

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
процессы»
(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология сварки корпуса расходомера

Студент

Д.А. Голубев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент К.В. Моторин

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

Консультанты

к.т.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2020

Аннотация

Цель настоящей работы – повышение производительности при сварке корпуса расходомера.

Для достижения поставленной цели в работе были решены следующие задачи: выбрано сварочное оборудование; выбраны режимы сварки; разработан типового технологический процесс сварки; выполнен анализ предлагаемой технологии на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала; выполнены расчеты для экономической оценки варианта сварки с механизированной подачей присадочной проволоки.

Записка содержит 48 страниц, 5 рисунков, 10 таблиц. Графическая часть содержит 6 листов формата А1

Проанализирована базовая технология процесса сварки корпуса расходомера. Проанализированы данные научных исследований и возможные варианты модернизации применяемого способа сварки. Рекомендована механизированная сварка для заполнения разделки. Разработан технологический процесс сварки корпуса расходомера.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных и известных технических решений.....	5
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации.....	5
1.2 Анализ свойств материала корпуса расходомера.....	8
1.3 Анализ применяемой технологии сварки корпуса расходомера	10
1.4 Задачи работы.....	18
2 Проектный технологический процесс сварки корпуса	19
2.1 Определение режимов дуговой сварки с механизированной подачей проволоки.....	19
2.2 Требования к электродной проволоке	21
2.3 Технологический процесс механизированной сварки	22
3 Выбор оборудования.....	23
4 Безопасность и экологичность проекта	28
4.1 Характеристика разработанного технического объекта.....	28
4.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений.....	29
4.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков	30
4.4 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....	31
4.5 Мероприятия по безопасности окружающей среды.....	34
4.6 Заключение по разделу	35
5 Экономическая эффективность проекта.....	36
5.1 Исходные данные для экономического обоснования	36
сравниваемых вариантов	36
5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса.....	39
5.3 Расчет затрат на новое оборудование	41
5.4 Расчет технологической себестоимости.....	44
5.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений.....	53
5.6 Выводы по разделу.....	54
Заключение	55
Список используемых источников.....	56

Введение

Сварка нашла широкое применение на предприятиях приборостроения, каковым является компания KROHNE. Компания выпускает различного рода контрольно-измерительное оборудование для технологических процессов еще с 1921 года. Тогда компания производила только ротаметры и была расположена в Германии. В настоящее время предприятия компании располагаются на всех 5ти континентах, в том числе и в России.

Отличительным признаком данного предприятия является применение передовых и новых технических решений. Для изготовления на предприятии корпусных деталей применяются передовые технологии и сварочное оборудование фирмы EWM. Однако несмотря на современные технические решения они обладают некоторыми недостатками, и над их устранением есть смысл работать. Поэтому разработка новых технических решений является актуальной для предприятия.

Так при сварке корпусов расходомеров главным недостатком является необходимость манипуляций вручную сварочной горелкой и присадочным прутком. Составляющие корпуса расходомера, втулка и фланцы, изготовлены из коррозионно-стойкой стали марки 12X19H9T или марки 12X18H10T. Применяемая технология обеспечивает высокое качество, но производительность способа низкая.

Для повышения производительности применяемого способа сварки возможны различные варианты, применение механизированной сварки, применение автоматической сварки, необходимо выполнить анализ возможных вариантов.

Таким образом, мы можем определить цель настоящей работы следующим образом – повышение производительности при сварке корпуса расходомера.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

Предприятие KROHNE выпускает различную измерительную аппаратуру для промышленных целей. В перечень выпускаемых приборов входят расходомеры, уровнемеры, ротаметры и пр. Следует отметить, что перечисленные приборы измеряют те или иные показатели разных технологических сред, поэтому в их основу заложены разнообразные физические принципы работы. Также и внешний вид приборов значительно различается. Например, на рисунке 1.1 показаны преобразователи давления, на рисунке 1.2 показаны расходомеры.



Рисунок 1.1 – Преобразователи давления

Перечисленные измерительные приборы и многие другие, выпускаемые на предприятии KROHNE работают по, примерно, одинаковой

схеме. Сигнал от датчика преобразуется и поступает непосредственно к оператору или на цифровой индикатор или на аналоговый (как правило, стрелочный прибор).



Рисунок 1.2 - Расходомеры

Причем, от датчика поступает, как правило, электрический сигнал, но если взять те же расходомеры, они бывают электромагнитные, ультразвуковые, кориолисовые, расходомеры переменного перепада давления, магниторезонансные многофазовые расходомеры, вихревые расходомеры ну и старые-добрые ротаметры (на крыльчатке). Поэтому выходящий от датчика сигнал должен преобразовываться в каждом конкретном случае по специальному алгоритму.

Естественно, что точность показаний во многом зависит от корпусных деталей. Требования к корпусам измерительной аппаратуры следующие:

материал корпуса не должен взаимодействовать с находящимся внутри веществом;

1.2 Анализ свойств материала корпуса расходомера

Составляющие корпуса расходомера, втулка и фланцы, изготовлены из коррозионно-стойкой стали марки 12X19H9T или марки 12X18H10T. Данные стали относятся к аустенитному классу. Из всех нержавеющей сталей эти две марки нашли наиболее широкое распространение.

Компоненты, которые содержит сталь 12X19H9T и сталь марки 12X18H10T и их процентное содержание отражены в таблице 1.1 и в таблице 1.2 соответственно.

Таблица 1.1 – Содержание химических элементов в стали 12X19H9T

C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Ti, %	S, %	P, %
0,12	≤ 0,8	≤ 2,0	17...20	8...11	≤ 1	≤ 0,03	≤ 0,035

Таблица 1.2 – Содержание химических элементов в стали 12X18H10T

C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Ti, %	S, %	P, %
0,09	≤ 0,71	≤ 1,52	18,4	10,2	0,76	≤ 0,008	≤ 0,018

Сопротивление действию внешней среды в данных сталях обеспечивает прочная и плотная пленка оксида хрома, препятствующая контакту стали со средой. Но хром затрудняет сварку сталей. Кроме того, образующиеся при сварке карбиды хрома ухудшают сопротивление стали действию агрессивных сред.

Анализ свариваемости сталей 12X19H9T и 12X18H10T позволит выбрать подходящие способы и режимы сварки. Согласно применяемым на практике методикам оценки свариваемости материалы, не способные соединяться сваркой одним способом могут быть успешно соединены другим способом. Или посредством применения специальных технологических приемов. Это следует из того, что методики оценки свариваемости учитывают свойства свариваемого материала, технологию

сварки, конструктивные особенности сварного узла и особенности его эксплуатации.

Следовательно, меняя способ или конструкцию, можно получить вполне работоспособный при данных условиях сварной узел.

Однако при этом следует помнить, что все указанные в документации эксплуатационные требования на конкретный сварной узел должны выполняться. Если анализируемый способ сварки не позволяет обеспечить выполнение хотя бы одного показателя, из предъявляемых к сварному узлу, то анализируемый способ не обеспечивает свариваемость. Но если другой способ обеспечивает выполнение всех эксплуатационных требований к сварному узлу, то данный способ обеспечивает свариваемость.

Подытоживая можно сделать вывод, что материал, соединенный одним способом сварки при одних условиях эксплуатации может быть признан обладающим свариваемостью, а при других может быть признан не обладающим свариваемостью. Также можно сделать вывод, что при одних эксплуатационных требованиях одна конструкция сварного соединения обеспечивает их выполнение и материал свариваемостью обладает. А при другой конструкции эксплуатационные требования не выполняются и материал может быть признан не обладающим свариваемостью.

Поэтому применяемые для оценки свариваемости методики характеризуются комплексностью. Тем не менее, при количественной оценке свариваемости в расчетных формулах, в первую очередь, учитывается содержание тех или иных химических элементов в соединяемом материале. При определении свариваемости, например, сталей, выполняют расчет т.н. углеродного эквивалента. Для низкоуглеродистых и низколегированных сталей расчет углеродного эквивалента выполняют по следующей зависимости [8]:

$$C_{\text{э}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Ni}}{40} + \frac{\text{Cu}}{13} + \frac{\text{V}}{14} + \frac{\text{P}}{2},$$

После расчета значений эквивалента углерода выполняется анализ полученных значений. Если эквивалент углерода менее 0,25 сталь относят к

категории хорошо сваривающихся. Если эквивалент углерода находится в диапазоне 0,25...0,35 то сталь относят к категории удовлетворительно сваривающихся. В некоторых случаях перед сваркой таких сталей необходим предварительный подогрев свариваемых деталей. Если эквивалент углерода находится в диапазоне 0,35...0,45 то сталь относят к категории ограниченно сваривающихся. Здесь уже необходимы специальные технологические приемы.

Определить вероятность образования при сварке сталей горячих трещин можно используя формулу определения показателя Уилкинсона [6]:

$$HCC = \frac{C \left(S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right) 10^3}{3Mn + Cr + Mo + V},$$

Аналогично первой формуле после выполненных расчетов проводят оценку появления горячих трещин по величине показателя и по величине предела прочности.

Однако расчетные формулы не могут учесть все факторы эксплуатации сварного изделия. Поэтому выполняют сварку технологических проб и по результатам анализа делают вывод о свариваемости. Вывод о свариваемости делают на основании появления горячих или холодных трещин.

Кроме того, в некоторых случаях выполняют разрушение сваренного образца или фрагмента сваренного образца при статическом растяжении или ударном воздействии.

1.3 Анализ применяемой технологии сварки корпуса расходомера

Начальные операции технологического процесса производства корпуса расходомера - заготовительные работы по нарезке из трубы втулок и разделке кромок.

Фланцы закупаются уже готовые и над ними проводится только лишь входной контроль. При проведении входного контроля фланцев применяется различное измерительное оборудование.

Втулку нарезают из трубы. Трубы из нержавеющей стали толщиной стенки 12 и 20 мм выпускают согласно ГОСТ 9941-81 длиной 7 метров. Таким образом, на ленточно-пильном станке нарезают втулки, затем на токарном станке выполняют обточку трубы диаметром 12 мм до диаметра 11,5 мм, трубы диаметром 20 мм до диаметра 19,5 мм.

Следующая операция - разделка кромок. Параметры разделки кромок показаны на рисунке 1.4 и 1.5.

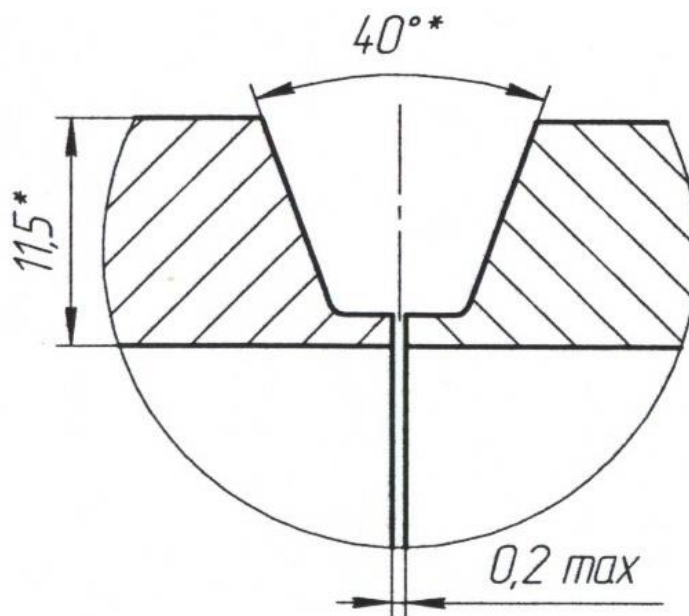


Рисунок 1.4 – Разделка кромок соединения толщиной трубы 11,5 мм

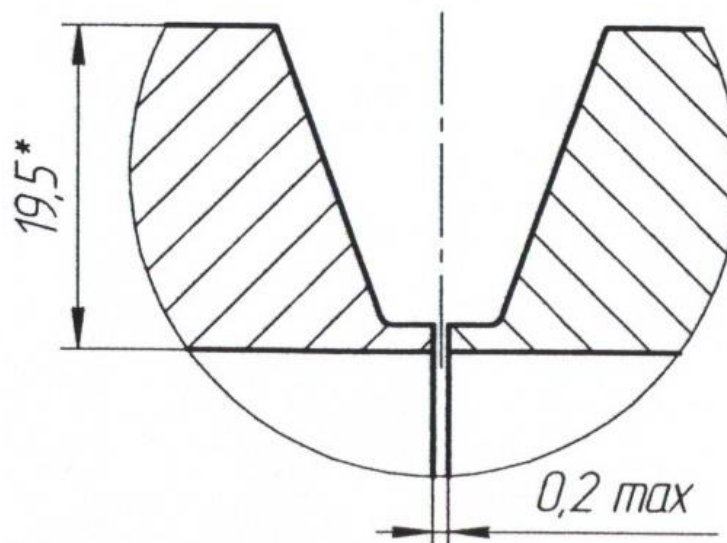


Рисунок 1.5 – Разделка кромок соединения толщиной 19,5 мм

Параллельно с заготовительными операциями выполняются операции входного контроля, которые включают в себя следующее:

- проверку сопроводительных документов вспомогательные материалы и проверку их качества;
- проверку применяемого оборудования;
- проверку удостоверений и сертификатов у исполнителей.

Сборка фланца и втулки выполняют на столе сварщика. После сборки выполняется прихватка. При этом применяют присадочный материал прутки Св06Х19Н9Т.

Собранный узел закрепляют в зажиме манипулятора сварочного TRK 35. После включения вращения манипулятора возбуждают сварочную дугу и заполняют разделку. Режимы сварки при этом следующие: ток постоянный, прямой полярности; защитный газ: Ar + 25 % CO₂; сила сварочного тока I_{св}=150-180 А, U_д=20-25 В, V_{св}= 10-15 м/час, расход защитного газа Q_{зг} = 10-12 л/мин.

Сварка ведется неплавящимся электродом, присадку - пруток Св06Х19Н9Т сварщик подает вручную, кроме того, вручную сварщик выполняет манипуляции горелкой. Сварка выполняется многопроходная.

По окончании сварки выполняется 100% визуально-измерительный контроль шва. При необходимости возможно применение лупы 4-7-кратного увеличения и переносного источника света.

Геометрические характеристики выполненных сварных швов должны выглядеть следующим образом, рисунок 1.6, 1.7.

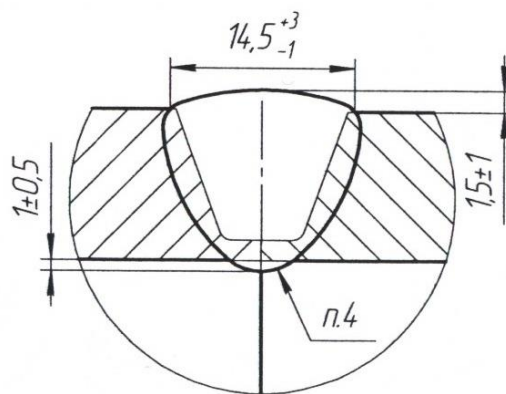


Рисунок 1.6 – Сварной шов для толщины 11,5 мм

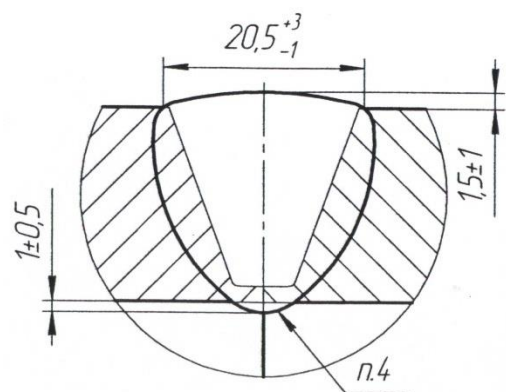


Рисунок 1.7 - Сварной шов для толщины 19,5 мм

С учетом ответственности расходомера применяется еще и радиографический контроль, 20% от всех швов фланца и втулки. По сути дела контролируют сварные швы каждого 10го корпуса. Радиографический контроль выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ5 7512—82.

Анализ применяемого процесса показывает, что для достаточно больших толщин стенки, при которых необходимо выполнять несколько проходов, сварка выполняется с присутствием высокой степени ручного труда. Сварщик и присадкой выполняет манипуляции, и горелкой. Кроме того, длина присадочного прутка недостаточна, для того, чтобы непрерывно

заполнить разделку. Приходится прерываться, брать новый присадочный пруток и зажигать по новой дуге. При этом, учитывая все нюансы сварки нержавеющей стали, кратер приходится зачищать. Таким образом, трудоемкость выполнения сварного шва получается достаточно высокая.

Выявленные недостатки показывают, что сварки втулки и фланцев неплавящимся электродом нуждается в модернизации. Наиболее радикальным вариантом модернизации является замена способа сварки. Промышленное применение нашли множество способов сварки. Однако, в первую очередь, замена должна обеспечивать экономический эффект. Поэтому логично замену способу сварки выполнить в два этапа. На данном этапе производится анализ достоинств и недостатков всех способов, которые возможны для сварки швов корпуса расходомера и обеспечивающих устранение выявленных недостатков. На следующем этапе следует выполнить экономическую оценку замены согласно принятым методикам расчета экономической эффективности.

Наиболее радикальным методом замены является применение сварки трением и контактной сварки. Поскольку свариваемые детали можно отнести к телам вращения, технологический процесс сварки трением возможен для соединения фланцев и втулки. Сварка трением – высокопроизводительный процесс, обеспечивающий высокое качество сварного соединения. Возражения вызывает только вот какой аспект технологии сварки трением. В процессе получения сварного соединения сваркой трением часть металла выдавливается в грат, рисунок 1.8. На фотографии представлено соединение в процессе охлаждения. Обращает на себя солидный размер грата. Для расходомера грат внутри втулки будет оказывать сопротивление потоку жидкости или газа. Кроме того, само пространство внутри втулки должно иметь специальную геометрию для обеспечения корректных показаний. Понятное дело, что наличие грата меняет геометрические характеристики проходного тракта расходомера. Таким образом, при переходе на технологию

сварки трением придется вводить дополнительную операцию – механической обработки сварного соединения.

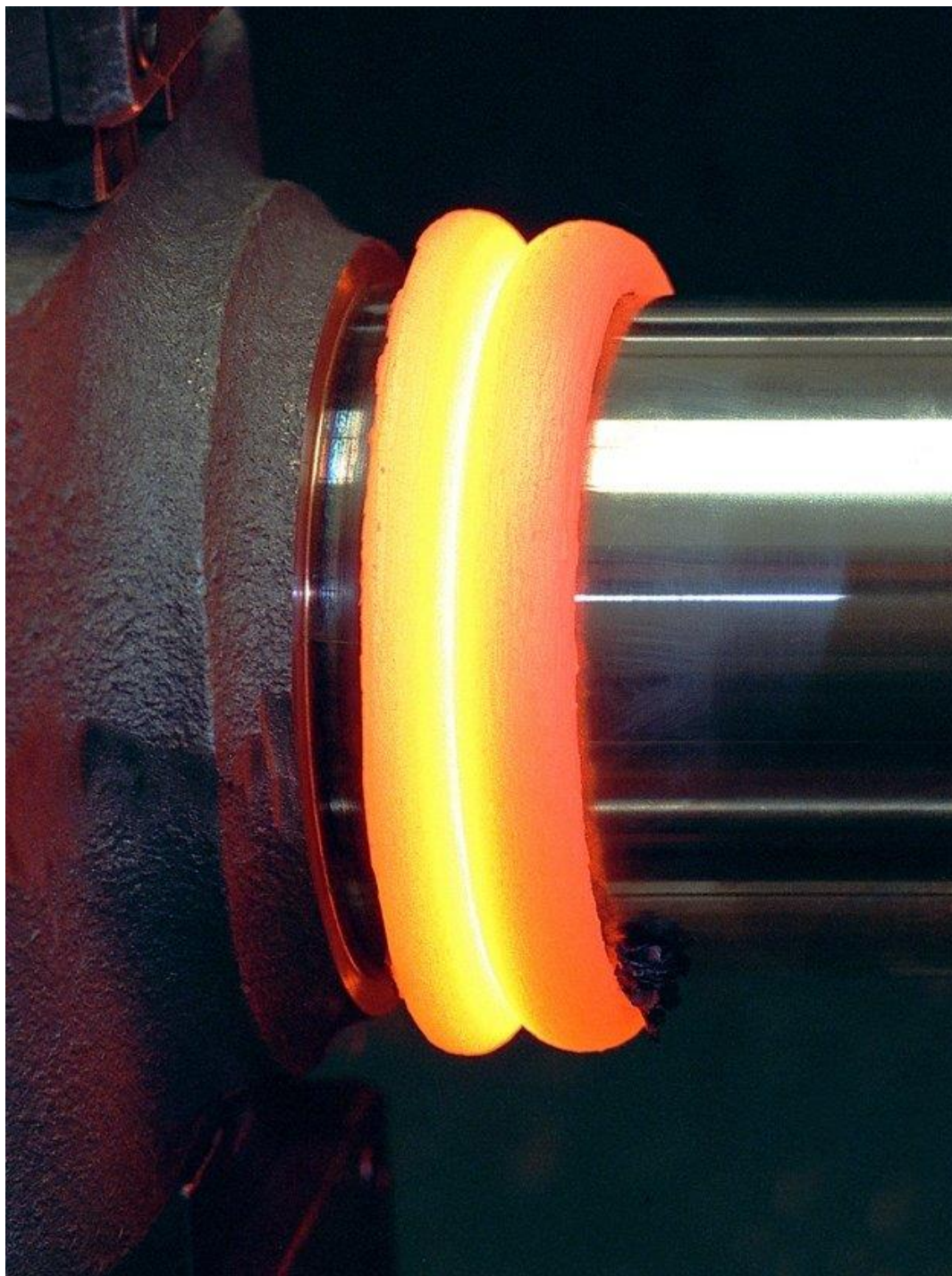


Рисунок 1.8 – Общий вид соединения получаемого сваркой трением

Поэтому оставляем дуговую сварку. Но сварка дугой может выполняться многими способами. Некоторые из них непригодны для данного изделия. Так автоматическая сварка под слоем флюса не может быть применена из-за малого диаметра корпуса. Флюс будет осыпаться.

Далее, с учетом изложенной выше информации, рассмотрим возможные для нашего изделия способы сварки. Недостатки способа ручной дуговой сварки штучными электродами, который может быть применен, также как и в применяемом способе, является ограниченная длина присадки.

Устранить указанный недостаток можно применив присадку большой длины, намотанную в виде бухты. Однако данный вариант решения проблемы требует специальных технологических приемов. Отсюда получаются разные способы механизированной сварки, так как проволока из бухты подается в зону горения сварочной дуги с помощью специальных механизмов.

Один из способов механизированной сварки – сварка в среде защитных или активных газов присадочной проволокой сплошного сечения. Способ позволяет значительно повысить производительность, так как потери времени на остановку процесса сварки, замену присадочного стержня и рестарт отсутствуют.

К достоинствам сварки неплавящимся электродом в среде защитного газа следует отнести широкий спектр соединяемых материалов. Практически все цветные металлы успешно соединяются данным способом. В некоторых случаях, при сварке титана, например, требуется дополнительная защита инертным газом и зон, подвергшихся нагреву до высоких температур.

Недостатки способа – при сварке активных металлов требуется в качестве защитного применять дорогостоящий аргон. Кроме того, традиционно сварщик одновременно выполняет манипуляции присадочным прутком и сварочной горелкой. Однако в настоящее время известны различные варианты механизации данного способа. Например, на рисунке 1.9 показана горелка, где дуга горит между свариваемым материалом и вольфрамовым стержнем, а присадка подается в зону сварки автоматически.

Но сварка нержавеющей сталей возможна и при использовании плавящегося электрода, традиционными способами механизированной сваркой.



Рисунок 1.9 – Горелка EWM Torch MIG 401 W 4M
для механизированной сварки неплавящимся электродом

Конечно, при сварке неплавящимся электродом его необходимо часто затачивать. Также определенные неудобства доставляется необходимостью применения осцилляторов для возбуждения дуги.

Однако у сварки неплавящимся (вольфрамовым) электродом есть ряд достоинств, таких как малое разбрызгивание при сварке, высокая коррозионная стойкость сварного шва. Наплавленный металл характеризуется высокими механическими характеристиками. Кроме того, при сварке практически не происходит выгорание легирующих элементов, они переходят из присадочной проволоки в наплаваемый металл без потерь.

В целом, можно сделать вывод, что замена базового способа нецелесообразна, но применение механизированной подачи при незначительном усложнении оборудования, позволит увеличить

производительность, при сохранении высокого качества сварных соединений.

1.4 Задачи работы

Цель настоящей работы – повышение производительности при сварке корпуса расходомера. Результатом анализа установлено, что наиболее благоприятный вариант – при сохранении способа сварки неплавящимся электродом обеспечить механизированную подачу присадочной проволоки.

Таким образом, для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. Выбор горелки и оборудования;
2. Выбор режимов сварки;
3. Разработка типового технологического процесса наплавки;
4. Анализ предлагаемой технологии на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала;
5. Экономическая оценка варианта сварки с механизированной подачей присадочной проволоки.

2 Проектный технологический процесс сварки корпуса

2.1 Определение режимов дуговой сварки с механизированной подачей проволоки

Режим механизированной сварки проволоками сплошного сечения в смеси газов характеризуется следующими параметрами [22]:

- 1) род тока и его полярность;
- 2) диаметр сварочной проволоки $d_э$;
- 3) сила сварочного тока $I_{св}$;
- 4) напряжение дуги $U_д$;
- 5) скорость подачи проволоки $V_{пр}$;
- 6) вылет электрода $l_{пр}$;
- 7) расход углекислого газа $Q_г$.

Значение $I_{св}$ силы сварочного тока должно быть назначено исходя из условия получения гарантированного провара основного металла на необходимую глубину, для этого воспользуемся формулой:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4} \cdot a = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot (110 \dots 130) = 124 \dots 150 \text{ А} \quad (2.1)$$

где $d_э$ – диаметр электродной проволоки, мм, принимаем 1,2 мм;
 a – плотность тока, при которой обеспечивается проплавление основного металла, принимается из диапазона 110...130 А/мм².

Назначение коэффициента расплавления электродной проволоки выполним исходя из расчётов по формуле:

$$a_p = 3,0 + 0,08 \frac{I_{св}}{d_э} = 3,0 + 0,08 \frac{130}{1,2} = 11,7 \text{ г} \cdot \text{А/ч}, \quad (2.2)$$

где $d_э$ – диаметр электродной проволоки, мм, принимаем 1,6 мм;
 $I_{св}$ – принятое значение сварочного тока, А.

Назначение скорости подачи электродной проволоки выполним исходя из расчётов по формуле:

$$V_{п} = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_{св}}{\pi \cdot d_{эл}^2 \cdot \gamma} = \frac{4 \cdot 11,7 \cdot 130}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,8} = 173 \text{ м/ч} \quad (2.3)$$

где $I_{св}$ – принятое значение сварочного тока, А;

α_p – принятое значение коэффициента расплавления электродной проволоки, $\alpha_p = 11,7 \text{ г} \cdot \text{А}/\text{ч}$;

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

$d_{эл}$ – диаметр электродной проволоки, мм, который ранее был принят как $d_{эл} = 1,2 \text{ мм}$.

Назначение коэффициента наплавки электродной проволоки выполним исходя из расчётов по формуле:

$$a_n = a_p(1 - \psi) = 11,7(1 - 0,1) = 10,5 \text{ г}/\text{А} \cdot \text{ч}, \quad (2.4)$$

где ψ – коэффициент потерь на угар и разбрызгивание (при сварке в смеси газов: Ar + 25 % CO₂; газе $\psi = 0,1 \dots 0,15$)

Назначение скорости сварки выполним исходя из расчётов по формуле:

$$V_{св} = \frac{a_n \cdot I_{св}}{100 \cdot F_b \cdot \gamma} = \frac{10,5 \cdot 130}{100 \cdot 0,1 \cdot 7,8} = 17,5, \quad (2.5)$$

где F_b – площадь поперечного сечения валика сварного шва, принимаем $F_b = 0,1 \text{ см}^2$;

$I_{св}$ – принятое значение сварочного тока, А;

α_n – принятое значение коэффициента наплавки;

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

Расход смеси защитных газов будем задавать в зависимости от принятого значения силы сварочного. Для силы сварочного тока $I_{св} = 124 \dots 150 \text{ А}$ принимает расход газа $Q_r = 8 \dots 10 \text{ л}/\text{мин}$.

Значение напряжения сварочной дуги определяется длиной дуги и силой сварочного тока. При увеличении длины дуги возрастает напряжения на дуге. При повышении напряжения на дуге ширина сварного шва увеличивается, а глубина провара уменьшается. Получение валика сварного шва хорошей формы и малые потери электродного металла на разбрызгивание возможны при задании оптимальных значений напряжения

дуги. На основании [7, 8] для силы сварочного тока $I_{св} = 220...260$ А принимаем напряжение дуги $U_{д} = 20...23$ В.

Таблица 2.1 – Параметры режима сварки

Параметр	Обозначение	Значение
Диаметр электродной проволоки	$d_э$, мм	1,2
Сила сварочного тока	$I_{св}$, А	124...150
Напряжение на дуге	$U_д$, В	20...23
Скорость подачи электродной проволоки	V_{np} , м/ч	170...190
Вылет электрода	$l_{вэл}$, мм	18...25
Расход газа	q , л/мин	8...10
Скорость сварки	$V_{св}$, м/ч	17...20

2.2 Требования к электродной проволоке

В базовом варианте технологии в качестве присадочного материала применяются прутки. Предприятие изготовитель поставляет прутки в картонных тубусах. Общий вес прутков в тубусе составляет 5 кг. Перед запуском в работу производится входной контроль прутков. Выполняется проверка сертификатов и визуальный осмотр поверхности прутка. При необходимости поверхность прутков очищают от грязи и смазки и обезжиривают ацетоном или уайт-спиритом.

Аналогичные манипуляции выполняются при запуске в работу присадочной проволоки. Химический состав проволоки совпадает с химическим составом прутков, применяемых в базовом технологическом процессе. Для сварки используем проволоку Св06Х19Н9Т. Диаметр проволоки, как было определено в пункте 2.1 работы, принят 1,2 мм. При наличии сертификата и бирок на сварочную проволоку производят сверку соответствия данной проволоки технологической документации. Если сертификат на сварочную проволоку отсутствует, то проводят химический анализ состава проволоки.

При поступлении на предприятие каждой партии проволоки, её следует зарегистрировать в специальном журнале и разместить отдельно. Хранение сварочной проволоки должно происходить в закрытом отапливаемом помещении, при этом температура воздуха внутри помещения не должна

опускаться ниже +100 С, а относительная влажность воздуха не должна превышать 80%. Мотки и бухты сварочной проволоки следует оборачивать в бумагу, пленку, мешковину и снабжать металлическими ярлыками предприятия-изготовителя. Перед сваркой, если сварочная проволока имеет загрязнения, она должна быть очищена, следует удалить с поверхности проволоки ржавчину, загрязнения, смазку. После очистки проволоку перематывают в кассеты, которые хранятся на отдельных стеллажах.

Выполняется входной контроль защитного газа. Проверяется наличие сертификатов от поставщика и наличие ярлыков на баллонах. Перед запуском в производство каждого нового баллона на пластину из коррозионно-стойкой стали наплавляется валик длиной 100 - 200 мм с последующим визуальным контролем. Если в процессе визуального контроля выявлена пористость наплавленного валика – данный баллон в производство запускать нельзя.

2.3 Технологический процесс механизированной сварки

Операция прихватки не претерпевает изменений, по сравнению с базовой технологией. Сборка фланца и втулки выполняют на столе сварщика. После сборки выполняется прихватка. Выполняются 3 прихватки, длиной каждая 15-20 мм, расстояние между прихватками выдерживается равномерное. При этом применяют присадочный материал прутки Св06Х19Н9Т. Прихватка ведется методом TIG с использованием аппарата EVM. Вес аппарата составляет 180 кг. Аппарат предоставляет производителю множество возможностей. В частности, пока не применяются такие опции как сварка переменным током прямоугольной формы и трапецеидальной формы.

После прихватки выполняется контроль прихваток. Затем Собранный узел закрепляют в зажиме манипулятора, рисунок 2.2. После включения вращения манипулятора возбуждают сварочную дугу и выполняют корневой слой шва. Дугу возбуждают на разделке.

3 Выбор оборудования

Прихватка в разработанном технологическом процессе ведется методом TIG с использованием аппарата EVM Tetric 451, рисунок 3.1. Вес аппарата составляет 131 кг. Аппарат предоставляет производителю множество возможностей. В частности, пока не применяются такие опции как сварка переменным током прямоугольной формы и трапецеидальной формы. На аппарате имеется отделение для установки баллона с защитным газом. Дуга при сварке методом TIG может быть возбуждена как высокочастотными импульсами так и контактным методом.

Система водяного охлаждения аппарата обеспечивает высокую продолжительность включения. При силе тока 420 А продолжительность включения составляет 100%. Аппарат можно использовать как для дуговой сварки штучными покрытыми электродами ММА, так и для сварки в инертном газе неплавящимся электродом TIG.

Интересной опцией аппарата является 2х тактный и 4х тактный режимы включения сварочной горелки. Первый режим хорош для швов малой протяженности, второй для протяженных швов.

При двухтактном режиме включения следует нажать и удерживать кнопку 1 сварочной горелки, рисунок 3.2. Включается подача защитного газа до начала сварки. Затем генерируются высокочастотные импульсы между электродом и заготовкой, дуга зажигается. Сила сварочного тока сразу достигает установленного значения стартового тока Istart. Выключается подача высокочастотных импульсов. Сила сварочного тока ток в течение установленного времени нарастания возрастает до величины основного сварочного тока AMP. По окончании сварки шва необходимо отпустить кнопку горелки 1. Сила сварочного тока согласно заданному времени уменьшается до значения тока заварки кратера Iend (минимальный ток). После достижения сварочным током значения тока заварки кратера Iend дуга

гаснет, и выполняется в течение заданного времени продувка газа по завершении сварки.



Рисунок 3.1 – Аппарат сварочный EWM Tetrix 451

Если установлен четырехтактный режим включения, работа ведется следующим образом, рисунок 3.3.

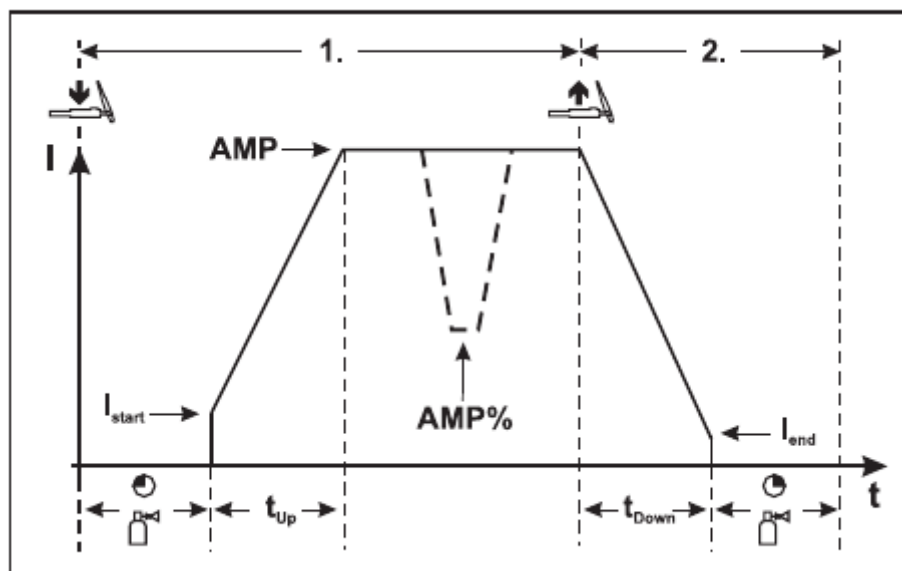


Рисунок 3.2 – Двухтактный режим включения аппарата EWM Tetrix 451

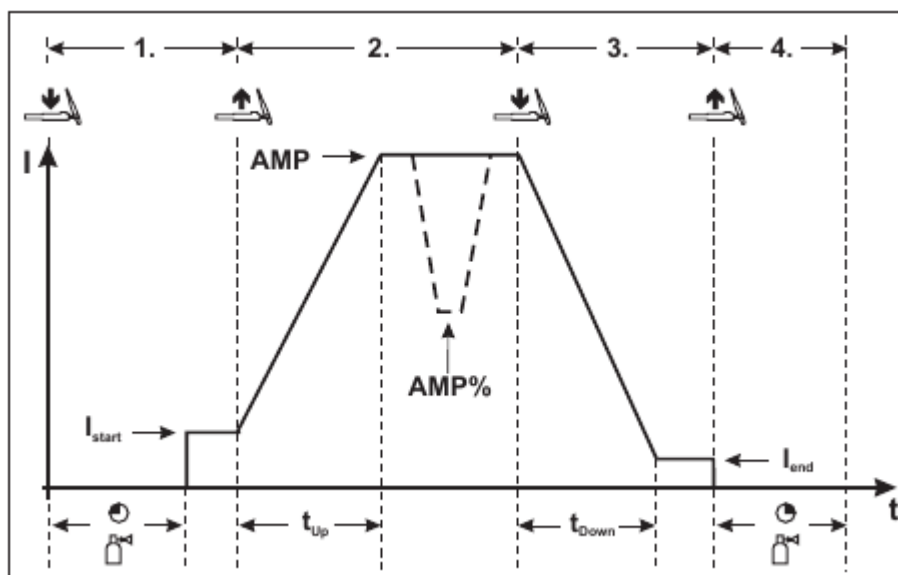


Рисунок 3.3 – Четырехтактный режим включения аппарата EWM Tetrix 451

Следует нажать и удерживать кнопку 1 сварочной горелки. Включается подача защитного газа до начала сварки. Затем генерируются высокочастотные импульсы между электродом и заготовкой, дуга зажигается. Сила сварочного тока сразу достигает установленного значения стартового тока I_{start} . Выключается подача высокочастотных импульсов. Кнопку горелки следует отпустить. Сила сварочного тока ток в течение установленного времени нарастания возрастает до величины основного сварочного тока AMP . Можно выполнять сварку. По окончании выполнения сварного шва нажать и удерживать кнопку 1 сварочной горелки. Сила сварочного тока согласно заданному времени уменьшается до значения тока заварки кратера I_{end} (минимальный ток). Кнопка отпускается и дуга гаснет. В течение заданного времени выполняется продувка газовой магистрали.

Двухтактный режим следует применять при простановке прихваток. После выполнения прихваток выполняется контроль прихваток. Затем Собранный узел закрепляют в зажиме манипулятора, рисунок 3.4. Аппарат переключают на четырехтактный режим. После включения вращения манипулятора возбуждают сварочную дугу и выполняют корневой слой шва. Дугу возбуждают на разделке. Применение манипулятора обеспечивает возможность сварки в нижнем положении.

Для механизированной сварки при заполнении разделки после выполнения корневого слоя шва выбираем аппарат сварочный Fronius tps 400i. Рисунок 3.5. Этот аппарат производится в Австрии. Продолжительность включения у него меньше. Имеется сенсорный дисплей, позволяющий задавать все значения параметров сварки. Для крепления газовых баллонов на самом аппарате штатного крепления не предусмотрено, но имеется дополнительная тележка для этих целей. На данном аппарате также реализован двухтактный и четырехтактный режимы работы.

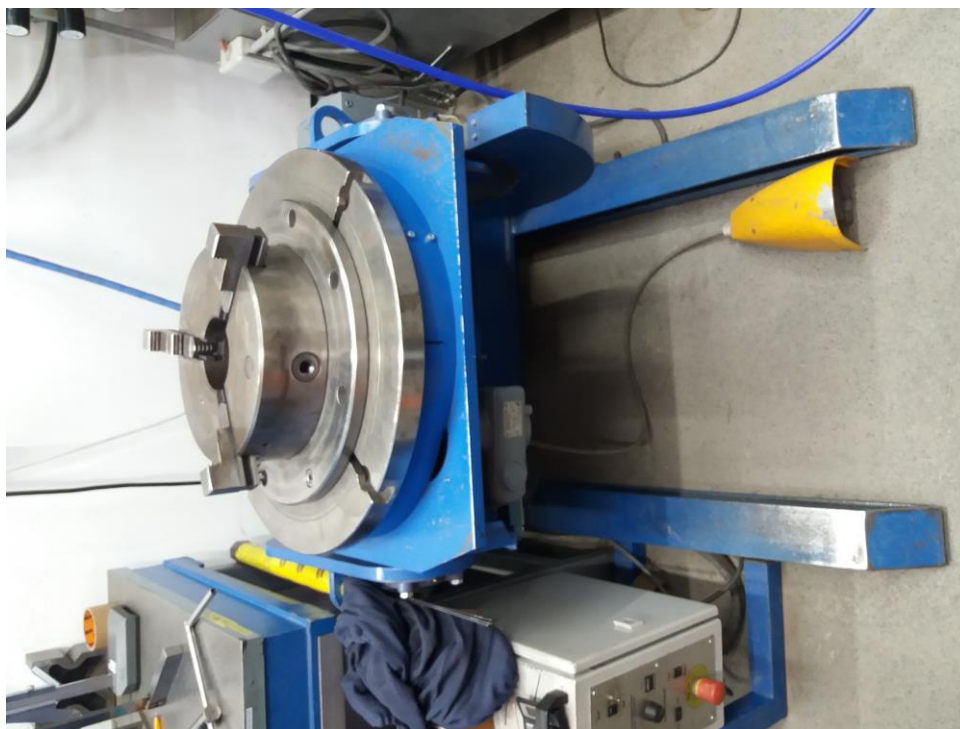


Рисунок 3.4 – Манипулятор



Рисунок 3.5 - Аппарат сварочный Fronius tps 400i.

4 Безопасность и экологичность проекта

4.1 Характеристика разработанного технического объекта.

Тема выпускной квалификационной работы: «Сварка корпуса расходомера».

Необходимое для реализации разработанных технических мероприятий оборудование подлежит размещению на производственном участке, рисунок 4.1. Понадобится сварочный аппарат EVM Tetrix 451 и Fronius tps 400i, на схеме обозначены 6 и 10 соответственно.

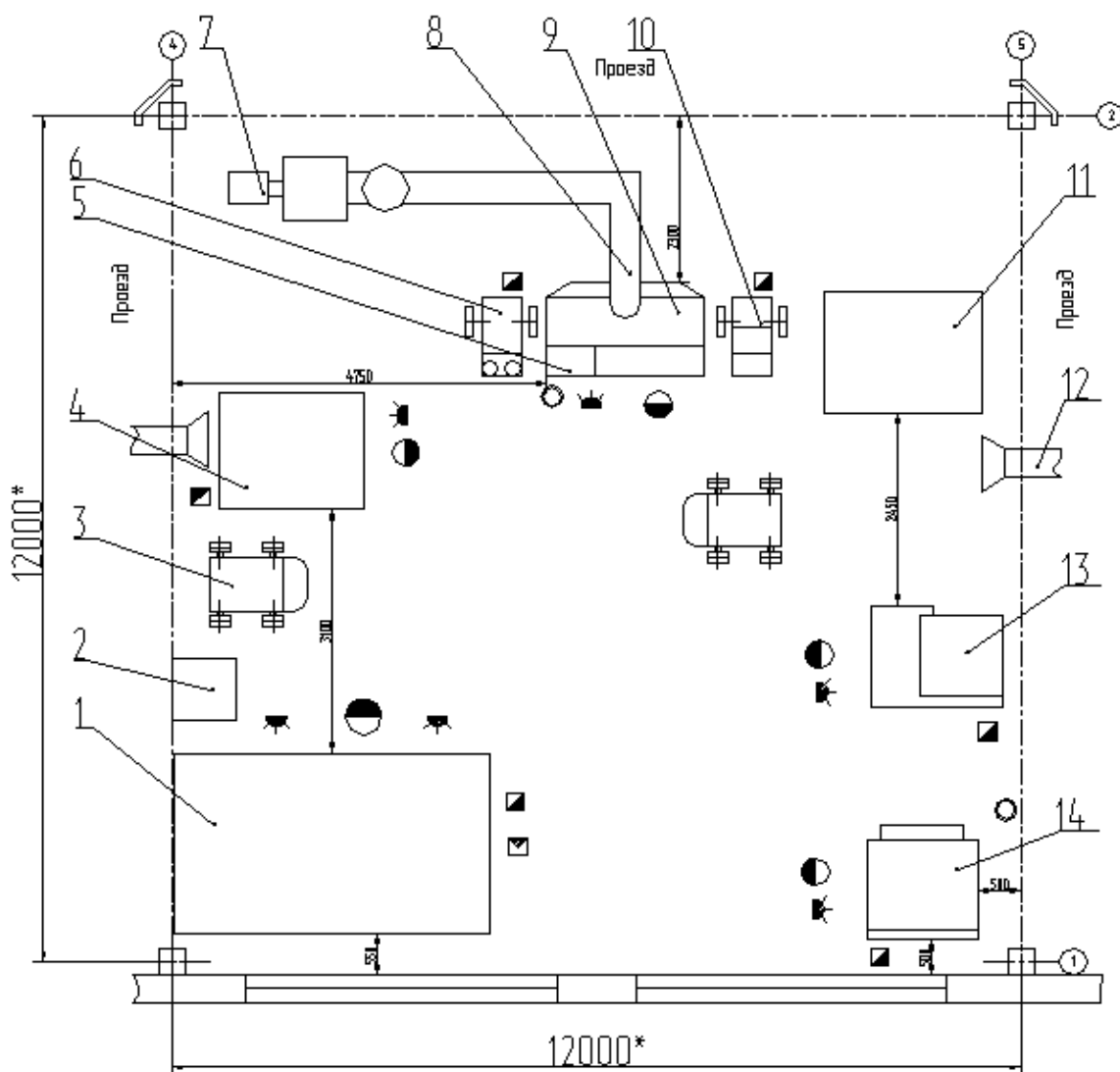


Рисунок 4.1 – Схема компоновочная участка

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Внедряемый технологический процесс	Операции внедряемого технологического процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1	Сварка корпуса расходомера	Входной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3	Ветошь
2		Сборка	сварщик изделий из тугоплавких металлов	Штангенциркуль	
3		Сварка	сварщик изделий из тугоплавких металлов	Сварочный аппарат, Fronius tps 400i.	Проволока сварочная круг абразивный
4		Выходной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3, щетка металлическая	

4.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Для устранения выявленных в разделе 1 ВКР недостатков применяемой при сварке расходомера технологии предложена к внедрению механизированная сварка. Помимо действия на производственный персонал негативных температурных факторов, обусловленных горением сварочной дуги, возможно действие светового излучения горячей дуги, выделяемых аэрозолей и газов и т.д. Для анализа сопровождающих разработанные технические мероприятия негативных производственных факторов сведем и систематизируем их в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Идентификация негативных производственных факторов.

№п/п	Выполняемые работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющего угрозу негативного фактора
1	Входной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Втулка, фланец
2	Сборка	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Втулка, фланец
3	наплавка	Повышенная температура оборудования и воздуха участка; повышенное напряжение, повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке; повышенная световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Сварочный аппарат, Fronius tps 400i, присадочная проволока, круг абразивный.
4	Выходной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Готовый корпус

4.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков

Для анализа мероприятий по устранению идентифицированных в таблице 4.2 негативных производственных факторов сведем и систематизируем имеющиеся и разработанные мероприятия в таблицу 4.3.

К перечню мероприятий относится вводный; первичный и т.д. инструктажи. Но, поскольку они являются обязательными для проведения на любом предприятии народного хозяйства, акцентировать на них внимание в таблице 3.3 нет нужды.

Таблица 4.3 – Коллективные и индивидуальные средства защиты от негативных факторов производственного участка.

№ п/п	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Коллективные средства защиты от действия негативных факторов	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	Острые кромки	Информирующие об опасности плакаты и надписи.	Спецодежда.
2	Движущиеся детали оборудования и наплавленные детали.	Ограждения от проникновения в опасную зону работников. Информирующие об опасности плакаты и надписи.	Спецодежда
3	Мелкодисперсные частицы и вредные газы на участке сварки	Устройства, обеспечивающие удаление загрязненного воздуха и поступление чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4	повышенная температура оборудования и воздуха участка	Устройства, обеспечивающие удаление нагретого воздуха и поступление воздуха извне	Спецодежда
5	Повышенное напряжение.	Заземление оборудования находящегося под напряжением. Периодический контроль состояния изоляции.	Спецодежда
6	световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда.

4.4 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственного участка призваны обеспечить защиту от пожара работников предприятия, а также имущество предприятия. Согласно

классификации пожаров по виду горючего материала и учетом производственной ситуации следует классифицировать возможный пожар как пожар класса Е: горение веществ и материалов под напряжением электрического тока. В таблице 3.4 выполним анализ основных и вторичных опасных факторов возможного пожара.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
1	Участок наплавки		горение веществ и материалов под напряжением электрического тока Е	А) Пламя, искры. Б) тепловой поток; В) высокая температура окружающей среды; Г) опасные продукты горения; Уменьшение содержания кислорода при горении; дым препятствует нормальной видимости.	Из-за высокой температуры при возгорании возможно повреждение изоляции электрическим током.

Участок, на котором планируются к внедрению разработанные технические предложения, с учетом класса возможного пожара (Е) необходимо укомплектовать техническими средствами, обеспечивающими защиту от возможного пожара работников и имущества предприятия. Перечень средств для комплектования производственного участка отразим в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Технические средства

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.
Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	Специализированные расчеты (вызываются)	Нет необходимости	Нет необходимости	Пожарный кран на колонне 2-2.	План эвакуации на колонне 2-2	Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Кнопка оповещения на колоннах 1-2 и 2-2.

Также для полноценной защиты работников и имущества предприятия необходимы организационные мероприятия. Перечень мероприятий для обеспечения защиты производственного участка отразим в таблице 3.6.

Таблица 4.6 – Мероприятия организационного характера.

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Наплавка бил	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

4.5 Мероприятия по безопасности окружающей среды

Таблица 4.7 – Идентификация факторов, негативно действующих на окружающую среду

Внедряемый технологический процесс	Операции внедряемого технологического процесса	Негативное действие на окружающую воздушную среду	Негативное действие на окружающую водную среду	Негативное действие на земную поверхность (литосферу)
Сварка корпуса расходомера	Входной контроль	-	-	-
	Сборка		-	
	Сварка	Загрязнение продуктами, выделяемыми при горении сварочной дуги		Загрязнение упаковкой от вспомогательных материалов
	Выходной контроль	-	-	-

Таблица 4.8 – Мероприятия по исключению негативного действия на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Наплавка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Монтаж фильтров в систему вентиляции участка для нейтрализации выделяемых при горении сварочной дуги продуктов
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	-
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования производственных отходов в соответствующие емкости.

4.6 Заключение по разделу

В данном разделе выполнен анализ операций технологического процесса сварки корпуса расходомера. Подробно рассмотрены ожидаемые профессиональные риски после внедрения в производственный процесс усовершенствованных операций по сварке корпуса. Показано, что усовершенствованные операции сопровождаются такими опасными и вредными факторами, как газы и аэрозольные частицы, излучение сварочной дуги,

Для защиты задействованных в операции восстановления работников от опасных и вредных факторов предложены широко применяемые в промышленности средства, такие как спецодежда, маска, вентиляционные системы, заземление оборудования.

Также много внимания уделено обеспечению пожарной безопасности производственного участка и реализуемого на нем модернизированного технологического процесса. Проанализированы источники возможных возгораний и их в пожар.

Сделан анализ возможности их устранения и уменьшения, который показал, что использование стандартных средств обеспечения безопасности и санитарии производства вполне обеспечит безопасность работника при реализации предложенных в бакалаврской работе технологических решений.

Разработка специальных и дополнительных средств защиты не требуется.

В ходе анализа экологичности предложенных технических решений установлено, что проведение процесса сварки сопровождается ущербом окружающей среде. При этом негативное воздействие оказывается на воздушную среду (атмосферу) и на литосферу.

5 Экономическая эффективность проекта

Применяемый в компании KROHNE технологический процесс соединения фланцев и втулок корпуса расходомера предусматривает дуговую сварку по методу TIG. Результаты анализа научно-технической и патентной литературы позволили рекомендовать для проектного варианта механизированную сварку проволокой сплошного сечения.

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 методом TIG с применением присадочного прутка 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 сварочный аппарат выполняет необходимые операции для подачи присадочной проволоки. Сварку может выполнять рабочий с низким разрядом, и, соответственно, низкой тарифной ставкой.
Время сварки большое, так как приходится вручную вести дугу.	Время сварки меньше, так как при применении присадочной проволоки можно увеличить скорость сварки.

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 оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		V	IV
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	95,29	84,87
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	$K_{доп}$	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	K_d	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	$K_{сн}$	%	30	30
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	$На$	%	18	18
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	$На.пл.$	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	$м^2$	20	20
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	$Цпл$	$Р/м^2$	30000	30000

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4	5
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт -з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цоб	Руб.	40000	70000
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	4	7,3
Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,7	0,7
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,72	1,72
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,97	1,97

5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Оценку штучного времени для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы:

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

где $t_{шт}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{маш}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{всп}$ – вспомогательное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение подготовительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{всп} = 10\%$ от $t_{маш}$;

$t_{обсл}$ – время обслуживания – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на обслуживание, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования задействованного в выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{обсл} = 5\%$ от $t_{маш}$;

$t_{отл}$ – время личного отдыха – объём времени в часах, которое будет затрачено на работником на обеспечение личных потребностей в отдыхе при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{отл} = 5\%$ от $t_{маш}$;

$t_{п-з}$ – время подготовительно-заключительное – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на выполнение подготовительно-заключительных операций технологического процесса по базовому и

проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{оп-з} = 1\%$ от $t_{маш}$.

Машинное время определим по следующей формуле:

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

где: $L_{ш}$ – кольцевой шов - 0,942 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:

$$t_{об} = \frac{60 * 0,561 * 0,942}{120 * 9} = 0,1 \text{ час} = 6,0 \text{ мин.}$$

$$t_{опр} = \frac{60 * 0,561 * 0,942}{240 * 9} = 0,05 \text{ час} = 3,0 \text{ мин.}$$

Подставив в (5.1) необходимые значения, получим:

$$t_{штб} = 6,0 + 0,6 + 0,3 + 0,48 + 0,06 = 7,44 \text{ мин} = 0,124 \text{ час}$$

$$t_{штб} = 3,0 + 3,0 + 0,18 + 0,150 + 0,03 = 3,66 \text{ мин.} = 0,062 \text{ час.}$$

5.3 Расчет затрат на новое оборудование

$$K_{\text{ОБЩ}} = K_{\text{ПР}} + K_{\text{СОП}} \quad (5.5)$$

где $K_{\text{ПР}}$ – затраты непосредственно на закупку оборудования, прямые, руб.;

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

Расчет прямых финансовых затрат выполним по зависимости:

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

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

k_3 – коэффициент загрузки оборудования.

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

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

где: $N_{\text{пр}}$ – годовая программа, количество стыков 500 шт.;

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

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

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

Для расчета коэффициента загрузки воспользуемся формулой:

$$k_3 = \frac{n_{\text{об.расчетн}}}{n_{\text{об.прин}}} \quad (5.8)$$

Фонд времени определим по формуле:

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

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).

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

Для базового варианта технологии

$$n_{об.расчетн.б} = \frac{500 \cdot 7,44}{1812 \cdot 60} = 0,054 \text{ шт}$$

$$K_{прб} = 40000 \cdot 0,054 = 2160 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$n_{об.расчетн.пр} = \frac{500 \cdot 3,66}{1812 \cdot 60} = 0,024 \text{ шт}$$

На основании выполненных расчётов по определению эффективного фонда времени работы оборудования штучного времени, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, можно сделать вывод о необходимом количестве сварочного оборудования. Для реализации базовой технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования. Для реализации проектной технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле 5.8:

$$k_{зб} = \frac{0,054}{1} = 0,054$$

$$k_{зпр} = \frac{0,024}{1} = 0,024$$

$$K_{прб} = 40000 \cdot 0,054 = 2160 \text{ руб.}$$

$$K_{прпр} = 70000 \cdot 0,024 = 1680 \text{ руб.}$$

Сопутствующие финансовые затраты определяются расчетным путем только для проектного варианта:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{ПП}} = 1680 + 14000 + 8000 + 5400 = 29080 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

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

$$K_{\text{уд}}^{\text{БАЗ}} = 2160/500 = 4,32 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{ПП}} = 29080/500 = 58,16 \text{ руб.}$$

5.4 Расчет технологической 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 технологии сварки промышленных газопроводов в качестве вспомогательных материалов используют штучные электроды, расходы на закупку которых определим по формуле

$$ЗМ_{\text{ЭЛ.}} = Н_{\text{ЭЛ.}} \cdot \Pi_{\text{ЭЛ.}} \quad (5.16)$$

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

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

$$Н_{\text{ЭЛ.}} = Y \cdot L_{\text{ш.}} \quad (5.17)$$

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

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

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

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

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

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

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

F_n – площадь поперечного сечения шва, $F_n = 72 \text{ мм}^2$.

$$M_{напл.мет} = 7,8 \cdot 72 / 1000 = 0,56 \text{ кг.}$$

$$Y = 1,7 \cdot 0,56 = 0,95 \text{ кг/м.}$$

$$H_{эл} = 0,95 \cdot 0,942 = 0,894 \text{ кг.}$$

$$ЗМ_{элб} = 88 \cdot 0,894 = 78,75 \text{ руб;}$$

$$ЗМ_{б} = 78,75 \text{ руб.}$$

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

$$ЗМ_{свпр} = ЗМ_{свпр} + Зг \quad (5.20)$$

Расходы на закупку присадочной проволоки определим по формуле:

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

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

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

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

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

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, $F_{\text{ш}} = 72 \text{ мм}^2$.

$$M_{\text{напл.мет}} = 7,8 \cdot 72 / 1000 = 0,56 \text{ кг.}$$

$$Y = 1,7 \cdot 0,56 = 0,95 \text{ кг/м.}$$

$$H_{\text{пр}} = 0,95 \cdot 0,942 = 0,894 \text{ кг}$$

$$3M_{\text{свпр}} = 69 \cdot 0,894 = 61,74 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{\text{з.г.}} = C_{\text{з.г.}} \cdot H_{\text{з.г.}} \quad (5.25)$$

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

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

Норма расхода вычисляется по зависимости:

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

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

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

где $q_{зг} = 10$ л/мин;

t_o - 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, $м^3$.

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

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

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

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

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

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

Для проектного варианта общая сумма расходов на вспомогательные материалы составит:

$$ЗМ_{пр} = 61,74 + 0,55 = 62,29 \text{ руб.}$$

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $P_{об}$ – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$Ц_{э-э}$ – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса

Мощность определим по режимам сварки: сила сварочного тока и напряжение дуги.

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

$$З_{э-э}^Б = \frac{3,6 \cdot 0,1}{0,7} 3,02 = 1,54 \text{ руб.}$$

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

$$З_{э-э}^{ПР} = \frac{6,3 \cdot 0,05}{0,75} 3,02 = 1,26 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

Финансовые потери на амортизацию оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} \cdot N_a \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 60 \cdot 100} \quad (5.31)$$

где $Ц_{об}$ – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам,

определённая по каталогам предприятий в сети ИНТЕРНЕТ;

N_a – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию;

$t_{МАШ}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

F_3 – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (5.31) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$A_{\text{об}}^{\text{б}} = \frac{40000 \cdot 7,44 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,48 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{об}}^{\text{пр}} = \frac{70000 \cdot 3,66 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,42 \text{ руб.}$$

Отчисления на ремонт рассчитаем по зависимости:

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

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

$$P_{\text{тр}}^{\text{б}} = \frac{40000 \cdot 35 \cdot 0,124}{1812 \cdot 100} = 0,40 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{тр}}^{\text{пр}} = \frac{70000 \cdot 35 \cdot 0,062}{1812 \cdot 100} = 0,32 \text{ руб.}$$

Суммарные расходы на содержание и эксплуатацию

$$Z_{\text{об}}^{\text{б}} = 0,48 + 0,40 = 0,88 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{об}}^{\text{пр}} = 0,42 + 0,32 = 0,74 \text{ руб.}$$

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

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

где: $C_{\text{пл}}$ – цена 1 м^2 производственной площади, руб.;

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

$S_{\text{пл}}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м^2 ;

$$Z_{\text{пл}}^{\text{б}} = \frac{4500 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 7,44}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,04 \text{ руб.}$$

$$z_{\text{пр площ}}^{\text{пр}} = \frac{4500 \cdot 11 \cdot 2 \cdot 3,66}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,04 \text{ руб.}$$

На следующем этапе определяем затраты по оплате труда

Фонд заработной платы определим как сумму:

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп}} \quad (5.34)$$

где $\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}$ - основная зарплата;

$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}$ - дополнительная зарплата.

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (5.35)$$

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

$t_{\text{шт}}$ – штучное время, час;

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

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot k_{\text{у}} \cdot k_{\text{пф}} \cdot k_{\text{н}} \quad (5.36)$$

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.

$$k_{\text{зпл}} = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,076 = 1,79$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{б}} = 0,060 \cdot 95,29 \cdot 1,79 = 10,23 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{пр}} = 0,03 \cdot 84,87 \cdot 1,79 = 4,55 \text{ руб.}$$

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

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{\text{б}} = 10,23 \cdot 10/100 = 1,02 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$ЗПЛ_{ДОП}^{ПР} = 4,55 \cdot 10 / 100 = 0,45 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_{Б} = 10,23 + 1,02 = 11,25 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_{ПР} = 4,55 + 0,45 = 5,00 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды

$$O_{CH} = \Phi ЗП \cdot N_{COЦ} / 100 \quad (5.38)$$

где $N_{COЦ}$ – коэффициент отчислений, 30 %.

Для базового варианта технологии

$$O_{CH}^B = 11,25 \cdot 30 / 100 = 3,37 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$O_{CH}^{ПР} = 5,00 \cdot 30 / 100 = 1,50 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость

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

$$C_{ТЕХ} = ЗМ + З_{Э-Э} + З_{ОБ} + З_{ПЛ} + \Phi ЗП + O_{CH} \quad (5.39)$$

Для базового варианта технологии

$$C_{ТЕХ}^B = 78,75 + 1,54 + 0,88 + 0,04 + 11,25 + 3,37 = 95,83 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{ТЕХ}^{ПР} = 62,29 + 1,26 + 0,74 + 0,04 + 5,00 + 1,50 = 70,83 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость

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

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

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

где $k_{ЦЕХ}$ – коэффициент цеховых расходов, 1,72;

$З_{ОСН}$ – основная зарплата, руб.

Для базового варианта технологии

$$C_{ЦЕХ}^B = 95,83 + 10,23 \cdot 1,72 = 95,83 + 17,59 = 113,42 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{ЦЕХ}^{ПР} = 70,83 + 4,55 \cdot 1,72 = 70,83 + 7,82 = 78,65 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость

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

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

$k_{ЗАВ}$ – коэффициент заводских расходов, 1,97

Для базового варианта технологии

$$C_{ЗАВ}^B = 113,42 + 10,23 \cdot 1,97 = 113,42 + 20,15 = 133,57 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{ЗАВ}^{ПР} = 78,65 + 4,55 \cdot 1,97 = 78,65 + 8,96 = 87,61 \text{ руб.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу 5.3.

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

Показатели	Услов. обозн	Калькуляция, руб	
		базовый	проектн.
1	2	3	4
Затраты на материалы	ЗМ	19,99	16,21
Объём фонда заработной платы	ФЗП	11,25	5,00
Отчисления на соц. нужды	О _{СН}	3,37	1,50
Объём финансовых затрат на технологическое оборудование	З _{ОБ}	0,88	0,74
Затраты на площади	З _{ПЛ}	0,04	0,04
Затраты на электроэнергию	З _{Э-Э}	0,77	0,63
Величина технологической себестоимости	C _{ТЕХ}	95,83	70,83
Объём цеховых расходов		17,59	7,82
Величина цеховой себестоимости	C _{ЦЕХ}	113,42	78,65
Объём заводских расходов		20,15	8,96
Величина заводской себестоимости	C _{ЗАВ}	133,57	87,61

5.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений

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

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{у.г.} = (C_{зав}^б - C_{зав}^{пр}) \cdot N_{пр} \quad (5.43)$$

После подстановки в формулу (5.43) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{у.г.} = (133,57 - 87,61) \cdot 500 = 66697,39 \text{ руб.}$$

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

$$\mathcal{E}_Г = [(C_{зав}^б + E_H \cdot K_{уд}^б) - (C_{зав}^{пр} + E_H \cdot K_{уд}^{пр})] \cdot N_{пр} \quad (5.44)$$

После подстановки в формулу (5.44) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\mathcal{E}_Г = [(133,57 + 0,33 \cdot 2,16) - (87,61 + 0,33 \cdot 56,48)] \cdot 500 = 54250,21 \text{ руб.}$$

Размер уменьшения трудоемкости

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

После подстановки в формулу (5.45) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta t_{шт} = \frac{0,1 - 0,05}{0,1} \cdot 100\% = 50\%$$

Размер увеличения производительности труда

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (5.46)$$
$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot 50}{100 - 50} = 100\%$$

Срок окупаемости капитальных вложений

$$T_{OK} = \frac{K_{общпр}}{\Delta_{\text{VT}}} \quad (5.47)$$

После подстановки в формулу (4.47) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$T_{OK} = \frac{29080}{66697} \approx 0,5 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

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

5.6 Выводы по разделу

Внедрение оборудования с большей производительностью позволило уменьшить на 50% трудоемкость сварки одного стыка фланца со втулкой, при увеличении производительности труда на 100%.

Для внедрения оборудования с большей производительностью нужны финансовые затраты в размере 29080 руб., которые окупятся через 0,5 года. Планируемый размер годового экономического эффекта составит 54250 руб.

Результаты выполненных расчетов позволяют сделать вывод о необходимости внедрения результатов бакалаврской работы в производственные условия.

Заключение

Цель выпускной работы – повышение производительности при сварке корпуса расходомера.

Анализ базового технологического процесса сварки корпуса расходомера показал, что его недостатки обусловлены специфическими особенностями применяемого способа сварки TIG.

Выполненный анализ возможных вариантов модернизации применяемого способа сварки, научно-технической и патентной литературы позволил рекомендовать механизированную сварку для заполнения разделки. Разработан технологический процесс сварки корпуса расходомера с применением базового способа для выполнения прихваток и корневого прохода. Заполнение разделки предложено выполнять механизированной сваркой в смеси газов. Определены параметры режима механизированной сварки, подобраны вспомогательные материалы – сварочная проволока и защитный газ.

Также в работе выполнен анализ опасных и вредных факторов, сопровождающих процесс работы. Показано, что защита производственного персонала от опасных и вредных факторов, сопровождающих процесс сварки трубопровода обеспечивается посредством широко применяемых стандартных средств защиты.

Предварительные расчеты показывают, что применение механизированной сварки по разработанной в бакалаврской работе технологии позволяет повысить производительность труда. При этом, предварительно рассчитанный размер годового экономического эффекта составит 54250 руб.

Можно сделать вывод о том, что поставленные задачи выполнены и цель достигнута.

Список используемых источников

1. 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.
2. Мейстер, Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
3. Пащенко, В.Н. Влияние состава плазмообразующей воздушно-газовой смеси на параметры струи плазмотрона / В.Н. Пащенко. // Автоматическая сварка. – 2009. – № 4. – С. 33–38.
4. Косинцев, В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
5. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
6. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
7. Гостюшин, А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
8. Рыбаков, В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
9. Рыбаков, А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
10. Malinov, L.S. Increasing the abrasive wear resistance of low-alloy steel by obtaining residual metastable austenite in the structure / L.S. Malinov, V.L. Malinov, D.V. Burova, V.V. Anichenkov // Journal of Friction and Wear. – 2015. – №3. – P. 237–240.

11. Enhancement of steels wear resistance in corrosive and abrasive medium / V. Kaplun, P. Kaplun, R. Bodnar, V. Gonchar // *Interdisciplinary Integration of Science in Technology, Education and Economy : monograph* /ed. by J. Shalapko, B. Zoltowski. – Bydgoszcz, 2013. – P. 320–329.
12. 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.
13. Смирнов, И.В. Сварка специальных сталей и сплавов: Учебное пособие / И.В. Смирнов – Тольятти, издательство ТГУ, 2007. – 301 с.
14. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
15. Lucas, W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // *Welding and Metal Fabrication*. – 1992. – № 6. – P. 269–276.
16. Dilthy, U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // *Schweissen und Schneiden*. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
17. Dixon, K. Shielding gas selection for GMAW of steels // *Welding and Metal Fabrication*. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
18. Salter, G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding / G. R. Salter, S. A. Dye // *Metal Constr. and Brit. Weld. J.* – 1971. – 3, № 6. – P. 230–233.
19. Cresswell, R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // *Welding and Metal Fabrication*. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
20. Величко, О.А. Лазерная наплавка цилиндрических деталей порошковыми материалами / О.А. Величко, П.Ф. Аврамченко, И.В. Молчан, В.Д. Паламарчук // *Автоматическая сварка*. – 1990. – № 1. – С. 59–65.
21. Шелягин, В.Д. Лазерно-микроплазменное легирование и нанесение покрытий на стали / В.Д. Шелягин, В.Ю. Хаскин, Ю.Н. Переверзев // *Автоматическая сварка*. – 2006. – № 2 – С. 3–6.

22. Бабинец, А.А. Влияние способов дуговой наплавки порошковой проволокой на проплавление основного металла и формирование наплавленного металла / А.А. Бабинец, И.А. Рябцев, А.И. Панфилов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 11. – С. 20–25.
23. Переплётчиков, Е.Ф. Плазменно-порошковая наплавка штоков энергетической арматуры / Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2013. – № 4. – С. 56–58.
24. 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.
25. Снисарь, В.В. Влияние легирования аустенитного шва азотом на развитие структурной неоднородности в зоне сплавления с перлитной сталью / В. В. Снисарь, В. Н. Липодаев, В. П. Елагин [и др.] // Автоматическая сварка. – 1991. – № 2. – С. 10–14.
26. Алешин, Н.П. Современные способы сварки: Учеб. пособие / Н.П. Алешин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 59 с.
27. Zhang, Y.M., Ligu E., Kovacevic R. Active metal transfer control by monitoring excited droplet oscillation // Welding Journal. 1998. Vol. 77. N 9. P. 388-s—394-s.
28. Фивейский, А.М. Новые процессы MIG/MAG сварки // Техсовет, 2010. № 4. С. 38.
29. Шолохов, М.А. Эффективность эксплуатации инверторных источников питания / М.А. Шолохов, А.М. Фивейский, Д.С. Бузорина, Е.В. Лунина // Сварка и диагностика, 2012. № 3. С. 53–55.
30. Бранд, М. Высокая производительность и отличное качество MIG/MAG сварки // Марко Бранд, А.М. Фивейский. Состояние и перспективы развития сборочно-сварочного производства: сборник докладов международной научно-технической конференции. Нижний Тагил, 2011. С. 71–78.

