

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные

(наименование кафедры)

процессы»

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Оборудование и технология сварочного производства

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технология ремонтной сварки трубопроводов ТоАЗ

Студент

Я.В. Кузьмин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.Л. Федоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

О.М. Сярдова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

П.А. Корчагин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Ельцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« » 20 г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Цель настоящей работы – повышение производительности и качества ремонтной сварки технологических трубопроводов из теплоустойчивых сталей.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- 1) установлены параметры режима ремонтной сварки;
- 2) составлена проектная технология ремонтной сварки с использованием предлагаемого способа сварки и выбранных параметров режима сварки и технологического оборудования;
- 3) произведен экологический анализ предложенных технологических решений на предмет возможной опасности для окружающей среды и персонала участка кузовного ремонта;
- 4) произведена экономическая оценка предлагаемых технических решений на предмет эффективности их внедрения в производство.

Пояснительная записка содержит 60 стр., 10 рисунков, 5 таблиц.

Для повышения эффективности ремонта дефектных стыков трубопроводов предложено применить импульсную подачу проволоки. Разработана технология сварки стыков трубопроводов. Подобрано соответствующее оборудование.

Для защиты персонала от вредных факторов предложены соответствующие технические и организационные мероприятия.

Проведена экономическая оценка проекта.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений	7
1 Анализ исходных данных и известных технических решений	7
1.1. Требования к проведению сварочно-ремонтных работ.....	7
1.2 Базовый технологический процесс восстановления	9
1.3. Критический анализ возможных способов ремонтной сварки	14
1.4 Формулировка задач бакалаврской работы	17
2 Проектная технология ремонтной сварки	18
2.1 Подбор присадочного материала	18
2.2 Определение режимов сварки	23
3 Подбор сварочного оборудования.....	27
4 Безопасность и экологичность бакалаврской работы	33
4.1 Описание и характеристика разработанного технического объекта.....	33
4.2 Риски, сопровождающие технологию ремонтной сварки трубопровода.	34
4.3. Мероприятия по уменьшению негативного действия профессиональных рисков.....	34
4.4. Мероприятия по пожарной безопасности участка сварки.	38
4.5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта	40
Заключение по разделу.....	41
5 Экономическая эффективность проекта.....	42
5.1 Исходные данные для экономического обоснования	42
сравниваемых вариантов.....	42
5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса	44
5.3 Расчет затрат на новое оборудование.....	45
5.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений	56

Выводы по разделу	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	60

ВВЕДЕНИЕ

Тольяттиазот был основан 40 лет назад. Строительство завода велось по договору с американской фирмой под флагом ударной комсомольской стройки. Помимо производства минеральных удобрений в 90е годы предприятие наладило выпуск кирпича, мебели, полиэтиленовой пленки.

Технологические линии предприятия, основное производственное оборудование работает в самых жестких условиях. Например синтез аммиака осуществляется при температурах около 500°C и давлениях свыше 300 атм. Вообще синтез аммиака может быть реализован при высоких давлениях, средних и низких. Чем выше давление – тем больше выход готового продукта из исходной газовой смеси – азота и водорода. Поэтому на предприятии нашли широкое применение теплоустойчивые стали.

В процессе эксплуатации технологического оборудования, в том числе трубопроводов из теплоустойчивых сталей накапливаются дефекты и повреждения. Ремонт дефектных участков трубопроводов является довольно частой и ответственной операцией. На предприятии километры трубопроводов для пара, горячей воды, температура их эксплуатации может достигать свыше 500°C. Разрушение таких трубопроводов может привести к чрезвычайным ситуациям. Существующая технология устранения дефектов на трубопроводах предусматривает выборку дефекта путем механической обработки, ручную дуговую сварку, термообработку.

В настоящее время при ремонте технологических трубопроводов применяются технологии, которые предусматривают использование ручной дуговой сварки. С одной стороны, это связано с простотой сварочного процесса, его доступностью для монтажных условий ремонта, широким спектром имеющихся сварочных материалов и оборудования. В то же время ручной метод сварки регламентирован различными нормативно-техническими документами, которыми руководствуются при выполнении работ на технологических трубопроводах, в том числе и под давлением.

Главным недостатком является сравнительно низкая скорость сварки, что отражается на продолжительности процесса ремонта [1].

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонтной сварки технологических трубопроводов из теплоустойчивых сталей.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1. Требования к проведению сварочно-ремонтных работ

Наибольшее количество повреждений трубопроводов из теплоустойчивых сталей происходит в сварных соединениях.

Типичными являются повреждения в виде кольцевых и продольных трещин по разупрочненной прослойке металла зоны термического влияния, а также продольные и поперечные трещины в металле шва и околошовной зоне, рис. 1.1.

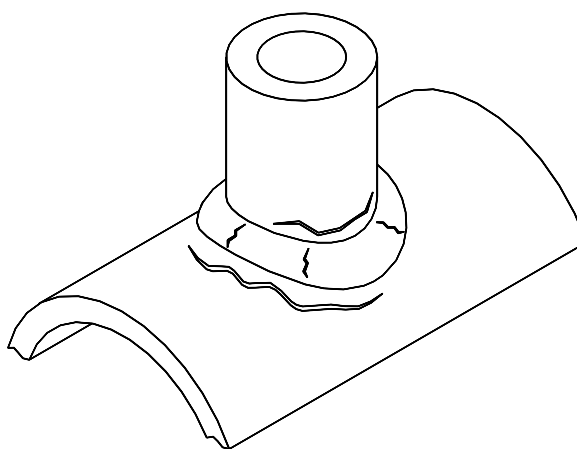


Рисунок 1.1 - Места расположения трещин

Основные положения сварочно-ремонтной технологии, для восстановления работоспособности сварных соединений данных видов, заключаются в следующем:

- проведение предварительного анализа условий эксплуатации, особенностей конструкции поврежденной сварной детали и технологии ее изготовления (технологии монтажа и возможного ранее проведенного ремонта) с установлением причин и характера повреждения;
- удаление поврежденного металла механическим способом - шлифованием с получением местных углублений-выборок заданной формы (в отдельных случаях допускается предварительное удаление металла огневым способом с последующей механической обработкой поверхности выбонок шлифованием);

- контроль качества металла в зоне выборки неразрушающими методами дефектоскопии, включая в отдельных случаях металлографический анализ с помощью реплик;
- выбор варианта ремонта: удаление поврежденного металла без последующей подварки мест углубления (когда оставшаяся толщина стенки в зоне выборки равна или превышает номинальную толщину стенки элемента) или подварка места выборки с послесварочной термической обработкой (когда оставшаяся толщина стенки в зоне выборки меньше номинальной толщины элемента трубы);
- выполнение подварочных швов в местах углублений-выборок многослойными ручной дуговой сваркой с использованием электродов типа Э-09Х1МФ на ограниченных токовых режимах, при этом ремонтируемые детали подогреваются до 250-350 °С в зависимости от типа и размера детали и марки стали;
- применение дополнительных усиливающих наплавов воротникового или цилиндрического типа для сварных соединений с недостаточной конструкционной прочностью;
- высокий отпуск после ремонта сваркой при температуре 720-750 °С с выдержкой 1-5 ч в зависимости от типа и размеров детали и марки стали;
- механическая обработка - шлифование наружной (и при необходимости внутренней) поверхности отремонтированной детали для получения необходимой формы и чистоты поверхности подварочных швов и наплавов (и удаление при необходимости подкладного кольца); проведение контроля качества отремонтированных сварных соединений неразрушающими методами дефектоскопии;
- устранение или уменьшение негативного влияния эксплуатационных причин, вызывающих повреждение сварного соединения, путем

улучшения состояния опорно-подвесной системы, улучшения работы дренажей и т.д.;

- оценка остаточного срока службы отремонтированных сварных деталей с применением современных методических подходов на стадии пред- и полного разрушения металла.

Детальная технология ремонта регламентирована в руководящих документах, согласованных и Госгортехнадзором России. Она охватывает различные типы сварных соединений, в том числе стыковые, штуцерные и тройниковые соединения равно- и разнотолщинных элементов труб паропроводов и коллекторов котлов. В данных РД рассмотрены типичные виды эксплуатационных повреждений сварных соединений, а также причины, вызвавшие эти повреждения, в том числе из-за некачественно проведенного ремонта.

Детальная технология ремонта охватывает различные типы сварных соединений, в том числе стыковые, штуцерные и тройниковые соединения равно- и разнотолщинных элементов трубопроводов.

1.2 Базовый технологический процесс восстановления

Технологические операции существующего процесса, последовательность выполнения операций и перехода операций и режимы обработки представлены в таблице 1.1.

На первом этапе анализируется поврежденный участок сварного соединения. Для тройниковых соединений определяются максимально допустимые значения выборок дефектов. Кроме того, определяется возможность допуска к ремонту тройникового соединения в зависимости от количества уже прошедших ремонтов, табл. 1.2. Так для тройниковых соединений допускается ремонт при глубине выборки менее 15% толщины стенки штуцера два раза, более 15% – 1 раз.

Таблица 1.1 - Базовый технологический процесс

Операция	Наименование перехода и режим обработки
1	2
1. Подготовительная	1.1.Контролировать сварочно-технологические свойства электродов на соответствие требованиям. 1.2.Очистка изделий от загрязнений. 1.3.Определение границ дефекта. 1.4.Выборка металла, травление выборки. 1.5.Контроль чистоты поверхности.
2. Предварительный подогрев	2.1.Обезжиривание поверхности. 2.2.Греть изделия до температуры: - для стыковых соединений сталей 12Х1МФ и 20ХМФЛ - 200...250 °С, сталей 15Х1МФ и 15Х1М1ФЛ - 250...300 °С; -тройниковых соединений из стали 12Х1МФ – 250...300° С, из стали 15Х1МФ - 300...350°С.
3. Заполнение выборки	3.1.Наложить валики (слои) согласно схеме. Ток постоянный, полярность обратная, напряжение на дуге $U_d=23$ В. Толщина валика 5...8 мм, ширина валика 12...20 мм. Каждый последующий валик должен перекрывать предыдущий на 1/3 его ширины. При заполнении выборки для первого валика (слоя) $I = 90...120$ А, $d = 3$ мм, для последующих слоев $I = 90...120$ А, $d = 3$ мм, или $I = 140...180$ А, $d = 4$ мм. Длина дуги не более $d_{эл}$. 3.2.Каждый слой очистить от шлака.
4. Термическая обработка	4.1.Греть сразу после окончания заполнения выборки до температуры 720...750°С. Выдержка: при толщине стенки <20 мм - 1 час, при толщине стенки от 20 до 50 мм - 3 часа, при толщине стенки >50 мм - 5 часов.
5. механическая обработка	5.1.Шлифовать поверхность наплавки. 5.2.Контролировать поверхность травлением 15% раствором азотной кислоты.
6. Контроль	6.1.Визуальный и измерительный контроль. 6.2.Ультразвуковой или радиографический контроль 6.3.Капиллярный контроль. 6.4.Стилоскопирование металла наплавки и замер твердости металла шва.

Таблица 1.2 - Варианты способов устранения дефектов

Поврежден ия	Допустимые размеры выборки		Вариант технологии
	глубина по отношению к S и h шва, %	протяженность по отношению к длине углового шва, %	
1	2	3	4
1. Кольцевые продольные трещины со стороны корпуса тройника	<20	<15	Местная подварка
	<20	>15	Кольцев ая подварка
	<30	<100	Кольцев ая подварка
	<50	<100	Кольцев ая подварка
	>20	<100	Ремонту не подлежит
2. Кольцевые трещины в ЗТВ со стороны штуцера	<30	<20	Местная подварка
	<30	<100	Кольцев ая подварка
3. Поперечные трещины в угловом шве	<15	<20	Местная подварка
	<15	<100	Кольцев ая подварка
	<100	<100	Ремонту не подлежит

Для стыковых соединений трубопроводов протяженность выборки не должна превышать 1/3 периметра трубы, а глубина 50% от толщины трубы. Или для кольцевой выборки глубина не должна превышать 25% от толщины трубы.

Перед использованием электродов следует произвести проверку наличия сертификата на электроды, сохранности упаковки и самих электродов, наличие на каждой пачке электродов соответствующих этикеток и полноту указанных в них данных. Непосредственно перед сваркой следует произвести прокалку электродов и проверить их сварочно-технологические свойства. Прокалку электродов следует производить при температуре 330...370 °С и выдержке 2...2,5 часа.

Следующий этап – проверка сварочно-технологических свойств электродов, соответствие их марочному составу путем стилоскопирования.

Также путем стилоскопирования проверяется соответствие марки стали ремонтируемой детали. Результаты выполненного стилоскопирования должны быть отражены в специальных журналах и оформлены согласно протокола специальной формы.

При неудовлетворительных результатах контроля выполняют количественный спектральный или химический анализ.

Результаты проверки электродов должны быть оформлены соответствующим актом.

После контроля качества электродов и металла поврежденного шва производят выборку металла. Определяют границы дефекта. Особую проблему составляют трещины. Здесь для определения границ дефекта применяют капиллярный метод. Выборку производят механическим методом.

После выборки дефекта производят контроль чистоты поверхности выборки и прилегающих поверхностей, отсутствие микроповрежденности методом реплик

Непосредственно перед сваркой производят обезжиривание поверхности выборки.

Перед сваркой производится предварительный подогрев.

Для стыковых соединений из сталей 12Х1МФ и 20ХМФЛ температура предварительного подогрева 200-250° С, из сталей 15Х1МФ и 15Х1М1ФЛ температура 250-300°С.

Для тройниковых соединений из стали 12Х1МФ температура подогрева 250-300°С, из стали 15Х1МФ 300-350°С.

В процессе сварки температура контролируется.

Для сварки стыковых соединений с температурой эксплуатации до 510 С применяют электроды ТМЛ-1У, ЦЛ-38 тип Э-09Х1М, для соединений с температурой эксплуатации свыше 510 С, электроды ТМЛ-3У, ЦЛ-20, ЦЛ-45, ЦЛ-39 тип Э-09Х1МФ.

Для тройниковых соединений и стыковых соединений с температурой

эксплуатации 510-560 С заварку выборки выполнять возможно более короткой дугой длиной не более величины диаметра электрода.

Последовательность наложения валиков (слоев) согласно схеме. Ток постоянный, полярность обратная, напряжение на дуге не более 23 В. Толщина валика 5-8 мм, ширина валика 12-20 мм. Каждый последующий валик должен перекрывать предыдущий на 1/3 его ширины. При заполнении выборки сила тока для первого валика (слоя) 90-120 А, диаметр электрода 3 мм, для последующих электрода диаметром 3 мм и сила тока 90-120 А, или электрода диаметром 4 мм и сила тока 140-180 А.

При наложении валиков каждый слой очищать от шлака и производить визуальный контроль на отсутствие поверхностных дефектов.

После заполнения выборки не допуская снижения температуры менее требуемой сразу произвести термообработку. При толщине стенки менее 20 мм температура термообработки 720-750 С°, и время 1 час. При толщине стенки свыше 20 мм и до 50 мм время 3 часа и если толщина стенки более 50 мм время составляет 5 часов. Производить термообработку газопламенным нагревом.

Операция механической обработки выполняется после термической обработки. Производится шлифование поверхности наплавки. По окончании шлифования контролируется поверхность, травлением 15% раствором азотной кислоты.

Контроль качества включает в себя следующее: визуальный и измерительный контроль, ультразвуковой или радиографический контроль, капиллярный контроль, стилоскопирование металла наплавки и замер твердости металла шва.

Базовая технология ремонтной сварки с применением ручной дуговой сварки штучными электродами обладает следующими выявленными недостатками:

- 1) низкая стабильность качества сварных соединений из-за множественного числа дефектов;

- 2) малая производительность сварки вследствие применения штучного электрода и необходимости предварительного подогрева;
- 3) значительный расход сварочных материалов на разбрызгивание и огарки.

Устранение перечисленных недостатков возможно путём составления проектной технологии на основе перспективных способов сварки и сварочных материалов.

1.3. Критический анализ возможных способов ремонтной сварки

Применительно к рассматриваемой толщине трубы пригодными могут быть признаны следующие способы выполнения сварных соединений:

- ручная дуговая сварка штучными электродами;
 - механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов;
 - механизированная сварка порошковыми проволоками в среде защитных газов и самозащитными порошковыми проволоками;
- сварка под флюсом.

Сравнительный анализ способов рассмотрим в таблице 1.3.

По результатам выполненного анализа можно сделать вывод, что предпочтительным вариантом замены является сварка порошковой проволокой.

Для применения порошковых проволок в большинстве случаев требуется такое же оборудование, как и для проволок сплошного сечения. Однако в первом случае имеются определенные преимущества в технологичности, производительности и металлургической приспособляемости для сварки сталей широкой номенклатуры.

В 1974 г. в британский стандарт впервые ввели порошковую проволоку с металлическим сердечником (массовая доля неметаллических материалов не более 4 %). Сварочные порошковые проволоки классифицированы европейскими стандартами (EN 758, EN 12073) и стандартами ISO (ISO 17632, ISO 18276, ISO 17633), введенными в действие в 2004–2005 гг. Не все

национальные стандарты адаптированы к нововведениям, поэтому зачастую проволоки порошковые с металлическим сердечником классифицируют по стандартам на проволоку сплошного сечения.

Таблица 1.3 – Критический анализ возможных вариантов ремонта

Способ	Достоинства	Недостатки
Ручная дуговая сварка	Отработанный технологический процесс, простое дешевое оборудование, мобильность, возможность сварки в разных пространственных положениях.	Низкая производительность, низкое качество, повышенный расход присадочного материала, требуется высокая квалификация сварщика.
Автоматическая сварка под слоем флюса	Высокое качество шва, высокая производительность способа, возможность сварки больших толщин, простота легирования наплавленного металла.	Требуются специальные приемы при сварке в разных пространственных положениях, сложное конструктивно и в эксплуатации, дорогостоящее оборудование.
Сварка в среде углекислого газа	Высокая производительность, экономичность, простота процесса, возможность сварки швов в различных пространственных положениях.	Повышенное разбрызгивание электродного металла, неблагоприятная форма швов, низкая мобильность из за баллонов с газом.
Сварка порошковой проволокой	Высокая производительность; высокое качество и прочность соединения; малый расход присадочной проволоки.	Сравнительно сложное оборудование, Ограничена подвижность сварщика.
Газовая сварка	Простое конструктивно и в эксплуатации оборудование; возможность сварки деталей малых толщин.	Необходимость высокой квалификации сварщика; низкая производительность процесса, невозможность сварки больших толщин
Аргоно-дуговая сварка	Возможность сварки в различных пространственных положениях, высокое качество, успешная сварка высоколегированных сталей и активных металлов	Необходимость высокой квалификации сварщика, дорогой защитный газ, низкая мобильность из за баллонов с газом.

В производстве и применении порошковых проволок лидерство в последние годы сохраняют страны Юго-Восточной Азии (Япония, Южная Корея, КНР), где производство порошковых проволок превышает выпуск штучных электродов и приближается по объему к проволокам сплошного сечения. В США, Франции, Великобритании, Германии объемы применения порошковых проволок сравнялись с объемами ручной дуговой сварки

покрытыми электродами за счет как развития собственных производств, так и допуска на свои рынки производителей из Юго-Восточной Азии (Японии, Южной Кореи).

Страны СНГ существенно отстают в этой области, что способствовало приходу на эту часть рынка продукции японских, южнокорейских и ряда европейских производителей. К сожалению, подобная ситуация складывается и в сфере закупки оборудования для механизированной и автоматизированной сварки.

В структуре применения порошковых проволок основную долю составляют проволоки для сварки в защитных газах (порошковые проволоки с рутиловым, основным и металлическим сердечниками). Особую группу составляют самозащитные проволоки, позволяющие вести процесс сварки без дополнительной защиты газом или флюсом, а потому наиболее приемлемые для сварочно-монтажных работ.

После бурного роста потребления порошковых проволок (особенно газозащитных) в 1970–1980-е годы зафиксирован временный спад, вызванный объективными причинами (большой диаметр, повышенное выделение дыма, недостаточный уровень показателей свойств). К 2000 г. вновь возросло потребление порошковых проволок благодаря существенному повышению качества изготовления, параметров свойств и применимости для сварки сталей различных классов в отраслях промышленности и строительства.

Большинство типов порошковой проволоки, в сравнении с проволоками сплошного сечения, обеспечивают лучшие технологические свойства (форму шва и провар соединения) и производительность сварки.

По способу изготовления порошковые проволоки подразделяются на вальцованные (изготовленные путем формовки холоднокатаной ленты заданного размера в круглый профиль, заполняемый порошковой смесью на промежуточной стадии формовки) и так называемые бесшовные, полученные

путем заполнения агломерированным флюсом длинномерной трубной заготовки на специальных вибростендах.

В последние годы освоено заполнение трубной заготовки из ленты (штрипса) непосредственно перед сваркой продольного шва, выполняемой лазером или токами высокой частоты. Последующий процесс изготовления включает доформовку прокаткой и волочение по схеме, подобной при изготовлении проволоки сплошного сечения с применением промежуточных отжигов. Такая технология позволяет достигать низкого содержания водорода в проволоке и наносить любые виды покрытия на поверхность.

Для реализации данной технологии требуются значительные капиталовложения в оборудование и эксплуатационные расходы. В связи с этим стоимость продукции повышается в среднем вдвое, по сравнению с проволокой вальцованной.

Современные порошковые проволоки поставляются в готовом для применения виде (по стандарту EN 759) и пригодны для сварки с использованием серийного оборудования.

1.4 Формулировка задач бакалаврской работы

Применительно к рассматриваемой толщине трубы пригодными

2 Проектная технология ремонтной сварки

2.1 Подбор присадочного материала

В настоящее время в Российской Федерации производство сварочных порошковых проволок сосредоточено в ОАО «ЭЛЕКТРОСВАРКА» (г. Калининград), входящем в группу предприятий ЗАО НПФ «ИТС» (г. С-Петербург). ОАО «ЭЛЕКТРОСВАРКА» изготавливает широкий спектр порошковых сварочных проволок (14 наименований) для обеспечения нужд отечественной промышленности при производстве ответственных сварных металлоконструкций самого различного типа и назначения. К этим порошковым проволокам относятся широко известные в мостовом строительстве марки POWER BRIDGE 60M, POWER ARC 60R, порошковые проволоки применяемые на предприятиях нефтегазовой отрасли — ПП-60P, POWER PIPE 90R, ПП-60M, порошковые проволоки, применяемые в судостроении ПП-71, ПП-71Н, ПП-A22/9 и др.

Порошковые сварочные проволоки производятся двух типов: беззамковые (низколегированные проволоки), у которых вдоль образующей поверхности проволоки выполняется сварной шов, поэтому проволоки герметичны и замковые (высоколегированные

проволоки), у которых замыкание поверхности обеспечивается механически сформированным замком.

Общий объем производства порошковых сварочных проволок составляет на 2016 год до 1,5 тыс. тонн и имеет стойкую тенденцию к увеличению [3].

Производство порошковых проволок беззамкового типа существенно отличается от технологии производства порошковых проволок замкового типа. При производстве проволок замкового типа первоначально в стан подается фольга толщиной 0,25–0,3 мм, которая вращающимися роликами изгибается до состояния, показанного на рисунке 2.1. Затем внутрь сформировавшейся из фольги полости подается порошок ферросплавов, первоначально подготовленный и помолотый в шаровых мельницах (второй этап), после чего производится формирование собственно порошковой проволоки (третий этап) путем обжатия роликами.

Конечная толщина фольги в готовой замковой порошковой проволоке составляет 0,17–0,2 мм. Как следует из рис. 2.1, при обеспеченности фольгой и порошками ферросплавов вполне можно обеспечить поточный автоматический процесс достаточно крупнотоннажного производства замковых порошковых проволок.

Существует много разновидностей, показанных на рис. 2.1, станов для производства замковых порошковых проволок, различающихся по степени аппаратного оформления и, соответственно, стоимости. Различное аппаратное насыщение направлено на формирование порошковых проволок конкретного диаметра и в пределах необходимых допусков по диаметру и овальности.

Другим важнейшим фактором, влияющим на стоимость порошковой проволоки и ее место на рынке является подготовка шихты. Значительное

количество фирм-производителей для снижения стоимости готового продукта не использует предварительную агломерацию и подготовку шихты (очистка по сере и фосфору, дегазация, прокалка и т.д.). В этом случае, при формировании порошковой проволоки происходит сепарация шихты по легирующим элементам по длине проволоки и, соответственно, различный химический состав наплавленного металла в разных частях сварного шва. Следует отметить, что при подготовке шихты, для обеспечения требуемой хладостойкости металла шва, содержание кислорода в металле шва, наплавленном низколегированными порошковыми проволоками, не должно быть более 0,07% (определяется требованиями к рутиловому концентрату и общей дегазацией шихты), азота — не более 0,01%. То же самое касается содержания серы и фосфора в шихте и в ленте (фольге).

Отличительной чертой технологического цикла производства низколегированных беззамковых порошковых проволок является использование не фольги, а ленты толщиной 2 мм для производства оболочки порошковой проволоки, использование технологии сварки для получения беззамкового соединения торцов оболочки проволоки и технологии волочения для формирования проволоки необходимого диаметра. При производстве высоколегированных порошковых проволок любого типа термическая обработка по-прежнему является неизменным фактором технологии производства. Это связано со структурой внешней оболочки проволоки, которая в большинстве случаев является аустенитной. Поэтому, процесс волочения такой проволоки неизбежно связан со значительным количеством термических обработок, которые оказывают влияние на состав шихты и поэтому большинство производств мира предпочитает процесс производства замковых высоколегированных порошковых проволок, где количество термических обработок можно минимизировать. В настоящее время это является основным вектором развития производства высоколегированных порошковых проволок в мире.

Технология изготовления бесшовной проволоки более сложная по сравнению с проволокой на «замке» что, конечно же, отражается и на цене проволоки, превышающей цену, изготовленной по традиционной технологии замковой порошковой проволоки. Зато очевидна разница в содержании диффузионного водорода в металле шва при использовании обеих проволок по данным компании ITW, рисунок 2.2.

В «замковой» проволоке содержание диффузионного водорода в 3 раза больше чем в бесшовной проволоке. Это может привести возникновению «холодных» трещин в сварном соединении при нарушении технологии сварки, особенно режимов предварительного подогрева свариваемого изделия.

Учитывая особенности порошковых бесшовных проволок, фирма ЗАО «НПФ ИТС» наладила на заводе ОАО «Электросварка» в Калининграде выпуск металлопорошковых проволок марок ПП-ХГСМФА и ПП-ХМФА диаметром 1,2 и 1,6 мм для автоматической и механизированной сварки в защитных газах плавящимся электродом сварных соединений всех типов и видов из сталей марок 12МХ, 20ХМ, 20ХМФ, 15Х1М1Ф, 12Х1МФ и др. аналогичных теплоустойчивых сталей.

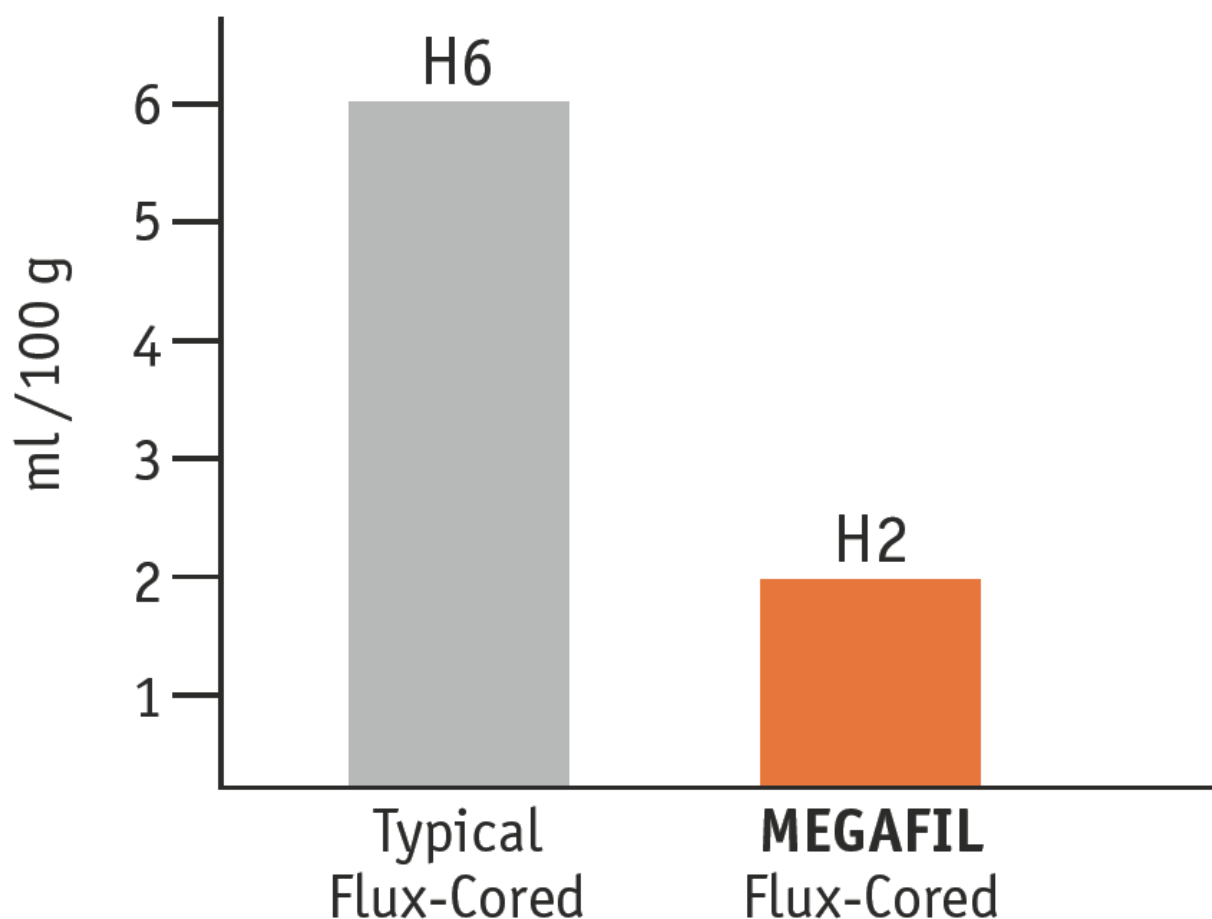


Рисунок 2.2 - Зависимость содержания водорода в $\text{cm}^3/100 \text{ г}$ в наплавленном металле от метода изготовления порошковой проволоки при прочих равных условиях: 1 – порошковая проволока с замком; 2 – бесшовная порошковая проволока

Порошковые проволоки данного типа позволяют наладить их выпуск с омедненной поверхностью. Они обеспечивают, с одной стороны, повышенную производительность сварки — до 5 кг/ч, что на 15–20 % выше, чем у порошковых проволок рутилового типа, и более, чем в два раза выше, чем у проволок сплошного сечения (до 2 кг/ч), с другой стороны — сварку на пониженной погонной энергии за счет возможности снижения напряжения на дуге, по сравнению с проволоками сплошного сечения и равномерному распределению тепловложения дуги на поверхности сварочной ванны.

Последнее позволяет снизить размеры ЗТВ и время термообработки. В дополнение к этому благоприятное расположение дендритов в

кристаллизующейся сварочной ванне способствует понижению склонности к образованию горячих трещин.

2.2 Определение режимов сварки

Как правило, в настоящее время, определение режимов сварки порошковыми проволоками осуществляется экспериментальным путем. При этом проводят серию поисковых экспериментов с последующей сваркой экспериментальных образцов. Однако, этот метод определения режимов сварки является весьма затратным, а расчетная методика определения режимов сварки порошковыми проволоками в настоящее время отсутствует.

Анализ справочной литературы показал, что расчетным путем возможно определить следующие параметры сварки порошковыми проволоками:

– количество материала в сердечнике, описываемого коэффициентом заполнения K_3 , определяемого по формуле 2.1:

$$K_3 = \frac{G_{\text{ПОР}}}{G_{\text{ПРОВ}}} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

где $G_{\text{ПОР}}$ — масса порошкового наполнителя (г);

$G_{\text{ПРОВ}}$ — общая масса проволоки (г);

– коэффициент расплавления порошковой проволоки α_p , г/А·ч, определяемый по формуле 2.2:

$$\alpha_p = \frac{G_{\text{ПРОВ}} \cdot (1 - K_3)}{I_{\text{СВ}} \cdot \tau} \quad (\text{г/а} \cdot \text{ч}), \quad (2.2)$$

где $I_{\text{СВ}}$ — сила сварочного тока;

τ — время расплавления проволоки.

– коэффициент наплавки α_n , определяемый по формуле 2.3:

$$\alpha_n = \frac{G_n}{I_{\text{СВ}} \cdot \tau} \quad (\text{г/а} \cdot \text{ч}), \quad (2.3)$$

где G_n — масса металла (кг), наплавленного за время τ .

– коэффициент набрызгивания $\alpha_{\text{нб}}$, по формуле, 2.4:

$$\alpha_{\text{нб}} = \frac{G_{\text{бр}}}{G_{\text{н}}} \cdot 100\%, \quad (2.4)$$

где $\alpha_{\text{нб}}$ — потери электродного металла на разбрызгивание (кг);

$G_{\text{бр}}$ — масса брызг (кг);

$G_{\text{н}}$ — масса наплавленного металла (кг).

– массу наплавленного металла $G_{\text{пр}}$, по формуле 2.5:

$$G = \frac{G_{\text{н}}}{\tau} \quad \left(\frac{\text{кг}}{\text{ч}} \right) \quad (2.5)$$

Известно, что одним из основных параметров, влияющим на производительность, энерго- и ресурсоемкость сварочных работ порошковыми проволоками, является сила сварочного тока $I_{\text{св}}$, зависящая от следующих факторов:

- диаметр порошковой проволоки;
- удельное сопротивление порошковой проволоки на вылете;
- форма и площадь поперечного сечения порошковой проволоки;
- вылет электрода;
- химический состав порошкообразного наполнителя;
- конструктивные особенности порошковой проволоки.

С учетом изложенного видно, что при сварке порошковыми проволоками, количество факторов влияющих на величину силы сварочного тока значительно больше, чем при сварке проволоками сплошного сечения и покрытыми электродами.

Поэтому, для возможности учета влияния этих факторов на изменение силы сварочного тока предложен безразмерный коэффициент $K_{\text{пп}}$ (формула 2.6).

$$I_{\text{св}} = K_{\text{пп}} \cdot d_{\text{эл}}, \quad (2.6)$$

где $K_{\text{пп}}$ — безразмерный коэффициент, учитывающий особенности плавления порошковых проволок; $d_{\text{эл}}$ — наружный диаметр порошковой проволоки.

Для определения напряжения с учетом коэффициента $K_{\text{пп}}$ в формулу вводили еще коэффициент $K_{\text{нд}}$ (формула 2.7).

$$U_{\text{д}} = 20 + 0,05K_{\text{пп}} \cdot d_{\text{эл}}^{0,5} \cdot K_{\text{нд}}, \quad (2.7)$$

Коэффициент $K_{нд}$ учитывает изменение сопротивления на электроде в зависимости от геометрических параметров проволоки.

Учитывая конструктивные особенности порошковых проволок, распределение силы тока наблюдается не по всей площади поперечного сечения проволоки, а только по площади кольца диаметром D и толщиной h_1 (согласно рис. 1).

Известно, что плотность тока есть отношение силы сварочного тока к площади поперечного сечения проводника, следовательно:

$$j = \frac{I_{CB}}{S} = \frac{4 \cdot I_{CB}}{\pi \cdot (D^2 - d^2)} \quad (2.8)$$

где j — плотность сварочного тока, А/мм²;

S — площадь поперечного сечения проводника (металлической оболочки порошковой проволоки), мм.

Отметим, что формула (2.8) справедлива для случая применения порошковых проволок простого (кольцевого) сечения. В случае применения порошковых проволок сложного сечения, требуется определение площади фигуры образованной поперечным сечением оболочки порошковой проволоки.

В формулу для выражения скорости сварки ввели дополнительный коэффициент $A_{пп}$, зависящий от диаметра и толщины оболочки порошковой проволоки. И поправочный коэффициент, учитывающий особенности плавления порошковых проволок k_v . Тогда известная формула примет вид (2.9).

$$V_{CB} = \frac{A_{пп} \cdot k_v}{36 \cdot I_{CB}}, \quad (2.9)$$

Скорость подачи проволоки характеризует количество подаваемой проволоки в единицу времени. Как правило, скорость подачи проволоки $V_{пп}$ измеряется в м/ч или см/с.

Она зависит от силы тока, коэффициента наплавки площади и массы проволоки сгораемой под действием определенной силы тока. Следовательно:

$$V_{\text{III}} = \frac{\alpha_H \cdot I_{\text{CB}}}{q} \quad (2.10)$$

где α_H — коэффициент наплавки, г/А·ч;

q — масса погонного метра порошковой проволоки, г.

После подстановки соответствующих значений в формулу 2.10, получаем:

$$V_{\text{III}} = \frac{40,5 \cdot \alpha_H \cdot I_{\text{CB}}}{h_1 \cdot \left(\frac{d - h_1}{d} \right)^3} \cdot 10^3, \text{ м/ч} \quad (2.11)$$

Для удобства использования выражения 2.11, заменили коэффициент наплавки α_H , на коэффициент K_α , отражающий изменение коэффициента наплавки с учетом изменения площади поперечного сечения и химического состава сердечника порошковой проволоки.

Проведя соответствующие преобразования, уравнение 2.11 приняло вид:

$$V_{\text{III}} = \frac{40,5 \cdot K_\alpha \cdot I_{\text{CB}}}{h_1 \cdot \left(\frac{d - h_1}{d} \right)^3} \cdot 10^3, \text{ м/ч} \quad (2.12)$$

Расчеты по рассмотренным формулам следует проводить по следующему алгоритму, рисунок 2.3

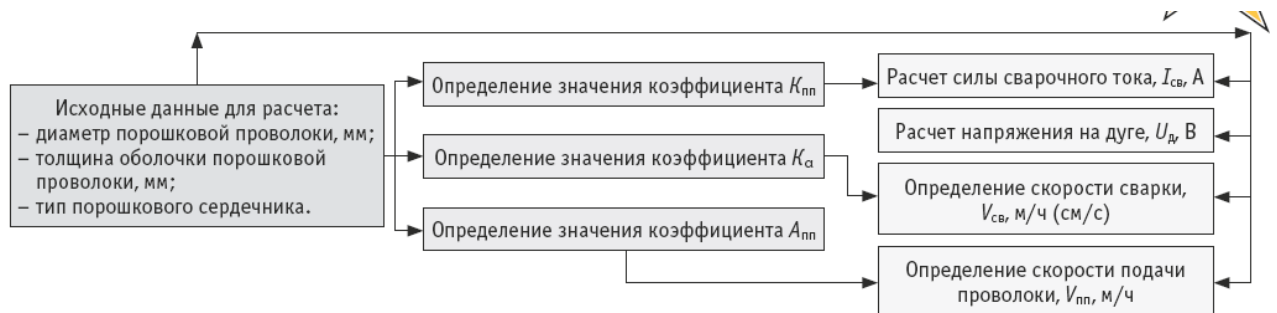


Рисунок 2.3 – Алгоритм расчета режимов сварки порошковыми проволоками.

3 Подбор сварочного оборудования

В настоящее время в сварочном производстве используются как традиционные выпрямители, так и инверторные источники питания. Источники с регулируемыми выпрямителями тиристорного типа или нерегулируемыми выпрямителями еще долгое время будут востребованы на рынке благодаря сравнительной простоте, надежности и относительной дешевизне. Они могут использоваться в современных эффективных сварочных процессах, например при способе сварки с вынужденными короткими замыканиями (ВКЗ), разработанном компаниями ИТС и СЭЛМА (РФ–Украина) [1]. В настоящее время все более интенсивно в сварочное производство внедряют инверторные источники питания разной степени сложности. Для качественного выполнения сварочно-наплавочных работ, достижения высокой производительности и выполнения задач энерго- и ресурсосбережения потребители будут выбирать именно такие источники питания.

При создании инверторных источников питания можно отметить две тенденции. Первая направлена на снижение массогабаритных характеристик оборудования, повышение его КПД [2], вторая — на реализацию управления переносом электродного металла [3]. При

этом последнее из обозначенных направлений требует наличия «интеллектуальных» источников, которые уже созданы или создаются и производятся различными фирмами. Их особенность состоит в возможности реализации алгоритмов управления переносом электродного металла таких, как STT (перенос металла силами поверхностного натяжения) и CMT (холодный перенос металла).

Следует отметить, что несмотря на привлекательность разработок сварочных источников питания инверторного типа с использованием интеллектуального потенциала их программных средств до сих пор остаются нерешенным или решенными частично следующие основные задачи:

обеспечение достаточно надежных конструкторских решений по защите источников при их работе в реальных условиях производства;

реализация блочно-модульного построения силовой части для обеспечения широкого диапазона значений номинальных токов и различных уровней выходного напряжения;

оптимизация обслуживания, дополнительного программирования или перепрограммирования с целью получения качественно новых процессов сварки и наплавки, соответствующих условиям современного производства, новым технологиям и др.

Разработанная система управления обеспечивает на выходе источника питания необходимые для каждого способа сварки динамические и вольт-амперные характеристики (ВАХ). Система управления определяет множество состояний тока и напряжения, которые могут реализоваться в процессе работы. При этом актуальным является ясный и удобный интерфейс для ввода и коррекции характеристик источника питания.

Продемонстрируем работу системы управления источника питания на примере графического проектирования внешней ВАХ. Обычно ВАХ представляют в виде кривых, которые при пересечении с осями определяют ток КЗ и напряжение холостого хода. Их существует множество, и по заданию заказчика можно составить базу пользования.

ВАХ источника питания сварочного тока во многих аспектах определяют возможность реализации процесса сварки, его качество [4] и даже возможность получения определенного вида переноса электродного металла, как, например, упомянутый процесс с ВКЗ. Общепринятой формой представления ВАХ является график, поэтому ввод и коррекция ВАХ реализованы в графическом виде специальным

редактором на ПК, подключенном через USB интерфейс к источнику питания.

С помощью специально разработанного графического редактора на экране компьютера можно нарисовать кривую требуемой ВАХ, а затем передать ее на исполнение в аппарат. Вид экрана программы редактора и кривые ВАХ представлены на рисунке 3.1. Ввод ВАХ в большинстве случаев необходим для общей настройки аппарата в условиях производства и начального программирования, а также для исследовательской и технологической практики, что мы считаем наиболее важным. Память источника позволяет хранить сотни ВАХ, и сварщику остается только выбрать наиболее подходящую из них для конкретных условий сварки, сварочных материалов и режимов.

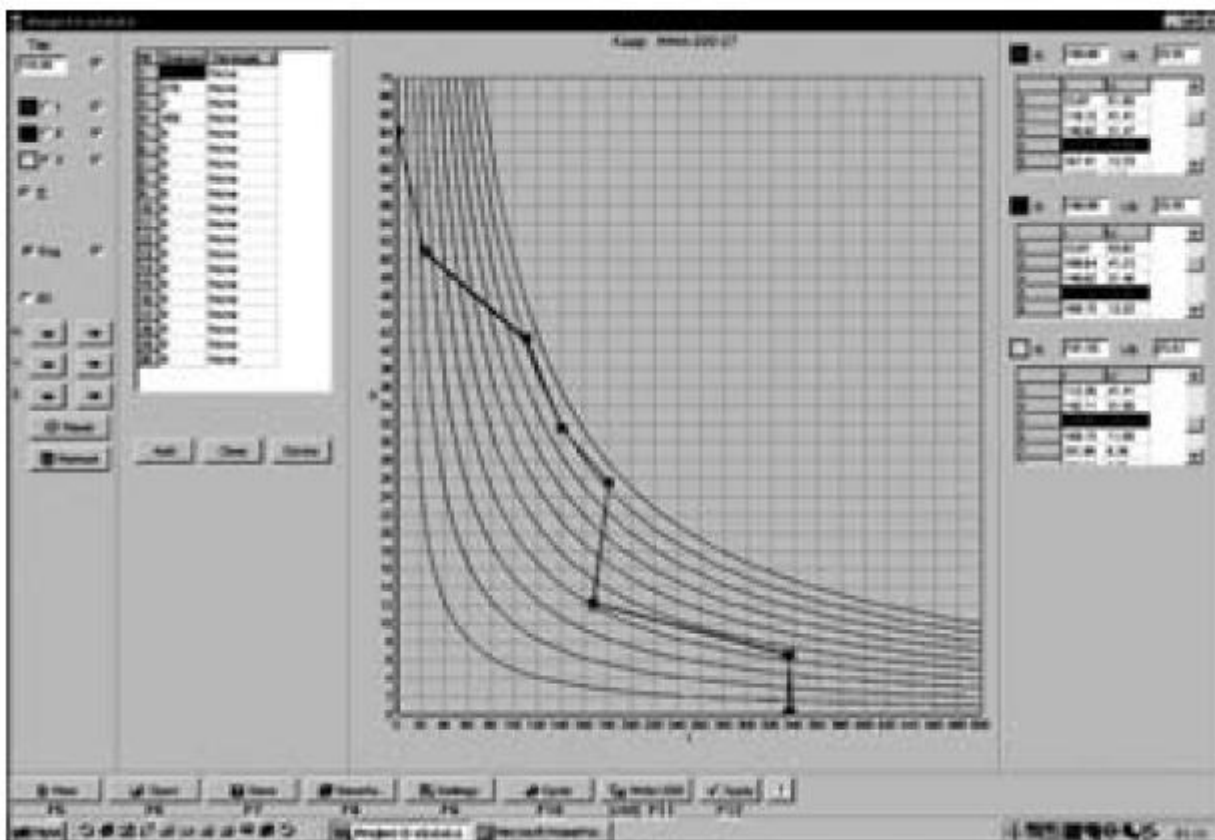


Рисунок 3.1 – Вид экрана программы-редактора для ввода ВАХ в источник питания

При оценке возможностей новой разработки специалистов ООО «Лаборатория электронных технологий» и ИЭС им. Е. О. Патона – нового источника ЛЭТ 350 (рисунок 3.2) со стандартным подающим механизмом типа ПДГО-510, был выполнен комплекс исследований с изменением ВАХ, динамических характеристик источника питания, а также с применением импульсных воздействий и пр. Все параметры источника устанавливались в режиме online и оценивались по

качеству валиков наплавленного металла, осциллограммам тока и напряжения.



Рисунок 3.2 - Вариант конструктивного исполнения источника питания с дисплеем сенсорного типа.

4 Безопасность и экологичность бакалаврской работы

4.1 Описание и характеристика разработанного технического объекта.

Согласно распоряжению по институту машиностроения тема бакалаврской работы сформулирована следующим образом: «Разработка технологии сварки технологических трубопроводов ПАО Тольяттиазот». В настоящее время сварка технологических трубопроводов в указанной организации производится технологией дуговой сварки штучными электродами. В разделе 1 настоящей работы у данной технологии выявлен ряд недостатков, и показано, что применяя механизированную сварку их можно нейтрализовать. Разработана технология механизированной сварки, естественно, что при внедрении данных технических решений необходимо предусмотреть мероприятия по нейтрализации опасных и вредных технологических факторов, сопровождающих технологию механизированной сварки.

Труд сварщиков характеризуется наличием ряда опасных и вредных производственных факторов, являющихся неотъемлемым следствием сварочного процесса.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Выполняемые работы	Должности работников, реализующих данный техпроцесс	Вновь установленное оборудование	Вспомогательные материалы
1	Ремонтная сварка дефектов технологического трубопровода	Подготовка, сборка и сварка дефектных труб	Слесарь-сборщик, сварщик изделий из тугоплавких металлов,	выпрямитель ЛЭТ 350, полуавтомат ПДГО-510.	Присадочная проволока ПП-ХМФА, аргон, круг абразивный

4.2 Риски, сопровождающие технологию ремонтной сварки трубопровода.

Различные негативные производственные факторы при действии на организм работников, реализующих разработанный в бакалаврской работе технологический процесс могут вызвать нетрудоспособность работника. В таблице 4.2 систематизируем и проанализируем выявленные на участке сварки негативные производственные факторы.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков.

Выполняемые работы	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
Подготовка и сварка дефектных труб	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки. повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке; повышенная температура оборудования и воздуха участка; повышенное напряжение, от которого запитано оборудование; световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Выпрямитель ЛЭТ 350, полуавтомат ПДГО-510. присадочная проволока ПП-ХМФА, круг абразивный.

4.3. Мероприятия по уменьшению негативного действия профессиональных рисков

Уже внедренные на производственном участке и разработанные в рамках бакалаврской работы мероприятия по снижению негативного действия профессиональных рисков систематизируем и проанализируем в таблице 4.3. В таблицу не будем включать такие организационные мероприятия, как инструктажи по технике безопасности.

Таблица 4.3 – Мероприятия и средства уменьшения негативного действия профессиональных рисков.

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Острые кромки		Перчатки, спецодежда.
движущиеся детали оборудования и заготовки	Плакаты и надписи, барьеры и ограждения.	
повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке	вентиляция	Средства защиты дыхательных путей
повышенная температура оборудования и воздуха участка	вентиляция	Спецодежда, перчатки
повышенное напряжение, от которого запитано оборудование;	Заземление, контроль изоляции.	
световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Экранирование места сварки щитами,	маска сварщика, спецодежда.

Развитие сварочного производства требует улучшения условий труда рабочих-сварщиков. Работа в этом направлении ведется во всех промышленно развитых странах.

Меры, направленные на оздоровление условий труда сварщиков, которые проводились ранее, дают положительные результаты. Однако проблема создания здоровых и безопасных условий труда сварщиков по-прежнему остается актуальной. В первую очередь подлежат решению задачи защиты органов дыхания сварщиков от воздействия сварочных аэрозолей.

Как показывает мировой и отечественный опыт, сочетание технологических и санитарно-технических мероприятий по устранению вредного действия сварочных аэрозолей, а также применение средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) сварщиков составляют основу системы мероприятий по защите сварщиков и окружающей среды от воздействия сварочных аэрозолей.

Первое направление этой системы (технологическое) заключается в снижении уровня выделения сварочных аэрозолей в воздух путем совершенствования процесса, выбора технологии и способа сварки, вида и марки сварочного материала, защитного газа и режима сварки.

Второе (санитарно-техническое) состоит в локализации и нейтрализации сварочных аэрозолей путем применения современных эффективных средств местной вентиляции.

Третье направление заключается в применении СИЗОД нового поколения, позволяющих защищать органы дыхания сварщиков в различных производственных условиях.

В зависимости от условий труда, а также от требований к качеству сварного соединения необходимо использовать либо комплекс этих мероприятий, либо некоторые из них. Благодаря реализации всего указанного комплекса мероприятий практически решены подобные проблемы сварочного производства в развитых зарубежных странах. Во многих европейских странах на основе подробных исследований химического состава и уровней выделения сварочных аэрозолей составлены специальные каталоги и компьютерные базы данных, позволяющие выбирать наиболее благоприятные в гигиеническом отношении сварочные материалы и режимы сварки.

Для защиты от сварочных аэрозолей могут быть применены эффективные средства местной вентиляции известных фирм «Plimo Vent», «Nederman», ESAB, «Kemper» и др.; СИЗОД (маски сварщика с системой подачи чистого воздуха в зону дыхания) фирм «Racal», «Nederman», «Hornell Speedglas, Inc.») и др. В России налажено серийное производство современных средств местной вентиляции (для рабочих мест сварщиков) фирмами «СовПлим», «Экоюрус-Венто» и др.

Реализация первого направления, т. е. разработка технологических методов снижения выделения сварочных аэрозолей, возможна на основе глубокого изучения процессов их образования. Для двух других направлений

эти сведения также являются исходными при разработке соответствующих способов и средств нейтрализации сварочных аэрозолей.

При механизированной сварке любых типов сталей больше сварочных аэрозолей образуется при сварке порошковой проволокой. Наибольшую токсичность имеют сварочные аэрозоли, образующиеся при сварке высоколегированных сталей. Это объясняется наличием в них шестивалентного хрома в виде хроматов калия и натрия, образующихся при взаимодействии хрома с соединениями калия и натрия, обычно присутствующими в сердечнике проволоки. Естественно, при сварке проволокой сплошного сечения хроматы калия и натрия в сварочных аэрозолях отсутствуют. Поэтому проволоки сплошного сечения имеют существенные преимущества перед порошковыми.

Результаты исследований зависимостей уровней выделений сварочных аэрозолей от режима сварки и диаметра сварочной проволоки показали, что выделение токсичных сварочных аэрозолей снижается с уменьшением диаметра сварочной проволоки. Для каждого диаметра проволоки существуют определенные значения сварочных токов, при которых интенсивность выделения аэрозоля максимальная, а также область токов, обеспечивающая минимальное выделение аэрозоля. В ходе исследований зависимости интенсивности образования компонентов газообразной составляющей сварочных аэрозолей монооксида углерода и оксидов азота от режима сварки выявлено, что при максимальном погружении дуги в основной металл и уменьшении площади контакта сварочной дуги с окружающим дугу воздухом и защитным газом происходит их минимальное образование.

Окончательный вывод можно сделать следующий. Хотя выбран способ механизированной сварки не обеспечивающий минимальное выделение сварочных аэрозолей – за счет того, что применяется маленький диаметр сварочной проволоки и сварка теплоустойчивых сталей ведется на малой длине дуги выделение токсичных сварочных аэрозолей, все же, небольшое, и можно применив стандартные системы вентиляции справиться с этой

проблемой.

4.4. Мероприятия по пожарной безопасности участка сварки.

В таблице 4.4 выполним анализ возможных опасных факторов, сопровождающих пожар, при его возникновении на производственном участке.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Подготовки, сборки и сварки дефектов труб	Выпрямитель ЛЭТ 350, полуавтомат ПДГО-510	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; выделение вредных продуктов при горении; Уменьшение содержания кислорода при горении; дым препятствует нормальной видимости.	Повреждение из-за высокой температуры электрической изоляции на проводах может привести к поражению электрическим током; действие на человека веществ, применяемых для пожаротушения

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-1	Пожарные автомобили (вызываются)	Не применяются	Не применяются	Краны пожарные напорные пожарные рукава	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	Телефон в помещении начальника участка, кнопка извещения о пожаре

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование технологического процесса, оборудования, технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Сварка дефектов труб	обучение рабочих и служащих правилам пожарной безопасности, применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности, проведение учений с производственным персоналом по поводу пожарной безопасности, создание добровольной пожарной дружины.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

4.5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие объекта, технологического процесса (здания по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортного средства	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Сварка дефектов труб	Подготовка труб, отводов, бобышек, штуцеров к сварке, сборка сварка,	газообразные частицы; сажа;	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	упаковка от электродов, бумажная, полиэтиленовая; металлолом, преимущественно стальной; огарки электродов; бытовой мусор.

Таблица 4.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Установить в систему вентиляции участка фильтры, улавливающие частицы сажи
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Размещение на территории участка ремонта емкостей для селективного сбора металлолома, бытовых отходов и производственных отходов. На емкостях или рядом стоящих плакатах необходимо нанести предписывающие сообщения. С рабочими необходимо провести разъяснение по необходимости селективного складирования отходов. Желательно периодически, во время ежеквартального инструктажа по технике безопасности, разъяснять производственному персоналу правила сбора твердых отходов

Важным, на наш взгляд, является снижение выбросов в атмосферу. Дело в том, что технология сварки с применением порошковой проволоки характеризуется повышенным количеством газообразных выбросов.

4.6 Заключение по разделу

Планируемый к внедрению технологический процесс механизированной сварки дефектов трубопроводов ТоАЗ проволокой сплошного сечения сопровождается факторами, оказывающими вредное воздействие на рабочих производственного участка.

Также технология механизированной сварки дефектов технологического трубопровода проволокой сплошного сечения оказывает негативное влияние на окружающую среду.

Сделан анализ возможности снижения негативного действия выявленных факторов на рабочих и полного устранения их действия. По результатам анализа можно сделать вывод, что уже применяемые на производстве средства защиты и организационные мероприятия по технике безопасности обеспечат безопасность работника при реализации разработанного при выполнении бакалаврской работы технологического процесса механизированной сварки дефектов трубопроводов.

Установлено, что дополнительных мероприятий и средств для защиты от опасных и вредных факторов, сопровождающих процесс механизированной сварки, не нужно.

Для минимизации негативного влияния на окружающую среду предложен комплекс организационных мероприятий.

5 Экономическая эффективность проекта

По базовому варианту технологического процесса сварки дефектов трубопровода применяется дуговая сварка штучными электродами. Результаты анализа научно-технической и патентной литературы позволили рекомендовать для проектного варианта механизированную сварку.

Сопоставительный анализ двух вариантов, базового и проектного, приведен в таблице 5.1. В таблице рассмотрены выявленные в 1 разделе работы недостатки базовой технологии сварки и принцип их устранения при использовании механизированной сварки.

Таблица 5.1 – Сопоставительный анализ базового и проектного варианта технологии

Базовая технология	Проектная технология
Сварка штучными электродами предусматривает необходимость контроля большого количества параметров процесса. Для сварки по базовой технологии требуются рабочие высокого разряда и размер тарифной ставки у них, соответственно, высокий.	При механизированной сварке полуавтомат подает присадочную проволоку в зону горения сварочной дуги, уменьшается количество параметров техпроцесса, которые нужно контролировать. Можно поставить на операцию рабочего с меньшим разрядом, и, соответственно, меньшей тарифной ставкой.
Скорость сварки низкая, так как сила тока при сварке штучными электродами не может быть большой.	Сила тока при механизированной сварке больше, значит можно увеличить скорость без опасений получить такой дефект, как непровар.

5.1 Исходные данные для экономического обоснования сравниваемых вариантов

Исходные данные необходимые для проведения расчетов, занесены в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Исходные данные для проведения экономического расчета

Показатели	Услов. обозн.	Ед. изм.	Варианты	
			Базовый	Проект.
2	3	4	5	6
Годовая программа	$N_{\text{пр}}$	шт	500	500
Финансовые затраты на 1 кг присадочного материала	$\text{Ц}_{\text{эл.}}$	Руб/кг	680	590
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$k_{\text{тз}}$	-	1,05	1,05
Значение тарифной ставки	$\text{С}_{\text{ч}}$	Руб/час	95,29	84,87
Коэффициент, учитывающий начисления к основной заработной плате	$k_{\text{зп}}$	-	1,81	1,81
Отчисления на дополнительную заработную плату	$k_{\text{д}}$	%	10	10
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$\text{Н}_{\text{соц}}$	%	30	30
Финансовые затраты на покупку оборудования	$\text{Ц}_{\text{об}}$	Руб	40000	70000
Норма амортизационных отчислений на оборудование	$\text{Н}_{\text{а}}$	%	18	18
Коэф. Полезного действия установки	КПД	-	0,7	0,78
Стоимость электроэнергии	$\text{Ц}_{\text{э}} - \text{э}$	Руб/кВт	3,02	3,02
Удельный расход защитного газа	Узг	$\text{М}^3/\text{час}$	-	50
Стоимость защитного газа	Цзг	$\text{Руб}/\text{м}^3$	-	50
Стоимость аренды площади	$\text{С}_{\text{экспл}}$	$\text{Руб}/\text{м}^2$	1800	1800
Стоимость приобретения производственных площадей	Цпл	$\text{Руб}/\text{м}^2$	4500	4500
Площадь занимаемая оборудованием	S	М^2	8	11
Значения коэффициентов, финансовых расходов на монтаж и демонтаж оборудования	$k_{\text{монт}}$ $k_{\text{дем}}$	%	2	2
Коэффициент цеховых расходов	$k_{\text{цех}}$		1,72	1,72
Коэффициент заводских расходов	$k_{\text{зав}}$		1,97	1,97

5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Для расчета штучного времени на сварку одного стыка трубопровода применим зависимость:

$$t_{шт} = t_{n-з} + t_0 + t_в + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.п} \quad (5.1)$$

где $t_{n-з}$ – время, расходуемое на подготовительно-заключительные операции, $t_{n-з} = 0,05\%$ от t_0

$t_0 = t_M$ – время, расходуемое непосредственно на выполнение сварного шва - машинное.

$t_в$ – время, расходуемое на подготовку сварочного оборудования к работе
 $t_в = 10\%$ от t_0 .

$t_{отл}$ – время, расходуемое рабочими на отдых и личные надобности $t_{отл} = 5\%$ от t_0 ;

$t_{обсл}$ – время, расходуемое рабочими на обслуживание рабочего места
 $t_{обсл} = 8\%$ от t_0 ;

$t_{н.п}$ – время неустраняемых перерывов, 1% от t_0 .

Машинное время определим по следующей формуле:

$$t_0 = \frac{60 * M_{напл.мет} * L_{ш}}{I_{св.} * \alpha_{напл}}, \quad (5.2)$$

где: $L_{ш}$ – кольцевой шов - 0,238 м;

$I_{св}$ – сварочный ток, А;

$\alpha_{напл}$ – коэффициент наплавки, 9 Г/А·час.

$M_{напл.мет}$ – масса наплавленного металла, кг/м;

Масса наплавленного металла $M_{напл.мет}$ – может быть определена по зависимости, кг/м:

$$M_{напл.мет} = \rho \cdot F_H \cdot 10^{-3} \quad (5.3)$$

где ρ – плотность, 7,8 г/см³;

F_H – площадь валика, мм².

$$F_H = (8 \div 12) \cdot d_{эл.}$$

На толщину 3,5 мм.

$$F_H = F_1 + F_2 + F_3 = 21 + 24 + 27 = 72 \text{ мм}^2$$

$$M_{напл.мет.б} = 7,8 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 0,561 \text{ кг/м}$$

$$M_{напл.мет.пр} = 7,8 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 0,561 \text{ кг/м}$$

Подставив в (5.2) необходимые значения, получим:

$$t_{об} = \frac{60 \cdot 0,561 \cdot 0,238}{120 \cdot 9} = 0,049 \text{ час} = 2,94 \text{ мин.}$$

$$t_{пр} = \frac{60 \cdot 0,561 \cdot 0,238}{210 \cdot 9} = 0,027 \text{ час} = 1,62 \text{ мин.}$$

Подставив в (5.1) необходимые значения, получим:

$$t_{штб} = 2,94 + 0,294 + 0,147 + 0,235 + 0,029 = 3,64 \text{ мин} = 0,060 \text{ час}$$

$$t_{штпр} = 1,62 + 0,162 + 0,081 + 0,129 + 0,0162 = 2,00 \text{ мин.} = 0,033 \text{ час.}$$

5.3 Расчет затрат на новое оборудование

$$K_{общ} = K_{пр} + K_{соп} \quad (5.5)$$

где: $K_{пр}$ – затраты непосредственно на закупку оборудования, прямые, руб.;

$K_{соп}$ – финансовые затраты на демонтаж старого, установку нового оборудования, сопутствующие, руб.

Расчет прямых финансовых затрат выполним по зависимости:

$$K_{пр} = \sum \Pi_{об} \cdot k_3 \quad (5.6)$$

где $\sum \Pi_{об}$ – суммарные финансовые затраты на закупку оборудования, руб.;

k_3 – коэффициент загрузки оборудования.

Для определения коэффициента загрузки оборудования вначале рассчитаем нужное количество оборудования по формуле:

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{пр} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60} \quad (5.7)$$

где: $N_{пр}$ – годовая программа, см. табл. 5.2, 500 шт.;

$t_{шт}$ – время, расходуемое на сварку одного стыка трубопровода (штучное), мин.;

$\Phi_{эф}$ – фонд времени работы оборудования, час.

Необходимое количество оборудования, определенное по (5.7) может быть дробным числом, поэтому округляем до целого ($n_{об.прин}$).

Для расчета коэффициента загрузки воспользуемся формулой:

$$k_з = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (5.8)$$

Фонд времени определим по формуле:

$$\Phi_{эф} = (D_k - D_{вых} - D_{пр}) * T_{см} * S * (1 - k_{р.п}) \quad (5.9)$$

где: D_k – всего дней в году;

$D_{вых}$ – всего выходных в году;

$D_{пр}$ – всего праздничных дней в году;

$T_{см}$ – длительность рабочей смены на предприятии, час;

S – принятое на предприятии количество рабочих смен;

$k_{р.п}$ – потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку (0,06).

$$\Phi_{эф.} = (365 - 110 - 14) * 8 * 1 * (1 - 0,06) = 1812 \text{ час.}$$

Для базового варианта технологии

$$n_{об.расчетн.б} = \frac{500 * 4,21}{1812 * 60} = 0,027 \text{ шт}$$

$$k_{зб} = \frac{0,027}{1} = 0,027$$

$$K_{\text{прб}} = 40000 \cdot 0,027 = 1080 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$n_{\text{об.расчетн.пр}} = \frac{500 \cdot 2,00}{1812 \cdot 60} = 0,012 \text{ шт}$$

$$k_{\text{зпр}} = \frac{0,012}{1} = 0,012$$

$$K_{\text{прпр}} = 70000 \cdot 0,012 = 840 \text{ руб.}$$

Сопутствующие финансовые затраты определяются расчетным путем только для проектного варианта:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{монт}} + K_{\text{дем}} + K_{\text{площ}} \quad (5.10)$$

$K_{\text{монт}}$ – финансовые расходы, необходимые для выполнения монтажа оборудования для проектного варианта технологии;

$K_{\text{дем}}$ – финансовые расходы, необходимые для выполнения демонтажа оборудования применяемого в базовом варианте технологии;

$K_{\text{площ}}$ – финансовые расходы на дополнительные площади, необходимые для установки оборудования для проектного варианта технологии.

$$K_{\text{монт}} = \Sigma \Pi_{\text{об}} \cdot k_{\text{монт}} \quad (5.11)$$

где: $k_{\text{монт}}$ – коэффициент финансовых расходов, необходимых для установки на производственных площадях оборудования по проектному варианту технологии и подключения его к необходимым коммуникациям
 $k_{\text{монт}} = 0,2$.

$$K_{\text{монт}} = 70000 \cdot 0,2 = 14000 \text{ руб}$$

$$K_{\text{дем}} = \Sigma \Pi_{\text{об}} \cdot k_{\text{дем}} \quad (5.12)$$

где: $k_{\text{дем}}$ – коэффициент финансовых расходов, необходимых для установки на производственных площадях оборудования по проектному варианту технологии и подключения его к необходимым коммуникациям, $k_{\text{дем}} = 0,2$

$$K_{\text{ДЕМ}} = 40000 \cdot 0,2 = 8000 \text{ руб}$$

$$K_{\text{ПЛОЩ}} = S_{\text{ПЛОЩ}} \cdot \Pi_{\text{ПЛОЩ}} \cdot g \cdot k_3 \quad (5.13)$$

где: g – коэффициент, учитывающий проходы и проезды = 3.

$$K_{\text{ПЛОЩ}} = 3 \cdot 3000 \cdot 3 \cdot 0,12 = 5400 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{БАЗ}} = K_{\text{ПР}} = 5400 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{ПР}} = 840 + 14000 + 8000 + 5400 = 28240 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}} \quad (5.14)$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{БАЗ}} = 1080/700 = 1,54 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{ПР}} = 28240/700 = 40,34 \text{ руб.}$$

5.4 Расчет себестоимости

Общий размер финансовых расходов на материалы определяется как сумма расходов на основные материалы и вспомогательные:

$$ЗМ = ЗМ_{\text{ОСН}} + ЗМ_{\text{ВСП}}$$

Поскольку конструкция изделия изменений не претерпевает, и в базовом варианте и в проектном материал изделия не меняется, первое слагаемое формулы, финансовые расходы на основные материалы, расчету не подлежит.

Для применяемой в настоящее время на предприятии технологии сварки в качестве вспомогательных материалов используют штучные электроды, расходы на закупку которых определим по формуле

$$ЗМ_{\text{ЭЛ}} = N_{\text{ЭЛ}} \cdot Ц_{\text{ЭЛ}} \quad (5.16)$$

где $Ц_{\text{ЭЛ}}$ – стоимость штучных электродов, руб/кг;

$N_{\text{ЭЛ}}$ - расход штучных электродов согласно нормативам , кг.

$$N_{\text{эл.}} = Y \cdot L_{\text{ш.}} \quad (5.17)$$

где – Y - расход штучных электродов на единицу длины шва, согласно принятым нормативам, кг/м;

$L_{\text{ш.}}$ – общая протяженность сварного соединения, м.

$$Y = k_p \cdot M_{\text{напл.мет}} \quad (5.18)$$

где k_p – коэффициент расхода сварочных материалов, 1,7;

$M_{\text{напл.мет}}$ – общее количество присадочного материала, штучных электродов, нужных для формирования сварного соединения, кг.

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \cdot F_{\text{ш}} \cdot 10^{-3}, \quad (5.19)$$

где ρ – плотность стали – материал штучных электродов, 7,8 г/см³;

$F_{\text{ш}}$ – площадь поперечного сечения шва, $F_{\text{ш}} = 129 \text{ мм}^2$.

$$M_{\text{напл.мет}} = 7,8 \cdot 159 / 1000 = 1,240 \text{ кг.}$$

$$Y = 1,7 \cdot 1,240 = 2,10 \text{ кг/м.}$$

$$N_{\text{эл}} = 2,10 \cdot 0,687 = 1,448 \text{ кг.}$$

$$ЗМ_{\text{элб}} = 680 \cdot 1,448 = 984,93 \text{ руб;}$$

$$ЗМ_{\text{б}} = 984,93 \text{ руб.}$$

Для предлагаемой в проектном варианте технологии в качестве вспомогательных материалов используют присадочную проволоку и защитный газ, суммарные расходы на закупку которых определим по формуле

$$ЗМ_{\text{свпр}} = ЗМ_{\text{свпр}} + З_{\text{г}} \quad (5.20)$$

Расходы на закупку присадочной проволоки определим по формуле:

$$ЗМ_{\text{свпр}} = Ц_{\text{пр}} \cdot N_{\text{пр}} \quad (5.21)$$

где $Ц_{\text{пр}}$ – стоимость применяемой в проектной технологии присадочной проволоки, руб/кг;

$N_{\text{пр}}$ - норма расхода применяемой в проектной технологии присадочной проволоки, кг.

Для определения нормы расхода применяемой в проектной технологии присадочной проволоки воспользуемся формулой:

$$N_{\text{пр}} = Y \cdot L_{\text{ш}} \quad (5.22)$$

где Y – расход сварочной проволоки на единицу длины шва, согласно принятым нормативам, кг/м;

$L_{\text{ш}}$ – общая протяженность сварного соединения, м.

$$Y = k_p \cdot M_{\text{напл.мет}} \quad (5.23)$$

где k_p – коэффициент расхода сварочных материалов, 1,05;

$M_{\text{напл.мет}}$ – общее количество присадочного материала, присадочной проволоки, нужных для формирования сварного соединения, кг.

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \cdot F_{\text{ш}} \cdot 10^{-3}, \quad (5.24)$$

где ρ – плотность стали – материал присадочной проволоки, 7,8 г/см³;

$F_{\text{ш}}$ – площадь поперечного сечения шва, $F_{\text{ш}} = 159 \text{ мм}^2$.

$$M_{\text{напл.мет}} = 7,8 \cdot 159 / 1000 = 1,240 \text{ кг.}$$

$$Y = 1,05 \cdot 1,240 = 1,302 \text{ кг/м.}$$

$$N_{\text{пр}} = 1,302 \cdot 0,687 = 0,894 \text{ кг}$$

$$ЗМ_{\text{свпр}} = 590 \cdot 0,894 = 527,73 \text{ руб.}$$

Расходы на применяемый для защиты сварочной ванны газ, в предлагаемом варианте аргон, определим по формуле:

$$З_{\text{з.г.}} = Ц_{\text{з.г.}} \cdot N_{\text{з.г.}} \quad (5.25)$$

где $Ц_{\text{з.г.}}$ – рыночная стоимость одного литра защитного газа в рублях;

$N_{\text{з.г.}}$ – норма расхода используемого в предлагаемом варианте технологии защитного газа в литрах на 1 погонный метр шва.

Норма расхода вычисляется по зависимости:

$$N_{\text{з.г.}} = Y_{\text{з.г.}} \cdot L + Y_{\text{доп}} \quad (5.26)$$

где $Y_{\text{з.г.}}$ – расход защитного газа непосредственно на выполнение сварного шва, л.

$$Y_{з.г.} = q_{з.г.} \cdot t_0 \quad (5.27)$$

где $q_{зг} = 10$ л/мин;

t_0 - вычисленное по формуле (5.2) время сварки шва.

$$Y_{з.г.} = 10 \cdot 1,62 = 16,2 \text{ л}$$

$Y_{доп.}$ – учитывает дополнительный расход газа на операции не связанные с формированием шва, m^3 .

$$Y_{доп} = t_{всп} \cdot q_{зг} \quad (5.28)$$

где $t_{всп}$ – время расхода газа, мин;

$q_{зг}$ – норма расхода газа в единицу времени, $m^3/мин$.

$$Y_{доп} = 10 \cdot 0,05 = 0,5 \text{ л.}$$

$$H_{з.г.} = 16,2 \cdot 0,687 + 0,5 = 11,62 \text{ л.}$$

$$Z_{з.г.} = 0,011 \cdot 50 = 0,55 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта общая сумма расходов на вспомогательные материалы составит:

$$ZM_{пр} = 527,73 + 0,55 = 528,28 \text{ руб.}$$

Финансовые расходы на электрическую энергию

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_0}{КПД} Ц_{э-э} \quad (5.29)$$

где $P_{об}$ – мощность, расходуемая оборудованием при выполнении сварного соединения, кВт;

$Ц_{э-э}$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/кВт·час;

КПД – коэффициент полезного действия оборудования, задействованного при выполнении сварного соединения.

Мощность расходуемую оборудованием при выполнении сварного соединения вычислим по режимам сварки: сила сварочного тока и напряжение дуги.

Для базового варианта технологии

$$P_{обб} = 120 \cdot 30 = 3600 \text{ Вт} = 3,6 \text{ кВт}$$

$$z_{\text{э-э}}^{\text{Б}} = \frac{3,6 \cdot 0,056}{0,7} 2,2 = 0,63 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$P_{\text{обпр}} = 210 \cdot 30 = 6300 \text{ Вт} = 6,3 \text{ кВт}$$

$$z_{\text{э-э}}^{\text{ПР}} = \frac{6,3 \cdot 0,027}{0,75} 2,2 = 0,49 \text{ руб.}$$

На следующем этапе выполняем расчет затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования как суммы затрат на амортизацию и ремонт.

$$z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{т.р}} \quad (5.30)$$

где $A_{\text{об}}$ – отчисления на амортизацию, руб.;

$P_{\text{т.р}}$ – отчисления на ремонт, руб.;

Отчисления на амортизацию рассчитаем по зависимости:

$$A_{\text{об.}} = \frac{C_{\text{об}} * N_{\text{об}} * t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} * 60 * 100} \quad (5.31)$$

где $C_{\text{об}}$ – цена оборудования по базовому и проектному вариантам, руб.;

$N_{\text{об}}$ – норма амортизации оборудования, %;

$$A_{\text{об}}^{\text{Б}} = \frac{40000 \cdot 4,21 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,27 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{об}}^{\text{ПР}} = \frac{70000 \cdot 2,00 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,23 \text{ руб.}$$

Отчисления на ремонт рассчитаем по зависимости:

$$P_{\text{т.р}} = \frac{C_{\text{об}} * H_{\text{т.р}} * k_3}{\Phi_{\text{эф}} * 100} \quad (5.32)$$

где $H_{\text{т.р}}$ – норма отчислений на текущий ремонт оборудования, $\approx 35\%$;

$$P_{\text{тр}}^{\text{Б}} = \frac{40000 * 35 * 0,027}{1812 * 100} = 0,20 \text{ руб.}$$

$$P_{тр}^{пр} = \frac{70000 * 35 * 0,012}{1812 * 100} = 0,16 \text{ руб.}$$

Суммарные расходы на содержание и эксплуатацию

$$З_{об}^Б = 0,27 + 0,20 = 0,47 \text{ руб.}$$

$$З_{об}^{пр} = 0,23 + 0,16 = 0,39 \text{ руб.}$$

Для определения размера отчислений на площади, на которых установлено оборудование и оснастка базового и проектного вариантов технологии воспользуемся зависимостью:

$$З_{пл} = \frac{C_{пл} * S_{пл} * N_{пл} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 100 * 60} \quad (5.33)$$

где: $C_{пл}$ – цена 1 м² производственной площади, руб.;

$N_{пл}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{пл}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м²;

$$З_{пл}^Б = \frac{3000 * 8 * 2 * 4,21}{1812 * 100 * 60} = 0,01 \text{ руб.}$$

$$З_{пл}^{пр} = \frac{3000 * 11 * 2 * 2,00}{1812 * 100 * 60} = 0,01 \text{ руб.}$$

На следующем этапе определяем затраты по оплате труда

Фонд заработной платы определим как сумму:

$$\Phi ЗП = ЗП_{осн} + ЗП_{доп} \quad (5.34)$$

где $ЗП_{осн}$ – основная зарплата;

$ЗП_{доп}$ – дополнительная зарплата.

$$ЗП_{осн} = t_{шт} * C_{ч} * k_{зпл} \quad (5.35)$$

где $C_{ч}$ – значение тарифной ставки, руб/час;

$t_{шт}$ – штучное время, час;

$k_{зпл}$ – коэффициент начислений на основную заработную плату.

$$k_{зпл} = k_{пр} * k_{вн} * k_{у} * k_{нф} * k_{н} \quad (5.36)$$

где $k_{\text{пр}} = 1,25$ – коэффициент премирования;

$k_{\text{вн}} = 1,1$ – коэффициент выполнения норм;

$k_{\text{у}} = 1,1$ – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{\text{пф}} = 1,057$ – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_{\text{н}} = 1,133$ – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{\text{ЗПЛ}} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,057 \cdot 1,133 = 1,81$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{б}} = 0,034 \cdot 74,8 \cdot 1,81 = 4,60 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{пр}} = 0,016 \cdot 53,1 \cdot 1,81 = 1,53 \text{ руб.}$$

Дополнительная определяется по следующей зависимости:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}} = \frac{k_{\text{д}}}{100} \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} \quad (5.37)$$

где $k_{\text{д}}$ – коэффициент - 10%.

Для базового варианта технологии

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{\text{б}} = 4,60 \cdot 10/100 = 0,46 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{\text{пр}} = 1,53 \cdot 10/100 = 0,15 \text{ руб.}$$

$$\Phi\text{ЗП}_{\text{б}} = 4,60 + 0,46 = 5,06 \text{ руб.}$$

$$\Phi\text{ЗП}_{\text{пр}} = 1,53 + 0,15 = 1,68 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды

$$O_{\text{сн}} = \Phi\text{ЗП} \cdot N_{\text{соц}} / 100 \quad (5.38)$$

где $N_{\text{соц}}$ – коэффициент отчислений, 30 %.

Для базового варианта технологии

$$O_{\text{сн}}^{\text{б}} = 34,29 \cdot 30/100 = 10,29 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$O_{\text{сн}}^{\text{пр}} = 1,68 \cdot 30/100 = 0,50 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость

Для определения размера технологической себестоимости просуммируем все расходы, найденные выше:

$$C_{\text{ТЕХ}} = 3\text{М} + 3_{\text{Э-Э}} + 3_{\text{ОБ}} + 3_{\text{ПЛ}} + \text{ФЗП} + \text{О}_{\text{СН}} \quad (5.39)$$

Для базового варианта технологии

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{Б}} = 984,83 + 0,63 + 0,47 + 0,01 + 5,06 + 1,51 = 992,51 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{ПР}} = 528,28 + 0,49 + 0,39 + 0,01 + 1,68 + 0,50 = 531,10 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + P_{\text{ЦЕХ}} \quad P_{\text{ЦЕХ}} \quad (5.40)$$

где $P_{\text{ЦЕХ}}$ – финансовые затраты на цеховые расходы, руб.

$$P_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + k_{\text{ЦЕХ}} \cdot 3_{\text{ОСН}} \quad 3_{\text{ОСН}} \quad (5.41)$$

где $k_{\text{ЦЕХ}}$ – коэффициент цеховых расходов, 2,5;

$3_{\text{ОСН}}$ – основная зарплата, руб.

Для базового варианта технологии

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Б}} = 992,51 + 4,60 \cdot 2,5 = 992,51 + 11,50 = 1004,01 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{ПР}} = 531,10 + 1,53 \cdot 2,5 = 531,10 + 3,82 = 534,92 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + k_{\text{ЗАВ}} \cdot 3_{\text{ОСН}} \quad (5.42)$$

где $P_{\text{ЗАВ}}$ – финансовые затраты на заводские расходы, руб.

$k_{\text{ЗАВ}}$ – коэффициент заводских расходов, 1,8

Для базового варианта технологии

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{Б}} = 1004,01 + 4,60 \cdot 1,8 = 1001,01 + 8,28 = 1012,29 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{ПР}} = 534,92 + 1,53 \cdot 1,8 = 534,92 + 2,75 = 537,67 \text{ руб.}$$

Калькуляция себестоимости

Таблица 5.3 – Перечень и значения статей затрат на сварку одного стыка трубопровода

Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
		базов	Проект
2	3	4	5
Материалы	ЗМ	984,83	528,28
Фонд заработной платы	ФЗП	5,06	1,68
Отчисления на социальные нужды	О _{СН}	1,51	0,50
Затраты на оборудование	З _{ОБ}	0,47	0,39
Затраты на площади	З _{пл}	0,01	0,01
Затраты на электроэнергию	З _{Э-Э}	0,63	0,49
Себестоимость технологическая	С _{ТЕХ}	992,51	531,10
Цеховые расходы		11,50	3,82
Себестоимость цеховая	С _{ЦЕХ}	1004,01	534,92
Заводские расходы		8,28	2,75
Себестоимость заводская	С _{ЗАВ}	1012,29	537,67

5.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений

Величину прибыли, ожидаемой от снижения себестоимости сварки стыка, определим по формуле:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot N_{\text{пр}} \quad (5.43)$$

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = (1012,29 - 537,67) \cdot 700 = 332234,00 \text{ руб.}$$

Величину годового экономического эффекта, ожидаемого от внедрения технических решений, обеспечивающих увеличение производительности, определим по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = [(C_{ЗАВ}^Б + E_H \cdot K_{УД}^Б) - (C_{ЗАВ}^{ПП} + E_H \cdot K_{УД}^{ПП})] \cdot N_{ПП} \quad (5.44)$$

$$\mathcal{E}_Г = [(1012,29 + 0,33 \cdot 1,54) - (537,67 + 0,33 \cdot 40,34)] \cdot 700 = 323351 \text{ руб.}$$

Размер уменьшения трудоемкости

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПП}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (5.45)$$

$$\Delta t_{шт} = \frac{0,034 - 0,016}{0,034} \cdot 100\% = 43\%$$

Размер увеличения производительности труда

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (5.46)$$

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot 43}{100 - 43} = 75\%$$

Срок окупаемости капитальных вложений

$$T_{ок} = \frac{K_{общпр}}{\mathcal{E}_{УГ}} \quad (5.47)$$

$$T_{ок} = \frac{28240}{332234} \approx 0,5 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{ср} = 1/T_{ок} = 1/0,5 = 2. \quad (5.48)$$

5.6 Выводы по разделу

Внедрение оборудования с большей производительностью позволило уменьшить на 43% трудоемкость сварки одного стыка, при увеличении производительности труда на 75%.

Для внедрения оборудования с большей производительностью нужны финансовые затраты в размере 28240 руб., которые окупятся через 0,5 года. Планируемый размер годового экономического эффекта составит 323351 руб.

С учетом полученных результатов расчетов можно сделать вывод о целесообразности внедрения результатов бакалаврской работы в производственные условия предприятия ТоАЗ для ремонтной сварки трубопроводов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ базового технологического процесса устранения дефектов трубопроводов сваркой показал, что его недостатки обусловлены низким уровнем механизации и автоматизации процесса применяемой для ремонта дуговой сварки.

Выполненный анализ возможных вариантов ремонтной сварки позволил рекомендовать механизированную сварку порошковой проволокой. Разработан технологический процесс механизированной сварки с применением порошковой проволоки.

Применение механизированной сварки порошковой проволокой по разработанной в бакалаврской работе технологии позволяет повысить производительность труда на 75%. При этом, рассчитанный в разделе «Экономическое обоснование» бакалаврской работы размер годового экономического эффекта составит 323351 руб.

Можно сделать вывод о достижении цели достижения цели бакалаврской работы

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Колганов, Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие [Текст] / Л.А. Колганов. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 512 с.
2. Мейстер, Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
3. Прыкин, Б. В. Технология металлов и сварки : учеб. для вузов по спец. "Пр-во строит. изделий и конструкций" / Б. В. Прыкин. - Киев : Вища шк., 1978. - 240 с.
4. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник / Р.А. Фахрутдинов. – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
5. Пейсахов, А. М. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. для студентов немашиностроит. специальностей вузов / А. М. Пейсахов, А. М. Кучер. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : Изд-во Михайлова В. А., 2004. - 406 с.
6. Гитлевич, А.Д. Механизация и автоматизация сварочного производства / А.Д. Гитлевич, А.А. Эгитов. – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.
7. Пупков, К.А. Комплексирование робастного, нейронечеткого и адаптивного управления в интеллектуальных системах высокой точности и надежности // Интеллектуальные системы: Тр. IX Межд. симп. / Под. ред. К.А. Пупкова. М.: РУСАКИ, 2010. С. 9—17.
8. Гладков, Э.А. Интеллектуальная система мониторинга технологического процесса сварки кольцевых труб большого диаметра / Э.А. Гладков, А.И. Гаврилов, Р.А. Перковский, А.А. Коновод // Интеллектуальные системы: Тр. IX Межд. симп. / Под. ред. К.А. Пупкова. М.: РУСАКИ, 2010. С. 641—645.
9. Гладков, Э.А. Автоматизированный комплекс для многослойной сварки кольцевых стыков труб магистральных трубопроводов со средствами адаптации и прогнозирования качества сварки / Э.А. Гладков, Р.А. Перковский, А.И. Гаврилов и др. // Наука и техника в газовой промышленности. 2009. № 4. С. 77—92.

10. Корольков, П. М. Термическая обработка сварных соединений трубопроводов и аппаратов, работающих под давлением / П. М. Корольков. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Стройиздат, 1987. - 233 с.
11. Акшенцева, А. П. Структура и свойства никельмолибденовых коррозионностойких сплавов : (с атласом микроструктур) : справочник / А. П. Акшенцева. - Москва : СП Интермет Инжиниринг, 1999. - 204 с.
12. Косинцев, В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
13. Колганов, Л. А. Сварочное производство : учеб. пособие / Л. А. Колганов. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. - 504 с.
14. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
15. Гостюшин, А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
16. Рыбаков, В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
17. Рыбаков, А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
18. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
19. Красовский, А.М. Основы проектирования сварочных цехов / А.М. Красовский. – М.: Машиностроение, 1979 – 319 с.
20. Волченко, В.Н. Сварка и сварочные материалы, том . 1 / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1991 – 527 с.
21. Ключев, В.В. Неразрушающий контроль и диагностика /В.В. Ключев. - М.: Машиностроение, 1995. - 390 с.

22. Думов, С. И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов / С.И. Думов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1987. - 368 с.
23. Жариков, С.В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на параметры наплавленного валика / С.В. Жариков // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганск: СНУ, 2010. – № 2. – С. 102–105.
24. Шебеко, Л. П. Экономика, организация и планирование сварочного производства : учебник для техникумов / Л. П. Шебеко, А. Д. Гитлевич. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1986. - 261, [2] с. :
25. Грачева, Э. К. А. Экономика, организация и планирование сварочного производства : [учеб. пособие для вузов] / К. А. Грачева. - Москва : Машиностроение, 1984. - 368 с. : ил. - Библиогр.: с. 364. -
26. Брейтман, М. М. Экономика, организация и планирование сварочного производства : [учеб. пособие для машиностроит. техникумов] / М. М. Брейтман, Л. П. Шебеко. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1970. - 256 с. :
27. Зорин, Н. Е. Материаловедение сварки. Сварка плавлением : учеб. пособие / Н. Е. Зорин, Е. Е. Зорин. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 164 с.
28. Золотоносов, Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки: учеб. пособие / Я. Д. Золотоносов, И. А. Крутова ; Казан. гос. архит.-строит. ун-т. - Казань : КГАСУ, 2016. - 216 с.
29. Горина, Л.Н. Основы производственной безопасности [Текст] / Горина Л.Н. – Учеб. пособие. – Тольятти: ТГУ, 2004. – 146 с.
30. Горина, Л.Н. Управление безопасностью труда [Текст] / Л.Н. Горина ; Учеб. пособие. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 128 с.
31. Иванов, М.И. Анализ производственного травматизма [Текст] / М.И. Иванов; Охрана труда и социальное страхование. - 2005. - №4, с.43-47.

32. Щекин, В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб / В. А. Щекин - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
33. Мейстер, Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
34. Цепенев, Р. А. Автоматическое управление процессом сварки : учеб. пособие / Р. А. Цепенев ; ТолПИ ; Каф. "Оборуд. и технология сварочного пр-ва". - Тольятти : ТолПИ, 2001. - 76 с.