

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

**ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

(наименование института полностью)

**Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»**

(наименование кафедры)

**15.03.01 «Машиностроение»**

(код и наименование направления подготовки, специальности)

**«Оборудование и технология сварочного производства»**

(направленность (профиль)/специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Модернизация установки индукционного нагрева СЭЛТ-001-15/44

Студент (ка)

**В.С. Журавель**

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

**А.Ю. Краснопевцев**

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

**И.В. Дерябин**

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**И.В. Краснопевцева**

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**В.Г. Виткалов**

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**С.А. Гудкова**

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

### Допустить к защите

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

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

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2017

## АННОТАЦИЯ

Модернизация установки индукционного нагрева СЭЛТ-001-15/44.

В выпускной квалификационной работе (ВКР) рассмотрена модернизация установки индукционного нагрева СЭЛТ-001-15/44, а именно разработка приспособления для пайки изделий малого сечения и системы газовой защиты при нагреве.

Ключевые слова: индукционный нагрев, сварка, пайка, плавка, газовая защита, установка индукционного нагрева.

Целью выпускной квалификационной работы является расширение технологических возможностей установки индукционного нагрева СЭЛТ-001-15/44 путем ее модернизации.

В результате выполнения работы были решены следующие задачи:

- 1) Разработано приспособление для пайки изделий малого сечения
- 2) Разработана система газовой защиты при нагреве с использованием установки индукционного нагрева СЭЛТ-001-15/44
- 3) Разработан технологический процесс утилизации отходов металлизированного пластика

Данная ВКР содержит пояснительную записку в размере \_ страниц, содержащей \_ таблиц, \_ рисунков, и графическую часть, содержащую \_ листов.

## ABSTRACT

In the graduation qualification work (GQW), considers the modernization of equipment for induction heating SELT-001-15/44, namely the development of devices for the brazing of product of small cross section and system of gas protection during heating.

Key words: induction heating, welding, brazing, melting, gas protection, equipment for induction heating.

The objective of graduation qualification work is the expansion of technological possibilities of equipment for induction heating SELT-001-15/44 through its modernization.

The result of the work addressed the following tasks:

- 1) Developed fixture for brazing of products of small cross section
- 2) Developed a system of gas protection for heating using the induction heating SELT-001-15/44
- 3) Developed the technological process of recycling of waste metallized plastic

The GQW contains an explanatory note in the amount of \_ pages, containing \_ tables, \_ figures, and a graphic part containing \_ sheets.

## Содержание

Введение.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1. Состояние вопроса. Анализ исходных данных. ....	9
1.1 Особенности индукционного нагрева и его применение для сварки, пайки и родственных процессов .....	9
1.1.1 Индукционный нагрев. Принцип действия. ....	9
1.1.2 Виды установок индукционного нагрева. Область применения. ....	9
1.2 Описание и технические характеристики установки индукционного нагрева СЭЛТ-001-15/44.....	11
1.3 Газовая защита при сварке и пайке .....	15
1.4 Задачи бакалаврской работы.....	16
2. Разработка приспособления для пайки изделий малого сечения. ....	16
3. Разработка системы газовой защиты .....	19
4. Разработка технологического процесса утилизации отходов металлизированного пластика. ....	20
4.1 Подготовка медно-никелевой стружки к нагреву. ....	20
4.2 Нагрев стружки с полимерными включениями до температуры сгорания пластика.....	21
4.3 Сплавление медно-никелевой стружки в цельные слитки .....	21
5. Безопасность и экологичность технологического объекта.....	23
6. Техничко-экономическое обоснование рентабельности переработки медно-никелевой стружки.....	30
Заключение .....	38
Список использованных источников.....	39

## Введение

В течение последних 30 лет развитие индукционного нагрева происходило более активно, чем другие электротермические процессы. Это объясняется большими технологическими и экономическими преимуществами, касающимися затрачиваемой энергии, качества продукции, производственной гибкости и общей эффективности.

Индукционный нагрев используется в разных отраслях промышленного производства, в частности в машиностроении. Существует множество разных индукционных установок, основным применением которых является сварка, пайка, термообработка, плавка и горячая штамповка.

В распоряжении кафедры имеется высокочастотная установка индукционного нагрева СЭЛТ-001-15/44, разработанная компанией ООО «ИнтерСЭЛТ». Это оборудование было приобретено относительно недавно для проведения как лабораторных, так и исследовательских работ, но некоторые задачи, с которыми приходится сталкиваться, не могут быть решены при помощи этой установки, а именно пайки малогабаритных изделий и плавки материалов, для которых необходима газовая защита. Помимо этого, предприятие по изготовлению молдингов с медно-никелевым покрытием обратилось с предложением утилизации металлической стружки, отделенной от бракованных пластиковых изделий. Поскольку, в процессе переплава, металл с полимерными включениями окисляется, необходимо применять газовую защиту. Для экономии средств на приобретение нового оборудования, было предложено модернизировать имеющуюся индукционную установку. Соответственно целью данной работы является расширение технологических возможностей установки индукционного нагрева СЭЛТ-001-15/44 путем ее модернизации.

## 1. Состояние вопроса. Анализ исходных данных.

### 1.1 Особенности индукционного нагрева и его применение для сварки, пайки и родственных процессов

#### 1.1.1 Индукционный нагрев. Принцип действия.

Под индукционным нагревом понимают нагрев при бесконтактной передаче электроэнергии в заготовку электрическим полем, возникающим вокруг проводника, по которому течет переменный ток [1].

Индукционный нагрев используется в разных отраслях промышленного производства, в частности в машиностроении, для нагрева черных и цветных металлов. Черные металлы нагревают до температуры равной точке Кюри за счет магнитного сопротивления и вихревых токов (токов Фуко). После повышения температуры выше точки Кюри, действуют только вихревые токи. Именно поэтому магнитные стали и чугуны плавят в кварцевых тиглях. А для плавки цветных металлов применяются тигли с графитовым включением [2].

Принцип действия индукционного нагрева заключается в образовании мощных токов разной частоты с помощью генератора, в процессе чего вокруг индуктора возникает электромагнитное поле. Именно оно наводит вихревые токи, которые разогревают поверхностный слой заготовки. При высокой частоте вихревые токи вытесняются образованным ими же магнитным полем в поверхностные слои изделия, в результате этого их плотность возрастает и заготовка нагревается. Нижние слои металла нагреваются за счет теплопроводности. Глубина проникновения вихревых токов зависит от частоты: чем частота выше, тем поверхностный слой, куда проникают вихревые токи тоньше.

#### 1.1.2 Виды установок индукционного нагрева. Область применения.

Существует множество разных индукционных установок, основным применением которых является сварка, пайка, термообработка, плавка и горячая штамповка. Они классифицируются в первую очередь по диапазону

рабочих частот, который и определяет область применения индукционных установок.

### 1) Среднечастотные установки индукционного нагрева

Выходной диапазон частот таких установок равен 0,5 - 20 кГц. Такая низкая частота определяет их область применения. В основном это плавка черных и цветных металлов, глубокий нагрев для горячей штамповки, закалка металлов на максимально возможную глубину. Такие индукционные установки имеют наивысшую глубину проникновения индукционного поля до 10 мм от поверхности металла [3].

### 2) Высокочастотные установки индукционного нагрева

Как правило, высокочастотные установки имеют выходной диапазон частот 20-40 кГц или 30-100 кГц. На выходе такой индукционной установки всегда имеется понижающий высокочастотный трансформатор, который следует нагружать на индукционную катушку с количеством витков от 1 до 4. Диаметр индукционной катушки растет с увеличением мощности ТВЧ генератора. Глубина проникновения индукционного поля в этом частотном диапазоне составляет 2 - 3 мм. Такие установки применяются для поверхностной закалки шестерен, валов и крановых колес. Нагрева деталей перед изгибанием, для пайки резцов, фрез и буровых коронок [3].

### 3) Сверхвысокочастотные установки индукционного нагрева

Они имеют выходной диапазон частот от 100 кГц до 1,5 МГц. Глубина проникновения индукционного поля составляет около 1мм. Исходя из этого их основное назначение это пайка мелкогабаритных изделий, поверхностная закалка стальных деталей и нагрев тонких проволок и пластин. Сверхвысокочастотные установки применяют для закалки длинных осей и направляющих станков. Только с их помощью можно быстро нагреть двигающуюся тонкую проволоку или группу проволок, тонкостенные трубки и полоски цветных металлов [3].

## 1.2 Описание и технические характеристики установки индукционного нагрева СЭЛТ-001-15/44

Установка высокочастотного индукционного нагрева СЭЛТ-001-15/44 предназначена для технологических операций плавки черных и цветных металлов, для нагрева стальных заготовок перед пластической деформацией, для пайки твердосплавных пластин на державки инструмента. При пайке изделий с использованием соответствующего индуктора размеры сечения заготовок составляют от 8×8 до 50×50 мм.

Преобразователь частоты (рисунок 1) предназначен для преобразования трехфазного сетевого напряжения в переменное напряжение. Состоит из сетевого выпрямителя, фильтра, инвертора напряжения, высокочастотного трансформатора, компенсирующей батареи конденсаторов и блока контроллера управления. Органы коммутации расположены на боковой и задней панели блока и имеют следующие назначения:

- 1) Разъем «Сеть» предназначен для подключения преобразователя к питающей сети
- 2) Разъем «ДУ» предназначен для подключения кнопок или ножной педали дистанционного управления
- 3) Штуцер «Вход» предназначен для подключения входного шланга охлаждающей жидкости индуктора
- 4) Штуцер «Выход» предназначен для подключения выходного шланга охлаждающей жидкости индуктора
- 5) Клемма «Заземление» предназначена для подключения заземляющего провода
- 6) Разъем «Температура» предназначен для подключения преобразователя сигналов измерителя температуры





Рисунок 1 – Преобразователь частоты

Таблица 1 – Техническая характеристика преобразователя частоты

Характеристика	Значение
Габариты и вес	
Габариты преобразователя частоты, мм	300×550×520
Вес преобразователя частоты, кг	38
Электротехнические характеристики установки	
Максимальная потребляемая мощность, кВт	15
Максимальная колебательная мощность, кВт	14,2
Коэффициент полезного действия, %	95
Максимальный потребляемый ток фазы, А	25
Напряжение питающей сети, В	38
Относительная нестабильность питающей сети, %	10

Продолжение таблицы 1

Максимальный потребляемый ток фазы, А	25
Частотный диапазон преобразования, кГц	15-50
Выходное напряжение преобразователя, В	33
Максимальный выходной ток преобразователя, А	600
Время непрерывной работы, ч	16

Таблица 2 – Характеристика защитных систем

Характеристика	Значение
Защита от рассогласования индуктора по частоте резонанса	есть
Защита от потребления тока выше нормы на 10%	есть
Защита от короткого замыкания витков индуктора	есть
Защита от перегрева преобразователя	есть
Защита от понижения протока охлаждающей воды через индуктор	есть

Индуктор для плавки (рисунок 2), предназначен для разогрева и расплавления металла, помещенного в соответствующие тигли (для цветных металлов графитовые тигли, для черных металлов – корундовые тигли).



Рисунок 2 – Индуктор для плавки

Таблица 3 – Характеристика индуктора для плавки

Характеристика	Значение
Габариты индуктора $\varnothing$ внутренний $\times$ $\varnothing$ внешний $\times$ высота, мм	70 $\times$ 160 $\times$ 140
Вес индуктора, кг	2
Теплоизоляция	Асбестовый шнур
Рабочая температура индуктора, °С	1500

Индуктор для пайки предназначен для разогрева паяемых соединений с температурой пайки до 1100 °С.



Рисунок 3 – Индуктор для пайки

Таблица 4 – Характеристика индуктора для пайки

Характеристика	Значение
Габариты индуктора $\varnothing$ внутренний $\times$ $\varnothing$ внешний $\times$ высота, мм	45 $\times$ 75 $\times$ 35
Вес индуктора, кг	0.3
Теплоизоляция	Асбестовый шнур, жидкое стекло
Рабочая температура индуктора, °С	1100

Так же имеются системы охлаждения преобразователя частоты (воздушная) и индуктора (водяная). Минимальный расход охлаждающей воды индуктора 3л/мин, давление 1,5 – 2 кг/см<sup>2</sup>, температура воды 10-35 °С.

Охлаждающая система может быть проточной или замкнутого типа с объемом жидкости не менее 1000 литров, в зависимости от интенсивности работы и условий охлаждения емкости.

### 1.3 Газовая защита при сварке и пайке

Основной функцией газовой защиты является защита расплавленного и нагретого до высокой температуры металла от воздействия окружающей атмосферы. При сварке на воздухе без защиты расплавленный металл интенсивно взаимодействует с кислородом и азотом воздуха. Количество поглощенных газов зависит от состава свариваемого металла и от условий сварки и составляет значительную величину.

При сварке в инертных или защитных газах эффективность защиты зависит, с одной стороны, от чистоты газа (по содержанию вредных примесей), а, с другой стороны, от характера газового потока [4].

Характер газового потока и его влияние на защиту металла от воздуха зависит от конструкции сопла сварочной головки, расхода газа, расстояния сопла от свариваемого металла, стабильность дуги, наличие сносящего потока воздуха и других факторов [4].

Размеры и форма сопла определяют характер истечения газа: форму и размеры ядра струи (чистого аргона), за пределами которого пограничный турбулентный слой; в нем аргон смешивается с воздухом. С удалением от среза сопла ядро потока сужается, а область перемешивания аргона с воздухом расширяется. Очевидно, что качественная, надежная защита может быть в том случае, когда защищаемая зона металла находится в границах ядра потока [4].

Большинство технологических процессов осуществляются в инертной или нейтральной среде, что позволяет повысить качество и уменьшить образование активных химических веществ в зоне нагрева.

Поскольку имеющаяся установка СЭЛТ предназначена для нагрева на воздухе, целесообразно разработать для нее систему газовой защиты для выполнения нагрева в инертных и нейтральных средах.

#### 1.4 Задачи бакалаврской работы

В распоряжении кафедры имеется высокочастотная установка индукционного нагрева СЭЛТ-001-15/44. Установка была приобретена для проведения как лабораторных, так и исследовательских работ, но некоторые задачи, с которыми приходится сталкиваться, не могут быть решены при помощи этой установки. А именно пайки малогабаритных изделий и плавке материалов, для которых необходима газовая защита. В качестве примера необходимости в разработке системы газовой защиты можно выделить обращение от организации по изготовлению молдингов с медно-никелевым покрытием. Предприятие предложило утилизировать металлическую стружку, отделенную от бракованных пластиковых изделий. Поскольку, в процессе переплава, металл с полимерными включениями окисляется, необходимо применять газовую защиту. Следовательно, задачами выпускной квалификационной работы является:

- 1) Разработка приспособления для пайки изделий малого сечения
- 2) Разработка системы газовой защиты
- 3) Разработка технологического процесса утилизации металлизированного пластика

2. Разработка приспособления для пайки изделий малого сечения.

Для пайки малогабаритных изделий в условии лаборатории было предложено разработать приспособление, представленное на чертеже 17БРСОМДиРП501002.

Приспособление предназначено для пайки изделий с сечением менее  $8 \times 8$  мм. При пайке таких изделий мощность установки автоматически снижается, что приводит к снижению температуры нагрева, которой становится недостаточно для завершения процесса.

Приспособление представляет собой платформу с двумя опорами (рисунок 2), выполненными из стали 12Х18Н10Т. Платформа с размерами 110x30x10 мм имеет вырез, который служит для того, чтобы при пайке двух изделий не припаять их к платформе. Неподвижная опора крепится к торцу платформы двумя винтами М4x20 (ГОСТ 1491-80) . Подвижная опора крепится по бокам платформы с помощью шпильки М4x50 (ГОСТ 22042-76) через сквозное отверстие, которая затягивается болтами.

Так же к приспособлению прилагаются съемные пластины с толщиной от 1 до 3 мм, которые позволяют паять изделия с разными толщинами. При необходимости, для фиксации пластин и паяемых изделий используются скобы.

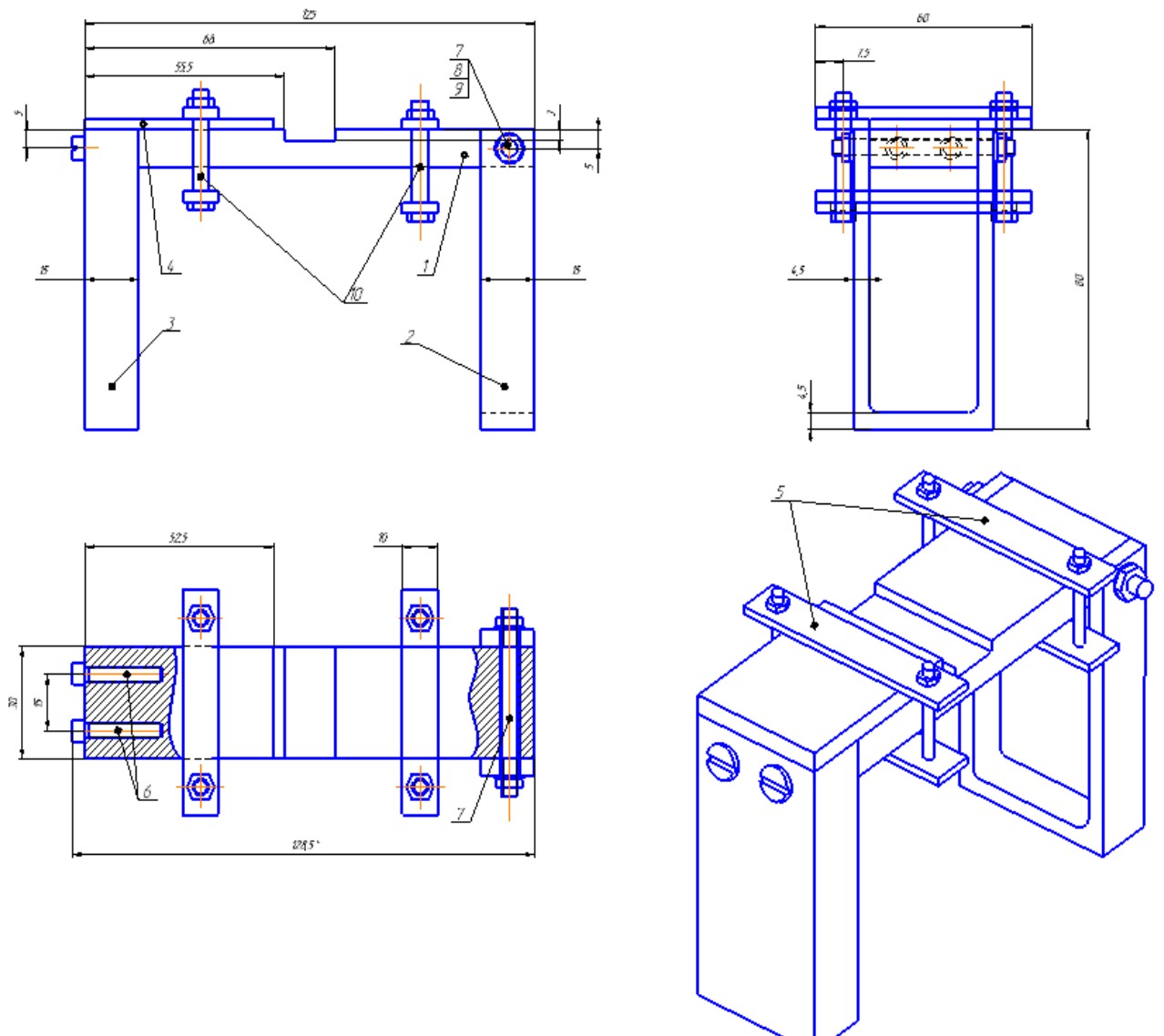


Рисунок 4 – Приспособление для пайки изделий с нахлесточным соединением

### 3. Разработка системы газовой защиты

Индукционная установка предназначена для нагрева изделий на воздухе, но в процессе работ и исследований появляется необходимость использовать газовую защиту для различных технологических процессов. Поэтому было предложено разработать систему газовой защиты как для индуктора, предназначенного для пайки изделий, так и для индуктора для плавления.

Система газовой защиты индуктора для пайки представляет собой короб с размерами 300x150x100 мм с тремя опорами. Стенки короба выполнены из текстолита марки А (текстолит электротехнический) с толщиной 2 мм. Одна из боковых стенок имеет пазы для токоподводов. В центре фронтальной стенки расположен штуцер зафиксированный с помощью герметика, через который будет происходить подача аргона. Стенки короба склеены между собой с помощью эпоксидного клея, компоненты которого обладают высокой теплостойкостью. Помимо этого клеевой шов хорошо переносит атмосферное воздействие. Стержневые опоры диаметром 15 мм так же выполнены из текстолита и склеиваются с нижней стенкой короба с помощью эпоксидного клея.

Система газовой защиты индуктора для плавки не сильно отличается от системы защиты индуктора для пайки. Размеры короба составляют 180x180x50мм. На боковой стенке так же имеются пазы для токоподводов. Штуцер расположен на нижней стенке короба. Поскольку аргон тяжелее воздуха, при подаче газа, он будет вытеснять воздух, и зона плавления будет защищена.



#### 4. Разработка технологического процесса утилизации отходов металлизированного пластика.

Предприятие по производству молдингов с медно-никелевым покрытием обратилось с предложением утилизации металлической стружки, отделенной от бракованных пластиковых изделий. Поскольку в процессе переплава, расплавленный металл окисляется, было решено разработать технологический процесс по утилизации медно-никелевой стружки с полимерными включениями на модернизированной установке СЭЛТ.

При плавлении медно-никелевой стружки на воздухе металл окисляется, поэтому появляется необходимость плавить стружку с применением газовой защиты.

Технологический процесс состоит из следующих операций:

- 1) Подготовка медно-никелевой стружки к нагреву
- 2) Нагрев стружки с полимерными включениями до температуры сгорания пластика
- 3) Сплавление стружки в цельные слитки

##### 4.1 Подготовка медно-никелевой стружки к нагреву.

Прежде всего, необходимо засыпать медно-никелевую стружку в корундовый тигель и поместить его в индуктор для плавки (рисунок 5). Корундовые тигли выдерживают воздействие высоких температур и обладают хорошей устойчивостью к агрессивным средам.

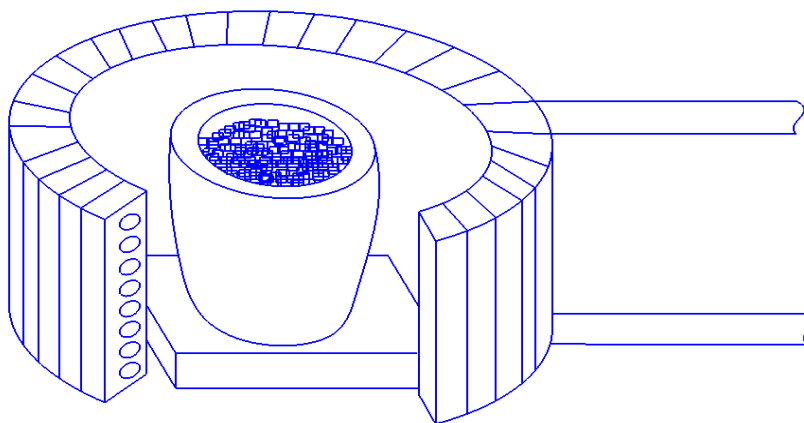


Рисунок 5 - Подготовка медно-никелевой стружки к нагреву

#### 4.2 Нагрев стружки с полимерными включениями до температуры сгорания пластика.

После помещения тигля со стружкой в индуктор, включаем индукционную установку СЭЛТ (рисунок 6) и производим нагрев в автоматическом режиме по температуре со следующими параметрами:  $T = 300^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{\text{наг.}} = 600^{\circ}\text{C}/\text{мин.}$ ,  $t_{\text{выд.}} = 60\text{с.}$ ,  $V_{\text{охл.}} = 100^{\circ}\text{C}/\text{мин.}$ ,  $t_{\text{охл.}} = 30\text{с.}$  Нагрев медно-никелевой стружки до температуры  $300^{\circ}\text{C}$  необходим для удаления полимерных включений. Погрешность пирометра DT-8858 при температуре от 200 до  $600^{\circ}\text{C}$  составляет  $\pm 2\% \pm 2^{\circ}\text{C}$ , поэтому допустимое отклонение температуры при нагреве  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ .

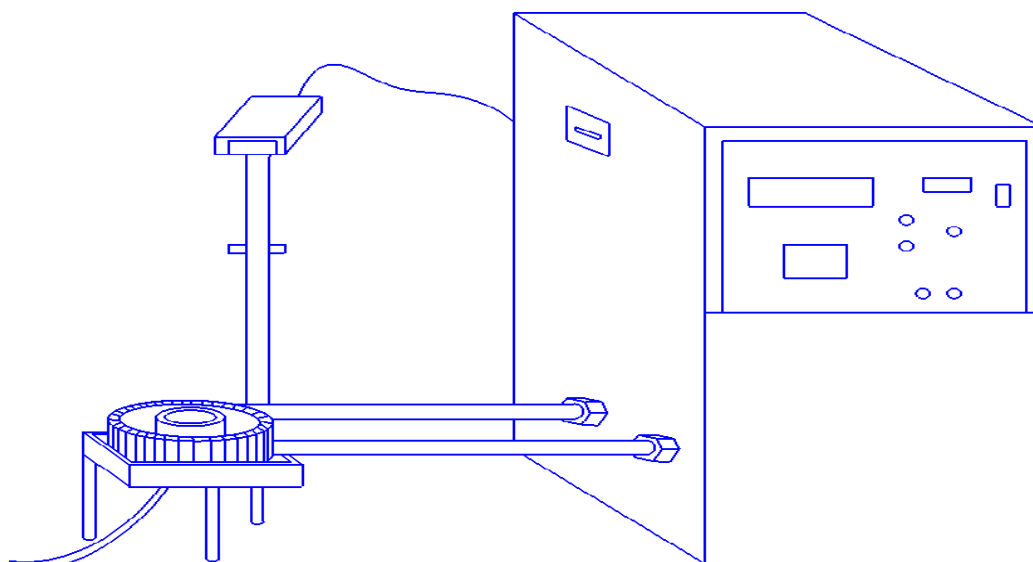


Рисунок 6 – Установка индукционного нагрева СЭЛТ-001-15/44

#### 4.3 Сплавление медно-никелевой стружки в цельные слитки

Перед нагревом следует подать аргон с расходом газа 5 л/мин. в течении 60 с. для вытеснения воздуха из зоны плавления металла. Все это происходит в специальной системе газовой защиты разработанной предварительно. Далее необходимо произвести нагрев в автоматическом режиме по температуре со следующими параметрами:  $T = 1250^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{\text{наг.}} = 600^{\circ}\text{C}/\text{мин.}$ ,  $t_{\text{выд.}} = 30\text{с.}$ ,  $V_{\text{охл.}} = 100^{\circ}\text{C}/\text{мин.}$  Температура нагрева определяется по диаграмме состояния медь-никель (рисунок 3) .

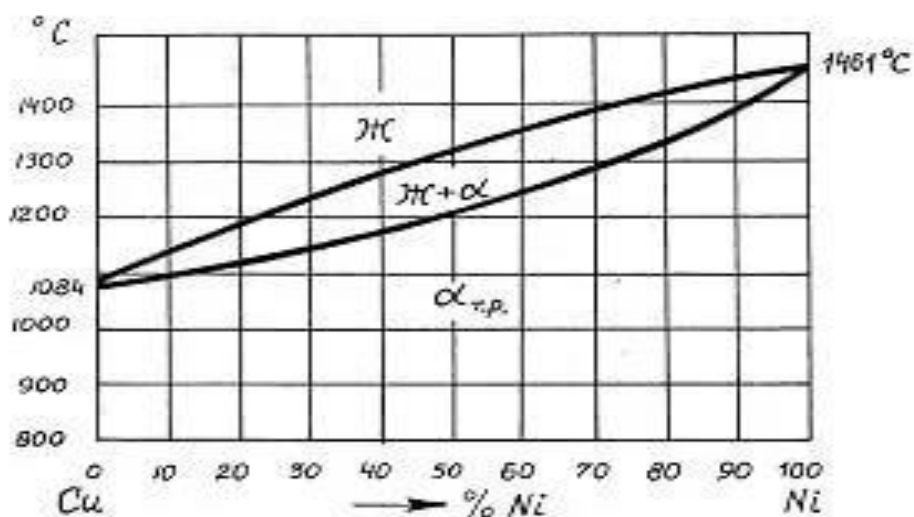


Рисунок 7 – Диаграмма состояния Cu-Ni

Погрешность пирометра DT-8858 при температуре от 600 до 1300°C составляет  $\pm 3.5\% \pm 5^\circ\text{C}$ , к этой погрешности так же можно добавить погрешность определения температуры плавления по диаграмме состояния медь-никель. В конечном итоге допустимая погрешность температуры составляет  $\pm 70^\circ\text{C}$ . После выдержки 30 с. охлаждаем металл с подачей аргона в течении 60 с. для предотвращения его окисления. Далее вынимаем тигель со слитком с помощью щипцов, достаем слиток и оставляем остывать на воздухе.

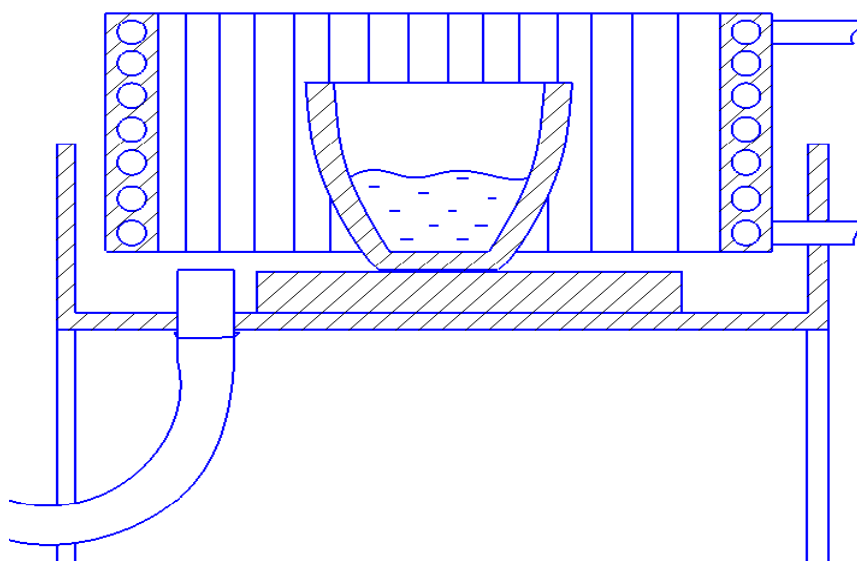


Рисунок 8 – Сплавление медно-никелевой стружки в цельные слитки

## 5. Безопасность и экологичность технологического объекта

### 5.1 Технологическая характеристика объекта

Технологический процесс утилизации отходов металлизированного пластика предусматривает следующие операции:

Подготовка к нагреву

Нагрев

Плавление

Эти операции осуществляются на участке, который содержит следующее технологическое оборудование и материалы:

Высокочастотная установка индукционного нагрева

Инертный газ – аргон

Технологический процесс утилизации отходов металлизированного пластика связан с разными опасностями, вызванными различными причинами, которые могут привести к временной или полной нетрудоспособности человека, в зависимости от стечения обстоятельств или интенсивности воздействия.

Таблица 5 – Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологическая операция , вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование , техническое устройство, приспособлен ие	Материалы, вещества
1.	Подготовка к нагреву	Плавщик	Индукционная установка СЭЛТ-001- 15/44	-

## Продолжение таблицы 5

2.	Нагрев	Плавщик	Индукционная установка СЭЛТ-001-15/44	-
3.	Плавление	Плавщик	Индукционная установка СЭЛТ-001-15/44	Аргон

## 5.2 Идентификация персональных рисков

Таблица 6 - Идентификация персональных рисков

№п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
1.	Подготовка к нагреву	Острые кромки инструмента и оборудования	Установка индукционного нагрева СЭЛТ-001-15/44

Продолжение таблицы 6

2.	Нагрев	Острые кромки инструмента и оборудования, высокое напряжение в электросети, электромагнитное излучение, повышенная температура оборудования	Установка индукционного нагрева СЭЛТ-001-15/44
3.	Плавление	Острые кромки инструмента и оборудования, высокое напряжение в электросети, электромагнитное излучение, повышенная температура оборудования и материалов, поступление в воздух рабочей зоны паров газа	Установка индукционного нагрева СЭЛТ-001-15/44 Аргон

Таблица 7 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, устранения опасного и вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1.	Острые кромки инструмента и оборудования	Инструктаж по технике безопасности	Перчатки
2.	Высокое напряжение в электросети	Заземление оборудования, контроль изоляции	-
3.	Повышенная температура оборудования и материалов	Инструктаж по технике безопасности	Перчатки
4	Поступление в воздух рабочей зоны паров газа	Инструктаж по технике безопасности	Респиратор

## 5.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 8 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Огнетушитель, короб с песком, кошма	Автомобиль пожарной службы	Установка водяного тушения	Системы передачи извещений	Пожарные краны, пожарные рукава	План эвакуации	Лопата, топор, багор	Кнопка пожарной тревоги, телефон начальника участка

Таблица 9 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Высокочастотная установка индукционного нагрева	Пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и	Пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей	Вынос высокого электрического напряжения на токоподводящие части
	материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и	технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и другого



## Продолжение таблицы 9

		термического разложения, пониженная концентрация кислорода, низкая видимость в дыму	имущества, термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей при пожаре
--	--	---	---

Таблица 10 – Организационные (организационно – технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования, технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Плавка металлической стружки	Обучение рабочих и служащих правилам пожарной безопасности, применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности, проведение учений с производственным персоналом по поводу пожарной безопасности	На участке необходимо иметь средства пожаротушения, индивидуальные средства защиты, местная вентиляция

Таблица 11 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технологического процесса	Структурные составляющие технологического процесса	Воздействие технического объекта на атмосферу	Воздействие технического объекта на гидросферу	Воздействие технического объекта на литосферу
Плавка металлической стружки	Подготовка, нагрев, плавка	Газообразные вещества	-	Упаковка от стружки

Таблица 12 – Разработанные организационно – технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Плавка металла
Мероприятие по снижению негативных антропогенных воздействий на литосферу	Установка контейнеров для производственных отходов
Мероприятие по снижению негативных антропогенных воздействий на атмосферу	Устанавливать очистное оборудование для улавливания загрязняющих веществ, осуществлять посадку зеленых насаждений, создавать санитарно-защитные зоны вокруг промышленных предприятий

#### 5.5 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В ходе выполнения данного раздела были выявлены опасные и вредные производственные факторы при утилизации металлизированного пластика.

Сделан анализ возможности их устранения и уменьшения, который показал, что использование стандартных средств обеспечения безопасности и санитарии производства обеспечит безопасность сотрудника при реализации предложенных решений.

## 6. Техничко-экономическое обоснование рентабельности переработки медно-никелевой стружки.

В разделе представлен расчет технологических, цеховых и производственных расходов при переработке медно-никелевой стружки путем сплавления в слитки с дальнейшей перепродажей.

Таблица 13 - Исходные данные для выполнения расчетов

№	Наименование показателей	Ед.изм.	Стоимость
1	Часовая тарифная ставка	р/час	23,5
2	Отчисления на социальные нужды	%	26,2
3	Норма амортизации на оборудование	%	24
4	Норма амортизационных отчислений на здания	%	3
5	Норма расхода воды	м <sup>3</sup> /ч	1
6	Норма расхода газа	л/мин	6
7	Стоимость 1м <sup>3</sup> воды для охлаждения установки	руб.	17.5
8	Стоимость 1 кВтч электроэнергии	руб.	6.5
9	Стоимость 1м <sup>2</sup> площади здания цеха	руб.	3000
10	Площадь, занимаемая оборудованием	м <sup>2</sup>	3
11	Стоимость 1м <sup>3</sup> аргона	руб.	92
12	Стоимость индукционной установки	руб.	700000

## 3.1 Расчет заработной платы рабочих

## 3.2

Фонд заработной платы основных производственных рабочих состоит из основной и дополнительной заработной платы.

а) «Основная заработная плата основных производственных рабочих:

$$ЗПЛ_{\text{осн.}} = \sum C_{\text{ч}} \cdot t_{\text{шт}} \cdot k_{\text{зпл}}$$

где  $C_{\text{ч}}$  – часовая тарифная ставка рабочего, руб./час;

$t_{\text{шт}}$  – время изготовления одного изделия;

$k_{\text{зпл}}$  – коэффициент начислений на основную заработную плату.»

$$ЗПЛ_{\text{осн.}} = 23,5 \cdot 0,43 \cdot 1,83 = 18,49 \text{ руб.}$$

$$\ll k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot k_{\text{у}} \cdot k_{\text{пф}} \cdot k_{\text{н}}$$

где  $k_{\text{пр}} = 1,25$  – коэффициент премирования;

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

$k_{\text{у}} = 1,1$  – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{\text{пф}} = 1,067$  – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_{\text{н}} = 1,133$  – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены »

$$k_{\text{зпл}} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,067 \cdot 1,133 = 1,83$$

б) «Дополнительная заработная плата:

$$ЗПЛ_{\text{доп.}} = \frac{k_{\text{д}}}{100} \cdot ЗПЛ_{\text{осн.}}$$

где  $k_{\text{д}}$  – коэффициент соотношения между основной и дополнительной заработной платой = 14% »

$$ЗПЛ_{\text{доп.}} = \frac{14}{100} \cdot 18,49 = 2,59 \text{ руб.}$$

в) « Отчисления на социальные нужды:

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

где  $N_{\text{соц.}}$  – норма отчислений на социальные нужды = 26,2% »

$$O_{\text{с.н.}} = \frac{26,2 \cdot 21,08}{100} = 4,93 \text{ руб.}$$

### 3.2 Затраты на электроэнергию

«Затраты на электроэнергию при сварке рассчитываются исходя из полезной мощности оборудования

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{P_{\text{об.}} \cdot t_0}{\eta \cdot 60} \cdot \text{Ц}_{\text{э-э}} = \frac{15 \cdot 2}{0,98 \cdot 60} \cdot 6,5 = 3,32 \text{ руб.}$$

где  $P_{\text{об}} = I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}} = 600 \cdot 25 = 15$ - полезная мощность оборудования **КВт**;

$t_0$  – основное время работы индукционной установки при изготовлении одного изделия (мин);

$\eta$  - коэффициент полезного действия оборудования

$I_{\text{св}}$  - сила сварочного тока, А;

$U_{\text{д}}$  – напряжение на дуге, В.

$\text{Ц}_{\text{э-э}}$  - цена коммерческой электроэнергии за 1 КВт/ч»

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{15 \cdot 2}{0,98 \cdot 60} \cdot 6,5 = 3,32 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{об}} = 600 \cdot 25 = 15 \text{ КВт}$$

### 3.3 Затраты на техническую воду для охлаждения

$$\ll Z_{\text{в.тех.}} = N_{\text{в.тех.}} \cdot \text{Ц}_{\text{в.тех.}} \cdot t_{\text{в}}$$

$t_{\text{в}}$  – время подачи воды для охлаждения установки при изготовлении одного изделия (час);

где  $N_{\text{в}}$  – норма расхода воды на одно изделие, м<sup>3</sup>/час;

$\text{Ц}_{\text{в}}$  – стоимость 1 м<sup>3</sup> воды, руб.»

$$Z_{\text{в.тех.}} = 1 \cdot 17,5 \cdot 0,1 = 1,75 \text{ руб.}$$

### 3.4 Затраты на защитный газ

$$\ll Z_{\text{з.г.}} = N_{\text{з.г.}} \cdot \text{Ц}_{\text{з.г.}} \cdot t_2 = 6 \cdot 92 \cdot 7 \cdot 10^{-3} = 3,86 \text{ руб.}$$

где  $N_{з.г.}$  - норма расхода защитного газа, литр/мин;

$Ц_{з.г.}$  - цена защитного газа, руб./м<sup>3</sup>.

$t_T$  – время подачи газа при изготовлении одного изделия, мин.»

$$З_{з.г.} = 6 \cdot 92 \cdot 7 \cdot 10^{-3} = 3.86 \text{ руб.}$$

### 3.5 Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования

$$\llcorner Z_{об.} = A_{об.} + P_{т.р.} + Z_{в.тех.} + Z_{газ}$$

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

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

$Z_{в.тех.}$  - затраты на воду техническую

$Z_{сж.возд.}$  - затраты на сжатый воздух»

$$Z_{об.} = 1.38 + 2.21 + 1.75 + 3.86 = 9.2 \text{ руб.}$$

а) «Амортизационные отчисления на оборудование:

$$A_{об.} = \frac{\Sigma Ц_{об.} \cdot N_a_{об.} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф.} \cdot 100 \cdot k_{в.н}}$$

где  $\Sigma Ц_{об.}$  – суммарная цена технологического оборудования, руб.;

$N_a$  – норма амортизационных отчислений на технологическое оборудование;  $k_{в.н.}$  – коэффициент выполнения норм = 1,1;»

$$A_{об.} = \frac{700000 \cdot 24 \cdot 0.033}{3654,72 \cdot 100 \cdot 1,1} = 1.38 \text{ руб.}$$

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

$$\Phi_{эф.} = (D_{раб.} \cdot T_{см.} - D_{пред.} \cdot T_{сокр.}) \cdot S \cdot (1 - k_{р.п.})$$

$$\Phi_{эф.} = 3654,72$$

где  $D_{раб.}$  – количество рабочих дней в году;

$D_{пред.}$  – количество предпраздничных дней в году;

$T_{\text{см.}}$  – продолжительность рабочей смены, час;

$T_{\text{сокр.}}$  – сокращенная рабочая смена ( $T_{\text{см.}} - 1$ ), час.

$S$  – количество рабочих смен;»

б) «Затраты на текущий ремонт оборудования:

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

$$P_{\text{т.р.}} = \frac{700000 \cdot 35 \cdot 0,033}{3654,72 \cdot 100} = 2,21 \text{ руб.}$$

где  $N_{\text{т.р.}}$  – норма отчислений на текущий ремонт оборудования,  $\approx 35\%$ ;

$k_3$  – коэффициент загрузки оборудования »

$$P_{\text{т.р.}} = \frac{700000 \cdot 35 \cdot 0,033}{3654,72 \cdot 100} = 2,21 \text{ руб.}$$

в) «Затраты на амортизацию занимаемой под оборудование площади:

$$Z_{\text{пл.}} = \frac{S_{\text{пл.}} \cdot \Pi_{\text{пл.}} \cdot N_{\text{а пл.}} \cdot k_{\text{д.пл.}} \cdot k_3}{100 \cdot N_{\Gamma}}$$

где  $S_{\text{пл.}}$  – площадь, занимаемая оборудованием,  $\text{м}^2$ ;

$\Pi_{\text{пл.}}$  – цена 1  $\text{м}^2$  занимаемой производственной площади;

$N_{\text{а пл.}}$  – норма амортизационных отчислений на производственные здания;

$N_{\Gamma}$  – годовая программа выпуска изделий;

$k_{\text{доп.пл.}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь »

$$Z_{\text{пл.}} = \frac{3 \cdot 3000 \cdot 3 \cdot 3,5 \cdot 0,033}{100 \cdot 3840} = 0,001 \text{ руб.}$$

### 3.6 Определение себестоимости изделия

а) «Определение технологической себестоимости изготовления изделия:

$$C_{\text{тех.}} = Z_{\text{э-э}} + Z_{\text{об.}} + Z_{\text{пл.}} + \Phi З П + O_{\text{с.н.}}$$

$$C_{\text{тех.}} = 3.32 + 9.2 + 0.001 + 21.08 + 4.93 = 38,53 \text{ руб.}$$

б) «Определение цеховой себестоимости:

$$C_{\text{цех.}} = C_{\text{тех.}} + P_{\text{цех.}}$$

где  $P_{\text{цех.}}$  - общепроизводственные (цеховые) расходы, руб.»

$$C_{\text{цех.}} = 38,53 + 46,23 = 84,76 \text{ руб.}$$

$$\llcorner P_{\text{цех.}} = k_{\text{цех.}} \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{осн.}}$$

где  $k_{\text{цех.}}$  - коэффициент общепроизводственных расходов.»

$$P_{\text{цех.}} = 2,5 \cdot 18,49 = 46,23 \text{ руб.}$$

в) «Определение заводской себестоимости:

$$C_{\text{произв.}} = C_{\text{цех.}} + P_{\text{произв.}}$$

где  $P_{\text{произв.}}$  - общезаводские (общехозяйственные) расходы, руб.»

$$C_{\text{произв.}} = 84,76 + 33,3 = 118,06 \text{ руб.}$$

$$\llcorner P_{\text{произв.}} = k_{\text{произв.}} \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{осн.}}$$

где  $k_{\text{произв.}}$  - коэффициент общехозяйственных расходов.»

$$P_{\text{произв.}} = 1,8 \cdot 18,49 = 33,3 \text{ руб.}$$

г) «Определение полной себестоимости:

$$C_{\text{полн.}} = C_{\text{произв.}} + P_{\text{вн.}}$$

где  $P_{\text{вн.}}$  - сумма внепроизводственных расходов, руб.

$$C_{\text{полн.}} = 118,06 + 5,9 = 123,96 \text{ руб.}$$

«Внепроизводственные расходы – это расходы, связанные с реализацией изготовленной продукции.

$$P_{\text{вн.}} = k_{\text{вн.}} \cdot C_{\text{произв.}}$$

где  $k_{\text{вн.}}$  - коэффициент внепроизводственных расходов.»

$$P_{\text{вн.}} = 0,05 \cdot 118,06 = 5,9 \text{ руб.}$$



### 3.7 Калькуляция себестоимости изделия

На основании произведенных расчетов составляем калькуляцию себестоимости изделия.

Калькуляция – это документ, в котором оформляется расчет себестоимости единицы продукции, она выражает текущие затраты предприятия в денежной форме на производство и реализацию единицы конкретного вида изделия.

Таблица 14 – Калькуляция себестоимости изделия

Наименование статей затрат	Условные обозначения	Величина затрат, руб.
Затраты на электрическую энергию	$Z_{э-э}$	3.32
Затраты на воду техническую	$Z_{в.тех.}$	1.75
Затраты на защитный газ	$Z_{з.г.}$	3.86
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	$Z_{об.}$	9.2
Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей	$Z_{плоч.}$	0,001
Затраты на заработную плату основных производственных рабочих (ФЗП)	ФЗП	21.08
Отчисления на социальные нужды	$O_{с.н.}$	4.93
<b>Технологическая себестоимость</b>	$C_{тех.}$	38.53
Общепроизводственные (цеховые) расходы	$P_{цех.}$	46.23
<b>Цеховая себестоимость</b>	$C_{цех.}$	84.76
Общехозяйственные (общезаводские) расходы	$P_{произв.}$	33.3
<b>Производственная себестоимость</b>	$C_{произв.}$	118,06
Внепроизводственные расходы	$P_{вн.}$	5.9
<b>Полная себестоимость</b>	$C_{полн.}$	123.96

### 3.8 Заключение по разделу «Технико-экономическое обоснование рентабельности переработки медно-никелевой стружки.»

Для того чтобы переработка медно-никелевой стружки была рентабельной необходимо повысить стоимость ее продажи после переработки не менее чем на 123.96 рубля.

## Заключение

По итогам бакалаврской работы можно сделать следующие выводы и рекомендации:

Выводы:

- 1) Предложенная конструкция приспособления для пайки изделий малого сечения позволит упростить процесс и сделать его более практичным.
- 2) Предложенная конструкция систем газовой защиты позволит применять установку индукционного нагрева для различных технологических процессов требующих газовой защиты.
- 3) Разработанный технологический процесс не требует использования сложного и дорогостоящего оборудования и может быть реализован в условиях малого предприятия.

Рекомендации:

- 1) Предлагаемые технические разработки требуют экспериментальной проверки.
- 2) Работу возможно продолжить в рамках магистерской подготовки.

## Список использованных источников

1. Сидоренко В.Д. Применение индукционного нагрева в машиностроении. — Л.: Машиностроение, 1980. — 231 с.
2. Лозинский М. Г. Промышленное применение индукционного нагрева. — М.: Изд-во АН СССР, 1948. — 471 с.
3. Слухоцкий А.Е. Установки индукционного нагрева: Учебное пособие для вузов / А.Е. Слухоцкий, В.С. Немков, Н.А. Павлов, А.В. Бамунэр — Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1981. — 328 с.
4. Ерохин А.А. Основы сварки плавлением. — М.: Машиностроение, 1973. — 448 с.
5. Данилов Н.И. Основы энергосбережения / Н.И. Данилов, Я.М. Щелоков, — Екатеринбург: Библиограф, 2006 — 170 с.
6. А.Е. Слухоцкий, С.Е. Рыскин Индукторы для индукционного нагрева. — Л.: Энергия. Ленинградское отделение, 1974. — 264 с.
7. Дриц М. Е., Абрикосов Н.Х. Двойные и многокомпонентные системы на основе меди. под ред. Шухардина С.В. Наука, 1979 г. . — 247 с.
8. Справочник по сварке, пайке, склейке и резке металлов и пластмасс / под ред. А. Ноймана, Е. Рихтера — М.: Металлургия, 1980. — 463 с.
9. Финкельштейн Д.Н. Инертные газы. М.: Наука, 1979, 180 с.
10. Головин Г.Ф., Зимин Н.В. Технология термической обработки металлов с применением индукционного нагрева. под. ред. А.Н. Шамова — 5-е изд., перераб. И доп. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990. — 87 с.
11. Донской А.В. Высокочастотные электротермические установки с ламповыми генераторами. — М.: Машиностроение, 1974. — 208 с.
12. Тир Л.Л, Фомин Н.И. Современные методы индукционной плавки. — М.: Энергия, 1975. 111 с.
13. Гордиенко А.И., Гурченко П.С., Михлюк А.И., Вегера И.И. Обработка изделий машиностроения с применением индукционного нагрева. Мн.: Беларуская навука, 2009. — 287 с.

14. Егоров А.Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ для бакалавриата и специалитета: учебно-методич. Пособие по выполнению дипломного проекта / А.Г. Егоров, Г.Н. Уполовникова, И.А. Живоглядова.-Тольятти.: ТГУ, 2011. —87 с.
15. Пайка металлов / Лашко Н. Ф., Лашко С.В. – М.: Машиностроение, 1977, 328 с.
16. Климов А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150 700.62 << Машиностроение>> /А.С.Климов. - Тольятти: ТГУ, 2014. — 52 с.
17. Краснопевцева И.В. Методическое пособие по выполнению экономической части дипломного проекта [Текст] / И.В. Краснопевцева — Тольятти, 2015, — 21с.
18. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» [Текст] уч. - метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина – Тольятти, 2016, - 36 с.
19. Куликов О.Н. Охрана труда при производстве сварочных работ: Учеб. пособие / О.Н. Куликов, Е.И. Ролин. – Граф МО. – М.: Академия, 2004. – 176 с.: ил. – (Проф. образование). – Библиогр.: 170 - 173 с. – ISBN 5 – 7695-1654-2: 88-93.
20. ГОСТ 12.1.033-81. ССБТ Пожарная безопасность. Термины и определения [Текст]. – Введ. 1982-01-07.-М.:Государственный комитет по стандартам, 1981-VII, 11 с.