

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 Исследование и разработка технологии пайки узлов двигателя
внутреннего сгорания

Студент(ка)

Д.Е. Рудаков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.Ю. Краснопевцев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

И.В. Дерябин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Н.В. Ященко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

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

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ Г.

Тольятти 2017

АННОТАЦИЯ

Объектом исследования дипломной работы является средняя крышка двигателя внутреннего сгорания. Данная деталь является частью роторно-поршневого двигателя. Применение РПД в настоящее время значительно снизилось в связи с их быстрым износом, однако, двигатели данного типа используются в некоторых автомобилях и по сей день.

Цель данной работы – повышение качества пайки средней крышки ДВС.

Решены следующие задачи:

1. Разработан технологический процесс пайки средней крышки двигателя внутреннего сгорания
2. Выявлены опасные производственные факторы при пайке
3. Рассчитана норма штучного времени на выполняемые технологические операции, капитальные вложения в оборудование, полная себестоимость изделия

Бакалаврская работа на тему "Исследование и разработка технологии пайки узлов двигателя внутреннего сгорания" включает в себя 6 чертежей формата А1, а также пояснительную записку, состоящую из 45 страниц, а также включающую в себя 2 рисунка и 20 таблиц.

ABSTRACT

The graduation project is about the middle cover of the internal combustion engine. This detail is the part of the rotary-piston engine. The usage of this type of engine has been reduced due to rapid wear, however, these engines are used in some cars at the present.

The aim of the work is quality enhancement of the middle cover of the internal combustion engine.

There are some solved problems:

1. The technological process of brazing of the middle cover has been developed.
2. Dangerous factors of brazing has been identified
3. The cost of the middle cover has been calculated.

The graduation work consists of the graphic part on 6 A1 sheets, an explanatory note on 45 pages, including 2 figures and 20 tables.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА.....	10
1.1 Описание изделия.....	11
1.2 Свойства материалов изделия.....	12
1.3 Пайка стали и чугуна.....	13
1.4 Задачи бакалаврской работы.....	14
2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПАЙКИ СРЕДНЕЙ КРЫШКИ ДВС.....	15
2.1 Основные операции технологического процесса.....	15
2.2 Обоснование содержания и выбор режимов технологических операций....	16
2.3 Выбор целесообразного оборудования для пайки средней крышки ДВС....	18
2.4 Выбор припоя.....	19
2.5 Экспериментальное опробование технологического процесса.....	19
2.6 Заключение по разделу.....	20
3. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА.....	21
3.1 Технологическая характеристика объекта.....	21
3.2 Идентификация профессиональных рисков.....	23
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	24
3.4 Обеспечение пожарной безопасности объекта.....	25
3.5 Заключение по разделу.....	27
4. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА.....	28
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ПРОЕКТУ.....	42
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	43

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время пайка является одним из самых распространенных способов получения неразъемных соединений деталей. Данный способ имеет ряд преимуществ, таких как простота метода, возможность соединения и разъединения деталей без деформации, соединение деталей мелких размеров и различных геометрических форм. Также важно отметить, что при пайке не происходит расплавление изделия. Касаясь данной работы, можно выделить еще одно преимущество пайки - процесс соединения деталей происходит по всей поверхности.

В работе рассмотрена пайка средней крышки двигателя внутреннего сгорания. Это дополнительный узел экспериментального двигателя. Основными узлами являются статор – неподвижная часть двигателя и подвижная часть – ротор. В совокупности данные детали образуют роторно-поршневой двигатель, который активно применяется в автомобилестроении и авиации. Изначально, разработка данного типа двигателя велась для спортивных автомобилей. В настоящее время только два завода в мире изготавливают РПД - ВАЗ (Россия) и Mazda (Япония). РПД имеет следующие преимущества:

- 1) Высокие динамические характеристики
- 2) Меньшее количество деталей
- 3) Очень низкая масса
- 4) Низкий уровень вибраций

К недостаткам можно отнести:

- 1) Перегрев двигателя и повышенный износ деталей
- 2) Очень большой расход топлива

3) Необходимость в высокоточном оборудовании для изготовления средней крышки двигателя, статора и ротора

На основании этого можно сделать вывод, что РПД идеальны для гоночных болидов, так как имеет высокий КПД - около 50%, что в два раза больше, чем у поршневых двигателей. В то же время ремонт как и Роторно-поршневого двигателя, так и поршневого требуется после каждого заезда.

Главная цель данной работы – повышение эффективности двигателя внутреннего сгорания путем разработки технологии пайки одного из узлов экспериментального двигателя (средней крышки).

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1 Описание изделия

Роторно-поршневой двигатель – роторный двигатель внутреннего сгорания, состоящий из двух взаимодействующих деталей – статора и ротора [20].

Статор выполняет роль корпуса, по окружности которого движется ротор. Внутри сделан цилиндр, в котором ротор и размещается. Чтобы внутри этого цилиндра происходили все необходимые процессы, он выполнен в виде овала с прижатыми боками.

С одной стороны двигателя имеются окна для впуска воздуха или топливовоздушной смеси и выпуска отработанных газов. Напротив них располагается отверстие для свеч зажигания.

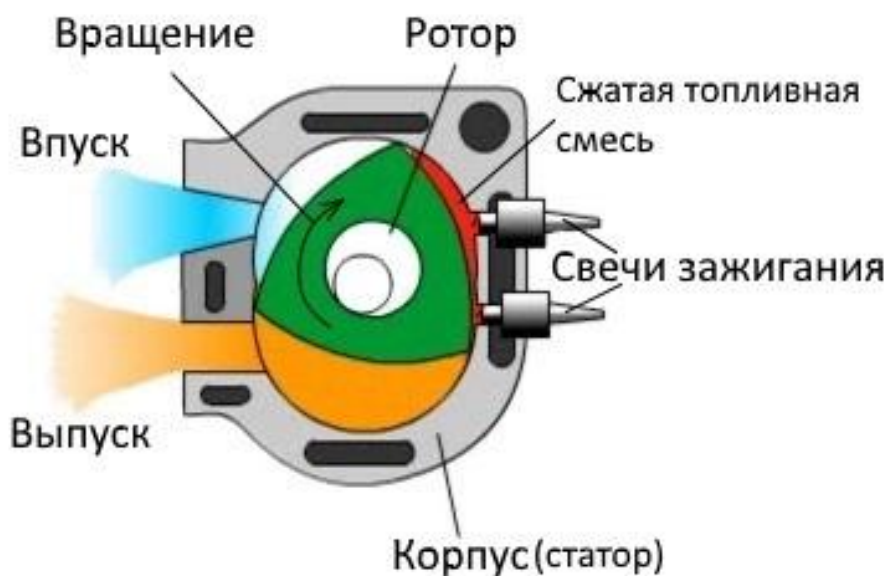


Рисунок 1- Принцип работы роторно-поршневого двигателя

Идея роторно-поршневого двигателя совершенствуется. Экспериментальный двигатель содержит дополнительный узел – среднюю крышку. Наиболее рациональным методом соединения деталей данной конструкции является высокотемпературная пайка [2].

Конструкция средней крышки состоит из двух пластин из серого чугуна СЧ20, между которыми расположена пластина из конструкционной углеродистой качественной стали 20. Во всех пластинах имеются сквозные отверстия для закрепления комплектующих средней крышки с помощью болтов.

1.2 Свойства материалов изделия

Преимущества выбранных материалов:

СЧ20 (таблицы 1.1, 1.3) – конструкционный материал, имеющий низкую стоимость, хорошие технологические и литейные свойства [3,7].

Сталь 20 (таблицы 1.2, 1.4) обладает хорошей свариваемостью, не склонна к хрупкости, способна выдерживать высокие температуры [1,7].

Таблица. 1.1 – Химический состав серого чугуна СЧ20

Mn	Si	C	S	P
0.7-1	1.4-2.4	3.3-3.5	до 0.15	до 0.2

Таблица. 1.2 – Химический состав стали 20

Mn	Si	C	S	Ni	Cr	P	As	Cu
0.35 - 0.65	0.17 - 0.37	0.17 - 0.24	до 0.4	до 0.3	до 0.25	до 0.035	до 0.08	до 0.3

Таблица. 1.3 – Механические свойства серого чугуна СЧ20

Сортамент	Размер	Напр.	sT	sv	y	d5	KCU	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж/м ²	-
Отливки ГОСТ 1412-85				200				

Таблица. 1.4 – Механические свойства Стали 20

Сортамент	Размер	Напр.	sT	sv	y	d5	KCU	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж/м ²	-
Лист термообработ., ГОСТ 4041-71	4-14			340- 490		28		

1.3 Пайка стали и чугуна

Одним из лучших припоев для пайки стали 20 является латунь. Данный сплав на основе меди и цинка обладает рядом преимуществ: дешевизна (в сравнении с серебряными припоями), высокое качество прочности соединения (в сравнении с чистой медью), физико-химическая совместимость с материалами для пайки [21,22]. Из недостатков самым очевидным является испарение цинка, вследствие чего происходит появление различных дефектов в паяном шве. Путем устранения данного недостатка является пайка с быстрым нагревом [24, 26, 27]. Легирующие элементы в составе латуни значительно уменьшают испарение цинка. К ним можно отнести олово и кремний. Размещение в контейнере навесок цинка значительно уменьшает испарение цинка из припоя (латуни) [25]. Цинк активно взаимодействует с кислородом, что позволяет не использовать флюс при пайке.

Что касается пайки чугуна, тут дело обстоит сложнее. Наличие графита в своем составе значительно затрудняет процесс пайки. Для его растворения целесообразно использовать активные флюсы (такие как П209, ПВ285Х). Обеспечивается надежное смачивание поверхностей припоем. Для пайки чугуна при температуре 960°C также идеально подойдет латунь в качестве припоя. Также можно использовать другие сплавы на основе меди, серебра. Оловянно-свинцовые и цинковые припои применяются реже, так как качество соединения оставляет желать лучшего.

1.4 Задачи бакалаврской работы

В данной работе основной задачей является разработка технологического процесса пайки средней крышки двигателя внутреннего сгорания. Также необходимо оценить обеспечение безопасности при реализации данного процесса и эффективность работы.

2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПАЙКИ СРЕДНЕЙ КРЫШКИ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

2.1 Основные операции технологического процесса

К основным операциям проектного технологического процесса средней крышки ДВС относятся: подготовка деталей к пайке, сборка, пайка, контроль качества. Несмотря на небольшое количество операций, каждая из них требует отдельного внимания, чтобы получить высокое качество конструкции. Рассмотрим подробно каждую из них.

Подготовка деталей к пайке. Подготовка начинается с проверки деталей на отсутствие дефектов. Не допускаются трещины, если на поверхностях имеются небольшие неровности, то их необходимо устранить при помощи наждачной бумаги. Качество паяного соединения напрямую зависит от подготовки поверхностей деталей под пайку. Для устранения масла и прочих загрязнений на поверхностях необходимо растворить едкий натр в воде и нагреть раствор до 70°C, после чего заполнить ванну данным раствором и поместить туда все детали средней крышки. Через 3 минуты тщательно каждую пластину нужно протереть насухо.

Сборка. Перед началом сборки конструкции, необходимо нанести паяльную пасту для пайки в восстановительной среде (ППВС) на внутренние стороны чугунных деталей; стальная деталь покрывается этой же пастой с обеих сторон. Данная паста выбрана в качестве заготовки припоя, так как ее довольно легко наносить на поверхности деталей сложной геометрической формы. Детали прочно прижимаются друг с другом и стягиваются с помощью шпилек через специальные отверстия. После этого ППВС наносится на внешние стороны чугунных пластин.

Пайка. Собранный конструкция помещается в специальный контейнер, куда также засыпается карбюризатор и навески цинка. Контейнер закрывается

крышкой, в затвор контейнера засыпается песок с карбюризатором [23]. Контейнер помещается в камерную печь СНО 200/12, люк прочно закрывается. Производится нагрев изделия при температуре $T = 960^{\circ}\text{C}$ в течение 45 минут. Затем производится выдержка в течение 5 минут. По истечении этого времени контейнер вынимается из печи и остывает на воздухе до комнатной температуры, затем изделие можно вынимать из контейнера.



Рисунок 2 – Печь камерная СНО 200/12

Контроль качества. Последним этапом данного технологического процесса является визуальный контроль. Производится при помощи лупы с четырехкратным увеличением при освещении не менее 500 лк. Контроль очень важен, чтобы оценить готовность детали к эксплуатации. Максимальное допустимое значение пор составляет 0,2 мм, непропаи и трещины не допускаются вовсе.

2.2 Обоснование содержания и выбор режимов технологических операций

При обезжиривании поверхностей деталей используем гидроксид натрия, так как данная щелочь может устранить любые следы масла и грязи, а также очень хорошо растворяется в воде.

Паяльную пасту в восстановительной среде выбираем с целью улучшения качества паяного соединения. Повышается прочность паяного шва, а также ППВС идеально подходит для пайки стали и чугуна в камерной печи.

С теоретической точки зрения, крышку ДВС можно не только спаять, но и сварить. Рассмотрим преимущества сварки и пайки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2.1 - Сравнительная таблица сварки и пайки

Сварка	Пайка
Осуществляется без введения дополнительных материалов	Используется припой
Происходит плавление изделий	Изделия не плавятся
Смешивание основных материалов	Отсутствие взаимодействия основных материалов
Не применяется для соединения деталей малых размеров	Возможно соединение деталей малых размеров
Соединение и разъединений деталей без деформации невозможно	Возможно соединение и разъединение деталей без деформации
Соединение деталей происходит по контуру	Соединение деталей происходит по всей поверхности

Уделим особое внимание на последнее сравнение. В нашем случае данный фактор играет немаловажную роль, ведь проварить детали средней крышки между собой невозможно. Соответственно, несмотря на некоторые преимущества сварки, рассматривать ее нецелесообразно, так как качественного соединения от нее мы не получим.

2.3 Выбор целесообразного оборудования для пайки средней крышки ДВС.

Сравним печь камерную СНО 200/12 и печь ПКМ 2.4.2.

Проектная камерная печь СНО 200/12 и электропечь ПКМ 4.8.4/12,5 предназначена для нагрева, закалки и обжига в воздушной среде. Максимальная температура нагрева обеих печей составляет 1250°C. Цена СНО200/12 - 270000 руб. Цена ПКМ 4.8.4/12,5 - 340000 руб.

Таблица 2.2 – Техническая характеристика печи СНО 200/12

Объем, л	Макс.тем. °C	Напр., В	Мощ., кВт	Вес, кг	Ширина*длина*высота , мм	
					Рабочая камера	Габариты
200	1250	380	24	600	500×550× 750	1200×1400× 1450

Таблица 2.3 – Техническая характеристика электропечи ПКМ 4.8.4/12,5

Объем, л	Макс.тем. °C	Напр., В	Мощ., кВт	Вес, кг	Ширина*длина*высота , мм	
					Рабочая камера	Габариты
200	1250	380	21	650	600×300× 200	1600×1400× 1700

Обе печи подходят для пайки средней крышки ДВС, выбираем более экономичный вариант – печь камерную СНО 200/12.

2.4 Выбор припоя

В ходе данной работы в качестве припоя было решено использовать пасту для пайки в восстановительной среде.

Таблица 1.12 – Химический состав ППВС.

Cu_2O , %	Fe_2O_3 , %	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$, %	ПАВ, %	Активное вещество, %	Li_2SO_4 , %	H_2O , %
60-95	1-9	1-18	0,01-1	0,1-1	0,01-5	1,4-12

ППВС часто используется для пайки сталей. В данной работе опробована пайка стали и чугуна.

Также для пайки средней крышки ДВС можно использовать припой Л62. Сплав содержит в себе 62% меди и 38% цинка. Соединение стальной и чугунных деталей получается герметичным и прочным. Температура плавления составляет 900°C . После расплавления припой заполняет зазоры между соединяемыми поверхностями. Л62 обладает высокой прочностью, пластичностью, плотностью и надежностью шва.

2.5 Экспериментальное опробование технологического процесса

Потребовалось три эксперимента, чтобы составить такой технологический процесс, который позволил бы обеспечить высокое качество средней крышки ДВС.

Эксперимент 1. Технологический процесс включал в себя такие операции, как сборка, пайка, контроль качества. ППВС наносилась исключительно на внутренние элементы средней крышки. Температура нагрева составила 920°C , время нагрева - 30 минут. Трещин обнаружено не было, однако, большое

количество непропаев и пор [15]. Качество паяного соединения нельзя назвать удовлетворительным.

Эксперимент 2. Необходимо провести изменение технологического процесса, чтобы понять причины появления дефектов в паяном шве. Перед сборкой проведено обезжиривание поверхностей деталей в ванне с гидроксидом натрия, растворенным в воде. Повышена температура нагрева до 950°C, а также время нагрева до 40 минут. Количество непропаев и пор значительно уменьшилось, примерно в два раза, трещин также обнаружено не было. Качество соединения стало лучше, однако, непропаи нужно исключить полностью.

Эксперимент 3. Изменены параметры пайки. Температура нагрева повышена до 960°C, время нагрева до 45 минут. Помимо этого, после нагрева изделия, была проведена выдержка в течение 5 минут. В процессе проведения контроля качества трещин и непропаев обнаружено не было, количество пор было небольшим, их размер не превосходил 0,2 мм, что соответствовало нормам качества паяного соединения.

2.6 Заключение по разделу

По результатам проведения экспериментов был разработан технологический процесс, выбраны такие параметры пайки, которые позволят обеспечить высокое качество пайки средней крышки ДВС.

3. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

3.1 Технологическая характеристика объекта

Технологический процесс пайки средней крышки двигателя внутреннего сгорания включает в себя следующие операции:

- 1) Подготовка деталей к пайке
- 2) Сборка
- 3) Пайка
- 4) Контроль качества

Технологическое оборудование для данного процесса:

- 1) Печь камерная СНО 200/12
- 2) Ванна с раствором едкого натра

Технологический процесс пайки средней крышки ДВС связан с различными причинами, которые могут принести вред здоровью человека, в зависимости от стечения обстоятельств [4].

Таблица 3.1 - Технологический паспорт

№ п/п	Технологическая операция	Наименование должности работника, выполняющего операцию	Оборудование, приспособление, устройство	Материалы, вещества
1	Подготовка деталей к пайке	Сборщик	Ванна	Едкий натр, вода техническая
2	Сборка	Сборщик	Шпильки, гайки	Перчатки
3	Пайка	Паяльщик	Печь камерная СНО 200/12	Паяльная паста ППВС, навески цинка, карбюризатор
4	Контроль качества	Дефектоскопист	Лупа х4	Перчатки

3.2 Показатели профессиональных рисков

Таблица 3.2 - Показатели профессиональных рисков

№ п/п	Технологическая операция на производстве, вид выполняемых работ	Опасный производственный фактор	Источник опасного производственного фактора
1	Подготовка деталей к пайке	- острые заусенцы на поверхностях заготовок - возможное попадание на кожу или в глаза едкого натра	Поверхности заготовок, едкий натр
2	Сборка	- острые заусенцы на поверхностях заготовок	Поверхности заготовок
3	Пайка	- высокая температура оборудования - высокое напряжение электрической цепи	Печь камерная СНО 200/12
4	Контроль качества	- острые заусенцы на поверхностях заготовок - запыленность, наличие различных газов в рабочей зоне	Поверхности заготовок

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 3.3 - Технические методы и средства устранения негативного воздействия опасных производственных факторов

Опасный производственный фактор	Технические методы и средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1. Острые заусенцы на поверхностях заготовок	Инструктаж по технике безопасности	Спецодежда, перчатки
2. Возможное попадание на кожу или в глаза едкого натра	Инструктаж по технике безопасности	Защитные очки, перчатки, спецодежда
3. Высокая температура оборудования	Инструктаж по технике безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Высокое напряжение электрической цепи	Контроль изоляции	-
5. Запыленность, наличие различных газов в рабочей зоне	Инструктаж по технике безопасности	Защитные очки, перчатки, спецодежда

3.4 Обеспечение пожарной безопасности объекта

Таблица 3.4 - Средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарная сигнализация, связь и оповещение
Ящик пожарный с песком, огнетушитель	Пожарная машина	Установка водяного тушения	Пожарные извещатели	Пожарные краны и рукава	Противогазы, респираторы	Топор, багор, лопата, пояс	Пожарная кнопка, телефон

Таблица 3.5 - Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Технологический процесс, оборудование	Наименование видов реализуемых мероприятий	Необходимые требования по обеспечению пожарной безопасности
Пайка средней крышки ДВС	Обучение рабочих, проведение учений с персоналом по поводу правил пожарной безопасности	Наличие средств пожаротушения в достаточном количестве

Таблица 3.6 - Идентификация негативных факторов объекта

Наименование производственно-технологического процесса	Структурные составляющие технологического процесса	Негативное воздействие объекта на атмосферу	Негативное воздействие объекта на литосферу
Пайка средней крышки ДВС	Подготовка, сборка, пайка, контроль качества	Газ	Мусор, металлолом

Таблица 3.7 - Разработанные мероприятия по снижению негативного воздействия человека на окружающую среду

Наименование объекта	Пайка средней крышки ДВС
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Сооружение высоких дымовых труб, создание санитарной зоны возле промышленного предприятия
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Создание специальных контейнеров для мусора, металлолома, отходов производства

3.5 Заключение по разделу

Выявлены опасные производственные факторы при пайке средней крышки двигателя внутреннего сгорания. На основе анализа их устранения, можно сделать вывод, что стандартные средства обеспечения безопасности производства может обеспечить безопасность работника при работе на техническом объекте.

4. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА

4.1 Исходные данные по проекту

Таблица 4.1 - Исходные данные по проекту

№	Наименование показателей	Стоимость
1	Цена 1 кг материала изделия Сталь 20	20 руб./кг
2	Цена 1 кг материала изделия серого чугуна СЧ20	50 руб./кг
3	Цена оборудования для пайки: - Печь камерная СНО 200/12 - Контейнер - Паста ППВС - Цинк -Карбюризатор	270000 руб. 10000 руб. 3000 руб./кг 70 руб./кг 50 руб./кг

Сталь 20	m=1530г
СЧ20	m=3980г
Паяльная паста ППВС	m=150г
Цинк	m=4г
Карбюризатор	m=8г

4.2 Расчет нормы времени на выполнение технологических операций

$$t_{шт} = t_{n-3} + t_o + t_v + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.п} ;$$

« $t_{n-3} = 0,05\%$ от t_o в единичном или мелкосерийном производстве, в других типах производства значением t_{n-3} можно пренебречь;

$t_o = t_M$ – основное (машинное) время;

t_v – вспомогательное время $t_v = 5\%$ от t_o ;

$t_{отл}$ – время на необходимости и отдых $t_{отл} = 5\%$ от t_o ;

$t_{обсл}$ – время обслуживания рабочего места $t_{обсл.} = 8\%$ от t_o ;

$t_{н.п}$ – время неустраняемых перерывов.»[12]

Таблица 4.2 - Трудоемкость технологического процесса

Операции	t_o	t_v	$t_{отл}$	$t_{обсл}$	$t_{н.п}$	$t_{шт}$
Подготовка к пайке	60	3	3	4,8	10	80,8
Пайка	60	3	3	4,8	10	80,8
Итого:	120	6	6	9,6	20	161,6

4.3 Капитальные вложения в оборудование

$$K_{общ} = K_{пр} + K_{сop}$$

$$K_{общ} = 56000 + 112000 = 168000 \text{ руб.},$$

«где: K_{np} – прямые капитальные вложения в оборудование, руб.;

K_{con} – сопутствующие капитальные вложения в оборудование, руб.» [12]

Прямые капитальные вложения :

$$K_{np} = \sum \Pi_{об} * k_3$$

$$K_{np} = 280000 * 0.2 = 56000 \text{ руб.,}$$

где $\sum \Pi_{об}$ – суммарная цена оборудования, руб. [11];

k_3 – коэффициент загрузки.

«Количество оборудования для выполнения программы изготовления

$$\text{деталей: } n_{об.расчетн} = \frac{N_{np} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60}$$

где: N_{np} – программа выпуска изделий, шт.;

$t_{шт}$ – время на изготовление одной детали, мин.;» [12]

$$n_{об.расчетн} = 5000 * 2,69 / 1857,44 * 60 = 0,12$$

$$161,6 \text{ мин} = 2,69 \text{ ч}$$

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

Коэффициент загрузки оборудования:

$$k_3 = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}}$$

$$k_3 = 0.2$$

«Фонд времени работы оборудования:

где: D_K – количество календарных дней в году; (365)

$D_{вых}$, $D_{пр}$ – количество выходных и праздничных дней в году; (118)

$T_{см}$ – продолжительность рабочей смены, час; (8)

S – количество рабочих смен; (1)

$k_{р.н}$ – потери времени работы оборудования на ремонт (0,06).----(0,94)» [12]

$$\Phi_{эф} = (D_K - D_{вых} - D_{пр}) * T_{см} * S * (1 - k_{р.н}) = (365 - 118) * 8 * 1 * (1 - 0,06) = 1857,44 \text{ ч} = 111446,4 \text{ мин}$$

«Сопутствующие капитальные вложения:

$$K_{con} = K_{монт} + K_{дем}$$

$$K_{con} = 56000 + 56000 = 112000 \text{ руб.}$$

$K_{монт}$ – затраты на монтаж нового оборудования;

$$K_{монт} = \Sigma Ц_{об} * k_{монт}$$

$$K_{монт} = 280000 * 0,2 = 56000 \text{ руб.,}$$

где: $k_{монт}$ – коэффициент монтажа оборудования = 0,2.

$K_{дем}$ – затраты на демонтаж старого оборудования;

$$K_{дем} = \Sigma Ц_{об} * k_{дем}$$

$$K_{дем} = 280000 * 0,2 = 56000 \text{ руб.},$$

где: $k_{дем}$ – коэффициент демонтажа оборудования = 0,2.» [12]

«Капитальные вложения на единицу изделия рассчитываются по формуле:

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{N_{пр}} \text{» [12]}$$

$$K_{уд} = 168000 / 5000 = 33,6 \text{ руб.}$$

4.4 Расчет себестоимости

$$ЗМ = ЗМ_{осн} + ЗМ_{всп}$$

$$ЗМ = (30,6 + 199) + (450 + 0,4 + 0,28) = 680,28 \text{ руб.}$$

Затраты сталь 20, Сч20 на одну среднюю крышку, определяем по формуле:

$$ЗМ = H_{\text{стали(чугун)}} * Ц_{\text{стали(чугуна)}}$$

$$ЗМ \text{ сталь}20 = 1,530 * 20 = 30,6 \text{ руб.},$$

$$ЗМ \text{ сч}20 = 3,980 * 50 = 199 \text{ руб.},$$

где $H_{\text{стали(чугуна)}}$ – расход стали(чугуна) на одну среднюю крышку, кг.

$Ц_{\text{стали(чугуна)}}$ – цена 1 кг стали (чугуна) , руб.

$ЗМ_{\text{общ.}} = 30,6 + 199 = 229,6 \text{ руб.}$ - затраты на основные материалы.

$$1) ЗМ = H_{\text{цинк(карб.)}} * Ц_{\text{цинк(карб.)}}$$

$$ЗМ_{\text{карб.}} = 0,008 * 50 = 0,4 \text{ руб.},$$

$$ЗМ_{\text{цинк}} = 0,004 * 70 = 0,28 \text{ руб.},$$

где $H_{\text{цинк(карб.)}}$ – расход цинка (карбюризатора) на одну среднюю крышку, кг.

$C_{\text{цинк(карб.)}}$ – цена 1 кг цинка (карбюризатора), руб.

Затраты на пасту:

$$Z_{\text{паста}} = H_{\text{паста}} \cdot C_{\text{паста}}$$

$$Z_{\text{паста}} = 0,15 \cdot 3000 = 450 \text{ руб.}$$

$H_{\text{пасты}}$ – норма расхода пасты на всю деталь, кг

$C_{\text{пасты}}$ – цена 1 кг пасты, руб.

Норму расхода пасты при пайке определяют исходя из его расхода на одну среднюю крышку.

$Z_{\text{М в.сп.}} = 450 + 0,4 + 0,28 = 450,68 \text{ руб.}$ - затраты на вспомогательные материалы (общие)

4.5 Затраты на технологическую энергию

Печь СНО 200/12

Техническая характеристика печи:

Объём, л – 200.

Макс. температура, ° С – 1250.

Установочная мощность, кВт – 24.

Напряжение, В - 380

Рабочая камера:

Ширина / Длина / Высота мм. - 500-550-750.

Габариты:

Ширина / Длина / Высота мм. - 1200-1400-1450.

Вес, кг – 600.

«Затраты на электроэнергию:

$$З_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_o}{\eta \cdot 60} \cdot Ц_{э-э},$$

где $P_{об}$ – полезная мощность оборудования кВт;

t_o – основное время работы камерной печи для пайки;

η – КПД оборудования = 0,9;

$Ц_{э-э}$ – цена за электроэнергию = 3.67 руб\кВт» [12]

$$З_{э-э} = 24 \cdot 120 / 0,9 \cdot 60 \cdot 3,67 = 195,7 \text{ руб.}$$

4.6 Затраты на эксплуатацию стандартного оборудования, приспособлений и производственных площадей.

«Затраты на эксплуатацию стандартного оборудования рассчитываются по формуле:

$$З_{об} = A_{об} + P_{т.р} \text{» [12]}$$

$$З_{об} = 24 + 3,1 = 27,1 \text{ руб.,}$$

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

$P_{т.р}$ – затраты на текущий ремонт оборудования, руб.;

а) «Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле:

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} \times Ha_{об} \times t_{шт}}{\Phi_{эф} \times 60 \times 100}$$

где: $Ц_{об}$ – цена оборудования для пайки, руб.;

$Ha_{об}$ – норма амортизационных отчислений на оборудование, $\approx 20\%$.» [12]

$$A_{об.} = 280000 * 20 * 2,69 / 804,64 * 60 * 100 = 3,1 \text{ руб.}$$

Таблица 4.3 - Нормы амортизационных отчислений, (H_a)

Наименование оборудования и инструмента	Норма в процентах к балансовой стоимости
Приспособления	12
Печи термические (плазменные, дуговые, электронно-лучевые)	14
Производственные здания, сооружения	2

б) Затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле:

$$P_{т.р} = \frac{C_{об} \times H_{т.р} \times k_z}{\Phi_{эф} \times 100}$$

$$P_{т.р} = 280000 * 35 * 0,2 / 804,64 * 100 = 24 \text{ руб.},$$

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

4.7 Затраты на эксплуатацию приспособлений

$$Z_{присп} = \frac{C_{присп} * H_{амприсп} * t_{ит}}{T_{присп} * N_{пр} * 100},$$

где: $H_{амприсп}$ – амортизационные отчисления на приспособления;

$C_{присп}$ – цена контейнера, руб.;

$T_{присп}$ – срок службы контейнера, год. (5 лет)» [12]

$$З_{присп} = 10000 * 12 * 2,69 / 5 * 5000 * 100 = 0,12 \text{ руб.}$$

4.8 Затраты на эксплуатацию производственных площадей

$$«З_{плоч} = \frac{Ц_{плоч} * S_{плоч} * Ha_{плоч} * t_{ит}}{\Phi_{эф} * 100 * 60},$$

где: $Ц_{плоч}$ – цена 1 м² площади производства, руб.; 15000 руб.

$Ha_{плоч}$ – амортизационные отчисления на здания, %; (2%)

$S_{плоч}$ – площадь, занимаемая камерной печью, м²; 2,47 м² [12]

$$З_{плоч} = 15000 * 2,47 * 2 * 2,69 / 1857,44 * 100 * 60 = 0,02 \text{ руб.}$$

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

«Фонд заработной платы (ФЗП) рабочих на производстве состоит из двух заработных плат: основной и дополнительной

$$ФЗП = ЗПЛ_{осн} + ЗПЛ_{дон}» [12]$$

$$ФЗП = 102,8 + 14,3 = 117,1 \text{ руб.}$$

«Основная ЗП рабочих на производстве:

$$ЗПЛ_{осн} = C_{ч} * t_{ит} * k_{зпл}» [12]$$

$$ЗПЛ_{осн} = 21 * 2,69 * 1,82 = 102,8 \text{ руб./ч,}$$

где: $C_{ч}$ – тарифная ставка, руб./час;

$k_{зпл}$ – коэффициент начислений на основную ЗП.

$$«k_{зпл} = k_{пр} * k_{вн} * k_{у} * k_{нф} * k_{н}$$

где $k_{np} = 1,25$ – коэффициент премирования;

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

$k_y = 1,1$ – коэффициент доплаты за условия труда;

$k_{нф} = 1,067$ – коэффициент доплаты за профессионализм;

$k_n = 1,133$ – коэффициент доплаты за работу в дополнительные смены (ночные)» [12]

$$k_{3нл} = 1,25 * 1,1 * 1,1 * 1,067 * 1,067 * 1,133 = 1,82$$

«Дополнительная заработная плата рабочих на производстве:

$$ЗПЛ_{дон} = \frac{k_{\partial}}{100} \cdot ЗПЛ_{осн} \text{» [12]}$$

$$ЗПЛ_{дон} = 14/100 * 102,8 = 14,3 \text{ руб.,}$$

где k_{∂} – коэффициент соотношения основной и дополнительной ЗП, принят в %, (см. таблицу 5).

Таблица 4.4 - Коэффициент соотношения между основной и дополнительной заработной платой (k_{∂}), %

Условия труда	Число смен	(k_{∂}), %
		Для основных производственных рабочих
Вредные и особо тяжелые работы	1	14

«К дополнительной ЗП относятся выплаты работникам предприятия за фактически не отработанное время: это оплата сокращенного рабочего дня, отпусков, и т.д.

Отчисления на социальные нужды:

$$O_{с.н.} = \frac{H_{соц} \cdot \Phi ЗП}{100} \text{ » [12]}$$

$$O_{с.н.} = 30 \cdot 117,1 / 100 = 35,13 \text{ руб.,}$$

где $H_{соц}$ – отчисления на социальные нужды = 30%.

4.10 Технологическая себестоимость изделия

$$C_{тех} = ЗМ + З_{э-э} + З_{присп} + З_{плоч} + З_{об} + \Phi ЗП + O_{с.н.}$$

$$C_{тех} = 680,28 + 195,7 + 0,12 + 0,02 + 27,1 + 117,1 + 35,13 = 1028,76 \text{ руб.}$$

4.11 Цеховая себестоимость изделия

$$C_{цех} = C_{тех} + P_{цех}$$

$$C_{цех} = 1055,43 + 257 = 1312,43 \text{ руб.,}$$

где $P_{цех}$ – цеховые расходы, руб.

$$P_{цех} = k_{цех} \cdot ЗПП_{осн.}$$

$$P_{цех} = 2,5 \cdot 102,8 = 257 \text{ руб.,}$$

где $k_{цех.}$ – коэффициент цеховых расходов = 2,5.

4.12 Заводская себестоимость изделия

$$C_{зав} = C_{цех} + P_{зав}$$

$$C_{зав} = 1312,43 + 185 = 1497,43 \text{ руб.,}$$

где $P_{зав}$ – заводские расходы, руб.

$$P_{зав} = k_{зав} * ЗПЛ_{осн}$$

$$P_{зав} \text{ проект} = 1,8 * 102,8 = 185 \text{ руб.},$$

где $k_{зав}$ – коэффициент заводских расходов = 1,8.

4.13 Полная себестоимость изделия

$$C_{полн} = C_{зав} + P_{вн}$$

$$C_{полн} = 1497,43 + 74,9 = 1572,33 \text{ руб.},$$

где $P_{вн}$ – внепроизводственные расходы, руб.

$$P_{вн} = k_{вн} \cdot C_{зав}$$

$$P_{вн} = 0,05 * 1497,43 = 74,9 \text{ руб.},$$

где $k_{вн}$ – коэффициент внепроизводственных расходов = 0,05.

Таблица 4.5 - Калькуляция себестоимости изделия

Статьи затрат	Руб.
1. Материалы основные	229,6
2. Материалы вспомогательные	450,68
3. Электроэнергия	195,7
4. Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	24,9
5. Затраты на содержание приспособлений и инструмента	0,12
6. Затраты на содержание занимаемой под оборудование площади	0,02
7. Основная заработная плата	102,8
8. Дополнительная заработная плата	14,3
9. Отчисления на социальное страхование	35,13
10. Технологическая себестоимость	1055,43
11. Цеховая себестоимость	1312,43
12. Заводская себестоимость	1497,43
13. Внепроизводственные расходы	74,9
14. Полная себестоимость	1572,33

4.14 Заключение по разделу

В ходе данной работы рассчитана норма штучного времени на выполняемые технические операции пайки средней крышки двигателя внутреннего сгорания, капитальные вложения в оборудование, а также полная себестоимость изделия, которая оказалась равна 1572,33 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной бакалаврской работы можно сделать следующие выводы:

1. Разработанный технологический процесс, а также выбранные параметры пайки обеспечивают высокое качество паяных соединений.
2. Выявлены опасные производственные факторы пайки, произведен анализ их уменьшения и устранения.
3. Рассчитана себестоимость изготовления средней крышки двигателя внутреннего сгорания.
4. Данная работа находится только на начальном этапе. Имеет смысл продолжать ее в рамках магистерской программы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Витке К.А. Структура и свойства комбинированных соединений при пайке сталей / Припой для пайки современных материалов. - Киев: ИЭС им. Е.О. Патона, 1985. - С. 25-29.
2. Краснопевцев А.Ю. Высокотемпературная контейнерная пайка в автостроении / Автотракторное электрооборудование. - 2004 - №10. - С. 33-35.
3. Drive2.ru [Электронный ресурс]. - М., [2017]. - Режим доступа: <https://www.drive2.ru/b/264461/>
4. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.- методическое пособие. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. –51 с.
5. Егоров А.Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А.Г. Егоров, В.Г. Виткалов, Г.Н. Уполовникова, И.А. Живоглядова Тольятти, 2012. - 135с.
6. Промышленные приводы [Электронный ресурс]. - Рязань [2014-2017]. - Режим доступа: <https://www.prombirga.ru/>
7. Центральный металлический портал РФ [Электронный ресурс]. - м., [2009-2017]. - Режим доступа: metallicheskiy-portal.ru/marki_metallov/
8. Петрунин И.Е. Справочник по пайке / Под ред. И.Е.Петрунина.-М.: Машиностроение, 2003.- 480 с.
9. Федоров А.Л. Технология изготовления паяных конструкций : учебно-методическое пособие / Федоров А.Л. Краснопевцев А.Ю. Шашкин О.В. - Тольятти : изд-во ТГУ, 2013. - 60 с.
10. Хряпин В.Е. Справочник паяльщика / Хряпин В.Е., Лакедемонский А.В. - Машиностроение, 1974. - 326с.
11. Шебеко Л.П. Экономика, организация и планирование сварочного производства: Учебник для машиностроительных средних специальных

- учебных заведений по специальности «Сварочное производство» / Л.П. Шебеко, А.Д. Гитлевич, М.М. Брейтман. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1979. - 271 с.
12. Краснопевцева И.В. Методическое пособие по выполнению экономической части дипломного проекта / Краснопевцева И.В. - Тольятти, 2015. - 6с.
 13. Лашко С.В. Проектирование технологии пайки металлических изделий / С.В. Лашко - м.: Metallurgy, 1983. - 195 с.
 14. Петрунин И.Е. Справочник по пайке / Петрунин И.Е. - М.: Машиностроение, 1984. - 399с.
 15. Калиниченко Н.П. Атлас дефектов паяных соединений / Калиниченко Н.П., Викторова М.О. - ТПУ, 2012.
 16. Хренов К.К. Сварка, резка и пайка металлов / Хренов К.К. - М.: Машиностроение, 1973. - 195с.
 17. Лакедемонский А.В. Справочник паяльщика / Лакедемонский А.В. Хряпин В.Е. - М.: Машиностроение, 1974. - 328с.
 18. Кузнецов О.А. Прочность паяных соединений / Кузнецов О.А., Погалов А.И. - М.: Машиностроение, 1987. - 112с.
 19. Freepatent [Электронный ресурс]. - м., [2017]. - Режим доступа: <https://freepatent.ru/patents/2177065/>
 20. Autoleek.ru [Электронный ресурс]. - М., [2015]. - Режим доступа: <https://autoleek.ru/dvigatel/dvs/ustrojstvo-rotornogo-dvs.html/>
 21. Перевезенцев Б.Н., Федоров А.Л., Уполовников Ю.Н., Егоркин А.В. Применение высокотемпературной бесфлюсовой контейнерной пайки для восстановления изношенных деталей машин / Прогрессивные методы высокотемпературной пайки - Киев: ИЭС им. Е.О. Патона, 1989 - С. 20-23.
 22. Краснопевцев А.Ю. Высокотемпературная контейнерная пайка - расширение технологических возможностей / Наука - производству - 2004. - №4. - С.17-19.

23. Краснопевцев А.Ю., Теплярев Д.С., Маева О.Н., Сычев А.В. Изменение состояния поверхности и смачивание твердых сплавов припоями при контейнерной пайке / Пайка. Современные технологии, материалы, конструкции, опыт эксплуатации паяных конструкций: Мат. конф. - М., 2003. - С.140-143.
24. Kawakatsu J., Osawa T. Furnace brazing of steel with brass filler metal // Welding Journal, 1977. № 2. - P. 56s-60s.
25. Osawa T. Vapor phase brazing of copper plated carbon steel in a zinc vapor // Welding Journal, 1981. №11. - P.215s-218s.
26. Otika Sunao. Copper brazing in zinc vapors. Yositsu gidzyutsum 1982, vol. 30, no.4, pp. 32-36.
27. Air Products and Chemicals, Inc. [Internet resource].
www.airproducts.com/metals
28. Markku Ainali. Brazing handbook, 2006. 110p.