

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)

«Современные технологические процессы изготовления деталей в
машиностроении»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс и оборудование для сборки и сварки
основания привода транспортера

Студент

Д.А. Грехов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Л. Федоров

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

Консультанты

к.э.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 2022

Аннотация

Цель работы – экономия материальных ресурсов, повышение производительности и качества на операции сборки и сварки основания привода транспортера.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: разработана технология механизированной сварки основания привода в защитных газах; выбрано сварочное оборудование; разработана оснастка для фиксации основания привода при сборке; выполнена оценка предложенных решений с точки зрения техники безопасности и экологической безопасности; выполнена оценка экономического эффекта при внедрении в производство.

Пояснительная записка содержит 57 стр. машинописного текста, 10 рисунков, 13 таблиц, графическая часть 7 листов формата А1.

Решена задача обоснования выбора способа ремонтной сварки, что сделано на основании анализа преимуществ и недостатков каждого способа с использованием современных источников научно-технической информации. На основании анализа литературных данных предложено использовать механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Подобрано оборудование для реализации технологии сварки в среде защитных газов - полуавтомат EWM PHOENIX 351. Сконструирована оснастка, обеспечивающая сокращение расхода времени на вспомогательные операции и повышающая стабильность геометрии изделия. Для защиты производственного персонала участвующего в сварке от вредных факторов предложены соответствующие технические и организационные мероприятия. Рассчитан экономический эффект от внедрения предлагаемых технических решений, который составит 53147 руб.

Содержание

| | |
|--|-----|
| Введение..... | 4 |
| 1. Современное состояние сварочных технологий при изготовлении оснований привода транспортера..... | 6 |
| 1.1. Описание изделия и условий его эксплуатации | 6 |
| 1.2 Базовый технологический процесс | 11 |
| 1.3 Формулировка задач на выполнение бакалаврской работы..... | 155 |
| 2. Разработка технологического процесса сборки – сварки изделия..... | 166 |
| 2.1 Выбор способа сварки взамен применяемого | 166 |
| 2.2 Заготовительные операции | 200 |
| 2.3 Выбор режимов сварки..... | 233 |
| 2.3. Технологический процесс сборки и сварки изделия | 255 |
| 2.4 Описание конструкции оснастки..... | 255 |
| 3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса | 288 |
| 3.1 Технологическая характеристика объекта | 288 |
| 3.2 Систематизация профессиональных рисков | 29 |
| 3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков..... | 311 |
| 3.4 Обеспечение пожарной безопасности на производственном участке | 333 |
| 3.5 Экологическая безопасность разработанного технического объекта | 355 |
| 4 Расчет экономических параметров предлагаемой технологии | 377 |
| 4.1 Вводная информация для расчета | 377 |
| 4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования | 39 |
| 4.3 Расчёт штучного времени..... | 400 |
| 4.4 Определение заводской себестоимости применяемого и предлагаемого вариантов..... | 422 |
| 4.5 Определение капитальных затрат | 477 |
| 4.6 Показатели экономической эффективности..... | 500 |
| Заключение | 544 |
| Список используемой литературы и используемых источников..... | 555 |

Введение

«Транспортеры широко используются для перемещения разнообразных грузов на различные расстояния. Например, на тепловых электроцентралях транспортеры применяют для перемещения угля. Конструктивно транспортер выполнен несложно. Основание, на основании установлены привод и ведущий барабан, опорные ролики, лента транспортерная» [12].

«Наиболее ответственным узлом является основание. Оно представляет собой сложную пространственную конструкцию и обеспечивает натяжение ленты транспортерной. На нем установлен электродвигатель, редуктор, приводной барабан транспортера» [12]. Изготовлены детали основания из стандартного металлопроката – швеллера и уголки. Между собой детали соединяются сваркой.

Визуальный осмотр эксплуатирующихся в настоящее время на ТЭЦ ВАЗа транспортеров показал, что их основания имеют в некоторых местах в зоне сварных соединений и в околошовной зоне, трещины. Причем, судя по характеру дефектов, некоторые трещины уже подвергались ремонту. Кроме того, размеры некоторых овальных отверстий для крепления электродвигателя увеличены сверх нормативных значений, что вызывает люфт и последующую несоосность вала редуктора и вала электродвигателя. Такой дефект вызывает ускоренный износ клиновидных ремней. Отмечены деформации некоторых рам. Определенное беспокойство вызывает и наличие следов сквозной коррозии, особенно в околошовной зоне сварных соединений.

По результатам такого анализа может быть сделан вывод о непригодности рам оснований к дальнейшему ремонту. Таким образом, анализ объекта показывает, что необходимо разработать технологический процесс изготовления оснований транспортера, следовательно, разработка

технологического процесса сборки и сварки основания транспортера является актуальной.

Базовая технология предусматривает сборку основания с использованием универсальных сборочных приспособлений, и ручную дуговую сварку штучными электродами. Одной из проблем частей при сварке рам оснований является трещинообразование в местах выполнения сварных швов. Сварные швы являются концентраторами напряжений, их прочностные свойства могут существенно отличаться в худшую сторону от основного металла. Особенно это проявляется в сварных соединениях, выполненных с применением ручной дуговой сварки. Это обстоятельство следует учитывать при построении технологии сварки металлических конструкций техники для перемещения грузов с применением сварочных технологий. Помимо изложенного, применяемый технологический процесс имеет такой недостаток, как увеличенные потери сварочных электродов по причине разбрызгивания и наличия огарков.

С учетом изложенного сформулируем цель выпускной квалификационной работы – экономия материальных ресурсов, повышение производительности и качества на операции сварки основания транспортера.

1. Современное состояние сварочных технологий при изготовлении оснований привода транспортера

1.1. Описание изделия и условий его эксплуатации

Габаритные размеры рассматриваемого изделия 800x1500x300 мм, рисунок 1. Весовые показатели для основания составляют 41 кг. На основании установлен электродвигатель, редуктор, приводной барабан транспортера. Рама основания изготовлена из швеллеров. Диапазон температур при эксплуатации основания находится в пределах +40...-40°C. На раму нанесено лакокрасочное покрытие. Основание не работает в условиях прямого попадания воды, так как электродвигатель не должен подвергаться воздействию воды.

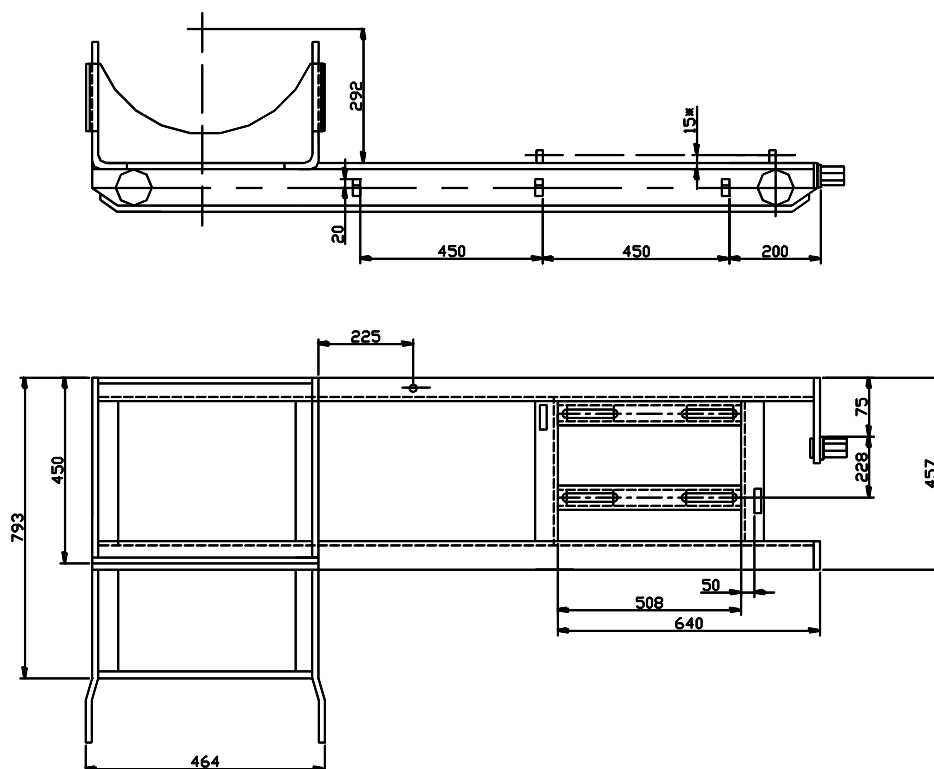


Рисунок 1 – Общий вид основания

Точность при изготовлении основания должна находиться в пределах ± 1 мм. Для овальных отверстий под болты крепления двигателя должна быть обеспечена точность $\pm 0,5$ мм.

Все детали соединены сваркой. Базовая технология сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки штучными электродами по ГОСТ 5264-80 штучными электродами МР-3. Следует отметить малую производительность этого процесса, ресурс повышения которой за счёт применения оптимальным параметров режима сварки и современного сварочного оборудования может считаться полностью исчерпанным. В конструкции представлен весь спектр соединений – тавровые, угловые, нахлесточные.

Выполнено основание из стали 20. Содержание химических элементов в данной стали 20 отражено в таблице 1. Механические характеристики указанной стали отражены в таблице 2. Предварительно оценим свариваемость указанной стали.

Таблица 1 – Химический состав стали 20 в процентах

| Марка материала | углерод | кремний | марганец | хром | медь | никель | фосфор | сера |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|------|------|--------|--------|------|
| | Не более | | | | | | | |
| | C | Si | Mn | Cr | Cu | Ni | P | S |
| Сталь 20 | 0,17-0,24 | 0,17-0,37 | 0,35-0,65 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,035 | 0,04 |

Кремний, содержание которого в стали 20 составляет 0,17...0,37 %, отвечает за раскисление (удавление из стали кислорода) и рафинирование (удавление из стали азота). За счёт этого уменьшается пористость при сварке и образование газовых раковин.

Марганец, содержащийся в стали в объёме 0,35...0,65 %, является сильным раскислителем (удаляет из стали кислород). Также марганец удаляет из стали серу, что положительно сказывается на снижении склонности к образованию горячих трещин при сварке.

Никель, хром и медь содержание которых в стали составляет до 0,25 %, повышают коррозионную стойкость стали. Но их малое содержание в стали 20 не позволяет существенно улучшить свойства стали.

Фосфор и сера являются вредными примесями, они повышают склонность стали к образованию горячих трещин при сварке и уменьшают её вязкость, что отрицательно сказывается на прочности при ударных нагрузках. Содержание фосфора и серы в стали 20 ограничено 0,04 % каждого.

Таблица 2 – Механические свойства стали 20

| Сталь | σ_B | σ_T | δ_5 | ψ | a_n , Дж/см ² при температуре | |
|-------|------------|------------|------------|--------|---|-----|
| 20 | МПа | | % | | -20 | -60 |
| | 250 | 420 | 25 | 55 | 160 | 39 |

Сталь 20 характеризуется высокой пластичностью, умеренными значениями прочности и твёрдости. Поскольку сталь обладает повышенной вязкостью, она хорошо сопротивляется ударным воздействиям. Однако знакопеременные нагрузки сталь 20 переносит относительно плохо. Сваривается сталь 20 без ограничений всеми известными способами сварки.

Оценить возможность соединения материалов сваркой можно определив такой показатель как свариваемость данных материалов. Согласно определению в ГОСТ 29273–92, свариваемость является комплексной характеристикой. На свариваемость оказывает влияние выбранный способ сварки, химический состав материала, эксплуатационные требования к изделию, тип сварной конструкции. Данный подход к определению свариваемости реализован и в зарубежных стандартах, например ИСО 581–80. Таким образом, материал, который невозможно соединить сваркой одним способом, успешно соединяется другим. Если получить работоспособное соединение в данных условиях эксплуатации одним способом невозможно, применив другой способ можно получить соединение, успешно эксплуатируемое в данных условиях. Положение сварного

соединения на металлоконструкции может быть таким, что одним способом сварки его требуемые эксплуатационные характеристики не могут быть достигнуты, но другим способом сварки получаем вполне работоспособное в данных условиях изделие [4].

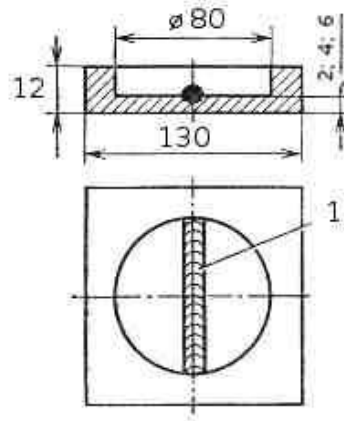
Рассмотрим все это детально. Например, диффузионной сваркой в вакууме можно соединять самые фантастические сочетания материалов. Однако данный способ требует дорогостоящего оборудования, высокой культуры производства и применим для получения уникальных изделий. Сварка плавлением нашла большее распространение в промышленности по причине мобильности оборудования, возможности соединения элементов крупногабаритных конструкций. По химическому составу материала следует отметить, что в настоящее время практически все конструкционные материалы успешно соединяются широко распространенной сваркой плавлением. Данной технологией можно соединить алюминий и его сплавы, стали, медь, никель. Однако при сварке плавлением значительное влияние на свариваемость оказывает химический состав соединяемых материалов. В нашем случае необходимо оценить свариваемость стали 20. Для оценки влияния химического состава стали на ее свариваемость применяют расчетные зависимости по определению эквивалента углерода, в частности из ГОСТ 19281-89 [3]. Приведенная в данном ГОСТ формула по определению эквивалента углерода выглядит так:

$$C_{\text{Э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}, \quad (1)$$

После того, как по данной формуле определено численное значение $C_{\text{Э}}$ его анализируют, сопоставляя с фиксированными показателями. Если полученное расчетное значение не превышает значение фиксированного показателя 0,25, то указанная сталь обладает хорошей свариваемостью. Если полученное расчетное значение находится в пределах 0,25... 0,35 то данная

сталь обладает удовлетворительной свариваемостью. Требуется введение в технологический процесс получения изделия дополнительных операций, таких как предварительные подогрев или термообработка после сварки. Возможно решение проблемы свариваемости специальными технологическими приемами, сварка короткой дугой, например. Если полученное расчетное значение находится в пределах 0,35...0,45 сталь характеризуется ограниченной свариваемостью. Здесь сварку необходимо вести в узком диапазоне режимов, обязателен подогрев до сварки и после сварки необходима термообработка соединения. И если расчетное значение получено свыше 0,45 сталь плохо сваривается. Даже вводя в технологический процесс перечисленные здесь технологические приемы, получаем в итоговом сварном соединении трещины, закалочные структуры [2].

Однако указанная формула не учитывает всего многообразия действующих на сварную конструкцию факторов в процессе эксплуатации и в процессе получения конструкции. Поэтому для точной оценки свариваемости применяют различного рода технологические пробы. Сварщикам во всем мире известно около 300 различных проб. Так согласно пробе Кировского завода на дно образца выполненного в виде стакана наплавляют валик, рисунок 2. В процессе наплавки со дна стакана, противоположной месту сварки стороны, выполняют охлаждение водой или воздухом. Если при охлаждении водой трещины не образуются, свариваемость материала хорошая, если при охлаждении струей воздуха трещины не образуются, то свариваемость удовлетворительная. Возможен подогрев образца перед наплавкой валика. Если при подогреве до 100-150°C трещины не образовались, свариваемость ограниченная, и если при подогреве до 350-650°C трещины не образовались свариваемость плохая.



1 – Наплавленный валик

Рисунок 2 – Проба Кировского завода

1.2 Базовый технологический процесс

К сварочным работам при изготовлении таких ответственных изделий как рама транспортера могут быть допущены сварщики, аттестованные на уровень профессиональной подготовки в соответствии с ПБ 03-273-99 и имеющие аттестационное удостоверение, в котором указывается к каким видам работ допущен сварщик (способ сварки, наименование изделий, группа сталей, положение шва в пространстве) [1].

Сварщики всех специальностей и квалификаций, кроме газосварщиков, должны иметь квалификационную группу по электробезопасности не ниже II. Кроме того, все сварщики должны сдать испытания на знание противопожарных мероприятий и требований по безопасности труда.

Весь металлопрокат, поступающий на завод, должен сопровождаться сертификатом, в котором указывается:

- завод изготовитель;
- марка ГОСТ материала;
- механические свойства;
- химический состав;

- номер партии.

При отсутствии сертификата, металл в производство не допускается, до его проверки в заводской лаборатории.

Поверхность проката не должна иметь наружных дефектов, в противном случае они подлежат удалению с последующей заваркой и зачисткой.

Прокат может храниться в стеллажах штабелях, как в открытых, так и в закрытых складах. Металлопрокат должен быть очищен от ржавчины, окалины и других загрязнений. Неплоскостность листа более 2 мм, в зазоре между его поверхностью и линейкой метровой длины, не допускается.

Перед запуском в производство весь листовой металлопрокат должен быть выправлен. Стрела прогиба $f \leq (1/1000) \geq 10$ мм

Каждая единица металлопроката должна иметь маркировку. Место маркировки определяется из удобства положения и подсчета количества штук на складе [24].

В технических условиях на заготовку указываются требования к соблюдению размеров в пределах допусков указанных на чертежах. Требования по длине и глубине зарезов и выхватов, они не должны превышать 10 % от общей длины кромок при глубине зареза 1,5 - 20 мм.

Кислородную резку можно вести как ручным способом, так и механизированными способами. Механическую резку производят на гильотинных ножницах, различных прессах [25].

Конструктивные элементы разделки кромок под сварку должны соответствовать требованиям ГОСТов: ГОСТ 8713-79, 5264-80, 14771-76, 15878-79.

Заусенцы и грат на заготовках должны быть удалены любым доступным способом.

Сборка должна вестись в строгом соответствии с разработанным технологическим процессом. Собираемые узлы должны соответствовать требованиям чертежа. Сборка может проводиться как на слесарных стандах,

так и на специальных приспособлениях. Особое внимание необходимо уделять сварочным зазорам, которые не должны иметь непостоянную величину.

Зона сварки подлежит тщательной зачистки, на ширину 20-30 мм от будущего сварного шва.

Прихватку необходимо выполнять только в местах сварки, теми же сварочными материалами, что и основной шов. Размеры прихваток оговариваются в технологической документации, где также указывается их расположение. Все прихватки должны быть очищены от шлака и брызг [26].

Необходимо следить за исправностью мерительного и вспомогательного инструмента используемого при сборке.

Требования к выполнению сварочных работ.

К выполнению сварочных работ допускаются специально обученные и аттестованные на этот вид работ сварщики. Используемые сварочные материалы должны соответствовать требованиям ГОСТа.

Соблюдение технологического процесса должно контролировать ОТК.

Применяемые сварочные материалы должны соответствовать требованиям ГОСТ и иметь сертификат.

Электроды толстопокрытые металлические должны поставляться в сопровождении сертификата, при этом химический состав и механические свойства наплавленного металла должны соответствовать, в случае сварки малоуглеродистых сплавов ГОСТ 9467-75.

Электроды должны поставляться в пачках их влагонепроницаемого материала с ярлыком. Покрытие должно быть ровным, гладким, без непромешанных комков, вздутий, трещин. Перед запуском в производство электроды должны пройти технические испытания.

Контроль качества изделия.

Контроль качества изделия проводится на всех этапах технологического процесса. При изготовлении проверяется: габаритные размеры заготовок; качество подготовки кромок; сборочные зазоры; размеры

сварных швов и качество их зачистки; отсутствие в сварных швах недопустимых дефектов [27].

Основные требования к контролю качества должны соответствовать ГОСТу 3242-79.

Контроль сварных швов должен производиться внешним осмотром и измерениями по ГОСТ 3252-79 - 100%.

Технические условия на консервацию, Маркировку, отгрузку

Способы маркировки: ударный, простой, биркой. Он указывается в технической документации. Здесь же указываются основные требования к маркировке (ее состав, высота букв, место маркировки).

При консервации изделия учитываются условия хранения узла и способы его транспортировки. В требованиях на отгрузку указывается способ размещения и крепления узла на транспортном средстве.

По базовому технологическому процессу сборка основания производится на плитном настиле с помощью технологических скоб и подставок, уголков, клиньев, струбцин. Устанавливаются продольные швеллера, затем поперечины, по мере сборки производится прихватка ручной дуговой сваркой электродами типа Э – 42 А марки МР-3.

Узел сваривается ручной дуговой сваркой электродами типа Э – 42 А. марки УОНИ 13/45.

Данный технологический процесс является трудоемким, качество сварки зависит от квалификации сварщика. В выпускной квалификационной работе предлагается сварку узла выполнять механизированным способом с помощью сварочного автомата в среде углекислого газа.

Это позволит повысить качество сварного узла, увеличит производительность труда и улучшить условия труда сварщиков

1.3 Формулировка задач на выполнение бакалаврской работы

Используемая в применяемом на предприятии технологическом процессе сварка штучными электродами обладает рядом недостатков:

- ручная дуговая сварка характеризуется малой производительностью, поскольку в настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов;

- увеличенные потери сварочных электродов из-за разбрызгивания и огарков;

- недостаточная стабильность качества сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла;

- тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов.

Учитывая, что выбрана в качестве материала рамы сталь 20 нужно будет еще подобрать присадочный материал, режимы и разработать технологический процесс сварки изделия.

Поставим следующие задачи выпускной квалификационной работы:

- на основании анализа альтернативных способов сварки произвести обоснованный выбор способа сварки основания;

- разработать технологический процесс сварки на основе выбранного; -

- подобрать сварочное оборудование;

- разработать оснастку для реализации данного технологического процесса;

- проработать защиту производственного персонала и окружающей среды от опасных и вредных факторов;

- обосновать предложенные решения с точки зрения экономических расчетов.

2. Разработка технологического процесса сборки – сварки изделия

2.1 Выбор способа сварки взамен применяемого

Применяемый на предприятии способ сварки сопровождается недостатками перечисленными в разделе 1.3. Схема применяемого на предприятии способа сварки РСДПЭ представлена на рисунке 3. В частности у применяемого способа низкая производительность. Причиной этого являются затраты времени на прерывание процесса сварки и замену израсходованного электрода на новый. Другим негативным моментом, сопровождающим процесс РСДПЭ является расположение токоподвода на противоположном месте горения дуги конце электрода. Проходя по всей длине электродного стержня сварочный ток разогревает его. Из-за нагрева меняются свойства покрытия электрода. Поэтому значительно увеличивать сварочный ток нельзя [5].

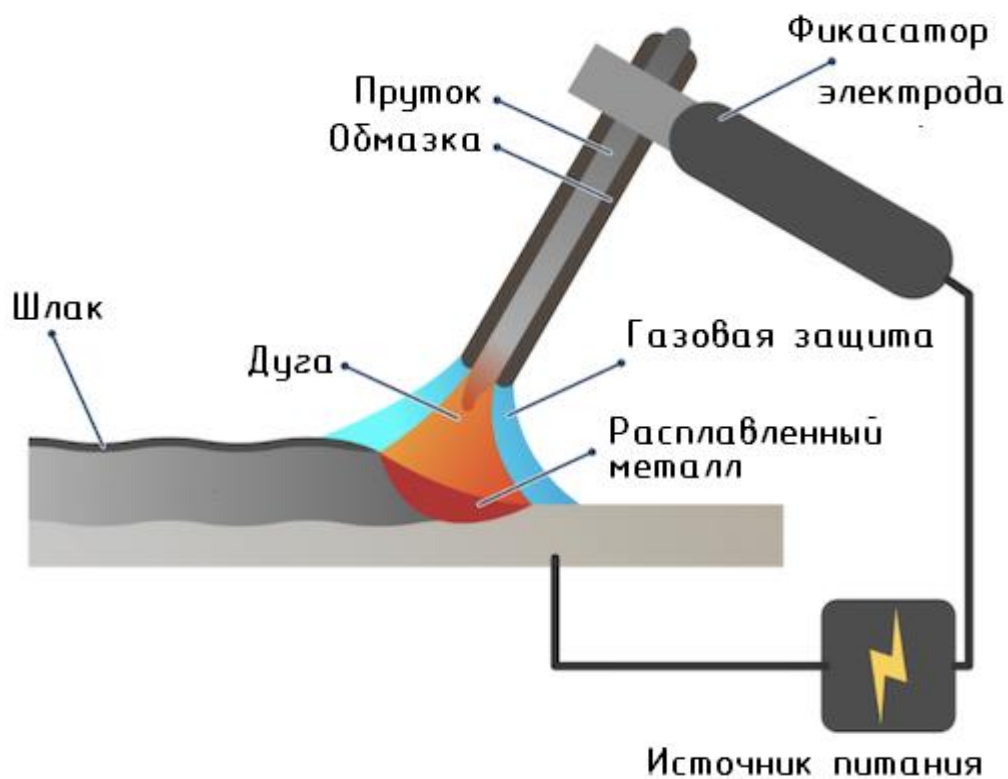


Рисунок 3 - Схема реализации способа РСДПЭ

Однако есть и ряд положительных моментов. В покрытие электродов возможно введение легирующих компонентов, позволяющих в требуемом направлении менять свойства наплавленного металла. Стоимость оборудования для РСДПЭ сравнительно невелика. Так сварочный трансформатор обеспечивающий максимальную величину сварочного тока 200 А стоит 8000 рублей. Стоимость трансформатора рассчитанного на сварочный ток 250 А составляет 16000 рублей. Рассмотрены самые дешевые варианты. В настоящее время для реализации способа РСДПЭ применяют инверторные источники [7]. Стоимость данного оборудования ненамного дороже, однако данное оборудование снабжено такими полезными для сварщика функциями как увеличение сварочного тока в момент угасания сварочной дуги или прилипания электрода. Уверенно зажигать сварочную дугу позволяет функция Hot Start. Такая функция как PWS позволяет нажатием кнопки поменять полярность сварочного источника. Конечно, применение перечисленных функций увеличивает производительность процесса сварки в целом, но она остается низкой [6].

Устранить затраты времени на замену электрода можно применив длинный электрод при подаче его в зону горения сварочной механизированным способом, рисунок 4.

Для защиты зоны горения дуги может быть применен углекислый газ, аргон или газовые смеси. К плюсам такого способа сварки можно отнести помимо исключения прерывания процесса сварки для замены электрода токоподвод приближен к зоне горения дуги. При этом можно увеличить силу сварочного тока, так как ток проходит к месту горения дуги на участке небольшой длины. Применение газовых смесей исключает из технологического процесса операции удаления шлака. Однако есть и минусы. Обмазка электрода содержит необходимые для управления свойствами наплавленного металла компоненты. Слой закристаллизовавшегося шлака замедляет процессы охлаждения металла шва

и околошовной зоны. Меньше вероятность образования закалочных структур [8].

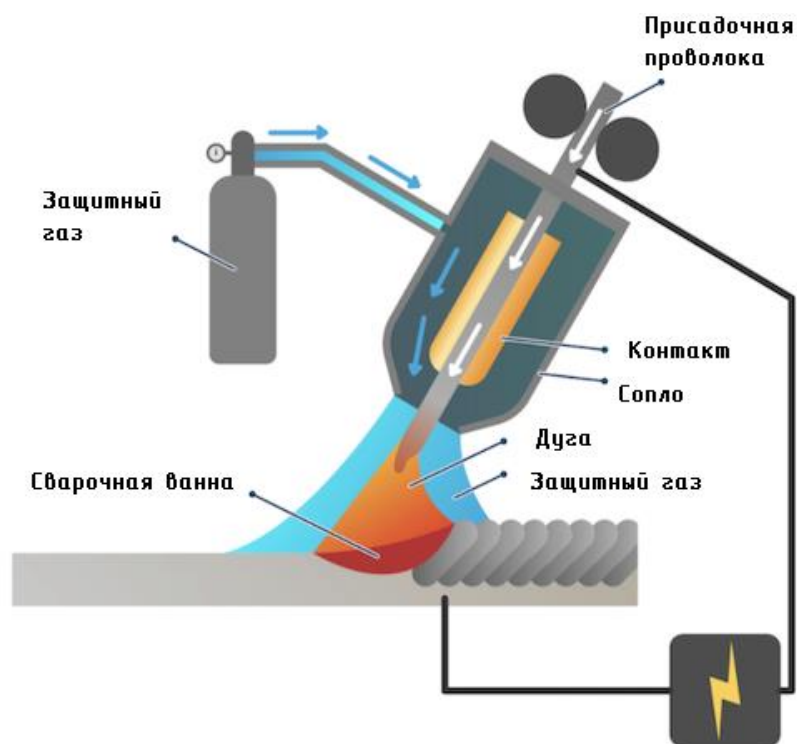


Рисунок 4 – Схема механизированной сварки

Поэтому применяют технологический процесс сварки порошковой проволокой. Обмазка электрода окружена металлической оболочкой. Такое техническое решение позволяет обойтись без баллонов с газом, при использовании самозащитной проволоки, в наполнитель проволоки можно вводить легирующие и иные компоненты. Сварной шов закрыт сверху слоем шлака [25].

Однако у данного технического решения есть и минусы. Тонкая оболочка требует аккуратного обращения при намотке проволоки из общей бухты на катушки. Кроме того, стоимость. Данная присадочная проволока отличается высокой стоимостью [24].

Из возможных вариантов способа сварки плавлением рассмотрим, ацетилено-кислородную сварку. Схема реализации данного способа представлена на рисунке 5.

Положительными моментами для данного способа являются простое и дешевое оборудование. Так стоимость газовой горелки находится в пределах 2 – 4 тысяч рублей. Другим положительным моментом для данного способа является легкость, при необходимости, предварительного подогрева свариваемого изделия. Кроме того, само по себе газовое пламя может обеспечить другие полезные функции.

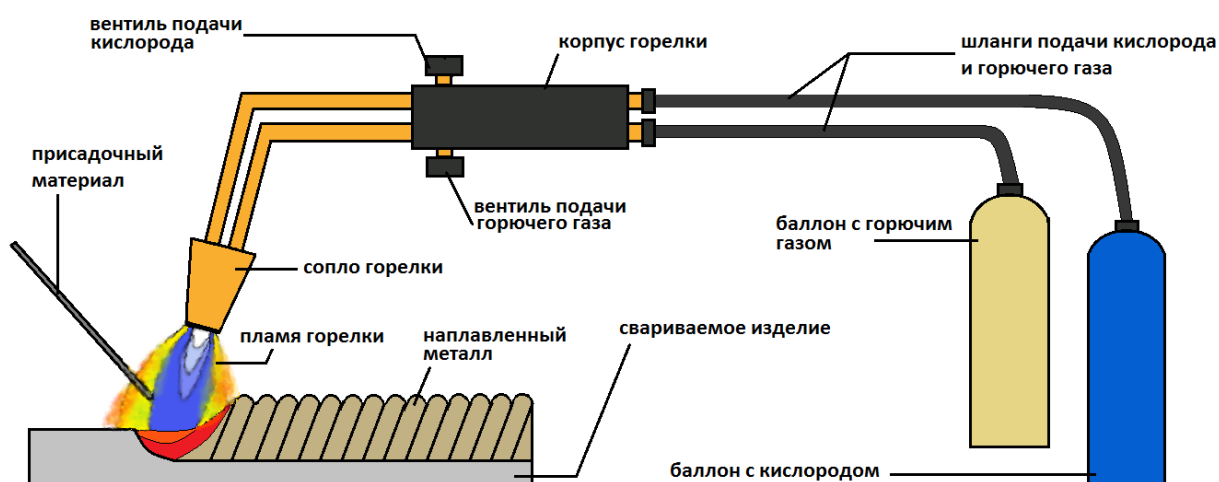


Рисунок 5 – Схема реализации способа ацетилено-кислородной сварки

Однако для данного способа есть ряд отрицательных моментов. Газовое пламя является рассредоточенным источником нагрева, что снижает производительность процесса. Длительное пребывание металла в зоне высоких температур отрицательно сказывается на его механических характеристиках, способствует росту зерна [9].

Метод сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов позволяет соединять сваркой легированные стали, цветные металлы, активные металлы. Применяется из инертных газов для защиты сварочной ванны гелий и аргон. Сварщику не составляет труда поддерживать длину дуги, электрод не плавится. За счет всех этих технических решений получается шов высокого качества [10].

Есть у данного способа сварки и отрицательные стороны, если сварка выполняется на открытом воздухе внезапные порывы ветра приведут к нарушению газовой защиты. При сварке активных металлов и сплавов требуется тщательная подготовка свариваемых поверхностей [11].

Из всех рассматриваемых способов сварки выбираем механизированную сварку в среде углекислого газа, так как данная сварная конструкция имеет доступные швы небольшой протяженности. Выбранный способ позволяет получать сварные швы во всех пространственных положениях с более высокой производительностью по сравнению с РДС, обеспечивает высокое качество сварного соединения.

2.2 Заготовительные операции

Весь металлопрокат, поступающий на завод, должен сопровождаться сертификатом, в котором указывается:

- завод изготовитель;
- марка ГОСТ материала;
- механические свойства;
- химический состав;
- номер партии.

При отсутствии сертификата, металл в производство не допускается, до его проверки в заводской лаборатории [12].

Поверхность проката не должна иметь наружных дефектов, в противном случае они подлежат удалению с последующей заваркой и зачисткой. Прокат может храниться в стеллажах штабелях, как в открытых, так и в закрытых складах, рисунок 6.



Рисунок 6 – Хранение металлопроката

Со склада металлопрокат отправляется на заготовительный участок. Основу участка составляет ленточнопильный станок, рисунок 7. Металлопрокат должен быть очищен от ржавчины, окалины и других загрязнений [8].

При выполнении базового технологического процесса сварки основания транспортера предусматриваются следующие операции технологического процесса:

- очистка кромок деталей рамы основания от загрязнения;
- сборка деталей под сварку с соблюдением допусков по точности сборки;
- выполнение сварки;
- контроль качества сварки.

Металлопрокат должен быть очищен от ржавчины, окалины и других загрязнений.



Рисунок 7 – Пила ленточнопильная.

При выполнении базового технологического процесса сварки основания транспортера предусматриваются следующие операции технологического процесса:

- очистка кромок деталей рамы основания от загрязнения;
- сборка деталей под сварку с соблюдением допусков по точности сборки;
- выполнение сварки;

- контроль качества сварки.

В процессе выполнения первой операции проводят зачистку до металлического блеска поверхности деталей на ширину 10 мм от соединяемых кромок [13]. Для зачистки применяют шлифовальную машинку. Если на поверхности труб обнаружены задиры и риски глубиной до 5 мм, то их следует заплавить ручной дуговой сваркой с применением электродов МР-3 диаметром 2,6 мм. Для обеспечения процесса сварки применяется аппарат EWM PHOENIX 351.

2.3 Выбор режимов сварки

Прокалка электродов может производиться не более трех раз. Число прокалок порошковой проволоки и флюса не ограничивается. Если электроды после трехкратной прокалки показали неудовлетворительные сварочно-технологические свойства, то применение их для сварочных работ, выполняемых по настоящему РД, не допускается.

Перед использованием сварочных материалов (электродов, сварочной проволоки, флюса и др.) должны быть проверены:

- наличие сертификата (на электроды, проволоку и флюс), полнота приведенных в нем данных и их соответствие требованиям стандарта, технических условий или паспорта на конкретные сварочные материалы;
- наличие на каждом упаковочном месте (пачке, коробке, ящике, мотке, бухте и пр.) соответствующих этикеток (ярлыков) или бирок с проверкой полноты указанных в них данных;
- сохранность упаковок и самих материалов.

При отсутствии сертификата или неполноте сертификатных сведений сварочный материал данной партии может быть допущен к использованию после проведения испытаний и получения положительных результатов по всем показателям, установленным соответствующим нормативным

техническим документом — стандартами (техническими условиями) или паспортом на данный вид материала [14].

«На начальном этапе производим выбор сварочной проволоки. Проволоку следует подбирать таким образом, чтобы свойства наплавленного металла, а также основного металла, а также их химический состав совпадали» [6].

«Согласно [2] при сварке стали 20 механизированным способом в смеси газов рекомендуется сварочная проволока Св-12ГС. Режим сварки подбираем исходя из толщины свариваемого металла. Для толщины металла 1,5-3,0 мм и сварки угловых швов [2] рекомендует следующие режимы сварки:

- диаметр проволоки – 1,0 мм;
- катет шва – 1, мм
- ток сварочный - 75-150 А
- напряжение на дуге – 18-23 В
- вылет проволоки – 8-12 мм
- расход газа – 8-10 л/мин» [6].

Данный диапазон толщин охватывает все толщины, имеющиеся в нашем изделии, поэтому принимаем для сварки вышеуказанный режим [15].

Для сварки стыковых швов, там же рекомендуется следующий режим сварки для толщин 1,2-2,0 мм:

- диаметр проволоки – 0,8-1,0 мм
- сварочный ток – 70-120 А
- напряжение на дуге – 18-21 В
- расход газа – 10-12 л/мин

Таким образом, чтобы не создавать лишних проблем выбираем сварочную проволоку диаметром 1 мм для сварки как угловых соединений так и стыковых соединений.

2.3. Технологический процесс сборки и сварки изделия

«Следующий этап изготовления основания – сборка в специализированном приспособлении. Установить в ложементы оснастки заготовки для рамы, поперечины, пластины боковые, ребра жесткости, зафиксировать винтовыми прижимами. Проконтролировать на наличие смещений. После контроля сварщик прихватывает детали, длина прихваток 10-12 мм. Сначала прихватываются заготовки для рамы основания и поперечины. Выполняется прихватка шва 1, затем 2, 3, 4. Сила тока 70-100 А, напряжение на дуге 18-23 В, расход газа 8-10 л/мин. Затем производится прихватка поперечин и перемычки. Выполняются прихватки швов следующей последовательности: 5, 6, 7, 8. После чего производится прихватка пластин боковых и заготовок для рамы ребер жесткости и пластин боковых. Последовательность наложения прихваток – 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18. По окончании прихваток сварщиком сварщик варит сварные швы согласно чертежу. Режимы указаны в п. 2.2 работы. Последовательность наложения швов произвольная. По окончании сварки основание охлаждается, затем извлекается из оснастки» [17]

«На раму основания производится установка согласно чертежу: пластины крепежной правой и последующая приварка; кронштейнов натяжителя и приварка; кронштейнов боковых, приварка; штифта-центратора, приварка. Режимы сварки согласно п. 2.2» [16].

После сварки основания производится контроль изделия.

2.4 Описание конструкции оснастки

Стенд для фиксации изделия под сварку выполнен из основания прямоугольной формы, рисунок 8. В качестве металлопроката для изготовления основания приспособления применены швеллеры [18]. На основании закреплены посадочные приспособления, рисунок 9. Функциональное назначение посадочных приспособлений фиксация при

сборке деталей рамы. Для фиксации предусмотрены винтовые прижимы, рисунок 10. Направляющие устанавливаются и фиксируются от перемещения в ограничитель.

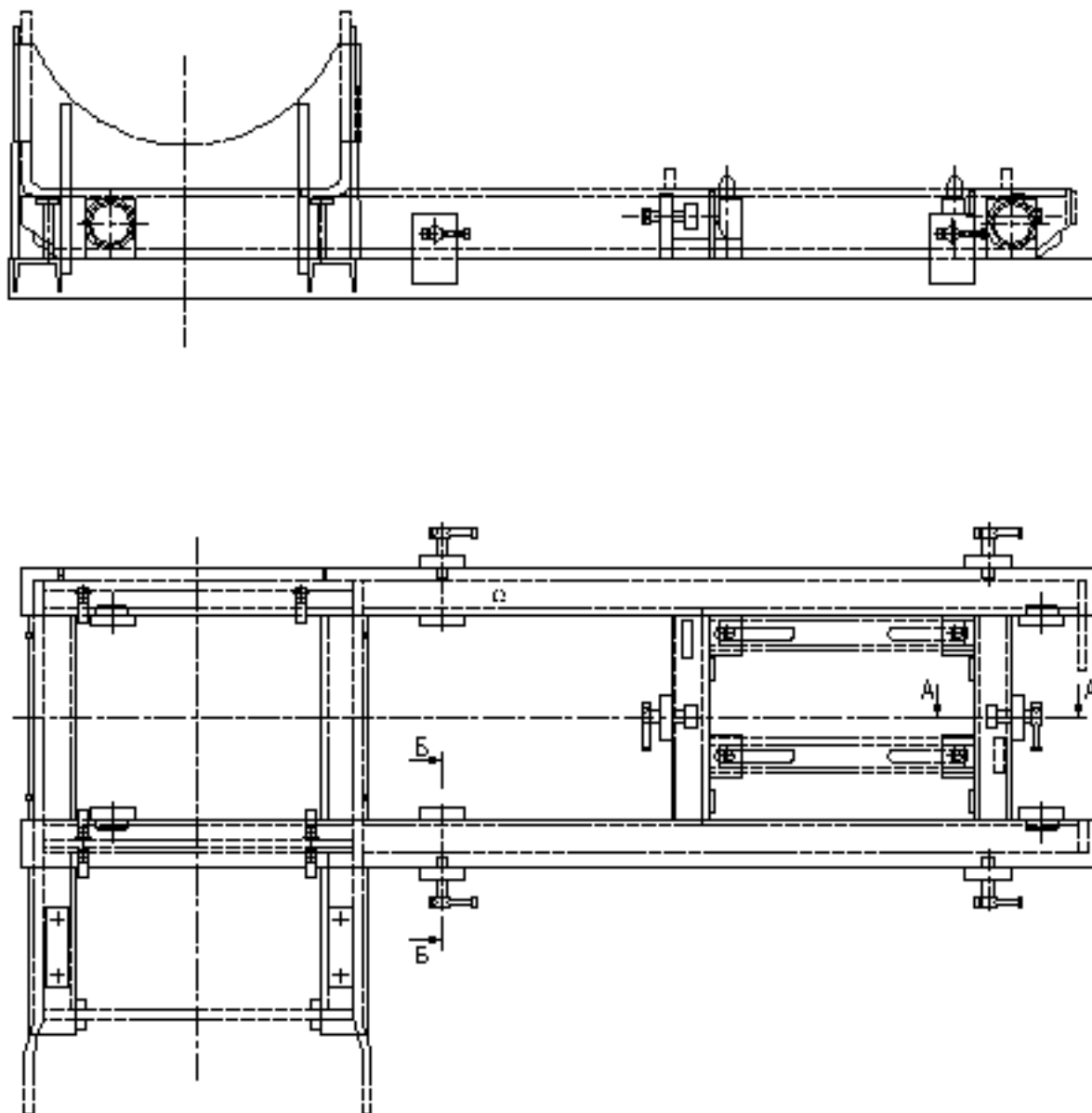


Рисунок 8 - Общий вид оснастки

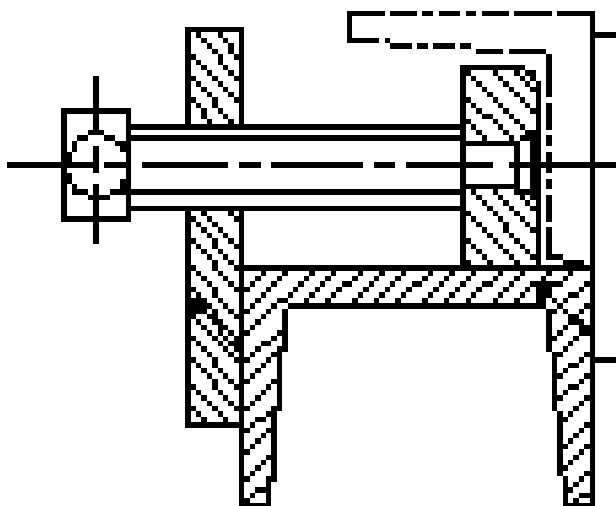


Рисунок 9 - Ложементы для крепления уголков

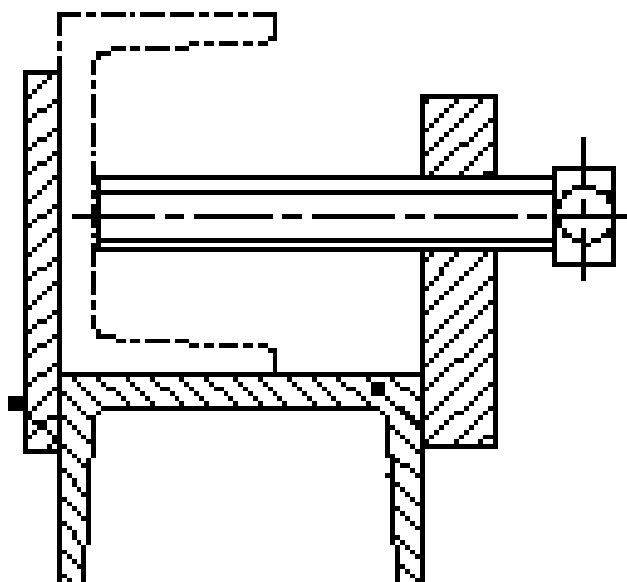


Рисунок 10 - Ложементы для крепления швеллеров

3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса

3.1 Технологическая характеристика объекта

Любым производственным процессам сопутствуют опасные и вредные производственные факторы. Задача раздела безопасность и экологичность бакалаврской работы опасные и вредные производственные факторы выявить и нейтрализовать [19].

Для изготовления рассматриваемого изделия применяется в настоящее время на предприятии вариант технологии сварки основанный на дуговой сварке штучными электродами. Предложен вариант дуговой сварки в газовой смеси. Он обладает следующими преимуществами. Производительность выше за счет того, что нет необходимости прерывать цикл сварки для замены израсходованного электрода. Кроме того, при сварке электрический ток идет не по всей длине присадочного стержня а по т.н. вылету. Это позволяет значительно увеличить силу сварочного тока [21].

Предлагаемая к внедрению на предприятии технология сборки и сварки состоит из таких операций как: операции, контроля заготовок и сварочных материалов, принимает участие в данной технологической операции дефектоскопист; подготовка заготовок к сварке, занимается данной технологической операцией слесарь-сборщик; соединение деталей при помощи прихваток, выполняемых посредством механизированной сварки, выполняет данные технологические манипуляции электросварщик; выполнение посредством механизированной сварных соединений, задействован при выполнении данных технологические манипуляции электросварщик; завершающая операция – контроль, задействован в ней дефектоскопист, таблица 3 [20].

Таблица 3 - Технологический паспорт технического объекта

| Наименование операции предлагаемого технологического варианта | Должность исполнителя | Оборудование необходимое для реализации предлагаемого технологического варианта | Вспомогательные материалы и вещества необходимые для предлагаемого технологического варианта |
|---|-----------------------|---|--|
| 1) контроль заготовок и сварочных материалов | Дефектоскопист | Измерительный инструмент. | Рукавицы |
| 2) подготовка заготовок к сварке | Слесарь-сборщик | Щетка металлическая, ветошь. | Рукавицы, ацетон |
| 3) соединение деталей при помощи прихваток | Электросварщик | Сварочный аппарат для механизированной сварки | Рукавицы, сварочная проволока, защитный газ, |
| 4) выполнение сварных соединений | Электросварщик | Сварочный аппарат для механизированной сварки | Рукавицы, сварочная проволока, защитный газ, |
| 5) операция проверки качества готового узла | Дефектоскопист | набор визуально-измерительного контроля | Рукавицы, вода техническая |

3.2 Систематизация профессиональных рисков

Рассмотрение операций технологического процесса в направлении поиска опасных и вредных факторов позволит систематизировать факторы для дальнейшего анализа, таблица 4. Травмы на производстве и профессиональные заболевания появляются по причине действия на организм работников опасных и вредных факторов. Если после непродолжительного действия появляются повреждения организма, это травма. Для появления профессионального заболевания требуется действие вредного фактора в течение продолжительного времени, месяцы, годы. В любом случае после систематизации профессиональных рисков потребуется разработка перечня мероприятий, технических и организационных, по нейтрализации воздействия рисков на человеческий организм [24].

Таблица 4 – Систематизация профессиональных рисков

| Наименование операции | Выявленный опасный или вредный фактор, угрожающий жизни и здоровью производственного персонала | Производственные объекты, являющиеся источником опасного или вредного фактора |
|--|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1) контроль заготовок и сварочных материалов | <ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны. | - инструменты |
| 2) подготовка заготовок к сварке | <ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | <ul style="list-style-type: none"> - ножницы гильотинные; - аппарат плазменной резки |
| 3) соединение деталей при помощи прихваток | <ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; - подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения; | <ul style="list-style-type: none"> - оснастка сборочная универсальная; - струбцины; - угольник; - линейка; - сварочный аппарат EWM PHOENIX 351 - зачистная машинка; - сварочная дуга; |
| 4) выполнение сварных соединений | <ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с высокой температурой производственных объектов способных вызвать ожоги; - ультрафиолетовое излучение сварочной дуги, способно негативно отразиться на зрении рабочего и окружающего производственного персонала. | <ul style="list-style-type: none"> - сварочный аппарат EWM PHOENIX 351; - сварочная дуга; - сварочный аэрозоль; - нагретые края изделия |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| 5) операция проверки качества готового узла | - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | |

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Для уменьшения воздействия на организм работающих на производстве опасных и вредных факторов применяется комплекс организационных и технических мероприятий [23].

В первую очередь следует по приему на работу и периодически разъяснять причины возникновения опасных и вредных факторов и методы борьбы с ними. Кроме того, различного рода плакаты, вывешенные на видных местах напоминают работникам каждый день о борьбе с опасными и вредными факторами и причинах их возникновения. Все это организационные мероприятия. К техническим мероприятиям следует отнести различного рода барьеры, устанавливаемые вокруг опасного места, предохранительные устройства, срабатывающие при пересечении работником опасного места, таблица 5. Также для нейтрализации могут быть применены индивидуальные средства защиты, к которым относятся специальная одежда, выполненная для нейтрализации опасного или вредного фактора, различного рода маски, перчатки, специальная обувь, средства индивидуальной защиты [22].

Таблица 5 – Используемые с целью снижения влияния отрицательных производственных условия средства и методики

| Выявленный опасный или вредный фактор, угрожающий жизни и здоровью производственного персонала | Организационные и технические средства нейтрализующие выявленные опасные и вредные факторы. | Средства нейтрализующие опасный или вредный фактор при размещении непосредственно на работнике. |
|--|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования. | 1) на видных местах вывешиваются плакаты и информационные стенды по правилам поведения в той или иной ситуации; 2) вводные и периодические инструктажи по технике безопасности | Спецодежда, перчатки. |
| 2) механическое взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования; | 1) ограждения и барьеры; 2) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек 3) установка предохранительных устройств | Спецодежда, перчатки |
| 3) превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; | 1) местные вытяжные устройства; 2) устройства общеобменной вентиляции; 3) организация общецеховой системы вентиляции, обеспечивающей, в целом, удаление и поступление воздуха извне | Защитные маски |
| 4) повышенное значение напряжения в электрической цепи. | 1) организация защитного заземления; 2) периодические инструктажи по технике электробезопасности; 3) измерения сопротивления изоляции проводников; 4) измерения сопротивления заземляющей цепи | Спецодежда, перчатки |
| 5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов | 1) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности; 2) удаление производственного персонала из места действия данного опасного фактора за счет механизации и автоматизации процесса | Спецодежда, перчатки |
| 6) нагрев поверхности деталей до высоких температур | 1) экранирование опасной зоны; 2) ограждения и барьеры препятствующие проникновению персонала в опасную зону; 3) уменьшение времени воздействия указанного негативного фактора на оператора | Спецодежда. |

Продолжение таблицы 5

| 1 | 2 | 3 |
|-------------------------------|---|-------------|
| 7) ультрафиолетовое излучение | 1) экранирование опасной зоны; 2) ограждения и барьеры препятствующие проникновению персонала в опасную зону 3) уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора | Спецодежда. |
| 8) ультразвуковое излучение | 1) на видных местах вывешиваются плакаты и информационные стенды; 2) уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора 3) ограждения и барьеры препятствующие проникновению персонала в опасную зону. | - |

3.4 Обеспечение пожарной безопасности на производственном участке

По определению пожар – это неконтролируемый процесс горения. Причиной пожара может быть нарушение технологического регламента, неисправность производственного оборудования, несоблюдение сотрудниками правил пожарной безопасности. Соответственно и мероприятия по обеспечению пожарной безопасности направлены на борьбу с перечисленными причинами. Если рассматривать производственный участок изготовления рассматриваемого изделия то возможный пожар можно классифицировать как «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Для того, чтобы разработать предложения по предотвращению пожара необходимо проанализировать его опасные факторы, таблица 6. На основании выполненного анализа, мы можем разработать перечень технических и организационных мероприятий, нейтрализующих причины возникновения пожара, таблица 7.

Таблица 6 – Распознавание классов и опасных условий пожара

| Участок | Установленное на участке оборудование | «Классификация по виду горящего вещества» [23] | «Наименование основных опасных факторов пожара» [23] | Наименование вторичных опасных факторов пожара |
|---|---|---|---|--|
| Участок, на котором осуществляется сборка и сварка рассматриваемого изделия | Сварочный аппарат EWM PHOENIX 351, машинка шлифовальная | Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е) [23] | «Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него» [23]. | «Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [23]. |

Таблица 7 – Перечень мер по обеспечению пожарной безопасности

| | |
|--|---|
| Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители. | Средства, применяемые в начале возгорания |
| Специализированные расчеты (вызываются) | Мобильные средства пожаротушения |
| Нет необходимости для применения на производственном участке | Стационарные установки системы пожаротушения |
| Нет необходимости для применения на производственном участке | Средства пожарной автоматики |
| Пожарный кран | Пожарное оборудование |
| План эвакуации | Средства, обеспечивающие эвакуацию персонала |
| Ведро конусное, лом, лопата штыковая | Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный) |
| Кнопка оповещения, телефон в помещении начальника участка | Пожарные сигнализация, связь и оповещение. |

Для обеспечения защиты участка на высоком уровне также необходимы мероприятия организационного характера, их краткий перечень отражен в таблице 8.

Таблица 8 – Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственного участка

| Наименование участка | Перечень мероприятий | Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты |
|---|--|--|
| «Участок для сборки и сварки основания транспортера» [23] | «Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [23]. | «На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [23]. |

3.5 Экологическая безопасность разработанного технического объекта

Опасные и вредные факторы сварочного участка помимо действия на производственный персонал оказывают негативное действие на окружающую среду, таблица 9. Борьба с ними отражена в таблице 10.

Таблица 9 – Систематизация факторов негативно влияющих на окружающую среду

| Наименование технологического процесса | Перечень операций, технологического процесса | Факторы, негативно влияющие на атмосферу | Факторы, негативно влияющие на гидросферу | Факторы, негативно влияющие на литосферу |
|--|---|--|---|--|
| Механизированная сварка по методу MIG. | «входной контроль, подготовка к сварке, сборка, операция прихватки, операция сварки стыка, контрольные операции» [23] | «Выделяемые в процессе горения пламени аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы» [14] | «Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки» [14]. | «Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный» [14]. |

Таблица 10 – Борьба с факторами негативно влияющими на окружающую среду

| Наименование мер борьбы | Сварка |
|--|---|
| Борьба с факторами негативно влияющими на атмосферу. | «Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов» [6]. |
| Борьба с факторами негативно влияющими на гидросферу | Контроль утечек воды технической при проведении контроля герметичности. |
| Борьба с факторами негативно влияющими на литосферу | «Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости» [6]. |

В рамках решения 3 задачи бакалаврской работы выявлены факторы, оказывающее негативное влияние на производственный персонал и окружающую среду. Для успешной борьбы с выявленными факторами предложены уже применяющиеся методики, включающие в себя организационные и технические мероприятия. К числу организационных следует отнести периодические разъяснения причины возникновения опасных и вредных факторов и методы борьбы с ними, во время проведения вводных и ежеквартальных инструктажей. Кроме того, различного рода плакаты, вывешенные на видных местах напоминают работникам каждый день о борьбе с опасными и вредными факторами и причинах их возникновения. К числу технических мероприятий следует отнести различного рода барьеры, устанавливаемые вокруг опасного места, предохранительные устройства, срабатывающие при пересечении работником опасного места. Также для нейтрализации факторов, оказывающих негативное влияние, могут быть применены индивидуальные средства защиты, к которым относится специальная одежда, выполненная для нейтрализации опасного или вредного фактора, различного рода маски, перчатки, специальную обувь.

4 Расчет экономических параметров предлагаемой технологии

4.1 Вводная информация для расчета

Для решения четвертой задачи бакалаврской работы необходимо рассчитать экономические параметры разработанной технологии сварки. На основании анализа передовых достижений сварочной науки и возможных вариантов сварки рассматриваемого изделия предложен способ механизированной сварки в газовой смеси. Для реализации предлагаемых технических решений на сварочный участок требуется установка нового оборудования. Также в работе спроектирована специализированная оснастка для сборки рассматриваемого изделия. По этим позициям необходимо будет рассчитать капитальные затраты. Затраты должны быть компенсированы за счет увеличения производительности и качества. Причем, время в течение которого должны быть компенсированы капитальные затраты ограничено. В целом, по машиностроению нормативный срок окупаемости капитальных вложений принят 3 года.

Применяемый в настоящее время на предприятии вариант технологии сварки основан на дуговой сварке штучными электродами. Сварка по предлагаемому варианту в газовой смеси обладает следующими преимуществами. Производительность выше за счет того, что нет нужды прерывать цикл сварки для замены израсходованного электрода. Кроме того, при сварке электрический ток идет не по всей длине присадочного стержня а по т.н. вылету. Это позволяет значительно увеличить силу сварочного тока.

Экономические расчёты требуют таких сведений как величины коэффициентов различных принятых в промышленности, размер почасовой тарифной ставки, стоимость электрической энергии, и т.д. Все эти данные для применяемого технологического варианта и предлагаемого систематизируем в таблице 11.

Таблица 11 – Вводная информация для выполнения расчетов

| Наименование показателя | Обозначение показателя в формуле | В чем измеряются финансовые показатели | Численные значения финансовых показателей | |
|---|----------------------------------|--|---|----------------------|
| | | | Применяемый вариант | Предлагаемый вариант |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Коэффициент, позволяющий при расчетах определить заводские расходы | $K_{зав}$ | - | 1,15 | 1,15 |
| Коэффициент, позволяющий при расчетах определить цеховые расходы | $K_{цех}$ | - | 1,5 | 1,5 |
| Требуемый разряд рабочих | P_p | - | V | IV |
| Оплата рабочему за один час отработанного времени | $Cч$ | Р/час | 200 | 175 |
| Режим сменности | $K_{см}$ | - | 1 | 1 |
| Коэффициент, позволяющий рассчитать доплаты к основной заработной плате | $K_{доп}$ | % | 12 | 12 |
| Коэффициент, позволяющий рассчитать отчисления на дополнительную заработную плату | K_d | - | 1,88 | 1,88 |
| Коэффициент, позволяющий рассчитать выполнение нормы | $K_{вн}$ | - | 1,1 | 1,1 |
| Коэффициент, позволяющий рассчитать транспортно-заготовительные расходы | $K_{т-з}$ | % | 5 | 5 |
| Цена приобретения применяемого и предлагаемого оборудования | $C_{об}$ | Руб. | 150000 | 340000 |
| Значения мощности применяемого и предлагаемого оборудования | $M_{уст}$ | кВт | 5 | 8 |
| Коэффициент, позволяющий рассчитать отчисления на социальные потребности | $K_{сн}$ | % | 34 | 34 |
| Коэффициент, позволяющий рассчитать амортизацию оборудования | $На$ | % | 21,5 | 21,5 |
| Коэффициент, позволяющий рассчитать затраты на монтаж предлагаемого оборудования и демонтаж применяемого оборудования | $K_{мон}$ $K_{дем}$ | % | 3 | 5 |
| Стоимость электрической энергии для промышленных предприятий | $C_{э-э}$ | Р/ кВт | 3,02 | 3,02 |
| Значения коэффициента полезного действия предлагаемого оборудования применяемого оборудования | КПД | - | 0,7 | 0,85 |
| Площадь занимаемая предлагаемым и применяемым оборудованием | S | м ² | 11 | 11 |

Продолжение таблицы 11

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|-------------------|-------------------------|-------|-------|
| Затраты на эксплуатацию производственных площадей для предприятия | $C_{\text{эксп}}$ | (P/м ²)/год | 2000 | 2000 |
| Принятые значения цены производственных площадей | $C_{\text{пл}}$ | P/м ² | 30000 | 30000 |
| Коэффициент, позволяющий рассчитать норму амортизации производственных площадей под предлагаемое оборудование и применяемое оборудование | $Ha_{\text{пл}}$ | % | 5 | 5 |
| Коэффициент, позволяющий рассчитать необходимость в дополнительной производственной площади | $K_{\text{пл}}$ | - | 3 | 3 |

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Общее время работы оборудования и рабочих составляет годовой фонд времени. Для предлагаемого варианта технологии и применяемого на предприятии данный экономический показатель одинаков.

Для определения данного экономического показателя понадобится общее количество рабочих дней в году $D_p = 277$ дней, продолжительность одной смены $T_{\text{см}} = 8$ часов, общее количество дней в преддверии праздников $D_{\text{п}} = 7$ дней, в эти дни продолжительность смены по принятому законодательству меньше на $T_{\text{п}} = 1$ час, режим работы предприятия односменный, следовательно количество смен $K_{\text{см}} = 1$. По приведенной зависимости выполняем расчетное определение годового фонда времени:

$$F_{\text{н}} = (D_p \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{п}} \cdot T_{\text{п}}) \cdot K_{\text{см}} . \quad (2)$$

Расчёты согласно (3) показывают значение 2209 часов:

$$F_{\text{н}} = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ ч.}$$

Время работы оборудования необходимо уменьшить на величину обусловленную потерями рабочего времени, коэффициент $B = 7$ %:

$$F_э = F_н(1-B/100). \quad (3)$$

Расчёты согласно (3) показывают значение 2054 часа:

$$F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время $t_{шт}$ можно найти сложив затраты времени машинного $t_{маш}$; вспомогательного $t_{всп}$; времени обслуживания оборудования $t_{обсл}$; времени на личный отдых $t_{отд}$ и подготовительно-заключительного времени $t_{п-з}$.

$$t_{шт} = t_{п-з} + t_{отд} + t_{обсл} + t_{маш} + t_{п-з} \quad (4)$$

Для определения машинного времени расчетным способом понадобятся численные значения скорости сварки и суммарная протяженность сварного соединения. Скорость сварки для применяемого на предприятии технологического процесса составляет $V_{св} = 20-25$ см/мин, для предлагаемого $V_{св} = 50-55$ см/мин.

Протяженность сварных швов неизменна для применяемого и предлагаемого варианта и составляет $L = 2000$ миллиметров.

Для определения машинного времени воспользуемся зависимостью:

$$t_{маш} = \frac{\sum L}{V_{св}} \quad (5)$$

Машинное время, рассчитанное для применяемого и предлагаемого варианта, составит:

$$t_{машб} = 200/20 = 10 \text{ мин} = 0,16 \text{ час}$$

$$t_{машпр} = 200/50 = 4 \text{ мин} = 0,06 \text{ час}$$

Штучное время, рассчитанное для применяемого на предприятии и предлагаемого варианта систематизируем в таблице 12.

Таблица 12 – Штучное время, мин.

| Вариант | $t_{\text{маш}}$ | $t_{\text{всп}}$ 15% | $t_{\text{обсл}}$ 10% | $t_{\text{отл}}$ 5% | $t_{\text{п-з}}$ 1% | $t_{\text{шт}}$ |
|--------------|------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| Применяемый: | 10 | 1,5 | 1 | 0,5 | 0,01 | 13,01 |
| Предлагаемый | 4 | 0,6 | 0,4 | 0,2 | 0,004 | 5,2 |

Согласно заданию на выпускную квалификационную работу годовая программа составляет $P_{\Gamma}=500$ изделий в год.

Для определения нужного количества технологического оборудования $n_{\text{расч}}$, нам необходимо знание коэффициента выполнения нормы, для применяемого и предлагаемого варианта технологии он одинаков, $K_{\text{вн}} = 1,03$, и эффективного фонда работы оборудования. Расчеты выполняются согласно формуле:

$$n_{\text{РАСЧ}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot P_{\Gamma}}{F_{\text{Э}} \cdot K_{\text{ВН}}} \quad (6)$$

Определенное по формуле (7) нужное число оборудования составляет:

$$n_{\text{РАСЧ.б}} = \frac{0,21 \cdot 500}{2054 \cdot 1,1} = 0,04 \text{ед.}, \quad n_{\text{РАСЧ.пр}} = \frac{0,08 \cdot 500}{2054 \cdot 1,1} = 0,17 \text{ед.}$$

Согласно проведённым расчётам для предлагаемого варианта требуется одна единица оборудования и для применяемого варианта также требуется одна единица оборудования. Тогда для определения коэффициента загрузки для предлагаемого варианта и применяемого нам потребуются расчеты по зависимости:

$$k_{\text{з}} = \frac{n_{\text{об.расчетн}}}{n_{\text{об.прин}}} \quad (7)$$

Полученные расчетным путем по формуле (8) коэффициенты загрузки K_3 для применяемого на предприятии варианта и предлагаемого варианта:

$$K_{3б} = 0,04/1 = 0,04; \quad K_{3п} = 0,017/1 = 0,017.$$

4.4 Определение заводской себестоимости применяемого и предлагаемого вариантов

Для выполнения сварных швов в применяемом варианте технологии необходимы штучные электроды. Предлагаемый вариант технологического процесса нуждается в сварочной проволоке и защитных газах.

Для определения расходов M на требуемые для выполнения сварных соединений штучные электроды выполним необходимые расчеты согласно формулы:

$$M = C_M \cdot H_P \cdot K_{Т-З} \quad (8)$$

где норма расходов H_P , цена штучных электродов C_M и коэффициента $K_{ТЗ}$ транспортно-заготовительных расходов.

Определенные согласно (8) расходы на электроды для применяемого варианта:

$$M_{баз.} = 11 \cdot 5 \cdot 1,05 = 63,5 \text{ руб.},$$

Для выполнения сварных швов в предлагаемом варианте технологии необходима сварочная проволока и газовая смесь штучные электроды. Предлагаемый вариант технологического процесса нуждается в сварочной проволоке и защитных газах.

Определенные согласно (8) расходы на сварочную проволоку и газовую смесь для предлагаемого варианта:

$$M_{баз.} = 11 \cdot 5 \cdot 1,05 = 63,5 \text{ руб.},$$

Для определения основной заработной платы $Z_{осн}$ работников, нам понадобятся численные значения штучного времени $t_{шт.}$, часовой тарифной

ставки $C_{\text{ч}}$ и значения коэффициента $K_{\text{д}}$ доплат. Размер основной заработной платы определяется по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{ум}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}. \quad (9)$$

Основная заработная плата рабочих для применяемого и предлагаемого вариантов технологии определенная согласно формулы (9) составляет:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 0,21 \cdot 200 \cdot 1,88 = 78,96 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 0,08 \cdot 175 \cdot 1,88 = 26,23 \text{ руб.}$$

Для расчета дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ воспользуемся значениями коэффициента $K_{\text{доп}}$ которые составляют 12 %:

$$Z_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot Z_{\text{осн}}. \quad (10)$$

После выполнения расчетов согласно (10) по применяемому и предлагаемому вариантам дополнительная заработная плата составит:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 78,96 \cdot 12/100 = 9,47 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 26,23 \cdot 12/100 = 3,15 \text{ руб.}$$

Определить размер фонда заработной платы $\Phi ЗП$ можно просуммировав основную заработную плату работников $Z_{\text{осн}}$ и дополнительную $Z_{\text{доп}}$ заработную плату работников:

$$\Phi ЗП_{\text{базов.}} = 78,96 + 9,47 = 88,43 \text{ руб.},$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 26,23 + 3,15 = 29,38 \text{ руб.}$$

Для расчета отчислений $O_{\text{сн}}$ на социальные потребности, воспользуемся коэффициентом $K_{\text{сн}}$ и расчет проведем по следующей формуле:

$$O_{\text{сн}} = \Phi ЗП \cdot K_{\text{сн}} / 100. \quad (11)$$

Размер отчислений $O_{\text{сн}}$ на социальные потребности, по применяемому и предлагаемому вариантам определенный согласно (11) составит:

$$O_{\text{сн.баз.}} = 88,43 \cdot 34 / 100 = 30,06 \text{ руб.},$$

$$O_{\text{сн.проектн.}} = 29,38 \cdot 34 / 100 = 9,98 \text{ руб.}$$

Для определения суммарных затрат $Z_{\text{об}}$ на оборудование, которое используется для применяемого и предлагаемого вариантов, просуммируем расходы на амортизацию $A_{\text{об}}$ и на электрическую энергию $P_{\text{ээ}}$:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{ээ}}. \quad (12)$$

Для определения размера амортизации $A_{\text{об}}$ понадобится информация по цене оборудования $C_{\text{об}}$, по норме амортизации $H_{\text{а}}$, ранее рассчитанным значениям машинного времени $t_{\text{маш}}$, и эффективного фонда времени $F_{\text{э}}$ по формуле:

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot H_{\text{а}} \cdot k_{\text{з}}}{\Phi_{\text{р}} \cdot 100}. \quad (13)$$

После расчетов согласно (14) значения амортизации оборудования по применяемому и по предлагаемому вариантам технологии составят:

$$A_{\text{об.баз}} = \frac{150000 \cdot 0,16 \cdot 21,5}{2054 \cdot 100} = 2,61 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{об.пр}} = \frac{340000 \cdot 0,06 \cdot 21,5}{2054 \cdot 100} = 2,13 \text{ руб.}$$

Для определения размера затрат на электрическую энергию $P_{\text{ээ}}$ по применяемому и предлагаемому вариантам воспользуемся значениями мощности оборудования $M_{\text{уст}}$, стоимости электрической энергии для промышленных предприятий $C_{\text{ээ}}$ и рассчитанными ранее значениями машинного времени $t_{\text{маш}}$, также нам потребуется величина коэффициента полезного действия оборудования $KПД$. Расчет будем вести по формуле:

$$P_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{УСТ}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot C_{\text{э-э}}}{\text{КПД}} \quad (14)$$

После расчетов согласно (14) значения расходов на электроэнергию по применяемому и по предлагаемому вариантам технологии составят:

$$P_{\text{ээ баз}} = 6,8 \cdot 0,16 \cdot 3,2 / 0,7 = 4,97 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{ээ пр}} = 60 \cdot 0,06 \cdot 3,2 / 0,85 = 13,55 \text{ руб.}$$

Просуммировав согласно формуле (12) значения расходов на оборудование по применяемому и предлагаемому вариантам получим следующие значения:

$$Зоб_{\text{баз.}} = 2,61 + 4,97 = 7,58 \text{ руб.},$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 2,13 + 13,55 = 15,68 \text{ руб.}$$

Для определения размера технологической себестоимости необходимо просуммировать все определенные ранее в разделе 4.4 затраты.

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \PhiЗП + O_{\text{СН}} + З_{\text{ОБ}} \quad (15)$$

Определенная согласно формуле (15) технологическая себестоимость для применяемого в настоящее время на производстве и предлагаемого к внедрению варианта технологии составит:

$$C_{\text{ТЕХБаз}} = 63,5 + 88,43 + 30,06 + 7,58 = 189,57 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн}} = 63,5 + 29,38 + 9,98 + 15,68 = 118,54 \text{ руб.},$$

Для определения размера цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ необходимо к вычисленному значению технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, приплюсовать произведение основной заработной платы $З_{\text{осн}}$ на значение коэффициента $K_{\text{цех}}$ цеховых расходов:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + З_{\text{осн}} \cdot k_{\text{цех}} \quad (16)$$

Определенная согласно формуле (16) цеховая себестоимость для применяемого в настоящее время на производстве и предлагаемого к внедрению варианта технологии составит:

$$C_{\text{ЦЕХБаз}} = 189,57 + 1,5 \cdot 78,96 = 189,57 + 118,44 = 308,01 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн}} = 118,54 + 1,5 \cdot 26,23 = 118,54 + 39,34 = 157,88 \text{ руб.}$$

Для определения размера цеховой себестоимости $C_{\text{зав}}$ необходимо к вычисленному значению технологической себестоимости $C_{\text{цех}}$, приплюсовать произведение основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ на значение коэффициента $K_{\text{зав}}$ заводских расходов:

$$C_{\text{Зав}} = C_{\text{Цех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}} . \quad (17)$$

Определенная согласно формуле (17) заводская себестоимость для применяемого в настоящее время на производстве и предлагаемого к внедрению варианта технологии составит:

$$C_{\text{ЗавБаз.}} = 208,01 + 1,15 \cdot 78,96 = 208,01 + 90,80 = 298,81 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗавПроектн.}} = 157,88 + 1,15 \cdot 26,23 = 157,88 + 30,16 = 188,04 \text{ руб.}$$

Выполненные в разделе 4.4 работы расчеты экономических показателей для применяемого в настоящее время на производстве и предлагаемого к внедрению варианта технологии систематизированы в таблице 13.

Таблица 13 – Результаты расчетов показателей себестоимости предлагаемого и применяемого вариантов

| Наименование экономического показателя | Услов. обозн. | Калькуляция, руб | |
|---|---------------|------------------|--------------|
| | | Применяемый | Предлагаемый |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. Расходы на вспомогательные материалы | <i>М</i> | 63,5 | 63,5 |
| 2. Расходы на заработную плату | <i>ФЗП</i> | 88,43 | 29,38 |
| 3. Отчисления на соц. нужды | <i>Осн</i> | 30,06 | 9,98 |
| 4. Затраты на оборудование | <i>Зоб</i> | 7,58 | 15,68 |

Продолжение таблицы 13

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-----------|--------|--------|
| 5. Технологическая себестоимость | $C_{тех}$ | 189,57 | 118,54 |
| 6. Цеховые расходы | $P_{цех}$ | 118,44 | 39,34 |
| 7. Цеховая себестоимость | $C_{цех}$ | 208,01 | 157,88 |
| 8. Заводские расходы | $P_{зав}$ | 90,80 | 30,16 |
| 9. Заводская себестоимость | $C_{зав}$ | 298,81 | 188,04 |

4.5 Определение капитальных затрат

Для определения капитальных затрат применительно к используемому в настоящее время технологическому процессу, $K_{общ. б.}$ необходимо знать остаточную стоимость оборудования $C_{об.б.}$, и рассчитанный согласно (5) коэффициент загрузки оборудования $K_{з. б.}$:

$$K_{ОБЩБ} = C_{ОББ} \cdot K_{ЗБ} \quad (18)$$

При определении остаточной стоимости оборудования $C_{об.б.}$ используемого для реализации применяемых технологических решений нам понадобится информация по рыночной стоимости оборудования $C_{перв.}$, сроку службы оборудования $T_{сл}$ и нормы амортизации H_a оборудования:

$$C_{ОББАЗ} = C_{ПЕРВ} - (C_{ПЕРВ} \cdot T_{СЛ} \cdot H_A / 100) \quad (19)$$

Расчет выполненный по формуле (20) показывает, что остаточная стоимость составит 85500 рублей:

$$C_{ОБ.Баз.} = 150000 - (150000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 85500 \text{ руб.},$$

Тогда расчет выполненный по формуле (19) показывает, что с учетом коэффициента загрузки величина $K_{общ. б.}$ составит 2735 рублей.

$$K_{ОБЩБаз.} = 1 \cdot 8550 \cdot 0,55 = 2736 \text{ руб.}$$

Для того, чтобы найти капитальные затраты по разработанному в бакалаврской работе варианту Кобщ. пр. необходима информация о

вложениях в оборудование $K_{об. пр.}$, вложениях в производственные площади, необходимые для установки оборудования $K_{пл. пр.}$, и о сопутствующих вложениях $K_{соп.}$: для расчета применим следующую формулу:

$$K_{общ. пр.} = K_{об. пр.} + K_{пл. пр.} + K_{соп.} \quad (20)$$

При расчетном определении капитальных вложений $K_{общ. пр.}$ в оборудование для выполнения операций по разработанному в бакалаврской работе варианту технологии необходима информация о цене оборудования $C_{об. пр.}$, коэффициенту транспортно-заготовительных расходов $K_{ТЗ}$ и коэффициенту загрузки оборудования $K_{ЗП}$ по проектному варианту:

$$K_{ОБ.ПР} = C_{об.пр} \cdot K_{ТЗ} \cdot K_{ЗП} \quad (21)$$

Расчет выполненный по формуле (22) показывает, что величина капитальных вложений по предлагаемому варианту технологии 96380 рублей:

$$K_{ОБ.ПР} = 34000 \cdot 1,05 \cdot 0,27 = 9639 \text{ руб.}$$

Чтобы рассчитать сопутствующие капитальные вложения $K_{соп.}$ необходимо учесть расходы на демонтаж $K_{дем}$ оборудования для ручной дуговой сварки и расходов на монтаж оборудования для механизированной сварки в смеси газов $K_{монт}$ расчеты выполняются по формуле:

$$K_{соп} = K_{дем} + K_{монт} \quad (22)$$

При определении расходов на демонтаж оборудования для ручной дуговой сварки $K_{дем}$ и монтаж оборудования для механизированной сварки в среде газов $K_{монт}$ необходима ранее определенная стоимость оборудования по применяемому варианту $C_б$ и значения рыночной стоимости оборудования $C_{пр}$ по предлагаемому варианту технологии. Также понадобится информация

по значениям коэффициентам на монтаж и демонтаж оборудования K_d и K_m , расчеты выполняются по формулам:

$$K_{ДЕМ} = Ц_{ОБ.Б} \cdot K_d \quad (23)$$

$$K_{МОНТ} = Ц_{ОБ.ПР} \cdot K_m \quad (24)$$

Расчет выполненный по формулам (23), (24) и (25) соответствующих значений:

$$K_{ДПМ} = 1 \cdot 150000 \cdot 0,05 = 7500 \text{ руб.},$$

$$K_{МОНТ} = 340000 \cdot 0,05 = 17000 \text{ руб.},$$

$$K_{СОП} = 7500 + 17000 = 24500 \text{ руб.}$$

Расчет выполненный по формуле (20) соответствующих значений:

$$K_{ОБЩ.ПР} = 9639 + 24500 = 34139 \text{ руб.}$$

Для определения величины дополнительных капитальных вложений $K_{доп}$ нам потребуется информация по дополнительным капитальным затратам $K_{общ.пр.}$ и $K_{общ.б.}$ для применяемого на предприятии и разработанного в бакалаврской работе вариантов, расчеты выполняются по формуле:

$$K_{доп} = K_{общ.пр} - K_{общ.б.} \quad (25)$$

Расчет выполненный по формуле (25) показывает, что величина дополнительных капитальных вложений составляет 93530 рублей:

$$K_{доп} = 34139 - 27360 = 6779 \text{ руб.}$$

Для определения величины удельных капитальных вложений $K_{уд}$ воспользуемся формулой:

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{N_{пр}}, \quad (26)$$

где $P_{г}$ – годовая программа выпуска изделий согласно заданию на бакалаврскую работу.

Расчет выполненный по формуле (26) показывает размеры удельных капитальных вложений для предлагаемого $K_{удПроектн}$ и применяемого $K_{удБаз}$ вариантов технологии:

$$K_{удБаз.} = 2736/500 = 5,47 \text{ руб./ед.};$$
$$K_{удПроектн.} = 6779/500 = 13,55 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности

Для определения величины снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$ при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (27)$$

где $t_{штБ}$ – штучное время для применяемого на предприятии варианта технологии, основанного на дуговой сварке штучными электродами, $t_{штПР}$ – предлагаемый в бакалаврской работе для сварки рассматриваемого изделия вариант механизированной сварки в смеси газов.

Расчет выполненный по формуле (27) показывает, что величина снижения трудоемкости составляет 126%:

$$\Delta t_{шт} = \frac{13,01 - 5,2}{13,01} \cdot 100\% = 126\%$$

Для определения величины повышения производительности труда $\Delta П_T$ при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой:

$$\Delta П_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (28)$$

Расчет выполненный по формуле (28) показывает, что величина повышения производительности труда составляет 150%:

$$\Delta\Pi_T = \frac{100 \cdot 126}{100 - 126} = 150\%$$

Для определения величины снижения технологической себестоимости ΔC_{TECH} при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой:

$$\Delta C_{TECH} = \frac{C_{TECHБ} - C_{TECHПР}}{C_{TECHБ}} \cdot 100\% = 70\% \quad (29)$$

Расчет выполненный по формуле (30) показывает, что величина снижения технологической себестоимости для варианта механизированной сварки в среде защитных газов составляет 70%:

$$\Delta C_{TECH} = \frac{189,57 - 55,04}{189,57} \cdot 100\% = 70\%$$

Для определения величины условно-годовой экономии $Пр_{ож}$ при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой:

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = \left(C_{зав}^б - C_{зав}^{пр} \right) \cdot N_{пр} \quad (30)$$

Расчет выполненный по формуле (30) показывает, что величина ожидаемой прибыли для варианта механизированной сварки в среде защитных газов составляет 105385 рублей:

$$Пр_{ОЖ} = Э_{у.г.} = (298,81 - 188,04) \cdot 500 = 55385 \text{ руб.}$$

Для определения срока окупаемости $T_{ок}$ дополнительных капитальных вложений воспользуемся формулой:

$$T_{OK} = \frac{K_{общпр}}{\mathcal{E}_{уг}} \quad (31)$$

Расчет выполненный по формуле (32) показывает, что дополнительные капитальные вложения окупятся в течение примерно 1 года:

$$T_{OK} = \frac{93530}{105385} \approx 1,0 год$$

Для определения годового экономического эффекта $\mathcal{E}_г$, при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой:

$$\mathcal{E}_г = \mathcal{E}_{уг} - E_n \cdot K_{доп} \quad (32)$$

Расчет выполненный по формуле (33) показывает, что величина годового экономического эффекта с учетом компенсации капитальных затрат, определенных в разделе 4.4, составит 73860 рублей.:

$$\mathcal{E}_г = 55385 - 0,33 \cdot 6779 = 53147 \text{ руб.}$$

Применяемая на предприятии технологии сборки и сварки рассматриваемого изделия основана на дуговой сварке штучными электродами. Механизированная сварка по предлагаемому варианту в газовой смеси обладает преимуществами, согласно результатов расчетов обеспечивающих повышение производительности, что было поставлено в качестве цели бакалаврской работы.

Расчеты показали, что внедрение разработанных в бакалаврской работе технических решений позволит снизить величину трудоемкости на 70 %, и, свою очередь увеличить производительность труда на 150 %. Также к положительным сторонам предлагаемых технических решений следует отнести снижение размера технологической себестоимости на 70%.

Размер условно-годовой экономии при внедрении в производство предлагаемых технических решений составит 55385 рублей.

Если предлагаемые технические решения внедрить в производство для изготовления рассматриваемого изделия будет получен экономический эффект, с учетом компенсации капитальных затрат, определенных в разделе 4.4, составит 53147 рублей. Определенные в разделе 4.4 капитальные затраты, необходимые для внедрения предлагаемых технических решений, окупятся в течение 1 года, что меньше, чем нормативный срок окупаемости.

Выполненные в разделе 4 расчеты свидетельствуют о том, что предлагаемый вариант технологического процесса сварки изделия эффективен.

Заключение

Анализ конструктивных особенностей основания транспортера, и базового технологического процесса изготовления выявил главный его недостаток – низкую степень механизации и автоматизации процесса дуговой сварки штучными электродами.

Применяемая в базовой технологии сварка штучными электродами обладает рядом недостатков. В качестве первого недостатка следует отметить малую производительность, поскольку в настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов. Следующим недостатком следует признать недостаточную стабильность качества сварки, обусловленной пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла. Далее следует отметить тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов. И наконец недостатком является увеличенные потери сварочных электродов из-за разбрызгивания и огарков.

Для изделия средних габаритов и весом 40 кг, а также с учетом годовой программы выпуска – 500 изделий рекомендовано применение механизированной сварки проволокой в смеси газов и использование специализированного сборочного приспособления. Разработан технологический процесс механизированной сварки. Проволока подобрана Св-12ГС. Подобраны режимы сварки изделия. Для реализации разработанного техпроцесса выбрано оборудование EWM PHOENIX 351. Разработана конструкция приспособления для сборки основания и технология его изготовления.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Алешин, Н.П., Лысак В.И., Лукьянов В.Ф. Современные способы сварки: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. 59 с.
2. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений. М.: Машиностроение. 2006. 368 с.
3. Виноградов В.С. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки: Учеб. для проф. учеб. заведений. М.: Высш. шк.; Изд. центр «Академия», 1997. 319 с.: ил.
4. ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением N 1) [Электронный ресурс] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004379> (дата обращения: 3.12.2021)
5. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменениями N 1, 2, 3) [Электронный ресурс] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004932> (дата обращения: 3.12.2021)
6. ГОСТ 9466-76. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия. М., 1988. [Электронный ресурс] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-9466-75> (дата обращения: 4.12.2021)
7. Голицын А.В. Организация производства. Учеб. для проф. учеб. заведений. М.: Высш. шк.; Изд. центр «Академия», 2015. 214 с.
8. ГОСТ Р ЕН 13479-2010 Материалы сварочные. Общие требования к присадочным материалам и флюсам для сварки металлов плавлением [Электронный ресурс] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084970> (дата обращения: 4.12.2021)
9. Егоров А. Г., Виткалов В. Г., Уполовникова Г. Н., Живоглядова И. А. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам

подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие. Тольятти: ТГУ, 2012. 135 с.

10. Климов, А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150700.62 «Машиностроение» / А.С. Климов. – Тольятти: ТГУ, 2014. – 52с.

11. Козулин, М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учеб-метод. пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ 2008.-77 с.

12. Козулин М. Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций : учеб. пособие для вузов / М. Г. Козулин. - ТГУ ; гриф УМО. - Тольятти : ТГУ, 2002. - 286 с.

13. Козулин М. Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций : учеб. пособие для студ. спец. 150202 "Оборудование и технология сварочного производства" / М. Г. Козулин. - Изд. 2-е, испр. и доп. ; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2010. - 305 с.

14. Колганов Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. 512 с.

15. Потапов Н.Н., Баранов Д.Н., Каковкин О.С. Сварочные материалы для дуговой сварки: Справочное пособие: В 2-х т. Т.2: Сварочные проволоки и электроды. - М.: Машиностроение, 1993 -768 с.

16. Сварка и резка материалов : учеб. пособие / М. Д. Банов, Ю. В. Казаков, М. Г. Козулин [и др.] ; под ред. Ю. В. Казакова. - 2-е изд., стер. ; Гриф МО. - Москва : Академия, 2002. - 394 с.

17. Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т. 2. Технология и оборудование. Справ. изд./Под ред. В.М. Ямпольского. – М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 1997. - 574 с.

18. Сварка и резка в промышленном строительстве. Под ред. Малышева Б.Д. - М.: Стройиздат, 1977. 780с.

19. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.

20. 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.

21. Ahlblom B. Oxygen and its Role in Determining Weld Metal Microstructure and Toughness. A State of the Art Review. Reprinted in ASM Handbook. // ASM International. International Institute of Welding. 1984. Vol. 6. Doc. №. IX-1322.

22. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.

23. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.

24. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.

25. Evans G. Microstructure and Properties of Ferritic Steel Welds Containing Ti and B. // Welding Journal. 72 (8). 1996. P. 251-260.

26. Shiliang W., Weiping H., Bogang T. Improving the Toughness of Weld Metal by Adding Rare Earth Elements. // Welding International 3. 1986. P. 284-287.

27. Tsuboi J., Terashima H. Review of strength and toughness of Ti and Ti-B microalloyed deposits (en) Welding in the world. // Le Soudage dans le monde. 1983. Vol 21. Num. 11/12. ref : 33. P. 304-317.