист
Выбор способа сварки.	демонстрационный лист
Общий вид радиантной секции.	демонстрационный лист
Конструктивный элемент	демонстрационный лист
Химический состав и механические свойства основного материала	демонстрационный лист
Химический состав и механические свойства наплавленного металла	демонстрационный лист
Режимы сварки.	демонстрационный лист
Оборудование.	демонстрационный лист
Технология сварки.	демонстрационный лист
Технология сварки.	демонстрационный лист
Экономическая часть.	демонстрационный лист
Выводы.	демонстрационный лист

Введение

В условиях экономии временных и материальных затрат возникает необходимость разработки новых технологических процессов повышения производительности труда, и уменьшения энергозатрат. Это достигается путем разработки новых и усовершенствования старых технологических операций и процессов, повышающих физико-технические и эксплуатационные характеристики.

Решение по строительству ТНХК было принято в 1974 году. Оно велось отдельными пусковыми комплексами, предназначенными для получения полипропилена, метанола, формалина, карбомидных смол, этилена, пропилена и полиэтилена. В настоящее время производство пластических масс и синтетических смол обеспечивается благодаря большому количеству оборудования, главным из которых являются печи пиролиза.

Печи выполнены из трубопроводов в виде радиантных змеевиков, в качестве материала которых используются, высоколегированные жаростойкие стали (типа 45Х25Н35СБ).

Печи пиролиза работают в очень жестких условиях. В камерах радиации на змеевики с внешней стороны труб воздействует высокая температура. Внутри труб созданы условия для науглероживания за счет разложения углеводородного сырья. Совместное действие температуры и среды приводит к науглероживанию внутренней поверхности и азотированию внешней поверхности труб. Условия работы печей пиролиза приводят к снижению способности металла к релаксации напряжений, вызванных температурными нагрузками при эксплуатации и выжиге кокса. Все это вызывает разрушение металла трубопроводов (деградации исходной структуры металла, образованию трещин и как следствие выходу из строя части элементов змеевиков).

Одной из важнейших задач современного производства является повышение долговечности и эксплуатационной надежности установок, как вновь вводимых, так и проработавших расчетный срок эксплуатации.

Расчетный срок службы реакционных труб в печах пиролиза равен 30 тысяч часов. Однако в настоящее время, при всеобщем дефиците (в том числе и металла) поставлена задача увеличения срока службы до 50 тысяч часов. Что дает в свою очередь экономический эффект примерно 40 %.

Продление срока службы возможно путем своевременного ремонта трубопроводов. Участки, где наблюдаются прогибы, вздутия, коробления и увеличение диаметра, вырезаются и заменяются на новые.

В связи с этим возрастает актуальность проблемы разработки новых способов и технологических процессов сварки при ремонте трубопроводов печей пиролиза и необходимость получения сварных швов, равнопрочных основному металлу, а также обследования и прогнозирования характеристик жаропрочности и надежности таких сварных соединений.

Целью данной работы является разработка технологии сварки труб диаметром 108 мм с толщиной стенки 14 мм из стали 45X25H35СБ, используемых для изготовления змеевиков в печах пиролиза.

1 Характеристики сварной конструкции

1.1 Описание сварной конструкции

В настоящее время на нефтеперерабатывающих предприятиях производят пластические массы и синтетические смолы с участием большого количества оборудования, главным из которого являются печи пиролиза. Условия эксплуатации печей пиролиза вынуждают применять и разрабатывать новые высоколегированные жаростойкие стали, обладающие коррозионной устойчивостью к агрессивным средам и науглероживанию. В качестве таких материалов используют стали с высоким содержанием хрома и никеля. Отечественные стали: сталь 45X25H35CB, сталь 40X25H20C2. Немецкие стали PG25/35Nb, PG25/35NbTi, PG35/45Nb. Французские стали 25Cr20Ni, 25Cr35Ni, сталь Super [9]. Целесообразно кратко описать условия эксплуатации данного оборудования.

1.1.1 Описание установки печей пиролиза

Блок печей отделения пиролиза состоит из 9 печей пиролиза бензина, двух печей пиролиза этановой фракции и двухкамерного пароперегревателя для выработки пара высокого давления. Все печи и пароперегреватель располагаются в одном ряду. Вдоль блока печей располагается трубопроводная эстакада К-1, на которой находятся трубопроводы для подачи сырья, вспомогательных материалов, а также для отвода продуктов и сбросов.

Одновременно должны работать 7 печей пиролиза бензина, одна печь пиролиза этановой фракции и пароперегревательная печь [9].

Бензин поступает в блок печей одним трубопроводом и распределяется по отдельным печам. Пирогаз, выходя из радиантных змеевиков, охлаждается в закалочно-испарительных аппаратах - ЗИА.

Температура пирогаза на выходе из змеевика в зависимости от режима пиролиза достигает макс. 850°C, и после ЗИА охлаждается до 375 – 450°C (в зависимости от степени загрязнения аппарата коксом). Аналогично проводится

пиролиз этановой фракции в печи пиролиза этана при температуре на выходе из радиантного змеевика макс. 855°C. Потоки пирогаза из отдельных печей пиролиза бензина и печи пиролиза этана соединяются в общем коллекторе пирогаза. После охлаждения пирогаза прямым впрыском циркулирующего масла пирогаз уходит из блока печей с температурой 180°C и давлением 0,19 МПа [9].

За счет тепла отобранного у пирогаза в закально-испарительных аппаратах на печах пиролиза вырабатывается пар высокого давления. Питательная вода поступает в блок печей и подается в экономайзеры пароперегревательной печи и далее в конвекционные секции печей пиролиза. В конвекционных секциях пиролизных печей питательная вода подогревается, затем поступает в барабаны и закально-испарительные аппараты для производства пара высокого давления. На печах пиролиза бензина этот пар перегревается на 10 - 25°C в конвекционной секции перегрева пара и поступает в пароперегревательную печь, где перегревается до требуемых параметров. Пар высокого давления из печей пиролиза этановой фракции поступает в пароперегревательную печь без перегрева в конвекционной секции.

1.1.2 Основные технологические показатели печи пиролиза бензина

Печь предназначена для пиролиза смеси прямогонного бензина и бензина-рафината при температуре до 850°C.

За расчетный режим пиролиза, при котором рассчитываются все показатели, принят следующий [9]:

температура на выходе, °C.....	850
содержание водяного пара, % вес. от сырья.....	50
производительность, т сырья в час.....	20,0
среднее время пребывания в радиантном змеевике, сек.....	0,46
фактическое время пребывания в радиантном змеевике, сек.....	0,505
продолжительность пробега печи между выжигами кокса в днях ..	45

Печь пиролиза бензина позволяет вести пиролиз смесей прямоугольных бензинов и бензинов-рафинатов (до 25% на смесь) в пределах температуры кипения от 35 до 200°C, бензиновых фракций газоконденсатных месторождений, бутановых, пентановых, гексановых фракций и их смесей.

Аппараты типа ЗИА соединяются между собой при помощи трубы диаметром 108 мм и толщиной стенки 14 мм (рисунок 1).

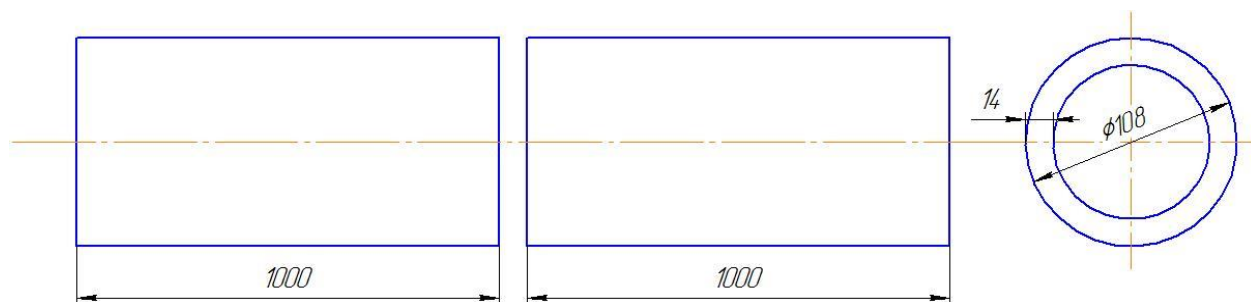


Рисунок 1 – Элемент трубы

После выхода пирогаза из ЗИА его температура составляет примерно 375 – 450 °С, это является рабочей температурой рассматриваемых труб.

1.2 Материал сварной конструкции

Сталь 45Х25Н35СБ – высоколегированная хромоникелевая жаростойкая сталь, относится к аустенитному классу.

Используется в качестве металла змеевиков в печах крекинга, труб реформинга и сборника в установках по производству аммиака и метанола.

Аналоги немецкого производства PG25/35Nb, PG25/35NbTi, PG35/45Nb, аналоги стали, используемые во Франции 25Cr20Ni, 25Cr35Ni, сталь Super.

Химический состав сталь 45Х25Н35СБ представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав стали 45Х25Н35СБ по ГОСТ 5632-72

С, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Ti, %	Nb, %	S, %	P, %
0,43-0,46	2,0-3,0	24,3-25,2	34,2-35,5	0,2-0,26	0,8-1,0	<0,025	<0,035

Механические свойства стали 45Х25Н35СБ, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Механические свойства стали 45Х25Н35СБ по ГОСТ 5632-72

Предел прочности σ_b , МПа	Предел текучести σ_t , МПа	Относительное удлинение δ_5 , %
620	306	19

1.3 Оценка технологической свариваемости материала

Свариваемость рассматриваемой стали затрудняется многокомпонентностью ее легирования и разнообразием эксплуатации сварных конструкций. Общей сложностью сварки является предупреждение образования в шве и околошовной зоне горячих кристаллизационных трещин, имеющих межкристаллитный характер, наблюдаемых в виде мельчайших микронадрывов и трещин. Горячие трещины могут возникнуть и при термообработке или работе конструкций при повышенных температурах. Образование горячих трещин наиболее характерно для крупнозернистой структуры металла шва, особенно выраженной в многослойных швах, когда кристаллы последующего слоя продолжают кристаллы предыдущего слоя.

В сталях с большим запасом аустенитности получение швов с аустенитно-ферритной структурой затруднено необходимостью легирования их повышенным количеством ферритизаторов. Возможность предотвращения в швах на них, а также на аустенитно-ферритных сталях горячих трещин достигается ограничением содержания в швах вредных (фосфора, серы) и ликвирующих примесей, образующих легкоплавкие эвтектики, располагающиеся на завершающейся стадии кристаллизации по границам столбчатых кристаллов. Это достигается применением сварочных материалов, минимально засоренных вредными и ликвирующими элементами, например электродных проволок, изготовленных из сталей вакуумной выплавки, электрошлакового переплава и так далее. Ограничивается также проплавление основного металла [1].

В некоторых случаях повышение стойкости швов против горячих трещин, наоборот, достигается повышением ликвирующих примесей до концентраций,

обеспечивающих получение при завершении кристаллизации сплошной пленки легкоплавкой эвтектики на поверхности кристаллита. Это может быть достигнуто путем добавления бора (0,3 ... 1,5 %) в сталь. Повышенная литейная усадка и значительные растягивающие напряжения, действующие при затвердевании на сварочную ванну, также способствуют образованию горячих трещин. Снижение действия силового фактора (ограничение силы тока, заполнение разделки валиками небольшого сечения, рациональная конструкция соединения) способствует предупреждению горячих трещин.

Помимо сложности получения на аустенитных высоколегированных сталях и сплавах швов без горячих трещин имеются и другие трудности, обусловленные спецификой их использования. К сварным соединениям на жаропрочных сталях предъявляется требование сохранения в течение длительного времени высоких механических свойств при повышенных температурах. Большие скорости охлаждения металла шва при сварке приводят к фиксации неравновесных по отношению к рабочим температурам структур. Во время эксплуатации при температурах выше 350⁰С в результате диффузионных процессов в стали появляются новые структурные составляющие, приводящие обычно к снижению пластических свойств металла шва [1].

Термическое старение при температурах 350 ... 500⁰С может привести к появлению 475⁰-ной хрупкости. Выдержка аустенитно-ферритных швов при температуре 500 ... 650 °С приводит к старению в основном за счет выпадения карбидов. Одновременно идет процесс образования σ -фазы.

Легирование сталей титаном и ниобием приводит к дисперсионному упрочнению за счет образования прочных карбидов на их основе. Являясь ферритизаторами, титан и ниобий, способствуя образованию в шве ферритной составляющей, увеличивают количество σ - фазы в металле. Выдержки при температуре 700 ... 850 °С значительно интенсифицируют образование σ - фазы с соответствующим охрупчиванием металла при более низких температурах и

снижением предела ползучести при высоких температурах. При этих температурах возрастает роль и интерметаллидного упрочнения за счет образования, в частности, интерметаллидных фаз железа с титаном и ниобием [8].

Одно из эффективных средств уменьшения склонности сварных соединений жаростойких и жаропрочных сталей к охрупчиванию в результате выпадения карбидов - снижение в основном металле и металле шва содержания углерода. Наклеп, способствуя увеличению в шве содержания ферритной фазы, усиливает возможность их охрупчивания [6].

Ввиду высокого коэффициента теплового расширения суммарная внутренняя пластическая деформация металла шва и околошовной зоны при сварке высоколегированных сталей выше, чем в низколегированных сталях. В результате при сварке многослойных швов (многократная пластическая деформация), жестких соединений и т.п. околошовная зона и нижние слои металла шва могут заметно упрочняться. Самонаклеп также увеличивает количество ферритной фазы, а значит, и вероятность охрупчивания (сигматизации) швов.

В зоне термического влияния некоторых жаропрочных аустенитных сталей под действием термического цикла сварки снижаются пластические и прочностные свойства, что может привести к образованию в этой зоне трещин. Подобные изменения свойств основного металла вызываются развитием диффузионных процессов, приводящих к повышенной концентрации в металле околошовной зоны элементов (углерода, кислорода и других элементов), которые совместно с вредными примесями могут образовывать легкоплавкие эвтектики. При длительной эксплуатации в этой зоне могут выделяться мелкодисперсные карбиды и интерметаллиды, коагуляция которых приводит также к охрупчиванию металла. При сварке этих сталей для предупреждения образования горячих трещин в шве часто получают металл шва, по составу отличающийся от основного и имеющий двухфазную структуру. Также предотвращение подобных локальных разрушений достигается

термообработкой при температуре 1050 ... 1100 °С для снятия остаточных сварочных напряжений, само наклепа и придания сварному соединению более однородных свойств. В ряде случаев аустенитизация сопровождается последующим стабилизирующим отжигом при температуре 750 ... 800 °С для получения относительно стабильных структур за счет выпадения карбидной и интерметаллидной фаз [7].

При сварке высокопрочных сталей в околошовной зоне возможно образование холодных трещин. Поэтому до сварки рекомендуется их аустенитизация для получения высоких пластических свойств металла, а после сварки - упрочняющая термообработка. Подбор химического состава металла шва, получение в нем благоприятных структур за счет выбора режима сварки и термообработки, снижение уровня остаточных напряжений за счет уменьшения жесткости сварных соединений или термообработки, основные пути предотвращения охрупчивания сварных соединений и образования в них холодных трещин. Этой же цели служит предварительный или сопутствующий подогрев до температуры 350 ... 450 °С.

При сварке жаростойких сталей под воздействием температуры в металле швов могут наблюдаться такие же структурные изменения, как и при сварке жаропрочных сталей. Высокая коррозионная стойкость жаростойких сталей в газовых средах при повышенных температурах определяется возможностью образования и сохранения на их поверхности прочных и плотных пленок оксидов. Это достигается легированием их хромом, кремнием, алюминием. Поэтому во многих случаях необходимая жаростойкость сварного соединения достигается максимальным приближением состава шва к составу основного металла. Во многих случаях к сварным соединениям жаростойких сталей предъявляется требование стойкости к газовой межкристаллитной коррозии [4].

1.4 Особенности технологии сварки

В связи с тем, что одну и ту же марку стали используют для изготовления изделий различного назначения требования к свойствам сварных соединений

могут быть различными.

Эти требования и определяют различную технологию сварки (сварочные материалы, режимы сварки, необходимость последующей термообработки и т.д.), направленную на получение сварного соединения с необходимыми свойствами, определяемыми составом металла шва и его структурой [2].

Характерные для высоколегированных сталей теплофизические свойства определяют некоторые особенности их сварки. Пониженный коэффициент теплопроводности при равных остальных условиях значительно изменяет распределение температур в шве и околошовной зоне. В результате одинаковые изотермы в высоколегированных сталях, более развиты чем в углеродистых. Это увеличивает глубину проплавления основного металла, а с учетом повышенного коэффициента теплового расширения возрастает и коробление изделий.

Поэтому для уменьшения коробления изделий из высоколегированных сталей следует применять способы и режимы сварки, характеризующиеся максимальной концентрацией тепловой энергии. Примерно в 5 раз более высокое, чем у углеродистых сталей, удельное электросопротивление обуславливает больший разогрев сварочной проволоки в вылете электрода или металлического стержня электрода для ручной дуговой сварки. При автоматической и полуавтоматической дуговой сварке следует уменьшать вылет электрода и повышать скорость его подачи. При ручной дуговой сварке уменьшают длину электродов и допустимую плотность сварочного тока [1].

Одна из основных трудностей при сварке рассматриваемых сталей и сплавов предупреждение образования в швах и околошовной зоне горячих трещин. Предупреждение образования этих дефектов достигается:

- 1) ограничением (особенно при сварке аустенитных сталей) в основном и наплавленном металлах содержания вредных (серы, фосфора) и ликвирующих (свинца, олова, висмута) примесей, а также газов - кислорода и водорода. Для этого следует применять режимы, уменьшающие долю основного металла в

шве, и использовать стали и сварочные материалы с минимальным содержанием названных примесей. Техника сварки должна обеспечивать минимальное насыщение металла шва газами. Этому способствует применение для сварки постоянного тока обратной полярности.

При ручной сварке покрытыми электродами следует поддерживать короткую дугу и сварку вести без поперечных колебаний. При сварке в защитных газах, предупреждая подсос воздуха, следует поддерживать коротким вылет электрода и выбирать оптимальными скорость сварки и расход защитных газов. Необходимо также принимать меры к удалению влаги из покрытия электродов, обеспечивая их необходимую прокалку. Это уменьшит также вероятность образования пор, вызываемых водородом;

2) получением такого химического состава металла шва, который обеспечил бы в нем двухфазную структуру. Для жаропрочных и жаростойких сталей с малым запасом аустенитности и содержанием никеля до 15 % это достигается получением аустенитно-ферритной структуры с 3 ... 5 % феррита. Большее количество феррита может привести к значительному высокотемпературному охрупчиванию швов из-за сегментации. Стремление получить аустенитно-ферритную структуру швов на глубокоаустенитных сталях, содержащих более 15 % никеля, потребует повышенного их легирования ферритообразующими элементами [1].

Вследствие вышеизложенных особенностей в швах стремятся получить аустенитную структуру с мелкодисперсными карбидами и интерметаллидами. Благоприятно и легирование швов повышенным количеством молибдена, марганца и вольфрама, подавляющих процесс образования горячих трещин. Количество феррита в структуре швов на коррозионно-стойких сталях может быть повышено до 15 ... 25 %. Высоколегированные стали содержат в качестве легирующих присадок алюминий, кремний, титан, ниобий, хром и другие элементы, обладающие большим сродством к кислороду, чем железо. Поэтому при наличии в зоне сварки окислительной атмосферы возможен их

значительный угар, что может привести к уменьшению содержания или к полному исчезновению в структуре шва ферритной и карбидной фаз, особенно в металле с небольшим избытком ферритизаторов [8].

Также для сварки рекомендуется использовать неокислительные низкокремнистые, высокоосновные флюсы (фторидные) и фтористо-кальциевые покрытия электродов. Этой же цели служит сварка короткой дугой и предупреждение подсоса воздуха. Азот - сильный аустенитизатор - способствует измельчению структуры за счет увеличения центров кристаллизации в виде тугоплавких нитридов. Поэтому азотизация металла шва способствует повышению их стойкости против горячих трещин.

Высокоосновные флюсы и шлаки, рафинируя металл шва и иногда модифицируя его структуру, повышают стойкость против горячих трещин. Механизированные способы сварки, обеспечивая равномерное проплавление основного металла по длине шва и постоянство термического цикла сварки, позволяют получить и более стабильные структуры на всей длине сварного соединения;

3) применением технологических приемов, направленных на изменение формы сварочной ванны и направления роста кристаллов аустенита. Действие растягивающих сил, перпендикулярное направлению роста столбчатых кристаллов, увеличивает вероятность образования горячих трещин. При механизированных способах сварки тонкими электродными проволоками поперечные колебания электрода, изменяя схему кристаллизации металла шва, позволяют уменьшить его склонность к горячим трещинам;

4) уменьшением силового фактора, возникающего в результате термического цикла сварки, усадочных деформаций и жесткости закрепления свариваемых кромок. Снижение его действия достигается ограничением силы сварочного тока, заполнением разделки швами небольшой сечения и применением соответствующих конструкций разделок. Этому же способствует хорошая заделка кратера при обрыве дуги.

Кроме перечисленных общих особенностей сварки высоколегированных сталей и сплавов, есть специфические особенности, определяемые их служебным назначением. При сварке жаропрочных и жаростойких сталей обеспечение требуемых свойств во многих случаях достигается термообработкой (аустенизацией) при температуре 1050 ... 1110°C, снимающей остаточные сварочные напряжения, с последующим стабилизирующим отпуском при температуре 750 ... 800 °C.

Свариваемость хромоникелевых аустенитных сталей определяют с помощью структурной диаграммы Шеффлера по эквивалентным концентрациям хрома и никеля [4]. Эквивалентное содержание хрома и никеля в металле шва стали 08X14H5M2ДЛ определяют по формулам:

$$Cr_3 = \%Cr + \%1,5 \cdot Si + 0,5 \cdot \%Nb + \%Mo + 0,5 \cdot \%V + 4,0 \cdot Ti, \quad (1)$$

$$Ni_3 = \%Ni + 30 \cdot \%C + 30 \cdot \%N + 0,5 \cdot \%Mn, \quad (2)$$

где Cr, Si, Nb, V, Mo, Ti, Ni, C, N, Mn - процентное содержание элементов в металле шва (см. таблицу 2).

$$Cr_3 = 24,7 + 1,5 \cdot 2,5 + 0,5 \cdot 0,9 + 4 \cdot 0,23 = 29,82 \%,$$

$$Ni_3 = 34,8 + 30 \cdot 0,44 = 48 \%.$$

При помощи диаграммы Шеффлера (рисунок 2) определяем примерный тип микроструктуры сварного шва.

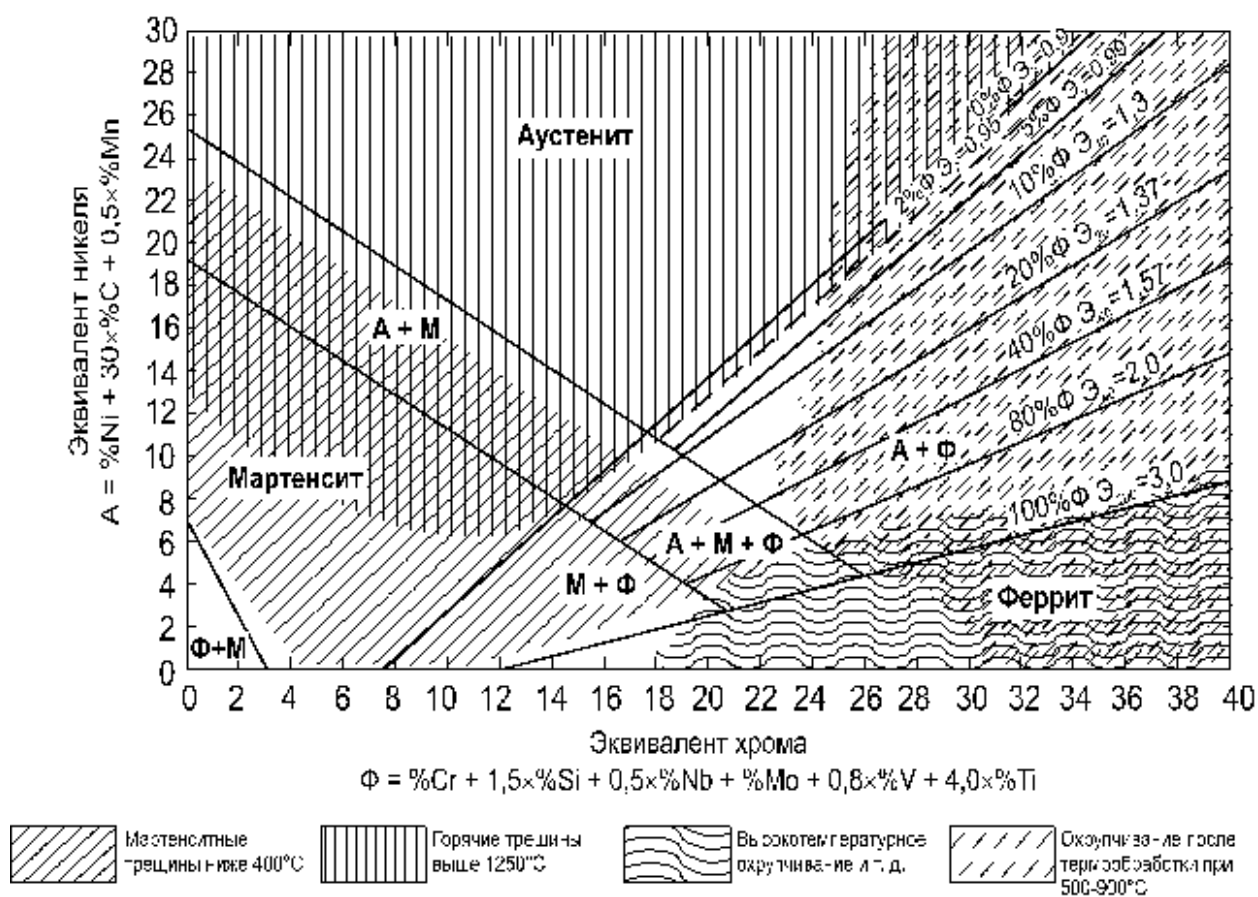


Рисунок 2 – Диаграмма Шеффлера

Микроструктура сварного шва – аустенитенитная.

2 Анализ существующих методов сварки

2.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами

Ручная дуговая сварка покрытыми электродами (ГОСТ 5264-80) является наиболее распространённым способом сварки сталей.

К электроду и свариваемому изделию для образования и поддержания сварочной дуги от источников сварочного тока подводится постоянный или переменный сварочный ток. Электрическая дуга постоянного тока более стабильна, кроме того, эту сварку можно проводить при прямой или обратной полярности, присоединяя в первом случае к детали плюс источника энергии, а к электроду минус, а в другом случае - наоборот.

Обратная полярность позволяет уменьшить глубину проплавления детали, поскольку на положительном электроде выделяется тепла на 20 % больше, нежели на отрицательном. Поэтому детали толщиной менее 3 мм необходимо сваривать постоянным током обратной полярности, чтобы избежать прожогов.

Источниками постоянного тока при ручной сварке являются преобразователи, выпрямители и агрегаты, источниками переменного тока - сварочные трансформаторы.

Дуга расплавляет металлический стержень электрода, его покрытие и основной металл. Расплавившийся металлический стержень электрода в виде отдельных капель, покрытых шлаком, переходят в сварочную ванну.

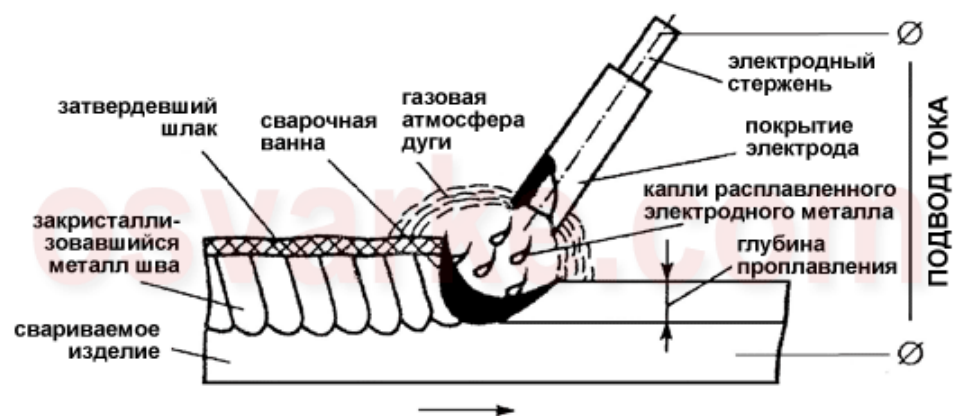


Рисунок 3 – Схема ручной дуговой сварки

В сварочной ванне электродный металл смешивается с металлом изделия (основным металлом), а расплавленный шлак всплывает на поверхность. Кристаллизация металла сварочной ванны по мере удаления дуги приводит к образованию шва, соединяющего свариваемые детали.

Перемещение электрода в процессе сварки и подачу электродного металла осуществляют вручную. При этом возникают трудности, связанные с поддержанием постоянства длины дуги. Колебание дугового промежутка отражаются на основных параметрах режима - величине тока и напряжении. На глубину проплавления металла и скорость расплавления электрода особенно большое влияние оказывает изменение тока. Рациональная область применения ручной дуговой сварки покрытыми электродами – изготовление конструкций из металлов с толщиной соединяемых элементов более 2мм при небольшой протяжённости швов, расположенных в труднодоступных местах, и различных пространственных положениях.

Достоинства:

- простота и доступность;
- возможность сварки в труднодоступных местах и во всех пространственных положениях;
- возможность сварки в монтажных условиях;
- большой спектр свариваемых материалов;
- значительный спектр толщин (от двух мм и выше).

Недостатки:

- низкая производительность;
- большой расход материалов на разбрызгивание и огарки;
- самый тяжелый способ по технике исполнения;
- многофакторность качества;
- тяжелые условия труда сварщика;
- резкая структурная и механическая неоднородность металла шва.

2.2 Механизированная сварка в среде защитных газов

Сварка в защитных газах нашла широкое применение в промышленности. Этим способом можно соединять вручную, полуавтоматически или автоматически в различных пространственных положениях разнообразные металлы и сплавы толщиной от десятых долей до десятков миллиметров.

Сущность способа: При сварке в зону дуги через сопло непрерывно подается защитный газ. Теплотой дуги расплавляется основной металл, если сварку ведут плавящимся электродом расплавляется и электродная проволока. Расплавленный металл сварочной ванны, кристаллизуясь образует шов.

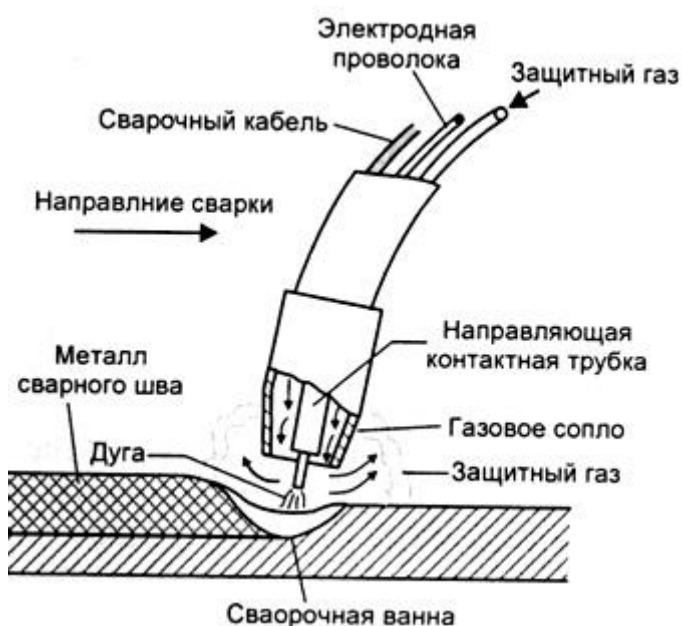


Рисунок 4 – Схема механизированной сварки в защитных газах плавящимся электродом

Образование шва происходит за счет расплавления кромок основного металла и сварочной проволоки. В качестве защитных газов применяют инертные (аргон и гелий) и активные (углекислый газ, водород, кислород, и азот) газы, а также их смеси.

По сравнению с другими способами сварка в защитных газах обладает рядом преимуществ:

- высокая производительность;
- высокая проплавливающая способность;

- значительный спектр свариваемых материалов;
- сварка во всех пространственных положениях;
- отсутствие на поверхности ванны шлака;
- легкая техника сварки.

К недостаткам способа относится:

- более сложное сварочное оборудование;
- невозможность использования данного метода в условиях монтажа из-за сквозняка, ветра, дождя;
- при определенных режимах сварки возникают сложности с удалением брызг расплавленного металла.

3 Выбор сварочных материалов

3.1 Материалы для ручной дуговой сварки

Сварочными или присадочными, называют материалы, обеспечивающие возможность протекания сварочных процессов и получения качественного соединения основного металла.

Выбор типа электрода для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами производится по ГОСТ 10052-75. Для сварки стали 45Х25Н35СБ подходят типы электродов Э-10Х20Н9Г6С и Э-28Х24Н16Г6, этому типу соответствует две марки электродов ГС-1 и ОЗЛ-9А. Охарактеризуем применяемые электроды.

ГС-1 – электроды, предназначенные для сварки конструкций из жаростойких сталей марок 20Х20Н14С2, 20Х25Н20С2 и 45Х25Н20С2 и им подобных, работающих в науглероживающих средах при температуре до 1000°С, а также сварка корневого и облицовочного слоев, обращенных в сторону рабочей среды, в конструкциях из сталей тех же марок больших толщин. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности.

Характеристика электродов ГС 1:

- покрытие – основное;
- коэффициент наплавки – 10,5 г/А·ч;
- производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) – 1,3 кг/ч;
- расход электродов на 1 кг наплавленного металла – 1,7 кг.

ОЗЛ 9А – электроды предназначенные для сварки конструкций из жаростойких сталей марок 12Х25Н16Г7АР, 45Х25Н20С2, Х18Н35С2 и им подобных, работающих в окислительных средах при температуре до 1050°С и в науглероживающих средах при температуре до 1000°С. Возможна сварка сталей марок 20Х23Н13 и 20Х23Н18. Сварка в нижнем, вертикальном и ограниченно потолочном положениях шва постоянным током обратной полярности.

Характеристика электродов ОЗЛ 9А:

- покрытие – рутилово-основное;
- коэффициент наплавки – 13,5 г/А·ч;
- производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) – 1,6 кг/ч;
- расход электродов на 1 кг наплавленного металла – 1,7 кг.

С учётом технологических характеристик, представленных выше, выбираем электроды марки ОЗЛ 9А. Существенным достоинством электродов марки ОЗЛ 9А является производительность и коэффициент наплавки.

Таблица 3 – Типичный химический состав наплавленного металла электродами ОЗЛ 9А

	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	S, %	P, %
ОЗЛ 9А	0,28	0,3	0,54	24,8	16,5	0,008	0,018

Таблица 4 – Типичные механические свойства наплавленного металла электродами ОЗЛ 9А

	σ_b , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %	KCU, Дж/см ²
ОЗЛ 9А	690	460	32	130

Особые свойства электродов ОЗЛ 9А

Обеспечивают получение металла шва с достаточной жаростойкостью (глубина окисления при температуре 1050°C за 1000 ч составляет 0,15 мм) и высокой жаропрочностью (длительная прочность 15 МПа при температуре 1000°C за 700 ч).

3.2 Материалы для механизированной сварки в среде защитных газов

При сварке высоколегированных сталей не обязательно подвергать металлургической обработке металл шва, так как эти сплавы являются хорошо раскисленными. Качественные швы получаются на этих сплавах при сварке в инертных газах, обеспечивающих максимальное усвоение швом легирующих элементов основного и присадочного материалов. Из этого делаем вывод, что в качестве защитного газа используем аргон высшего сорта по ГОСТ 10157-79, химический состав которого приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Химический состав аргона высшего сорта по ГОСТ 10157 - 79

Ar, %, не менее	O ₂ , %, не более	N ₂ , %, не более	CO ₂ , %, не более	Содержание водяных паров, %, не более	Температура насыщения, К, не более
99,992	0,0007	0,006	0,0005	0,01	215

Согласно рекомендациям [1], применяем проволоку Св-08Х25Н40М7, состав которой указан в таблице 6.

Таблица 6 – Химический состав сварочной проволоки Св-08Х25Н40М7 по ГОСТ 2246-70

C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Mo, %	S, %	P, %
0,08-0,12	<0,6	1,0-2,0	23,0-25,0	39,0-41,0	6,5-7,5	<0,018	<0,025

4 Расчёт режимов сварки

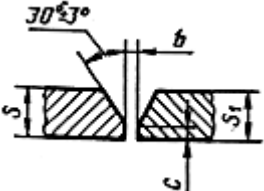
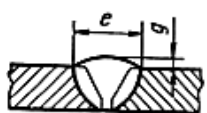
4.1 Расчёт режимов ручной дуговой сварки

Режимом сварки называют совокупность основных и дополнительных характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных швов заданных размеров, формы и качества.

При дуговой сварке покрытыми электродами основными параметрами режима сварки являются: диаметр электрода, сила сварочного тока, напряжение дуги, площадь поперечного сечения шва, выполняемого за один проход, число проходов, род и полярность тока и др.

Расчет режимов сварки следует начать с определения геометрических размеров шва. Геометрию шва и разделки кромок для труб выбирают согласно ГОСТ 16037-80.

Таблица 7 – Конструктивные элементы сварного соединения по ГОСТ 16037-80

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		b , мм	e , мм	c , мм	g , мм
	Подготовленных кромок свариваемых деталей	Сварного шва				
C17			$2^{+1,0}$	21^{+4}	$1,0 \pm 0,5$	$2,0^{+2,0}_{-1,5}$

Для определения числа проходов найдем общую площадь поперечного сечения наплавленного металла. Площадь наплавки обычно находят как сумму площадей элементарных геометрических фигур:

$$F_n = h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha + b \cdot S + 0,75 \cdot g \cdot e, \quad (5)$$

где S , b , e , g , α – размеры конструктивных элементов сварного соединения.

$$F_n = 13^2 \cdot \operatorname{tg} 30 + 2 \cdot 14 + 0,75 \cdot 2 \cdot 21 = 157 \text{ мм}^2,$$

Общую площадь поперечного сечения наплавленного и проплавленного металлов найдем по формуле:

$$F = 0,73 \cdot e \cdot (S + g), \quad (6)$$

$$F = 0,73 \cdot 21 \cdot (14 + 2) = 245 \text{ мм}^2$$

Находим площадь поперечного сечения проплавленного металла по формуле:

$$F_{пп} = F - F_H, \quad (7)$$

$$F_{пп} = 245 - 157 = 88 \text{ мм}^2$$

Сварку выполняем электродами диаметром 3 мм.

Воспользуемся формулой, описанной в [5], для определения площади поперечного сечения первого прохода:

$$F_1 = (6 \dots 8) \cdot d_э, \quad (8)$$

где $d_э$ – диаметр электрода, мм;

$$F_1 = 6 \cdot 3 = 18 \text{ мм}^2,$$

принимаем площадь наплавленного металла для первого прохода $F_1 = 18 \text{ мм}^2$.

Для определения площади поперечного сечения последующих проходов:

$$F_n = (8 \dots 12) \cdot d_э, \quad (9)$$

$$F_n = 12 \cdot 3 = 36 \text{ мм}^2,$$

принимаем площадь наплавленного металла для последующих проходов $F_n = 36 \text{ мм}^2$.

Число проходов рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{F_H - F_1}{F_n} + 1 = \frac{157 - 18}{36} + 1 = 4,9, \quad (10)$$

назначаем пять проходов.

Расчёт силы сварочного тока при сварке покрытыми электродами производится по диаметру электрода и допускаемой плотности тока [5]:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4} \cdot j, \quad (11)$$

где $d_э$ - диаметр электродного стержня, мм;

j – допускаемая плотность тока, А/мм².

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} \cdot (14 \dots 20) = 99 \dots 141 \text{ А},$$

принимаем, согласно рекомендации [4], $I_{св} = 110 \text{ А}$.

Для приближённого расчёта напряжения на дуге воспользуемся выражением:

$$U_{\delta} = 20 + 0,04 \cdot I_{св} = 20 + 0,04 \cdot 110 = 24,4 \text{ В}, \quad (12)$$

принимаем $U_{\delta} = 24 \text{ В}$.

Скорость дуговой сварки покрытыми электродами обычно задается и контролируется косвенно по необходимым размерам получаемого шва и может быть определена по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, \quad (13)$$

где α_n – коэффициент наплавки, г/А·ч;

F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход, см²;

γ – плотность наплавленного металла за данный проход, г/см³ (для высоколегированной стали $\gamma = 7,9 \text{ г/см}^3$).

Подставляем значения в формулу (13) и получаем для корня шва:

$$V_{св} = \frac{13,5 \cdot 110}{3600 \cdot 7,9 \cdot 18 \cdot 10^{-2}} = 0,29 \text{ см / с} = 10,4 \text{ м / ч}.$$

Подставляем значения в формулу (13) и получаем для последующих проходов:

$$V_{св} = \frac{13,5 \cdot 110}{3600 \cdot 7,9 \cdot 36 \cdot 10^{-2}} = 0,15 \text{ см / с} = 5,3 \text{ м / ч}.$$

Значение погонной энергии определяет количество энергии, вводимое в единицу длины шва:

$$q_n = \frac{q_{эф}}{V_{св}} = \frac{I_{св} \cdot U_{\delta} \cdot \eta_u}{V_{св}}, \quad (14)$$

где $q_{эф}$ – эффективная тепловая мощность сварочной дуги, Дж;

$I_{св}$ – ток сварочной дуги, А;

U_0 – напряжений на дуге, В;

η_u – эффективный КПД нагрева изделия дугой, для дуговых методов сварки находится в пределах 0,6...0,9: покрытыми электродами на постоянном токе 0,75...0,85;

$V_{св}$ – скорость перемещения сварочной дуги, см/с.

Подставляем значения в формулу (14) и получаем для корня шва:

$$q_n = \frac{110 \cdot 24 \cdot 0,8}{0,29} = 7283 \text{ Дж / см.}$$

Подставляем значения в формулу (14) и получаем для последующих проходов:

$$q_n = \frac{110 \cdot 24 \cdot 0,8}{0,15} = 14080 \text{ Дж / см.}$$

Максимальную температуру на расстоянии r рассчитывают по формуле изложенной в [4]:

$$T_{\max} = \frac{2 \cdot q}{\pi \cdot V \cdot c \cdot \rho \cdot r_0^2}, \quad (15)$$

где q – эффективная тепловая мощность источника, Вт;

V – скорость сварки, см/с;

$c \cdot \rho = 4,9 \text{ Дж/см}^3 \cdot \text{град}$ – объемная теплоемкость;

r_0 – расстояние до изотермы плавления $T_{пл}$.

Отсюда расстояние r до изотермы $T_{пл}$:

$$r = 0,005588 \sqrt{q_n},$$

$$r = 0,005588 \cdot \sqrt{7283} = 0,48 \text{ см}$$

При ручной дуговой сварке глубина провара:

$$H_{пр} = (0,5-0,7) \cdot r, \quad (16)$$

$$H_{пр} = (0,5-0,7) \cdot 0,48 = 0,24-0,34 \text{ см}$$

принимаем глубину провара равной 0,3 см;

4.2 Расчёт режимов и размеров шва сварки в защитном газе плавящимся электродом

К основным параметрам режима механизированной дуговой сварки в защитных газах плавящимся электродом, определяемых расчётом, относятся: сварочный ток, напряжение на дуге, скорость сварки, диаметр и скорость подачи электродной проволоки. Основные параметры: защитная среда (газовая, шлаковая, газосшлаковая), род тока, полярность устанавливают, исходя из условий сварки конкретного изделия.

Для сварки данного соединения, выбираем тип соединения С17 с разделкой кромок. Геометрия шва и разделка кромок выбирается согласно ГОСТ 16037-80 (таблица 7).

Для определения числа проходов найдем общую площадь поперечного сечения наплавленного металла по формуле (5):

$$F_H = 13^2 \cdot \operatorname{tg} 30 + 2 \cdot 14 + 0,75 \cdot 2 \cdot 21 = 157 \text{ мм}^2,$$

Общую площадь поперечного сечения наплавленного и расплавленного металлов найдем по формуле (6):

$$F = 0,73 \cdot 21 \cdot (14 + 2) = 245 \text{ мм}^2.$$

Находим площадь поперечного сечения проплавленного металла по формуле (7):

$$F_{\text{пр}} = F - F_H = 245 - 157 = 88 \text{ мм}^2$$

При расчёте параметров режима сварки следует учесть рекомендации по количеству наплавленного металла за один проход. Так при сварке в среде защитных газов электродной проволокой диаметром 1,2...1,4 мм площадь поперечного сечения первого прохода 20...30 мм², второго 30...60 мм², последующих 40...70 мм² [2]

Принимаем площадь наплавленного металла за один проход равной для первого прохода $F_1 = 30 \text{ мм}^2$, для второго прохода $F_2 = 60 \text{ мм}^2$, для третьего прохода $F_3 = 67 \text{ мм}^2$.

Согласно рекомендациям [2], принимаем плотность сварочного тока $j = 200 \text{ A/mm}^2$, и диаметр электродной проволоки $d_э = 1,2 \text{ мм}$.

Силу сварочного тока $I_{св}$ рассчитаем по формуле (11):

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 200 = 226 \text{ A},$$

принимаем согласно рекомендации [4], $I_{св} = 230 \text{ A}$.

Определяем оптимальное напряжение дуги

$$U_д = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_э}} \cdot I_{св} \pm 1, \quad (17)$$

$$U_д = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 230 \pm 1 = 27 \pm 1 \text{ В}$$

принимаем напряжение $U_д = 27 \text{ В}$.

Определим коэффициент формы провара:

$$\psi_{np} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_э \cdot U_д}{I_{св}}, \quad (18)$$

$$\psi_{np} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 230) \cdot \frac{1,2 \cdot 27}{230} = 2,1$$

Для механизированной сварки значения ψ_{np} должны составлять $0,8 \dots 4,0$, в нашем случае, значение коэффициента находится в данном интервале, следовательно, режимы подобраны верно.

Определим скорость сварки по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, \quad (19)$$

где α_n – коэффициент наплавки.

Для определения коэффициента наплавки α_n при механизированных способах сварки воспользуемся следующей формулой:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi), \quad (20)$$

где ψ – коэффициент потерь, который определяется по формуле:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2. \quad (21)$$

Подставим известные значения плотности тока j в формулу (21), получим:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 200 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 200^2 = 12,56 \text{ \%}.$$

Для того чтобы определить коэффициент наплавки нам необходимо рассчитать коэффициент расплавления α_p по формуле:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{св}} \cdot \frac{l_g}{d_g^2}, \quad (22)$$

где l_g - вылет электрода; величину вылета электрода l_g принимаем 1,5 см, согласно рекомендации [5].

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{230} \cdot \frac{1,5}{0,12^2} = 13,9 \text{ \%} / A \cdot ч$$

Тогда коэффициента наплавки α_n согласно формуле (20):

$$\alpha_n = 13,9 \cdot (1 - 0,1256) = 12,2 \text{ \%} / A \cdot ч.$$

Скорость сварки по формуле (19) получаем:

а) для первого прохода:

$$V_{св} = \frac{12,2 \cdot 230}{3600 \cdot 7,9 \cdot 0,3} \approx 0,33 \text{ см} / \text{с} = 11,8 \text{ м} / \text{ч},$$

б) для второго прохода:

$$V_{св} = \frac{12,2 \cdot 230}{3600 \cdot 7,9 \cdot 0,6} \approx 0,16 \text{ см} / \text{с} = 5,9 \text{ м} / \text{ч},$$

в) для третьего прохода:

$$V_{св} = \frac{12,2 \cdot 230}{3600 \cdot 7,9 \cdot 0,67} \approx 0,15 \text{ см} / \text{с} = 5,3 \text{ м} / \text{ч}.$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле:

$$V_{нэл} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{эл}}, \quad (23)$$

где $F_{эл}$ – площадь поперечного сечения электрода, см²;

γ – плотность электродного металла, г/см³.

$$V_{нэл} = \frac{13,9 \cdot 230}{3600 \cdot 7,9 \cdot 1,13 \cdot 10^{-2}} \approx 9,9 \text{ см} / \text{с} = 358 \text{ м} / \text{ч},$$

Погонная энергия рассчитывается по формуле:

а) для первого прохода:

$$q_n = \frac{\eta_u \cdot I_{св} \cdot U_d}{V_{св}}, \quad (24)$$

где η_u – эффективный коэффициент полезного действия нагрева изделия дугой, который при сварке в защитном газе составляет 0,8...0.84, принимаем $\eta_u = 0,82$.

$$q_n = \frac{0,82 \cdot 230 \cdot 27}{0,33} = 15430 \text{ Дж/см}$$

б) для второго прохода:

$$q_n = \frac{0,82 \cdot 230 \cdot 27}{0,16} = 31826 \text{ Дж/см},$$

в) для третьего прохода:

$$q_n = \frac{0,82 \cdot 230 \cdot 27}{0,15} = 33948 \text{ Дж/см}.$$

Для проверки правильности расчётов при сварке в углекислом газе определяем глубину проплавления, подставив полученные значения параметров режима в формулу:

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{np} \cdot V_{св}}}, \quad (25)$$

где q_n - погонная энергия.

Подставим полученные значения в формулу (25) и получаем значение глубины провара для первого прохода:

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{15430}{2,1}} = 0,65 \text{ см}.$$

Подставим полученные значения в формулу (25) и получаем значение глубины провара для второго прохода:

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{31826}{2,1}} = 0,93 \text{ см}.$$

Подставим полученные значения в формулу (25) и получаем значение глубины провара для третьего прохода:

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{33948}{2,1}} = 0,96 \text{ см}.$$

5 Обоснование выбора основного сварочного оборудования

5.1 Оборудование для ручной дуговой сварки

Рассмотрим для сравнения 2 сварочных аппарата ручной дуговой сварки NEON и Сварог ARC 315 и произведем выбор.

NEON - сварочный аппарат постоянного тока предназначен для ручной дуговой сварки с возможностью подключения аргонодуговой сварки неплавящимся электродом.

Преимущества аппаратов NEON:

- применение вне помещения и при любой температуре (-40С до +40С);
- легкость настройки и работы;
- защита от замыкания;
- горячий старт;
- высокое энергосбережение.

Сварочный аппарат Сварог ARC 315 инверторного типа предназначен для ручной дуговой сварки и наплавки штучным электродом на постоянном токе стальных изделий в производственных и бытовых условиях. Аппарат произведен на базе современной инверторной технологии с использованием мощных транзисторов MOSFET и применению принципа широтно-импульсной модуляции (PWM). Он отличается стабильной, надежной и эффективной работой, портативностью и низким уровнем шума в процессе сварки. Особенности аппарата ARC 315 это - высокий КПД, низкий уровень потребления энергии, мобильность, превосходные динамические свойства, стабильность горения дуги, низкий уровень напряжения холостого хода, саморегулирование мощности дуги, способность удовлетворять различным требованиям к сварке.

Преимущества аппаратов Сварог ARC 315:

- автоматическая защита от перепадов напряжения и тока;
- хороший поджиг дуги, функция ARC FORCE, автокомпенсация к перепадам сети, защита от перегрева;

- высокое качество работ, глубокая сварочная ванна, минимальное разбрызгивание металла;
- аппарат эффективно используется в ремонтных работах различного уровня, монтажных работах в строительстве, в индивидуальном хозяйстве и профессиональной сварке;
- высокая надежность в работе, удобство в эксплуатации и сервисном обслуживании.

Таблица 8 – Основные технические характеристики сварочных инверторов

Наименование параметров	NEON	Сварог ARC 315
		
Напряжение питающей сети, В	380	380
Частота питающей сети, Гц	50/60	50/60
Потребляемая мощность, кВт	От 0,7 до 11,4	12,8
Продолжительность нагрузки, %	80	60
Номинальный сварочный ток, А	300	315
Пределы регулирования тока, А	40-300	20-315
Класс изоляции	F	F
Степень защиты	IP23	IP23
Тип охлаждения	Принудит. воздушное	Принудит. воздушное
Диаметр электрода, мм	1,6-7	1,6-6
КПД, %	90	85
Габаритные размеры	170x220x400	560x300x490
Масса, кг	11,5	22

Для нашего случая наиболее подходит сварочный аппарат инверторного типа NEON, он полностью удовлетворяет рассчитанным режимам сварки.

5.2 Оборудование для механизированной сварки в среде защитных газов плавящимся электродом

Для данного способа сварки, рассмотрим полуавтоматы BlueWeld MEGAMIG 500S и ВДУ-506П с ПДГ-505.

Сварочный полуавтомат BlueWeld MEGAMIG 500S – подходит для применения в промышленности с различными типами материалов: сталь, нержавеющая сталь, высокопрочная сталь, алюминий.

Сварочный полуавтомат для сварки электродной проволокой в среде защитного газа (MIG-MAG) или самозащитной порошковой проволокой (без газа) со съёмным устройством подачи проволоки

Особенности:

- повышенная прочность
- большое количество регулировок напряжения дуги
- регулирование времени точечной сварки
- две позиции реактивного сопротивления
- термостатическая защита.

В комплект поставки входят принадлежности для сварки MIG-MAG. Аппарат с индексом R.A. оснащён водяным охлаждением.

Таблица 9 – Технические характеристики сварочного полуавтомата BlueWeld MEGAMIG 500S

	Значение
Напряжение питания, В	3x380
Мощность при нагрузке 60%, кВт	10
Максимальная мощность, кВт	25
Пределы регулирования сварочного тока, А	50-500
Нагрузка в % от максимальной	25
Сварочный ток при нагрузке в % от максимального	500
Максимальный ток при нагрузке 60%	280
Применяемая сварочная проволока, Ø, мм	0,6-2,0
Скорость подачи проволоки, м/ч	50-1200
Габариты подающего механизма, мм, не более	945x565x83
Масса, кг	128

Выпрямитель дуговой универсальный ВДУ-506П, предназначен: для ручной дуговой сварки и резки углеродистых, легированных и коррозионностойких сталей на постоянном токе (ММА-DC) штучными электродами с основным и целлюлозным покрытием диаметром 2-6 мм; для однопостовой сварке в среде защитных газов и их смесях сварочной проволокой диаметром 0,8-1,6 мм (MIG-MAG).

Комплектуется подающим механизмом ПДГ-505 для сварки в среде защитных газов и их смесях.

Таблица 10 – Технические характеристики выпрямителя ВДУ-506П

Наименование параметра	Значение
Напряжение питающей сети, В	3х380
Номинальная частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, при ПН=60% и длительности цикла 10 мин., А	500
Регулирование сварочного тока	Плавно-ступенчатое
Пределы регулирования сварочного тока, А	90-500
Напряжение холостого хода, не более, В	60
Пределы регулирования рабочего напряжения, В	16,3-39
Первичный фазный ток при номинальном сварочном токе, не более, А	46
Максимальная потребляемая мощность, не более, кВА	30
Габариты, мм, не более	680х500х680
Масса, кг, не более	177

Данные подающего механизма ПДГ-505 рассмотрены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики подающего механизма ПДГ-505

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания подающего механизма, В	27
Номинальная частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, при ПН=20% и длительности цикла 10 мин., А	500
Регулирование сварочного тока плавно-ступенчатое:	
-1 ^я ступень, А	35-300
-2 ^я ступень, А	200-500
Скорость подачи проволоки, м/мин	60-900

Применяемая сварочная проволока, Ø, мм	
-сплошная	0,8-1,6
-порошковая	1,2-3,2
Емкость катушки для сварочной проволоки, кг	5,15
Расход защитного газа, л/ч	5-18
Количество подающих роликов, шт	4
Габариты подающего механизма, мм, не более	215x485x600
Масса подающего механизма, кг, не более	22

Выбираем сварочный полуавтомат BlueWeld MEGAMIG 500S, т.к. это более новая и совершенная модель, к тому же он более компактный и имеет меньшую массу.

6 Особенности технологии и техники сварки и сборки конструкции

На качество сварного соединения влияют подготовка кромок труб к сварке и качество сборки стыков.

Перед сборкой труб необходимо очистить внутреннюю полость труб и трубных деталей от попавшего внутрь грунта, грязи, снега, а также очистить до металлического блеска кромки и прилегающие к ним внутреннюю и наружную поверхности труб и соединительных деталей. Ширина зачищенных участков, считая от кромки разделки, должна быть не менее 20 мм с наружной и не менее 10 мм с внутренней стороны детали, [9].

Очистку свариваемых кромок производят следующим образом. Масло и органические покрытия удаляют бензином или специальным растворителем. От грязи и ржавчины кромки очищают с помощью стальных щеток или абразивных кругов.

Для правки свариваемых концов труб применяют различные приспособления механического, гидравлического и пневматического типов. Большое распространение получили расширители, состоящие из гидравлического домкрата с радиальными колодками, вставляемыми внутрь трубы. С помощью ручного насоса повышают давление в цилиндре домкрата, в результате чего колодки раздвигаются и, упираясь в стенки трубы, выпрямляют их.

При выявлении забоин и задиrow на фасках глубиной до 2,0 мм, их шлифуют с помощью зачистной машинки. Забоины и задиры на фасках глубиной до 5,0 мм заплавляются узкими ниточными валиками, а затем шлифовальной машинкой или напильником выполняют скос кромок с притуплением. Подготовленные к сборке кромки должны быть без вырывов, заусенцев, резких переходов и острых углов, [9].

Сборка стыков под сварку заключается в совмещении кромок труб таким образом, чтобы совпадали поверхности свариваемых труб и не была нарушена ось нитки трубопровода. Зазор между кромками должен быть одинаковый по всему контуру свариваемого шва. Сборка и центровка могут быть выполнены

вручную, но такой способ очень трудоемкий и не дает требуемой точности. В практике применяют приспособления, называемые центраторами. Для сборки стыков магистральных труб большого диаметра применяют внутренние центраторы, которые базируют сборку по внутренней поверхности труб. Наружные центраторы базируют сборку по наружной поверхности труб и поэтому более просты по конструкции.

Прихватки необходимо выполнять с полным проваром и по возможности переваривать при наложении основного шва.

К качеству прихваток предъявляются такие же требования, как и сварному шву. Прихватки, имеющие недопустимые дефекты, обнаруженные при визуальном контроле, следует удалять механическим способом.

Прихваточные швы должны быть равномерно расположены по периметру стыка. Не рекомендуется накладывать прихватки на потолочный участок стыка.

Число прихваток и их протяженность зависят от диаметра труб. При диаметре трубы менее 159 мм стыки прихватывают сварными швами длиной 30...40 мм, высотой не менее 3 мм, количество прихваток две. [8] Схема расположения прихваток показана на рисунке 5.

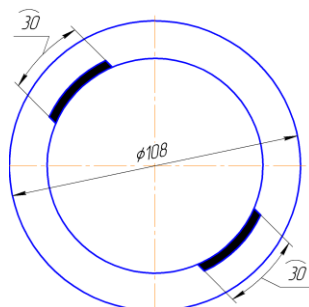


Рисунок 5 – Схема расположения прихваток

После выполнения прихваток их следует зачищать. Начальный и конечный участки каждой из них следует обработать шлифовальным кругом.

Сварку стыков труб рекомендуется начинать сразу после прихватки.

Так как ручная дуговая сварка выполняется за несколько проходов, то шов разбивать на участки необходимо с таким расчетом, чтобы стыки участков («замки» швов) в соседних слоях не совпадали, а были смещены

один относительно другого, и каждый последующий участок перекрывал предыдущий. Размер смещения и перекрытия a (рисунок 6) при ручной дуговой сварке должен быть не менее 12-18 мм.

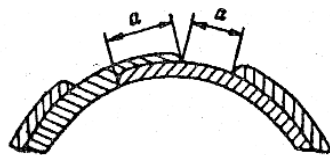


Рисунок 6 – Схема наложения «замков» швов

Согласно рекомендации [1], необходим предварительный подогрев, и после сварочная термическая обработка – отжиг.

Таблица 12 – Температура термической обработки

Номер прохода	Температура подогрева	Температура отжига
1	750	950
2	750	500
3	750	Без ТО

Сварку в среде защитных газов будем выполнять без поворота свариваемых стыков, подготовка свариваемых кромок и порядок наложения прихваток аналогичен ручной дуговой сварке.

Вертикальные неповоротные стыки сваривают в направлении снизу вверх. Начиная сварку слоя в потолочной части стыка, следует отступить на 10...30 мм от нижней точки. Порядок выполнения неповоротного стыка труб показан на рисунке 7.

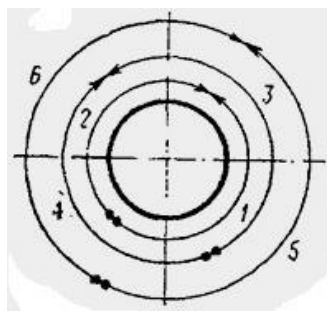


Рисунок 7 – Порядок наложения слоев шва при ручной дуговой сварке:

1-6 – последовательность наложения участков

Сборка и сварка проводилась в соответствии с комплектом технологической документации ФЮРА.200000.023.

7 Методы и объем контроля сварных соединений радиантных труб

Для контроля сварных соединений радиантных труб печей пиролиза применяются следующие методы:

- визуально-измерительный контроль;
- ультразвуковой контроль;
- радиографический контроль;
- испытание на герметичность.

7.1 Визуально-измерительный контроль

Визуальному контролю подвергаются все законченные сварные соединения в объеме 100%. Перед визуальным контролем сварные швы и прилегающая к ним поверхность основного металла шириной не менее 20 мм (по обе стороны шва) должны быть очищены от шлака, брызг расплавленного металла, окалины и других загрязнений.

Визуальный контроль производится невооруженным глазом или с помощью лупы 4–7 кратного увеличения для участков, требующих уточнения характеристик обнаруженных дефектов, с применением, при необходимости, переносного источника света.

Недопустимыми дефектами, выявленными при визуальном контроле сварных соединений, являются:

- трещины всех видов и направлений;
- непровары (несплавления) между основным металлом и швом, а также между валиками шва;
- наплывы (натеки) и брызги металла;
- незаваренные кратеры;
- свищи;
- прожоги;
- скопления и включения пор.

Выявленные при визуальном и измерительном контроле дефекты, которые могут быть исправлены (удалены) без последующей заварки выборок, должны быть исправлены до проведения контроля другими методами.

Измерительный контроль сварных соединений (определении размеров швов, смещения кромок, перелом осей, углублений между валиками, чешуйчатости поверхности швов и др.) следует выполнять в местах, где допустимость этих показателей вызывает сомнения при визуальном контроле, если в ПТД нет других указаний. Размеры и форма шва проверяются с помощью универсального шаблона сварщика УШС-3, размеры дефекта с помощью мерительных инструментов.

Результаты контроля считаются удовлетворительными, если не обнаружены трещины, не заваренные прожоги и кратеры, скопления, поверхностные поры (включения), превышающие нормы, и другие дефекты, свидетельствующие о нарушении режима сварки или о недоброкачественности сварочных материалов. При обнаружении недопустимых дефектов вопрос о продолжении сварки или способе исправления дефектов должен решать руководитель сварочных работ [3].

7.2 Ультразвуковой или радиографический контроль

Для обнаружения возможных внутренних дефектов сварные соединения подлежат ультразвуковой или радиографической дефектоскопии.

Применение других физических методов контроля, модернизированных или автоматизированных вариантов существующих, а также замену одного метода другим либо их сочетанием разрешается производить по инструкции, согласованной с Ростехнадзором.

Контроль сварного стыка трубопровода с действующей магистралью (если между ними имеется только одна отключающая задвижка или при контроле не более двух стыков, выполненных при ремонте) может производиться двумя видами контроля - радиографическим и ультразвуковым взамен гидравлического испытания.

Радиографический и ультразвуковой контроль кольцевых сварных соединений при 100%-ном контроле проводится по всему периметру стыка.

Требования к контролю сварных стыковых соединений элементов трубопроводов, расположенных под углом менее 60° к продольной оси трубопровода, должны соответствовать требованиям к продольным соединениям; для других значений угла сварные соединения рассматриваются как поперечные (кольцевые).

Ультразвуковому контролю должны подвергаться только соединения с полным проплавлением (без конструктивного непровара).

При выборочном контроле отбор контролируемых соединений должен проводиться отделом технического контроля предприятия из числа наиболее трудновыполнимых или вызывающих сомнения по результатам визуального и измерительного контроля.

Радиографический контроль производят согласно требованиям ГОСТ 7512-82 и РД 34 10.068-91.

При радиографическом контроле сварных соединений через две стенки нормы оценки качества следует принимать по тому же размерному показателю, что и при контроле через одну стенку.

Зафиксированные на радиографических снимках включения и скопления с максимальным размером менее значений минимально фиксируемого размера включения или менее требуемой чувствительности, приведенных в ГОСТ 7512-82, допускается не учитывать как при подсчете числа одиночных включений и одиночных скоплений и их суммарной приведенной площади или суммарной длины, так и при рассмотрении расстояний между включениями(скоплениями).

При ультразвуковой дефектоскопии мерой эквивалентной площади несплошностей является амплитуда отраженного от нее эхо-сигнала. Оценку эквивалентной площади осуществляют либо прямым сравнением с помощью эквивалентных отражателей, приведенных в ГОСТ 17410-78, либо с помощью

специальных АРД-диаграмм. Условная протяженность несплошности не должна превышать условную протяженность эталонного отражателя.

Качество сварных соединений труб котлов и трубопроводов пара и горячей воды по результатам радиографического и ультразвукового контроля оценивают по двух балльной системе:

балл 1 - неудовлетворительное качество (в соединении выявлены недопустимые дефекты);

балл 2 -удовлетворительное качество, если размеры и число обнаруженных в них несплошностей не превышают норм несплошности не обнаружены при заданном минимально фиксируемом размере включения или при заданном уровне чувствительности.

7.3 Испытание на герметичность

Все сварные соединения котлов и трубопроводов пара и горячей воды, на которые распространяются правила Госгортехнадзора России, проверяют на прочность и плотность гидравлическим испытанием. Пробное давление, технология проведения и оценка результатов гидравлического испытания устанавливаются соответствующими правилами Госгортехнадзора России.

Сварные соединения технологических трубопроводов, на которые распространяются ПБ03-108-96, проверяют гидравлическим или пневматическим испытанием.

Результаты гидравлического испытания считаются удовлетворительными, если манометр не показывает падение давления, а в сварных швах не обнаружено течи, «слезок» и «потения» и изделие не получило видимых остаточных деформаций.

8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

8.1 Нормирование технологического процесса

В данном разделе производится экономическая оценка двух сравниваемых способов сварки (сварки в среде защитных газов и ручной дуговой сварки покрытыми электродами) при сборки и сварки участка магистрального газопровода.

Определение норм времени для ручной дуговой сварки [27] и сварки в среде защитных газов.

Таблица 13 – Основное время для сварки в среде защитных газов и ручной дуговой сварки

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение мин/пог.м
	РДС	Сварка в CO_2	
F_n – площадь наплавленного металла, мм ²	157	157	-
γ – плотность наплавляемого металла, г/см ³	7,8	7,8	–
$I_{св}$ – сварочный ток, А 1 проход 2 проход 3 проход 4 проход 5 проход	110 110 110 110 110	230 230 230 - -	–
α_n – коэффициент наплавки, г/А·ч	9,5	11,4	–
Скорость сварки $V_{св}$, м/ч 1 проход 2 проход 3 проход 4 проход 5 проход	10,4 5,3 5,3 5,3 5,3	11,8 5,9 5,3 - -	
Расчетная формула $t_0 = \frac{60}{V_{св}}$	$t_0 = \frac{60}{10,4} + \frac{60}{5,3} + \frac{60}{5,3} + \frac{60}{5,3} + \frac{60}{5,3} = 51$	$t_0 = \frac{60}{11,8} + \frac{60}{5,9} + \frac{60}{5,3} = 27$	24

Определение основного время на сварку показало, что при сварке в CO_2 основное время меньше чем при обычной РДС, это достигается тем, что ток сварки при механизированной сварке выше, а так же меньше количество проходов.

Необходимые данные для расчета значений времени $t_{в.ш}$, $t_{в.из}$, а также коэффициента $k_{об}$ получены из [27].

Таблица 14 - Вспомогательное время, связанное со сваркой шва

Элементы работы	Сравниваемые процессы		Изменение мин/пог.м
	РДС	Сварка в CO_2	
Очистка перед сваркой, свариваемых кромок от налета ржавчины и осмотр	0,4	0,5	—
Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла	0,4	0,2	—
Откусывание огарков проволоки	-	0,1	—
Установка и смена электродов, мин	0,39		
Осмотр и промер шва	0,3	0,3	—
Удаление остатка проволоки из головки полуавтомата. Смена кассеты. Подача проволоки в головку.	-	0,25	—
Всего	1,49	1,35	0,14

Таблица 15 - Вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования

Элементы работы	Сравниваемые процессы	
	РДС	сварка в CO_2
Время на установку, мин	7,4	7,4
Снятие и транспортировка, мин	6,4	6,4
Перемещение сварщика, мин	0,2	0,2
Клеймение шва, мин	0,21	0,21
Всего	14,21	14,21

Таблица 16 - Подготовительно-заключительное время для сварки в среде CO_2 и РД сварки

Содержание работы	Вид сварки	Сложность работы	
		простая	сложн.
	Время на партию, МИН		
Получение производственного задания, документации, инструктажа мастера, получение инструмента	автоматическая	4,0	6,0
Ознакомление с работой	автоматическая	3,0	5,0
	ручная	2,0	4,0
Подготовка к работе баллона с газом, подключение и продувка шлангов	автоматическая	4,0	4,0

Установка, настройка и проверка режимов сварки	автоматическая	3,0	3,0
	ручная	1,0	1,0
Подготовка рабочего места и приспособление к работе	автоматическая	4,0	7,0
	ручная	2,0	4,0
Сдача работы	автоматическая	2,0	3,0
	ручная	2,0	3,0

Для CO_2 $t_{н.з} = 4 + 3 + 4 + 3 + 4 + 2 = 20$ мин;

Для РДС $t_{н.з} = 4 + 2 + 0 + 1 + 2 + 2 = 11$ мин.

Таблица 18 – Определим штучное время

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение мин изделие
	РДС	сварка в CO_2	
t_o – основное время на сварку, мин/м	52	42	-
$t_{виш}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на 1 пог. м шва, мин	1,49	1,35	-
l – длина шва $l = \pi \cdot d$	0,34	0,34	–
$t_{виэ}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, мин	14,21	14,21	–
$K_{об}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные потребности	1,1	1,12	–
Расчетная формула $T_{шт} = [(t_o + t_{виш}) \cdot l + t_{виэ}] K_{об}$	$T_{шт} = [(51 + 1,49) \cdot 0,34 + 14,21] \cdot 1,1 = 35$	$T_{шт} = [(27 + 1,35) \cdot 0,34 + 14,21] \cdot 1,12 = 27$	8

Таблица 19 – Размер партии

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение
	РДС	сварка в CO_2	
$T_{см}$ – продолжительность одной рабочей смены	8	8	–
$T_{шт}$ – штучное время	35	27	33
Расчетная формула $n = \frac{T_{см} \cdot 60}{T_{шт}}$	$n = \frac{8 \cdot 60}{35} \approx 14$ шт	$n = \frac{8 \cdot 60}{27} \approx 18$ шт	-4

Изменение произошло из-за основного времени на сварку и вспомогательного времени, связанного со свариваемым швом [27].

Таблица 20 – Штучно – калькуляционное время

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение мин изделие
	РДС	сварка в CO_2	
$T_{шт}$ – штучное время	35	27	-
$t_{пз}$ – подготовительно – заключительное время	11	20	–
n – размер партии	14	18	-
Расчетная формула $T_{шк} = T_{шт} + \frac{t_{пз}}{n}$	$T_{шк} = T_{шт} + \frac{t_{пз}}{n} =$ $35 + \frac{11}{14} = 36$	$T_{шк} = T_{шт} + \frac{t_{пз}}{n} =$ $27 + \frac{20}{18} = 28$	-8

Изменение произошло из-за штучного времени и размера партии.

Таблица 21 – Масса наплавленного металла шва

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение кг
	РДС	сварка в CO_2	
F_n – площадь наплавленного металла, см ²	1,57	1,57	-
L – длина шва, м	0,34	0,34	–
γ – плотность наплавляемого металла, г/см ³	7,8	7,8	–
Расчетная формула $G = F_n \cdot L \cdot \gamma$	$G = F_n \cdot L \cdot \gamma = 1,57 \cdot 0,34 \cdot 7,8 = 0,416$ кг		0

8.2 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки

Рассматривается возможность изготовления сварного изделия с использованием альтернативных способов и средств сварки, которыми располагает предприятие и когда необходимо выбрать лучший процесс. В подобной ситуации выбор лучшего решения должен осуществляться на основе текущих затрат [28].

При их определении во внимание следует принимать лишь релевантные затраты, то есть такие, которые будут различаться в сравниваемых вариантах и которые могут повлиять на выбор лучшего варианта. Очевидно при сравнении РДС и сварки в защитном газе нет необходимости учитывать затраты на основной материал, из которого изготавливается сварная конструкция, поскольку анализируемые процессы практически не оказывают заметного влияния на расход основного материала [28].

Таблица 22 – Затраты на сварочные материалы

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	РДС	сварка в CO_2	
g_{nm} – масса наплавленного металла, кг/изд	0,416	0,416	-
k_n – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла	1,6	1,08	–
Π_{cm} – цена электродов/электродной проволоки, за кг ОЗЛ 9А Св-08Х25Н40М7	585	446	–
Расчетная формула $C_{cm} = g_{nm} \cdot k_n \cdot \Pi_{cm}$	$C_{cm} = 0,416 \cdot 1,6 \cdot 585 = 390$	$C_{cm} = 0,416 \cdot 1,08 \cdot 446 = 200$	+190

Таблица 23 - Затраты на защитный газ

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	РДС	сварка в CO_2	
$g_{газ}$ - норма расхода газа, л/мин	-	13	-
t_0 - основное время на сварку, мин/м	-	27	-
l - длина сварного шва, м/издел	-	0,34	-
$\Pi_{газ}$ - цена за единицу газа, руб/л	-	0,3	-
Расчетная формула $C_{газ} = g_{газ} \cdot t_0 \cdot l \cdot \Pi_{газ}$	-	36	-36

Таблица 24 – Затраты на заработанную плату рабочих

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	РДС	сварка в CO_2	
$C_{мз}$ – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий	40000	40000	–
$F_{мр}$ – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц $F_{мр} \approx 172$ часов/месяц	172	172	–
$t_{шк}$ – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин/изд	36	28	-
Расчетная формула $C_3 = \frac{C_{мз} \cdot t_{шк}}{F_{мр} \cdot 60}$	$C_3 = \frac{40000 \cdot 36}{172 \cdot 60} = 140$	$C_3 = \frac{40000 \cdot 28}{172 \cdot 60} = 109$	+31

Изменение затрат произошло из-за штучно-калькуляционного времени на выполнение операции.

Таблица 25 – Отчисления на социальные цели

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	РДС	сварка в CO_2	
$k_{отч}$ – процент отчислений на социальные цели от основной и дополнительной заработной платы	30%	30%	–
$C_з$ – Затраты на заработанную плату рабочих	140	109	–
Расчетная формула $C_{отч} = \frac{k_{отч} \cdot C_з}{100}$	$C_{отч} = \frac{30 \cdot 140}{100} = 42$	$C_{отч} = \frac{30 \cdot 109}{100} = 33$	+9

Изменение произошло из-за затрат на заработанную плату рабочих.

Таблица 26 – Затраты на электроэнергию

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	РДС	сварка в CO_2	
U – напряжение, В	24	27	–
I – сила тока, А	110	230	–
t_o – основное время сварки, мин/м	51	27	–
l – длина сварного шва, м/изд	0,34	0,34	–
η – коэффициент полезного действия источника питания	0,75	0,8	–
$\Pi_{эл}$ – стоимость 1 кВт-ч электроэнергии, руб	3,5	3,5	–
Расчетная формула $C_{эм} = \frac{U \cdot I \cdot t_o \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot \Pi_{эл}$	$C_{эм} = \frac{24 \cdot 110 \cdot 51 \cdot 0,34}{60 \cdot 0,75 \cdot 1000} \cdot 3,5 = 4 \text{ руб/изд}$	$C_{эм} = \frac{27 \cdot 230 \cdot 27 \cdot 0,34}{60 \cdot 0,8 \cdot 1000} \cdot 3,5 = 4,1 \text{ руб/изд}$	-0,1

Изменение затрат произошло из-за основного время сварки и сварочного тока.

Таблица 27 – Затраты на ремонт оборудования

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	РДС	сварка в CO_2	
Π_j – цена оборудования соответствующего вида	30100	267300	–
$k_{рем}$ – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт	0,25	0,25	–
$t_{шк}$ – штучно– калькуляционное время на выполнение операции, мин/изд	36	28	–
$F_{ГО}$ – годовой фонд времени работы оборудования, ч (в 2016 при 8 часовом р. д.)	1971	1971	–
k_3 – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования	0,8	0,8	–
Расчетная формула $C_p = \frac{\sum_{j=1}^n \Pi_j \cdot k_{рем} \cdot t_{шк}}{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}$	$C_p = \frac{30100 \cdot 0,25 \cdot 36}{1971 \cdot 0,8 \cdot 60} = 3$	$C_p = \frac{267300 \cdot 0,25 \cdot 28}{1971 \cdot 0,8 \cdot 60} = 20$	-17

Изменение затрат произошло из-за количества видов оборудования, используемого для выполнения операций технологического процесса сварки, цены оборудования соответствующего вида и штучно – калькуляционного времени на выполнение операции.

Таблица 28 – Результаты расчетов

Наименование	РДС	сварка в аргоне	Разница (1)–(2)
1. Сварочные материалы			
Электродная проволока		200	-200
Электроды	390		+390
Углекислый газ		36	-36
2. Основная зарплата	140	109	+31
3. Социальные цели	42	33	+9
4. Электроэнергия	4	4,1	-0,1
5. Ремонт	3	20	-17
Итого	579	402	+177

Годовой объем производимой продукции может быть принят равным годовой производительности оборудования по лучшему варианту сварки [28]:

$$Q_r = \frac{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}{t_{шк_{пр}}}, \quad (25)$$

где $t_{шк_{пр}}$ – норма времени на сварку по лучшему процессу сварки, мин/изд.

$$Q_r = \frac{1971 \cdot 0,8 \cdot 60}{28} = 3379 \text{ ед/руб.}$$

Годовой экономический эффект от применения механизированного сварки в углекислом газе можно рассчитать по формуле:

$$\mathcal{E}_r = Q_r \times \overline{\Delta c} = 3379 \times 177 = 598058 \text{ руб/год} \quad (26)$$

где $\overline{\Delta c}$ – изменение затрат руб\изд;

Итак, более выгоден второй вариант, то есть сварка в углекислом газе. Этот вариант нам обходится дешевле на 177руб/стык и годовой экономический эффект от применения данного варианта составляет 598058 руб/год.

8.3 Экономическая оценка эффективности инвестиций

В процессе производства сварной конструкции возникает потребность в инвестициях (приобретения соответствующего оборудования).

Худший из вариантов имеется, а другой вариант будет внедряться (он раньше отсутствовал). Исходим из того, что РДС применяется, а предлагается механизированная сварка в среде углекислого газа [28].

Необходимо оценить экономическую выгоду данного предложения с учётом полученных инвестиций. Когда возникает вторая ситуация, то появляется необходимость в инвестициях. Экономическая эффективность предлагаемых решений будет сводится к экономической оценке инвестиций. В соответствии с основами стандарта экономической оценки инвестиций, оценка инвестиций осуществляется путем расчета четырех показателей:

- NPV – чисто текущая стоимость;
- PP – срок окупаемости;
- IRR – внутренняя ставка доходности;
- PI – индекс доходности.

Данный показатель характеризует эффективность инвестиции в абсолютном выражении. Он показывает насколько прирастут доходы предприятия в результате замены существующего процесса на предлагаемый [28].

Оценку инвестиций в новый процесс следует признать оправданной, если $NPV > 0$

Количественно показатель NPV может быть установлен по формуле [28]:

$$NPV = \frac{\sum_{t=1}^n (\Delta\Pi_{\text{ч}t} + \Delta C_{a_t})}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^t} - I_0, \quad (27)$$

где n – продолжительность расчетного периода, в течение которого предприятие может воспользоваться результатами функционирования предлагаемого (нового) процесса (в дипломной работе величину n можно принять 5 годам);

$\Delta\Pi_{\text{ч}t}$ – изменение чистой прибыли, получаемой в t – м году, руб/год;

ΔC_{a_t} – изменение амортизационных отчислений в t – м году, руб/год;

I_0 – инвестиции, осуществляемые в начальный момент ($t = 0$);

i – ставка дисконтирования, учитывающая плату за привлечение финансовых ресурсов (в дипломной работе в качестве источника финансирования можно предусмотреть собственные средства предприятия, для которых ставка дисконтирования равна примерно 10%).

Изменение чистой прибыли, получаемой в t – м году, определяется по формуле [28]:

$$\Delta\Pi_{\text{ч}t} = \left(\overline{\Delta C_t} \cdot Q_{\Gamma t} - \Delta C_{a_t} \right) \cdot (1 - H_{\text{пр}}), \quad (20)$$

где $\overline{\Delta C_t}$ – изменение текущих расходов в t – м году, руб/год;

Q_{Γ} – годовой объем производства продукции, в t – м году;

ΔC_{a_t} – изменение амортизационных отчислений в t – м году, руб/год;

$H_{\text{пр}}$ – ставка налога на прибыль ($H_{\text{пр}} = 24\%$).

Изменение амортизационных отчислений в t -м году представляет собой разность затрат на амортизацию основных средств, занятых по существующему и предлагаемому варианту в соответствующем году

$$\Delta C_{a_t} = C'_{a_t} - C''_{a_t}, \quad (28)$$

где C'_{a_t} и C''_{a_t} – затраты на амортизацию соответственно по существующему и предлагаемому процессами, руб/год.

Поскольку для сварочного оборудования срок полезного использования устанавливается в интервале 5–7 лет, то можно предположить, что по существующему процессу основные средства себя полностью самортизировали, т.е. $C'_{a_t} = 0$.

Затраты на амортизацию оборудования [28]:

$$C_a = \frac{\sum_{j=1}^n C_j}{T_{\text{пи}}} \quad (29)$$

где C_j – цена оборудования соответствующего вида;

$T_{\text{пи}}$ – срок полезного использования оборудования (для сварочного оборудования $T_{\text{пи}} = 5 - 7$ лет)

$$C_a = 267300/5 = 53460 \text{ руб/год.}$$

Расчет чистой текущей стоимости представим в виде таблицы 29.

Таблица 29 – Расчет чистой текущей стоимости

Наименование показателей	Расчетный период, годы					
	0	1	2	3	4	5
1. Коэффициент загрузки, k_z	0	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
2. Годовой объем производства Q_r , ед/год	0	2112	2534	2957	3379	4224
3. Удельная экономия на текущих издержках $\overline{\Delta C_t}$, руб./ед	0	177	177	177	177	177
4. Годовая экономия на текущих издержках, руб/год ($C_2 \cdot C_3$)	0	373824	448518	523389	598083	747648

Продолжение таблицы 29

5. Амортизация ΔC_a , руб./год	0	53460	53460	53460	53460	53460
6. Изменение годовой прибыли (C4-C5), руб/год	0	320364	395058	469929	544623	694188
7. Налог на прибыль (24% от C6), руб./год	0	64072,8	79011,6	93985,8	108924,6	138837,6
8. Изменение чистой прибыли, руб./год (C6 – C7)	0	256291,2	316046,4	375943,2	435698,4	555350,4
9. Чистый денежный поток от операционной деятельности, руб/год (C5+C8)	0	309751,2	369506,4	429403,2	489158,4	608810,4
10. Инвестиции, руб.	-267300	-	-	-	-	-
11. Коэффициент дисконтирования, при $i = 10\%$	1,0	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621
12. Дисконтированный денежный поток (C9 и C10)C11	-267300	281563	305212	322481	334095	378071
13. Накопленный дисконтированный денежный поток	-267300	14263	319476	641957	976053	1354124

Чистая текущая стоимость равняется

$$NPV = \left[\frac{281563}{(1+0,1)^1} + \frac{305212}{(1+0,1)^2} + \frac{322481}{(1+0,1)^3} + \frac{334095}{(1+0,1)^4} + \frac{378071}{(1+0,1)^5} \right] - 267300 = 1354124 \text{ руб.}$$

Расчет срока окупаемости осуществляем по формуле [28]:

$$n_{ок} = n + (D_n / D_{n+1}), \quad (30)$$

где n – расчетное значение срока окупаемости;

D_n – непокрытая часть накопленного денежного потока в момент года n ;

D_{n+1} – денежный поток в году $n+1$, направленный на возмещение непокрытой части данного потока.

$$n_{ок} = 0 + (267300 / 281563) = 0,9 \text{ года.}$$

Расчет индекса доходности проведем по формуле [28]:

$$PI = 1 + (NPV / I_0) = (1354124 / 267300) + 1 = 6. \quad (31)$$

Формально проект признается эффективным если $PI > 1.0$.

Проведен технико–экономический анализ процесса ручной дуговой сваркой и сваркой в среде углекислого газа трубы диаметром 108 мм и толщиной стенки 14 мм.

По затратам на сварку изделия сварка в углекислом газе более выгодна, чем ручная дуговая. Он нам обходится дешевле на 177 руб./ст.

Учитывая условия, когда ручная дуговая сварка имеется на предприятии, а сварка в углекислом газе будет внедряться, такая ситуация тоже выгодна. Так как срок окупаемости при ставке дисконтирования $i = 10 \%$, $PP = 0,9$ года. Чисто текущая стоимость $NPV > 0$, что говорит о том, что доходности при внедрении этого проекта в рассматриваемый период (5 лет) высокие. Индекс доходности при ставке дисконтирования $i = 10 \%$, $PI = 6$, а проект считается эффективным, если $PI > 1,0$.

Из показателей экономической оценки инвестиций можно сделать вывод, что внедрение сварки в углекислом газе выгодно.

9 Социальная ответственность

9.1 Анализ сварочного производства

Темой данной дипломной работы является сравнение разработки технологии сварки труб печей пиролиза. По этим технологиям соединение труб производится ручной дуговой сваркой покрытыми электродами, и сваркой неплавящимся вольфрамовым электродом в среде защитного газа аргона.

На участке производится сборка и сварка труб печей пиролиза. При изготовлении осуществляются следующие операции: сборка и сварка механизированная в среде аргона, слесарные операции.

При изготовлении основания дробилки на участке используется следующее оборудование:

полуавтомат БАРС Profi MIG-507DT2. 1 шт.

приспособление сборочно-сварочное ФЮРА.000001.001 СБ 1 шт.

Перемещение изделия производят краном мостовым грузоподъемностью 5 т.

В качестве основного материала используют сталь марки: 45Х24Н35СБ. Сварка производится в аргоне сварочной проволокой Св-08Х25Н40М7 диаметром 1,2 мм. Так же производится сварка покрытыми электродами ОЗЛ 9А диаметром 3 мм.

Проектируемый участок находится в третьем пролете ремонтно-механического цеха Томского Нефтехимического завода, поэтому освещение осуществляется двумя окнами, расположенными в стене здания, а также восьмью светильниками, расположенными непосредственно над участком. Стены цеха выполнены из железобетонных блоков, окрашены в светлые тона.

Завоз деталей в цех и вывоз готовой продукции осуществляется через ворота (2шт.) автомобильным транспортом, также через одни ворота проложено железнодорожное полотно, т.е. имеется возможность доставки и вывоза грузов железнодорожным транспортом. Вход в цех и выход из него осуществляется через две двери.

На случай пожара цех оснащен запасным выходом и системой

противопожарной сигнализации. Все работы производятся на участке с площадью $S = 83,32 \text{ м}^2$.

9.1.1 Воздушная среда и микроклимат. Вентиляция

Работы по сварке на машиностроительных предприятиях выполняют, как правило, внутри производственных помещений. Выполнение работ в иных местах допускается на действующих предприятиях в соответствии с Правилами техники безопасности и производственной санитарии по отраслям промышленности.

Микроклимат в производственном помещении и на рабочем месте оказывает существенное влияние на самочувствие работающего. Значительные колебания микроклимата могут приводить к перегреву или переохлаждению организма, что снижает производительность труда и влечет за собой заболевания и травматизм [16].

Важнейшими мероприятиями по нормализации микроклимата в производственных помещениях и в зонах рабочих мест являются: отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

Нормы производственного микроклимата, установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005 - 88 "Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны". В этих нормах, отдельно нормируется каждый компонент микроклимата в рабочей зоне производственного помещения: температура, относительная влажность, скорость воздуха в зависимости от способности человека к акклиматизации в разное время года, характера одежды, интенсивности производственной работы и характера тепловыделений в рабочем помещении.

В сварочных цехах на стационарных рабочих постах, а также, где это возможно, на нестационарных постах следует устанавливать местные отсосы.

В специальных помещениях или металлических шкафах для хранения баллонов со сжиженным газом должна быть предусмотрена естественная вентиляция через верхние и нижние части помещений или шкафов.

Скорость движения воздуха, создаваемая местными отсосами у источников выделения вредных веществ, должна быть следующая (таблица 30).

Таблица 30 - Оптимальные и допустимые значения микроклимата

Процессы	Влажность, %	Температура, Цельсия	Скорость, м/с
Оптимальные	40-65	19-21	не более 0,2
Допустимые	20-80	15-28	не более 0,5

Количество вредных веществ, локализуемых местными отсосами, составляет для вытяжных шкафов не более 90%, а для местных отсосов других видов не более 75%. Оставшиеся количество вредных веществ (10-20%) должно разбавляться до ПДК с помощью общеобменной вентиляции.

Количество воздуха, необходимое для растворения сварочных аэрозолей до ПДК указаны в таблице 31.

Таблица 31 - Количество воздуха, необходимое для растворения сварочных аэрозолей

Технологическая операция	Количество воздуха, м ³ на 1кг расходуемого сварочного материала
РДС электродами с качественным покрытием	4000-6000
Полуавтоматическая сварка стали с защитой углекислым газом	1000
Автоматическая сварка под слоем флюса	200

9.1.2 Производственный шум

При сварке и сборке часто используют инструменты ударного воздействия: пневмомолоток, шлифовальная машина и т.д., которые создают лишний шум, вредно действующий на организм. У лиц, работающих в условиях постоянного шума, наблюдается повышенная утомляемость, нарушается концентрация внимания, точность и координированность движений, ухудшается восприятие звуковых и световых сигналов опасности, что способствует росту травматизма на производстве.

Шумы превышают в цехах допустимые нормы, главным образом, вследствие нерациональной конструкции или неправильной установки машины или установки. Но наряду с этим многие шумы и вибрации связаны с технологическими процессами и они неизбежны. (в сварочном цехе контактной сварки - это работа прессы для заготовки деталей под сварку). Поэтому для уменьшения вибраций и шумов необходимо изолировать данное оборудование в отдельное помещение и установить на отдельный фундамент[16].

В целях уменьшения уровня шума до допустимых пределов предусмотрено:

- Все вентиляционные установки монтируются на вибрационных подушках.
- Оборудование целесообразно помещать в звукоизолирующее ограждение.
- Окружные скорости колёс у вентиляторов принять до 30÷40 м /сек.
- Скорость воздуха в воздухоотводах не более 12 м/сек.

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены ГОСТ 12.1.003 - 83* и санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562 - 96 "Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки".

Наиболее эффективной мерой борьбы с шумом является уменьшение шума в его источнике. Так, при выбросе струи сжатого воздуха из пневматических цилиндров и магистралей машины шумы могут быть снижены на 20 дБ путем установки глушителя в магистрали сброса воздуха.

Средствами индивидуальной защиты от шума являются ушные вкладыши, наушники и шлемофоны. Эффективность индивидуальных средств защиты зависит от используемых материалов, конструкции, силы прижатия, правильности ношения. Ушные вкладыши вставляют в слуховой канал уха. Их изготавливают из легкого каучука, эластичных пластмасс, резины, эбонита и ультратонкого волокна. Они позволяют снизить уровень звукового давления на 10...15 дБ. В условиях повышенного шума рекомендуется применять наушники,

которые обеспечивают надежную защиту органов слуха. Так, наушники ВЦНИОТ снижают уровень звукового давления на 7...38 дБ в диапазоне частот 125...8000 Гц. Для предохранения от воздействия шума с общим уровнем 120 дБ и выше рекомендуется применять шлемофоны, которые герметично закрывают всю околоушную область и снижают уровень звукового давления на 30...40 дБ в диапазоне частот 125...8000 Гц.



Рисунок 8 - Средства коллективной защиты от шума на пути его распространения.

Основными виброопасными объектами при производстве котельных работ и металлических конструкций являются ручные пневматические машины. Вибрационные параметры пневматических машин должны проверяться изготовителем и заноситься в технический паспорт на машину, куда впоследствии должны вноситься результаты проверок вибрационных характеристик машины после ее ремонта и периодических проверок (для ручных машин - не реже двух раз в год). Допустимые уровни вибрации ручных машин определены ГОСТ 17770, СанПиН 2.2.2.540, ГОСТ 12.1.012.

Для предупреждения вибрационных заболеваний должны применяться машины с параметрами вибрации в пределах санитарных норм, технологии, исключающие воздействие вибрации на работающего сверх санитарных норм, и рациональные режимы труда и отдыха для работников виброопасных профессий, исходя из значений суммарного времени воздействия вибрации при превышении санитарных норм.

Применение машин, являющихся источником воздействующей на работника вибрации, превышающей санитарные нормы более чем в четыре раза (на 12 дБ), не допускается.

Для борьбы с вибрацией машин и оборудования и защиты работающих от вибрации используют различные методы. Борьба с вибрацией в источнике возникновения связана с установлением причин появления механических колебаний и их устранением, например замена кривошипных механизмов равномерно вращающимися, тщательный подбор зубчатых передач, балансировка вращающихся масс и т.п. Для снижения вибрации широко используют эффект вибродемпфирования - превращение энергии механических колебаний в другие виды энергии, чаще всего в тепловую. С этой целью в конструкции деталей, через которые передается вибрация, применяют материалы с большим внутренним трением: специальные сплавы, пластмассы, резины, вибродемпфирующие покрытия. Для предотвращения общей вибрации используют установку вибрирующих машин и оборудования на самостоятельные виброгасящие фундаменты. Для ослабления передачи вибрации от источников ее возникновения полу, рабочему месту, сиденью, рукоятке и т.п. широко применяют методы виброизоляции. Для этого на пути распространения вибрации вводят дополнительную упругую связь в виде виброизоляторов из резины, пробки, войлока, асбеста, стальных пружин. В качестве средств индивидуальной защиты работающих используют специальную обувь на массивной резиновой подошве. Для защиты рук служат рукавицы, перчатки, вкладыши и прокладки, которые изготавливают из упругодемпфирующих материалов [3, 4, 5].

9.1.3 Освещение

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы.

Неудовлетворительное освещение может исказить информацию, получаемую посредством зрения; кроме того, оно утомляет не только зрение, но и вызывает утомление организма в целом. Неправильное освещение может явиться причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие лампы и блики от них, резкие тени ухудшают или вызывают полную потерю ориентации работающих. Кроме того, при неудовлетворительном освещении снижается производительность труда и увеличивается брак продукции.

Во всех производственных помещениях, в которых постоянно пребывает человек, должно быть предусмотрено естественное освещение, создаваемое светом неба[16].

В вечернее или ночное время, а также при недостаточности естественного освещения в дневное время применяют искусственное освещение, создаваемое электрическими лампами.

Естественное и искусственное освещение в помещениях регламентируется нормами СНиП 23 - 05 - 95 в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном.

Искусственное освещение нормируется количественными (минимальной освещенностью) и качественными показателями (показателями ослепленности и дискомфорта, коэффициентом пульсации освещенности).

Для ограничения слепящего действия светильников общего освещения в производственных помещениях показатели ослепленности не должны превышать 20 - 80 единиц в зависимости от продолжительности и разряда зрительной работы. При освещении производственных помещений газоразрядными лампами, питаемыми переменным током промышленной частоты 50 Гц, глубина пульсаций не должна превышать 10 - 20 % в зависимости от характера зрительной работы [15].

Цветовая отделка интерьеров помещений и оборудования в сварочных цехах должна соответствовать указаниям по проектированию цветовой отделке интерьеров производственных зданий промышленных предприятий.

9.1.4 Средства индивидуальной защиты

Специальный костюм сварщика или брезентовый костюм, имеющий соответствующую маркировку «Тр».

Рукавицы брезентовые или кожаные типа «Е» с защитными свойствами «Тр».

Кожаные ботинки с маркировкой «Тр».

Защитные очки, маски.

Предохранительный пояс.

Обозначением «Тр» маркируется спецодежда, обеспечивающая защиту от ультрафиолетового и инфракрасного излучения, брызг расплавленного металла, горячей окалины и пр.

В холодное время предусматриваются дополнительные утепленные комплекты одежды, валенки, дополнительные рукавицы. Также, при производстве работ в условиях повышенной шумности, например, при плазменной резке металла, когда струя плазмы достигает высокой скорости или при обработке швов, необходимо использование средств защиты органов слуха, таких как специальные наушники.

При работе в условиях повышенной влажности необходимо применять защитные диэлектрические коврики, перчатки и галоши, которые должны проходить обязательную проверку. Частота испытаний на пригодность регламентируется соответствующим ГОСТом.

Для защиты органов дыхания при работе в запыленной атмосфере обязательно применение респираторов. Если же концентрация вредных веществ в зоне проведения сварочных работ превышает норму, что бывает при работе в замкнутых пространствах и труднодоступных местах, то применяются фильтрующие противогазы, системы автономного обеспечения дыхания. Также

применяются дыхательные приборы с принудительной подачей воздуха под сварочную маску.

9.1.5 Правила обращения с баллонами для сжатых и сжиженных газов

Хранить баллоны следует в вертикальном положении, с плотно навинченными предохранительными колпаками. Для хранения их должны быть оборудованы специальные гнезда или клетки с барьерами.

Не следует допускать падения баллонов, а также ударов их друг о друга и различными предметами.

Устанавливать баллоны следует на расстоянии не менее 5 м от очагов с открытым огнем. В летнее время их необходимо защищать от нагрева солнечными лучами брезентом или другими средствами.

Перемещать баллоны на небольшое расстояние разрешается перекачиванием их в слегка наклонном положении; переносить баллоны на руках или на плечах запрещается.

Перемещать баллоны на большие расстояния внутри предприятия или цеха можно только на специально приспособленных для этой цели ручных тележках или на специальных носилках.

Отбор газа из баллона следует производить только через редуктор, предназначенный для данного газа и окрашенный в соответствующий этому газу цвет.

Перед присоединением редуктора необходимо продуть штуцер баллонного вентиля, для чего поворотом маховичка на 0,25-0,5 оборота открыть баллон и снова закрыть его; при этом нельзя находиться против штуцера вентиля, а также пробовать струю газа рукой.

Открывать вентиль баллона рекомендуется плавно, без рывков. Если открыть вентиль от руки не удастся, следует пользоваться специальным ключом. Баллоны, которые не открываются, нужно сдать на склад, предварительно прикрепив к ним бирку с надписью «Неисправен» Закрывать вентиль ключом не следует.

Если редукторы и вентили баллонов замерзли, их нужно отогревать горячей водой или смоченными в горячей воде тряпками. Пользоваться для этой цели открытым пламенем категорически запрещается.

Особая осторожность требуется при эксплуатации кислородных баллонов. В струе кислорода горят многие вещества, включая металлы, а легковоспламеняющиеся жидкости (масла, жиры, нефть и т. п.) горят со взрывом. Поэтому лица, соприкасающиеся с кислородными баллонами, должны работать в чистой спецодежде, на руках и на инструменте не должно быть следов масел и жиров.

При воспламенении кислородного вентиля или какой-либо части кислородной ramпы необходимо немедленно прекратить доступ кислорода к месту воспламенения, перекрыв соответствующие вентили. После этого нужно тушить огонь огнетушителем и песком.

9.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

9.2.1 Электробезопасность

Все оборудование сварочных цехов и участков должно соответствовать "Правилам устройства электроустановок" (ПУЭ) и действующим ГОСТам. Это ГОСТ 12.1.007.0 - 75 "Система стандартов безопасности труда. Оборудование электротехническое. Общие требования безопасности." и ГОСТ 12.2.007.8 - 75 "Система стандартов безопасности труда. Оборудование электросварочное и для плазменной обработки. Требования безопасности." Эксплуатация оборудования должна соответствовать "Межотраслевым правилам труда при эксплуатации электрооборудования". Кроме того, следует выполнять указания по эксплуатации и безопасному обслуживанию электросварочных установок, имеющих в инструкциях заводов изготовителей[16].

Рассмотрим случай проведения сварочных работ в цехе. Класс опасности помещения 1 группы: Помещение без повышенной опасности, сухое, хорошо

отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18—20°, с влажностью 40—50%.

В соответствии с этим минимально допустимая степень защиты источника питания IP 11.

Во избежание поражения электрическим током необходимо, чтобы изоляция, подводящих линий электрододержателей была неповрежденной, выдерживала необходимое испытательное напряжение и подвергалась периодическим проверкам. Изоляция проводов должна быть защищена от повреждений применение электросварочных проводов с поврежденной оплеткой и изоляцией запрещается. При повреждении оплетки провода его следует заключать в резиновый шланг.

Корпус источника питания и корпус сварочной машины или установки необходимо заземлять. Для присоединения заземляющего провода на электросварочном оборудовании должен быть предусмотрен болт диаметром 5÷8 мм, расположенный в доступном месте с надписью “Земля” (или условным обозначением “Земля”). Последовательное включение в заземляющий проводник нескольких заземляемых аппаратов запрещается.

Помимо заземления основного сварочного оборудования, согласно ПУЭ, в установках для дуговой сварки необходимо непосредственно заземлять тот зажим вторичной обмотки сварочного трансформатора, к которому присоединяется проводник, идущий к изделию.

Сопротивление человеческого организма в зависимости от его состояния (утомленность, влажность кожи, состояние здоровья) меняется в широких пределах от 1000 до 20 000 Ом. Напряжение холостого хода источников питания дуги достигает 90В, а сжатой дуги 200В. В соответствии с законом Ома при неблагоприятном состоянии сварщика через него может пройти ток, близкий к предельному:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{90}{1000} = 0,09 \text{ А} .$$

Таблица 32 - Примерные времена допустимого воздействия электрического тока в зависимости от напряжения на человека по ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ

Допустимое время действия, сек	длительность	До 30	1	0,5	0,2	0,1
Величина тока, мА.	1	6	50	100	250	500
Величина напряжения, В.	6	36	50	100	250	500

9.2.2 Расчёт защитного заземления

Расчет защитного заземления, как пример применения указанных выше мер безопасности, проведем для сварочного участка третьего пролета ремонтно механического цеха томского нефтехимического завода.

Искусственное заземляющее устройство состоит из вертикальных электродов (заземлителей) и горизонтально расположенной соединительной полосы.

В качестве заземлителей применяем уголок сечением $60 \times 60 \text{ мм}^2$ верхние контуры заземлителей соединены между собой с помощью полосовой стали. Полосовую сталь применяем сечением $5 \times 12 \text{ мм}^2$.

Для того чтобы уменьшить колебание удельного сопротивления грунта заземлители забивают в землю так, чтобы их верх находился на расстоянии $h_n = 0,8 \text{ м}$ от уровня поверхности земли, тем самым достигается более влажные и непромерзающие слои грунта (рисунок 9).

Оборудование работает под напряжением 380 В определяем, что по нормам для нашего случая допускаемое сопротивление заземлителей R_z должно быть не более 4 Ом , удельное сопротивление грунта (суглинок) составляет $\rho_z = 1 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}$.

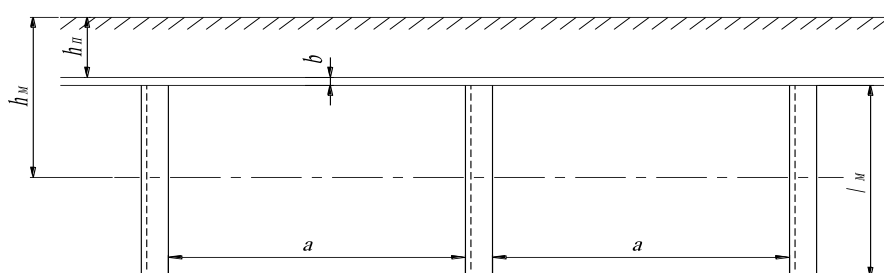


Рисунок 9 - Схема устройства искусственного заземления

Учитывая возможное промерзание грунта зимой и просыхания летом, определяем расчетные значения удельного сопротивления грунта для полосы $\rho_{п.}$ и для электродов $\rho_{э}$ по формулам [15]:

$$\rho_{п.} = \rho \cdot K_n, \quad (6)$$

$$\rho_{э} = \rho \cdot K_{э}, \quad (7)$$

где K_n и $K_{э}$ – повышающие коэффициенты для соответствующей климатической зоны.

Для города Томска $K_n = 1,9$ и $K_{э} = 4,5$.

$$\rho_{п.} = 1 \cdot 10^4 \cdot 1,9 = 1,9 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см},$$

$$\rho_{э} = 1 \cdot 10^4 \cdot 4,5 = 4,5 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}.$$

Сопротивление одного электрода определяем по формуле [15]:

$$R_{э} = \frac{\rho_{э}}{2\pi \cdot l_{м}} \left(\ln \cdot \frac{2 \cdot l_{м}}{d} + 0,5 \cdot \ln \cdot \frac{4 \cdot h_{м} + l_{м}}{4 \cdot h_{м} - l_{м}} \right), \quad (8)$$

где $l_{м}$ – длина электрода, см; $l_{м} = 300$ см;

d – диаметр электрода, см²;

$h_{м}$ – глубина заложения электрода, см; $h_{м} = 230$ см.

При использовании электрода из уголковой стали диаметр электрода определяют по формуле [15]:

$$d = 0,95 \cdot в, \quad (9)$$

где $в$ – ширина полки уголка, см;

$$d = 0,95 \cdot 6 = 5,7 \text{ см}^2,$$

$$R_{э} = \frac{1,9 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 300} \left(\ln \cdot \frac{2 \cdot 300}{5,7} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 230 + 300}{4 \cdot 230 - 300} \right) = 50,35 \text{ Ом}$$

Потребное число заземлителей определяем по формуле:

$$n = \frac{R_{э}}{r_{э}}, \quad (10)$$

$$n = \frac{50,35}{4} = 12,58 \text{ шт.}$$

Принимаем $n=12$ шт.

При расположении электродов в ряд длина соединительной полосы определяется по формуле [15]:

$$l_n = a \cdot n, \quad (11)$$

где a – расстояние между электродами, см; $a = 900$ см.

$$l_n = 900 \cdot 12 = 10800 \text{ см.}$$

Сопротивление соединительной полосы вычисляют по формуле [15]:

$$R_n = \frac{P_n}{2 \cdot \pi \cdot l_n} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_n^2}{h_n \cdot b}, \quad (12)$$

$$R_n = \frac{4,5 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 10800} \cdot \ln \frac{2 \cdot 10800^2}{80 \cdot 1,2} = 9,75 \text{ Ом.}$$

Результирующее сопротивление системы заземления вычисляют по формуле:

$$R_c = \frac{R_\partial \cdot R_n}{R_\partial \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta_\partial \cdot n}, \quad (13)$$

где η_n – коэффициент использования полосы; $\eta_n = 0,76$;

η_∂ – коэффициент использования электродов; $\eta_\partial = 0,81$.

$$R_c = \frac{50,35 \cdot 9,75}{50,35 \cdot 0,76 + 9,75 \cdot 0,81 \cdot 12} = 3,62$$

Таким образом, общее сопротивление защитного заземления не превышает допустимого по нормам.

9.2.3 Противопожарная безопасность

Огонь является серьезнейшим и опасным врагом производства. Ежегодно по вине руководителей предприятий, по небрежности рабочих, либо других причин, от огня гибнут люди и уничтожаются материальные ценности. Любой пожар всегда легче предотвратить, чем потушить. Поэтому одной из главных задач пожарной профилактики является быстрое выявление и устранение имеющих место нарушений.

Пожарные мероприятия в нашей стране проводятся в общественном масштабе на основании единых правительственных постановлений, правил и мер. В этом заключается государственное значение пожарной профилактики.

Производства подразделяются на; взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности.

Сварочное производство относится к пожароопасным. Характеризуется наличием веществ и материалов в горячем состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр, пламени, твердых, жидких газообразных веществ, которые сжигаются в качестве топлива.

Пожары возникают при нахождении горючих материалов в зоне разбрызгивания расплавленных частиц, в результате неправильной эксплуатации баллонов и их транспортировки, попадания масла в редукторы, небрежного обращения с огнём, неправильного применения легковоспламеняющихся материалов (бензин, спирт при промывке деталей и тому подобное); короткого замыкания токопроводов, пробоя изоляции, неудовлетворительного контакта в местах соединения проводов, неправильного освещения, захламлённости и запылённости помещения, загазованности, утечка горючих веществ, курение в неположенных местах [16].

В производственных условиях источником воспламенения являются:

- Искры, образующиеся при коротких замыканиях и нагрев участков электрической цепи, электрооборудования, возникающие при перегрузках или при больших переходных сопротивлениях;
- Искры образующиеся при трении, или ударах друг о друга вращающихся деталей или абразивный инструмент, например удары лопастей вентилятора о кожух и другие;
- Тепло, выделяющееся при химическом взаимодействии некоторых веществ и материалов, например окислителей с горючими материалами, а также при самовозгорании веществ, промасленной ветоши или спецодежды;
- Пламя лучистого тепла, а также искры, образующиеся при электро и газосварочных работах.

Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики. Понятие пожарной профилактики включает комплекс

мероприятий, необходимых для предупреждения возникновения пожара или уменьшения его последствий. Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные и эксплуатационные.

Здания в сварочном производстве относятся ко второй степени огнестойкости сооружений, к категории Г [16].

Для быстрой ликвидации пожара вблизи сварочного места всегда должны быть ящик с песком и лопата, а также ручной огнетушитель. Огнетушители, применяемые при тушении пожара на участках с электроустановками, должны быть углекислотными. На участке, в специально оборудованных местах, должно находиться не менее двух огнетушителей ОУ - 5.

Пожарные краны, рукава, стволы, огнетушители и другие средства пожаротушения, необходимо содержать в исправности и хранить в определенных местах.

Возникновение пожара можно предотвратить путем инженерно-технических мероприятий, при проектировании, эксплуатации технического оборудования, энергетических и санитарно-технических установок, а также соблюдением установленных правил и требований. Пожарно-профилактическими мероприятиями являются:

- к работе на установке допускаются лица, получившие первичный и текущий инструктаж на рабочем месте;
- периодичность медицинского осмотра – один раз в год, текущий инструктаж для персонала – один раз в квартал;
- персонал осуществляет постоянный контроль за состоянием источника;
- работающие на установке должны иметь квалификационную группу по электробезопасности не ниже третьего класса, соблюдать нормы электробезопасности и уметь оказывать первую помощь пострадавшим от электрического тока;

- систематически контролировать состояние электрооборудования и приборов с целью предупреждения в них короткого замыкания, обрывов в цепях тока, осуществлять контроль за состоянием заземляющих цепей, электросоединений и разъемов;

- все ремонтные и профилактические работы должны производиться только при отключенном электропитании установки; выполнении сварочных работ на расстоянии 5 метров от деревянных стен, последние должны быть защищены от попадания на них искр и действия пламени, экранами из несгораемых материалов[16];

- в рабочих помещениях должны быть средства пожаротушения (пожарные гидранты с рукавами и стволами, огнетушителями, ящики с песком);

- запрещается загромождать проходы к рубильникам системы сигнализации, средствам пожаротушения и оповещения (телефон);

- не реже одного раза в неделю проводить осмотр огнетушителей, содержать в исправном состоянии пожарную сигнализацию;

- хранить легковоспламеняющиеся вещества или огнеопасные материалы в специально отведенных местах;

- проверять отсутствие на рабочем месте, после окончания сварки, горящих и тлеющих веществ и предметов.

При возникновении пожара нужно немедленно произвести эвакуацию людей из помещения по заранее разработанному плану и вызвать пожарную команду. Вызов производится по телефону, при помощи сигнализации ручного или автоматического действия, а также подачей звуковых сигналов тревоги.

До прибытия пожарной бригады рабочие должны отключить силовую электросеть, выключить приточно-вытяжную вентиляцию и приступить к тушению пожара подручными средствами. Для тушения пожара используются следующие средства: вода, сыпучие материалы, покрывало (тяжёлые асбестовые или шерстяные ткани), углекислотные огнетушители и т.д.

После ликвидации очага пожара следует очистить оборудование и проверить его исправность, определить причину пожара[16].

К эксплуатации оборудования приступить при полной ликвидации повреждений.

9.2.3.1 Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

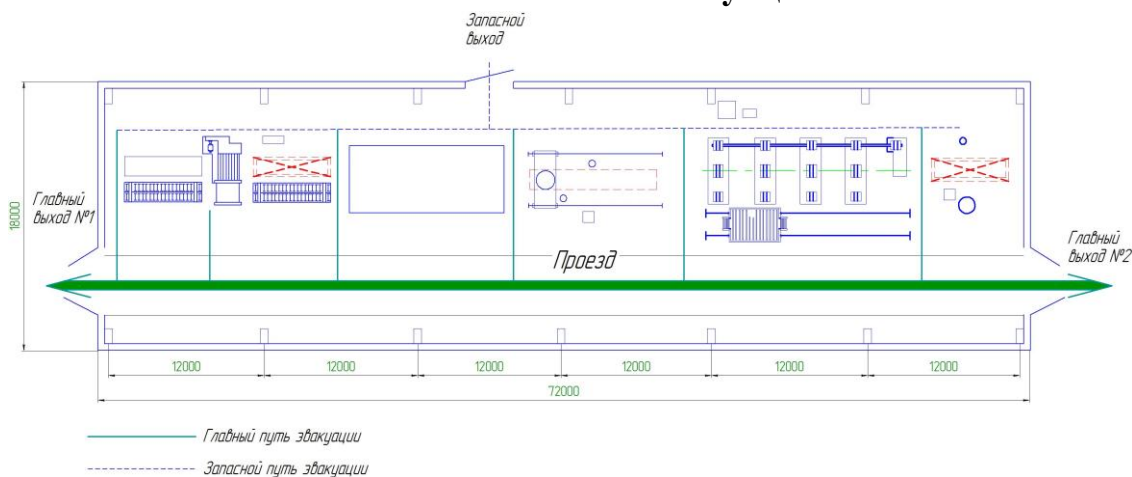
По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории A_n , B_n , B_n , Γ_n и D_n .

Согласно НПБ 105-03 котельный цех относится к категории «А»-повышенная взрывопожароопасность.

Сварочный цех, рассматриваемый в данной работе, относится к категории «А»- повышенная взрывопожароопасность.

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А повышенная взрывопожаро- опасность	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа

План эвакуации



9.2.4 Промышленная санитария

Сварочные процессы отличаются интенсивными тепловыделениями (лучистыми и конвективными), пылевыведениями, приводящими к большой запыленности производственных помещений токсичной мелкодисперсной пылью, и газовыделениями, действующими отрицательно на организм работающих. Некоторые процессы, например, плазменно-дуговая резка, сопровождаются, кроме того, интенсивным шумом, также создающим неблагоприятные условия труда.

Высокая температура сварочной дуги способствует интенсивному окислению и испарению металла, флюса, защитного газа, легирующих элементов. Окисляясь кислородом воздуха, эти пары образуют мелкодисперсную пыль, а возникающие при сварке и тепловой резке конвективные потоки уносят газы и пыль вверх, приводя к большой запыленности и загазованности производственных помещений. Сварочная пыль — мелкодисперсная, скорость витания ее частиц — не более 0,08 м/с, оседает она незначительно, поэтому распределение ее по высоте помещения в большинстве случаев равномерно, что чрезвычайно затрудняет борьбу с ней.

Основными компонентами пыли при сварке и резке сталей являются окислы железа, марганца и кремния (около 41, 18 и 6% соответственно).

Таблица 33 - Параметры основных вредных веществ

Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Агрегатное состояние
Марганец	0,05	1	аэрозоли
Хром	0,1	1	аэрозоли
Фтористые соединения	0,5	2	аэрозоли
Оксид углерода	20	4	пары или газы

Согласно ГОСТ 12.1.005 - 88 предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений не должна превышать величин, указанных в таблице 33.

В пыли могут содержаться другие соединения легирующих элементов. Токсичные включения, входящие в состав сварочного аэрозоля, и вредные газы при их попадании в организм человека через дыхательные пути могут оказывать на него неблагоприятное воздействие и вызывать ряд профзаболеваний. Мелкие частицы пыли (от 2 до 5 мкм), проникающие глубоко в дыхательные пути, представляют наибольшую опасность для здоровья, пылинки размером до 10 мкм и более задерживаются в бронхах, также вызывая их заболевания.

К наиболее вредным пылевым выделениям относятся окислы марганца, вызывающие органические заболевания нервной системы, легких, печени и крови; соединения кремния, вызывающие в результате вдыхания их силикоз; соединения хрома, способные накапливаться в организме, вызывая головные боли, заболевания пищеварительных органов, малокровие; окись титана, вызывающая заболевания легких. Кроме того, на организм неблагоприятно воздействуют соединения алюминия, вольфрама, железа, ванадия, цинка, меди, никеля и других элементов.

Биологические свойства электросварочной пыли полно и хорошо описаны в работе К. В. Мигая, в которой анализируются три основных гигиенических показателя вредности пыли: растворимость, задержка при дыхании легочной тканью и фагоцитоз. Многие из исследований (например, растворимость электросварочной пыли в организме) представляют большую практическую ценность при оценке агрессивности сварочного аэрозоля.

Вредные газообразные вещества, попадая в организм через дыхательные пути и пищеварительный тракт, вызывают иногда тяжелые поражения всего организма. К наиболее вредным газам, выделяющимся при сварке и резке, относятся окислы азота (особенно двуокись азота), вызывающие заболевания легких и органов кровообращения; окись углерода (удушающий газ) — бесцветный газ, имеет кисловатый вкус и запах; будучи тяжелее воздуха в 1,5 раза, уходит вниз из зоны дыхания, однако, накапливаясь в помещении,

вытесняет кислород и при концентрации свыше 1 % приводит к раздражению дыхательных путей, вызывает потерю сознания, одышку, судороги и поражение нервной системы; озон, запах которого в больших концентрациях напоминает запах хлора, образуется при сварке в инертных газах, быстро вызывает раздражение глаз, сухость во рту и боли в груди; фтористый водород — бесцветный газ с резким запахом, действует на дыхательные пути и даже в небольших концентрациях вызывает раздражение слизистых оболочек.

При сварке в среде защитных газов торированными вольфрамовыми электродами марок ВТ-10, ВТ-15 в воздух выделяются окислы тория и продукты его распада, которые представляют радиационную опасность.

Подробные сведения о вредных воздействиях на организм разных элементов и соединений приведены в специальной литературе.

Помимо аэрозолей и газов неблагоприятное влияние на работающих в сварочных производствах оказывает еще ряд явлений, не устраняющихся с помощью вентиляции, но в совокупности с вредными веществами ухудшающих условия труда. Это — лучистая энергия сварочной дуги, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация, вызывающие ожоги открытых частей тела и иногда (особенно летом) перегрев организма; шум, который в сочетании с ультразвуковыми колебаниями вызывает стойкое понижение слуха у работающих. Помимо шумов, создаваемых сваркой, большим шумом сопровождаются заготовительные операции (рихтовка, правка, сборка) и особенно плазменно-дуговая резка. Создают шум и плохо сбалансированные вентиляционные установки (или смонтированные без виброоснований).

Как видно, причин профессиональных заболеваний сварщиков, газорезчиков и других работников сварочных производств много. Знание гигиенических особенностей основных видов сварки и резки способствует успешной борьбе за создание благоприятных условий труда, требуемой чистоты воздуха в рабочей зоне путем разработки рациональных и эффективных систем местной и общеобменной вентиляции, применения

средств индивидуальной защиты глаз, рук и т. д. Практика показывает, что вентиляция в совокупности с комплексом мероприятий технологического и организационного характера позволяет снизить концентрации вредных веществ до предельно допустимых и способствует значительному оздоровлению условий труда работающих в сварочных цехах.

9.3 Охрана окружающей среды

Загрязнение окружающей среды промышленными предприятиями связано в большей степени с загрязнением атмосферы и воды, используемой для различных целей производства (для охлаждения оборудования, для термической обработки изделий и др.)

Поэтому мероприятия по повышению экологической чистоты производства можно разделить на следующие группы[16]:

- охрана и рациональное использование водных ресурсов;
- охрана и рациональное использование воздушного бассейна.

Первая группа мероприятий направлена на создание сооружений по очистке сточных вод и применения систем оборотного водоснабжения. Так, при охлаждении технологического оборудования вода, выполнившая свою роль, поступает на охлаждение и затем через насос снова подается в технологический водопровод.

Вторая группа мероприятий связана с сооружением установок, для очистки воздуха, удаляемого вытяжной вентиляцией из цехов промышленных предприятий.

Одним из наиболее совершенных видов очистки газов от взвешенных в них частиц пыли являются электрофилтры. Их принцип основан на ударной ионизации газа в зоне коронирующего заряда, передачи заряда ионов частицам примесей и осаждении последних на осадительных и коронирующих электродах, с которых они затем удаляются механически. Также широкое применение для очистки газов от частиц пыли получили сухие пылеуловители – циклоны.

Для очистки технологических и вентиляционных выбросов от газов и паров применяют адсорберы. Адсорбция представляет собой процесс поглощения газов или паров поверхностью твердых веществ – адсорбентов.

Адсорбенты, используемые в процессах очистки отходящих газов, должны удовлетворять следующим требованиям:

- иметь большую адсорбционную способность при поглощении компонентов
- при небольших концентрациях их в газовых смесях;
- обладать высокой селективностью; иметь высокую механическую прочность;
- обладать способностью к регенерации;
- иметь низкую стоимость.

В качестве адсорбентов наибольшее распространение нашли такие материалы, как активные угли, силикагели, алюмогели и цеолиты.

Виды адсорберов. Основная задача адсорберов — обеспечить интенсивный контакт очищаемого газа с адсорбентом. В зависимости от состояния адсорбента различают три группы адсорберов: с неподвижным слоем сорбента, с движущимся слоем сорбента, с кипящим слоем сорбента.

Адсорберы с неподвижным слоем адсорбента. Адсорберы с неподвижным слоем представляет собой цилиндр. Вертикальной или горизонтальной емкости, заполненные слоем адсорбента. Адсорбент располагают на решетках, а подачу газа осуществляют сверху вниз. При необходимости адсорбент располагают несколькими слоями на полках.

Чтобы обеспечить непрерывность процесса необходимо устанавливать несколько адсорбционных аппаратов, каждый из которых периодически работает в режиме адсорбции или регенерации. Возможна работа по двух или четырех стадийному циклу. При четырех стадийном цикле работа осуществляется по следующим стадиям: адсорбция; десорбция — прекращают подачу парогазовой смеси и подают теплоноситель (пар), в результате нагрева

происходит десорбция поглощенных компонентов, которые вместе с паром удаляются из аппарата разделения; сушка адсорбента—прекращается подача пара и вместо него подается горячий воздух; охлаждение адсорбента — вместо горячего подается холодный воздух. При двухстадийном режиме процессы сушки и охлаждения осуществляются одновременно с процессом адсорбции. Процессы конденсации и рекуперации улавливаемых продуктов проводят в выносных аппаратах. Предложены конструкции, в которых стадии адсорбции и десорбции совмещены в одном корпусе.

Адсорберы с движущимся слоем адсорбента. Адсорберы этого класса лишены недостатков адсорберов с неподвижным слоем, в них возможно обеспечение непрерывности процесса, более полно используется адсорбционная емкость адсорбента, в одном аппарате может быть совмещено несколько стадий, за счет чего уменьшается занимаемая площадь. Кроме того, у него меньше гидравлическое сопротивление и он более прост в управлении и автоматизации. К недостаткам можно отнести истирание адсорбентов и необходимость строгого соблюдения гидродинамических характеристик процесса при эксплуатации установок.

Адсорберы с движущимся слоем адсорбента, в котором совмещаются стадии в одном корпусе, являются одними из наиболее перспективных.

Адсорберы с кипящим слоем адсорбента. Для интенсификации работы адсорберов возможно использование кипящего (взвешенного) слоя, когда размеры частиц меньше, чем в неподвижном слое. Это позволяет увеличивать ПКФ, уменьшать сопротивление и увеличивать допустимую скорость газа. Аппараты с кипящим слоем могут быть как периодического, так и непрерывного действия.

На участке сборки и сварки изготовления радиантной секции для улавливания газов при электросварочных работах применяем обще-обменную приточно-вытяжную вентиляцию и местную вытяжную вентиляцию.

Каждое рабочее место также оборудуется вытяжным отсосом – зонтом,

открытой конструкцией, всасывающее отверстие которой, приближено к источнику выделений. Подвижность воздуха в зоне сварки должна быть $0,2 \div 0,5$ метров в секунду.

Назначаем вентилятор радиальный FUK – 2700 SP с двигателем типа АИР 80В2У3, мощностью 2,2 кВт.

Проектируемые и внедряемые в сварочное производство машины, оборудование, технологии не должны в процессе эксплуатации вызывать вредные экологические последствия. При разработке и внедрении технологических процессов предпочтение должно отдаваться безотходным и малоотходным технологиям.

9.4 Чрезвычайные ситуации

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют. Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия. Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. Масляные обогреватели нагреваются до температуры 110-150 градусов, поэтому довольно быстро способны отопить помещение. На время отсутствия сотрудников можно выставить на термостате температуру 10-15 градусов, и не бояться, что они замерзнут, придя на работу. Главное, учитывать, что суммарная мощность обогревателей была меньше электрической мощности источника их питания. А также желательно наличие дополнительного автоматического выключателя в распределительном щите для защиты от перегрузок.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще.

Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

9.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. М.: Изд. стандартов, 1989.

ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. М.: Изд. стандартов, 1982.

ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. М.: Изд. стандартов, 1990.

ГОСТ 12.1.046-78. ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты. Классификация. М.: Изд. стандартов, 1990.

ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. М.: Изд. стандартов, 1984.

Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1998.

Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Энергоатомиздат, 1994.

Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. М.: Информ.-издат.

центр Минздрава России, 1997.

Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548096. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 1996.

Заключение

В выпускной квалификационной работе была разработана технология сварки труб диаметром 108 и толщиной стенки 14 мм из стали 45Х25Н35СБ, используемой для изготовления радиантных змеевиков в печах пиролиза.

Рассмотрены два способа сварки: ручная дуговая покрытыми электродами и механизированная сварка в среде защитных газов плавящимся электродом. Проведен сравнительный анализ преимуществ и недостатков каждого способа.

Были подобраны сварочные материалы, рассчитаны режимы сварки, по расчетным параметрам выбрано сварочное оборудование.

В экономической части дана оценка целесообразности замены ручной дуговой сварки на механизированную сварку в среде защитных газов плавящимся электродом.

По затратам на сварку изделия сварка в аргоне более выгодна, чем ручная дуговая. Он нам обходится дешевле на 177 руб./ст.

Учитывая условия, когда ручная дуговая сварка имеется на предприятии, а сварка в аргоне будет внедряться, такая ситуация тоже выгодна. Так как срок окупаемости составит 0,9 года.

Из показателей экономической оценки инвестиций можно сделать вывод, что внедрение механизированной сварки в среде защитных газов плавящимся электродом выгодно.

Проведен анализ вредных и опасных ситуаций на производстве. Предложены мероприятия по их предотвращению и ликвидации в случае возникновения, произведен расчет защитного заземления и составлен план эвакуации персонала.

Список используемой литературы

- 1 Акулов А.И., Бельчук Г.А., Деменцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. М.: Машиностроение, 1977. 432 с.
- 2 Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебник для вузов .-2-е изд. испр. и доп./ А.И.Акулов, В.П. Алехин, С.И.Ермаков и др./ Под ред. А.И.Акулова.-М.:Машиностроение,2003.-560 с.:ил.
- 3 Хазанов И.О. Сварка специальных сталей и сплавов. Учебное пособие.- Томск : Изд.ТПУ, 1999.-68 с.
- 4 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т Ред-кол.: Г.А.Николаев и др. – М.: Машиностроение, 1978
- 5 Технологические основы сварки давлением и плавлением. Сварка плавлением: учебно-методическое пособие/ Е.А. Трущенко; Национальный исследовательский Томский политехнический университет.–Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. –80 с.
- 6 Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. Под ред. акад. Б.Е.Патона, М., «Машиностроение», 1974. 768 с.
- 7 Материаловедение: Учебник для высших технических заведений /Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин, Г.Ф. Косолапов и др.; Под общ. Ред. Б.Н. Арзамасова. –2-е изд., испр. и доп.–М.: Машиностроение, 1986.–384 с., ил.
- 8 РД 153-34.1-003-01 «Руководящий документ – сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте энергетического оборудования (РТМ-1с)».
- 9 Руководящий технический документ. По техническому надзору, методам ревизии, отбраковки и ремонту печей пиролиза установки ЭП-300.
- 10 Ф.Ф.Химушин Исследование по жаропрочным сплавам, М., «Металлургия»,1970
- 11 Акшенцева А.П. Металлография коррозионностойких сталей и сплавов. М.: Металлургия, 1991. – 288 с .
- 12 Гуляев А.П. Металловедение. – М.: Металлургия, 1986. – 542 с.

- 13 ЕНиР § 17-4. ремонт и монтаж технологических трубопроводов.
- 14 ЕНиР § 17-5. Сварочные работы при монтаже и ремонте технологических трубопроводов
- 15 "Положения об аттестации дефектоскопистов". - М.: ВНИИПК техорггазстрой, 1986
- 16 ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод
- 17 ГОСТ 14782-86 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые
- 18 А.Д. Гитлевич и др. Техническое нормирование технологических процессов в сварочных цехах – М: Машгиз,1962.
- 19 Менеджмент. Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности (150202) оборудование и технология сварочного производства /Сост. Ю.С. Прокофьев,- Томск: Изд - во ТПУ, 2005.-56с.
- 20 Безопасность производственных процессов: справочник. С.В. Белов, В.Н. Бринза и др. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.
- 21 ГОСТ 12.1.003-83* Шум. Общие требования безопасности
- 22 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».
- 23 СНиП II-4-79. Нормы проектирования. Глава 4. Естественное и искусственное освещение. Часть II.
- 24 ПУЭ «Правила устройства электроустановок. Издание 7
- 25 Елгазин В.И. Расчет защитного заземления.
- 26 ГОСТ 12.1.004 - 76 «Пожарная безопасность»
- 27 ГОСТ 12.1.010 - 76 «Взрывобезопасность. Общие требования».
- 28 Журавлев В.Г. Защита населения и территории в чрезвычайных ситуациях. М.: Высшая школа, 1990. - 376 с.
- 29 Белов СВ. Охрана окружающей среды. - М.: Высшая школа, 1983. - 264 с.