

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 Технология и оборудование для диффузионной сварки
иллюминатора (кварца с коваром)

Студент

А.С. Алексеев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

К.т.н., доцент А.Л. Федоров

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

Тольятти 2022

Аннотация

Цель выпускной квалификационной работы – повышение качества на операции изготовления иллюминатора.

Чтобы достичь цель в выпускной квалификационной работе были достигнуты такие задачи как:

- подобран способ сварки;
- разработан технологический процесс диффузионной сварки.
- осуществлен выбор оборудования для диффузионной сварки
- разработаны мероприятия по охране здоровья и жизни рабочих.
- экономически обоснованы предложенные технические решения.

Пояснительная записка содержит 49 стр., 2 рисунка, 11 таблиц.

Анализ способов соединения изделия показал, что применение диффузионной сварки обеспечит заданное качество изделия. Разработан технологический процесс диффузионной сварки, подобрано оборудование. Предусмотрены мероприятия по защите здоровья производственного персонала и окружающей среды.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения разработок согласно расчетов составит 85105 руб

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение..... | 5 |
| 1 Анализ состояния вопроса соединения компонентов иллюминатора..... | 6 |
| 1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации | 6 |
| 1.2 Свойства материала изделия..... | 7 |
| 1.3 Базовый технологический процесс | 8 |
| 1.4 Выбор способа соединения | 9 |
| 1.5 Задачи работы..... | 13 |
| 2 Разработка технологического процесса диффузионной сварки. | |
| 2.1 Подготовительные операции. | 14 |
| 2.2 Сварка изделия. | 14 |
| 2.3 Подбор оборудования..... | 15 |
| 3 Безопасность и экологичность проекта. | 18 |
| 3.1 Технологическая характеристика объекта | 18 |
| 3.2 Идентификация профессиональных рисков..... | 19 |
| 3.3 Меры по уменьшению воздействия на персонал негативных производственных факторов..... | 21 |
| 3.4 Пожарная безопасность на производстве | 23 |
| 3.5 Экологическая безопасность проектной технологии | 25 |
| 4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной работе технологический решений..... | 28 |
| 4.1 Исходные данные для выполнения расчетов по экономической эффективности..... | 28 |
| 4.2 Расчёт объёмов фонда времени | 30 |
| 4.3 Затраты на материалы..... | 31 |
| 4.4 Затраты на электрическую энергию..... | 32 |
| 4.5 Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования | 33 |

| | |
|---|----|
| 4.6 Затраты на заработную плату основных производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды..... | 36 |
| 4.7 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов. | 37 |
| 4.8 Себестоимость с учетом цеховых расходов | 38 |
| 4.9 Себестоимость с учетом заводских расходов | 38 |
| 4.10 Сводная таблица себестоимости | 39 |
| 4.11 Капитальные затраты по рассматриваемым вариантам технологии ... | 39 |
| 4.12 Расчет показателей экономической эффективности | 42 |
| Заключение | 45 |
| Список используемой литературы и используемых источников..... | 46 |

Введение

Новые материалы, применяемые в промышленности требуют и новых технологий получения их неразъемных соединений. Например сочетание материалов ковар и стекло невозможно соединить методами сварки плавлением. Однако есть технологии позволяющие это выполнить. Например склеивание, пайка, диффузионная сварка.

Применяемый на предприятии технологический процесс характеризуется использованием для получения соединения ковара и кварцевого стекла технологического процесса пайки. Применяется припой на основе индия. Однако для данного припоя характерна низкая температура эксплуатации полученных соединений. На предприятие поступил заказ с увеличенными значениями температуры. Есть вероятность что при данных температурах произойдет распайка соединения. Возможен вариант применения припоя на основе галлия, но там температура эксплуатации еще меньше.

Таким образом, можно сделать вывод, что технологии пайки и склеивания не позволяют обеспечить высокую температуру эксплуатации. Возможна пайка припоями с высокой температурой плавления, но в составе припоя находится дефицитное и дорогостоящее серебро.

В то же время применяя диффузионную сварку для соединения ковара со стеклом позволяет успешно соединить такие разные материалы. Диффузионная сварка обеспечивает получение сварных соединений разнородных материалов. Технологией диффузионной сварки соединяются материалы, в том числе с сильно различающимися теплофизическими свойствами, не растворяющиеся друг в друге, образующие при других способах сварки хрупкие химические соединения.

Цель настоящей работы – повышение качества и повышение производительности на операции изготовления иллюминатора.

1 Анализ состояния вопроса соединения компонентов иллюминатора

1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

Иллюминатор, рисунок 1., представляет собой изделие из кварцевой линзы 1 и фланца из ковара 2. Диаметр изделия в сборе - 100 мм, общая высота 38 мм. Изделие работает при перепаде температур свыше 400°C. Поэтому в качестве фланца принят ковар, у которого коэффициент термического расширения близок к стеклу. Одно из важных требований к изделию – обеспечение герметичности соединения стекла и ковара.

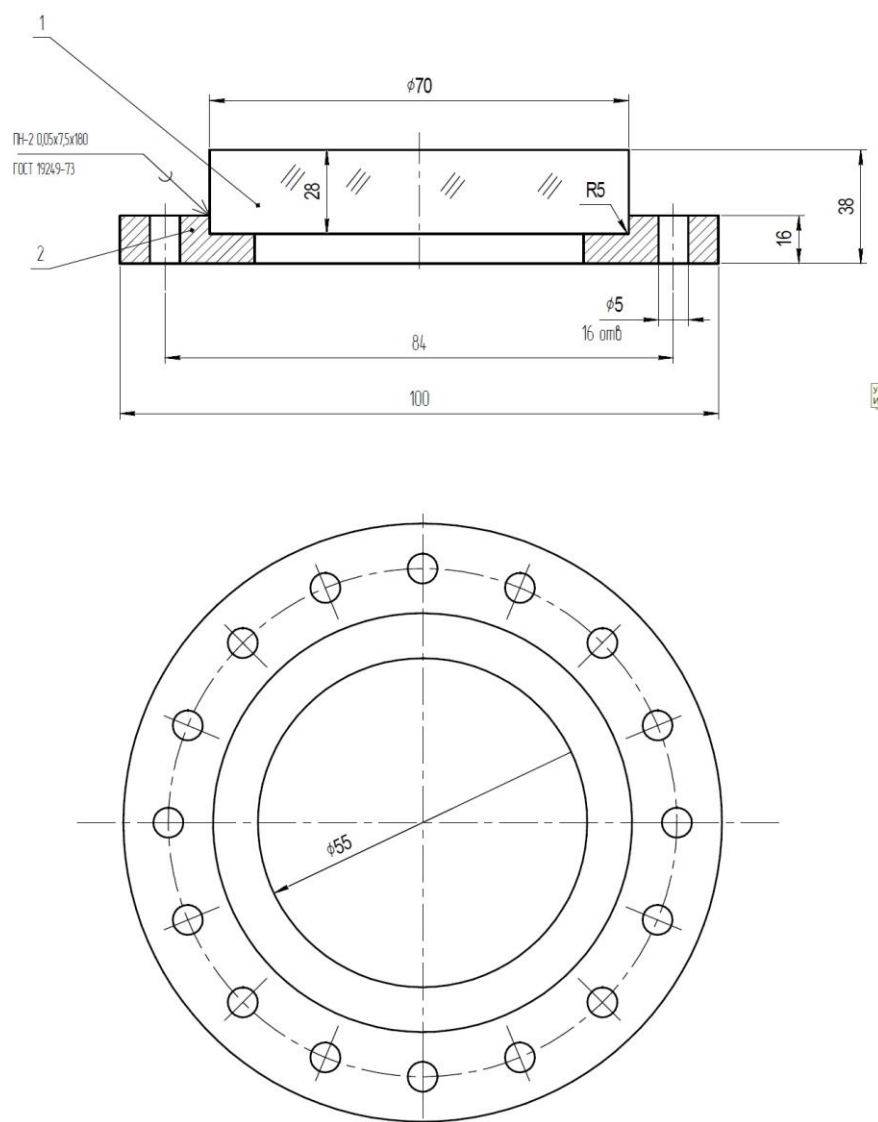


Рисунок 1 - Общий вид иллюминатора

1.2 Свойства материала изделия.

Ковар, это сплав в основе которого лежит железо, дополнительно в него включены 18% Со и 29% Ni. Свойства указанного сплава - низкий коэффициент теплового расширения $(4,5—5,2) \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ — в интервале температур 20—400 °С, данный коэффициент теплового расширения совпадает с коэффициентом расширения стекла. Ковар обладает температурой плавления 1450°С, при удельном электрическом сопротивлении 0,5 мком·м, температура Кюри 420°С. Во сырой среде ковар корродирует. Предотвратить развитие коррозии помогают защитные покрытия. Ковар нашел широкое применение в электровакуумной технике. Для изготовления различного рода ламп [1].

Ковар следует соединить с кварцевым стеклом. Данный материал получают из оксида кремния за счет плавления горного хрусталя, жильного кварца и кварцевого песка, а также синтетической двуокиси кремния.

«Различают два вида промышленного кварцевого стекла: прозрачное (оптическое и техническое) и непрозрачное. Непрозрачность кварцевому стеклу придает большое количество распределённых в нём мелких газовых пузырьков (диаметром от 0,03 до 0,3 мкм), рассеивающих свет. Оптическое прозрачное кварцевое стекло, получаемое плавлением горного хрусталя, совершенно однородно, не содержит видимых газовых пузырьков» [15].

«Непрозрачное кварцевое стекло часто служит сырьём для производства термостойкого огнеупорного материала — кварцевой керамики. Обладает наименьшим среди стёкол на основе SiO₂ показателем преломления ($n_D = 1,4584$) и наибольшим светопропусканием, особенно для ультрафиолетовых лучей» [16].

Для кварцевого стекла характерна высокая термическая стойкость, коэффициент линейного термического расширения менее $1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (в диапазоне температур от 20 до 1400°С).

Кварцевое стекло — хороший диэлектрик, удельная электрическая проводимость при 20 °С — 10–14 — 10–16 Ом·м⁻¹, тангенс угла

диэлектрических потерь при температуре 20°C и частоте 1016 Гц — 0,0025—0,0006 [2].

«Высокая стоимость кварцевого стекла ограничивает его применение изделиями специального назначения, такими, как ртутные лампы и компоненты оптических систем, работающие при высоких температурах. Кварцевое стекло применяют для изготовления лабораторной посуды, тиглей, оптических приборов, изоляторов (особенно для высоких температур), изделий, стойких к температурным колебаниям» [17]. Также кварцевое стекло может быть применено для изготовления огнеупорных материалов обеспечивающих при эксплуатации высокие значения температуры [3].

1.3 Базовый технологический процесс

По базовому технологическому процессу соединение производят пайкой. Пайка ведется в вакуумной печи. Типовая технология следующая. Вначале производят очистку паяемых деталей. Для обезжиривания изделия нашел применение состав на основе щелочи такой как препарат МЛ-51 или МЛ-52. Препарат выполнен в виде раствора на основе воды при концентрации 10...30 г/литр и температуре 75...80°C.

Затем деталь передается на стол, где производятся с ней подготовительные работы.

Для подготовки к пайке достаточно дополнительно проводить обезжиривание щелочными растворами или органическими растворителями. Поверхность обезжиривается путем протирания ветошью, смоченной растворителем органическим или изделие опускают в ванну с щелочным растворителем [4]. Затем на паяемую поверхность фланца укладываем припой, фольгу. Толщину фольги принимаем 0,2 мм. Затем на фольгу укладываем линзу. Подготовленные к пайке изделия укладываем в вакуумную электропечь СНВ. Затем закрываем камеру печи, герметизируем.

Следим, чтобы по периметру крышки уплотнительная резина располагалась в пазу без перекосов.

Следующий этап – вакууммирование. Производим откачку воздуха до давления 10^{-2} МПа. Затем производим нагрев до температуры плавления припоя - 800°C , делаем выдержку 10 минут и выключаем нагреватели печи. Охлаждаем изделие в печи до комнатной температуры, разгерметизируем печь и передаем на операцию контроля. Общее время пайки – 20 мин.

Визуально-измерительный контроль и контроль герметичности должны проводиться в соответствии с требованиями. Не допускаются непропаи, трещины, сквозные дефекты. Если паяный узел соответствует требованиям по натеканию, то детали отправляют на сборку [5].

К минусам указанного технологического процесса следует отнести применение дорогостоящего присадочного материала – припоя. Кроме того, опыт эксплуатации паяных соединений показывает, что при высоких температурах применение припоя с низкой температурой плавления не позволяет обеспечить эксплуатационные характеристики. С другой стороны для пайки подобного сочетания материалов можно применить припой с высокой температурой плавления, но они содержат серебро [6].

1.4 Выбор способа соединения

Для получения герметичного соединения в зазор между соединяемыми поверхностями может быть введен уплотнитель, вязкость которого достаточна для обеспечения герметичности стекло-ковар. Материал уплотнителей может быть резина, фторопласт, металл.

Если температура эксплуатации изделий достигает 300°C используют резину. Хорошим вариантом является фторопласт он обладает меньшей газопроницаемостью и газовыделением, чем резина. Но требует значительных нагрузок для обеспечения герметичности. Для установок эксплуатируемых в условиях сверхвысокого вакуума применяют металлы,

температура прогрева в данном случае может достигать 450...500°C. Они требуют большие удельные давления и более высокий класс чистоты поверхности, чем резиновые. Чаще применяют медь, иногда золоченую.

Общий недостаток соединений, герметизируемых прокладкой – высокая трудоемкость изготовления. С учетом изложенного данный вид соединений невозможно рекомендовать для изготовления нашего изделия.

«Пайка - физико-химический процесс получения соединения в результате взаимодействия твердого паяемого и жидкого присадочного металлов соединяемых деталей. Пайка применена в базовом технологическом процессе» [18].

«Пайка имеет сходство со сваркой плавлением, но между ними имеются принципиальные различия. Если при сварке основной и присадочный материалы находятся в сварочной ванне в расплавленном состоянии, то при пайке паяемый материал не плавится. Формирование шва при пайке происходит путем заполнения припоем зазора между соединяемыми деталями, т.е. процесс пайки связан со смачиванием и капиллярным течением, что не имеет места при сварке плавлением. В отличие от сварки плавлением пайка осуществляется при температурах, лежащих ниже температуры плавления паяемого материала» [22].

«Пайка обладает такими преимуществами по сравнению со сваркой плавлением как соединение за один термический цикл множества заготовок. Предварительно припой должен быть уложен к местам получения соединений. Технология пайки за счет подбора припоя позволяет соединять самые разнообразные сочетания материалов, металлы с керамикой, полупроводниками, стеклом, графитом и другими неметаллическими материалами. Технология получения изделий пайкой не предусматривает расплавления кромок паяемых деталей. Это обеспечивает сохранение формы и размеров паяемых изделий. Важным достоинством технологии пайки является возможность распайки полученных соединений. Это делает этот

процесс незаменимым при монтажных и ремонтных работах в приборостроении» [21].

Однако при получении паяного соединения требуется применение припоев. Припой как правило на базе цветных металлов дорогие. Контакт разнородных металлов может инициировать коррозионные процессы. Кроме того, припой, как было указано выше, для данного соединения материалов дорогостоящи.

Возможно применение соединений с натягом. Для данного случая можно рекомендовать термовоздействие [9]. Нагрев фланца. Данный вид соединения не требует применения присадочного материала. Применяемое оборудование характеризуется простотой. Однако в данном случае в стекле появляются остаточные напряжения сжатия и во фланце – остаточные напряжения растяжения. Для обеспечения равномерного распределения напряжений в стекле необходимо изменение конструкции фланца [8].

Для клеевых соединений можно отметить следующие достоинства. Практически отсутствует термическое воздействие на соединяемый материал. Не требуется для реализации процесса дорогостоящее и сложное в эксплуатации оборудование. Возможность соединения самых разнообразных сочетаний материалов, в том числе и сочетания ковар - стекло. Однако имеется ряд недостатков. Низкая прочность, особенно угловых стыковых и тавровых соединений. Низкая химическая стойкость и низкая термостойкость соединения. Клеевые соединения подвержены старению. Большая длительность нагрева, в некоторых случаях десятки часов. Кроме того, клеи токсичны и дорогостоящи [7].

Применение для получения соединения зафланцовки не требует использования клеев, припоев и герметизирующих прокладок. Практически отсутствует термическое воздействие на соединяемые детали. Процесс получения зафланцовки характеризуется низкой трудоемкостью. Не требуется специализированное и дорогостоящее оборудование. Однако необходима специальная форма соединения. В стекле возможны остаточные

напряжения. Для обеспечения герметичности требуется высокая точность и малая шероховатость соединяемых поверхностей.

Диффузионная сварка – это термомеханический способ сварки давлением, при котором контактируемые поверхности деталей очищаются от загрязнений, окислов, адсорбированных газов в результате вакуумного нагрева до пластического состояния, а затем подвергаются длительной изотермической выдержке при сжимающих усилиях ниже предела текучести более легкоплавкого материала в паре до образования сварного соединения [10].

Технологией диффузионной сварки можно получить вполне работоспособные соединения разнородных материалов.

В соединениях не бывает таких дефектов как поры, раковины, окисные включения. Характерных для технологии сварки плавлением. Механические свойства соединений стабильны, колебания значений их показателей не превышают 2...5%.

Расход энергии при диффузионной сварке в 4...6 раз меньше, чем при сварке плавлением и при контактной сварке. Диффузионная сварка отличается своими экологическими показателями, отсутствуют такие излучения как инфракрасное, ультрафиолетовое. Нет запыленности производственного участка [13].

Для диффузионной сварки характерным является минимизация деформаций. «Допуски на размеры деталей, полученных диффузионной сваркой, соизмеримы с допусками на механическую обработку. Это обеспечивает возможность применяя диффузионную сварку получать соединения сложных высокоточных деталей» [25].

Естественно, что у данного технологического процесса присутствуют и недостатки. Требуется время на вакууммирование камеры, применяемое оборудование характеризуется сложностью. Трудоемким этапом является подготовка деталей к сварке. Требуется высокая чистота обработки подлежащих сварке поверхностей. Это увеличивает трудоемкость. Трудно

контролировать качество сварных соединений: образующиеся, например, в результате случайных загрязнений поверхностей местные непровары (склейки) неразрушающими методами контроля не выявляются [35].

1.5 Задачи работы

Проведенный анализ базового технологического процесса, свойств материала конструкции, способов соединения позволяет нам сформулировать следующие задачи, позволяющие достичь цели работы:

- подобрать способ сварки, для чего необходимо выполнить анализ преимуществ и недостатков рассматриваемых способов и выполнить выбор с учётом выставленных экспертных оценок;
- разработать технологический процесс диффузионной сварки, для чего необходимо привести перечень операций, назначить параметры режима, выбрать основное и вспомогательное оборудование;
- осуществить выбор оборудования для диффузионной сварки;
- разработать мероприятия по охране здоровья и жизни рабочих;
- экономически обосновать предложенные технические решения.

2 Разработка технологического процесса диффузионной сварки.

2.1 Подготовительные операции.

Первая операция проектного технологического процесса – входной контроль. Детали, фланец и линза, проверяются на соответствие требованиям чертежа.

Так же как и при пайке важной для диффузионной сварки является подготовка соединяемой поверхности. Для обезжиривания изделия нашел применение состав на основе щелочи такой как препарат МЛ-51 или МЛ-52. Препарат выполнен в виде раствора на основе воды при концентрации 10...30 г/литр и температуре 75...80°С.

Затем детали перемещаются на стол, где производятся с ними подготовительные работы.

Для подготовки к сварке, непосредственно перед сборкой, достаточно дополнительно проводить обезжиривание щелочными растворами или органическими растворителями. Поверхность обезжиривается путем протирания ветошью, смоченной растворителем органическим или изделие опускают в ванну с щелочным растворителем.

2.2 Сварка изделия.

Сборку изделия проводить непосредственно после выполнения дополнительного обезжиривания [34]. При сборке не должно быть перекосов, несоосности. Затем собранное изделие загружаем в вакуумную камеру установки для диффузионной сварки. Герметизируем установку. Производим откачку вакуумной камеры сначала ротационным насосом до примерно 1 МПа, затем включаем плитку диффузионного насоса и откачиваем до 10^{-2} МПа. После этого прикладываем сжимающее давление 1000 Н, и производим нагрев до температуры 1100°С [33]. По достижении заданной температуры производим выдержку 10 мин. По ходу выдержки свариваемые поверхности приближаются друг к другу. Приближение свариваемых поверхностей

обеспечивается путем пластической деформации неровностей на поверхностных слоях. При деформации неровностей на свариваемых поверхностях образуется физический контакт и происходит схватывание поверхностей. По окончании выдержки выключают нагрев, и охлаждают изделие до комнатной температуры [11]. Затем разгерметизируют вакуумную камеру, открывают люк и извлекают изделие.

Готовое изделие отправляют на контроль. Визуально-измерительный контроль проводят в соответствии с требованиями.

Затем проводят контроль в специализированном приспособлении на герметичность по методу гелиевого течеискателя [12].

Если изделие соответствует требованиям герметичности, то его отправляют на сборку.

2.3 Подбор оборудования.

Главное отличие технологии диффузионной сварки от иных способов сварки давлением - сравнительно высокие температуры нагрева (0,5-0,7 Тпл), при низких удельных давлениях (0,5-0 МПа) [14]. Продолжительность выдержки при этом может составлять от нескольких минут до нескольких часов.

«Формирование диффузионного соединения определяется такими физико-химическими процессами, протекающими при сварке, как взаимодействие нагретого металла с газами окружающей среды, очистка свариваемых поверхностей от оксидов, развитие высокотемпературной ползучести и рекристаллизации. В большинстве случаев это диффузионные, термически активируемые процессы» [20].

Чтобы снизить скорость роста оксидной пленки на соединяемых поверхностях применяют вакуум или инертные газы.

«Сближение свариваемых поверхностей происходит в первую очередь в результате пластической деформации микровыступов и приповерхностных слоев, обусловленной приложением внешних сжимающих напряжений и

нагревом металла. В процессе деформации свариваемых поверхностей, свободных от оксидов, происходит их активация, и при развитии физического контакта между такими поверхностями реализуется их схватывание» [19].

Следовательно, в состав установки для диффузионной сварки входит вакуумная система, камера для размещения свариваемых деталей, система управления, система охлаждения, привод сжатия, гидравлической или пневматической системы привода усилия сжатия. Электроконтактный нагрев деталей в процессе сварки осуществляется переменным или постоянным током. Охлаждение сваренных деталей производится холодной проточной водой с помощью специальных медных охладителей [23].

Система управления установкой выполняется на базе релейной или микропроцессорной техники.

Для реализации разработанного технологического процесса выбираем оборудование – установку MBT-1601.

Установка обеспечивает получение сварных соединений диаметром от 10 до 70 мм.

Общий вид установки на рисунке 2.

Технические характеристики установки следующие:

| | |
|--|--------------------|
| Номинальный сварочный ток, кА | 16 |
| Мощность, кВ·А | 72,5 |
| Максимальное усилие сжатия, кН | 50 |
| Разрежение в рабочей камере, Па (мм рт ст) | $10^{-2}(10^{-4})$ |
| Номинальное первичное напряжение, В | 380 |
| Частота, Гц | 50 |
| Расход охлаждающей воды, м ³ /час | 1 |



Рисунок 2 - Установка МВТ-1601

3 Безопасность и экологичность проекта.

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности получения соединения иллюминатора.

При выполнении базовой технологии пайки в вакуумной печи предусматривается применение дорогостоящего припоя на основе индия. Проектная технология пайки колеса компрессора предусматривает применение диффузионной сварки [24]

При выполнении проектной технологии предусмотрены следующие операции технологического процесса: обезжиривание, сборка, слесарная, подготовка припоя, сборка диска, пайка диска и термообработка, визуальный контроль, механические испытания, контроль.

Изменение технологии пайки сопровождается изменением опасных и вредных производственных факторов, которые оказывают негативное воздействие на персонал и окружающую среду. Поэтому в настоящем разделе выпускной квалификационной работы предстоит выполнить идентификацию опасных и вредных производственных факторов, оценить их влияние и предложить меры по защите от них персонала.

Кроме того, предстоящий анализ позволит не только устранить профессиональные риски, но и повысить пожарную безопасность технического объекта, паспорт которого представлен в таблице 1.

Также анализ проектной технологии позволит выявить негативные факторы, влияние которых на атмосферу, гидросферу и литосферу следует устранить в рамках повышения экологической ответственности.

Таблица 1 – Технологический паспорт участка диффузионной сварки

| «Наименование операции технологического процесса» | Наименование должности работника, выполняющего данную операцию | Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции | Вспомогательные материалы и вещества, применяемые на операции» [26] |
|---|--|---|---|
| Входной контроль | контролер | Лупа, штангенциркуль | |
| Обезжиривание | слесарь-сборщик, | ванна для раствора | Раствор МЛ-51 |
| Повторное обезжиривание | Слесарь сборщик | Стол | Ветошь, ацетон |
| Сборка иллюминатора | Сварщик, | Установка МВТ-1601 | Специализированное приспособление |
| Сварка иллюминатора | Сварщик | Установка МВТ-1601 | Ветошь |
| Испытания герметичности | Дефектоскопист | Стенд | Гелий |
| контрольная | дефектоскопист | Лупа | Визуально |

Технологический паспорт объекта – участка для проведения диффузионной сварки – позволяет разделить технологический процесс по операциям и указать для каждой операции применяемое оборудование. Также для каждой операции указывается привлекаемый персонал, который может оказаться под негативным воздействием опасных и вредных факторов, сопровождающих выполнение данной операции технологического процесса.

Дальнейшие работы будут направлены на идентификацию персональных рисков, для устранения которых будут предложены технологические и организационные мероприятия. Также будут предложены работы по обеспечению пожарной и экологической безопасности производства.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Для того, чтобы выделить и выполнить оценку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих реализацию проектной

технологии, необходимо рассмотреть каждую операцию [27], как показано в таблице 2.

Таблица 2 – Идентификация опасных и вредных производственных факторов, возникающих при осуществлении проектной технологии

| «Операция технологического процесса» | Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни | Источник негативного фактора» [15] |
|--------------------------------------|--|------------------------------------|
| обезжиривание | - 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 | Ванна для раствора |
| сборка | - пары ацетона | стол |
| Диффузионная сварка | - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов | электропечь, подъёмный кран |
| Контрольные операции | - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны | стол |

На основании данных таблицы 2 были указаны следующие опасные и вредные производственные факторы:

- наличие острых кромок и режущих заусенцев;
- удары движущимися частями технологического оборудования;

- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам;
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока;
- нагрев поверхности деталей до высоких температур;
- инфракрасное излучение.

В результате дальнейшего анализа перечисленных негативных факторов могут быть предложены стандартные решения, позволяющие уменьшить их влияние на работающий персонал до приемлемого уровня [28].

3.3 Меры по уменьшению воздействия на персонал негативных производственных факторов

Ранее были выделены опасные и вредные производственные факторы, которые оказывают негативное воздействие на работающий персонал в ходе выполнения каждой операции проектного технологического процесса. Таковых операций семь. Входной контроль, обезжиривание, сборка, загрузка в камеру установки, непосредственно диффузионная сварка, контроль герметичности и окончательный контроль.

Для каждого такого фактора на основании литературного анализа источников [14], [15] могут быть предложены стандартные решения, которые представлены в виде технических средств и организационных мероприятий. Эти средства представлены в таблице 3, их грамотное применение позволяет устранить действие негативных факторов или уменьшить его до приемлемого уровня.

Таблица 3 – Мероприятия по устранению негативных производственных факторов

| «Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни» | Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора | Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов» [15] |
|--|---|---|
| наличие на острых кромок и режущих заусенцев | <ul style="list-style-type: none"> - проведение инструктажа персонала по вопросам обеспечения безопасности труда; - применение специальных табличек и плакатов, сигнализирующих об опасности; - оснащение оборудования защитной блокировкой | Оснащение рабочего персонала специальной одеждой |
| Удары движущихся предметов технологического оборудования | <ul style="list-style-type: none"> - установка ограждений; - применение специальных табличек и плакатов, сигнализирующих об опасности; - оснащение оборудования защитной блокировкой | Оснащение рабочего персонала специальной одеждой |
| превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам | - установка устройств общеобменной и местной вентиляции рабочего пространства | Оснащение рабочего персонала специальной одеждой и средствами индивидуальной защиты |
| Удары электрическим током | <ul style="list-style-type: none"> - применение устройств защитного отключения электропитания оборудования; - применение защитного заземления и зануления оборудования; - контроль состояния защитных устройств и изоляции; - инструктаж по электробезопасности | Оснащение рабочего персонала специальной одеждой |
| нагрев поверхности деталей до высоких температур | <ul style="list-style-type: none"> - автоматизация технологических процессов; - инструктаж персонала | Оснащение рабочего персонала специальной одеждой |
| инфракрасное излучение | - установка защитных экранов, снижающих интенсивность излучения | Оснащение рабочего персонала специальной одеждой |
| ультрафиолетовое излучение | - установка защитных экранов, снижающих интенсивность излучения | Оснащение рабочего персонала специальной одеждой |
| ультразвуковое излучение | - уменьшение времени негативного воздействия | Оснащение рабочего персонала специальной одеждой |

Представленные в таблице технические средства и организационные мероприятия направлены на снижение травматизма работников производства и уровня профессиональных заболеваний [29].

Однако реализация проектной технологии не только сопровождается появлением опасных и вредных производственных факторов, но и риском образования пожаров, в результате которых могут пострадать как сами работники, так и имущество предприятия.

Исходя из этого, дальнейшие работы при выполнении настоящего раздела выпускной квалификационной работы направим в сторону обеспечения пожарной безопасности.

3.4 Пожарная безопасность на производстве

Проектная технология, предложенная в настоящей выпускной квалификационной работе, является источником возникновения рисков образования пожара. Для устранения этих рисков следует предложить технические средства и организационные мероприятия [30]. Также следует рассмотреть возможность устранения пожара, если он всё-таки возникнет на предприятии, несмотря на принятые меры.

В таблице 4 представлена идентификация факторов пожара.

В качестве основных негативных факторов возможного пожара следует отметить: повышение температуры вокруг источника возгорания, выделение в окружающую среду токсичных продуктов вследствие сгорания пластмасс, в зависимости от состава пластмассы, часть кислорода расходуется на обеспечение горения [31].

В качестве сопутствующих проявлений пожара следует отметить: негативное влияние используемых при тушении пожара химикатов на оборудование и персонал, порчу электрического оборудования вследствие нарушения целостности изоляции и короткого замыкания.

Предлагаемые мероприятия представлены в таблице 5.

Таблица 4 – Класс пожара и идентификация его негативных факторов

| Участок, подразделение | Оборудование | Класс пожара | Опасные факторы пожара | Сопутствующие проявления факторов пожара |
|---|--|---|---|--|
| Производственный участок диффузионной сварки с установленным на нём технологическим оборудованием | Установка для диффузионной сварки МВТ-1601 | «Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [15] | Повышение температуры вокруг источника возгорания, выделение в окружающую среду токсичных продуктов вследствие сгорания пластмасс, в зависимости от состава пластмассы, часть кислорода расходуется на обеспечение горения. | негативное влияние используемых при тушении пожара химикатов на оборудование и персонал, порчу электрического оборудования вследствие нарушения целостности изоляции и короткого замыкания |

Таблица 5 – Предлагаемые организационные мероприятия по снижению риска возникновения пожаров на предприятии

| «Наименование технологического процесса» | Реализуемое организационное или техническое мероприятие | Требования по обеспечению пожарной безопасности» [15] |
|--|--|---|
| Входной контроль, Обезжиривание Повторное обезжиривание Сборка Загрузка в камеру установки Сварка Контроль герметичности Итоговый контроль | «Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими» [15] | Для ограничения разлёта искр при пожаре необходимо оснастить участок специальными защитными экранами. На участке должны в достаточном количестве находиться первичные средства пожаротушения. |

Для обеспечения пожарной безопасности рассматриваемого производственного участка предлагается применение средств, представленных в таблице 6. Эти средства должны быть размещены на

производственном участке в доступных для персонала местах и содержаться в исправном состоянии [32].

Таблица 6 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

| Первичные средства для тушения | Мобильные средства для тушения | Стационарные системы и установки для тушения | Пожарная автоматика | Пожарное оборудование | Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре | Пожарный инструмент | Пожарные сигнализация, связь и оповещение. |
|--|--------------------------------|--|---------------------|-----------------------|--|----------------------|--|
| Ящики с песком, кошмар, огнетушитель ОП-15 | - | - | - | - | План эвакуации, | Лопата, багор, топор | кнопка извещения о пожаре |

Таким образом, предложенные в выпускной квалификационной работе мероприятия позволяют уменьшить риск возникновения пожара на предприятии при реализации проектной технологии.

3.5 Экологическая безопасность проектной технологии

Реализация предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений не только приводит к появлению опасных и вредных производственных факторов, борьбе с которыми посвящена предыдущая часть раздела, но и вызывает негативное воздействие на окружающую среду. Необходимость повышения экологической ответственности предприятий повышает актуальность экологической повестки и заставляет принимать меры по защите атмосферы, гидросферы и литосферы.

Негативные факторы, действие которых на окружающую среду возможно при реализации проектной технологии, представлены в таблице 7.

Действие негативных факторов производства на атмосферу, гидросферу и литосферу следует уменьшить, для чего предусмотрены мероприятия, приведённые в таблице 14.

Таблица 7 – Идентификация негативных экологических факторов проектной технологии

| Технологический процесс | Операции, технологического процесса | Негативные факторы проектной технологии, которые отрицательно влияют на окружающую среду | | |
|-------------------------|-------------------------------------|--|-----------------------------------|---|
| | | в атмосфере | в гидросфере | в литосфере |
| Диффузионная сварка | Входной контроль | - | - | - |
| | Обезжиривание | - | Отходы раствора для обезжиривания | частицы упаковки, бытовой мусор |
| | Сварка | вредные испарения от вакуумной системы | - | частицы упаковки, бытовой мусор |
| | Контроль | Гелий | - | Отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор |

Таблица 8 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

| | |
|---|--|
| Наименование технического объекта | Производственный участок восстановительной наплавки с установленным на нём технологическим оборудованием |
| За счёт чего снижается антропогенное действие на атмосферу | «Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества» [15] |
| За счёт чего снижается антропогенное действие на гидросферу | «Контролировать утечки раствора для обезжиривания, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [15] |
| За счёт чего снижается антропогенное действие на литосферу | «На производственном участке необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора» [15] |

Таким образом, предложенные мероприятия позволяют уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду.

В настоящем разделе выпускной квалификационной работе выполнен анализ предлагаемых технологических решений на предмет безопасности труда, пожарной безопасности и экологической безопасности.

Реализация проектной технологии приводит к появлению опасных и вредных производственных факторов, идентификация которых позволила предложить стандартные технические и организационные решения.

Идентификация опасных факторов пожара на рассматриваемом предприятии позволила предложить мероприятия и технические решения по устранению опасности возгорания. Также в настоящем разделе предложены средства борьбы с пожаром, если он все-таки произошёл несмотря на принятые меры.

В ходе выполнения экологического раздела установлено, что осуществление проектной технологии приводит к негативному антропогенному воздействию на окружающую среду. При этом страдают атмосфера, гидросфера и литосфера. Предлагаемые в работе мероприятия позволяют соответствовать предприятию современной экологической повестке и свести к минимуму вред окружающей среде.

Все предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе технические решения и организационные мероприятия являются стандартными и не требуют повышения эффективности за счёт разработки специализированных средств и методик.

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной работе технологических решений

В данной выпускной работе разработана технология для диффузионной сварки линзы и фланца иллюминатора.

Базовый вариант предусматривает пайку в вакуумной печи припоем на основе индия. Разработанный проектный вариант предусматривает диффузионную сварку.

Сравним недостатки базового варианта, возможность устранения их в проектном варианте. Результаты сравнения оформим в виде таблицы 9.

Таблица 9 - Сравнительные характеристики базового и проектного варианта.

| Применяемый вариант технологии | Предлагаемый вариант технологии |
|--|------------------------------------|
| Расходуется дорогостоящий присадочный материал. | Присадочный материал не применяют. |
| Контакт разнородных материалов, ковара и припоя, может стать местом развития коррозии. | Присадочный материал не применяют. |
| Герметичность шва низкая | Высокая герметичность шва |

4.1 Исходные данные для выполнения расчетов по экономической эффективности

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности соединения линзы иллюминатора с фланцем из ковара.

При выполнении базовой технологии пайки иллюминатора предусматривается применение припоя на основе индия [32].

Проектная технология пайки колеса компрессора предусматривает диффузионную сварку линзы иллюминатора с фланцем из ковара.

В этот раздел, таблица 10, занесем все данные, не требующие расчета, собранные на предприятии, представленные в методическом руководстве по расчету раздела экономическое обоснование.

Таблица 10 - Исходные данные для экономической оценки эффективности предлагаемого варианта технологии по сравнению с базовой технологией

| № п/п | Показатель | Усл. обозн. | Ед. изм. | Варианты | |
|----------|--|-------------|--------------------|----------|---------|
| | | | | Базов. | Проект. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Стоимость припоя на основе индия | Цэл | Руб/кг | 860 | - |
| 2 | Транспортно-заготовительные расходы, выраженные через коэффициент | Ктз | - | 1,05 | 1,05 |
| 3 | Расходы на один час отработанного времени паяльщика | Сч | Руб/час | 134,43 | 126,32 |
| 4 | «Доплаты к основной заработной плате, выраженные через коэффициент | Кд | - | 1,88 | 1,88 |
| 5 | Расходы на дополнительную заработную плату, выраженные через коэффициент | Кдоп | - | 0,12 | 0,12 |
| 6 | Расходы на социальные нужды, выраженные через коэффициент» [18] | Ксн | - | 0,262 | 0,262 |
| 7 | Стоимость оборудования применяемого и предлагаемого вариантов технологии | Цоб | Руб | 58000 | 56000 |
| 8 | Расходы на амортизационные отчисления, выраженные через коэффициент | На | % | 18 | 18 |
| 9 | КПД паяльного и сварочного оборудования | КПД | - | 0,7 | 0,7 |
| 10 | «Затраты на один киловатт час электроэнергии | Цээ | Руб/кВт | 2,2 | 2,2 |
| 11 | Стоимость аренды площади | Сэкспл | Руб/м ² | 1800 | 1800 |
| 12 | Площадь занимаемая оборудованием | S | М ² | 8 | 11 |
| 13 | Затраты на монтаж (демонтаж) оборудования, выраженные через коэффициент | Кмонт | - | 0,03 | 0,02 |

Продолжение таблицы 10

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|---|------|--------------------|------|------|
| 14 | Экономическая эффективность дополнительных капитальных вложений, выраженная через коэффициент | Ен | - | 0,33 | 0,33 |
| 15 | Стоимость приобретения производственных площадей | Цпл | Руб/м ² | 3000 | 3000 |
| 16 | Расходы заводские, выраженные через коэффициент накладных расходов | Кзав | - | 250 | 250 |
| 17 | Расходы цеховые, выраженные через коэффициент накладных расходов | Кцех | - | 215 | 215 |
| 18 | Внепроизводственные расходы, выраженные через коэффициент | Квн | - | 5 | 5 |
| 19 | Норма амортизационных отчислений на площадь» [16] | Напл | % | 2 | 2 |
| 20 | Количество соединений иллюминатора в течение календарного года | Пг | Шт | 1000 | 1000 |

4.2 Расчёт объёмов фонда времени

Выполнение операций согласно проектной и базовой технологий предусматривает использование материальных и людских ресурсов в течение определённого количества времени. В зависимости от затрачиваемого времени рассчитывается заработная плата персонала, который задействован при выполнении операций технологического процесса. Также затрачиваемое время влияет на величину расходов на амортизацию оборудования и производственные площади.

В настоящем разделе выполним расчёт фонда времени, который одинаков для проектного и базового вариантов технологического процесса, так как в обоих случаях технология выполняется за одинаковое число смен в сутках.

В календарном году принимается число рабочих дней $D_p = 277$ при стандартной продолжительности смены $T_{см} = 8$ часов. При расчётах следует учитывать сокращение длительности рабочей смены в предпраздничные дни на $T_{п} = 1$ час. Планируемое количество предпраздничных дней составляет $D_{п} = 7$. С учётом вышеизложенного для количества смен $K_{см} = 1$ рассчитаем фонд времени, воспользовавшись формулой:

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

При подстановке исходных значений в формулу (1) получаем:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ часов.}$$

Далее следует рассчитать величину эффективного фонда времени с учётом запланированных потерь рабочего времени $B = 7 \%$, воспользовавшись формулой:

$$F_э = F_H(1 - B/100). \quad (2)$$

При подстановке исходных значений в формулу (2) получаем:

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

4.3 Затраты на материалы

Затраты на материалы при пайке складываются из затрат на припой и вспомогательные материалы, к которым относятся покрытия, флюсы.

Затраты на припой, в применяемом варианте технологии, складываются из расхода припоя на заполнение зазора $H_{пР}$, и цены припоя $Ц_{пР}$.

$$M_B = Ц_{пР} \cdot H_{пР}; \quad (3)$$

Норма расхода припоя определяется расчетным путем исходя из геометрических характеристик паяного соединения.

$$M_{\text{ПР}} = (\pi D^2/4 - \pi d^2/4)\delta \cdot \gamma \quad (4)$$

где – D наружный. d внутренний диаметр паяного шва, см;

δ – зазор паяного шва, см;

γ – плотность припоя, г/см³.

$$M_{\text{ПР}} = (3,14 \cdot 15^2/4 - 3,14 \cdot 10^2/4)0,01 \cdot 8,1 = 10 \text{ г} = 0,01 \text{ кг}$$

Затраты на материалы в базовом варианте

$$M_{\text{Б}} = 0,01 \cdot 860 = 8,6 \text{ руб.}$$

В предлагаемом варианте технологии затрат на материалы нет.

4.4 Затраты на электрическую энергию

Расчёт затрат на электрическую энергию $Z_{\text{э-э}}$ выполняем с учётом установленной мощности оборудования $M_{\text{уст}}$, цены электрической энергии для промышленных предприятий $C_{\text{ээ}}$ и коэффициента полезного действия КПД для рассчитанного выше штучного времени $t_{\text{шт}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{P_{\text{об}} \cdot C_{\text{э-э}} \cdot t_{\text{шт}}}{\text{КПД}} \quad (5)$$

Для базового варианта: $t_{\text{шт}} = 1$ час; нагревательная печь СНО, мощность ее по паспорту

$$P_{\text{обб}} = 10,2 \text{ кВт}$$

Тогда

$$Z_{\text{э-эб}} = \frac{10,2 \cdot 2,2 \cdot 1}{0,7} = 32,05 \text{ руб.}$$

Проектный: мощность сварочного оборудования определим по режимам сварки: сила тока и напряжение,

$$P_{\text{обпр}} = 450 \cdot 30 = 13500 \text{ Вт} = 13,5 \text{ кВт}$$

Тогда

$$Зэ - \text{эпр} = \frac{13,5 \cdot 2,2 \cdot 0,83}{0,7} = 35,21 \text{ руб}$$

4.5 Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Величину амортизационных отчислений определим с учётом нормы амортизации H_a , цены оборудования $Ц_{об}$ для выполнения операций по базовому и проектному вариантам и машинного времени $t_{маш}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot t_{ш} \cdot H_a}{Фэ \cdot 100} \quad (6)$$

$$t_{ш} = t_o + t_b \quad (7)$$

где t_b – время, необходимое для сборки изделия и обработки его после сварки, мин.

Базовый вариант

$$t_{шб} = 60 + 15,6 = 75,6 \text{ мин.} = 1,26 \text{ час}$$

Проектный вариант

$$t_{шпр} = 50 + 12,5 = 62,5 \text{ мин.} = 1,04 \text{ час}$$

Выполнение операций согласно проектной и базовой технологий предусматривает использование материальных и людских ресурсов в течение определённого количества времени. В зависимости от затрачиваемого времени рассчитывается заработная плата персонала, который задействован при выполнении операций технологического процесса. Также затрачиваемое время влияет на величину расходов на амортизацию оборудования и производственные площади.

В настоящем разделе выполним расчёт фонда времени, который одинаков для проектного и базового вариантов технологического процесса,

так как в обоих случаях технология выполняется за одинаковое число смен в сутках.

В календарном году принимается число рабочих дней $D_p = 277$ при стандартной продолжительности смены $T_{см} = 8$ часов. При расчётах следует учитывать сокращение длительности рабочей смены в предпраздничные дни на $T_{п} = 1$ час. Планируемое количество предпраздничных дней составляет $D_{п} = 7$. С учётом вышеизложенного для количества смен $K_{см} = 1$ рассчитаем фонд времени, воспользовавшись формулой:

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (8)$$

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

Далее следует рассчитать величину эффективного фонда времени с учётом запланированных потерь рабочего времени $B = 7 \%$, воспользовавшись формулой:

$$F_э = F_H (1 - B/100), \quad (9)$$

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

Величину амортизационных отчислений определим с учётом нормы амортизации H_a , цены оборудования $\Pi_{об}$ для выполнения операций по базовому и проектному вариантам и машинного времени $t_{маш}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$A_{об} = \frac{\Pi_{об} \cdot H_a \cdot t_{маш}}{F_э \cdot 100} . \quad (10)$$

$$A_{обб} = \frac{14674 \cdot 1,26 \cdot 18}{2054 \cdot 100} = 1,28 \text{ руб}$$

$$A_{обпр} = \frac{33108,4 \cdot 1,04 \cdot 18}{2054 \cdot 100} = 2,40 \text{ руб}$$

Для расчёта требуемого количества оборудования, которое необходимо при выполнении годовой программы с учётом коэффициента выполнения нормы $K_{\text{вн}} = 1,03$, воспользуемся формулой:

$$n_{\text{РАСЧ}} = \frac{t_{\text{ШГ}} \cdot \Pi_{\Gamma}}{F_{\text{Э}} \cdot K_{\text{ВН}}} \quad (11)$$

Для выполнения принятой $N_{\text{пр}}$ принимаем целое число единиц оборудования ($n_{\text{об.прин}}$).

На основании проведённых расчётов принимаем количество единиц технологического оборудования, которое будет задействовано при выполнении операций технологического процесса согласно проектного и базового вариантов $n = 1$. Для расчёта коэффициента загрузки оборудования в обоих вариантах технологии воспользуемся формулой:

$$k_{\text{з}} = \frac{n_{\text{об.расчетн}}}{n_{\text{об.прин}}} \quad (12)$$

$$n_{\text{РАСЧ.б}} = \frac{1,26 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,1} = 0,55 \text{ шт}$$

$$n_{\text{РАСЧ.пр}} = \frac{1,04 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,1} = 0,46 \text{ шт}$$

Принятое число оборудования, $n_{\text{пр}}$, (шт), находим округляя $n_{\text{расч}}$ до большего ближайшего целого числа,

Базовый вариант – $n_{\text{пр}} = 1$ шт, проектный вариант $n_{\text{пр}} = 1$ шт.

Коэффициент загрузки оборудования составит

$$K_{\text{з}} = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}} \quad (13)$$

где $n_{\text{расч}}$ – расчетное количество оборудования;

$n_{пр}$ – принятое количество оборудования.

$$K_{зб} = 0,55/1 = 0,55$$

$$K_{зп} = 0,46/1 = 0,46$$

Определив коэффициент загрузки принимаем число основных рабочих по одному.

$$P_{трб} = \frac{14674 \cdot 0,55 \cdot 24}{2054 \cdot 100} = 0,94 \text{ руб.}$$

$$P_{трпр} = \frac{33108,4 \cdot 0,46 \cdot 24}{2054 \cdot 100} = 1,77 \text{ руб.}$$

4.6 Затраты на заработную плату основных производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды.

Расчёт основной заработной платы $Z_{осн}$ выполняем по ранее определённым величинам штучного времени $t_{шт}$, коэффициента доплат K_d и часовой тарифной ставки $C_ч$. Для этого воспользуемся формулой:

$$ЗП_{Лосн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot K_d \quad (14)$$

Расчёт дополнительной заработной платы $Z_{доп}$ проводим с использованием ранее определённого значения основной заработной платы $Z_{осн}$ для проектного и базового вариантов и с учётом коэффициента дополнительных доплат $K_{доп}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$ЗП_{Лдоп} = Z_{осн} \cdot K_{доп} / 100 \quad (15)$$

$$ЗП_{Лдопб} = 81,55 \cdot 12 / 100 = 9,78 \text{ рубля}$$

$$ЗП_{Лдоппр} = 67,31 \cdot 12 / 100 = 8,07 \text{ руб.}$$

Объём фонда заработной платы ФЗП определим как сумму дополнительной заработной платы $Z_{доп}$ и основной заработной платы $Z_{осн}$.

$$\PhiЗП = ЗПЛосн + ЗПЛдоп. \quad (16)$$

$$\PhiЗПб = 81,55 + 9,78 = 91,33 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗПпр = 67,31 + 8,07 = 75,38 \text{ руб.}$$

Величину отчислений на социальные нужды $O_{сн}$ определяем с учётом ранее рассчитанного фонда заработной платы $\PhiЗП$ и коэффициента отчислений на социальные нужды $H_{соц}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$O_{сн} = \PhiЗП \cdot H_{соц} / 100 \quad (17)$$

$$O_{снб} = 91,33 \cdot 0,262 = 23,92 \text{ руб.}$$

$$O_{снпр} = 75,38 \cdot 0,262 = 19,75 \text{ руб.}$$

4.7 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов.

Величину технологической себестоимости $C_{тех}$ при выполнении производственного процесса по применяемому на производстве варианту технологии и предлагаемому к внедрению варианту технологии определим как сумму затрат на материалы $ЗМ$, фонд заработной платы $\PhiЗП$, отчисления на социальные нужды $O_{сн}$ и затраты на оборудование $З_{об}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$C_{тех} = М + ФОТ + O_{сн} + З_{об} + З_{пл} \quad (18)$$

$$C_{техб} = 8,6 + 91,33 + 23,92 + 33,33 + 31,29 = 188,47 \text{ руб.}$$

$$C_{техпр} = 0 + 75,38 + 19,75 + 38,86 + 29,52 = 163,51 \text{ руб.}$$

4.8 Себестоимость с учетом цеховых расходов

Величину цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ при выполнении производственного процесса по применяемому на производстве варианту технологии и предлагаемому к внедрению варианту технологии определим с учётом ранее рассчитанной технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$ и коэффициента цеховых расходов $K_{\text{цех}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + R_{\text{цех}}; \quad (19)$$

где $R_{\text{цех}}$ – сумма цеховых расходов, руб.

$$R_{\text{цех}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}} / 100 \quad (20)$$

$$C_{\text{цехб}} = 188,47 + 81,55 \cdot 250 / 100 = 188,47 + 203,87 = 392,34 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{цехпр}} = 163,51 + 67,31 \cdot 250 / 100 = 163,51 + 168,27 = 331,75 \text{ руб.}$$

4.9 Себестоимость с учетом заводских расходов

Величину заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ при выполнении производственного процесса по применяемому на производстве варианту технологии и предлагаемому к внедрению варианту технологии определим с учётом ранее рассчитанной цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ и коэффициента заводских расходов $K_{\text{зав}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + R_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + K_{\text{зав}} \cdot Z_{\text{осн}} / 100 \quad (21)$$

$$C_{\text{завб}} = 392,34 + 81,55 \cdot 215 / 100 = 392,34 + 175,33 = 567,67 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{завпр}} = 331,75 + 67,31 \cdot 215 / 100 = 331,75 + 144,71 = 476,46 \text{ руб.}$$

4.10 Сводная таблица себестоимости

Таблица 11 – Калькуляция заводской себестоимости проведения производственного процесса по применяемому на производстве варианту технологии и предлагаемому к внедрению варианту технологии.

| № п/п | Показатели | Усл. Обозн | Калькуляция, руб | |
|----------|--------------------------------|------------|------------------|-----------|
| | | | Базовая | проектная |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | «Материалы | М | 8,6 | 0 |
| 2 | Фонд заработной платы | ФЗП | 91,33 | 75,38 |
| 3 | Отчисления на социальные нужды | Осн | 23,92 | 19,75 |
| 4 | Затраты на оборудование | Зоб | 33,33 | 38,86 |
| 5 | Затраты на площади | Зпл | 31,29 | 29,52 |
| | Себестоимость технологическая | Стех | 188,47 | 163,51 |
| 6 | Цеховые расходы | | 203,87 | 168,27 |
| | Себестоимость цеховая | Сцех | 392,34 | 331,75 |
| 7 | Заводские расходы | | 175,33 | 144,71 |
| | Себестоимость заводская» [17] | Сзав | 567,67 | 476,46 |

На основании информации в таблице можно сделать выводы по расчету экономической состоятельности предложенных решений.

4.11 Капитальные затраты по рассматриваемым вариантам технологии

Вычисление общих капитальных затрат $K_{\text{общ. б.}}$ при проведении производственного процесса по базовому варианту технологии проводится с

использованием рассчитанного ранее коэффициента загрузки оборудования $K_{з.б.}$ и остаточной стоимости оборудования $\Pi_{об.б.}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$K_{ОБЩБ} = K_{ОББ} = n \cdot \Pi_{ОББ} \cdot K_{ЗБ}, \quad (22)$$

Величину остаточной стоимости оборудования $\Pi_{об.б.}$, которое было использовано в производственном процессе при осуществлении базового варианта технологии рассчитываем с учётом срока службы $T_{сл}$, рыночной стоимости нового оборудования $\Pi_{перв}$ и нормы амортизационных отчислений H_a . При расчётах воспользуемся формулой:

$$\Pi_{ОББ} = \Pi_{ПЕРВ} - (\Pi_{ПЕРВ} \cdot T_{СЛ} \cdot H_A / 100), \quad (23)$$

$$\Pi_{ОББ} = 58000 - (58000 \cdot 3 \cdot 18 / 100) = 26680 \text{ руб.}$$

$$K_{ОБЩБ} = 1 \cdot 26680 \cdot 0,55 = 14674 \text{ руб.}$$

Вычисление общих капитальных затрат $K_{общ. пр.}$ при проведении производственного процесса по предлагаемому к внедрению варианту технологии проводится с учётом капитальных вложений в производственные площади $K_{пл. пр.}$, капитальных затрат на оборудование $K_{об. пр.}$ и сопутствующих затрат $K_{соп.}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$K_{ОБЩПР} = K_{ОБ.ПР} + K_{ПЛ.ПР} + Z_{СОП.ПР}, \quad (24)$$

Объём капитальных вложений в оборудование $K_{об}$ при осуществлении проектного технологического процесса рассчитывается с учётом цены оборудования $\Pi_{об}$, коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{з.п.}$, который был рассчитан ранее. При расчётах воспользуемся формулой:

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = n \cdot C_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗПР}} \quad (25)$$

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = 1 \cdot 56000 \cdot 1,05 \cdot 0,46 = 27048 \text{ руб.}$$

Объём сопутствующих затрат $K_{\text{СОП}}$ при проведении производственного процесса по предлагаемому к внедрению варианту технологии вычисляется с учётом расходов на монтаж $P_{\text{МОНТ}}$ проектного оборудования и демонтаж $P_{\text{ДЕМ}}$ базового оборудования. При расчётах воспользуемся формулой:

$$Z_{\text{СОП}} = P_{\text{ДЕМ}} + P_{\text{МОНТ}} \quad (26)$$

Расходы на демонтаж $P_{\text{ДЕМ}}$ определяются исходя из стоимости оборудования по базовому варианту с учётом коэффициента затрат на демонтаж $K_{\text{ДЕМ}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$Z_{\text{ДЕМ}} = n \cdot C_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}} / 100 \quad (27)$$

$$Z_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 26680 \cdot 3 / 100 = 800,4 \text{ руб.}$$

Расходы на монтаж $Z_{\text{МОНТ}}$ определяются исходя из стоимости оборудования по проектному варианту с учётом коэффициента затрат на монтаж $K_{\text{МОНТ}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$Z_{\text{МОНТ}} = n \cdot C_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}} / 100, \quad (28)$$

$$Z_{\text{МОНТ}} = 1 \cdot 56000 \cdot 3 / 100 = 1680 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{СОП}} = 800,4 + 1680 = 2480,4 \text{ руб.}$$

Определяем капитальные затраты по проектному варианту:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = 27048 + 4140 + 2480,4 = 33668,4 \text{ руб.}$$

Дополнительные капитальные затраты при внедрении проектной технологии рассчитываются с учётом общих капитальных затрат при

проектном варианте $K_{\text{общ.пр.}}$ и общих капитальных затрат при базовом варианте $K_{\text{общ.б.}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ.пр}} - K_{\text{общ.б}} \quad (29)$$

$$K_{\text{доп}} = 33668,4 - 14674 = 18994,4 \text{ руб}$$

Размер удельных капитальных вложений $K_{\text{уд}}$ при построении технологии по базовому и проектному вариантам рассчитываются исходя из годовой программы Π_{Γ} и общих капитальных вложений. При расчётах воспользуемся формулой:

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_{\Gamma}, \quad (28)$$

$$K_{\text{уд.б}} = K_{\text{общ.б}} / \Pi_{\Gamma} = 14674 / 1000 = 14,6 \text{ руб}$$

$$K_{\text{уд.пр}} = K_{\text{общ.пр}} / \Pi_{\Gamma} = 33668,4 / 1000 = 33,1 \text{ руб.}$$

4.12 Расчет показателей экономической эффективности

Оценку экономической эффективности проектной технологии по сравнению с построением производственного процесса по базовому варианту выполняем по таким показателям:

- снижение трудоёмкости $\Delta t_{\text{шт}}$;
- повышение производительности труда Π_{Γ} ;
- снижение технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$;
- условно-годовая экономия $\Pi_{\text{ож}}$;
- срок окупаемости капитальных вложений $T_{\text{ок}}$;
- годовой экономический эффект \mathcal{E}_{Γ} .

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = [(C_{\text{завб}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{удб}}) - (C_{\text{завпр}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{удпр}})] \cdot \Pi_{\Gamma} \quad (29)$$

$$\text{ЭГ} = [(567,67 + 0,33 \cdot 14,6) - (476,46 + 0,33 \cdot 33,1)] \cdot 1000 = 85105 \text{ руб}$$

Расчёт условно-годовой экономии $\Pi_{\text{ож}}$ выполним с учётом годовой программы $\Pi_{\text{Г}}$, заводской себестоимости по проектному варианту $C_{\text{зав.пр}}$ и заводской себестоимости по базовому варианту $C_{\text{зав.б}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$\text{Прож} = \text{Э}_{\text{у.Г}} = (C_{\text{ЗАВБ}} - C_{\text{ЗАВПР}}) \cdot \Pi_{\text{Г}} \quad (30)$$

$$\text{Прож} = \text{Э}_{\text{у.Г}} = (567,67 - 476,46) \cdot 1000 = 91210 \text{ руб.}$$

За счёт совершенствования технологического процесса получено снижение трудоёмкости $\Delta t_{\text{шт}}$, которое рассчитывается по штучному времени в случае выполнения производственного процесса по базовому варианту $t_{\text{шт.б}}$ и по штучному времени в случае выполнения производственного процесса по проектному варианту $t_{\text{шт.пр}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{ШТБ}} - t_{\text{ШТПР}}}{t_{\text{ШТБ}}} \cdot 100\% \quad (31)$$

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{1,26 - 1,04}{1,26} \cdot 100\% = 17\%$$

Расчёт снижения технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$ выполняем с учётом ранее определённых технологической себестоимости по базовому варианту технологии $\Delta C_{\text{тех.б}}$ и технологической себестоимости по проектному варианту технологии $\Delta C_{\text{тех.пр}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (32)$$

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{188,47 - 163,51}{188,47} \cdot 100\% = 13\%$$

Расчёт повышения производительности труда Π_T выполняется с учётом рассчитанного выше снижения трудоёмкости $\Delta t_{\text{шт}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (33)$$

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 17}{100 - 17} = 20,48\%$$

При расчёте срока окупаемости дополнительных капитальных вложений $T_{\text{ок}}$ учитывается размер дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ и величина условно-годовой экономии $\mathcal{E}_{\text{уг}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{ОБЩ}}^{\text{ПП}}}{\text{Пр}_{\text{ОЖ}}} \quad (34)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{33668,4}{91210} \approx 0,5 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{\text{ср}} = 1/T_{\text{ок}} = 1/0,5 = 2.$$

По сравнению с базовым вариантом трудоёмкость в проектном варианте снизилась на 17%, себестоимость технологическая снизилась на 13%. Производительность труда повысилась на 20%. Эти результаты достигнуты за счет замены способа.

Заключение

Существующий технологический процесс пайки иллюминатора характеризуется низкой производительностью. К тому же увеличение температуры эксплуатации иллюминатора поставило под вопрос применение технологического процесса пайки с применением легкоплавкого припоя на основе индия.

Анализ возможных вариантов соединения кварцевой линзы с фланцем из ковара показал, что использование технологии диффузионной сварки обеспечит заданную герметичность. В рамках выполнения задач выпускной работы выполнены следующие работы:

- разработан технологический процесс диффузионной сварки;
- подобрано и размещено оборудование на производственном участке;
- предусмотрены мероприятия по безопасности жизнедеятельности.

Выполнена оценка экономической эффективности предложенных технических решений, которая показала, что ожидаемый экономический эффект от внедрения разработанного технологического процесса восстановления составит 85105 руб.

Оборудование для перехода на диффузионную сварку выбрано установка МВТ-1601. Разработан технологический процесс сварки включающий в себя следующие технологические операции:

- входной контроль линзы и фланца;
- очистка и обезжиривание деталей;
- сборка и вакууммирование установки МВТ-1601;
- непосредственно сварка, выполняется на установке МВТ-1601;
- контрольные операции.

Переход на диффузионную сварку позволил расширить температурный интервал эксплуатации иллюминатора при сохранении требуемых параметров герметичности соединения.

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. Афромеев А.А. Технология сборки и сварки полипропиленовых труб / А.А. Афромеев // Бакалаврская работа. Тольятти, ТГУ. – 2015. – 58 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/11599>.
4. Бачин В.А. Теория, технология и оборудование диффузионной сварки М.: Машиностроение, 1991 - 352 с
5. Виноградов В.С. Технологическая подготовка производства сварных конструкций в машиностроении. М.: Машиностроение. 1981. 224с.
6. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учеб. пособие. Л. Н. Горина. Гриф УМО. Тольятти : ТолПИ. 2000. 79 с.
7. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций. М.: Изд. «Зеркало», 1995. 288 с.
8. Гринин А. С., Орехов Н.А. Экологический менеджмент : учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 206 с.
9. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. М.: МЧС России, 1995. 230 с.
10. Егоров А.Г., Уполовникова Г.Н., Живоглядова И.А. Правила оформления выпускных квалификационных работ для бакалавриата и специалитета: учебно-методич. пособие по выполнению дипломного проекта. Тольятти.: ТГУ, 2011. 87 с.
11. Иванов В.П. Технология и оборудование для восстановления деталей машин. Минск: Техноперспектива. 2007. 458 с.
12. Казаков, Н. Ф. Диффузионная сварка в вакууме / Н.Ф. Казаков. - М.: Машиностроение, **1975**. - 332 с.

13. Климов А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150 700.62 «Машиностроение». Тольятти: ТГУ, 2014. 52с.

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

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

16. Косинцев, В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.

17. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания. Тольятти: ТГУ. 2008. 38 с.

18. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти: ТГУ. 2005. 35 с.

19. Методические указания по оформлению выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста, программам магистратуры: учебно-методическое пособие. Тольятти: ТГУ, 2020. 39 с.

20. В.Н. Радзиевский, Г.Г. Ткаченко. Высокотемпературная вакуумная пайка в компрессоростроении. К.: Экотехнология, 2009. 400 с.

21. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ. - 2-е изд. перераб. М.: Высш. школа, 1986. 208 с.

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

23. Справочник по пайке / Под ред. И.Е.Петрунина. - М.: Машиностроение, 2003. - 480 с.

24. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник. М.: ИНФРА М. 2001. 672 с.

25. Хряпин В.Е. Справочник паяльщика. – Изд. 5-е. М.: Машиностроение, 1981. 349 с.
26. Цыганова Е.С. Технология и оборудование для ремонта трубного пучка теплообменника [Электронный ресурс] // Бакалаврская работа. Тольятти, ТГУ. – 2020. – 64 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13202> (дата обращения 24.05.2021).
27. 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.
28. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
29. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
30. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
31. Evans G. Microstructure and Properties of Ferritic Steel Welds Containing Ti and B. // Welding Journal. 72 (8). 1996. P. 251-260.
32. Skeebe, V. Numerical modeling of steel surface hardening in the process of high energy heating by high frequency currents / V. Skeebe, V. Ivancivsky, V. Pushnin // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 698. – P. 288 - 293.
33. . Influence of austenitic orientation on martensitic transformations in a compressed high manganese steel / T.-Y. Liu, P. Yang, L. Meng, F.-Y. Lu // Alloys Compounds. – 2011. – Vol. 509, iss. – P. 8337 – 8344.
34. Tsakiris, V. Martensite and deformation twinning in austenitic steels / V. Tsakiris, D. V. Edmonds // Materials Science and Engineering: A. – 1999. – Vol. 273 – 275. – P. 430 – 436.
35. Kyung - Tae Parka. Stacking fault energy and plastic deformation of fully austenitic high manganese steels: Effect of Al addition / Kyung - Tae Parka,

Kwang Geun Jin, Sang Ho Han // Materials Science and Engineering: A. 2010. –
Vol. 527. iss. 16 – 17. - P. 3651 – 3661.