

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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 кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Разработки технологии пайки узлов перспективного
автомобильного двигателя»

Студент

Д.А. Гаврилов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.Ю. Краснопевцев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

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

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

(личная подпись)

« » 20 г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

Цель выпускной работы бакалавра: повышение качества и производительности на операциях соединения компонентов ротора перспективного двигателя внутреннего сгорания.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: разработана технология контейнерной пайки ротора двигателя; подобрано оборудование и спроектирована необходимая оснастка; разработана компоновка участка для пайки; предусмотрены мероприятия для защиты производственного персонала и окружающей среды от вредных факторов; произведена экономическая оценка проекта.

Анализ способов пайки показал, что целесообразно паять ротор технологией печной пайки. В качестве припоя предложено использовать латунь. Разработана технология пайки. Спроектирован контейнер. Разработана компоновка оборудования на участке пайки. Для защиты производственного персонала от вредных факторов предложены соответствующие технические и организационные мероприятия.

Ожидаемый экономический эффект составит 8900 рублей..

Пояснительная записка бакалаврской работы включает в себя 46 страниц, 6 рисунков, 11 таблиц. В графическую часть включено 7 листов формата А1.

ABSTRACT

The purpose of the final work of the bachelor: improving the quality and performance of the operations of the connection of the components of the rotor of the advanced internal combustion engine.

To achieve this goal, the following tasks were solved: the technology of container soldering of the motor rotor was developed; the equipment was selected and the necessary equipment was designed; the layout of the site for soldering was developed; measures were provided to protect the production personnel and the environment from harmful factors; the economic evaluation of the project was made.

Analysis of soldering methods showed that it is advisable to solder the rotor by furnace soldering technology. As solder it is proposed to use brass. Soldering technology is developed. Designed container. The layout of the equipment on the soldering site. To protect the production personnel from harmful factors, appropriate technical and organizational measures are proposed.

The expected economic effect will be 8900 rubles..

The explanatory note of the bachelor's work includes 44 pages, 6 figures, 11 tables. The graphic part includes 7 sheets of A1 format.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ исходных данных и известных решений.....	7
1.1 Описание роторного двигателя.....	7
1.2 Анализ свойств материала конструкции	7
1.3 Анализ возможных способов нагрева под пайку.....	8
1.4 Анализ возможных систем припоев.....	17
1.5 Задачи работы.....	21
2 Разработка технологического процесса пайки.....	22
3 Подбор оборудования для пайки.....	24
4 Безопасность и экологичность проекта.	25
4.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной.....	27
технологии в производство	27
4.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных.....	28
рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии.....	28
4.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной.....	29
безопасности разрабатываемого технологического объекта.....	29
4.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого.....	30
технологического объекта.....	30
4.6 Заключение по экологическому разделу	30
5 Экономическая эффективность проекта.....	32
5.1 Определение трудоемкости и длительности выполнения каждого этапа	
работ	32
5.2 Расчет предпроизводственных, капитальных и приведенных затрат на	
проведение исследований.....	36
Заключение по разделу	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	43
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	44

ВВЕДЕНИЕ

подавляющее большинство двигателей внутреннего сгорания имеют поршень, совершающий в процессе работы возвратно-поступательные движения. Это является существенным недостатком такого двигателя. Поэтому созданы ряд конструкций т.н. роторно-поршневого двигателя. В таких двигателях ротор совершает вращательные движения. Наибольшее распространение получил роторно-поршневой двигатель, конструкцию которого разработал немецкий инженер Ванкель. Испытания двигателя начались еще в 1957 году. Роторно-поршневые двигатели компактны и проще по конструкции, так как в них нет кривошипно-шатунного и газораспределительного механизма, у них значительно меньшие габариты и масса при одинаковой с поршневыми двигателями внутреннего сгорания мощности.

Однако у РПД есть ряд недостатков, поэтому применяют их очень ограниченно. Главные недостатки – сложно обеспечить уплотнение трущегося о корпус ротора, свечи не охлаждаются новыми порциями воздуха, ротор тяжелый. Поэтому ведутся непрерывные работы по поиску новых вариантов РПД. В частности, в одном из вариантов составной облегченный ротор. Технология изготовления такого ротора предусматривает соединение в пакет множества пластин. Поэтому разработка новых технологий соединения пластин в пакеты является актуальной.

Один из вариантов здесь пайка. Ротор состоит из множества пластин, которые необходимо соединить воедино, а преимуществом пайки является способность получать за один термический цикл множества соединений. Но пайка характеризуется разнообразием средств нагрева, один и тот же материал может быть соединен разными припоями, поэтому требуется проведение исследований применительно к конкретному изделию для того, чтобы выдать необходимые технологические рекомендации.

Цель настоящей работы – повышение качества и производительности

на операциях соединения компонентов ротора перспективного двигателя внутреннего сгорания..

1 Анализ исходных данных и известных решений

1.1 Описание роторного двигателя

Устройство роторно-поршневого двигателя предельно просто и компактно. На ось агрегата установлен ротор, соединенный с шестерней. Последняя сцепляется со статором. Ротор, имеющий три грани, движется по эпитрохоидальной цилиндрической плоскости. В результате чего сменяющиеся объемы рабочих камер цилиндра отсекаются с помощью трех клапанов. Уплотнительные пластины (торцевого и радиального типа) прижимаются к цилиндру под действием газа и за счет действия центробежных сил и ленточных пружин. Получаются три изолированные камеры разные по объемным размерам. Здесь осуществляются процессы сжатия поступившей смеси горючего и воздуха, расширения газов, оказывающих давление на рабочую поверхность ротора и очищающих камеру сгорания от газов. На эксцентриковую ось передается круговое движение ротора. Сама ось находится на подшипниках и передает момент вращения на механизмы трансмиссии. В этих моторах осуществляется одновременная работа двух механических пар. Одна, которая состоит из шестерен, регулирует движение самого ротора. Другая — преобразует вращающееся движение поршня во вращающиеся движения эксцентриковой оси.

1.2 Анализ свойств материала конструкции

Ротор перспективного двигателя изготовлен из стали 40X. Выбор данной стали обусловлен тем, что в процессе эксплуатации ротор испытывает динамические нагрузки, и воздействие тепла. Сталь 40X – конструкционная, легированная. Наличие хрома до 1 процента может снизить растекаемость припоев по поверхности стали.

1.3 Анализ возможных способов нагрева под пайку

Проанализируем основные способы нагрева. Анализ способа нагрева паяльником проводить не будем. Ротор в сборе сравнительно большое изделие, и припой нужен с высокой температурой плавления, чтобы обеспечить высокую прочность шва и устойчивость к температурам продуктов сгорания.

Погружая паяемые детали в расплав теплоносителя - соли, припоя, флюса или в нагретое масло можно исключить доступ воздуха. Это может помочь в реализации бесфлюсовой пайки.

Способ характеризуется высокой скоростью нагрева детали. При прочих равных условиях скорость нагрева в 3—6 раз превышает скорости нагрева в воздушных средах. К дополнительному преимуществу следует отнести то, что слой припоя или соли обеспечивает защиту паяемого изделия от окисления после извлечения из ванны с жидкой средой и охлаждения на открытом воздухе.

Продолжительность пайки в расплавах солей, флюсов или припоев, как правило менее 2х минут. Следовательно, способ обладает высокой производительностью. Кроме того, возможна одновременная быстрая пайка нескольких деталей. Кроме того, данный вариант нагрева легко поддается механизации.

Также к преимуществам рассматриваемого способа нагрева следует отнести возможность совмещения операций пайки и последующей закалки. Кроме того, за счет высокой скорости нагрева в ваннах с жидкой средой может быть расширена номенклатура применяемых припоев, так как компоненты припоя с высокой упругостью пара не успевают испариться. Например, возможна замена меди на латунь.

Также при большом объеме жидкой ванны обеспечивается высокая точность поддержания температуры расплава, до 5°С, при этом, по причине равномерного нагрева температурные деформации паяемых изделий минимальны, поэтому обеспечивается высокая точность готового изделия.

К недостаткам способа нагрева погружением в жидкую среду следует отнести следующие [8]:

увеличенный расход электроэнергии, так как через зеркало жидкой ванны происходят существенные потери тепла;

излучение тепла и испарения некоторых компонентов жидких сред создают дискомфортные условия для производственного персонала и отрицательно влияют на здоровье;

после пайки, в ряде случаев, появляется необходимость устранить наплывы припоя с готового изделия, что значительно увеличивает общую трудоемкость изготовления;

к конструкции изделия предъявляются дополнительные требования, так как при наличии т.н. «воздушных мешков» возможны непропаи, особенно если паяемые швы расположены горизонтально;

при наличии на паяемых изделиях декоративно-защитных покрытий может произойти их повреждение и снижение коррозионной стойкости;

расход жидкой среды, как правило это соли, флюсы и припой, значителен;

жидкая среда должна быть рафинирована от примесей.

Еще одним недостатком указанного способа является сложность укладки и фиксации припоя. Если припой закреплен ненадежно, движущая жидкая среда может его сместить от заданного положения.

Возможен вариант нагрева под пайку за счет выделения тепла при прохождении электрического тока, как правило, через паяльный зазор. Электрический ток пропускают как параллельно зазору так и перпендикулярно.

При параллельном пропускании тока через паяльный зазор нагрев соединяемых деталей осуществляется только за счет тепла от нагреваемого электрода, что обеспечивает стабильность процесса пайки. Следует отметить, что приложение давления на паяемые детали влияния не скорость и температуру нагрева не оказывает. Напряжение при данном способе

нагрева невелико, до 10 В. Ток используют переменный.

При пропускании тока поперек паяльного зазора нагрев осуществляется в основном за счет переходного сопротивления на границах соединяемых деталей и припоя. При этом могут быть проблемы с обеспечением равномерного нагрева и регулировкой температуры. Для данного способа нагрева также требуется ток низкого напряжения и но большой силы. Получать его можно от трансформаторов машин электроконтактной сварки.

Широко применяют способ местного нагрева теплотой, которая выделяется в процессе сгорания смеси горючего газа или паров горючего вещества с кислородом или воздухом.

Для пайки деталей небольших размеров припоями со сравнительно небольшими температурами плавления могут применяться паяльные лампы. В них сжигают жидкое топливо (керосин, бензин, спирт, бутан, пропан) в смеси с воздухом. Пайка горелками, в которых сжигают ацетилен в смеси с кислородом позволяет применять припои с высокими температурами плавления.

При данном варианте нагрева под пайку происходит окисление поверхности паяемых деталей, поэтому при пайке горелками как правило, применяют флюсы.

Достаточно давно в практике пайки используют вариант нагрева в печах. Особо широкое распространение данный вариант нагрева получил при появлении электрических печей. К преимуществам нагрева в электрических печах относятся легкость контроля, регулировки и механизации. Кроме того, пайка в печах обеспечивает высокую производительность и применима и для конструктивно простых изделий и для конструктивно сложных. При нагреве в печах легко реализуется вариант бесфлюсовой пайки. С учетом равномерного нагрева можно обеспечить высокую точность готового изделия.

Вариант нагрева в печах требует для своего осуществления

специальной оснастки, обеспечивающей закрепление, деталей, подвергаемых пайке, их прижатие для поддержания заданной величины паяльного зазора. Кроме того, необходима оснастка обеспечивающая, в некоторых случаях, равномерное распределение температуры. Требуется следить, чтобы припой и флюс не попадали на различные элементы печи.

Специфическим требованием к оснастке при пайке деталей из материала с малым сопротивлением ползучести является подбор коэффициента линейного расширения материала оснастки не вызывающего появления напряженного состояния в соединениях. Как правило у материала оснастки коэффициент линейного расширения должен быть меньше, чем у паяемого материала. Транспортировка собранного изделия в зону нагрева печи и из зоны нагрева должна выполняться на поддонах. Они требуются для предотвращения взаимного смещения деталей в процессе загрузки и обеспечения равномерного прогрева паяемых деталей.

В условиях серийного и массового производства высокотемпературную пайку реализуют в конвейерных печах. Это печи непрерывного действия, нагрев ведется в защитной или активной газовой среде. Такие печи обладают высокой производительностью и низкой стоимостью пайки изделий.

В ряде случаев при печной пайке изделия помещают в контейнеры и создают там защитную или активную газовую среду. Данный технологический прием позволяет использовать печи с окислительной атмосферой.

Технологические приемы, уменьшающие содержание кислорода в газовой среде вокруг паяемого изделия, преимущественно сводятся к продувке пространства вокруг паяемого изделия газами, инертными или восстановительными. Нейтральные газы, проходя над паяемой поверхностью, увлекают за собой кислород. Сложнее механизм при использовании восстановительных газов. Уменьшение концентрации кислорода обеспечивается еще за счет взаимодействия его с активными

компонентами восстановительной газовой смеси.

Основным восстановительным газом, используемым при пайке в газовых средах, является водород. Иногда применяют оксид углерода и другие газовые смеси, содержащие водород или оксид углерода. В результате взаимодействия восстановительных газов с оксидами на паяемой поверхности они восстанавливаются.

Для пайки металлов кроме водорода применяют диссоциированный аммиак, генераторные газы, содержащие различное количество водорода и углекислого газа, продукты сжигания газов. Концентрация водорода и оксида углерода определяет восстановительные свойства перечисленных газовых смесей. Существенное влияние на восстановительные свойства оказывает также степень очистки от паров воды. Высокими восстановительными свойствами обладает сухой и очищенный кислородом водород. Для пайки его применение ограничено из-за взрывоопасности. Его применяют только в тех случаях, когда иные газовые смеси не обеспечивают высокого качества паяных швов, например, при пайке высоколегированных сталей.

Азотно-водородная смесь дешевле чистого водорода, и, при определенных концентрациях водорода невзрывоопасна.

Водород и оксид углерода, составляющие основу восстановительных газовых смесей, хорошо восстанавливают оксиды меди, железа, никеля. Однако оксиды марганца, кремния и других металлов, входящих в состав легированных сталей они восстанавливают плохо. Поэтому в восстановительных средах на основе указанных газов практически не паяют нержавеющие и жаропрочные стали.

Оборудование для пайки в восстановительных газовых средах состоит из двух основных частей. Рабочей камеры, где выполняется нагрев и пайка. Как правило это печь. И установки для приготовления газовой смеси.

Применяют разные схемы оборудования для получения восстановительного газа. Одним из главных требований к нему является

минимальное содержание примесей в газовой смеси.

Нагрев металла под пайку в атмосфере водорода инициирует, кроме реакции восстановления оксидов растворение в расплаве припоя водорода, растворение в основном металле водорода и пр.

При растворении водорода в расплаве припоя последний становится хрупким и в нем развивается пористость при кристаллизации. Причем, при пайке насыщением расплава присадки водородом меньше, чем при сварке. Это обусловлено более низкими значениями температуры пайки, по сравнению с температурами сварки (плавдением).

Также охрупчивается при пайке в среде водорода и основной металл (медь). Также охрупчивают медь и другие восстановительные газы.

Поэтому медь в восстановительной атмосфере почти не паяют.

В среде фторида аммония производится пайка нержавеющей сталей и жаропрочных сплавов при температуре порядка 800° С. При этом происходит разложение окислов фтористым водородом и одновременно восстановление водородом. При получении газообразного флюса из фтористого аммония или фторбората аммония следует добиваться полного их разложения во избежание образования фтористого аммония из продукта неполного распада солей — аммиака и фтористого водорода. Этот фтористый аммоний высаживается на поверхности деталей, затрудняя процесс смачивания, и на всех рабочих поверхностях камеры пайки и трубопроводов. Полный распад фтористого аммония возможен при температуре 600—800°С, фторбората аммония — при температуре 850—950° С.

Высокая флюсующая активность у фторбората калия, и у продуктов его распада. Трехфтористый бор может применяться как активная добавка к нейтральным средам путем введения его в камеру пайки из баллонов, в которых она поставляется. Такие смеси обеспечивают процесс пайки нержавеющей сталей и некоторых жаропрочных сплавов при температурах 1000—1200° С.

Содержание кислорода в восстановительных газах достигает 0,1—0,5% и выше. Очистку газов от кислорода можно осуществить химическими поглотителями или каталитическим способом. В качестве активных поглотителей кислорода из газов служат желтый фосфор, губчатая медь, титановая губка и т. д.

Наилучшими поглощающими свойствами обладают платина и палладий, но применение этих металлов для очистки атмосфер нерентабельно. Установлено, что высокими каталитическими свойствами обладает дешевый и доступный минерал дунит, который и был использован для очистки азотоводородных атмосфер. Такая очистка удаляет примесь кислорода из газа и обеспечивает растекание серебряных припоев по поверхности легированных сталей при температурах 750—800° С.

Газообразные флюсы применяются как самостоятельные атмосферы и как активизирующая добавка к нейтральным и восстановительным атмосферам. Активными газообразными флюсами являются продукты распада фторидов и хлоридов металлов. Исходными продуктами для получения указанных сред служат KBF_4 и др.

Для предотвращения сильного обезуглероживания при пайке сталей нужно применять сухие атмосферы, содержание паров воды в которых не превышает 0,1%. Однако полностью предотвратить обезуглероживание не удается.

В процессе нагрева металла в водородосодержащей атмосфере кроме обезуглероживания происходит растворение водорода в расплавленном припое, основном металле, образование на поверхности металлов гидридов и т. д.

Очистка газов от примесей кислорода и паров воды. Недостатком способа удаления окислов в газовых средах является высокая температура пайки: 1100—1150°С для углеродистых сталей, 1150—1200°С для легированных сталей, 1200—1220°С для жаропрочных сплавов. Относительно низкие восстановительные свойства газов, применяемых для

пайки, объясняются наличием в них значительного количества примесей кислорода и паров воды. Для повышения активности восстановительных сред и для снижения температуры пайки необходимо производить тщательную очистку их от паров воды и кислорода.

Для осушки газов применяют адсорбенты типа силикагеля и алюмогеля. Силикагель обеспечивает получение точки росы -40°C , алюмогель -60°C . Для более глубокой осушки газовые среды дополнительно пропускают через фосфорный ангидрид, смешанный со стеклянной ватой. При этом достигается точка росы ниже -80°C . Еще более низкую точку росы до -100°C обеспечивает применение палладиевых катализаторов с последующим прохождением газа через активированный окисел алюминия.

Наряду с водородом и диссоциированным аммиаком широкое применение при пайке нашли газовые среды, представляющие из себя продукты неполного сгорания высококалорийных газов в смеси с воздухом. Применяют для получения таких газовых сред природный газ, генераторный газ, пропан и другие горючие газы.

Так как в этом случае сжигание происходит с поглощением тепла, подобные газовые смеси принято называть эндотермическими атмосферами.

Аммиак, используемый для приготовления подобной среды, транспортируют в баллонах в жидком состоянии. При пайке один баллон аммиака способен заменить 19 баллонов водорода той же емкости под давлением 150 кгс/см^2 . Следовательно применение аммиака не только менее опасно, но и более выгодно в экономическом отношении.

Более рентабельно получение азотоводородных смесей с низкой концентрацией водорода путем добавления к азоту небольшого количества водорода. Это имеет смысл особенно в тех случаях, когда азот получают на самом предприятии в качестве побочного продукта при выделении кислорода.

Азотоводородные смеси, полученные вышеуказанным путем, обычно содержат значительное количество влаги и следов кислорода, и поэтому их используют для пайки низкоуглеродистых сталей или подвергают дополнительно осушке и очистке.

Пайка в среде инертных газов обычно производится в контейнере при постоянной продувке. В качестве нейтральных атмосфер при пайке применяют инертные газы: аргон, гелий и азот [5].

Аргон всех трех марок применяют при пайке жаропрочных и нержавеющей сталей, вольфрама титана и других металлов. Для пайки титановых сплавов предпочитают аргон марки А, для сталей может быть использован аргон марок Б и В. Аргон всех трех марок может быть использован для пайки без дополнительной очистки от кислорода и влаги.

Продувка камеры пайки аргоном, подаваемым под некоторым избыточным давлением, необходима потому, что поток аргона в этом случае уносит с поверхности паяемой детали и из камеры пайки кислород и другие газообразные продукты, образующиеся при диссоциации окислов и других соединений.

В ряде случаев дефицитные аргон и гелий могут быть с успехом заменены более дешевым и доступным азотом. Недостаток азота, как газовой среды для пайки – на поверхности некоторых сталей могут образовываться хрупкие нитриды. Это опасно в случае пайки тонкостенных изделий, которые при этом теряют прочность.

Бесфлюсовую пайку в разреженном газе при давлениях не более 105 Па называют пайкой в вакууме. Если в замкнутом объеме печи или контейнера создать вакуум определенной степени разрежения, можно добиться того, чтобы парциальное давление кислорода стало меньше упругости диссоциации оксидов. При этом условии оксиды диссоциируют. Причем, повторное их образование при нагреве под пайку не имеет места из-за отсутствия в объеме кислорода. Пайку в вакууме, обычно применяют для пайки меди, высоколегированных и жаропрочных сталей никеля,

вольфрама, титановых сплавов. Содержащие в значительных количествах алюминий или хрома сплавы при пайке в условиях низкого и среднего вакуума требуют дополнительной подфлюсовки. Это обусловлено высокой устойчивостью оксидов алюминия и хрома. А испаряться они начинают только при температурах, близких к температуре их плавления.

Основными достоинствами пайки в вакууме являются высокая плотность металла шва, хорошее качество поверхности и товарный вид изделия. Главным недостатком пайки в вакууме является сложное и дорогостоящее оборудование и большая длительность процесса. Это обусловлено, в первую очередь, тем, что поддержание концентрации кислорода, требуемой для обеспечения разложения оксидов на поверхности паяной детали при температуре пайки, реализуется вакуумными насосами. Наибольшая глубина вакуума требуется для пайки сплавов, в составе которых содержится хром, алюминий, титан и другие элементы, образующие стойкие оксиды.

Анализ конструктивных особенностей изделия позволяет рекомендовать применение печного нагрева. Данный способ хорош применительно к условиям массового производства автомобильных двигателей. Однако, чтобы упростить оборудование выбираем вариант пайки в печи СНО в контейнере.

1.4 Анализ возможных систем припоев

При высокотемпературной пайке углеродистых, низколегированных и высокоуглеродистых сталей обычно используют припои на основе серебра, железа или меди [6,10], температура плавления которых 800...1150⁰С. Перечисленные припои также успешно применяют для пайки составного режущего инструмента, т.е. сочетания «сталь + твердый сплав».

При высокотемпературной пайке коррозионно-стойкой стали могут применяться припои на основе серебра, меди, никеля и припои систем медь-никель-кремний, никель-хром-марганец, медь-марганец-никель, никель-фосфор.

Серебро используемое в качестве припоя позволяет получать паяные соединения высокого качества при температуре меньшей рекристаллизации высоколегированных (нержавеющих) сталей. Поскольку серебро дефицитный и дорогостоящий металл применяют многокомпонентные припои, в которых в серебро добавляют медь, олово, цинк, марганец - системы Ag-Cu-Zn, Ag-Cu-Sn, Ag-Cu-Zn-Cd, Ag-Cu-Mn, Ag-Cu-P, Ag-Cu-Li и др.

Пайку сталей в некоторых случаях ведут припоями, основу которых составляет железо (системы Fe-Mn-C, Fe-Cr-Si-B, Fe-Mn-Cu-Ni-C-B-Si, Fe-Cr-Ni-B и др.). У перечисленных припоев главным недостатком является высокая (1150- 1250⁰C) температура нагрева под пайку. При этом происходит пережог стали, требуется большой расход электроэнергии, к материалам нагревателей и оснастки предъявляют высокие требования.

Широкое применение для пайки сталей нашли припои, основу которых составляет медь. Эти припои технологичны и не содержат дефицитных элементов. Вместе с тем, при пайке чистой медью требуется высокая, до 1100-1150⁰C температура нагрева. При пайке чистой медью прочностные характеристики паяных соединений находятся в широком диапазоне, от 190 МПа, до 350 МПа, при испытаниях на растяжение. При испытаниях образцов на срез прочность паяных соединений составляет 150-170 МПа, существенно меньше прочности сталей.

Чтобы снизить температуру пайки и увеличить прочность пайку ведут сплавами меди. В основном это сплав меди и цинка – латунь и системы Cu-Mn, Cu-Ni, Cu-Mn-Ni, Cu-Mn-Ni-Ag, Cu-Ni-Si-Fe, Cu-Mn-Ni-Si-Fe-Co, Cu-Mn-Ni-Fe. В данные системы могут добавлять бор, литий, цинк, фосфор, калий, натрий, алюминий.

Низкой температурой плавления и высокой жидкотекучестью обладают сплавы меди с фосфором в количестве 4-9%. Например, эвтектика содержащая 8,25% фосфора, обладает температурой плавления 707⁰C. Для дальнейшего уменьшения температуры плавления и повышения

пластических характеристик в эвтектику медь-фосфор добавляют олово и цинк. Все же пайку сталей меднофосфорными припоями ведут редко. Такие припои применяют для изделий, на которые не действуют вибрационные и ударные нагрузки, так как в паяном шве образуются хрупкие фосфиды железа, снижающие пластичность и охрупчивающие паяный шов.

В некоторых случаях, для получения пластичного соединения наносят на паяемую поверхность барьерное покрытие, гальваническим путем, например. Наносят слой никеля, меди [8]. При пайке нержавеющей стали 12Х18Н10Т с медью М1 толщина медного покрытия на стали должна составлять 75 мкм [8]. Увеличивать толщину сверх указанного значения нецелесообразно, так как механические характеристики в лучшую сторону не меняются, а при меньших толщинах появляются фосфиды.

Улучшают характеристики паяного соединения при использовании сплавов медь-фосфор добавками никеля в количестве 4-15%. При этом предотвращается образование сплошного слоя фосфидов, но значительно увеличивается температура пайки.

Для пайки сталей нашли широкое применение латуни, сплавы меди и цинка. На механические свойства латуней существенное влияние оказывает содержание цинка [5]. При увеличении содержания цинка в латуни до 30-32% растут прочность и пластичность. Но из-за появления хрупких фаз β - и особенно γ - при большем содержании цинка снижается пластичность, и при содержании цинка более 45% начинает снижаться и прочность. Поэтому в качестве припоев применяют латунные припои Л63 и Л68. Применять латунные припои с высоким содержанием цинка, можно для пайки изделий, на которые не действуют ударные нагрузки, изгиб и вибрация.

Существенно расширяют технологические возможности латунных припоев вводя в двухкомпонентную латунь легирующие добавки. Легируют двухкомпонентные латуни алюминием, марганцем, железом, никелем, при этом улучшаются механические характеристики латуней, их теплостойкость

[7,8]. Добавки в латуни олова и кремния улучшают технологические свойства латуней, обеспечивают высокую плотность паяного шва [8].

Значительно улучшает механические свойства латуни легирование никелем. Припой системы Cu-Ni-Zn содержат от 3-10% никеля [10]. Высокую прочность паяных соединений обеспечивает сплав содержащий 45-47%Cu, 43-45%Zn, 10%Ni, называемый "нейзильбер" [6,7].

При пайке деталей с широкими, свыше 0,6 мм зазорами по причине высокой жидкотекучести латуней возможны определенные проблемы. Поэтому при использовании латунных припоев требования под сборку ужесточаются, или для предотвращения вытекания припоя из широких зазоров вводят в припой компоненты, которые расширяют температурный интервал плавления [6]. К таким компонентам относится, как раз, никель. Его добавки предотвращают вытекание из широких зазоров латунных припоев.

Вводя в латуни кремний, позволяющий снизить испарение цинка не могут избежать образования прослойки хрупкого соединения Fe_3Si на границе стали и паяного шва, которая охрупчивает.

Вводя в латуни марганец добиваются повышения прочности и уменьшения температуры пайки. Припой с содержанием марганца в пределах 10-20%, полностью расплавляются в диапазоне температур 850-900°C [8]. При содержании марганца свыше 20% пластичность латуни снижается [7].

Вводя в латуни олово можно снизить температуру пайки, повысить коррозионную стойкость в морской воде, увеличить жидкотекучесть и растекаемость припоя. Латуни, содержащие 10%Sn полностью расплавляются при 810°C [8]. Но при больших количествах содержания олова латунь также охрупчивается.

Снижение температуры пайки медно-цинковыми припоями можно добиться вводя в них индий в количестве 1-5% [3]. При этом не происходит снижения механических характеристик припоя и паяного соединения. У латуней, содержащих до 34% Zn и 5%In, однофазная (α -фаза) структура [3].

Теплостойкость паяного соединения можно повысить вводя в латунь хром [5,6]. Температура плавления эвтектики Cu-Cr (содержит 8,4% Cr) составляет 1075°C.

Для получения паяных соединений тяжело нагруженных изделий из сталей применяют латуни легированные двумя и более компонентами [4,6,8]. При применении таких латуней снижается и температура нагрева при пайке.

Таким образом для пайки нашего изделия можно рекомендовать латунь. Латунь широко применяют для пайки стальных изделий. Она недорога и не содержит дефицитных компонентов. Температура плавления латуни составляет 900-1000°C.

1.5 Задачи работы

Таким образом, можно следующим образом сформулировать следующие задачи, последовательное выполнение которых позволит достичь цели бакалаврской работы:

1. разработать методику исследований свойств соединений из стали 40х. паяных в печах в контейнере;
2. выдать технологические рекомендации;
3. разработать технологический процесс пайки ротора; подобрать необходимое оборудование.

2 Разработка технологического процесса пайки

Технологический процесс изготовления ротора двигателя внутреннего сгорания включает в себя следующие основные операции:

- механическая обработка;
- подготовка к пайке;
- загрузка паяемых изделий в контейнер;
- нагрев и выдержка;
- охлаждение;
- контроль.

Первый этап технологического процесса предварительная обработка пластин ротора.

Для подготовки паяемой поверхности к пайке достаточно проводить обезжиривание щелочными растворами или органическими растворителями. Поверхность пластин рекомендуется обезжиривать путем протирания ветошью, смоченной растворителем органическим или изделие опускают в ванну с щелочным растворителем. Затем на паяемую поверхность наносим припой, пасту ППВС. Для подачи припоя на паяемую поверхность ровным слоем применяем насос PREMIER. Следует контролировать, чтобы слой нанесенной пасты был равномерным.

По периметру, чтобы пластинки не перекашивались фиксируем технологическим пробками из коррозионно-стойкой стали.

Подготовленное к пайке изделие укладываем в контейнер, туда же засыпаем карбюризатор, который обеспечит нам атмосферу защитную, и не будет сильного окисления, укладываем цинк, который будет испаряться и не даст испаряться цинку из припоя. Кроме того, цинк совместно с карбюризатором будет связывать кислород воздуха, обеспечивая защитную атмосферу. Затем закрываем контейнер крышкой. По периметру затвора засыпаем смесь песка и карбюризатора в соотношении 50%/50%.

Следующий этап – нагрев изделия. Контейнер загружаем в

электropечь, предварительно разогретую до температуры 1000°C. Это необходимо для быстрого прогрева паяемого изделия. Затем производим нагрев до температуры на изделии 950°C. При этой температуре латунь расплавится, по достижении температуры на изделии 950°C делаем выдержку 10 минут, чтоб припой хорошо заполнил зазоры, и выключаем нагреватели печи. Охлаждаем изделие в печи до температуры кристаллизации припоя. Это будет 850°C. Затем извлекаем контейнер из печи, охлаждаем уже на открытом воздухе до температуры 50-70°C и открываем крышку.

Контроль запаянного изделия проводим визуально. Непропаи, трещины пластин ротора не допускаются..

3 Подбор оборудования для пайки

Основное оборудование применяемое при реализации технологического процесса пайки ротора это электропечь.

Учитывая, что предусмотрена пайка в контейнере, в котором восстановительная атмосфера образуется непосредственно во время термического цикла пайки за счет специальных технологических приемов, применяем печь с окислительной средой, так как она подешевле и не требуется оборудование для приготовления и контроля газовых сред.

В качестве источника тепла в нашем случае применяем электрические нагреватели. В результате останавливаем выбор на электропечи СНО-5.5.10/10. Габариты рабочего пространства печи 500x500x100 мм. Таким образом, контейнер с ротором поместится в печь без проблем. Рабочая температура составляет 1000°C, что нас вполне устроит.

Нагревательная камера данной печи представляет собой металлический корпус, футерованный огнеупорным и теплоизоляционным материалами. В качестве огнеупорного материала использован полновесный корунд марки КО и высокоглиноземистый легковесный шамот ВГЛ-1,3, теплоизоляция выполнена из ультралегковесного шамота марки ШЛБ-0,4. На боковых стенках футеровки имеются ниши, в которых устанавливают нагреватели нихромовые. Нагревательная камера закрыта защитным кожухом (исполнение М1). Для определения температуры по длине рабочего пространства в камере установлена термопара. Для того, чтобы при нагреве в печи температура поддерживалась в заданных оператором диапазонах, предусмотрены несколько способов регулирования температуры. Во первых, в автоматическом режиме возможно осуществление регулирования температуры посредством программатора ПРУ. Во вторых, с помощью электронного потенциометра КСП1 и системы САПТ. И в третьих с помощью регулятора РУ.

4 Безопасность и экологичность проекта.

4.1 Технологическая характеристика объекта.

Тема выпускной работы бакалавра: «Разработка технологии пайки узлов перспективного автомобильного двигателя.»

Участок пайки показан на рисунке 4.1.

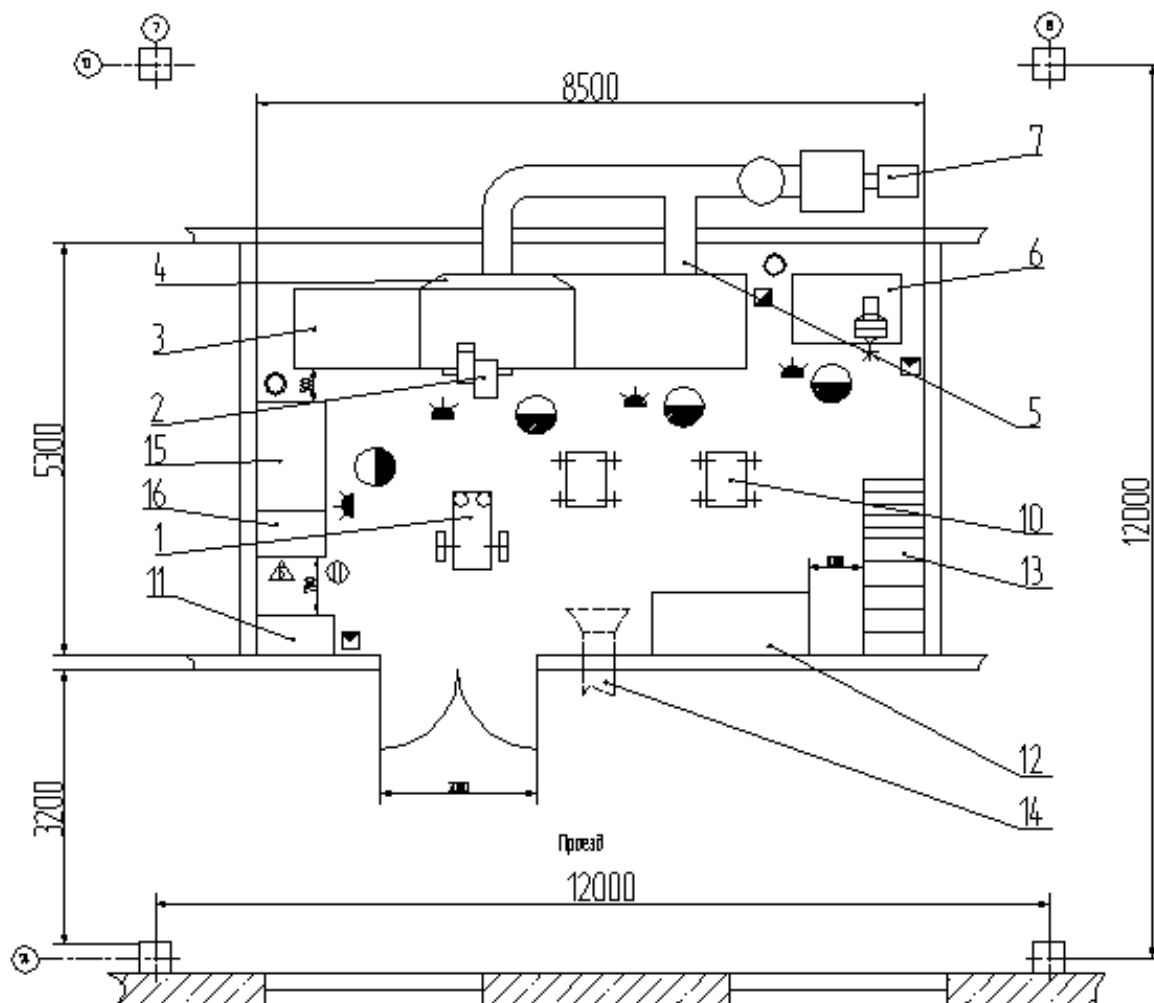


Рисунок 4.1 - Схема участка пайки

Спецификация оборудования участка представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

Технологическая операция , вид выполняемых работ	Должность работника, выполняющего данную технологическую операцию	Оборудование, устройства и приспособления, применяемые при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1. Подготовка пластин ротора к пайке	Слесарь-сборщик	Ванночка с раствором для обезжиривания	Круг абразивный, щётка металлическая
2. Сборка пластин в ротор, нанесение припоя	Слесарь-сборщик	Стол сборщика, насос PREMIER, пистолет IVATO FG-61.	Паста ППВС.
3. Осуществление укладка заготовки ротора в контейнер, герметизация затвора, параллельно разогрев печи до температуры пайки	Слесарь-сборщик	Контейнер, стол сборщика, совок, электропечь типа СНО, тигель керамический	Карбюризатор, песок, цинк в гранулах.
4. Пайка	Слесарь-сборщик	Электропечь типа СНО, устройство для загрузки контейнера в печь	-
5. Проведение контроля качества паяных стыков ротора	Дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю	Ультразвуковой дефектоскоп Olympus NDT EPOCH 1000i	-

4.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство

Таблица 4.2 –Профессиональные риски, сопровождающие осуществление проектной технологии

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасного или вредного производственного фактора
1	2	3
1. Подготовка пластин ротора к пайке	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - испарения от раствора для обезжиривания пластин ротора 	Ванночка с раствором для обезжиривания
2. Сборка пластин в ротор, нанесение припоя	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов 	Стол сборщика, насос PREMIER, пистолет IVATO FG-61.
3. Осуществление укладки заготовки ротора в контейнер, герметизация затвора, параллельно разогрев печи до температуры пайки	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение уровня ультразвуковых волн в рабочей зоне; - повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне 	Контейнер, стол сборщика, совок, электропечь типа СНО, тигель керамический
4. Пайка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека 	Электропечь типа СНО, устройство для загрузки контейнера в печь

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
5. Проведение контроля качества паяных стыков ротора	- повышенный уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне	Ультразвуковой дефектоскоп Olympus NDT EPOCH 1000i

4.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии

Таблица 4.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Наименование предлагаемого организационного мероприятия и технического средства, осуществляющего защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1	2	3
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Нанесение предостерегающих надписей, соответствующая окраска, применение ограждения	-
3. Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Повышенное значение уровня ультразвуковых волн в рабочей зоне;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
6. Повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
7. Повышенный уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны контроля с использованием щитов, удаление источника излучения от оператора и снижение времени пребывания в опасной зоне оператора	-

4.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 4.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

Наименование первичного средства для осуществления тушения	Наименование мобильного средства для осуществления тушения	Наименование стационарных систем и установок для	Наименование пожарной автоматики	Наименование пожарного оборудования, применяющегося для	Наименование средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при	Наименование пожарного инструмента	Наименование пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОВП-80	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре

Таблица 4.5 – Проведение организационных и технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Подготовка пластин ротора, сборка, укладка в контейнер, пайка и контроль качества паяных соединений	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	Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов для ограничения разлёта искр.

4.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 4.6 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Реализуемый технологический процесс	Составляющие операции технологического процесса	Отрицательное влияние технического объекта на атмосферу	Отрицательное влияние технического объекта на гидросферу	Отрицательное влияние технического объекта на литосферу
Подготовка дефекта, заварка сварка дефекта и контроль качества	Подготовка, сборка, сварка	газообразные частицы и сажа, которые выделяются при сварке	-	упаковка от проволоки и бумажная и полиэтиленовая; металлолом, преимущественно стальной; бытовой мусор.

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

Наименование технического объекта	Пайка ротора двигателя
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Необходимо предусмотреть установку контейнеров, позволяющих селективный сбор бытового мусора и производственных отходов. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди производственного персонала по вопросу правильного складывания в контейнеры мусора и отходов.

4.6 Заключение по экологическому разделу

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление

которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов. В результате проведения этого анализа установлено, опасные и вредные производственные факторы могут быть устранены или уменьшены до необходимого уровня с применением стандартных средств безопасности и санитарии производства. Отсутствует необходимость в разработке дополнительных средств защиты. Внедрение проектной технологии в производство сопровождается угрозами экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

·
·

5 Экономическая эффективность проекта

5.1 Определение трудоемкости и длительности выполнения каждого этапа работ

Таблица 5.1 – Наименование стадий и содержание этапов НИР

№ стадии	Наименование стадии НИР	№ этапа	Содержание этапов работы
1.	Ознакомление с существующими методами высокотемпературной пайки сталей	1.1	Составление плана НИР.
		1.2.	Расчет плановой сметы предпроизводственных затрат.
		1.3	Ознакомление с технологией печной высокотемпературной пайки..
		1.4.	Обзор информации по исследованиям в области высокотемпературной пайки.
2.	Подготовка к проведению экспериментов	2.1.	Разработка конструкции контейнера для высокотемпературной пайки..
		2.2.	Изготовление контейнера и образцов для пайки.
		2.3.	Разработка программы проведения экспериментов
3.	Проведение экспериментов и их анализ	3.1.	Пайка образцов.
		3.2.	Построение графиков зависимости прочности и растекания от технологических факторов.
		3.3.	Анализ результатов и формулировка выводов и рекомендаций.
4.	Оформление результатов НИР	4.1.	Оформление и согласование результатов.
		4.2.	Составление фактического графика работ и анализ причин его отклонения от плана.
		4.3.	Расчет фактически произведенных предпроизводственных (текущих) затрат.
		4.4	Определение непроизводительных затрат (резервов времени).

Расчетная формула для определения ожидаемой трудоемкости выполнения каждого этапа работы (дни):

$$T_{ож} = \frac{3T_{\min} + 2T_{\max}}{5} \text{ (дн.)} \quad (5.1)$$

где T_{\min} — трудоемкость наименьшей продолжительности;

T_{\max} — трудоемкость максимальной продолжительности.

$$T_{ож1.1} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \approx 1,5$$

$$T_{\text{ож1.2}} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2,4 \approx 2,5$$

$$T_{\text{ож1.3}} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8 \approx 4$$

$$T_{\text{ож1.4}} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 5}{5} = 4,4 \approx 4,5$$

$$T_{\text{ож2.1}} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 5}{5} = 4,4 \approx 4,5$$

$$T_{\text{ож2.2}} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8 \approx 5,0$$

$$T_{\text{ож2.3}} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 5}{5} = 4,4 \approx 4,5$$

$$T_{\text{ож3.1}} = \frac{3 \cdot 15 + 2 \cdot 20}{5} = 17$$

$$T_{\text{ож3.2}} = \frac{3 \cdot 10 + 2 \cdot 20}{5} = 14$$

$$T_{\text{ож3.3}} = \frac{3 \cdot 10 + 2 \cdot 15}{5} = 12$$

$$T_{\text{ож4.1}} = \frac{3 \cdot 10 + 2 \cdot 15}{5} = 12$$

$$T_{\text{ож4.2}} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2,4 \approx 2,5$$

$$T_{\text{ож4.3}} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8 \approx 4,0$$

$$T_{\text{ож4.4}} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2,4 \approx 2,5$$

Расчетная длительность выполнения каждого этапа работ определяется согласно зависимости, в днях:

$$T_{\text{эт}} = \frac{T_{\text{ож}}}{\text{Ч}} \text{ (дн.)}, \quad (5.2)$$

где Ч – численность исполнителей на данном этапе.

$$T_{\text{эт1.1}} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \approx 1$$

$$T_{\text{эт}1.2} = \frac{2,5}{2} = 1,25 \approx 1,5$$

$$T_{\text{эт}1.3} = \frac{4}{2} = 2$$

$$T_{\text{эт}1.4} = \frac{4,5}{2} = 2,25 \approx 2,5$$

$$T_{\text{эт}2.1} = \frac{4,5}{2} = 2,25 \approx 2,5$$

$$T_{\text{эт}2.2} = \frac{5}{2} = 2,5$$

$$T_{\text{эт}2.3} = \frac{4,5}{2} = 2,25 \approx 2,5$$

$$T_{\text{эт}3.1} = \frac{17}{3} = 5,6 \approx 6$$

$$T_{\text{эт}3.2} = \frac{14}{3} = 4,6 \approx 5$$

$$T_{\text{эт}3.3} = \frac{12}{3} = 4$$

$$T_{\text{эт}4.1} = \frac{12}{2} = 6$$

$$T_{\text{эт}4.2} = \frac{2,5}{2} = 1,25 \approx 1,5$$

$$T_{\text{эт}4.3} = \frac{4}{2} = 2$$

$$T_{\text{эт}4.4} = \frac{2,5}{2} = 1,25 \approx 1,5$$

Сложив определенные расчетами выше значения времени получим суммарную продолжительность научно-исследовательской работы.

$$T_{\text{нир}} = \sum T_{\text{эт}} = 1 + 1,5 + 2 + 2,5 + 2,5 + 2,5 + 2,5 + 6 + 5 + 4 + 6 + 1,5 + 2 + 1,5 = 40,5$$

дней

Удельный «вес» всех этапов выполнения научно-исследовательской работы определим по зависимости:

$$U_{\text{д.эт.}} = \frac{T_{\text{эт}}}{T_{\text{нир}}} \cdot 100\% \quad (5.3)$$

$$Уд.эт.1.1 = \frac{1}{40,5} \cdot 100\% = 2,4\%$$

$$Уд.эт.1.2 = \frac{1,5}{40,5} \cdot 100\% = 3,7\%$$

$$Уд.эт.1.3 = \frac{2}{40,5} \cdot 100\% = 4,8\%$$

$$Уд.эт.1.4 = \frac{2,5}{40,5} \cdot 100\% = 6,17\%$$

$$Уд.эт.2.1 = \frac{2,5}{40,5} \cdot 100\% = 6,17\%$$

$$Уд.эт.2.2 = \frac{2,5}{40,5} \cdot 100\% = 6,17\%$$

$$Уд.эт.2.3 = \frac{2,5}{40,5} \cdot 100\% = 6,17\%$$

$$Уд.эт.3.1 = \frac{6}{40,5} \cdot 100\% = 14,81\%$$

$$Уд.эт.3.2 = \frac{5}{40,5} \cdot 100\% = 12,34\%$$

$$Уд.эт.3.3 = \frac{4}{40,5} \cdot 100\% = 9,87\%$$

$$Уд.эт.4.1 = \frac{6}{40,5} \cdot 100\% = 14,81\%$$

$$Уд.эт.4.2 = \frac{1,5}{40,5} \cdot 100\% = 3,7\%$$

$$Уд.эт.4.3 = \frac{2}{40,5} \cdot 100\% = 4,8\%$$

$$Уд.эт.4.4 = \frac{1,5}{40,5} \cdot 100\% = 3,7\%$$

$$Уд.эт.4.5 = \frac{1,5}{40,5} \cdot 100\% = 3,7\%$$

Таблица 5.2 – Сводная таблица результатов расчетов

№ п/п	Удельн. значен. этапа %	Наращение техническ. готовности	Ожидаемая трудоемк. (дн).	Кол-во одноврем. работающ	Длит-ть этапа Т эт
1	2	3	4	5	6
1.1	2,4	2,4	1,5	2	1
1.2	3,7	6,1	2,5	2	1,5
1.3	4,8	10,9	4	2	2
1.4	6,17	17,07	4,5	2	2,5
2.1	6,17	23,24	4,5	2	2,5
2.2	6,17	29,41	4,5	2	2,5
2.3	6,17	35,58	4,5	2	2,5
3.1	14,81	50,39	17	3	6
3.2	12,34	62,73	14	3	5
3.3	9,87	72,70	12	3	4
4.1	14,81	87,51	12	2	6
4.2	3,7	91,31	2,5	2	1,5
4.3	4,8	96,31	4	2	2
4.4	3,7	100	2,5	2	1,5
					40,5

5.2 Расчет предпроизводственных, капитальных и приведенных затрат на проведение исследований

Для расчетного определения предпроизводственных затрат на проведение научно-исследовательской работы воспользуемся следующей зависимостью:

$$Z_{\text{тек}} = Z_M + \text{ФЗП} + O_{\text{с.н}} + Z_{\text{э-э}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{пр}} + \text{НР} \quad (5.4)$$

где Z_M – стоимость материалов для проведения экспериментальных исследований, основных и вспомогательных;

ФЗП – выплачиваемая по результатам выполняемых работ заработная плата, персоналу, непосредственно принимающему участие в проведении экспериментальных исследований;

$O_{\text{с.н}}$ – отчисления на социальные нужды;

$Z_{\text{э-э}}$ – затраты на электроэнергию для выполнения исследований;

$Z_{об}$ – затраты, связанные с эксплуатацией оборудования;

$Z_{пр}$ – прочие затраты, в которые входит аренда помещений, приобретение образцов или макетов (связанны со спецификой исследования);

НР – накладные расходы (расходы на оплату работы управленческого персонала и охрану труда).

Затраты на основной и вспомогательный материал

$$ZМ = ZМ_{осн} + ZМ_{всп} \quad (5.5)$$

где $ZМ_{осн}$ – затраты на основной материал;

$ZМ_{всп}$ – затраты на вспомогательный материал.

Затраты на основной материал для выполнения НИР рассчитываются по формуле:

$$ZМ_{осн} = N_p \cdot Ц_m \cdot U \quad (5.6)$$

где N_p – норма расхода основного материала на один образец для испытаний;

$Ц_m$ – оптовая цена 1 кг основного материала, сталь 3 10 руб/кг, сталь 12Х18Н10Т 40 руб/кг;

U – количество образцов, испытанных по полной программе, 30 шт.

Затраты на вспомогательный материал укрупнено принимаем равными 20% от затрат на основной материал:

$$ZМ_{всп} = 0,2 \cdot ZМ_{осн} \quad (5.7)$$

Таблица 5.3 – Затраты на материалы

№ п/п	Материал	Цена материала $Ц_m$	Норма расхода		Значение, руб.
1	Сталь 3	10 руб./кг.	1		10
2	12Х18Н10Т	40 руб./кг.	5		200
					210
3	Вспомогательные матер.	-	20%		42
Итого:					252

Для расчетного определения расходов на заработную плату персонала, непосредственно занятого в проведении экспериментальных исследований воспользуется зависимостью:

$$\Phi ЗП = ЗПЛ_{\text{осн}} + ЗПЛ_{\text{доп}} \quad (5.8)$$

где $ЗПЛ_{\text{осн}}$ – основная заработная плата научно-технического персонала;
 $ЗПЛ_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата научно-технического персонала.

Для расчетного определения основной заработной платы персонала, непосредственно занятого в проведении экспериментальных исследований воспользуемся зависимостью:

$$ЗПЛ_{\text{осн}} = \Sigma T_{\text{раб}} \cdot C_{\text{д}} \cdot k_{\text{пр}} \cdot И \quad (5.9)$$

где $\Sigma T_{\text{раб}}$ – суммарное время работы каждого участника НИР по всем этапам (в днях);

$C_{\text{д}}$ – дневная ставка каждого участника НИР, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – коэффициент премиальных доплат (можно принять =1,4);

$И$ – количество исполнителей на каждом этапе, чел.

Зарботная плата преподавателя

$$ЗПЛ_{\text{осн}} = 40,5 \cdot 800 \cdot 1,4 \cdot 1 = 45360 \text{руб.}$$

Зарботная плата лаборанта

$$ЗПЛ_{\text{осн}} = 40,5 \cdot 400 \cdot 1,4 \cdot 1 = 22680 \text{руб.}$$

Зарботная плата техника

$$ЗПЛ_{\text{осн}} = 15 \cdot 450 \cdot 1,4 \cdot 1 = 9450 \text{руб.}$$

Для расчетного определения дополнительной заработной платы персонала, непосредственно занятого в проведении экспериментальных исследований воспользуемся зависимостью:

:

$$ЗПЛ_{доп} = 0,1 \cdot ЗПЛ_{осн} \quad (5.10)$$

$$ЗПЛ_{доп} = 0,1 \cdot 77490 = 7749 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП = 77490 + 7749 = 85239 \text{ руб.}$$

Для расчетного определения отчислений на социальные нужды воспользуемся зависимостью:

:

$$O_{с.н.} = \frac{N_{соц.} \cdot \Phi ЗП}{100} \quad (5.11)$$

где $N_{соц.}$ – норма отчислений на социальные нужды = 36%.

$$O_{с.н.} = \frac{36 \cdot 85239}{100} = 30686,04 \text{ руб.}$$

Для расчетного определения затрат на электрическую энергию, расходуемую при проведении экспериментальных исследований воспользуемся зависимостью:

:

$$З_{э-э} = \frac{M_{об} \cdot t_{исп}}{\eta} \cdot Ц_{э-э} \quad (5.12)$$

где $M_{об}$ – принятые значения мощности, 24 кВт печь 1 кВт компьютер;

$t_{исп}$ – время проведения испытаний, час (рассчитывается по длительности этапов 3.1 – пайка образцов, электропечь, и 3.2 – обработка результатов на компе);

η – коэффициент полезного действия оборудования (0,8);

$Ц_{э-э}$ – цена 1 кВт·часа электроэнергии = 2,2 руб.

Таблица 5.4 – Затраты на электроэнергию

№ п\п	Оборудование	$M_{об}$, кВт	$t_{исп}$, ч	$Ц_{э-э}$, руб./кВт×ч	КПД	$З_{э-э}$, руб.
1.	Компьютер, монитор 15"	1	40	2,2	0,8	110
2.	Электропечь СНО	24	48	2,2	0,8	3168
Итого затраты на электроэнергию						3278

Для расчетного определения затрат на эксплуатацию оборудования, используемого при проведении экспериментальных исследований воспользуемся зависимостью:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{т.р} \quad (5.13)$$

$A_{об}$ – амортизационные отчисления, связанные с эксплуатацией оборудования;

$P_{т.р}$ – расходы на текущий ремонт оборудования;

Для расчетного определения амортизационных отчисления на оборудование, задействованное при проведении экспериментальных исследований, воспользуемся зависимостью:

:

$$A_{об} = \Sigma Ц_{об} \cdot \frac{N_a \cdot t_{исп}}{\Phi_{эф} \cdot 100} \quad (5.14)$$

где N_a – норма амортизации по применяемому технологическому оборудованию, 24 %;

$\Sigma Ц_{об}$ – суммарная цена оборудования, необходимого для проведения исследований, комп 15000 руб. печь 45000 руб;

$\Phi_{эф}$ – эффективный фонд времени работы оборудования (можно принять равным 1903 часа);

$t_{исп}$ – время проведения испытаний, час (рассчитывается по длительности этапов 3.1 и 3.2).

Таблица 5.5 – Затраты на амортизацию

№ п/п	Оборудование	Ц _{об} , руб.	N _а , %.	t _{исп} , часов	Φ _{эф} , часов	Значение руб.
1.	Компьютер, монитор 15"	15000	24	40	1903	75
2.	Электропечь СНО	45000	24	48	1903	272
Итого						347

Для расчетного определения расходов на текущий ремонт оборудования, задействованного при проведении экспериментальных

исследований, воспользуемся зависимостью:

:

$$P_{\text{т.р}} = \frac{\Sigma \Pi_{\text{об.}} \cdot N_{\text{т.р}} \cdot k_3}{100 \cdot \Phi_{\text{эф}}} \quad (5.15)$$

где $N_{\text{т.р}}$ – норма отчислений на текущий ремонт оборудования (принимаем равной 35%).

k_3 – коэффициент загрузки оборудования $k_3 = \frac{t_{\text{исп.}}}{\Phi_{\text{эф}}}$.

Таблица 5.6 – Затраты на ремонт

№ п/п	Оборудование	Ц _{об} , руб.	Н _{т.р} , %.	К _з ,	Значение руб.
3.	Компьютер, монитор 15"	15000	35	0,02	0,05
4.	Электропечь СНО	45000	35	0,025	0,20
Итого					0,25

$$Z_{\text{об}} = 347 + 0,25 = 347,25 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{тек}} = 252 + 85239 + 30686,04 + 3278 + 347,25 = 119802,29 \text{ руб.}$$

Для расчетного определения капитальных затрат воспользуемся зависимостью:

:

$$K = \Sigma \Pi_{\text{пр.об}} + \Sigma \Pi_{\text{изг}} + P_{\text{т.м}} \quad (5.16)$$

где $\Sigma \Pi_{\text{пр.об}}$ – рыночная стоимость приобретенного для проведения экспериментальных исследований оборудования;

$\Sigma \Pi_{\text{изг}}$ – стоимость изготовленного в условиях мастерских Тольяттинского государственного университета оборудования;

$P_{\text{т.м}}$ – затраты на транспортировку и монтаж оборудования.

Затраты на транспортировку оборудования принимаем:

$$P_{\text{т}} = 0,05 \cdot \Pi_{\text{пр.об}}$$

Затраты на монтаж оборудования принимаем:

$$P_M = 0,02 \cdot C_{\text{пр.об}}$$

$$P_T = 0,05 \cdot (15000 + 45000) = 3000 \text{ руб.}$$

$$P_M = 0,02 \cdot (15000 + 45000) = 1200 \text{ руб.}$$

$$K = 60000 + 3000 + 1200 = 64200 \text{ руб.}$$

Расчет приведенных, т.е. общих затрат на проведение НИР

$$Z_{\text{прив}} = Z_{\text{тек}} + K = 119802,29 + 64200 = 184002,29 \text{ руб.}$$

Заключение по разделу

Анализ запланированных исследований для разработки технологического процесса высокотемпературной пайки ротора показал, что на их проведение потребуется 40,5 дней.

Затраты на проведение этих исследований составят 184002,29. Большая часть затрат – это будет заработная плата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения работы проанализированы возможные способы пайки ротора перспективного двигателя. Подобран припой и способ пайки пластин, составляющих ротор. Поскольку пайка ведется экспериментальная, высокая производительность здесь не требуется, то такие способы как пайка погружением, в силу имеющихся недостатков, отклонены.

По припою решено использовать недорогие латуни, температура пайки ими невысока, и они обеспечивают заданную прочность. Но при печном нагреве цинк из латуни испаряется, так как упругость его паров высока, а нагрев в печи идет медленно. Поэтому предложено паять в контейнере с введением туда паров цинка.

Разработан опытный технологический процесс пайки и для реализации его предложено оборудование.

Ожидаемый годовой экономический эффект составит 790903 руб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник конструктора и технолога / сост. В. М. Михин, Б. Е. Кобызев, В. В. Михайленко. - Королев : ЦНИИМАШ, 2000. - 582 с.
2. 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.
3. Цепенев Р. А. Автоматическое управление процессом сварки : учеб. пособие / Р. А. Цепенев ; ТолПИ ; Каф. "Оборуд. и технология сварочного пр-ва". - Тольятти : ТолПИ, 2001. - 76 с.
4. Корольков П. М. Термическая обработка сварных соединений трубопроводов и аппаратов, работающих под давлением / П. М. Корольков. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Стройиздат, 1987. - 233 с.
5. Прыкин Б. В. Технология металлов и сварки : учеб. для вузов по спец. "Пр-во строит. изделий и конструкций" / Б. В. Прыкин. - Киев : Вища шк., 1978. - 240 с. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник / Р.А. Фахрутдинов. – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
6. Акшенцева А. П. Структура и свойства никельмолибденовых коррозионностойких сплавов : (с атласом микроструктур) : справочник / А. П. Акшенцева. - Москва : СП Интермет Инжиниринг, 1999. - 204 с.
7. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
8. Колганов Л. А. Сварочное производство : учеб. пособие / Л. А. Колганов. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. - 504 с.
9. Уткин И.Ю. Роль микролегирующих элементов в формировании механических свойствоколошовной зоны при сварке прямошовных труб большого диаметра групп прочности Х70-Х80. Автореферат диссертации кандидата технических наук. Москва: 2011. – 27 с.
10. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций [Текст] / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.

11. Singleton O.R., McNamara P. Aluminum vacuum brazing – materials and surfase effects // Aluminum (BRD). - 1974. - 50. №6. - P. 407-410.
12. Takemoto T., Nakamura H., Ukuo O. Vacuum brazing of titanium with aluminium filler metals. // Keikinzoku journal of the light metal welding and construction Japan light metal welding. 1986, - №10.
13. Чебац В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие [Текст] / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
14. Красовский А.М. Основы проектирования сварочных цехов [Текст] / А.М. Красовский. – М.: Машиностроение, 1979 – 319 с.
15. Волченко В.Н. Сварка и сварочные материалы, том . 1 [Текст] / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1991 – 527 с.
16. Ключев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика [Текст] /В.В. Ключев. - М.: Машиностроение, 1995. - 390 с.
17. Александров А.Р. Источники питания для дуговой сварки [Текст] / А.Р. Александров, В.С. Милютин. - М.: Машиностроение, 1982-427 с.
18. Osawa T. Vapor phaze brazing of copper plated carbon steel in a zinc vapor // Welding Journal. - 1981. - 60. - №11. - P. 215 s - 218 s.
19. Выбойщик Л. М., Лучкин Р. С., Платонов С. Ю. Структурный фактор коррозионно-механической прочности сварных соединений нефтепромысловых труб // Сварочное производство. - №6 - 2008, с 12-17.
20. Schmatz D.I., Winterbottom W.Z. A fluxless process for brazing aluminum heat exchangers in inert gas // Welding Journal. - 1983. - 62. - № 10. - P. 31-38.
21. Ефименко Л. А., Капустин О. Е., Илюхин В. Ю., Коновалова О. В. — Анализ склонности трубных сталей различной категории прочности к термомодеформационному старению // Сварочное производство. 2008. №1 — С. 10-12.
22. Федосеева Е.М. Повышение качества сварных соединений сталей трубного назначения для обеспечения эксплуатационной безопасности магистральных трубопроводов : диссертация ... кандидата технических

наук : 05.02.10 / Федосеева Елена Михайловна; [Место защиты: Перм. гос. техн. ун-т]. - Пермь, 2011. - 140 с.

23. Уткин И.Ю. Роль микролегирующих элементов в формировании механических свойств околошовной зоны при сварке прямошовных труб большого диаметра групп прочности X70–X80: диссертация ... кандидата Технические наук: 05.16.01 / Уткин Иван Юрьевич; [Место защиты: Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина].- Москва, 2016.

24. Bollenrath F., Metzger G. The brazing of titanium to aluminium // Welding Journal.- 1963.-№10.-P. 42.