

АННОТАЦИЯ

Цель данной работы это снижение себестоимости производства магнитострикционных преобразователей путём снижения трудозатрат, совмещения двух процессов в один и использования более простого оборудования по сравнению с тем, что используется на данный момент времени.

В данной части комплексной бакалаврской работы предложены рекомендации для проведения отжига в камерной печи с модифицированной средой, которые требуют дополнительных исследований, так же предложена идея проводить отжиг и оксидирование за один термический цикл.

Данная часть дипломной работы состоит из пояснительной записки на 55 страниц, введения на 2 страницы, включает в себя 15 рисунков, 17 таблиц, список 20 источников, в том числе 5 источников на иностранном языке и чертежей в количестве 6 листов формата А1.

ANNOTATION

The graduation project consists of an explanatory note on 55 pages, including 15 figures, 17 tables, the list of 2 references including 20 foreign sources and 5 appendices, and the graphic part on 6 A1 sheets.

The graduation project deals with the investigation of soft magnetic materials annealing. Soft magnetic materials are special steel grades that have excellent soft magnetic properties (such as high magnetic saturation, coercive force, and specific magnetic losses). They are mainly used for cores of transformers, magnetic amplifiers and magnetic circuits. In this paper we consider an alloy containing 49% Co, 2% V, 48% Fe, which is the constituent for a magnetostrictive transducer for ultrasonic welding of plastics.

The goal of this graduation project is to reduce the labor content of the magnetostrictive converter production. Achieving the goal is planned by simplifying the process of heat treatment.

First, we discuss the already known heat treatment regimes and conduct their analysis. After the analysis of the known modes, the problems appear that need to be solved to achieve the goal. Then it is necessary to solve such tasks as: experimental selection of the soaking temperature, holding time, heating rate and cooling rate. We assume that the time can be reduced by increasing the holding temperature.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА	10
1.1 Описание конструкции ультразвукового оборудования для сварки	10
1.2 Свойства магнитомягких материалов	13
1.3 Особенности термической обработки железокобальтовых сплавов	15
1.4 Общие сведения о магнитострикционных преобразователях	18
1.5 Задачи комплексной бакалаврской работы	19
2 ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СНИЖЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ ОТЖИГА МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПЛАСТИН	21
2.1 Обзор способов термической обработки	21
2.2 Методика проведения экспериментального отжига.....	24
2.3 Исследование и анализ возможных вариантов достижения цели	29
3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПЛАСТИН	31
3.1 Разработка технологических рекомендаций для отжига	31
3.2 Предложенные рекомендации для отжига	33
4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ.....	35
5 ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	51
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	53

ВВЕДЕНИЕ

Научный интерес в таком направлении как, изготовление и ремонт конструкций из полимеров, в последнее время увеличивается. Осваивается множество новых полимеров для решения различного рода задач, также растёт производство пластмасс.

Следовательно, параллельно с этим ведутся разработки новых технологий для реализации данной продукции. В связи с этим необходимость сварки пластмасс растёт, а сама сварка пластмасс начинает занимать значительное место в производстве.

Поэтому с расширением области применения сварки необходимо обеспечивать надёжное высококачественное и экономически выгодное оборудование для сварки пластмасс. В то же время следует понимать, что многие технологии и оборудование разрабатывались достаточно давно и морально устарели. Что в свою очередь даёт основание для исследования и разработки новых технологий сварки, а так же даёт повод для исследования технологии производства оборудования.

Однако для многих нововведений требуются комплекс исследований и испытаний, из этого следует потребность в проведении исследовательских работ в этом направлении.

В Тольяттинском государственном университете проводится множество исследований направленных на улучшение и разработку новых технологий производства в различных направлениях.

Одним из таких исследований является исследование и разработка технологии изготовления магнитострикционного преобразователя, а точнее способы термической обработки магнитострикционного пакета, которые требуют больших трудозатрат при обработке магнитострикционных пластин в серийном производстве, что приводит к большим финансовым затратам. Вследствие этого были начаты исследования направленные на решения этой проблемы.

При обработке магнитострикционных пластин, возникают сложности, связанные с процессом термической обработки. Существует множество режимов термической обработки для достижения различных целей, но некоторые режимы требуют больших затрат времени и сложного дорогого оборудования. Таким образом, одним из недостатков при изготовлении является большое количество времени, затрачиваемое на термическую обработку магнитострикционных пластин, что в очередной раз является причиной повышения себестоимости производства, так как затрачивается большое количество времени и электроэнергии на производство.

Целью дипломного проекта является снижение себестоимости производства магнитострикционного преобразователя.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1 Описание конструкции ультразвукового оборудования для сварки

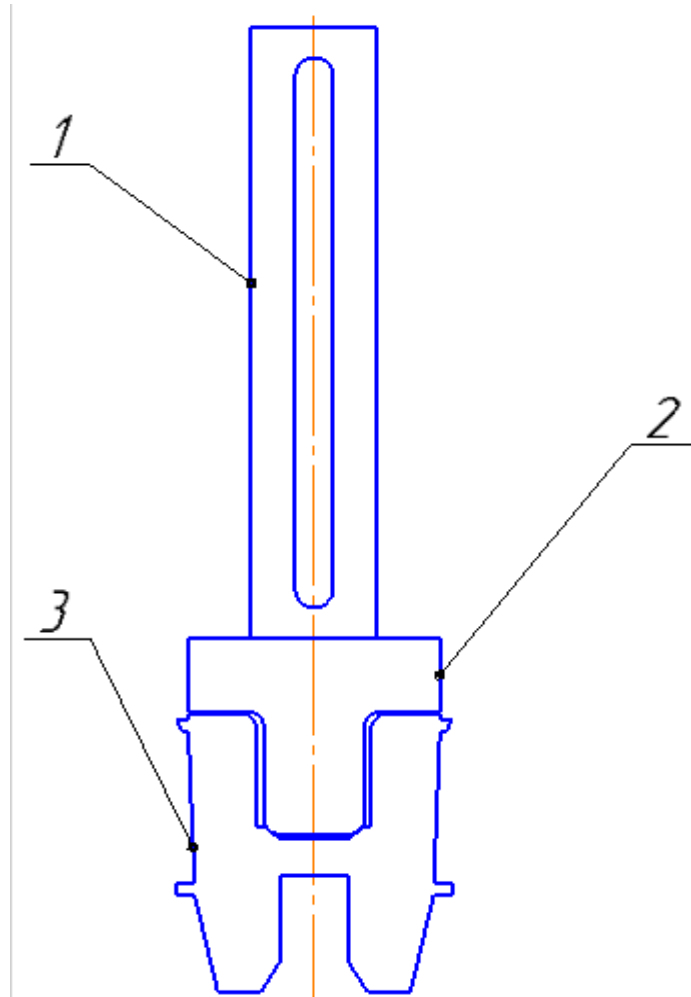
Прибор для ультразвуковой сварки пластмасс (рисунок 1.1) состоит из малогабаритного ультразвукового генератора, набора сменного сварочного инструмента и устройства ручной точечной УЗС. Процесс УЗС пластмасс представляет собой сварку давлением, осуществляемую при воздействии продольных ультразвуковых колебаний рабочего торца сварочного инструмента (волновода). УЗС сопровождается повышением температуры в зоне сварки, деформированием и диффузией соединяемых материалов. УЗС термопластов осуществляется за счёт преобразования энергии механических ультразвуковых колебаний в тепло, под действием которых происходит переход материала в вязко-текучее состояние.



Рисунок 1.1 – Ультразвуковой комплекс для сварки пластмасс

Но в данном исследовании основное внимание было уделено магнитострикционному преобразователю, который состоит из магнитострикционного пакета, переходника и волновода (рисунок 1.2).

Особый интерес представляет магнестрикционный пакет, при производстве которого затрачивается большое количество времени, следовательно, это влияет на себестоимость производства оборудования данного типа. Является возможным повысить производительность термообработки путём экспериментального подбора параметров режима.



1 – пакет из магнестрикционных пластин; 2 – переходник;
3 - волновод

Рисунок 1.2 – Магнестрикционный преобразователь

Магнестрикционный пакет (рисунок 1.3) изготавливается из магнитомягкого материала, который имеет высокое значение магнестрикции. Величина магнестрикции в основном зависит от технологии изготовления материала и последующих термических обработок. Преобразователь представляет собой прямоугольный пакет, который

набирают из тонких пластин, после чего на нём размещают обмотку возбуждения.

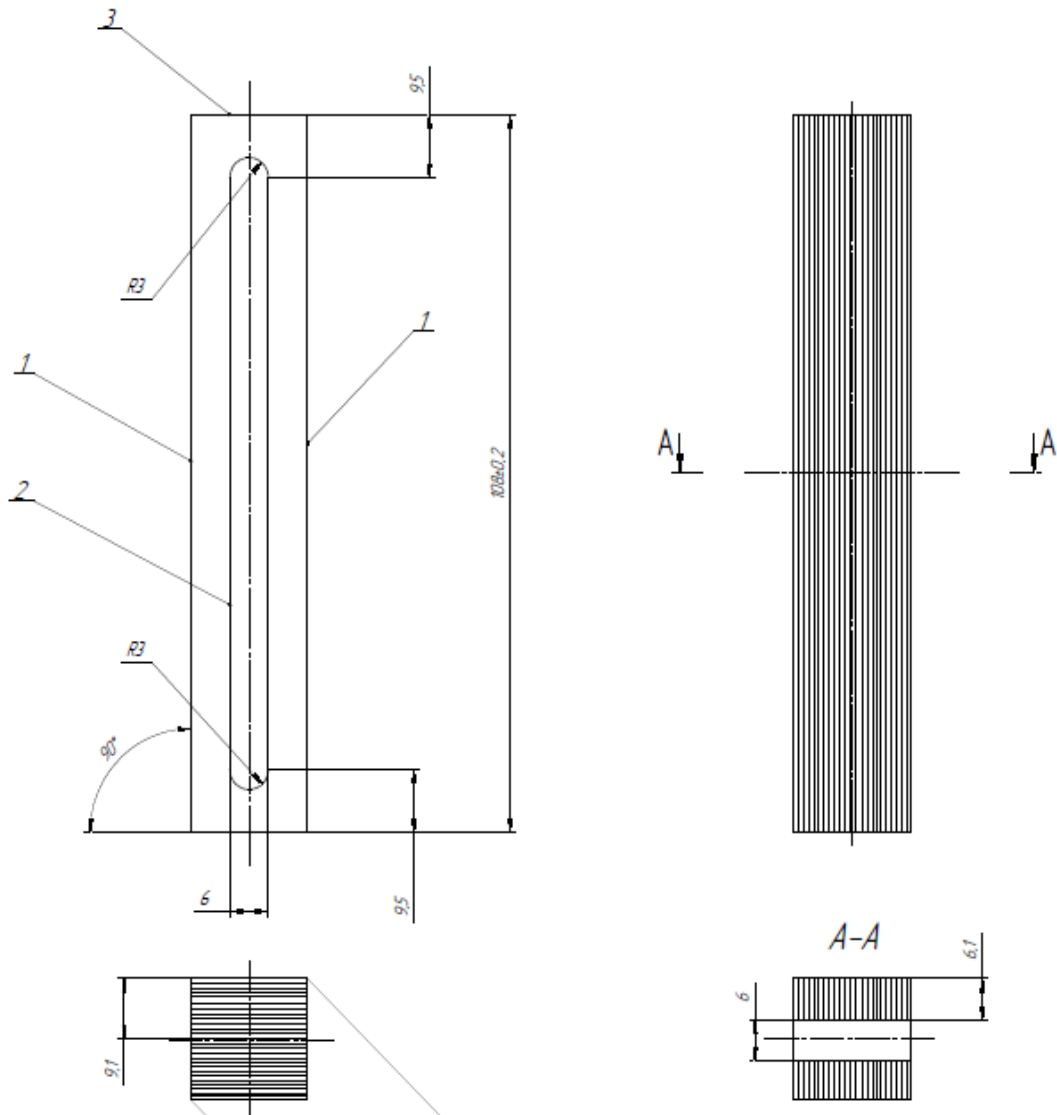


Рисунок 1.3 – Магнестрикционный пакет

Пакет собирают из штампованных пластин пермендюра. Толщина пластин составляет 0,2 мм. Поверхности пластин изолируют друг от друга с помощью оксидирования или изоляционного лака. После чего собирают пластины в пакет путём склеивания, стягивания более толстыми пластинами или припаиванием к переходнику или волноводу, так же можно использовать различные сборочные приспособления, например можно использовать пару металлических пластин которые стягиваются между собой болтами, а между ними поместить пакет, состоящий из пластин. Склеивание пластин в пакеты повышает продольную устойчивость преобразователя, позволяя создавать

сравнительно тонкие пакеты с толщиной набора 5-7 мм. Склеивание больше всего подходит для многопакетных магнитоотражающих преобразователей с равномерным полем излучения [1].

1.2 Свойства магнитомягких материалов

Магнитные материалы с самой большой намагниченностью насыщения применяют для изготовления магнитопроводов, к которым предъявляют требования связанные с получением наибольшей плотности магнитного потока. Эти материалы производят на основе железа и железокобальтовых сплавов [2].

Такие сплавы относятся к магнитомягким материалам из-за того что они очень легко намагничиваются и перемагничиваются в малых магнитных полях. Эти материалы характеризуются высокими значениями максимальной проницаемости, начальной магнитной проницаемости и низкой коэрцитивной силой, а так же малыми потерями на перемагничивание [3].

Сплавы на основе железо-кобальт называют пермендюр, который состоит из железа до 50% и кобальта 48-50%, также в него добавляется ванадий до 2% для того что бы повысить пластичность в холодном состоянии, более того ванадий повышает электросопротивление. Одним из таких сплавов который рассматривается в этой работе, является сплав 49К2ФА.

Таблица 1.1 – Химический состав в % сплава 49К2ФА

Fe	Co	C	V	Si	Mn	Ni	S	P
47,2-50,3	48-50	до 0,03	1,7-2	до 0,15	до 0,3	до 0,3	до 0,01	до 0,01

Таблица 1.2 – Физические свойства сплава 49К2ФА

Свойства	Значения
1	2
Теплопроводность, Вт/(м·К)	55,4-75,5

Продолжение таблицы 1.2

1	2
Температура плавления, °С	1370-1400
Рабочая температура, °С	0-500
Точка Кюри, °С	1050
Модуль упругости, МПа	2,2
Плотность, г/см ³	8,1
Магнитная индукция насыщения, Тл	2,4
Магнитострикция насыщения	+67·10 ⁻⁶
Коэрцитивная сила, А/м	120
Начальная относительная магнитная проницаемость	800
Максимальная относительная магнитная проницаемость	6000
Удельное электрическое сопротивление, Ом·м	0,4·10 ⁻⁶
Удельная теплоёмкость, Дж/(кг·К)	456

Таблица 1.3 – Механические свойства сплава 49К2ФА при температуре 20 °С

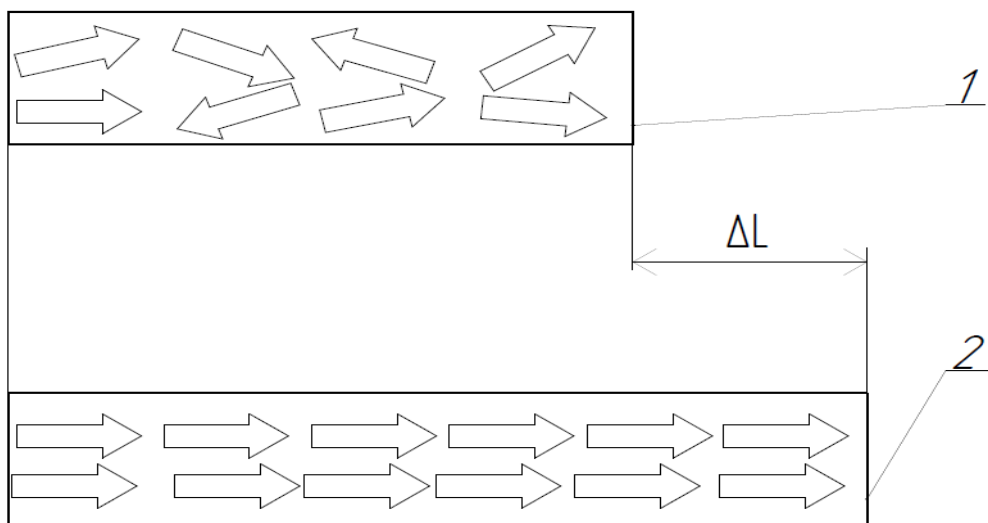
Свойства	Значения
Кратковременный предел прочности, МПа	490
Предел текучести, МПа	345
Относительное удлинение при разрыве, %	1

Пермендюр обладает высоким показателем магнитострикции и поэтому он используется в качестве магнитострикционного материала. Так же пермендюр имеет низкую константу магнитокристаллической анизотропии [3].

С изменением ориентации самопроизвольной намагниченности происходит деформация кристаллической решётки. Такое явление называется магнитострикция. Магнитострикционные деформации, как и многие другие, созданные дефектами кристаллической решётки или внешними напряжениями, сопровождаются упругими напряжениями кристаллической решётки. При намагничивании упругие

магнитострикционные деформации могут перемещаться по кристаллической решётке и взаимодействовать с упругими полями дефектов кристаллической решётки [2].

Другими словами эффект магнитострикции заключается в изменение формы и размера тела при его намагничивание. То есть при помещении магнитострикционного материала в магнитное поле он будет деформироваться и изменять свои размеры на величину ΔL (рисунок 1.4).



1 – ферромагнитный стержень в начальном состоянии; 2 – ферромагнитный стержень при помещении в магнитное поле

Рисунок 1.4 – Эффект магнитострикции

1.3 Особенности термической обработки железокобальтовых сплавов

В тех случаях, когда предъявляют наиболее высокие требования к габаритам устройства, его массе и величине потока, применяют железокобальтовые сплавы, у которых индукция насыщения достигает 2,43 Тл, что позволяет получить экономию в массе и объёме по сравнению с железом на 15-20% [4].

В процессе изготовления деталей из железокобальтового сплава особое внимание уделяется такому технологическому процессу как термическая обработка, так как магнитные свойства сильно зависят от этой операции.

Благодаря применению термообработки можно снизить напряжения в кристаллической решетке, а так же восстановить размеры зерен и устранить наклеп в поверхностных слоях [5].

Необходимость в отжиге напрямую связана с предшествующими механическими операциями такими как: штамповка, резка и подобные им операции. Помимо того что отжиг восстанавливает магнитные свойства он так же позволяет улучшить механические и эксплуатационные характеристики [5].

Магнитомягкие ферриты представляют собой твердый раствор оксидов металлов, обладающих ферромагнетизмом, с коэрцитивной силой не более 4 кА/м [6].

Кобальт, как и железо, принадлежит к металлам переходной группы. Кобальт кристаллизуется в двух модификациях: ниже 400 °С он имеет гексагональную решетку, а выше 400 °С – кубическую гранецентрированную. Точка кюри кобальта 1115 °С. Это видно на диаграмме состояния (рисунок 5) [4].

Кобальт расширяет, но и замыкает γ -область. Из диаграммы состояния следует, что увеличение содержания кобальта до 50% не должно вызвать каких-либо заметных изменений как в структуре, так и в температуре превращения по сравнению с чистым железом. Так же магнитное насыщение возрастает с увеличением содержания кобальта, повышение насыщения железа за счёт введения 30-50% Со на 10% имеет большое практическое значение. Кобальт задерживает рост зерна при повышенных температурах, поэтому кобальтовые сплавы малочувствительны к перегреву и имеют расширенный интервал температур закалки по сравнению с углеродистыми сталями [4].

Сплав, содержащий 50% Со, имеет максимальное значение намагниченности в средних полях, это объясняет его важность в технике.

Отжиг сплавов с высокой магнитострикцией производят с медленным охлаждением это необходимо для того что бы избежать термического наклёпа и не допустить ухудшения магнитных свойств, так же стоит отметить что магнитострикционный эффект зависит от температуры [4].

Из-за высокого значения магнитострикции процессы перемагничивания зависят от энергии магнитоупругой анизотропии, которая пропорциональна произведению магнитострикции насыщения и внутренних напряжений. Что бы снять эти напряжения необходимо прибегать к длительному отжигу с последующим медленным охлаждением.

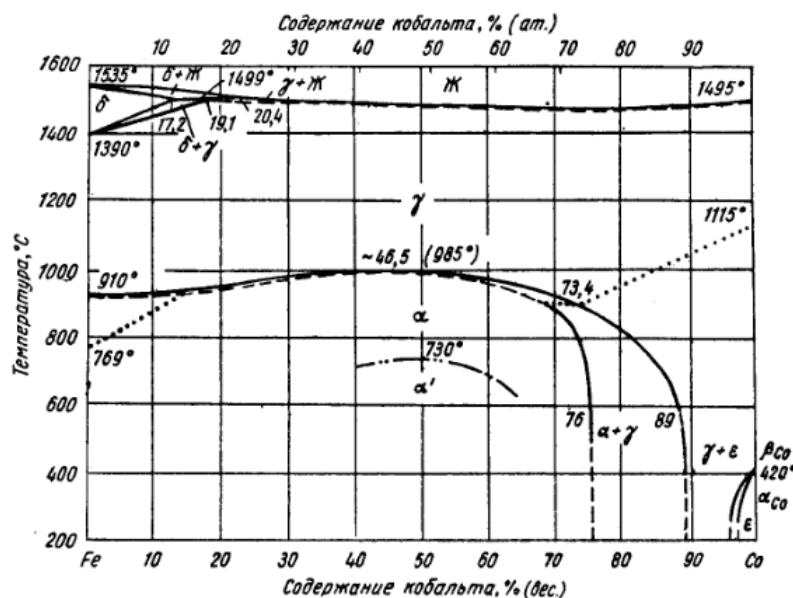


Рисунок – 1.5 Диаграмма состояния сплавов железо - кобальт

Но такой отжиг приводит к химическому упорядочиванию в таких сплавах как пермендюр. При температуре ниже 730 °C возникает сверхструктура FeCo (рисунок 1.5) эквиатомного состава. Из-за этого у сплава повышается хрупкость. Как говорилось ранее, для повышения пластичности его легируют ванадием [7].

1.4 Общие сведения о магнитострикционных преобразователях

Суть работы магнитострикционных преобразователей заключается в преобразование магнитной энергии в механическую энергию. Работа

магнестриктсионного преобразователя основана на магнитоупругом эффекте, из-за которого магнитомягкие материалы деформируются, будучи помещенными в магнитное поле [8].

Для ультразвукового оборудования используют поляризованные преобразователи. Поэтому на обмотку подают как переменный ток, так и постоянный ток. Внешнее поле ориентирует элементарные магниты почти в одинаковом направлении, и вещество начинает вести себя как монокристалл [8].

В современной технике наиболее распространенными считаются стержневые замкнутые магнитопроводы. Разомкнутые магнитопроводы не применяются или применяются очень редко из-за большого потока магнитного рассеяния, из-за чего приходится создавать большую магнитодвижущую силу для того что бы обеспечить нужную индукцию. На рисунке 1.6 показаны типичные конструкции магнитопроводов. [Орлов.]

Стоит обратить внимание на качество обработки рабочей поверхности пластины. При проведении хорошей шлифовки предоставляется возможность повысить КПД преобразователя на 10%. Это можно объяснить тем, что гладкая поверхность не захватывает пузырьки воздуха. Повышенное число пузырьков воздуха является причиной снижения сопротивления излучения и понижает КПД преобразователя [1].

Касательно эксплуатационных характеристик можно отметить высокую надёжность преобразователя, которую можно охарактеризовать десятью тысячами часов безостановочной работы в совокупности с высоким показателем КПД в 80%.

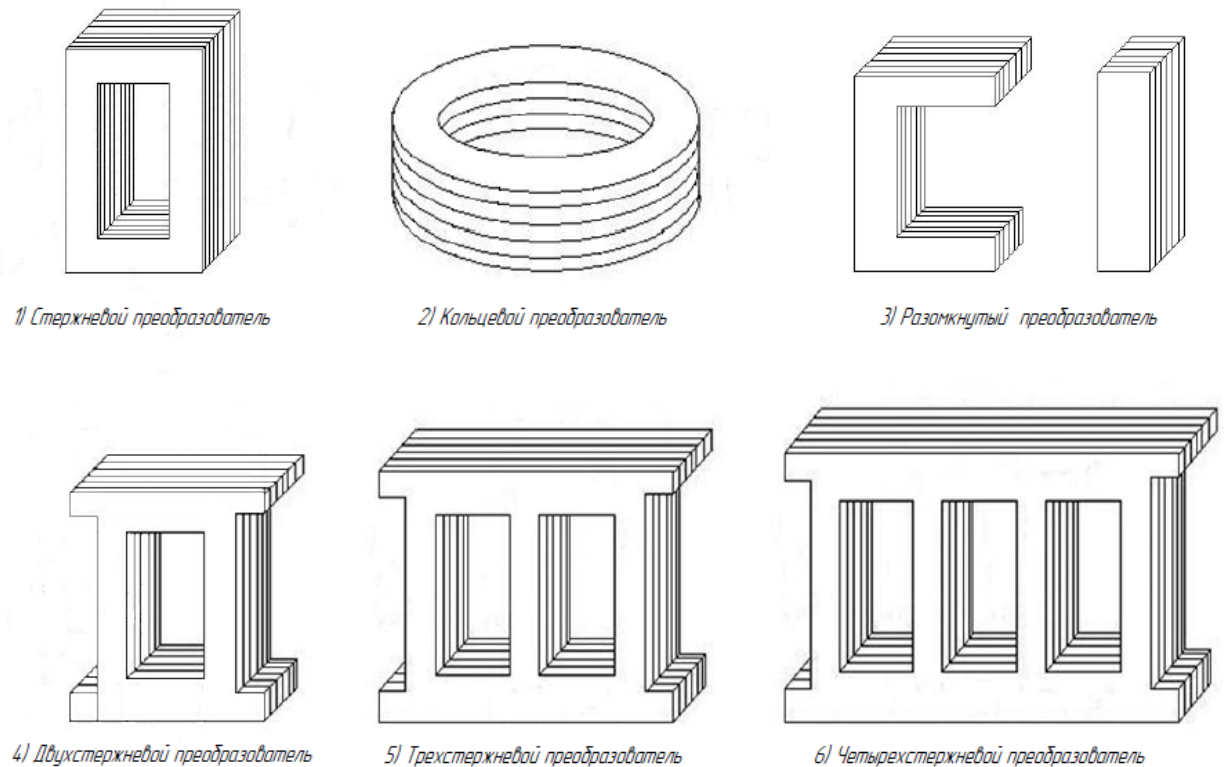


Рисунок 1.6 – Виды преобразователей

Такие показатели достигаются качественным соединением или пайкой пакета и волновода, так же многое зависит от формы колебательной системы и применяемой технологии термической обработки.

1.5 Задачи комплексной бакалаврской работы

Исследование в области термической обработки магнитомягких материалов должно привести к тому, что можно будет упростить технологический процесс отжига и упростить изготовление магнестрикционного преобразователя путём снижения трудоёмкости при производстве.

В первой части комплексной бакалаврской работы рассматриваются вопросы о возможности снижения себестоимости отжига магнестрикционных пластин с дальнейшей разработкой технологических рекомендаций по упрощению термической обработки. Следовательно, в первой части дипломного проекта ставятся такие задачи как:

- 1) Экспериментальный отжиг магнестрикционного пакета;

2) Исследование и анализ возможных вариантов достижения цели;

3) Разработка технологических рекомендаций термической обработки магнитострикционных пластин на основании полученных результатов исследований;

Во второй части комплексной бакалаврской работы рассматриваются вопросы об оксидирование магнитострикционных пластин и пайке магнитострикционного пакета с переходником. Таким образом, задачами второй части являются:

1) Исследование возможности оксидирования железокобальтового сплава в модифицированной воздушной среде.

2) Разработка технологического процесса термической обработки и пайки магнитострикционного преобразователя.

2 ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СНИЖЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ ОТЖИГА МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПЛАСТИН

2.1 Обзор способов термической обработки

Термические обработки разделяют на промежуточные и окончательные. Цель промежуточной термообработки это подготовка внутренней структуры к механическим обработкам, такой отжиг проводят пару часов при температурах 650-800 °С в водородной или аммиачной атмосфере при давлении 80-100 мм рт. ст. так же можно проводить отжиг в газонепроницаемых муфелях. Окончательную термообработку проводят с целью создания определенной структуры, то есть для получения необходимых магнитных свойств. Существует различное назначение окончательной термообработки [9].

2.1.1 Релаксационный отжиг

Отжиг с целью релаксации структуры для устранения внутренних напряжений в материале. Такой процесс используют при обработке изделий из однородных магнитомягких материалов. Из-за холодной прокатки и различного рода деформаций, компоненты кристаллической решетки перемещаются и возникают упругие напряжения, вследствие этого магнитная анизотропия начинает возрастать. Нагрев необходим для того, чтобы снять внутренние напряжения. Если подвижность атомов будет достаточной для возникновения процесса рекристаллизации, разрушение дислокаций решётки начнётся при температуре около 500 °С. Но в этом случае необходима длительная выдержка материала [9].

При кратковременном отжиге нет необходимости в использование защитной газовой среды, но при выдержках в течение большого количества времени, как это имеет место быть при отжиге в камерных печах, что бы

избежать высокоинтенсивного образования окалины необходимо ограничить доступ воздуха к изделию. Является целесообразным применение водородной защитной среды [9].

2.1.2 Отжиг с целью очистки

Отжиг с целью очистки, используется для удаления примесей нагревом до температуры выше 1000 °С. Большое влияние на отжиг оказывают условия химического равновесия между атмосферой печи и концентрацией примесей. Время отжига напрямую зависит от условий контактирования защитной среды с поверхностью материала. Время выдержки в камерных печах составляет 2-4 часа [9].

В результате неравномерного воздействия защитной среды печи на разные области поверхности неоднородность структуры материала сохраняется. В некоторых случаях отжиг производят не в атмосфере водорода, а под вакуумом. Это даёт ещё одно преимущество в виде снятия внутрискруктурных напряжений и поэтому отпадает необходимость в проведении отжига с целью релаксации структуры [9].

2.1.3 Рекристаллизационный отжиг

Отжиг с целью первичной рекристаллизации при температуре 800-900 °С. Такой отжиг применяют, когда необходимо получить зернистую структуру в холоднокатаных материалах. Повторная рекристаллизация при температуре свыше 1000 °С приводит к росту зерен и параллельно к ориентации кристаллов. Рекристаллизационный отжиг также производят в водороде, это способствует дополнительной очистке материала [9].

2.1.4 Термическая обработка для повышения напряжений

Термообработку с целью повышения внутренних напряжений, проводят для магнитотвёрдых материалов. Она схожа с известным процессом

закаливания стали, при котором быстрое охлаждение приводит к изменению структуры, а именно к превращению аустенита в мартенсит [9].

2.1.5 Термическая обработка в магнитном поле

Такие термические обработки относятся к специальным видам термообработки, например отжиг или охлаждение в магнитном поле. Эти процессы применяются для некоторых специальных магнитомягких и магнитотвёрдых материалов [9].

2.1.6 Обобщение исходных данных

Исходя из литературных данных, нам необходима окончательная обработка с целью релаксации и повышения свойств материала.

Согласно ГОСТ 10160-75 для сплавов типа 49К2ФА не рекомендуется проводить предварительную термообработку. Так же представляется возможным использовать режимы термообработки изделий, отличные от режимов настоящего стандарта, в зависимости от условий применения сплава [10].

Таблица 2.1 – Режим отжига ГОСТ 10160-75

Марка сплава	Среда отжига	Температура и скорость нагрева	Время выдержки, ч	Режим охлаждения
49К2ФА	Вакуум с остаточным давлением не выше 10^{-3} мм рт. ст.	$(850 \pm 20)^\circ\text{C}$, не более 500 $^\circ\text{C}/\text{ч}$	3-6	До 400°C со скоростью 100 $^\circ\text{C}/\text{ч}$, далее с печью под вакуумом

При проведении анализа было выявлено, что представляется возможным сокращение времени выдержки с наименьшими потерями качества отжигаемого материала, так же было принято решение отжигать не в вакууме, а в камерной печи с модифицированной воздушной средой, так

как на получение вакуума затрачивается больше и времени и электроэнергии. Таким образом, за основу отжига был взят ГОСТ 10160-75, но с изменением параметров в сторону снижения времени проведения операции.

Таблица 2.2 – Экспериментальный режим отжига

Марка сплава	Среда отжига	Температура и скорость нагрева	Время выдержки, ч	Режим охлаждения
49К2ФА	Модифицированная воздушная среда	Плавный нагрев до $(850 \pm 20)^\circ\text{C}$ со скоростью 500°C в час	3	Охлаждение до 500°C со скоростью не более 100°C в час, далее охлаждение вместе с печью

2.2 Методика проведения экспериментального отжига

2.2.1 Порядок проведения опыта

Так как заказчик поставлял уже готовые и обработанные пластины, подготовительных операций перед отжигом не требовалось.

1. Сборка пластин производилась в пакет с помощью приспособления (рисунок 2.1). Приспособление представляет собой две пластины (щёки) с технологическими отверстиями для болтов которыми стягивается пакет.

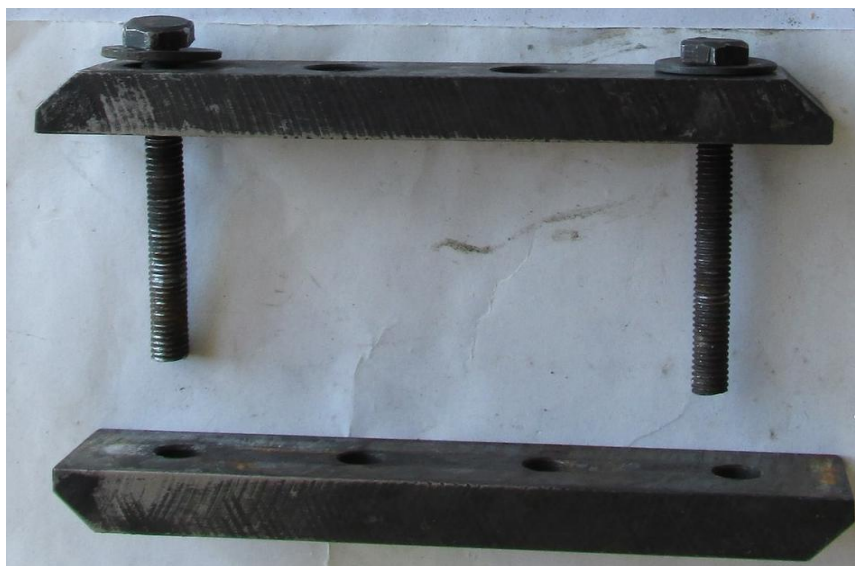
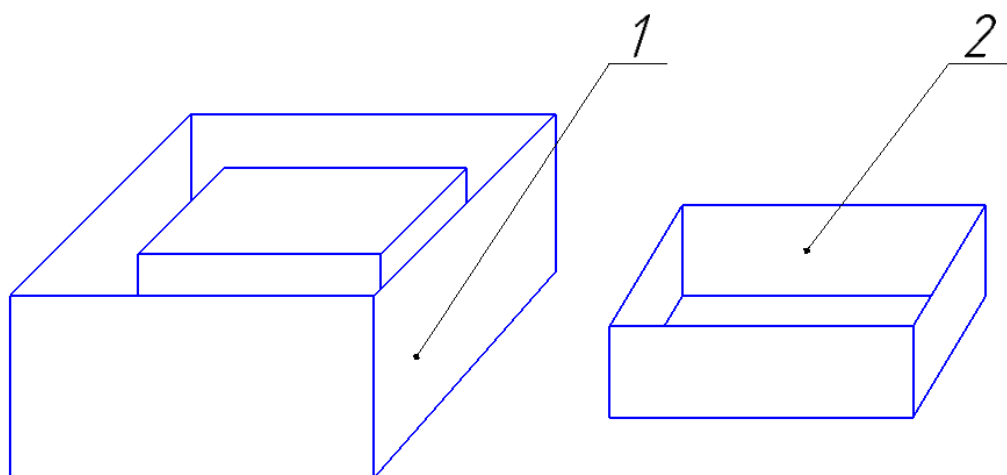


Рисунок 2.1 – Приспособление для сборки

Собранный пакет из 92 пластин вместе с приспособлением укладывается в контейнер (рисунок 2.2) после чего в него засыпают древесноугольный карбюризатор так же в затвор засыпается песок с древесноугольным карбюризатором в пропорции два к одному для того чтобы ограничить попадание воздуха, и предотвратить тем самым сильное окисление материала.



1 – контейнер; 2 – крышка контейнера

Рисунок 2.2 – Контейнер для отжига

После подготовки контейнера его помещают в лабораторную печь СНОЛ (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Лабораторная печь СНОЛ

2. После помещения контейнера в печь начинался отжиг по экспериментальному режиму (рисунок 2.4).

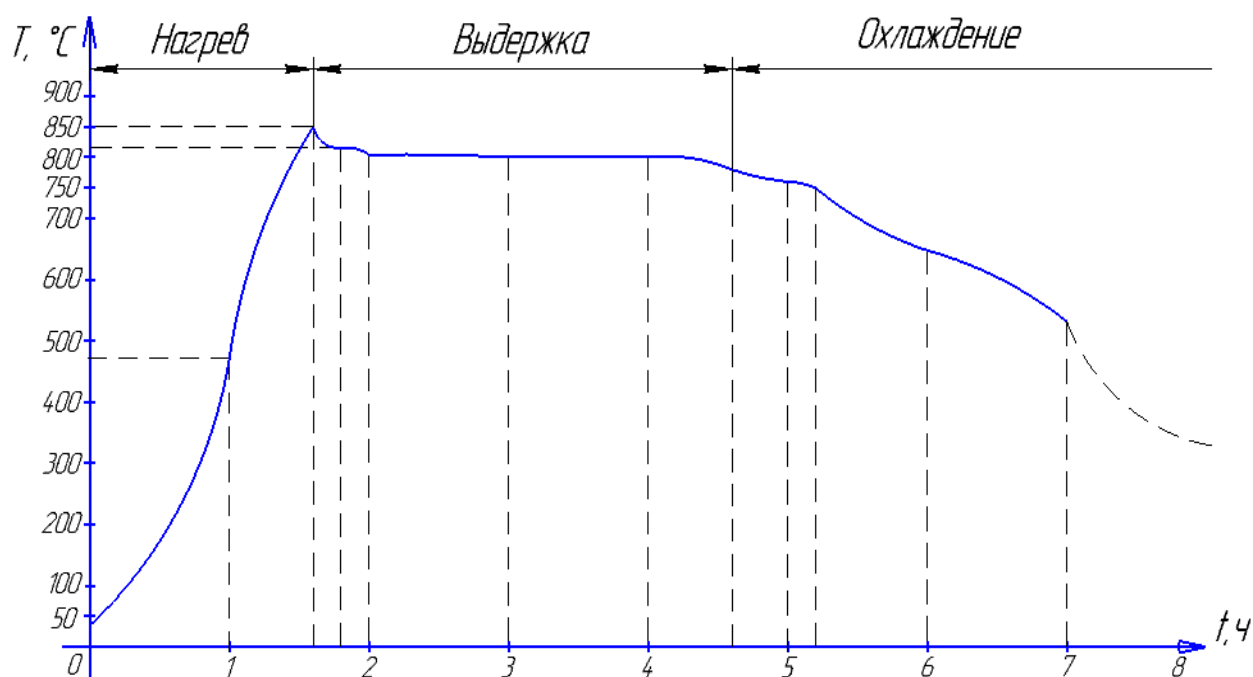


Рисунок 2.4 – Цикл отжига

3. Охлаждение контролировалось до 500 °C после чего охлаждение велось с печью.

4. Анализ времени показывает, что на нагрев потребовалось 96 минут, выдержка 180 минут, контролируемое охлаждение 160 минут, в сумме затраченное время чуть больше 7 часов, при рабочей ставке в 8 часов, таким образом, время отжига с участием рабочего было снижено.

2.2.2 Анализ полученных результатов отжига

После полного остывания печи и магнитоотрикссионного пакета его изъняли для оценки качества отжига (рисунок 2.5).

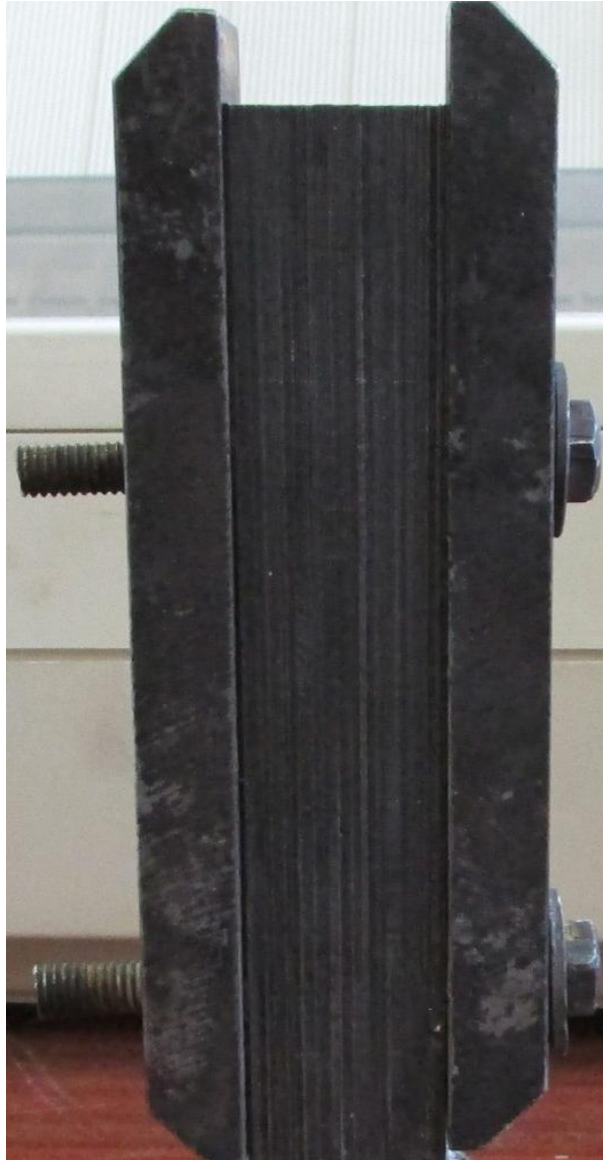


Рисунок 2.5 – Пакет после отжига

После того как пакет достали из приспособления сразу стало понятно что экспериментальный отжиг закончился неудачей, так как пластины были очень хрупкие, даже учитывая то что сплав легирован ванадием и должен иметь неплохую пластичность, в данном случае он разрушался при небольших усилиях, о чём свидетельствуют полученные микрошлифы (рисунок 2.6).

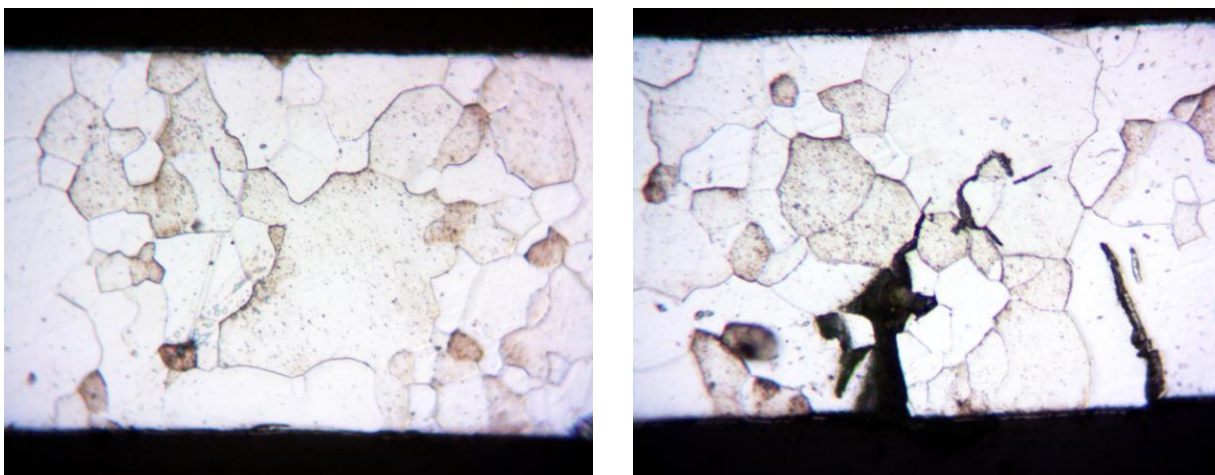


Рисунок 2.6 – Микрошлифы отожженных пластин

При изучении полученных микрошлифов была замечена оксидная плёнка (рисунок 2.7), что не может не радовать, так как это даёт возможность совместить сразу две операции такие как отжиг и оксидирование и производить их за один цикл, что позволит снизить трудоёмкость производства. Дальнейшее изучение показало, что оксидная плёнка нестабильна и местами слишком тонкая или отсутствует вовсе. Подробнее об оксидировании рассказывается во второй части комплексного проекта.

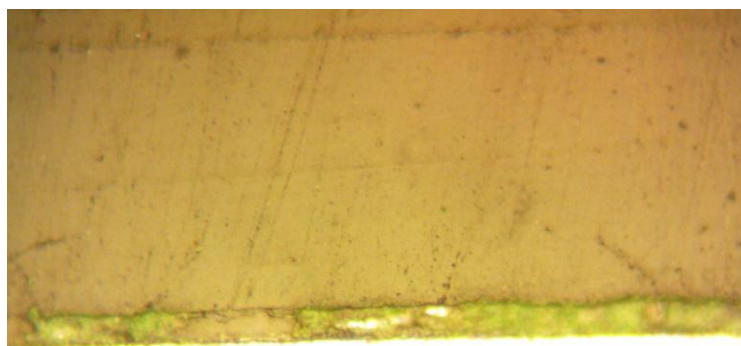


Рисунок 2.7 – Микрошлиф с оксидной плёнкой

Для определения причины неудачного отжига необходимо было провести анализ параметров с целью устранения проблем связанных с неудовлетворительным результатом отжига.

Дальше объект исследования был передан заказчику со всеми полученными материалами. Параллельно с ожиданием поставки новых образцов велся анализ возможных путей достижения цели.

2.3 Исследование и анализ возможных вариантов достижения цели

Были найдены исследования связанные с отжигом магнистрикиционных материалов, благодаря которым можно скорректировать параметры отжига для данного исследования. Но для начала стоит разобрать подробнее влияние параметров режима отжига и на этом основании составить рекомендации.

Одним из параметров является скорость нагрева теория и исследования показывают, что особого влияния на качество проводимого отжига она не влияет это означает, что следует избегать маленькой скорости нагрева так как это приводит к лишним затратам времени и дополнительным затратам электроэнергии. Но стоит также опасаться высоких скоростей нагрева, так как это может привести к появлению трещин [6].

Из этого следует вывод о том что, можно поднимать скорость нагрева, но в разумных пределах, что бы избежать дефектов в отжигаемом материале.

Следующий параметр, на который следует обратить внимание это максимальная температура отжига. Благодаря диаграмме состояния Fe-Co можно установить интервал, в котором можно проводить отжиг 850-900°C.

Связанно это с тем что, что процессы металлургического характера активнее всего происходят под действием высоких температур [5].

Время выдержки как показывают исследования предоставляется возможным оставить прежним с целью получения удовлетворительных результатов [5].

Существенное значение имеет скорость охлаждения материала от исходной температуры нагрева до комнатной температуры. Охлаждение магнитомягкой стали с низким содержанием углерода производится медленно, например, со скоростью 100°C в час до температуры не выше 500

°C, что бы избежать перехода в раствор остаточного углерода и обеспечить его выпадение из раствора в виде графита. Медленное охлаждение непосредственно в отключенной печи менее критично, чем быстрое охлаждение, например, на воздухе, поскольку при длительном охлаждении меньше будут сказываться небольшие колебания скорости протекания процесса [9].

Подводя итоги анализа влияния параметров на термообработку магнитомягких материалов, можно сделать выводы о причинах неудачи отжига и разработать рекомендации к следующему эксперименту. Одной из возможных причин получения некачественных результатов это повышенное окисление пластин при отжиге подобное могло произойти по двум причинам. Первая причина это большое поступление кислорода в контейнер, вторая это слишком медленное охлаждение.

3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПЛАСТИН

3.1 Разработка технологических рекомендаций для отжига

После проведения подробного анализа параметров и их влияния на отжиг были рассмотрены другие исследовательские работы, связанные с отжигом сплава 49К2ФА. Одним из таких исследований стало исследование «А.В. Чижов, Термическая обработка Fe-Co-V как инструмент совершенствования качества изделий из магнитомягких материалов» в котором проводились экспериментальные отжиги сплава 49К2ФА с дальнейшим исследованием полученных результатов, что в свою очередь является хорошим источником для проведения данного исследования [11].

Отличием данной работы от других является то, что отжиг проводится в камерной печи с модифицированной воздушной средой, а не в вакууме или в водородной среде, так как отжиг в камерной печи затрачивает меньше времени и электроэнергии. И поэтому имеет смысл продолжать исследование в этом направлении, в том числе прибегая к помощи коллег в этой области.

Таким образом, посредством изучения этих исследований начались корректировки и разработка рекомендаций для отжига в камерной печи с модифицированной средой.

Для разработки рекомендаций за основу было взято несколько экспериментальных режимов отжига, которые представляют наибольший интерес и приблизительно схожи с режимами разрабатываемой технологии данной работы. Немаловажным отличием является то, что данные экспериментов получены при отжиге в вакууме, следовательно, не стоит об этом забывать и слепо опираться на результаты чужой работы.

Так как рассматривались, наиболее схожие режимы в каждом из них между собой есть отличия в проведение отжига [11].

Образец S1 отжигался при температуре 900 °С с выдержкой 3 часа, охлаждение проводилось с печью [11].

Образец S6 отжигался при температуре 850 °С с выдержкой 3 часа, охлаждение проводилось контролируемое со скоростью 200 °С в час [11].

Образец S8 отжигался при температуре 850 °С с выдержкой 3 часа, охлаждение проводилось контролируемое со скоростью 100 °С в час [11].

Таблица 3.1 – Результаты исследования А.В. Чижов

№ образца	Толщина, мм	B_r , Тл	μ_{max} , Гс/Э	$H_{\mu max}$, А/м	B_s , Тл	H_c , А/м
S1	0,2	1,328	12567	77,96	2,256	61,53
S6	0,2	1,38	12323	65,8	2,263	53,453
S8	0,2	1,355	19325	36,11	2,236	32,786

Лучшие магнитные свойства показывает образец S1. При малой выдержке такие процессы как рекристаллизация и рост зерна, по-видимому, не протекают полностью, что видно по образцу S6. Контролируемое охлаждение положительно влияет на магнитные свойства, образец S8 тому доказательство это свидетельствует о том, что упорядоченная равновесная структура является оптимальной для данного сплава [11].

При высокой температуре железо и кобальт образуют непрерывную цепочку твёрдых растворов с гранцентрированной кубической решеткой.

Сплав типа пермендюр после отжига при температуре 850 °С имеет достаточно большие показатели начальной и максимальной проницаемости при высокой индукции [11].

Отмечено, что температурный интервал 850-950 °С является оптимальным для получения высоких значений начальной и максимальной проницаемостей в сплавах типа пермендюр. Примечателен факт того что сплавы на основе железо-кобальт приобретают высокие магнитные свойства, после отжига т.е. в состоянии упорядочения. Это необычно для магнитно-

мягких сплавов. По-видимому, кроме упорядочения большое влияние на свойства сплава оказывает термическое напряжение учитывая что сплавы на основе железо-кобальт имеют высокие значения магнитострикции насыщения [3].

Суть термообработки железокобальтовых магнитострикционных сплавов заключается в охлаждении от температуры 800-850 °C со скоростью 50-100 °C/ч [3].

3.2 Предложенные рекомендации для отжига

Из изученных данных можно сделать вывод о том, что представляется возможным поднять температуру отжига до 900 °C, так же учитывая, что отжиг проводится не в вакууме желательно сократить время выдержки до 2 часов. Скорость нагрева следует оставить прежней 500 °C в час, так как необоснованное повышение скорости нагрева может привести к появлению трещин. Охлаждение останется контролируемым, но только до 700 °C со скоростью 100 °C после чего будет происходить охлаждение с печью. Так же следует обезжировать поверхности пластин ацетоном перед отжигом. Таким образом, рекомендованный технологический процесс будет выглядеть, так как показано на рисунке 3.1.

К сожалению, для подтверждения рекомендаций необходимы дополнительные эксперименты и исследования. На данный момент исследования в этой области приостановлены заказчиком и новых образцов для испытаний не поступало, заказчик решил отжигать пластины в вакууме, но оксидирование по-прежнему планируется проводить в камерной печи сопротивления с модифицированной воздушной средой, но об этом подробнее рассказывается во второй части комплексной бакалаврской работы.


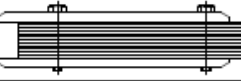
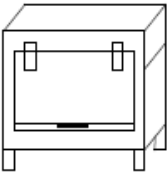
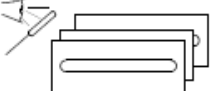
№ п/п	Операция	Содержание перехода и режимы обработки	Эскиз операции	Оборудование, приспособления, инструменты	Вспомогательные материалы
1	Обезжиривание	1.1 Обезжирить пластины с помощью смоченной ваты		Ванна для обезжиривания	1) Ацетон 2) Вата
2	Сборка	2.1 Собрать пластины в пакет 2.2 Снять пакет при помощи гаечного ключа		Универсальное приспособление для сборки	1) Гаечный ключ
3	Отжиг	3.1 Уложить изделие вместе с приспособлением в контейнер 3.2 Засыпать древесноугольный карбюризатор в контейнер и закрыть его крышкой контейнера 3.3 Засыпать в затвор песок и древесноугольный карбюризатор в пропорции 2 к 1 3.4 Загрузить контейнер в печь 3.5 Нагреть до температуры 900°C со скоростью не более 500°C в час 3.6 Выдержать при 900°C 2 часа 3.7 Охлаждать до 700°C со скоростью 100°C далее вместе с печью 3.8 После полного охлаждения выгрузить		Электропечь сопротивления камерная СНО/1	1) Песок 2) Древесноугольный карбюризатор 3) Перчатки
4	Контроль качества	4.1 Провести визуальный осмотр при освещении в 500 лк 4.2 Оценить пластичность при изгибе в ручную		Лупа X5	1) Перчатки

Рисунок 3.1 – Рекомендации для экспериментального отжига магнестрикционного пакета

4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

4.1 Технологическая характеристика технического объекта

Технологический процесс отжига магнитострикционных пластин содержит такие операции как:

- 1) Обезжиривание;
- 2) Сборка;
- 3) Отжиг;
- 4) Контроль качества;

Данные операции осуществляются в лаборатории, которая содержит такое оборудование как:

- 1) Камерная печь;
- 2) Ванна с обезжиривающей жидкостью;

Технологический процесс отжига магнитострикционных пластин связан с появлением возможных рисков, вызванных различными причинами, которые могут, как отрицательно сказаться на здоровье, так и привести к нетрудоспособности работающий персонал.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт технического объекта

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	2	3	4
1. Обезжиривание	Сборщик	Ванна для обезжиривающего средства	Ацетон, вата техническая, пинцет
2. Сборка	Сборщик	Приспособление для сборки	Перчатки, гаечный ключ
3. Отжиг	Инженер - лаборант	Печь камерная лабораторная СНОЛ	Перчатки, песок с древесноугольным карбюризатором

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4
4. Контроль качества	Инженер - лаборант	Микроскоп, абразивный круг	Перчатки

4.2. Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 - Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
1. Обезжиривание	- Острые кромки и заусенцы на поверхности пластин и инструментов - Попадание обезжиривающего средства в глаза или на поверхность кожи	Магнитострикционные пластины, ацетон
2. Сборка	- Острые кромки и заусенцы на поверхности пластин и инструментов	Магнитострикционные пластины, приспособление для сборки
3. Отжиг	- Повышенная температура поверхностей оборудования и материалов - Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкании которой может произойти через тело работника	Печь камерная лабораторная СНОЛ
4. Контроль качества	- Острые кромки и заусенцы на поверхности пластин и инструментов - Повышенная запыленность	Магнитострикционные пластины, абразивный круг

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 – Методы и технические средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, частичного снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3
1. Острые кромки и заусенцы на поверхности пластин и инструментов	Зачистка кромок и поверхностей пластин	Защитные очки, перчатки, спецодежда
2. Попадание обезжиривающего средства в глаза или на поверхность кожи	Инструктаж по технике безопасности	Защитные очки, перчатки, спецодежда
3. Повышенная температура поверхностей оборудования и материалов	Инструктаж по технике безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкании которой может произойти через тело работника	Заземление электрического оборудования.	-
5. Повышенная запыленность	Еженедельная уборка рабочего помещения	Защитные очки, перчатки

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок отжига	Печь камерная лабораторная СНОЛ	Пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е);	Пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму	вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; негативные термохимические воздействия, используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки систем пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Ящик с песком, огнетушитель	Пожарные автомобили	Пожарный кран	Система передачи извещения о пожаре	Огнетушитель	Противогаз, респиратор, верёвка	Пожарный топор, лопата, лом	Пожарная сигнализация, кнопка оповещения пожара, стационарный телефон на рабочем участке

Таблица 4.6 - Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Отжиг магнитострикционных пластин	Обучение служащего персонала правилам пожарной безопасности, проведение учений с производственным персоналом по поводу пожарной безопасности	На участке должны быть первичные средства пожаротушения в достаточном количестве

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Таблица 4.7 - Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технологического процесса	Структурные составляющие технологического	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу
Отжиг магнитострикционных пластин	Обезжиривание, сборка, отжиг	Газообразные частицы;	Вода не используется	Бытовой мусор

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

Наименование технического объекта	Отжиг
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Вытяжная вентиляция, установка очищающего оборудования для улавливания загрязняющих веществ
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Вода не используется
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка контейнеров для бытового мусора и производственных отходов

4.6 Заключение по разделу безопасность и экологичность

В процессе выполнения раздела было выявлено появление возможных рисков, опасные и вредные факторы при отжиге магнитострикционных пластин. Разработаны организационно-технические мероприятия для снижения или полного устранения профессиональных рисков, так же было выявлено, что стандартные средства обеспечения безопасности обеспечат безопасность персонала, если в свою очередь проинструктировать персонал.

Так же было определено, что нет необходимости в разработке универсальных и дополнительных средств защиты. Наибольшей угрозой на участке является повышенное напряжение и температура оборудования, поэтому необходимо следить за оборудованием, а в частности за заземлением, соблюдать общие требования техники безопасности при работе с высокотемпературным оборудованием.

5 ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

Таблица 5.1 – Наименование стадий и содержание этапов НИР

№ стадии	Наименование стадии НИР	№ этапа	Содержание этапов работы
1.	Ознакомление с существующими методами термической обработки магнитострикционных материалов.	1.1 1.2. 1.3 1.4 1.5.	Составление плана НИР. Расчет плановой сметы предпроизводственных затрат. Ознакомление с методами термической обработки и оксидирования магнитострикционных материалов. Обзор информации по исследованиям структуры и свойств магнитострикционных материалов. Анализ работы, связанной с исследованием качества полученных структур и свойств магнитострикционных материалов.
2.	Подготовка к проведению экспериментов	2.1. 2.2. 2.3. 2.4. 2.5	Разработка конструкции стенда для проведения отжига и оксидирования. Изготовление стенда и его монтаж. Приобретение и монтаж измерительной аппаратуры. Опробование работы на стенде Составление программы исследований.
3.	Проведение экспериментов и их анализ	3.1. 3.2. 3.3.	Сравнительные испытания образцов разрушающим и неразрушающим методами. Построение графиков результатов проведенных исследований. Анализ графиков и формулировка выводов и рекомендаций.
4.	Оформление результатов НИР	4.1. 4.2. 4.3. 4.4	Оформление и согласование отчетов. Составление фактического графика работ и анализ причин его отклонения от плана. Расчет фактически произведенных предпроизводственных (текущих) затрат. Определение непроизводительных затрат (резервов времени).

5.1. Определение трудоёмкости и длительности выполнения каждого этапа работ.

Ожидаемая трудоёмкость выполнения каждого этапа работы определяется по эмпирической формуле (дни):

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

где T_{min} —оптимистическая (наименьшая) трудоёмкость;

T_{max} —пессимистическая (наибольшая) трудоёмкость;

Определяется длительность каждого этапа работ (дни):

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

где Ч – численность исполнителей на данном этапе

Если в результате расчётов $T_{\text{ож}}$ и $T_{\text{эт}}$ получился результат $>0,5$ то округляем его до целого большего числа, результат $< 0,2$ округляем до целого меньшего числа, результат $>0,2$ но $< 0,5$ округляем до 0,5

Суммарная длительность НИР:

$$T_{\text{нир}} = \sum T_{\text{эт}} = 56 \text{ дн.} \quad (5.3)$$

Удельное значение каждого этапа рассчитываем по формуле:

$$\text{Уд.эт.} = \frac{T_{\text{эт}}}{T_{\text{нир}}} \cdot 100\% \quad (5.4)$$

Таблица 5.2 – Сводная таблица результатов расчётов

№ п/п	Удельн. значен. этапа %	Наращение техническ. готовности	Ожидаемая трудоёмк. (дн).	Кол-во одноврем. работающ	Длит-ть этапа $T_{\text{эт}}$
1.1	3,57	3,57	6	3	2
1.2	1,78	5,35	4	3	1
1.3	3,57	8,92	7	3	2
1.4	3,57	12,49	6	3	2
1.5	7,14	19,63	13	3	4
2.1	5,35	24,98	10	3	3
2.2	5,35	30,33	11	4	3

Продолжение таблицы 5.2

2.3	3,57	33,9	6	4	2
2.4	1,78	35,68	6	4	1
2.5	1,78	37,46	6	4	1
3.1	19,65	51,11	44	4	11
3.2	12,5	69,61	22	3	7
3.3	5,35	74,96	8	3	3
4.1	10,72	85,68	18	3	6
4.2	5,35	91,03	9	3	3
4.3	5,35	96,38	9	3	3
4.4	3,57	99,95	7	3	2
Итого:					56

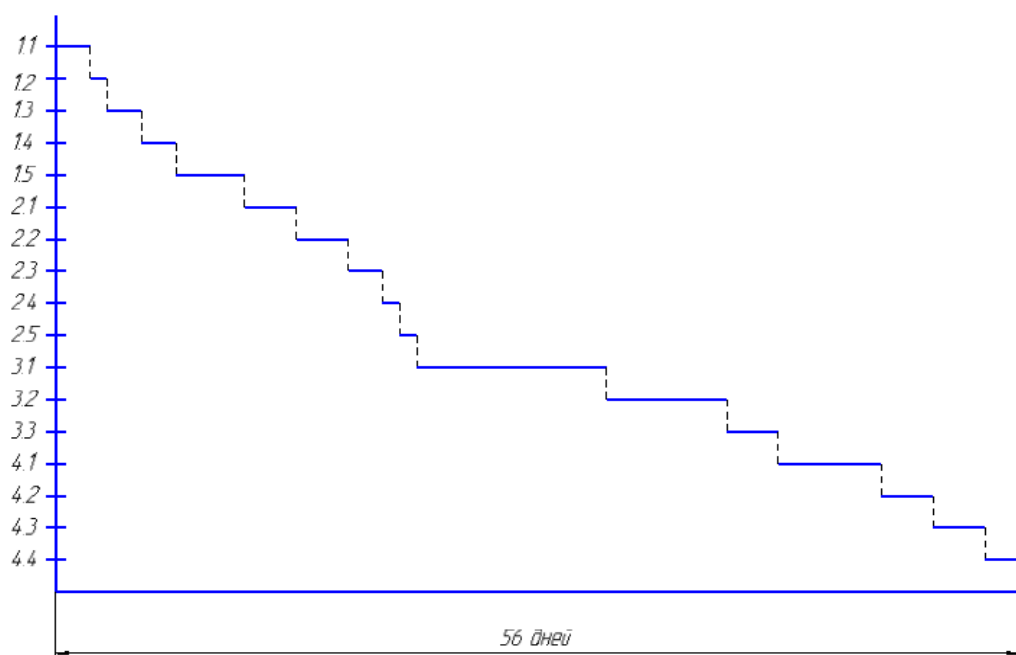


Рисунок 5.1. – Линейный график работы

5.2. Расчёт производственных (текущих), капитальных и приведенных (полных) затрат на проведение исследований.

1. Расчет предпроизводственных затрат

Расчет текущих затрат на проведение данной НИР производится по следующей формуле:

$$Z_{\text{тек}} = ZM + \Phi ZП + O_{\text{с.н}} + Z_{\text{э-э}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{пр}} + НР \quad (5.5)$$

$$Z_{\text{тек}} = 2446,2 + 157705 + 56773,8 + 13860 + 3217 + 7885,25 + 86737,75 = 328625$$

руб

где ZM – затраты на основные и вспомогательные материалы;

$\Phi ZП$ – фонд заработной платы (основная и дополнительная заработная плата научно-технического персонала);

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

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

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

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

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

Затраты на основной и вспомогательный материал

$$ZM = ZM_{\text{осн}} + ZM_{\text{всп}} \quad (5.6)$$

$$ZM = 2038,5 + 407,7 = 2446,2 \text{ руб}$$

где $ZM_{\text{осн}}$ – затраты на основной материал;

$ZM_{\text{всп}}$ – затраты на вспомогательный материал.

Затраты на основной материал для выполнения НИР рассчитываются по формуле:

$$ZM_{\text{осн}} = N_p \cdot C_M \cdot U \quad (5.7)$$

$$ZM_{\text{осн}} = 0,3 \cdot 453 \cdot 15 = 2038,5 \text{ руб}$$

где N_p – норма расхода основного материала на один образец для испытаний; (0,3 кг)

C_M – оптовая цена 1 кг основного материала (453) руб

U – количество образцов, испытанных по полной программе, (15) шт.

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

$$ЗМ_{\text{всп}} = 0,2 \cdot ЗМ_{\text{осн}} \quad (5.8)$$

$$ЗМ_{\text{всп}} = 0,2 \cdot 2038,5 = 407,7 \text{ руб}$$

Затраты на заработную плату научно-технического персонала

$$\Phi ЗП = ЗПЛ_{\text{осн}} + ЗПЛ_{\text{доп}} \quad (5.9)$$

$$\Phi ЗП = 143369 + 14336 = 157705 \text{ руб}$$

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

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

Основная заработная плата вычисляется по формуле:

$$ЗПЛ_{\text{осн}} = \Sigma T_{\text{раб}} \cdot C_{\text{д}} \cdot k_{\text{пр}} \cdot И \quad (5.10)$$

$$ЗПЛ_{\text{осн}} = 56 \cdot 800 \cdot 1,4 \cdot 1 + 56 \cdot 450 \cdot 1,4 \cdot 2 + 18 \cdot 400 \cdot 1,4 \cdot 1 = 62720 + 70560 + 10080 = 143360 \text{ руб}$$

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

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

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

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

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

$$ЗПЛ_{\text{доп}} = 0,1 \cdot ЗПЛ_{\text{осн}} \quad (5.11)$$

$$ЗПЛ_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 143360 = 14336 \text{ руб}$$

Отчисления на социальные нужды вычисляем по формуле:

$$O_{\text{с.н.}} = \frac{N_{\text{соц.}} \cdot \Phi ЗП}{100} \quad (5.12)$$

$$O_{\text{с.н.}} = \frac{36 \cdot 157705}{100} = 56773,8 \text{ руб}$$

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

Затраты на электроэнергию

Затраты на электрическую энергию для проведения испытаний:

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{об}} \cdot t_{\text{исп}}}{\eta} \cdot C_{\text{э-э}} \quad (5.13)$$

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{35 \cdot 144}{0,8} \cdot 2,2 = 13860 \text{ руб}$$

где $M_{\text{об}}$ – мощность оборудования (35 кВт);

$t_{\text{исп}}$ – время проведения испытаний, час (144 ч);

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

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

Затраты, связанные с эксплуатацией оборудования

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{т.р}} \quad (5.14)$$

$$Z_{\text{об}} = 3214,5 + 2,48 = 3217 \text{ руб}$$

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

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

Затраты на амортизацию оборудования определяем по формуле:

$$A_{\text{об}} = \Sigma C_{\text{об}} \cdot \frac{N_{\text{а}} \cdot t_{\text{исп}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100} \quad (5.15)$$

$$A_{\text{об}} = 177000 \cdot \frac{24 \cdot 144}{1903 \cdot 100} = 3214,5 \text{ руб}$$

где $N_{\text{а}}$ – норма амортизации по применяемому технологическому оборудованию, 24 %;

$\Sigma C_{\text{об}}$ – суммарная цена оборудования, необходимого для проведения испытаний, руб.

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

$t_{\text{исп}}$ – время проведения испытаний, час (144 ч).

Расходы на текущий ремонт оборудования:

$$P_{\text{т.р}} = \frac{\Sigma \Pi_{\text{об.}} \cdot N_{\text{т.р}} \cdot k_3}{100 \cdot \Phi_{\text{эф}}} \quad (5.16)$$

$$P_{\text{т.р}} = \frac{177000 \cdot 35 \cdot 0,076}{100 \cdot 1903} = 2,48 \text{ руб}$$

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

$$k_3 - \text{коэффициент загрузки оборудования} \quad k_3 = \frac{t_{\text{исп}}}{\Phi_{\text{эф}}} \quad (5.17)$$

Прочие затраты, в которые входит аренда помещений, приобретение образцов или макетов (в зависимости от специфики исследования), принимаем в размере 5% от величины фонда заработной платы научно-технического персонала:

$$З_{\text{пр}} = 0,05 \cdot \Phi_{\text{ЗП}} \quad (5.18)$$

$$З_{\text{пр}} = 0,05 \cdot 157705 = 7885,25 \text{ руб}$$

Накладные расходы (расходы на оплату работы управленческого персонала и на охрану труда) принимаем в размере 55% от величины фонда заработной платы научно-технического персонала:

$$НР = 0,55 \cdot \Phi_{\text{ЗП}} \quad (5.19)$$

$$НР = 0,55 \cdot 157705 = 86737,75 \text{ руб}$$

2. Расчет капитальных затрат

Кроме текущих затрат, при проведении НИР имеют место капитальные затраты. К капитальным затратам относятся затраты на приобретение или создание оборудования, стандов, приборов, экспериментальных установок и других основных фондов.

Капитальные затраты рассчитываются по формуле:

$$K = \Sigma C_{\text{пр.об}} + \Sigma C_{\text{изг}} + P_{\text{т.м}} \quad (5.20)$$

$$K = 177000 + 12390 = 189390 \text{ руб}$$

где $\Sigma C_{\text{пр.об}}$ – суммарная цена приобретенного оборудования;

$\Sigma C_{\text{изг}}$ – суммарная цена изготовленного оборудования;

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

Затраты на транспортировку оборудования принимаем:

$$P_{\text{т}} = 0,05 \cdot C_{\text{пр.об}} \quad (5.21)$$

$$P_{\text{т}} = 0,05 \cdot 177000 = 8850 \text{ руб}$$

Затраты на монтаж оборудования принимаем:

$$P_{\text{м}} = 0,02 \cdot C_{\text{пр.об}} \quad (5.22)$$

$$P_{\text{м}} = 0,02 \cdot 177000 = 3540 \text{ руб}$$

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

$$Z_{\text{прив}} = Z_{\text{тек}} + K \quad (5.23)$$

$$Z_{\text{прив}} = 328625 + 189390 = 518015 \text{ руб}$$

5.3. Калькуляция себестоимости проведения научно – исследовательской работы.

Таблица 5.3 – Калькуляция себестоимости проведения НИР

Наименование статей затрат	Условные обозначения	Величина затрат (руб.)
Фонд заработной платы	ФЗП	157705
Отчисления на социальное страхование	$O_{\text{с.н}}$	56773,8

Продолжение таблицы 5.3

Затраты на основные и вспомогательные материалы	ЗМ	2446,2
Затраты на амортизацию оборудования	$A_{об}$	3214,5
Накладные расходы	НР	86737,75
Общие затраты на проведение НИР	$Z_{прив}$	518015

5.4 Заключение по разделу экономической части

В разделе эффективность работы проведены расчёты затрат на проведение исследования в области термической обработки магнитострикционного материала. В частности на проведения экспериментов в области отжига и оксидирования. Самой большой статьёй расходов является фонд заработной платы научно-исследовательского персонала. А общие затраты на проведения всего исследования составляют 518015 рублей, длительность исследования составляет 56 дней.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения комплексной бакалаврской работы было проведено много различных действий в сторону снижения себестоимости производства магнитострикционных преобразователей. Был проведён экспериментальный отжиг в камерной печи с модифицированной средой, который показал возможность оксидирования магнитострикционных пластин. Исходя из полученных результатов, предоставляется возможным соединить две операции в один цикл, то есть отжигать пластины и проводить оксидирование при охлаждении, что позволило бы сократить время проведения отжига и оксидирования и тем самым снизить себестоимость производства. К сожалению, результаты отжига получились неудовлетворительными и для реализации данной идеи начались исследования режимов отжига, с целью установления параметров режима которые смогли бы обеспечить оптимальный результат.

После неудачи был произведён анализ параметров экспериментального отжига и исследования направленные на выяснение причин неудачи и разработку новых рекомендаций для термической обработки в камерной печи с модифицированной воздушной средой. Было выявлено влияние параметров режима на свойства отжигаемого материала и выдвинуты предположения о неудаче первого отжига. По-видимому, причина неудачи кроется в повышенном окислении, что приводит к большой хрупкости пластин сплава 49К2ФА.

На основании этого был произведён более глубокий анализ во время, которого удалось ознакомиться с материалами других исследователей в этой области, благодаря чему стало возможным разработать рекомендации к следующим экспериментам связанными с отжигом магнитострикционных пластин в модифицированной среде. К тому моменту как удалось разработать новые рекомендации по снижению себестоимости отжига, заказчик уже отказался от этой идеи и поэтому данные рекомендации

являются не проверенными. Таким образом, для подтверждения рекомендаций необходимы дополнительные исследования в этой области.

В данной работе так же был выполнен анализ и предупреждение возможных профессиональных рисков с целью повышения безопасности, как для исследовательского персонала, так и для окружающей среды.

Был произведён расчёт затрат на проведение научно-исследовательской работы и рассчитана экономическая эффективность для данного исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Донской, А.В. Ультразвуковые электротехнологические установки [Текст] / А.В. Донской, О.К. Келлер, Г.С. Кратыш ; Изд. 2-е перераб. и доп. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1982. – 208с., ил.
2. Мишин, Д.Д. Магнитные материалы [Текст] : учеб. пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. – М: «Высшая школа», 1991. – 384 с.
3. Кекало, И.Б. Физическое металловедение прецизионных сплавов. Сплавы с особыми магнитными свойствами [Текст] : учеб. для вузов / И.Б. Кекало, Б.А. Самарин. - М.: «Металлургия», 1989. - 496 с.
4. Гудремон, Э. Специальные стали [Текст] / Э. Гудремон ; пер. с нем. М.Л. Берштейна и В.С. Меськина, науч. Ред А.С. Займовский. – М: «Металлургия», 1966. – 1245 с.
5. Чижов, А.В. Термическая обработка Fe-Co-V как инструмент совершенствования качества изделий магнитомягких материалов. [Электронный ресурс] / А.В. Чижов. Электронные данные. – Д.: «Инженерный вестник Дона», 2007-2017.URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2374> (Дата обращения 25.12.2016).
6. Преображенский, А.А. Магнитные материалы и элементы [Текст] : учеб. для вузов / А.А. Преображенский, Е.Г. Бишард. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк, 1986. –352 с.: ил.
7. Карабасов, Ю.С. Новые материалы [Текст] / Ю.С. Карабасов. – М.: «МИСИС», 2002. – 727 с.
8. Орлов, П.И. Основы конструирования [Текст] : Справочно-методическое пособие. В 2-х кн. Кн.1. /Под ред. П.Н.Учаева. — 3-е изд. испр. — М.: Машиностроение, 1977. – 360 с., ил.
9. Рейнбот, Г. Магнитные материалы и их применение [Текст]/ Г. Рейнбот; пер. с нем. Г.П Лебедева, под ред. А.А. Преображенского . – Л.: Ленинградское отделение: «Энергия», 1974. – 384 с.

10. ГОСТ 10160-75. Сталь качественная и высококачественная. Сортовой и фасонный прокат, калиброванная сталь. [Текст]. – Введ.1976 – 01 – 01. – М. : Изд-во стандартов, 2004. – 47с., ил.
11. Чижов, А.В. Измерение параметров материалов магнитных систем высокомоментных двигателей [Текст] : дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : 05.11.01 : защищена 22.04.15 / Чижов Андрей Вячеславович. – П., 2015. – 140 с.
12. Безопасность и экологичность объекта дипломного проекта: учеб.-метод. пособие по выполнению дипломного проекта / сост. Л.Н. Горина [и др.]. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 33 с.
13. Краснопевцева, И.В. Экономическая часть дипломного проекта: учебно–метод. пособие для студентов специальности 150202 «Оборудование и технология сварочного производства» / И.В. Краснопевцева. – Тольятти: ТГУ, 2008 г. – 39 с.
14. 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.
15. Stancioiu, A. ABOUT HEAT TREATMENTS APPLIED TO FERROUS ALLOYS AND METALS [Electronic resource]/ A. Stancioiu // Technology: Electrical engineering. - Academica Brancusi, 2016. - Access mode: http://www.utgjiu.ro/rev_mec/?s=mecanica. – (Date of the application: 20.12.2016).
16. Okabayashi, J. Fabrication and magnetic properties of Fe and Co co-doped ZrO_2 [Electronic resource]/ J. Okabayashi // Science: Physics. - American Institute of Physics, 2011. - Access mode: <http://aip.scitation.org/journal/adv/>. - (Date of the application: 23.12.2016).
17. Zbigniew, S. Influence of annealing temperature on structural and magnetic properties of $MnFe_2O_4$ [Electronic resource]/ S. Zbigniew// Science. - Institute of Nuclear Chemistry and Technology, Poland, 2015. - Access

- mode: <https://www.degruyter.com/view/j/nuka>. - (Date of the application: 27.12.2016).
18. Schneider, J. Innovative processing for improved electrical steel properties [Electronic resource]/ J. Schneider// Technology: Mining engineering. - Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2010. - Access mode: <http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia>. - (Date of the application: 06.04.2017).
19. Pei-Chung Lin. Soft Magnetic Properties of High-Entropy Fe-Co-Ni-Cr-Al-Si Thin Films [Electronic resource]/ Pei-Chung Lin// Science: Physics. - MDPI AG, 2016. - Access mode: <http://www.mdpi.com/journal/entropy>. - (Date of the application: 13.04.2017).
20. Пшеченкова, Г.В. Прецизионные сплавы [Текст] / Г.В. Пшеченкова, Т.В. Краснопевцева // Металлургиздат, 1956. – 9 с., ил.