

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет

имени К.И. Сатпаева

Институт промышленной инженерии имени А. Буркитбаева

Кафедра «Инженерная физика»

Чинибаева Акжан Токеновна

Разработать технологию термической обработки поршня двигателя
внутреннего сгорания и спроектировать термический участок

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

специальность 5В071000 – Материаловедение и технология новых материалов

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет

имени К.И. Сатпаева

Институт промышленной инженерии имени А. Буркитбаева

Кафедра «Инженерная физика»



ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

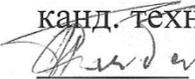
На тему: «Разработать технологию термической обработки поршня двигателя внутреннего сгорания и спроектировать термический участок»

по специальности 5В071000 – Материаловедение и технология новых материалов

Выполнил: Чинибаева А.Т.

Рецензент:

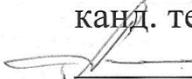
канд. техн. наук, доцент

 Н. Т. Салибаев

«14» мая 2019 г.

Научный руководитель:

канд. техн. наук, доцент

 А.К. Сапаров

«20» 05 2019 г.

Алматы 2019

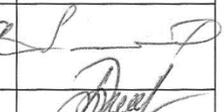
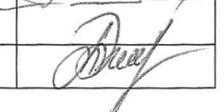
ГРАФИК

подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Выбор материала для изготовления заготовки поршня двигателя внутреннего сгорания	28.02.2019г. 11.03.2019г.	
Режим термообработки, расчет режима термической обработки и планировка термического участка	15.03.-25.04.2019г.	
Результаты исследования и их обсуждение	25.04.2019г. 08.05.2019г.	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименование разделов	Консультанты И.О.Ф. (уч.степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Выбор материала для изготовления заготовки поршня двигателя внутреннего сгорания	А. К. Сапаров	20.05.2019	
Режим термообработки, расчет режима термической обработки и планировка термического участка	А. К. Сапаров	20.05.2019	
Результаты исследования и их обсуждение	А. К. Сапаров	20.05.2019	
Нормоконтролер	А.Б. Телешева	13.05.2019	

Научный руководитель

 А. К. Сапаров

Задание принял к исполнению обучающийся

 А.Т. Чинибаева

Дата

«13» 05. 2019 г.

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломный проект

Чинибаевой Акжан Токеновны

специальность 5В071000 – Материаловедение и технология новых материалов

На тему: Разработать технологию термической обработки поршня двигателя внутреннего сгорания и спроектировать термический участок

Выполнено:

- а) графическая часть на 22 листах
- б) пояснительная записка на 44 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

В работе выявлены незначительные стилистические ошибки. Также есть неточности в списке литературы и некоторых ссылках.

Оценка работы

В дипломной работе рассматривается одна из проблем автомобилестроения – разработка технологии термической обработки поршня. Дано обоснование актуальности исследуемой темы. Описаны основные элементы конструкции, проанализированы условия работы поршня, рассмотрены требования предъявляемые к детали и материалам для его изготовления, разработаны методы получения отливки и рассчитаны температурные и временные характеристики термической обработки, спроектирован термический участок. Графически показаны режимы термической обработки, спроектирован термический участок.

Студентом обработано достаточное количество теоретического материала. Содержание работы полностью соответствует выданному дипломнику заданию. Материал в работе изложен с соблюдением внутренней логики, между разделами существует логическая взаимосвязь.

Прослеживается тщательная работа по каждому разделу рассматриваемой темы. Полностью раскрыта тема работы, достигнута поставленная цель, решены поставленные задачи.

Использованный практический материал достоверен, сделанные выводы обоснованы, рекомендации имеют практическую значимость.

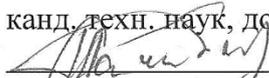
Дипломная работа имеет теоретическое значение, в ней разработана методика технологии термической обработки поршня.

Работа выполнена в соответствии с требованиями ГОСТа. Она актуальна, полна, качественна. Существенных недостатков работа не имеет.

В связи с этим, дипломная работа заслуживает оценки «отлично».

Рецензент

канд. техн. наук, доцент


(подпись)
«14» май

Н.Т. Салимбаев

2019 г.



АҢДАТПА

Автомобиль құрастырудың дамуы жолында автомобильдердің техникалық сипаттамаларына, ІЖҚ тораптары мен механизмдерін жасау үшін қолданылатын жаңа конструкциялық материалдарды әзірлеу және алу қажеттілігіне қойылатын талаптар күшеюде. Жаңа материалдардың пайда болуына байланысты, қозғалтқыштың сенімді және ұзақ уақытқа жұмыс істеуін қамтамасыз ететіндей жеңіл, беріктігі жоғары, болатындай ең жақсы қасиеттерге ие материалды таңдау қажеттілігі пайда болды.

Жұмыстың мақсаты - поршеньге қойылатын барлық талаптарға сай келетін қорытпаны таңдау, дайындау технологиясын таңдау, қорытпаның қасиеттерін жақсарту үшін термиялық өңдеуді әзірлеу. Дипломдық жобаның мәселесі: қорытпаларды таңдау, оның негізінде Іштен жану қозғалтқышының поршөні, қорытпаларды термиялық өңдеу технологиясын әзірлеу, термиялық аумақты жобалау. Осы жобаны жазу барысында келесі зерттеу әдістері қолданылды: ғылыми-ізденіс, осы тақырып бойынша әдебиеттерді зерттеу, салыстырмалы, аналитикалық және эксперименталды бөлімді орындау.

АННОТАЦИЯ

С развитием автомобилестроения возрастают требования к техническим характеристикам автомобилей, к необходимости в разработке и получении новых конструкционных материалов, применяемых для изготовления узлов и механизмов ДВС, с появлением новых материалов, возникла потребность выбора материала, который должен сочетать в себе лучшие свойства: лёгкость, прочность, долговечность для обеспечения надежной и долговечной работы двигателя.

Цель работы состоит в том, чтобы подобрать сплав, который будет соответствовать всем требованиям, предъявляемых к поршню, выбрать технологию изготовления, разработать термическую обработку для улучшения свойств сплава. Проблемой дипломного проекта являются: выбор сплава, на основе которого изготавливается поршень двигателя внутреннего сгорания, разработка технологии термической обработки сплава, проектирование термического участка. При написании данного проекта были использованы следующие методы исследования: научно – поисковый, через изучение литературы по данной теме, сравнительный, аналитический и выполнение экспериментальной части.

ANNOTATION

With the development of the automotive industry, the requirements for the technical characteristics of automobiles, the necessity to develop and obtain new structural materials used for the manufacture of components and mechanisms of internal combustion engines are increasing. With the advent of new materials, there was a need to choose a material that should combine the best properties: lightness, strength, durability to ensure reliable and durable engine operation.

The purpose of the work is to choose an alloy that will meet all the requirements for the piston, select the manufacturing technology and develop a heat treatment to improve the properties of the alloy. The problems of the graduation project are the choice of alloy, based on which the piston of the internal combustion engine is made, the development of technology for heat treatment of the alloy, the design of the thermal section. When writing this project, the following research methods were used: scientific-research, through the study of literature on this topic, comparative, analytical and implementation of the experimental part.

СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	9
1	Технологическая часть	10
1.1	Служебное назначение изделия и анализ по техническому требованию	10
1.2	Элементы поршня и их назначение	10
1.3	Форма поршня	12
1.4	Охлаждение	13
1.5	Требования, предъявляемые к поршню	13
2	Выбор материала	16
3	Технология изготовления поршней	25
3.1	Требования к кокилям	27
4	Термическая обработка поршня	28
4.1	Закалка алюминиевых сплавов	28
4.1.1	Выбор охлаждающей среды при закалке	29
4.1.2	Прокаливаемость	30
4.2	Старение	30
5	Обоснование и расчет режимов термической обработки	35
6	Покрытия	39
7	Планировка термического участка	41
7.1	Характеристика заданного производства	41
7.2	Расчет и выбор потребного количества оборудования	41
8	Оборудование для термической обработки	43
8.1	Общая характеристика электрических печей сопротивления периодического действия	43
8.2	Фосфатирование	45
8.3	Выбор общецеховых подъемно-транспортных средств, марка, принцип работы кран-балки КЭБ-2	45
8.4	Планировка и общая площадь цеха	46
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	48
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	49
	Приложение А	50
	Приложение Б	51

ВВЕДЕНИЕ

1 Актуальность темы

Для развития производства машиностроительной отрасли важной проблемой остается поиск и разработка наиболее прогрессивных способов, позволяющих выпуск конкурентоспособной продукции в период рыночной экономики, применительно к Республике Казахстан. Научно-техническая революция вызывает перевооружение всех отраслей промышленности и, в первую очередь, машиностроения и приборостроения.

В связи с бурным развитием автомобильной и авиационной промышленности возник спрос в разработке и получении новых конструкционных материалов, применяемых для изготовления узлов и механизмов ДВС. Появилась необходимость в совершенствовании рабочего процесса детали, оптимизации требований: технологических, экономических и эксплуатационных, условий работы. Поэтому одной из актуальных задач транспортной промышленности является улучшение мощностных, экономических и экологических показателей двигателя внутреннего сгорания (ДВС).

Повышение скорости автомобиля, увеличение габаритов машины значительно ужесточают требования к качеству поршней, к показателям их прочности, долговечности и точности изготовления.

В решении этих важных задач большая роль отводится термической обработке как одному из эффективных и экономичных методов упрочнения металлов и сплавов. Термическая обработка - самый распространенный в современной технике способ изменения свойств металлов и сплавов. Термообработку применяют как промежуточную операцию для улучшения технологических свойств (обрабатываемости давлением, резанием и др.) и как окончательную операцию для придания металлу или сплаву такого комплекса механических, физических и химических свойств, который обеспечивает необходимые эксплуатационные характеристики изделия.

2 Цели и задачи исследования

Цель дипломного проекта заключается в выборе сплава, который будет соответствовать всем требованиям, предъявляемым к поршню, выбрать технологию изготовления, разработать термическую обработку детали, для улучшения свойств сплава и спроектировать заготовительно-термический участок по изготовлению поршня двигателя внутреннего сгорания.

Задачей дипломного проекта является выбор базовой детали, на основе которой, с помощью инженерных расчетов, необходимо спроектировать заготовительно-термический участок с разработкой технологических процессов нужных для производства изделия с обоснованием технико-экономических показателей участка.

1 Технологическая часть

1.1 Служебное назначение изделия и анализ по техническому требованию

Поршень — деталь цилиндрической формы, которая совершает возвратно-поступательное движение внутри цилиндра и служит для превращения изменения давления газа, пара или жидкости в механическую работу, или наоборот — возвратно-поступательного движения в изменение давления. Поршень ДВС предназначен для восприятия давления газов, передачи усилия шатуну и создания переменного надпоршневого объема. При этом он уплотняет надпоршневой объем, передает боковую нагрузку на цилиндр, обеспечивает отвод теплоты в стенку цилиндра (охлаждающей среде) и в моторное масло[1].

Поршень входит в состав поршневой группы, в которую также входят поршневые кольца (компрессионные и маслосъемные), поршневой палец и элементы, которые ограничивают его осевые перемещения.

Надежность поршневой группы значительна, так как определяет надежность всего двигателя.

1.2 Элементы поршня и их назначение

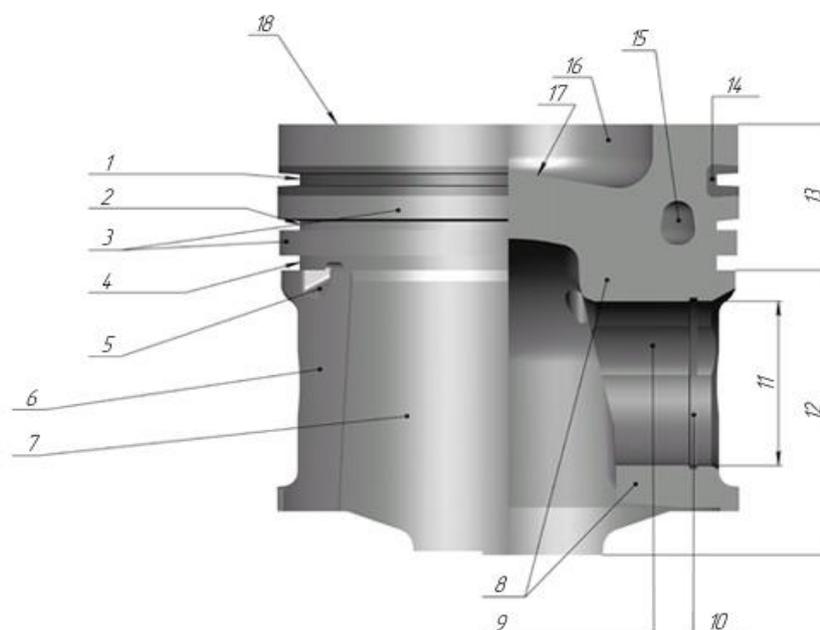


Рисунок 1 – Основные элементы конструкции поршня

В конструкции поршня принято выделять следующие элементы (рисунок 1):

1. Канавка под первое компрессионное кольцо
2. Канавка под второе компрессионное кольцо

3. Межкольцевые перемычки
4. Канавка под маслосъемное кольцо
5. Выборка для слива масла
6. "Холодильник"
7. Юбка поршня
8. Бобышка под пальцевое отверстие
9. Разгружающая выборка
10. Канавка для стопорного кольца
11. Отверстие под палец
12. Юбка поршня, состоящая из бобышек и направляющей части
13. Головка поршня, которая включает днище
14. Нирезистовая вставка
15. Маслоохлаждаемая полость
16. Камера сгорания
17. Конусный вытеснитель
18. Днище поршня

Сложное взаиморасположение конструкций поршня, быстро меняющиеся по величине и направлению тепловые потоки, воздействующие на его элементы, приводят к неравномерному распределению температур по его объему и, как следствие, к значительным переменным по времени локальным термическим напряжениям и деформациям[2].

Рассмотрим конструктивные элементы поршня, которые позволят глубже понять сложность задач, стоящих перед изготовителями.

Головка поршня - это его верхняя часть, которая включает днище 18 и зону канавок 1, 2 под поршневые кольца. Вместе с головкой цилиндра днище поршня образует камеру сгорания 16. Днище поршня воспринимает давление газов, развивающееся в надпоршневом пространстве при реализации в нем рабочего цикла и через палец передает усилие на шатун.

Канавки под поршневые кольца располагаются на боковой поверхности головки поршня 13. Обычно их три: две под компрессионные 1,2 и одна под маслосъемное кольца 4. Поршневые кольца образуют уплотнение между поршнем и стенкой цилиндра, не допуская прорыва горячих газов в картер и масла в камеру сгорания.

Перемычки 3 между канавками (особенно между первой и второй для компрессионных колец) подвергаются высоким механическим и тепловым нагрузкам - 50-60% тепла отводится в цилиндр через компрессионные кольца.

Сгорание топливовоздушной смеси происходит при температуре 1800-2600°C. Эта температура значительно превышает температуру плавления поршневого сплава на основе алюминия (~660°C). Чтобы не расплавиться, поршень должен эффективно охлаждаться, передавая тепло от камеры сгорания через кольца, юбку, стенки цилиндра, палец и внутреннюю поверхность охлаждающей жидкости и маслу. При нагревании поршня происходит снижение предела прочности материала, возникают термонапряжения от перепадов

температуры по его телу, которые накладываются на напряжения от сил давления газов и инерционных сил. Следственно, поршень работает в тяжелых условиях, свойства, которыми должен обладать поршень трудно совместимы и технически тяжело реализуемы.

Чтобы поршень противостоял этим воздействиям, он должен быть легким, прочным, износостойким, хорошо проводить тепло. Все перечисленные условия должны быть учтены при проектировании. Форма внутренних поверхностей и конструктивных элементов поршня должна обеспечивать заданную прочность и работоспособность за счет рационального распределения и использования материала.

Особое внимание уделено форме наружной поверхности. Внешний профиль боковой поверхности поршня формируется с учетом деформаций от механических нагрузок (давления газов и инерционных сил) и теплового воздействия от сгорания топливовоздушной смеси таким образом, чтобы ни при каких условиях не произошло заклинивание в цилиндре, прорыв горячих газов в картер, прогорание камеры сгорания.

Температура поршня в зоне камеры сгорания (на днище) выше, чем на юбке, температурное расширение головки больше чем юбки, поэтому поршень в холодном состоянии – бочкообразный, с уменьшением диаметра от юбки к головке.

Сила давления газов, силы инерции и боковая сила деформируют поршень так, что юбка овалируется. Для компенсации этой деформации поршень изначально выполняется с «противоэллипсом», большая ось которого расположена в перпендикулярно оси пальцевого отверстия.

Зазоры между поршнем и цилиндром должны быть сведены к минимуму для предотвращения шума, особенно в холодном двигателе. Но они должны быть достаточными для предотвращения заклинивания при работе прогретого двигателя.

Поршень работает в очень тяжелых условиях: при высоких газовых и знакопеременных инерционных нагрузках, носящих ударный характер; при высоких температурных нагрузках. В условиях несовершенного смазывания он подвергается значительному износу. Средняя скорость поршня достигает 8...20 м/с, что соизмеримо со скоростью автомобиля. Под действием боковой силы он совершает вторичное движение (перекладку) в пределах зазора поршень-гильза[3].

1.3 Форма поршня

При эксплуатации двигателя в различных частях поршня могут преобладать различные температуры. Температура днища поршня разогревается значительно больше, чем юбка поршня. Потому поршень расширяется в различных зонах неравномерно.

Таким образом, под воздействием внешних температурных и силовых нагрузок цилиндрический поршень может приобрести овальную форму. Для

устранения этого явления поршень изначально делается овальным, но в противоположном направлении, в результате чего по мере прогрева двигателя, поршень, под воздействием боковых сил, приобретает круглую форму. По этой причине конструкторы поршней изготавливают поршни, форма которых в холодном состоянии напоминает бочку, если смотреть на поршень сбоку, и овал – если смотреть на поршень сверху. На рисунке 2 показана внешняя форма поршня.

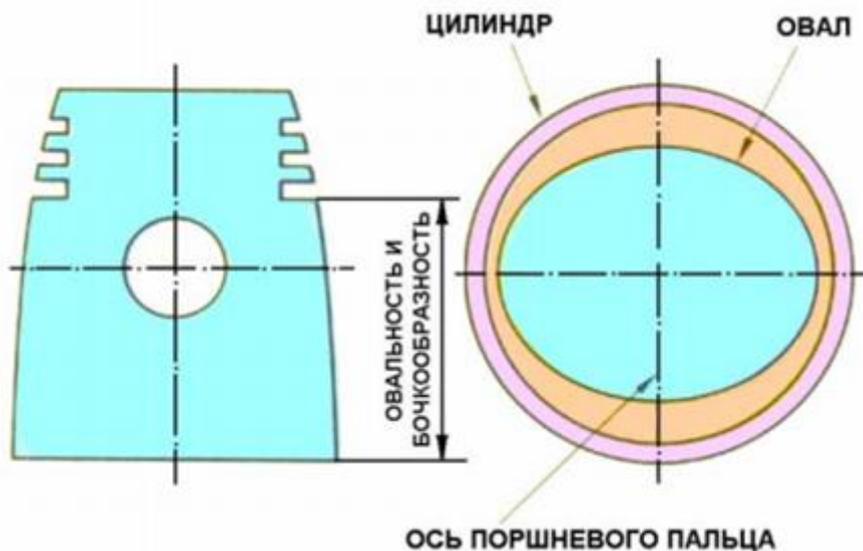


Рисунок 2 – Внешняя форма поршня

1.4 Охлаждение

Для принудительного охлаждения поршней современных двигателей могут применяться следующие способы:

- струйное опрыскивание маслом внутренней поверхности днища поршня. Масло под давлением подводится от коленчатого вала по каналу в стержне шатуна к калиброванному отверстию в верхней поршневой головке шатуна. Это обеспечивает снижение температуры днища поршня на 15-20 °С. Масло может распыливаться через форсунку, неподвижно установленную в зоне нижней части цилиндра на корпусе двигателя, что позволяет уменьшить температуру днища на 25-30 °С;

- заполнение маслом 1/3 полости в поршне через шатун. При движении поршня масло постоянно омывает днище поршня, перемешиваясь, увеличивает теплоотвод. Этот способ позволяет снизить температуру днища поршня на 30-40 °С.

1.5 Требования, предъявляемые к поршню:

Поршень должен решать следующие задачи:

- Давление сгорания преобразовывать в механическое движение;
- Передавать боковые усилия на стенки цилиндра;
- Уплотнять камеру сгорания цилиндра со стороны картера коленчатого вала;
- Передавать часть тепла, получаемого днищем поршня, через кольца и юбку поршня, находящихся в контакте с цилиндром двигателя, и далее в систему охлаждения;
- Управлять сменой заряда в цилиндре 2-тактного двигателя[4].

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ:

- температура в камере сгорания может достигать более 2000 °С, соответственно температура поршня без риска потери прочности материала, не должна превышать 350 °С;
- давление в камере сгорания может достигать 80 атмосфер, при таком давлении поршень испытывает нагрузку на днище свыше 4-х тонн. Соответственно, толщина стенок и днища поршня должна выдерживать значительные нагрузки. Но любое увеличение массы изделия приводит к увеличению динамических нагрузок на элементы двигателя, что в свою очередь, ведёт к росту массы двигателя;
- при выборе материала для поршня необходимо учитывать тепловое расширение материала и исключить возможность заклинивания поршня в цилиндре, ведь зазор между поршнем и поверхностью цилиндра должен обеспечивать эффективную смазку и минимальное трение;

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ:

- поршень должен сопротивляться высокой температуре, давлению газов и надежно уплотнять канал цилиндра, поскольку перемещаясь в цилиндре, позволяет расширяться сжатым газам, продукту горения топлива, и совершать механическую работу;
- наилучшим образом отвечать требованиям пары трения с целью минимизировать механические потери и, как следствие, износ, так как представляет собой вместе с цилиндром и поршневыми кольцами линейный подшипник скольжения;
- должен выдерживать механическое воздействие, поскольку испытывает нагрузки со стороны камеры сгорания и реакцию от шатуна;
- совершая возвратно-поступательное движение с высокой скоростью, должен как можно меньше нагружать кривошипно-шатунный механизм инерционными силами;
- иметь малую массу, и, как следствие, обладать небольшой силой инерции;
- иметь жаростойкое днище поршня и эластичное тело поршня;
- конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов и быть стандартной в целом;
- детали должны изготавливаться из стандартных или унифицированных заготовок;

- размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные, т.е. экономически и конструктивно обоснованные точность и шероховатость;

- физико-химические и механические свойства материала, жесткость детали, ее форма и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления, хранения и транспортировки;

- показатели базовой поверхности детали (точность, шероховатость) должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля;

- заготовки должны быть получены рациональным способом с учетом заданного объема выпуска и типа производства;

- метод изготовления должен обеспечивать возможность одновременного изготовления нескольких деталей;

- сопряжения поверхности деталей различных классов точности и шероховатости должны соответствовать применяемым методам и средствам обработки;

- конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологических процессов ее изготовления.

СТОИМОСТНЫЕ:

- материал для изготовления и его изготовление должен быть дешёвым и отвечать условиям массового производства.

Вывод:

Итак, идеальный поршень в таких жестких условиях должен быть легким и абсолютно жестким, т. е. никак не менять свою форму. Тепловые нагрузки не должны его деформировать. Его вес должен быть близок к нулю. Износ от контакта с сопряженными деталями должен отсутствовать. Необходимо подобрать сплав, удовлетворяющий всем требованиям.

2 Выбор материала

Требования к поршням предъявляются очень высокие, в связи с этим жесткие требования предъявляются и к материалам, из которых изготавливаются поршни, они должны обладать:

1. прочностью, обладая малым удельным весом;
2. низким коэффициентом температурного расширения;
3. высокой теплопроводностью и теплоёмкостью, что позволяет уменьшать теплонапряженность деталей поршневой группы.
4. низким коэффициентом трения в паре с материалом, из которого изготовлены стенки цилиндров;
5. коррозионной стойкостью;
6. высокой сопротивляемостью износу;
7. хорошей технологичностью, т. е. легко поддаваться всем видам обработки, например, литью в процессе производства;
8. малой стоимостью, быть общедоступными.
9. сохранять свои физические свойства под воздействием нагрузок, вызывающих усталостное разрушение материала;
10. сохранять свои механические свойства (прочность) при изменении температур;

Максимальные возможности от использования материала применяемого для изготовления поршня можно будет достичь только при комплексной оптимизации всех деталей цилиндропоршневой группы, колец и гильзы цилиндра. Установка поршня в гильзу, изготовленных из одного материала, позволит обеспечить минимальные монтажные зазоры, уменьшить количество поршневых колец и, возможно, полностью отказаться от их использования.

Оптимизация конструкции поршня и поршневого пальца на основе расчетно- экспериментальных исследований позволит уменьшить массу, что также будет способствовать улучшению показателей двигателя, а повышение общего уровня температур увеличит индикаторные показатели и, следовательно, эффективные показатели двигателя.

Разработка методов влияния на свойства материалов в зависимости от его состава, строение компонентов и технологии изготовления позволит создавать конструкции, максимально учитывающие особенности работы поршня в двигателе. Например, изменение теплопроводности поршня позволит изменять температуры днища поршня. Для двигателей с самовоспламенением гомогенной смеси от сжатия требуется увеличение максимальных температур днища поршня для улучшения смесеобразования, а в бензиновых двигателях для обеспечения бездетонационной работы необходимо ограничивать максимальные температуры[5].

Проанализировав условия работы детали и комплекс требований к нему, учитывая его экономические показатели, можно отметить, что для изготовления поршней в настоящее время в основном используют алюминиевые сплавы, реже серый чугун, а также композиционные материалы, и в отдельных случаях стали.

Рассмотрим в качестве возможного материала: сплавы на основе алюминия и серый чугун.

Достоинства поршней из алюминиевых сплавов:

- малая плотность, что позволяет снизить массу (минимум на 30 % меньше по сравнению с чугунными);

- высокая теплопроводность (в 3-4 раза выше теплопроводности чугуна), обеспечивающая нагрев днища поршня не более 250 °С, что способствует лучшему наполнению цилиндров и позволяет повысить степень сжатия в бензиновых двигателях;

- хорошие антифрикционные свойства;

- малые значения коэффициента трения в паре с чугунными или стальными гильзами.

Недостатки поршней из алюминиевых сплавов:

- невысокая усталостная прочность, уменьшающаяся при повышении температуры;

- большой коэффициент линейного расширения, чем у чугунных поршней,

- сравнительно большая стоимость.

- значительное снижение прочности при нагреве (повышение температуры до 300 °С приводит к снижению механической прочности алюминия на 50—55 % против 10 % у чугуна),

- меньшая твёрдость и износостойкость поршневых канавок.

Определив недостатки поршней, изготовленных из алюминиевых сплавов, такие как: значительное снижение прочностных характеристик при высоких температурах, высокий коэффициент теплового расширения и низкая износостойкость, проводят корректировку за счет конструктивных и технологических мероприятий, таких как:

- разработка специальных сплавов с добавлением компонентов, улучшающих прочностные характеристики при высоких температурах и уменьшающих тепловое расширение;

- использованием специальных технологий изготовления заготовок поршней: литье под давлением, изотермическая и «жидкая» штамповка для эвтектических сплавов, в том числе гранулированных.

Достоинства поршней из чугуна:

- обладают значительной прочностью;

- высокие показатели жаростойкости и износостойкости;

- хорошие антифрикционные свойства;

- имеют малый температурный коэффициент расширения, благодаря чему уменьшается зазор по юбке;

- чугун дешевле других материалов.

Недостатки поршней из чугуна:

- большой удельный вес, поэтому чугунные поршни применяют в тихоходных двигателях, где газовые силы значительно больше инерционных, и этот недостаток нивелируется;

- низкая теплопроводность, из-за чего нагрев днища поршней достигает 350—400 °С. Это недопустимо в бензиновых двигателях, так как он может привести к возникновению калильного зажигания. Коэффициент наполнения при этом также снижается.

Требования к поршням в последнее время сильно изменились, и как следует из сказанного выше, ни силумины, ни чугун в полной мере не являются оптимальными материалами для изготовления поршней.

Сравним характеристики сплавов на основе алюминия АК-4, АЛ2 и серый чугун СЧ24.

Сплав АК4

Таблица 1– Химический состав, % АК-4

Fe	Si	Mn	Ni	Ti	Al	Cu	Mg	Zn
0,8 - 1,3	0,5-1,2	до 0,2	0,8 - 1,3	0,02 - 0,1	92,05 - 96,08	1,9 - 2,5	1,4 - 1,8	до 0,3

Таблица 2– Механические, физические и технологические свойства сплава АК-4

Марка	Механические свойства				Физические свойства				Технологические свойства		
	σ_b , МПа	δ , %	Ψ , %	НВ	ρ (кг/м ³)	λ , Вт/м*°С	$\alpha \cdot 10^6$ 1/°С	$E \cdot 10^5$ (МПа)	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при обработке давлением
АК4	421	10	20 - 25	117, 8	2775	180	22,0	0,72	В	У	Н

- Ψ - относительное сужение, %;
 σ_b - предел кратковременной прочности, МПа;
 δ - относительное удлинение после разрыва, %
 НВ - твердость по Бринеллю, МПа;
 α - коэффициент температурного (линейного) расширения (диапазон 20° - T), 1/°C
 E - модуль упругости нормальный, ГПа
 R - удельное электросопротивление, Ом·м
 ρ - плотность, (кг/м³)
 λ - коэффициент теплопроводности (теплоемкость материала), Вт/(м·°C)

Таблица 3– Значения твердости сплава АК-4

Твердость АК4	НВ 10 ⁻¹ = 100 МПа
Твердость АК4 после закалки и старения	НВ 10 ⁻¹ = 120 МПа

Характеристика алюминия АК4: по данным таблицы 1 жаропрочные сплавы типа АК4-1 системы Al—Cu—Mg—Fe—Ni по химическому и фазовому составам весьма близки к дуралюминам, но вместо марганца в качестве легирующих элементов содержат железо и никель.

По данным таблиц 2,3 в которых указаны механические, физические и технологические свойства сплава АК-4, можно заключить, что сплавы хорошо деформируются в горячем состоянии; коррозионная стойкость высокая, они не склонны к коррозионному растрескиванию под напряжением независимо от состояния материала. Впрочем для защиты от коррозии детали подвергаются анодированию, оксидированию и покрываются лакокрасочными материалами.

Сплавы удовлетворительно соединяются точечной, шовной и аргонодуговой сваркой. Обрабатываемость резанием в отожженном состоянии неудовлетворительная, в закаленном и состаренном- удовлетворительная.

Сплавы отличаются высокой износостойкостью (низкий коэффициент трения).

Сплав АК4 используется для изготовления деталей реактивных двигателей (крыльчатые насосы, колеса, компрессоры, заборники, диски, лопатки)[6].

Сплав АЛ-2 (АК12)

Таблица 4– Химический состав, % АЛ-2

Fe	Si	Mn	Ti	Al	Cu	Zr	Mg	Zn
до 1,5	10 - 13	до 0,5	до 0,1	84,3 - 90	до 0,6	до 0,1	до 0,1	до 0,3

Таблица 5– Механические, физические и технологические свойства сплава АЛ2.

Марк а	Механические свойства			Физические свойства				Рекомендуем ые способы литья		Свариваемость, способы сварки
	σ_b , МПа	δ , %	НВ	ρ (кг/ м ³)	λ , Вт/м °С	$\alpha \cdot 10^6$ 1/°С	$E \cdot 10^{-5}$ (МПа)	Температура, °С	Обозначение	
АЛ2	147	2,0	49,0	2850	176	21,1	0.7	690- 760	З, К, Д	Х,Г, А- Д, А-В

Свариваемость: Х-хорошая, У- удовлетворительная, П- плохая.

Способы литья: З- в песчаную форму, К- в кокиль, Д- под давлением.

Способы сварки: Г- газовая, А-Д-аргонодуговая, А-В- атомно-водородная.

Таблица 6– Значения твердости сплава АК-4

Твердость АЛ2	НВ $10^{-1} = 55$ МПа
Твердость АЛ2 после закалки и старения	НВ $10^{-1} = 110$ МПа

Алюминиево-кремниевый сплав АК12 (АЛ2), относящийся к силуминам, имеет хорошую коррозионную стойкость, а также повышенный уровень литейных и механических свойств (таблица 5,6). Высокий процент кремния – 10-13 %, содержащийся в сплаве АК12, обеспечивает его отличную жидкотекучесть и литейные качества, позволяя понижать температуру литья и продлевать срок службы отливки. Небольшие добавки различных металлов, вводимые в состав сплава АК12, значительно повышают его эксплуатационные характеристики.

Марганец не только увеличивает термическую прочность, но и препятствует приставанию отливаемых деталей к стенкам форм, а также связывает примеси железа и уменьшает его вредное влияние на качество материала. Добавки титана, приводящие к измельчению зерна, также положительно влияют на литейность и механическую обрабатываемость сплава(таблица 4). Благодаря эвтектической структуре имеет отличные литейные свойства при невысоких механических. Предел кратковременной прочности у этого силумина меньше, поэтому спектр его применения ограничен деталями, работающими под небольшой нагрузкой.

Он обладает важными свойствами, которые с трудом удается получить у более прочных алюминиевых сплавов:

- высокая жидкотекучесть;
- низкая линейная усадка;
- превосходная свариваемость.

При этом отливки, за счет его малого интервала кристаллизации (близкого к нулю), обладают небольшой пористостью. Но из-за склонности алюминиево-кремниевого сплава к газонасыщению, изделия могут содержать концентрированные газовые раковины – закрытые открытые или полости с шершавой поверхностью. Именно из-за них возникают немалые трудности при изготовлении массивных и сложных по форме заготовок из АК12.

Коррозионная стойкость – второй после литейных качеств, но не менее важный параметр сплава АК12. В целом он обладает средним уровнем антикоррозийности, поэтому может использоваться в промышленности без защитного покрытия или с нанесенным на его поверхность слоем краски.

Отливки из АК12 получаются с минимальной литейной усадкой, они обладают хорошей плотностью и высокой герметичностью. Прочность деталей не сильно колеблется в меньшую сторону, при отливке толстостенных изделий. Коррозионная стойкость в обычной воде и атмосфере – хорошая. Свариваемость АК12 – без ограничений аргоно-дуговой или точечной сваркой, о чем свидетельствует таблица 5.

В виду хорошей текучести, герметичности, коррозионной стойкости этот материал рекомендуется применять для отливки деталей техники, аппаратуры, приборов сложной формы. Однако хрупкость этого сплава не позволяет использовать его для отливки ответственных деталей, работающих под нагрузкой.

СЧ24

Таблица 7– Химический состав, % СЧ24

С	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
2.9-3.2	1.2-1.6	0.8-1.2	до 0.2	до 0.15	до 0.3	до 0.5

Таблица 8– Механические свойства отливок из серого чугуна

Марка	Предел прочности, МН/м ² (кгс/мм ²)		Твердость пр Бринелю НВ	Временное сопротивление при растяжении σв, Мпа (кгс/мм ²)
	При растяжении	При изгибе		
СЧ24	240 (24)	440 (44)	170-241	240 (24)

Таблица 9– Временное сопротивление при растяжении и твердость в стенках отливки различного сечения

Марка чугуна	Толщина стенки отливки, мм						
	4	8	15	30	50	80	150
Временное сопротивление при растяжении, МПа, не менее							
СЧ24	310	270	250	210	180	165	150
Твердость НВ, не более							
СЧ24	260	255	245	238	187	170	156

Таблица 10–Физические свойства чугуна с пластинчатым графитом

Марка чугуна	Плотность, ρ кг/м ³	Линейная усадка, ϵ , %	Модуль упругости при растяжении, $E \times 10^{-2}$ МПа	Удельная теплоемкость при температуре от 20 до 200°С, G , Дж(кг \times К)	Коэффициент линейного расширения при температуре от 20 до 200°С, α 1/°С	Теплопроводность при 20°С, λ , Вт(м \times К)
СЧ24	$7,2 \times 10^3$	1,2	от 900 до 1100	500	$10,0 \times 10^{-6}$	50

Ранее поршни из чугуна имели широкое распространение во всех отраслях двигателестроения. Однако со временем более совершенные поршни из легких сплавов почти полностью вытеснили поршни из чугуна. Несмотря на усовершенствование, разработку высококачественных сортов чугуна, близких по своим свойствам к стали и значительно снизивших вес поршня, применение чугуна ограничено(таблицы 8,9,10). В основном чугунные поршни нашли свое применение в поршневых компрессорах, в которых применению поршней из легких сплавов препятствует коррозия. Также они применяются в стационарных и тракторных двигателях с воспламенением от сжатия, характеризующихся низкой термической и механической напряженностью. Чугунные поршни могут применяться в двухтактных двигателях с воспламенением от сжатия, к поршням которых не предъявляются повышенные требования в отношении веса поршня. В этом случае для снижения температуры поршня необходимо масляное охлаждение. Для обеспечения необходимой надежности при значительных

термических деформациях в качестве материала для изготовления поршней двухтактных двигателей используются более вязкий ковкий чугун и модифицированный серый чугун.

Фосфор вводят для увеличения жидкотекучести, одновременно повышая износостойкость и склонность чугуна к росту. Легированием улучшают свойства чугунов, так для увеличения твердости и износостойкости вводят хром, для измельчения структуры и уменьшения теплового расширения – никель (таблица 7). Главными достоинствами чугунных поршней являются: прочность, износостойкость, малый коэффициент линейного расширения [6].

Вывод:

Рассмотрев ряд материалов для изготовления поршня, мы видим, что чугун и алюминиевый сплав АК12, следует исключить и списка, так как им присущ ряд серьезных недостатков, основными из которых являются невысокая усталостная прочность, уменьшающаяся при повышении температуры, незначительная износостойкость. А также работа поршней из СЧ24 и алюминиевого сплава АК12, невозможна, при высокой температуре. Несмотря на то, что сплав силумин АК12 обладает меньшим коэффициентом теплового расширения, незначительно меньшим чем у АК4, больше всех исследуемых материалов соответствует требованиям для изготовления поршня сплав АК4, по механическим свойствам значительно превышающий сплавы АК12 и СЧ24, также он стоек к воздействию высокой температуры, имеет малый коэффициент расширения.

Алюминиевый силумин АК4 практически не подвергся коррозионным разрушениям в бензине и моторном масле, так как этот сплав, изготовленный с добавлением кремния, обладает хорошей коррозионной стойкостью по отношению к низким агрессивным средам, что отвечает требованиям, предъявляемым к выбору материала для изготовления поршня.

Таким образом, выбор материалов для изготовления деталей ДВС, осуществляется только при их тщательном исследовании, для достижения заданных эксплуатационных характеристик материалов при строгом выполнении всех режимов в процессах изготовления и упрочняющей термической обработки изделия.

Окончательный выбор материала для поршня осуществлен с учетом основных требований, предъявляемых к поршню, его технологичности изготовления детали. Следовательно среди трёх предлагаемых материалов: серого чугуна, алюминиевых сплавов АЛ2, АК4, заданному условию и требованиям соответствует только алюминиевый сплав АК4.

Легирующие элементы сплава АК4

Для улучшения физико-механических свойств силуминов в них вводят различные легирующие добавки.

Магний незначительно повышает коррозионную стойкость, повышаются механические свойства и обрабатываемость резанием. У магния малая плотность ($1,74 \text{ г/см}^3$) что важно при изготовлении лёгких деталей самолётов и способность поглощать вибрации.

Железо снижает коррозионную стойкость и пластичность алюминия, но несколько повышает его прочность. Железо – вредная примесь не только в алюминии, но и в сплавах алюминия с кремнием и магнием. В анодном алюминии железо также является вредной примесью. Однако в жаропрочных алюминиевых сплавах железо является полезной примесью.

Кремний – вносит наибольший вклад в упрочнение сплава, образующий с алюминием эвтектику. Растворимость кремния в алюминии при эвтектической температуре (577 °С) составляет 1,65 %, а при комнатной – 0,05 %. Если содержание кремния в сплаве выше 0,05 %, в структуре алюминия происходит выделение хрупкого твердого раствора кремния с алюминием (98 % Si) в виде иглообразных кристаллов, которые, располагаясь по границам зерен алюминия, резко уменьшают пластичность сплава и его трещиностойкость. Кремний в алюминиевых сплавах улучшает их литейные свойства, понижает температуру плавления. Введение кремния в сплавы типа магналий способствует также уменьшению чувствительности к образованию трещин и повышению жаропрочности.

Никель как и хром повышает жаропрочность сплавов, затормаживая процессы диффузии и образуя стабильные сложнолегированные упрочняющие фазы. Титан – измельчает зерна в отливках и слитках, что очень повышает прочность и равномерность свойств во всём объёме.

Марганец – вводится в соединении типа магналий повышает жаропрочность и улучшает коррозионную стойкость алюминиевых сплавов.

Цинк – упрочняет алюминиевую матрицу.

Добавка в алюминиево-кремниевый сплав до 6 % меди приводит к повышению усталостной прочности, улучшает теплопроводность, обеспечивает хорошие литейные качества и, следовательно, меньшую стоимость изготовления. Однако при этом несколько снижается износостойкость поршня.

Использование в качестве легирующих добавок натрия, азота, фосфора увеличивает износостойкость сплава[7].

3 Технология изготовления поршней

Заготовки поршней из алюминиевых сплавов получают путем отливки в кокиль или изотермической штамповкой, при изотермической штамповке материал не расплавляют, а предварительно нагревают его до состояния пластической деформации и штампуют на гидравлическом прессе в специальной оснастке. После механической обработки они подвергаются термической обработке для повышения твердости, прочности и износостойкости, а также для предупреждения коробления при эксплуатации. Кованые поршни пока используются реже, чем литые[8].

В серийном и массовом производстве поршни из алюминиевых сплавов отливают, но самыми «крепкими» поршнями считаются - кованые, то есть сделанные из заготовок, полученных методом литья, а впоследствии подвергнутых ковке. Для каждого металла существует своя ковочная температура, у алюминия она не высокая - в районе 500 0С. В мелкосерийном и штучном производстве для обеспечения оптимальных механических характеристик заготовки поршней получают методом изотермической штамповки или жидкой штамповки.

Литье в кокиль- наиболее простой технологический процесс, позволяющий использовать поршневые сплавы с низким коэффициентом линейного расширения (КЛР) и получать отливки сложной конфигурации. Однако в данном случае проявляются два существенных недостатка: невысокое качество заготовок (наличие дефектов) и низкий коэффициент использования металла (КИМ), так как большое количество металла уходит в отходы литейного производства. Заготовки, полученные горячей штамповкой деформируемых сплавов отличаются высоким качеством, но деформируемые сплавы по сравнению с литейными имеют на 15-20% более высокие значения КЛР, а КИМ при горячей штамповке еще меньше, чем при литье в кокиль, так как металл уходит в отходы кузнечного производства- облой и напуски от штамповочных уклонов[9].

Рассмотрим их различие и назовем рациональную технологию изготовления.

№ 4 таблица 11. Двигатель работает в тяжелых условиях, поэтому все его комплектующие испытывают очень большую нагрузку, особенно поршни. При высоких нагрузках, поршни, которые двигаются с очень большой скоростью испытывают большие нагрузки, причем чем больше вес поршня тем нагрузки больше. Кованые в свою очередь, легче чем литые, потому нагрузки на них меньшие.

№ 5 таблица 11. При изготовлении литых поршней, образуется большое количество микроскопических дефектов, которые не проявляются при заданной мощности двигателя, но при увеличении мощности двигателя, нагрузка на поршень существенно увеличивается и возможна деформация или разрушение поршня.

№ 9 таблица 11. Содержание кремния оказывает большое влияние на технологию изготовления, поэтому кованные и литые поршни изготавливают разных сплавов. При изготовлении кованных поршней, используют сплавы с большим содержанием кремния, который дает хорошую теплостойкость, небольшое тепловое расширение, а при литье образуются дефекты и происходит неравномерная кристаллизация частиц кремния, образуется хрупкая структура [10].

Таблица 11– Сравнительная характеристика литых и кованных поршней

№		Литые поршни	Кованные поршни
1.	Применение	Для легковых автомобилей, двигателей, не воспринимающих тяжелых нагрузок.	Для форсированных двигателей, так как литые не способны выдерживать высоких нагрузок.
2.	Объем изготавливаемой продукции	Серийное, массовое производство	Единичное производство
3.	Стоимость	Дешевле	Дороже
4.	Масса	Легкие	Тяжелые
5.	Прочность	Литые поршни уступают кованным	
6.	Структура	Крупная	Мелкая
7.	Твердость, ед.	80-90	130
8.	Рабочая температура днища	До 200оС	До 350оС и выше
9.	ЛЭ	Желательно меньшее содержание Si	Желательно большее содержание Si
10.	Термоциклическая стойкость		В 6 раз больше

В данной дипломной работе мы рассматриваем серийное производство, поэтому, несмотря на все положительные характеристики изотермической штамповки, выбираем литье- как основной способ изготовления поршня легкового автомобиля.

3.1 Требования к кокилям

Перед началом заливки кокиль готовят к работе:

1. Поверхность рабочей полости и разъем тщательно очищают от следов загрязнений, ржавчины, масла;
2. Проверяют легкость перемещения подвижных частей, точность их центрирования, надежность крепления;
3. На поверхность рабочей полости и металлических стержней наносят огнеупорные облицовки и краски (покрытие)[11].

После нанесения огнеупорного покрытия кокиль нагревают до рабочей температуры, зависящий в основном от состава заливаемого сплава, толщины стенки отливки, ее размеров, требуемых свойств. Обычно температура нагрева кокиля перед заливкой 150-250оС. Производят заливку. После охлаждения отливки до заданной температуры кокиль раскрывают и удаляют отливку из кокиля. Затем цикл повторяется[12].

4 Термическая обработка поршня

Термическая обработка алюминиевых сплавов проводится для получения заданных свойств, обеспечивается временем нагрева до заданной температуры, временем выдержки при этой температуре и скоростью охлаждения. Различными способами тепловой обработки можно добиться широкого разнообразия структуры и свойств. Время нагрева зависит от типа печи, размеров детали, их укладки в печи; время выдержки зависит от скорости протекания фазовых превращений.

Силумины слабо упрочняются термической обработкой, их свойства существенно зависят от технологии литья, однако для их упрочнения применяют закалку и старение, а для устранения неравновесных структур и деформационных дефектов строения, снижающих пластичность сплава, - отжиг.

4.1 Закалка алюминиевых сплавов

Закалка состоит в получении в сплаве предельно неравновесного фазового состояния (пересыщенного твердого раствора с максимальным содержанием легирующих элементов). Такое состояние обеспечивает, с одной стороны, непосредственное повышение (по сравнению с равновесным состоянием) твердости и прочности, а с другой стороны, возможность дальнейшего упрочнения при последующем старении. Закалку применяют для сплавов, претерпевающих фазовые превращения в твердом состоянии. В алюминиевых сплавах, используемых в промышленности, наблюдается лишь один вид фазовых превращений.

Закалка заключается в нагреве сплава до температуры, при которой избыточные интерметаллидные фазы полностью или большей частью растворяются в алюминии, выдержке при этой температуре и быстром охлаждении до нормальной температуры для получения пересыщенного твердого раствора.

Температура нагрева под закалку должна обеспечить как можно более полное растворение интерметаллидных фаз в алюминии, при этом важно, чтобы охлаждение было достаточно быстрым. Основной особенностью алюминиевых сплавов является малый интервал температур нагрева под закалку.

Температура нагрева под закалку различных промышленных сплавов колеблется в пределах от 450 до 560 °С.

Правильность выбора температуры под закалку обеспечивает качество получаемого изделия, так при значительно высоких температурах наблюдается неисправное явление – пережог (оплавление по границам зерен), что приводит к образованию трещин, пузырей на поверхности полуфабрикатов, снижаются

сопротивление коррозии, механические свойства и сопротивление хрупкому разрушению. Данное явление не исправимо и заготовка обычно отправляется к другим бракованным изделиям.

Выдержка при температуре нагрева под закалку должна быть минимальной, обеспечивать растворение интерметаллидных фаз, поэтому она зависит от величины частиц и характера их распределения. В деформированных изделиях интерметаллидные фазы находятся в основном в виде мелких вторичных кристаллов, а в отливках - в виде довольно грубых эвтектических включений. Отсюда различная продолжительность выдержки при температуре нагрева под закалку для деформируемых сплавов она измеряется десятками минут, а для литейных - часами или даже десятками часов.

Необходимая скорость охлаждения при закалке определяется скоростью выпадения избыточных фаз из переохлажденного и пересыщенного твердого раствора. Охлаждение при закалке следует проводить с такой скоростью, которая обеспечит отсутствие распада твердого раствора в процессе охлаждения. Эта скорость должна быть больше некоторой определенной для каждого сплава критической скорости охлаждения $V_{кр}$, которая определяется как наименьшая скорость охлаждения сплава, при которой распад твердого раствора в процессе охлаждения еще не происходит. Значения критических скоростей охлаждения для различных сплавов могут быть приблизительно определены по диаграммам изотермического распада переохлажденного твердого раствора. Частичный распад твердого раствора снижает механические свойства и коррозионную стойкость после старения. Во избежание частичного распада твердого раствора время переноса нагретого полуфабриката (детали) из печи в закалочный бак не должно превышать 15-30с. Прокаливаемость алюминиевых сплавов составляет $d_k=120-150\text{мм}$ [13]. После закалки сплавы имеют сравнительно невысокую прочность σ_b , $\sigma_{0,2}$ и высокую пластичность δ , ψ .

4.1.1 Выбор охлаждающей среды при закалке.

В промышленности большинство алюминиевых сплавов при закалке охлаждают в воде (как правило, в холодной, иногда в подогретой). Однако охлаждение в воде не может рассматриваться как оптимальный вариант закалки во всех случаях. Очень высокая скорость охлаждения при закалке в воде приводит к образованию больших внутренних напряжений, которые обуславливают коробление изделий. Это особенно проявляется в крупногабаритных изделиях сложной конфигурации, правка которых после закалки весьма трудоемка и дорогостояща. Выбор для каждого сплава охлаждающих сред, обеспечивающих охлаждение со скоростью больше критической, но меньше, чем в воде - актуальная задача [14].

4.1.2 Прокаливаемость

При последующем старении изделие упрочняется неравномерно по толщине, поэтому важно определить прокаливаемость алюминиевого сплава, зависимость прокаливаемости от марки алюминия и формы заготовки. Прокаливаемость является важной характеристикой алюминиевых сплавов, позволяющей оценивать возможность сквозной закалки различных по сечению и габаритам полуфабрикатов и деталей.

Прокаливаемость — способность сплава сохранять после закалки степень пересыщения твердого раствора, которая обеспечивает при старении требуемые свойства. Прокаливаемость зависит от критической скорости охлаждения и от всех факторов, влияющих на устойчивость пересыщенного твердого раствора, также определенное влияние на уровень прокаливаемости оказывают габариты и конфигурация деталей, их расположения в садке, состояние поверхности деталей. Прокаливаемость тем выше, чем меньше критическая скорость охлаждения.

4.2 Старение

Старение представляет собой выдержку закаленного сплава при некоторых относительно низких температурах, при которых начинается распад пересыщенного твердого раствора или в твердом растворе происходят структурные изменения, являющиеся подготовкой к распаду.

Цель старения - дополнительное повышение прочности закаленных сплавов.

Распадом называют процесс, в результате которого из одной фазы (пересыщенный твердый раствор) образуются две фазы: твердый раствор, обедненный легирующими компонентами и выделения интерметаллидов, отличающиеся от твердого раствора по составу и кристаллической решетке, и отделенные от твердого раствора поверхностью раздела.

Сильная пересыщенность твердого раствора в закаленном сплаве обуславливает его термодинамическую нестабильность. Распад твердого раствора, приближающий фазовое состояние к равновесному, а следовательно, к уменьшению свободной энергии сплава, является самопроизвольно идущим процессом. Во многих закаленных алюминиевых сплавах подготовительные стадии распада, а иногда и начало собственно распада проходят без специального нагрева, при вылеживании в естественных условиях в цехе, на складе или в другом помещении, в котором хранятся изделия, где температуры обычно находятся в пределах от 0 до 30 °С. В некоторых алюминиевых сплавах подготовка к распаду и начальные стадии распада происходят лишь при нагреве

закаленного сплава до температуры 100...200 °С. Смысл этого нагрева - термическая активация диффузионных процессов.

Выдержку закаленных алюминиевых сплавов в естественных условиях (при температуре окружающей среды), которая приводит к определенным изменениям структуры и свойств (прочность, как правило, повышается), называют **естественным старением**. Нагрев закаленных алюминиевых сплавов до относительно невысоких температур (обычно в интервале 100...200 °С) и выдержку при этих температурах (в пределах от нескольких часов до нескольких десятков часов) называют **искусственным старением**. Способность многих алюминиевых сплавов к старению при комнатной температуре обусловила возникновение применительно к алюминиевым сплавам термина "свежезакаленное состояние", т.е. состояние сплава непосредственно после закалки.

Свойства алюминиевых сплавов в свежезакаленном состоянии могут значительно отличаться от их свойств спустя определенное время после закалки (в результате естественного старения). Естественное и низкотемпературное искусственное старение связано с тонкими изменениями структуры, которые не обнаруживаются в световом, а в ряде случаев и в электронном микроскопе. И только специальные методы рентгеноструктурного анализа позволили Гинье и независимо от него Престону описать механизм подготовительных стадий распада пересыщенного твердого раствора.

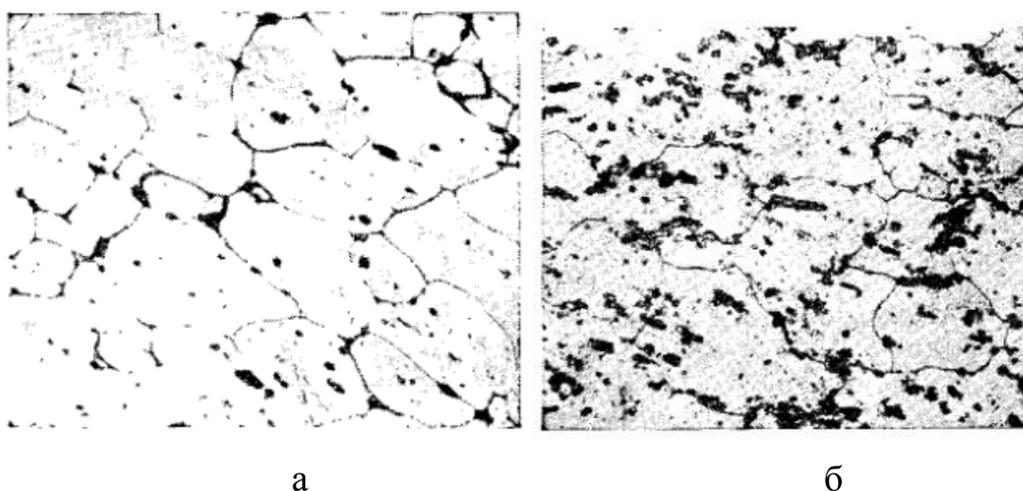


Рисунок 3– Микроструктура сплава АК-4 а- после закалки и б- после закалки и искусственного старения

Старение существенно изменяет свойства сплава АК4: в свежезакаленном состоянии (т. е. при испытании сразу после закалки) предел прочности несколько повышается: $\sigma_B \approx 420$ МПа; – после старения предел прочности возрастает значительно и достигает 600 МПа (рисунок 3). При естественном старении

(20°C) прочность становится максимальной через 4–5 сут после закалки, причем скорость упрочнения в первые часы значительно меньше, чем в последующие, но затем интенсивность упрочнения убывает. Типичный ход кривой упрочнения при естественном старении показан на рисунке 4.

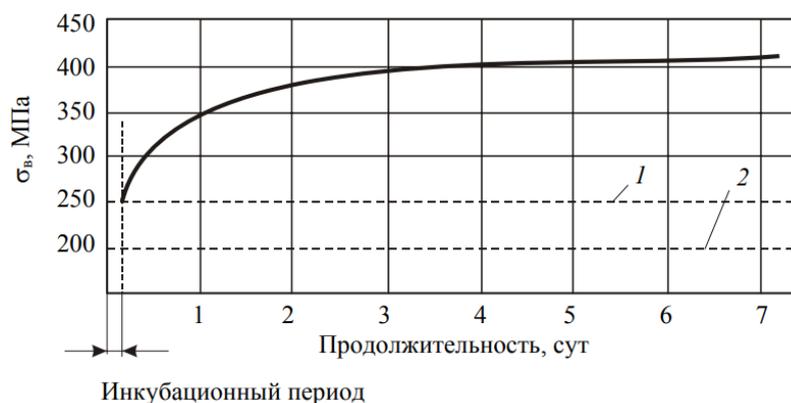


Рисунок 4– Изменение прочности при естественном старении алюминиевого сплава: 1 – закаленное состояние; 2 – отожженное

Начальный период, характеризующийся отсутствием или весьма слабым повышением прочности, называется **инкубационным**. Инкубационный период имеет важное технологическое значение, так как в этот момент сплав обладает большой способностью к пластической деформации и закаленные детали можно подвергать разнообразным технологическим операциям, связанным с деформацией (расклепке заклепок, гибке, отбортовке и т. д.). Через 2–3 ч способность пластически деформироваться начинает резко уменьшаться и эти операции становятся неосуществимыми.

Естественно состаренное состояние сплава является неустойчивым. Если недолго выдержать подвергнутый естественному старению алюминиевый сплав при 200–250°C, то он разупрочняется. Выделившиеся дисперсные частицы избыточной фазы растворятся и сплав получит свойства, характерные для свежезакаленного состояния, так как он вновь приобретет способность к естественному старению. Это явление (т. е. возвращение к свежезакаленному состоянию после кратковременного нагрева) называется **возвратом**.

При старении сплава Al – Cu протекают следующие процессы. Вторая фаза (т. е. выделение из твердого раствора) отчетливо обнаруживается после искусственного старения при температуре выше 200°C (рисунок 4), когда сплав не имеет максимальной прочности.

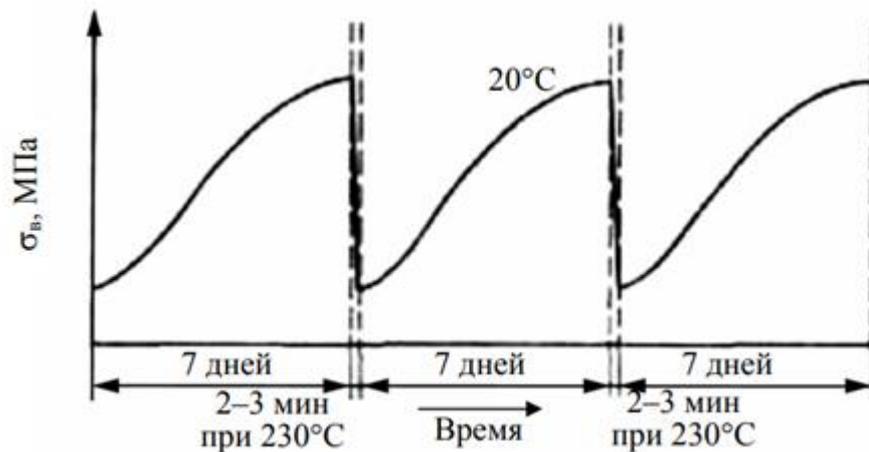


Рисунок 5— Кривые старения после возврата к свежезакаленному состоянию (кратковременный нагрев при температуре 230С)

Рентгеноструктурный анализ показывает, что, когда сплав при естественном старении достигает максимальной прочности, избыточная фаза в обычном смысле отсутствует и упрочнение не связано с распадом твердого раствора (рисунок 5). Современные представления о механизме старения, подтверждаемые особым методом рентгеноструктурного анализа и просвечивающей электронной микроскопией, таковы: – в процессе естественного старения происходят подготовительные к выделению процессы, само же выделение может совершиться лишь при более высоких температурах, обеспечивающих достаточную скорость атомных перемещений (диффузии); – в начальный период старения (первая стадия старения) в пересыщенном твердом растворе атомы меди, расположенные в свежезакаленном сплаве в случайных местах, собираются в определенных местах кристаллической решетки, в результате внутри кристалла образуются зоны повышенной концентрации растворенного компонента – Си, их называют зоны Гинье – Престона (зоны Г. – П.);

– атомы меди на этой стадии старения из раствора не выделяются, поэтому среднее значение параметра решетки не изменяется;

– в местах повышенной концентрации второго компонента – Си параметр иной, чем в обедненных, это создает большие напряжения в кристалле и дробит блоки мозаики, что и приводит к повышению твердости;

– содержание меди в зонах Г. – П. повышенное, но еще не отвечает формуле CuAl_2 ;

– зоны Г. – П. представляют собой тонкие пластинчатые, дискообразные образования толщиной в несколько атомных слоев и протяженностью в несколько десятков атомных слоев (рисунок 6 а).

Указываются такие размеры: толщина – 0,5–1 нм, диаметр 4–10 нм;

– дальнейшее развитие процесса старения заключается в увеличении зон (толщина их достигает 1–4 нм, диаметр 20–30 нм) и повышении содержания в них меди до стехиометрического соотношения фазы CuAl_2 ; принято первые (маленькие) зоны называть зонами Г. – П.-1, а вторые (большие) – зонами Г. – П.-2; процесс старения, связанный с образованием зон Г. – П., называют также **зонным старением**, отмечая тем самым отличие от следующей стадии старения – фазовое старение; – после образования зон Г. – П.-2 повышение температуры или увеличение выдержки при повышенных температурах, например 100°C , приводит к преобразованию зон Г. – П.-2 в фазу, обозначаемую через θ' . Это уже выделения, т. е. новая фаза, которая имеет отличную от твердого раствора и от стабильной θ - фазы (CuAl_2) решетку, когерентно связанную с матричным твердым раствором (рисунок 6 б); – при дальнейшем повышении температуры θ' - фаза превращается в стабильную θ - фазу (CuAl_2) и происходит ее коагуляция (рисунок 6 в).

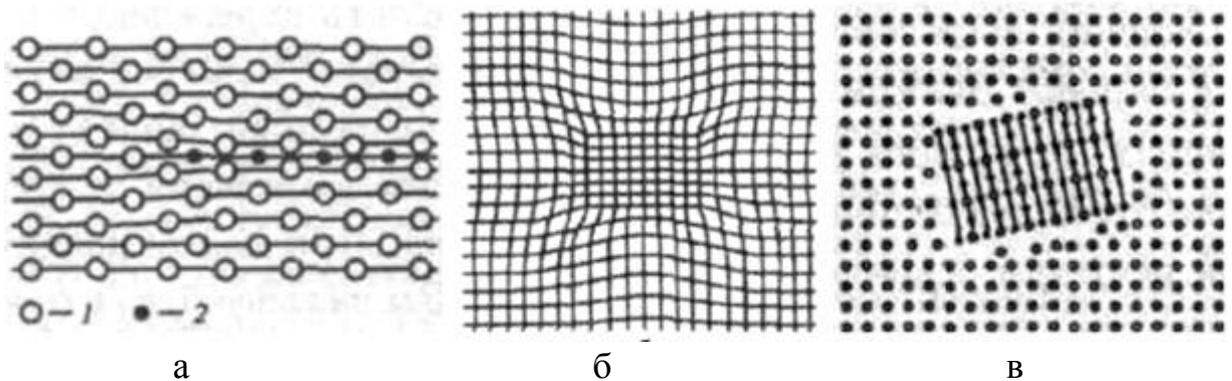


Рисунок 6– Типы выделений из пересыщенного твердого раствора:
а– зона Г.–П.:1– атомы растворителя Al; 2– растворенные атомы Cu;
б– кристаллы метастабильной фазы θ' (когерентное выделение);
в– кристаллы стабильной фазы θ (некогерентное выделение)

Таким образом, процесс старения включает три стадии: свежезакаленный сплав \rightarrow зоны Г. – П. (Г. – П.-1 – Г. – П.-2) \rightarrow θ' \rightarrow θ [15].

5 Обоснование и расчет режимов термической обработки

При расчете норм времени нагрева детали необходимо определить критерий Bi , который позволяет отнести изделия к «тонким» или «массивным» телам, для этого определим к какому классу относится поршень. Длина поршня значительно превышает ширину и толщину, поэтому отнесем его к классу цилиндра.

Поправочный коэффициент для класса цилиндра $m_{ц}$ определяют из выражения:

$$m_{ц} = 1 + \frac{1}{4} Bi; \quad (1)$$

Критерий цилиндра:

$$Bi = \frac{A_{ц} * \alpha * S_{ц}}{\lambda}; \quad (2)$$

Критерий формы:

$$A_{ц} = \frac{P}{\sqrt{4\pi F_{сеч}}}; \quad (3)$$

$$S_{ц} = \sqrt{\frac{F_{сеч}}{\pi}}; \quad (4)$$

где P -длина периметра поперечного сечения, мм;
 $F_{сеч}$ - площадь поперечного сечения, мм²;
 $S_{ц}$ -геометрический размер, диаметр для цилиндра, мм.

$$d_{ср} = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3}; \quad (5)$$

$$d_{ср} = \frac{62,5}{3} = 20,8 \text{ мм}$$

где α -коэффициент теплоотдачи, Вт/м²*С;
 λ -коэффициент теплопроводности, Вт/м*С.

$$\alpha = 0,09 * \left(\frac{t_{печи}}{100}\right)^3 + 10; \quad (6)$$

$$\alpha = 0,09 * \left(\frac{700}{100}\right)^3 + 10 = 40,9 \text{ ккал/м}^2\text{С} = 47,6 \text{ Вт/м}^2\text{*С} = 171360 \text{ Вт/ч*м}^2\text{*}^{\circ}\text{С}$$

$$A_{ц} = \frac{318 \text{ мм}}{\sqrt{4 * 3,14 * 6308 \text{ мм}^2}} = \frac{318}{282} = 1,13;$$

$$S_{ц} = \sqrt{\frac{6308 \text{ мм}^2}{3,14}} = 44,82 \text{ мм} = 0,04482 \text{ м};$$

$$Bi = \frac{A_{ц} * \alpha * S_{ц}}{\lambda}; \quad (7)$$

$$Bi = \frac{1,13 * 47,6 \text{ Вт/м}^2 * \text{°С} * 0,04482 \text{ м}}{180 \text{ Вт/м}^2 * \text{°С}} = 0,013 \text{ (безразмерная величина)} < 0,25,$$

относится к тонким телам.

Расчет времени нагрева проводится по формуле для тонких тел при постоянной температуре печи:

$$\tau_{н} = \frac{G * C}{\alpha * F} * 2,31 \lg \left(\frac{t_{ср} - t_{мн}}{t_{ср} - t_{мк}} \right) \text{ ч}; \quad (8)$$

где G-масса тела, кг;
C- удельная теплоемкость, Дж/кг °С;
α-коэффициент теплоотдачи; Вт/ч м °С
F-активная площадь, мм².

$$F = 2\pi R h + 2\pi R^2 = 2\pi R(h + R); \quad (9)$$

$$F = 238,64 * 121 = 28875 \text{ мм}^2 = 0,029 \text{ м}^2$$

где t_{ср}-температура печи, °С;
t_{мн}- температура комнатная, °С;
t_{мк}- температура закалки, °С.

$$m = V * \rho = \pi r^2 h * \rho; \quad (10)$$

$$m = 3,14 * 38 * 38 * 83 * 0,0028 \text{ г/мм}^3 = 1054 \text{ г} = 1 \text{ кг}$$

Время нагрева при закалке определяют по формуле:

$$\tau_{н} = \frac{1 * 797}{171360 * 0,029} * 2,31 \lg \left(\frac{700 - 20}{700 - 510} \right) = 1,27 * 0,16 = 0,2 \text{ ч} = 12 \text{ мин}$$

Время выдержки при закалке рассчитывают по формуле:

$$\tau_{в.} = 2,5 \text{ мин} + 1,3 \text{ мин на } 1 \text{ мм усл. толщины}; \quad (11)$$

$$\tau_{в.} = 2,5 + 1,3 * 20,8 = 29,54 = 30 \text{ мин}$$

Время охлаждения находим по формуле:

$$\tau_{\text{охл}} = \frac{t_{\text{мк}} - t_{\text{мн}}}{v_{\text{охл}}}, \text{ мин}; \quad (12)$$

Скорость охлаждения вычисляется по формуле:

$$v_{\text{охл}} = c(S/V)^n; \quad (13)$$

$$v_{\text{охл}} = 797 * \left(\frac{28875}{376335}\right)^{0.9} = 82 \text{ мм/с}$$

где S - полная площадь детали, мм^2 ;
 V - объем детали, мм^3 ;
 n - постоянная, для алюминия =0.9.

По формуле находим время охлаждения при закалке:

$$\tau_{\text{охл}} = \frac{510 - 20}{82} = 5.98 \text{ мин}$$

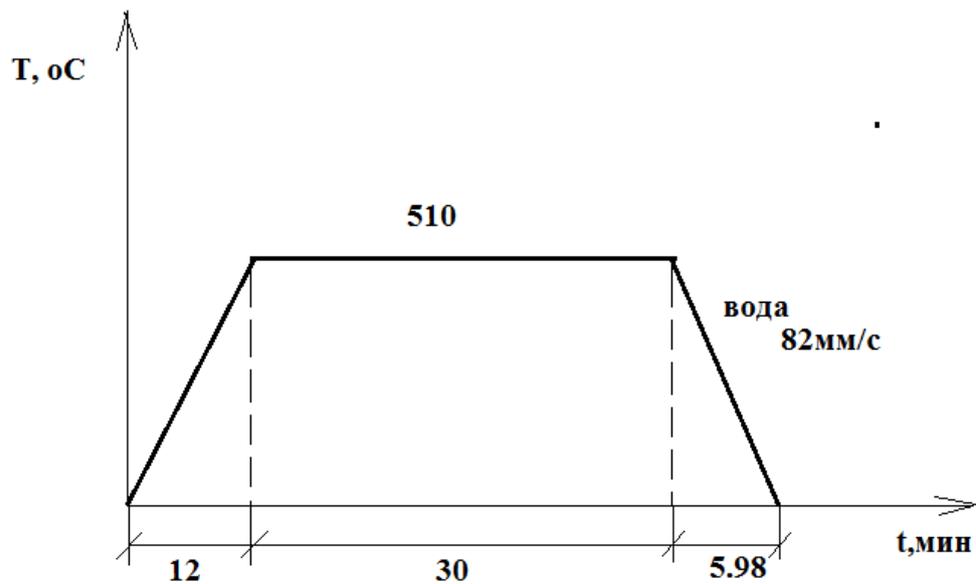


Рисунок 6– Температурные режимы закалки

Время нагрева при старении определяют по формуле:

$$t_{\text{н.отп}} = \frac{1 \cdot 797}{171360 \cdot 0,029} * 2,31 \lg\left(\frac{700 - 20}{700 - 150}\right) = 0,21 * 0,16 = 0,03 \text{ ч} = 1,8 \text{ мин}$$

Время выдержки при старении рассчитывают по формуле:

$$t = 15 \text{ ч} + 1 \text{ мин на } 1 \text{ мм условной толщины} = 15 \text{ ч} + 20,8 \text{ мин} = 15 \text{ ч} 21 \text{ мин}$$

Время охлаждения при старении:

$$\tau_{\text{охл}} = \frac{150-20}{82} = 1.56 \text{ мин}$$

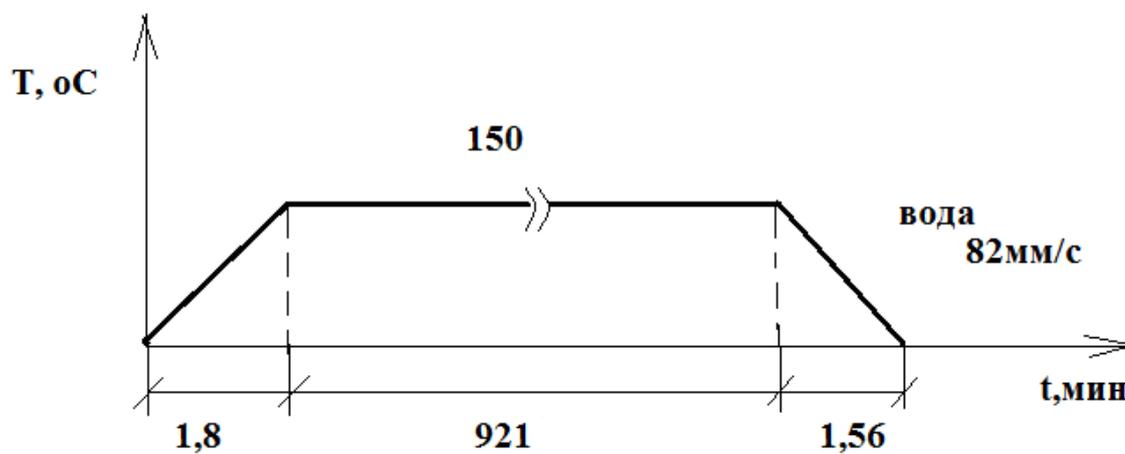


Рисунок 7—Температурные режимы искусственного старения

6 Покрытия

Немаловажное внимание уделяется использованию различных покрытий. Поверхность поршня покрывают тонким, в несколько мкм слоем.

Данная процедура используется для ускорения приработки и повышения износостойкости детали.

Детали, на основе алюминиевых сплавов требуют особого подхода к обработке перед и во время нанесения покрытия, по причине моментального образования тонкой оксидной пленки на поверхности.

Применяют лужение, фосфатирование и керамические покрытия. Сравним характеристики каждого и выберем наиболее рациональное.

Лужение

Поверхность поршня покрывают легкоплавким металлом – оловом или сплавами на его основе. Толщина покрытия составляет 0,005-0,002мм. Существует два метода нанесения олова на поверхность алюминиевого поршня: метод гальванического лужения (применяется электролитический и станнатный метод лужения, при станнатном методе не надо снимать слой окисла алюминия с заготовки) и лужение с применением вакуумно- плазменных технологий нанесения покрытий с предварительной внутрикамерной обработкой ионами инертных газов для очистки поверхности заготовки от окислов.

-Гальваническое лужение

Данный способ покрытия имеет ряд существенных недостатков: недостаточно высокая адгезия покрытия к основе, его пары крайне опасны для здоровья, при попадании на кожу вызывают серьезные поражения, вреден для окружающей среды.

- Вакуумно- плазменные технологии

ВПТ имеет лучшие характеристики, по сравнению с предыдущим способом: разряженная атмосфера препятствует образованию оксидной пленки на поверхности алюминия в процессе обработки, характеризуется высокой адгезией покрытия с основой, обладает лучшими физико- механическими свойствами и безопасна с экологической точки зрения ввиду отсутствия вредных веществ в процессе обработки изделия. Данным способом возможно получить покрытие нужной толщины.

Фосфатирование

Фосфатирование- получение фосфатной пленки на поверхности металла путем погружения изделий в нагретый до 90- 100 °С раствор фосфатов железа, марганца, цинка и кадмия. Пленка состоит из мельчайших кристаллов, и в отличие от разного вида покрытий, химически связана с металлом, т.е. является единым целым с обрабатываемой поверхностью. На поверхности поршня образуется два слоя: внутренний- эластичный, прочно соединяющийся с металлом, и внешний- твердый, кристаллический, пористый, что обеспечивает

поверхности высокую прочность, уменьшает трение и связанный с ним износ, благодаря высокой маслостойкости (рисунок 8). Технологией обеспечивается создание оптимальной толщины фосфатного слоя 5-7 микрон (0,005-0,007мм).



Рисунок 8– Фосфатное покрытие поршня

Преимущества:

- стойкость к кислотной среде возрастает в 10 раз и выше;
- маслостойкость поверхности возрастает в 2-4 раза по сравнению с необработанной поверхностью: с 2,5 до 7-10 г/см²;
- защитные свойства фосфатной пленки не снижаются до температуры 500оС;
- коэффициент трения снижается на 25-30%;
- прочность (эластичность) пленки одинакова с эластичностью материала поршня.

Керамические покрытия

Проводилось множество исследований керамических покрытий в ДВС. Результаты исследований для дизельных и бензиновых ДВС практически одинаковые. Керамика обладает хорошими изолирующими свойствами, а особенно способностью поглощать тепло в слоях около поверхности поршня. Образующийся слой является эффективным изолятором и удерживает тепло от проникновения в материал. Главными достоинствами керамического покрытия является: устойчивость к высоким температурам, высокая химическая устойчивость, высокая твердость, низкая плотность, устойчивость к износу, низкий коэффициент теплопроводности, высокий предел прочности на сжатие.

Рассмотрев характеристики покрытий для поршней нами выбрано фосфатирование, так как оно больше всех удовлетворяет требованиям предъявляемым к покрытиям, улучшает характеристики поршня и по стоимостным характеристикам удовлетворителен.

7 Планировка термического участка

7.1 Характеристика заданного производства.

Тип производства определяется многими факторами, основными из которых являются величина годовой программы выпуска и массы изделия (таблица 12).

Таблица 12– Зависимость типа производства от объёма выпуска и массы детали

Масса детали, кг	Величина годовой программы, шт				
	Единичное	Мелко серийное	Средне серийное	Крупно серийное	Массовое
<=1	<10	10-1500	1500-75000	75000-200000	>200000
1-2,5	<10	10-1000	1000-50000	50000-100000	>100000
2,5-5	<10	10-500	500-35000	35000-75000	>75000
5-10	<10	10-300	300-25000	25000-50000	>50000
>10	<10	10-200	200-10000	10000-25000	>25000

Масса детали 1кг, программа выпуска 9800 шт/год, тогда по таблице 12, находим, что это среднесерийное производство. Такое производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемые периодически повторяющимися партиями и сравнительно большим объёмом и выпуска. При среднесерийном производстве изделия запускаются в производство партиями, состоящими из одноименных и одинаковых по размерам изделий. Технологический процесс обычно дифференцирован, т.е. разделен на отдельные операции, закрепленные за каждым станком. Применяются разнообразные станки универсальные, специализированные, специальные, автоматизированные и агрегатные. Режущие инструменты как стандартные, так и специальные. В качестве измерительного инструмента применяются придельные калибры и шаблоны.

Среднесерийное производство экономичнее единичного т.к. лучше используется оборудование, увеличивается производительность труда и снижается себестоимость продукции

7.2 Расчет и выбор потребного количества оборудования

Чтобы найти необходимое количество печного оборудования, надо определить его задолженность по каждой операции термической обработки:

$$E = \frac{Q}{P}; \quad (14)$$

где E- задолженность оборудования,
Q-годовой объем выпуска термообрабатываемых изделий,
P- часовая производительность.(СНЗ-2,5.5.1,7/10 вмещает 18 поршней)

$$E = \frac{9800}{18} = 544$$

Потребное (расчетное) количество печей определяется по формуле:

$$C_p = \frac{E}{F}; \quad (15)$$

где C_p -расчетное (теоретическое) число печей данного типа,
F-действительный фонд времени работы оборудования:

$$F = D * \text{ч} \left(1 - \frac{\text{П}}{100}\right) \left(1 - \frac{\text{В}}{100}\right); \quad (16)$$

где D-количество рабочих дней в году, (на 2019 год-274 раб. дня)
ч-количество рабочих часов в сутки, 16- при двухсменном режиме работы,
В-потери на ремонт и др,%,
П-потери а переналадку режимов,%.
В=П:

$$365 - 274 = 91 \text{ (выходные дни), тогда}$$

$$\frac{365 - 100}{91} = \frac{100}{x}$$

$$x = 25\%$$

$$F = 274 * 16 \left(1 - \frac{25}{100}\right) \left(1 - \frac{25}{100}\right) = 2466$$

$$C_p = \frac{544}{2466} = 0,22 = 1 \text{ печь.}$$

8. Оборудование для термической обработки

Оборудование на производстве:

Камерная печь СНЗ-2,5.5.1,7/10 для закалки и отпуска

Закалочный бак- охлаждение

Складочное место

Мостовой электрический кран

Раствор фосфатов

8.1 Общая характеристика электрических печей сопротивления периодического действия

Печь для закалки и старения

Для проведения операций закалки и старения использованы две одинаковые печи СНЗ-2,5.5.1,7/10.

Камерные печи очень удобны в эксплуатации, поэтому широко применяются в промышленности. Они имеют широкий диапазон уровня рабочей температуры и поэтому применяются для самых различных видов термообработки как мелких деталей в поддонах, так и крупных изделий.

Нагревательные элементы в этих печах устанавливаются в зависимости от рабочей температуры на стенках, поду рабочей камеры, на своде, а в крупных печах – и на внутренней поверхности футеровки дверцы. При этом достигается большая равномерность нагрева камеры печи. В зависимости от вида термообработки камерные печи могут работать с защитной (серия СНЗ) или окислительной воздушной атмосферой (серия СНО).

Печи СНО рассчитаны для широкого потребителя. В случае необходимости защитной атмосферы в такие печи устанавливают специальные герметичные контейнеры, где создается требуемая для термообработки атмосфера. Печи серии СНЗ рассчитаны на подачу защитной атмосферы извне.

Для электрических печей обозначение производится буквами и цифрами. Расшифруем буквы, выбранной нами печи СНЗ-2,5.5.1,7/10

Первая буква — вид нагрева: С обозначает нагрев сопротивлением.

Вторая буква определяет конструкцию печи Н — камерная периодического действия.

Третья буква в индексе печи характеризует среду 3 — защитная, контролируемая атмосфера.

Цифры в числителе указывают размеры рабочего пространства — ширину, длину, высоту, в знаменателе указывается максимальная температура печи в сотнях °С (рисунок 9).

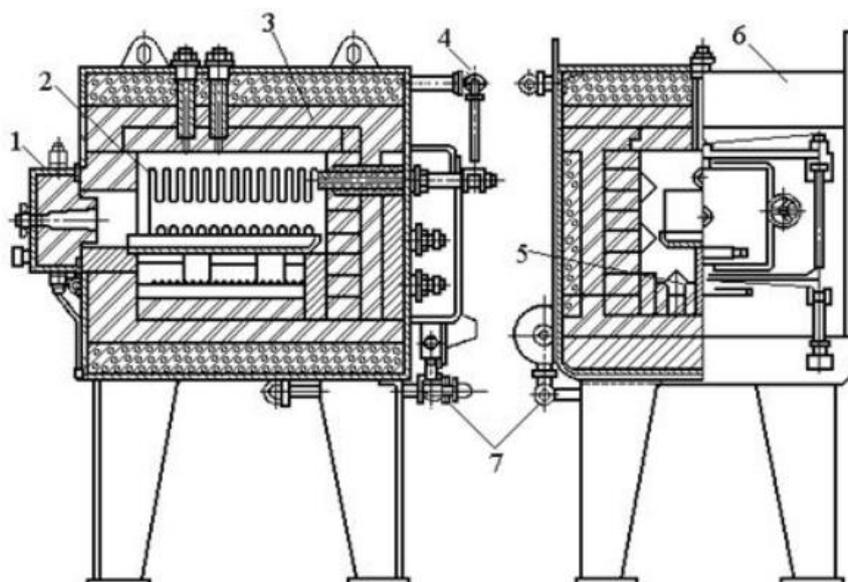


Рисунок 9– Камерная электрическая печь с контролируемой атмосферой типа СНЗ-2,5.5.1,7/10: 1 — дверца, 2 — боковой нагреватель, 3 — футеровка, 4 — газопровод, 5 — под, 6 — кожух, 7 — трубопровод

Печь имеет размеры рабочего пространства 250x500x170 мм. Конструкция печи может состоять из металлических нагревателей 2 (до 1000оС). Данный тип камерных печей отличается высокой степенью автоматизации и сложностью конструкции, удовлетворяющих предъявляемым к нему требованиям.

Контроль температуры осуществляется с помощью термопар. Для загрузки и выгрузки камерных печей используют универсальные типовые погрузочные средства типа тележек с подъемниками.

Межоперационное транспортирование загрузки внутри печи из камеры в камеру и между печами механизировано. Основные конструктивные решения общих для всех камерных электропечей узлов – теплоизоляции (футеровки), нагревателей, дверцы, системы регулирования температуры и атмосферы – определяются главным образом уровнем номинальной температуры печи, а также спецификой, связанной с назначением печи. Рабочая температура печи регулируется автоматически. Кожух печи герметичен, проволочные нагреватели расположены на поду и боковых стенках рабочей камеры. Расход защитного газа на рабочую камеру составляет 2,5 м³/ч и на пламенную завесу 5 м³/ч. Потребляемая мощность печи при садке 50 кг и нагреве до 850 °С составляет 12 кВт.

Защитная атмосфера вводится по газопроводу 4 через заднюю торцовую стенку. В нижней части кожуха печи 6 крепится трубопровод 7 из двух линий: по одной подается газ, по другой—воздух. Газ и воздух смешиваются в горелке и, сгорая, создают пламенную газовую завесу при открытой дверце 1. Нагревательные элементы 2 располагаются на поду 5 и стенках рабочей камеры. Электропечи серии СНЗ применяются для отпуска, отжига, нормализации и закалки.

8.2 Фосфатирование

Фосфатирование производят в растворе, основу цинкофосфатных растворах, при этом на поверхности образуются кристаллические цинкофосфатные слои.

Отличительной характеристикой кристаллических цинкофосфатных покрытий является большая коррозионная стойкость, их применяют для покрытия ответственных деталей машин.

На заводе обычно применяют растворы готовых составов. Мы будем применять концентраты КФ-3, при котором операцию проводят методом окунания. Для приготовления рабочего раствора концентрат растворяют в воде в емкостях, например в баках [16].

Промывку изделий с целью удаления с их поверхности масла, жиров, неорганических солей и других загрязнений проводят в моечных машинах, после чего деталь отправляют в сушильную камеру.

8.3 Выбор общецеховых подъемно-транспортных средств, марка, принцип работы кран-балки КЭБ-2

Механизм передвижения состоит из электродвигателя, редуктора и трансмиссионного вала, проходящего по всей длине крана и передающего вращение через цилиндрические зубчатые передачи на ведущие колеса ходовых тележек крана.

Управление кран-балкой (электрическим тельфером и механизмом передвижения крана) производится обычно с пола, через гибкие кабели, свисающие с крана, несущие внизу коробку с кнопками управления, так называемую грушу. Имеются также электрические кран-балки, управление которыми производится из кабины, подвешенной к крану. Для обслуживания складов с сыпучими материалами применяются электрические кран-балки с грейферами и двухбарабанными электрическими тельферами. Кран-балки обычно имеют одну несущую балку двутаврового сечения (иногда с добавочным укреплением в виде шпренгеля). По нижнему поясу балки ходит электрический тельфер. Для создания жесткости в горизонтальной плоскости на кране имеется горизонтальная ферма, связанная с верхним поясом несущей балки; эта горизонтальная ферма служит также для установки механизма передвижения крана

Основные характеристики и размеры электрической кран-балки применяемой на участке приведены в таблице 13.

Таблица 13– Характеристика и размеры электрической кран-балки КЭБ-2

Наименование параметра	Значение
Грузоподъемность Q, т	3
Пролет L, м	18
Скорость перемещения тельфера, м/мин	30
Скорость передвижения моста, м/мин	40-50
Давление на каток, т	3,0
Высота подъема, м	12
Вес тельфера с электрооборудованием, т	0,7
Вес моста с электрооборудованием, т	4,2
Вес общий, т	4,7
Ориентировочные размеры, мм	
A	1475
B	1475
C	440
D	450
E	2200
G	1100
H	12000
O	40
S	1500
X	900
Y	900
Z	180

В цехах с малонапряженными грузооборотами часто применяются электрические кран-балки как упрощенный вид мостовых кранов. Грузоподъемность их большей частью не превышает 5 т; пролет 18 м.

8.4 Планировка и общая площадь цеха

Площадь цеха: 628м²

Расстояние между балками-6м

Проходы между печами непрерывного действия не менее3-4м

Проходы между печами периодического действия 1-2м

Расстояние печей от стен-1,5-2м

Планировка (приложение Б):

- 1- электропечь камерная СНЗ-2,5.5.1,7/10;
- 2- закалочный бак;
- 3- электропечь камерная СНЗ-2,5.5.1,7/10;
- 4- закалочный бак;
- 5- бак для фосфатирования;

- 6- моечная машина
- 7- сушильная камера
- 8- щит управления подачи электричества;
- 9- трансформатор;
- 10- шкаф управления;
- 11- раковина;
- 12- стол;
- 13- твердомеры ТШ, ТК;
- 14- микроскопы МИМ-7, МИМ-8;
- 15- складочное место;
- 16- комната отдыха рабочих;
- 17- кран-балка КЭБ-2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте была рассмотрена деталь- поршень, подробно рассмотрено назначение поршня, работа элементов поршня, условия работы, выделены требования к конструкции.

На основе выдвинутых условий, была проведена операция выбора материала, выделены основные технологические, эксплуатационные, стоимостные характеристики, приведены три сплава АК4, АЛ2 (АК12) и СЧ24 и произведена сравнительная характеристика сплавов.

Наиболее оптимальным был выбран сплав АК4.

Разработан технологический процесс производства поршня, его термическая обработка, проведены расчеты для определения температурных и временных параметров ТО. Термическая обработка заключалась в закалке с нагревом до 510 °С, выдержкой 30 мин и быстрым охлаждением в воду, а также в искусственном старении с нагревом до 150 °С, выдержкой 15 ч 21 мин и быстрым охлаждением в воду.

Для осуществления процесса ТО предложены основное, вспомогательное и дополнительное оборудование. Для проведения закалки и искусственного старения выбрана печь СНЗ-2,5.5.1,7/10. Разработана планировка заготовительно-термического участка.

Цели дипломной работы достигались решением следующих задач:

- изучение конструкции и условий работы поршня;
- исследование свойств алюминиевых сплавов, применяемых в производстве поршней для автомобилей;
- сравнение свойств сплавов, из которых изготавливаются поршни;
- научное обоснование качества выбранного сплава сплавов;
- вычисление температурных и временных характеристик термической обработки;
- использование теоретических знаний, получаемых при изучении учебных дисциплин и междисциплинарных курсов: Материаловедение, Термическая обработка материалов, Методология выбора материалов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Фролов К.В. Машиностроение энциклопедия в сорока томах.– М.: Машиностроение, 2013.– 780с.
- 2 [<https://works.doklad.ru/view/TZfmL0Qmm9g.html>]
- 3 Вахламов В. К., Шатров М.Г., Юрчевский А.А. Автомобили теория и конструкция автомобиля и двигателя.– М.: АСАДЕМА, 2003.–804с.
- 4 MS Motor Service International GmbH; Kolbenschäden – erkennen und beheben (Повреждения поршня – причины и устранение). 2010.
- 5 Белов В.Д. Поршневые силумины // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова - 1(9).- 2005.–С. 32-35.
- 6 Лобанов В.К., Чуйкова Е.В. Материаловедческие аспекты выбора технологии изготовления поршней ДВС.- 2009.
- 7 Ведрученко В.Р., Иванов А.Л., Борисов В.А., Литвинов П.В. Влияние материала поршня на процесс сгорания топлива в двигателе // Вестник СибАДИ -5 (51).-2016.– С.61-66.
- 8 Ненишев А.С., Мельник С.В., Расщупкин В.П., Корытов М.С., Корзунин Ю.К. Технология производства деталей двигателей внутреннего сгорания.- Омск: СибАДИ, 2009. –92с.
- 9 Батышев А.И., Батышев К.А., Белов В.Д. Производство отливок в автомобилестроении.- М.: МГОУ, 2009.–205с.
- 10 Калпин Ю.Г. Изотермическая штамповка. // Автомобильная промышленность. 1989.–С. 27-28.
- 11 Садоха М.А. Определение технологических параметров производства отливок поршней высоконагруженных дизельных двигателей.- М.: Литье и металлургия -3(62).- 2011.–С.61-63.
- 12 Садоха М. А. Исследование технических параметров кокилей для получения отливок поршней.– М.: Литье и металлургия, 2011.–75с.
- 13 Громаковский А.А. Большая книга автомобилиста.– СПб.: Питер, 2009.–368с.
- 14 Райков И.Я. Конструкция автомобиля. Том 2 . Двигатель.- М.: МАМИ, 2001. – 568с.
- 15 Аристова, Н.А., Колобнев, И.Ф. Термическая обработка литейных алюминиевых сплавов. – М.: Металлургия, 1977. – 144с..
- 16 Вершина А. К., Свидуневич Н. А., Куис Д. В., Пискунова О. Ю. Состав – структура – свойства цветных металлов и сплавов, полимерных материалов. - Минск: БГТУ, 2010. – 63с.

Приложение Б

Планировка термического участка

