Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.И. Демченко
«17» 06 2016г.

# ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

150202.65 - «Оборудование и технология сварочного производства»

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

Пояснительная записка

| | | | |
|---|---|---|---|
| Руководитель | 17.06.16 | ст. преподаватель | С.Л. Бусыгин |
| | подпись, дата | должность, ученая степень | инициалы, фамилия |
| Выпускник | 17.06.2016 | | И.Г. Балдин |
| | подпись, дата | | инициалы, фамилия |
| Рецензент | | доц. к.т.н. | |
| | подпись, дата | должность, ученая степень | инициалы, фамилия |
| Консультанты: Организационно-экономический раздел | 14.06.16 | ст. преп. | Е.Е. Качуровская |
| | подпись, дата | должность, ученая степень | инициалы, фамилия |
| Раздел безопасность и экологичность проекта | 16.06.16 | доцент к.т.н. | О.В. Чурбакова |
| | подпись, дата | должность, ученая степень | инициалы, фамилия |
| Нормоконтролер | 17.06.16 | ст. преподаватель | С.Л. Бусыгин |
| | подпись, дата | должность, ученая степень | инициалы, фамилия |

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.И. Демченко
«12» 06 2016г.

**ЗАДАНИЕ**
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**
**В ФОРМЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

Студенту Балдину И.Г.
Группа ЗМТ 10-05 Направление (специальность) 150202.65 - «Оборудование и технология сварочного производства»
Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка технологии и технологической оснастки для изготовления электродов контактной сварки»
Утверждена приказом по университету № 4280/с от 29.03.2016
Руководитель ВКР: С.Л. Бусыгин, ПИ СФУ, Старший преподаватель .
(инициалы, фамилия, место работы и должность)
Исходные данные для ВКР: 1. Чертеж изделия; 2. Программа выпуска; 3. Технические условия на изготовление
Перечень рассматриваемых вопросов (разделов ВКР):

1. Литературно-патентный обзор
2. Технологическая часть
3. Расчетно-конструкторская часть
4. Организационно-экономическая часть
5. Безопасность и экологичность проекта

Перечень графического или иллюстрированного материала с указанием основных чертежей, плакатов:

1. Установка (2А2х4);
2. Технологический лист (А1);
3. Разливочный узел (А1);
4. Оснастка (А2);
5. Механизм перемещения оснастки (А2);
6. Калибровка электродов (А1);
7. Охладитель (А3);
8. Пневмосхема (А3);
9. Технико – экономические показатели (А1).

Консультанты по разделам

| Наименование раздела ВКР | Инициалы, фамилия преподавателя-консультанта по разделу |
|---|---|
| Организационно-экономический раздел | Е.Е. Качуровская |
| Раздел безопасности жизнедеятельности и экологичности проекта | О.В. Чурбакова |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | *ДП – 150202.65 – 0803931 ПЗ* | |
| Разраб. | Балдин И.Г. | | 17.06 | Разработка технологии и технологической оснастки для изготовления электродов контактной сварки | | Лист 2 | Листов 92 |
| Пров. | Бусыгин С.Л. | | 17.06 | | | | |
| Н. контр. | Бусыгин С.Л. | | 17.06 | | | Каф. «Машиностроение» | |
| Утв. | Демченко А.И. | | 17.06 | | | | |

**КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК**
выполнения этапов ВКР

| № этапа | Срок | Текстовая часть | Графическая часть |
|---|---|---|---|
| 1 | с 08.03.2016 | ТЧП - 50 % | лист № 1 |
| | по 15.03.2016 | | |
| | | | |
| | | | |
| 2 | с 16.03.2016 | КЧП – 50 % | лист № 2 |
| | по 31.03.2016 | ТЧП – 40 % | лист № 3 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| 3 | с 01.04.2016 | КЧП – 50 % | лист № 4 |
| | по 15.04.2016 | Б и ЭП – 40 % | лист № 5 |
| | | ОЭЧ – 25 % | |
| | | ТЧП – 10 % | |
| | | | |
| 4 | с 16.04.2016 | Б и ЭП –40 % | лист № 6 |
| | по 30.04.2016 | ОЭЧ – 25 % | лист № 7 |
| | | | лист № 8 |
| | | | |
| 5 | с 01.05.2016 | ОЭЧ – 50 % | |
| | по 25.05.2016 | | лист №9 |
| | | | |
| Всего | на 25.05.2016 | 100% по разделам | 100% |

ТЧП – технологическая часть
КЧП – конструкторская часть
Б и ЭП – безопасность и экологичность проекта
ОЭЧ – организационно-экономическая часть

Руководитель выпускной
квалификационной работы _____ С.Л. Бусыгин
(подпись, дата)

Задание принял к исполнению _____ И.Г. Балдин
(подпись, дата)

# РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа в форме дипломного проекта по теме: «Разработка технологии и технологической оснастки для изготовления электродов контактной сварки» содержит 16 таблиц, 21 иллюстрацию и 92 страницы печатного текста, количество использованных литературных источников 57, графическая часть проекта составляет 9 листов формата А1.

В квалификационной работе разработана технология и технологическая оснастка для изготовления электродов контактной сварки. Выбрано и спроектированно оборудование, необходимое для осуществления данного технологического процесса, обеспечивающее высокую производительность труда. В организационно-экономическом разделе проанализированны в сравнении технико-экономические показатели базового и проетируемого варианта. В разделе техника безопасности и охрана труда раскрыты вопросы по созданию на проектируемом участке нормальных условий труда.

## СОДЕРЖАНИЕ


ВВЕДЕНИЕ ..... 7
1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР ..... 9
1.1 Выписки из реферативных журналов ..... 10
1.2 Стойкость электродов ..... 13
1.3 Выбор материала для электродов контактных машин ..... 16
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ..... 26
2.1 Технические требования, предъявляемые к электродам контактных машин ..... 27
2.2 Требования к материалам электродов контактных машин ..... 27
2.3 Маркировка ..... 27
2.4 Упаковка электродов ..... 27
2.5 Правила приемки ..... 28
2.6 Методы контроля ..... 28
2.7 Транспортирование и хранение ..... 28
2.8 Условия эксплуатации ..... 28
2.9 Основные типы электродов ..... 29
2.10 Технология восстановления электродов контактной сварки методом горячей штамповки ..... 30
2.10.1 Краткий технологический процесс восстановления электродов методом горячей штамповки ..... 30
2.10.2 Расплавление электродного сплава и применяемые лигатуры ..... 31
2.10.3 Подогрев матрицы ..... 35
2.10.4 Подготовка матрицы и пуансона ..... 35
2.10.5 Процесс работы установки при заполнении матрицы горячим металлом и последующей штамповке ..... 36
2.10.6 Термообработка электродов ..... 37
2.10.7 Калибровка электродов ..... 38
2.10.8 Очистка электродов ..... 38
2.11 Применяемое оборудование ..... 39
2.12 Получение опытной партии восстановленных образцов электродов ..... 45
2.13 Испытания электродов ..... 48
3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ ..... 51
3.1 Назначение и условия эксплуатации электродов контактных машин ..... 52
3.2 Устройство для изготовления электродов контактных машин ..... 53
3.3 Оборудование необходимое для изготовления электродов ..... 55
3.4 Расчетная часть ..... 59
3.4.1 Определение массы падающих частей кривошипного пресса ..... 59
3.4.2 Расчет печи для подогрева матрицы ..... 60

3.4.3 Расчет механизма для калибровки конусной части электродов ... 61
4. ОРГАНИЗАЦИОННО ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ... 65
4.1 Расчёт норм времени и фондов времени оборудования и рабочих ... 66
4.2 Расчет потребности в оборудовании и количестве рабочих ... 67
4.3 Расчет капитальных вложений ... 67
4.4 Расчет текущих затрат ... 68
4.5 Расчет технико-экономических показателей ... 70
5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА ... 73
5.1 Общая характеристика проектируемого объекта ... 74
5.2 Объемно-планировочное решение здания проектируемого цеха ... 74
5.3 Производственная санитария ... 75
5.3.1 Микроклимат производственного помещения ... 75
5.3.2 Освещение ... 76
5.3.3 Хозяйственно - питьевое водоснабжение ... 77
5.3.4 Выделение вредных веществ ... 78
5.3.5 Шум, инфразвук, ультразвук ... 80
5.4 Анализ и устранение потенциальных опасностей и вредностей технологического процесса ... 80
5.4.1 Опасность поражения электрическим током ... 80
5.4.2 Опасность травмирования движущимися частями ... 82
5.4.3 Вибрация ... 83
5.5 Анализ и мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций ... 83
5.5.1 Предотвращение аварий технологического оборудования ... 83
5.5.2 Обеспечение взрывопожарной безопасности ... 84
5.5.3 Обеспечение устойчивости объекта ... 84
5.6 Экологичность проекта ... 84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ... 88
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ... 89
ПРИЛОЖЕНИЕ ... 92

# ВВЕДЕНИЕ

Сварка является одним из основных технологических процессов в машиностроении и строительстве. Трудно представить отрасль народного хозяйства, где бы ни применялась сварка.

Сварка позволила внести коренные изменения в технологию производства, создать принципиально новые конструкции машин и аппаратов.

Особое применение в машиностроении получила контактная сварка. Контактная сварка – это процесс образования неразъёмных соединений металлов в результате их кратковременного нагрева электрическим током и пластического деформирования усилием сжатия.

Соединения свариваемых деталей происходит путем образования связей между атомными агрегатами в зоне контакта этих деталей. При этом для образования физического контакта и активации соединяемых поверхностей затрачивается тепловая и механическая энергия, подводимая извне.

Точечная сварка – способ контактной сварки, при которой детали свариваются по отдельным ограниченным участкам касания (по ряду точек). При точечной сварке детали собирают внахлёстку, сжимают усилием F электродами, к которым подключён источник электрической энергии (например, сварочный трансформатор). Детали нагреваются при кратко временном прохождении сварочного тока I для образования зоны взаимного расплавления деталей, называемой ядром. Нагрев зоны сварки сопровождается пластической деформацией металла в зоне контакта деталей (вокруг ядра), где образуется уплотняющийся поясок, надежно предохраняющий жидкий металл от выплеска и от окружающего воздуха. Поэтому специальной защиты зоны сварки не требуется. После выключения тока металл ядра быстро кристаллизуется, и образуются металлические связи между соединяемыми деталями. Таким образом, образование соединения при точечной сварке происходит с расплавленным металлом.

Нагрев при точечной сварке проводят импульсами переменного тока промышленной частоты 50 Гц, а также импульсами постоянного или униполярного тока. По способу подвода тока к свариваемым деталям различают двустороннюю и одностороннюю сварку.

Чаще всего за цикл сварки получают одну и реже две точки. Иногда при точечной сварке применяют комбинированные соединения (клеесварные и сварно – паянные). Клей и припой вводят под нахлестку для повышения прочности и коррозионной стойкости соединений.

Основным рабочим инструментом является электрод. При достаточном объёме сварки и особенно в массовом производстве расходуется большое количество электродов и роликов. Поэтому их изготовление может быть сопряжено со значительными затратами труда и металла, существенно влияющим на себестоимость процесса сварки. В связи с этим очень важно

выбрать наиболее рациональную технологию изготовления в зависимости от металла, конструкции, размеров и расхода электродов. Учитывая, что от электродов в большей степени зависит качество и надежность сварных соединений, нельзя рассматривать изготовление электродов как малоответственную и простую операцию, поручая её выполнение рабочим низкой квалификации и используя для этого малопригодное или изношенное оборудование.

На большинстве предприятий прямые электроды вытачиваются из прутков, обычно поступающих с металлургического завода в термически необработанном (для дисперсионно-упрочняемых сплавов) или отожженном состоянии. Такой способ изготовления электродов нерационален вследствие больших отходов металла, так как в стружку при этом идёт до 30-40% медных сплавов.

При точечной сварке электрод изнашивается лишь на 20 %. Остальное идет в утиль. В данной дипломной работе разработана технология и технологическая оснастка для восстановления электродов контактной сварки, при котором изношенная часть электрода переплавляется, и используется вновь, для производства новых электродов.

# 1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Выписки из реферативных журналов

**5.63.332 п. Способ и устройство для подготовки электродов при точечной сварке.**

Предложен способ повышения износостойкости электродов (Э) из Cu и её сплавов, применяемых при контактной сварке Ме. Э устанавливается в электродержатель, соединенный с приводом, осуществляющим возвратно-поступательные движения Э в вертикальной плоскости. Тем самым осуществляется контакт рабочей плоскости Э со стальной пластиной, расположенной в нижней части устройства. Под воздействием многократных термических и механических нагрузок Ме пластины переходят на рабочую поверхность Э, и упрочняет её. Вертикальное перемещение Э к стальной пластине производится электромагнитным приводом. Нагрев Э в процессе обработки его рабочей поверхности достигается при замыкании его с поверхностью пластины и прохождении тока через контактируемые детали. Для повышения качества обрабатываемой поверхности к ней подводится инертный газ. Изменение структуры рабочей поверхности Э происходит в результате протекания диффузионных процессов между Ме Э и пластины, которые активизируются одновременным воздействием нагрева и деформации в процессе обработки. Способ отличается простотой, эффективностью и позволяет повысить качество новых Э.

**1.63.430 П. Способ изготовления рабочей части электродов для контактной сварки.**

Предложен способ изготовления рабочей части Э для контактной сварки, при котором с целью исключения образования трещин во время сварки и повышения стойкости Э материал рабочей части Э имеет волокнистую исходную структуру с $Al_2O_3$ и небольшим количеством диспергированного Cu-сплава. Затем структура изменяется на зернистую методом холодной или горячей ковки. Полученный пруток с волокнистой структурой сначала нарезается, а затем формуется паз на рабочей поверхности Э методом холодной или горячей ковки, что приводит к образованию в этой зоне зернистой структуры за счёт разрушения волокон. При последующей обработке срезается наружная часть Э до полного удаления паза, дно которого образует рабочую поверхность Э.

**4.63.328 П. Улучшенный электрод для контактной сварки.**

Предложен электрод (Э) для контактной сварки, в котором с целью повышения стойкости, рабочая поверхность Э имеет покрытие специального состава. Поверхность Э из сплава Cr-Cu или Al-Cu при сварке оцинкованных листов из Ст. покрывается сплавом на основе Co или на основе Cr толщиной до 20 мкм, содержащим 1–5% P, B или W. Нанесение осуществляется методом диффузионной металлизации. Стойкость Э значительно возрастает за счёт образования твёрдого покрытия. Так, например, Э с покрытием на

основе Co, содержащим 1% P, B или W, имеет стойкость в 1,5 раза выше обычного Э, а Э с покрытием на основе Co или Cr, содержащим до 5% P, B или W, имеет срок службы в 5–25 раз выше.

**4.63.443 П. Материал неплавящегося электрода.**

Материал неплавящегося электрода для контактной сварки плавлением содержит тугоплавкий Me VIB группы периодической системы, Ni и муллит. Для повышения термостойкости при сварке Al и его сплавов дополнительно введены нитрид Al и бориды тугоплавких Me следующем соотношении компонентов (в %): тугоплавкий Me VIB группы 12–22, муллит 7—12, Ni 0,2–0,8, нитрид Al 25–35, бориды тугоплавких Me–остальное. В качестве боридов тугоплавких Me берут: борид Ti; борид Zr и диборид Ti и Cr, борид Ti и борид Zr; борид Ti, борид Zr и диборид Ti и Cr.

**12.63.409 П. Способ изготовления составного наконечника электрода для контактной сварки.**

Предложен способ изготовления составного электродного наконечника для контактной сварки, обладающего повышенной долговечностью. С этой целью его изготавливают из двух частей: нижней рабочей части из дисперсионно-упрочненного медного порошкового сплава и верхней крепёжной части из чистой порошковой меди. Процесс изготовления состоит из трёх стадий: вначале производится холодная прессовка составной заготовки цилиндрической формы, затем горячим прессованием формуется нижняя часть наконечника в виде полусферы, и на третьей стадии в верхнюю часть наконечника холодной ковкой формуется внутреннее тупое отверстие для его охлаждения.

**10.63.307 П. Электродный материал для электрической контактной сварки и его производства.**

Предложен материал для изготовления роликов-электродов (РЭ) для шовной сварки и метод его производства. Первоначально внутри трубы размещается коаксиально стержень из Cu, а пространство между ними заполняется порошковой смесью, содержащей Al–Cu-сплав и $Cu_2O$. Заготовка помещается в герметичный тонкостенный контейнер, внутренняя полость которого вакуумируется и подвергается прессованию при некоторой температуре. Далее прессованный материал разрезается на диски требуемой толщины и производится удаление трубчатой оболочки. Из полученных дисков механическим путём изготавливают РЭ требуемой конфигурации. К преимуществам РЭ из предложенного материала относят высокую износоустойчивость рабочей поверхности, хорошую электро- и теплопроводность.

**1.63.444 П. Электрод для стыковой сварки оплавлением.**

Предложен электрод (Э) для стыковой сварки оплавлением. Отличительной особенностью Э является наличие на его рабочей поверхности износостойкого покрытия, которое находится в контакте с свариваемой деталью. Покрытие выполнено из Fe–Al-Cu-бронзы. Оно обладает также смазывающими свойствами. На боковой поверхности Э имеется покрытие с высокой теплопроводностью, например, из чистой Cu, которое предупреждает налипание брызг Ме на Э. Оба покрытия наносят наплавкой.

**12.63.387. Электроды для контактной сварки из меди, упрочненной рассыпленной окисью алюминия.**

Электроды для контактной точечной сварки «ДЕМИРАС» получают за счет диффузии в поверхностный слой Cu оксида Al, нанесенного напылением. Такие электроды по сравнению с электродами из хромистой Cu обладают повышенной прочностью (58 против 49 кгс/мм$^2$) и твердостью (162HV против 146HV) при одинаковых электро- и теплопроводности. Испытания при сварке показали большую их стойкость, меньший разброс размеров сварных точек и значений контактного сопротивления при длительной работе. Использование электродов «ДЕМИРАС» перспективно в автомобильной промышленности, строительстве.

**8.63.346. Новые жаропрочные медные сплавы для электродов контактных сварочных машин.**

НИИТОПом совместно с институтом Гипроцветметобработка разработан состав и освоен промышленный выпуск новых жаропрочных Cu-сплавов БрХНбЦр и БрНХКМгЦр. Проведены сравнительные испытания стойкости электродов для машин контактной точечной и шовной микросварки при изготовлении изделий электронной техники. Разработаны рекомендации по геометрии электродов, параметрам режима и технологическим приёмам контактной сварки широкой номенклатуры изделий из различных Ме и сплавов с применением разработанных электродных материалов.

**11.63.336 П. Электрод для контактной сварки.**

Предложен электрод (Э) для контактной сварки, преимущественно для сварки твёрдосплавной режущей пластины с державкой резца, содержащий корпус, имеющий контактную и опорную поверхности для установки державки и фиксатор положения державки. Для повышения прочности приварки путём использования прослоек из порошковых материалов фиксатор положения державки выполнен в виде планки с выемкой для установки твёрдосплавной пластины и углублением для фиксации державки резца, контактная поверхность Э – в виде паза, наклоненного в сторону

выемки фиксатора под углом $5^0$–$15^0$, опорная поверхность Э– в виде плоскости, составляющей с нижней плоскостью паза угол .

Устранения шунтирования тока, опорная плоскость и боковые плоскости паза облицованы электроизоляционными прокладками.

### 1.2 Стойкость электродов

Под стойкостью электродов и роликов понимают их способность сохранять в определенных пределах исходные размеры и форму рабочей поверхности; при этом качество сварных соединений не должно быть ниже допустимого, заранее заданного. В конечном счете, от формы и размеров рабочей части электродов зависит качество сварного соединения. Износ рабочей части электродов и связанное с этим увеличение площади контакта электрод – деталь уменьшают плотности тока и давления в месте сварки и, как следствие этого, приводят к изменению размеров литого ядра по сравнению с оптимальным (таблица 1.1), снижению прочности соединения и его качества, ухудшению внешнего вида свариваемой детали.

Стойкость электродов определяют очень многими факторами, из которых основными являются:

- свойства сплава электродов;
- свойства поверхности металла деталей;
- температура плавления металла деталей;
- режим и темп сварки;
- конструкция электродов;
- охлаждение электродов;
- размеры литой зоны получаемых сварных соединений.

Таблица 1.1 – Оптимальные размеры сварного соединения в зависимости от толщины свариваемых деталей, мм

| Толщина свариваемой детали | Диаметр литого ядра точки | Минимальное расстояние между соединяемыми точками (шаг). | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Малоуглеродистая сталь | Нержавеющая сталь | Медные сплавы |
| 0,3 | 2,5-3,5 | 7 | 5 | 8 |
| 0,5 | 3,0-4,0 | 10 | 7 | 11 |
| 0,8 | 3,5-4,5 | 11 | 9 | 13 |
| 1,0 | 4,0-5,0 | 12 | 10 | 15 |
| 1,2 | 5,0-6,0 | 13 | 11 | 16 |
| 1,5 | 6,0-7,0 | 16 | 13 | 18 |
| 2,0 | 7,0-8,5 | 19 | 15 | 22 |
| 2,5 | 8,0-9,5 | 22 | 18 | 26 |
| 3,0 | 9,0-10,5 | 26 | 22 | 30 |
| 3,5 | 10,5-12,5 | 30 | 26 | 35 |
| 4,0 | 12,0-13,5 | 34 | 30 | 40 |

До настоящего времени еще не имеется общепризнанного объективного критерия оценки стойкости электродов контактных машин. Стойкость электродов может оцениваться числом доброкачественных точек или метров шва, которые могут быть выполнены без зачистки или смены электродов. Требования к доброкачественности соединений при заданных условиях эксплуатации могут относиться к прочности и размерам литой зоны соединения, к внешнему виду поверхности точек или швов, чистоте рабочей поверхности электрода и некоторым другим факторам. Большое количество факторов, влияющих на стойкость электродов затрудняет установление критерия оценки качества электродов. Поэтому определение эксплуатационной стойкости электродов производят опытным путем.

Сопоставимые фактические данные о стойкости электродов из различных сплавов можно получить путем точечной сварки различных металлов испытуемыми электродами с построением графиков зависимости изменения размера рабочей поверхности электродов от числа сваренных точек. Показателем стойкости считается количество точек, сваренных до увеличения диаметра исходной рабочей поверхности электрода на 20%, а также общее увеличение этого диаметра при сварке, например 10 000 точек. В процессе испытания периодически измеряется диаметр поверхности электродов. При сварке электродами с плоской поверхностью измерение поверхности производится по отпечатку электрода на свинцовой пластине, а при сферической поверхности - соответствующими шаблонами на электроде. Режимы сварки при испытании электродов должны быть выбраны из условий обеспечения устойчивых минимальных размеров и прочности сварного соединения. При определении стойкости электродов через каждые 500 – 1000 точек обычно производится испытание на разрыв сварных образцов или изготавливается макрошлиф соединения, чтобы убедится в отсутствии снижения размеров и прочности.

В ряде работ, преимущественно зарубежных, указывается, что изменения рабочей поверхности электродов фиксируется копировальной бумагой, измерением диаметра рабочего торца с помощью оптического микроскопа и другими способами. Некоторые исследователи определяют стойкость электродов по изменению его веса, твердости, длины или объема после сварки определенного количества точек, по относительным затратам на изготовление электродов в зависимости от числа сваренных точек. Однако эти способы несколько усложняют испытания и не дают необходимой точности.

Имеются также сведения об установлении критерия стойкости электродов только по изменению прочности сварной точки. Следует сказать, что этот критерий не является достаточно обоснованным, так как проведенные исследования показали, что изменения прочности сварных точек является менее чувствительным, чем изменение диаметра электрода и существенное падение прочности происходит лишь при значительном увеличении диаметра рабочей поверхности электрода.

Принятый в работах советских исследователей критерий оценки стойкости электродов по увеличению диаметра исходной плоской рабочей поверхности на 20% достаточно прост и исходит из возможности снижения стабильной прочности сварного соединения после достижения указанного изменения диаметра.

При проведении испытаний оказалось, что при сварке одиночными точками малоуглеродистые стали наиболее стойкими оказались электроды из хромовой бронзы и сплавов меди с хромом и цирконием, а при сварке нержавеющей стали – электроды из бронзы Бр.НБТ, сплавов меди с кобальтом и бериллием, хромом и цирконием. Форма и размеры использованных электродов принимались в соответствии с ГОСТом 14111 – 69 для электрода 0821 – 0113.

Критерий оценки стойкости электродов по увеличению диаметра их плоской рабочей поверхности применим лишь при сварке малоуглеродистых нержавеющих и легированных сталей, а также некоторых других металлов.

При сварке легких сплавов изменения размеров и формы рабочей поверхности электродов не может служить единственным критерием оценки стойкости, так как еще задолго до изменения размеров электрода (за исключением медных электродов) на поверхности свариваемых деталей начинают наблюдаться потемнения, свидетельствующие об интенсивном переходе материала электрода на деталь и возможности местной коррозии свариваемых изделий. В связи с этим, за критерий оценки стойкости электродов при сварке легких сплавов принимается количество точек, свариваемых на испытуемых электродах до их зачистки. Необходимость зачистки устанавливается по появлению темного налета на поверхности сварной точки и по прилипанию электрода к образцам. Степень загрязнения может быть определена путём смачивания поверхности точки раствором щелочи.

К сварным соединениям из легких сплавов в зависимости условий их работы могут быть предъявлены различные требования. В ответственных конструкциях необходима стабильная прочность и не допускаются следы меди на поверхности деталей во избежание коррозии. При сварке конструкций, не несущих расчетных нагрузок и работающих в условиях, где особая устойчивость против коррозии несущественна, основным требованием к материалу электродов является сварка максимального числа точек без зачистки и переточки. Загрязнение рабочей поверхности электродов при сварке алюминиевых сплавов обычно начинается по кольцу, соответствующему периферии литой зоны сварной точки, где имеет место максимальная плотность тока.

Стойкость электродов при сварке силовых узлов сплава Амг6Н толщиной 3+3 *мм* на машине МТПТ-600 оценивали по числу точек, сваренных до появления потемнения на поверхности деталей. При сварке неответственных узлов на машине МТПУ-300 – по числу точек, сваренных до начала прилипания электродов к свариваемым деталям и сильного износа

их контактной поверхности. Исследования показали, что наибольшее количество точек (500) до потемнения поверхности детали удалось сварить на электродах из сплавов меди с присадками магния и бора. Электроды из кадмиевой бронзы несколько уступили по числу точек, сваренных до потемнения поверхности изделия, а электроды из сплавов меди с 0,08% хрома, меди с хромом и цирконием прилипали к поверхности деталей уже после сварки небольшого количества точек (до 50 точек).

В некоторых отраслях, например в автомобилестроении, при массовом производстве, весьма высок темп сварки, который может доходить до 200 точек/мин. Вследствие неизбежного при этом повышения температуры в контакте электрод – деталь, резкого увеличения числа циклов нагревов и охлаждений, приложения и снятия усилий значительно ухудшаются условия работы электродов. Разупрочнение металла наступает быстрее, и электроды требуют более частой зачистки, переточки и замены.

Кроме того, на стойкость электродов влияют размеры литой зоны сварных соединений. С увеличением объема расплавленного металла в зоне сварки стойкость падает. Отмечено что на стойкость электродов наибольшее влияние оказывает величина проплавления деталей.

Влияние режимов сварки на стойкость электродов можно также оценить «обобщенным» параметром – температурой, которая устанавливается на рабочей поверхности электродов при том или ином режиме сварке. «Мягкие» режимы сварки сопровождаются высокой температурой в контакте электрод – деталь, «жесткие» - низкой температурой.

Также на стойкость электродов существенно влияет диаметр рабочей поверхности. Помимо диаметра рабочей части на стойкость влияет и расстояние от дна охлаждающего канала до рабочей поверхности (длина рабочей части электрода). Общее количество точек, сваренных электродами до их полного износа, возрастает с увеличением длинной рабочей части. Оптимальное расстояние от дна охлаждающего канала до контактной поверхности электродов равно (0,75-0,8) $D_э$.

Стойкость электродов может быть повышена более интенсивным охлаждением, с использованием специальных охладительных смесей.Жидкостей, а также с увеличенной поверхностей каналов охлаждения, не внутренним и наружным оребрением. Однако, как правило, эти мероприятия усложняют, изготовление и эксплуатацию электродов и поэтому широкого применения получили.

### 1.3 Выбор материала для электродов контактных машин

При разработке технологии сварки любого изделия, необходимо правильно подобрать материал, из которого будут изготовлены электроды. Это обеспечивает получение сварных соединений требуемого качества при высокой производительности процесса.

Основными факторами, обусловливающими выбор электродного сплава, являются обеспечение формирования литого ядра сварного соединения необходимого качества и размеров, достаточная формаустойчивость рабочей части электрода, отсутствие взаимного переноса металла электрода и свариваемой детали. При сравнении стоимости электродных сплавов, а следовательно, и электродов необходимо учитывать характер их износа, способ реставрации или замены на новый и необходимое для этого время, производительность сварочной машины или линии.

В промышленности применяется большое количество самых разнообразных материалов, рекомендуемых для электродов контактных машин.

Основными общими техническими факторами, которые следует принимать во внимание при выборе электродного сплава для точечной сварки, являются теплопроводность и электропроводность свариваемого материала, его твердость, температуру плавления, химическую активность. Чем выше теплопроводность и электропроводность и ниже температура плавления, тем выше должна быть тепло – и электропроводность сплава. Чем выше твердость свариваемого материала, тем выше должно быть это же свойство электродного сплава.

В зависимости от назначения электродные сплавы делятся на три класса. Для сварки легких сплавов, имеющих высокие электро- и теплопроводность, необходимы электроды с повышенной электропроводностью. Для сварки нержавеющих сталей и жаропрочных сплавов основными требованиями, предъявляемыми к электродам, являются их высокая твердость при комнатой и повышенных температурах и жаропрочность. Сварка наиболее широко применяющихся малоуглеродистых и конструкционных сталей требует электродных сплавов, обладающих средними значениями твердости и электропроводности.

Выпускаемые промышленные сплавы приведены в таблице 1.2

Таблица 1.2- Сплавы, выпускаемые для электродов контактных машин

| Материал | Содержание легирующих элементов | Основное назначение |
|---|---|---|
| Кадмиевая бронза | 0,9-1,2% Cd | Для точечной и шовной сварки легких сплавов |
| Медь с присадкой серебра | 0.07-0.12% Ag | Для точечной сварки легких сплавов |
| Хромовая бронза БрХ | 0.4-0.7% Cr | Для точечной сварки углеродистых, низколегированных сталей и титана |
| Никеле– берилевая бронза БрНБТ | 1.4-1.6 % Ni<br>0.2-0.4%Be<br>0.05-0.15%ti | Для точечной и шовной сварки нержавеющих сталей, титана, для губок стыковых машин |
| Никеле – кремневая бронза БрНК 1,5-0,5<br>Элконайт ВМ | 1.2-2.3%Ni<br>0.3-0.8Si<br>20-30%Cu<br>80-70%W | Для хоботов точечных и шовных машин, губок стыковых машин<br>Вставки в электроды для точечных машин, шовных машин и в губки стыковых машин |

Для изготовления электродов мы используем следующие сплавы: хромовая бронза (БрХ), никеле-берилевая бронза (БрНБТ).

Хромовая бронза нашла широкое применение как материал для электродов контактных машин при точечной сварке углеродистых и низколегированных сталей. Свойства БрХ определяется её химическим составом, технологией изготовления и термической обработкой. Твердость термически не обработанной хромовой бронзы составляет 100-110, электропроводность порядка 70 % от стандартной отожженной меди. Для повышения свойств сплава проводится термомеханическая обработка: закалка с температуры 980-1000 $^0$C, охлаждение в воде, холодная деформация 40-50 % и отпуск при температуре 460 $^0$C. Физико-механические свойства и технологические характеристики хромовой бронзы приведены в таблице 1.3.

Представителями группы медных сплавов, используемых для электродов при сварке нержавеющих и жаропрочных материалов, являются тройные сплавы на основе системы медь-никель-берилий.

На основе системы Cu-NiBe-Ti был разработан тройной сплав БрНБТ, содержащий небольшое количество титана и изготовляемый из отходов высоко бериллиевых бронз. Свойства этого сплава приведены в таблице 1.4

Исследования показали, что сплав БрНБТ при комнатной температуре превосходят по прочности все известные отечественные электродные сплавы. При повышенных температурах испытания сплав обладает наиболее высокой прочностью из всех известных медных сплавов этого класса (1).

Для получения электродного сплава БрХ. переплавляются изношенные электроды с добавлением хрома, так как последний в процессе плавления выгорает. Также электродный сплав БрХ получаем переплавом медной стружки с легированием хромом.

Основным недостатком меди как материала для электродов являются сравнительно низкие ее прочностные свойства. Практически удвоить твердость, предел прочности и утроить предел текучести меди можно холодной деформацией (прокатка, волочение) с суммарной степенью 40-70%. Однако сварка приводит к нагреву рабочего конца электрода до весьма значительной температуры и, следовательно, к разупрочнению ее вследствие рекристаллизации. Температура начала рекристаллизации современных промышленных марок меди находится в пределах 100-250 °С в зависимости от чистоты по примесям. Таким образом, чистую медь как электродный материал практически во всех случаях применять не рационально. Основные характеристики меди представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.3 – Физико-механические свойства хромовой бронзы

| Свойства | Значения | Примечание |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Физические | | |
| Верхняя критическая точка в $^0$C | 1080 | |
| Плотность в г/см$^3$ | 8,9 | |
| Коэффициент линейного расширения | 17,6 | |
| Теплопроводность в кал/смсек | 0,80 | Термообработанный |
| Удельное электрическое сопротивление в оммм$^2$/м | 0,03 | Деформированный |
| Температура начала рекристаллизации в $^0$C | 365-400 | |
| Механические | | |
| Модуль упругости в кГ/мм$^2$ | 13800 | |
| Предел прочности при растяжении | 23<br>48 | Отожженный<br>Термообработанный |
| Предел текучести кГ/мм$^2$ | 40 | |
| Относительное удлинение в % | 30 | |
| Твердость НВ | 50-70<br>130-150 | Отожженный<br>Термообработанный |
| Технологические характеристики | | |
| Температура литья в $^0$C | 1120-1150 | |
| Температура горячей обработки $^0$C | 900-950 | |
| Температура термической обработки в $^0$C | | |
| Закалка | 960-1000 | |
| Отпуск | 450-480 | |

Таблица 1.4 - Физико-механические свойства сплава БрНБТ

| Свойства | Значения |
|---|---|
| *Физические характеристики:* | |
| Теплопроводность, кал/смсекС | 0,593 |
| Электропроводность, % от Cu | 50-53 |
| Температура начала кристаллизации | 500-510 |
| Механические | |
| Предел прочности, кГ/мм$^2$ | 75-80 |
| Относительное удлинение, % | 14-16 |
| Твердость НВ | 170-240 |
| *Технологические характеристики:* | |
| Температура литья, С | 1200 |
| Температура горячей обработки, С | 850-900 |
| Температура термической обработки, С | |
| Закалки | 900-950 |
| Отпуска | 450-500 |

Хром обладает жаростойкостью и коррозионной стойкостью в агрессивных средах; применяется в качестве легирующего компонента литейных и деформируемых медных и никелевых сплавов, а также в качестве основного компонента литейных жаропрочных сплавов с железом, молибденом и титаном.

Хром поставляют в кусках различной формы весом не более 10 кг. Содержание мелочи, проходящей через сито № 10 (ГОСТ 3826 – 66), не должно превышать 10% веса партии. Химический состав хрома (таблица 1.6).

Цена одного килограмма хрома колеблется от 550 до 650 рублей.

Способом повышения твердости и прочности медных сплавов могут служить: холодная деформация, легирование элементами, дающими с основным металлом твердый раствор, упрочнение сплава при старении за счет выделения из пересыщенного твердого раствора мелко дисперсной фазы, а также введение в сплав элементов, образующих по границам зерен тугоплавкие включения в виде сетчатого или скелетообразного каркаса.

Таблица 1.5 - Характеристика меди

| Свойства | Определяемое значение при температуре, °С | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 |
| $S_k$, кгс/мм$^2$ | 110 | 98 | 31 | 23 | 18 | 15 | 11 |
| $\sigma_в$, кгс/мм$^2$ | 22 | 20 | 15 | 11 | 7 | 5 | 3 |
| $\sigma_{0,2}$, кгс/мм$^2$ | 6 | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| $\delta$, % | 45 | 45 | 40 | 38 | 47 | 57 | 71 |
| $\psi$, % | 90 | 88 | 77 | 73 | 86 | 100 | 100 |
| $a_н$, кгс⊙м/см$^2$ | 17 | 15 | 14 | 14 | 12 | 9 | 8 |
| HV, кгс/мм$^2$ | 50 | 40 | 38 | 35 | 19 | 12 | 9 |
| $HV_г$(60 мин), кгс/мм$^2$ | - | - | - | 25 | 10 | 6 | 5 |
| E, кгс/мм$^2$ | 12100 | 11500 | 10500 | 10300 | 9800 | 9300 | 8600 |
| $\alpha$⊙$10^{-6}$/град | - | 17,3 | 17,6 | 17,9 | 18,3 | 18,6 | 19,0 |
| $\rho$, мкОм⊙см | 1,72 | 2,98 | 3,62 | 4,24 | 5,07 | 5,84 | 6,68 |
| $\gamma$, м/(Ом⊙мм$^2$) | 58 | 34 | 28 | 24 | 20 | 17 | 16 |
| $\lambda$, Вт/(м⊙град) | 409 | 393 | 393 | 392 | 380 | 372 | 365 |
| $c_р$, кДж/(кг⊙град) | 0,389 | 0,406 | 0,419 | 0,427 | 0,435 | 0,448 | 0,460 |
| a⊙$10^5$, м$^2$/с | 11,75 | 10,25 | 9,85 | 9,60 | 9,35 | 9,1 | 8,8 |

Примечание. $S_k$ – истинное сопротивление разрыву; $\sigma_в$ – предел прочности; $\sigma_{0,2}$ – условный предел текучести; $\delta$ – относительное удлинение; $\psi$ – относительное сужение; $a_н$ – ударная вязкость; HV – твердость; $HV_г$ – длительная, горячая твердость; E – модуль нормальной упругости; $\alpha$⊙$10^{-6}$ – коэффициент линейного расширения; $\rho$ – удельное электросопротивление; $\gamma$ – электропроводность; $\lambda$ – теплопроводность; $c_р$ – теплоемкость; a – температуропроводность.

Упрочнение путем холодной деформации и легирования металла элементами, входящими в твердый раствор, связано с искажениями кристаллической решетки основного металла и повышением сопротивления сдвигам при пластической деформации. Термомеханическая обработка упрочняет сплав за счет гетерогенизации структуры выделения избыточных дисперсных фаз. Введение в сплав элементов, образующих по границам зерен сетку твердых включений, затрудняет течение металла по границам зерен и существенно повышает жаропрочность сплавов.

Таблица 1.6 - Химический состав хрома в % по ГОСТу 5905 – 67

| Марка | Cr, не Менее | Примеси, не более | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Al | Si | Fe | C | P | S | N | Cu |
| Х00 | 99,00 | 0,5 | 0,3 | 0,6 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,05 | 0,01 |
| Х0 | 98,5 | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | - | 0,02 |
| Х1 | 98,0 | 0,7 | 0,5 | 0,8 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | - | 0,04 |
| Х2 | 97,0 | 1,5 | 0,5 | 1,2 | 0,05 | 0,03 | 0,04 | - | 0,05 |
| Х3 | 97,0 | 0,1 | 1,0 | 1,2 | 0,06 | 0,03 | 0,03 | - | 0,01 |

При невысоких температурах эксплуатации (до 0,3-0,4 абсолютной температуры плавления сплава) действуют все перечисленные факторы упрочнения. При температурах порядка (0,3-0,5) $T_{пл}$ в сплавах начинают развиваться диффузионные процессы, и действия механического упрочнения почти исчезают. Упрочнение от образования твердого раствора также заметно ослабевает при повышении температуры, хотя и медленнее чем механическое упрочнение. Особенно резко упрочнение от образования твердого раствора уменьшается при нагреве до температуры порядка (0,5-0,6) $T_{пл}$.

Для получения жаропрочных сплавов наиболее перспективным является легирование основного металла элементами, обладающими переменной и весьма ограниченной растворимостью в нем. При отпуске из перенасыщенного твердого раствора, полученного в результате закалки легированного такими элементами металла, выделяется в мелкодисперсном состоянии избыточная фаза, упрочняющая сплав. Максимальной жаропрочностью обладают сплавы, где упрочнение вызывается наличием на границах зерен твердых включений второй фазы, в которой не развиваются диффузионные процессы и не идут процессы обмена атомами с основным металлом. Эти условия достигаются, если избыточной фазой является химическое соединение и особенно в трех-, четырехкомпонентных системах, когда второй фазой будет тугоплавкое сложное соединение не содержащие металла растворителя.

Наиболее благоприятной формой выделения второй фазы для повышения жаропрочности при высоких температурах является сетчатый или скелетообразный характер ее расположения по границам зерен. Такие фазы обычно выделяются при кристаллизации у литых сплавов, и поэтому эти сплавы обладают высокой жаропрочностью, Сетчатый характер выделений в литых сплавах уничтожается при деформировании сплава; при этом образуются изолированные включения, которые даже облегчают течение основного металла. Литые материалы обладают способностью сохранять свою прочность при нагреве и особенно при длительной нагрузке.

Как уже было ранее отмечено, особенностью условий работы электродов является циклический характер воздействия на них температур и усилий. В металле на рабочем торце электродов проходят процессы

ползучести, термической и малоцикловой усталости, которые приводят к ускоренному износу контактной поверхности, образованию внутризеренных и главным образом межзеренных трещин, Естественно, что эти процессы, в свою очередь, приводят к некоторому уточнению и дополнению требований, предъявляемых к материалам электродов.

Исследования поведения металла электродов при сварке и выполненные расчеты показывают, что при высоких температурах – (0,6–0,7) $T_{пл}$ – доминирующим процессом, определяющим износ торцов электродов при сварке, является ползучесть, причем деформация от ползучести составляет до 80% общей деформации контактной поверхности электродов.

Между ползучестью и некоторыми физико-механическими свойствами чистых металлов имеется качественная связь. Установлена, например, зависимость жаропрочности металла от таких свойств, как температура плавления, начала и конца рекристаллизации, модуля упругости, коэффициента линейного расширения, энергии активации самодиффузии и др. Чем выше перечисленные свойства (за исключением коэффициента линейного расширения, здесь обратная зависимость), тем обычно прочнее межатомные силы связи в решетке и тем выше жаропрочность металла.

Многие исследователи указывают на влияние величины зерна на сопротивление ползучести различных металлов и сплавов. Это связанно в первую очередь с ролью границ зерен, которые при низких температурах представляют препятствия для пластической деформации, а при высоких, наоборот, способствуют деформации и разупрочнению металла пограничных зон. Поэтому при повышенных температурах более высокое сопротивление ползучести имеют материалы с крупным зерном, а при низких температурах – мелкозернистые.

При циклических нагревах в связи с резким перепадом температур создается неравномерное распределение напряжений по сечению электрода, которое при малопластичном материале может привести к образованию трещин. Перепад температур увеличивается интенсивным охлаждением электродов проточной водой. Чем менее теплопроводен материал, тем естественно больше перепад температур и вероятнее образование трещин на контактной поверхности. Исследования показали, что сопротивление термической усталости выше у более пластичных металлов, даже при их пониженных прочностных характеристиках. На крупнозернистом металле наблюдается более раннее появление трещин, свидетельствующее о пониженном сопротивлении пластическим деформациям при высоких температурах.

В условиях малоцикловой усталости механизм разрушения несколько отличается от усталостного разрушения для больших долговечностей: разрушения при малых циклах нагрузки сходны с разрушениями статического разрушения и отличаются от типичных усталостных разрушений. Было найдено, что для долговечностей менее 5000 циклов сопротивление переменной деформации хорошо соответствует пластичности

металла, характеризуемой удлинением при испытаниях на статическое растяжение. Эта закономерность применима для меди и других пластичных металлов. У меди в области малоцикловой усталости трещины зарождаются по границам зерен; наличие включений усиливает тенденцию к межзеренному зарождению трещин.

В условиях быстрого нагрева и нагружения материал может выдержать за одинаковый промежуток времени более высокое максимальное напряжение или достигнуть без разрушения более высокой максимальной температуры, чем образец, находящийся под действием стационарной нагрузки и постоянной температуры. При быстрых нагревах и нагружениях большее значение, по-видимому, имеют инерционные эффекты механического или металлургического происхождения.

На процесс пластической деформации при ползучести большое влияние оказывают возврат и рекристаллизация. Рекристаллизация ускоряет ползучесть вследствие уменьшения внутренних напряжений. При циклическом нагружении процессы рекристаллизации еще более ускоряются.

В связи с этим одним из факторов, определяющих стойкость материалов для электродов, является температура их рекристаллизации и поэтому введение в сплавы легирующих добавок, повышающих эту температуру, оказывает весьма благоприятное влияние. Так, например, установлено, что добавка 0,1 – 0,2% серебра повышает температуру рекристаллизации меди на 100 – 150 $^0$C при снижении всего лишь на 1%. Поэтому серебро добавляется в медь, когда от материала требуется высокое сопротивление разупрочнению при повышенных температурах в сочетании с высокой электропроводностью.

Простейшим способом повышения сопротивления ползучести поликристаллических материалов является введение в основу растворимых добавок. Добавление растворимых элементов в матрицу может увеличить стабильность выделившихся частиц, затрудняя их растворение и замедляя диффузию элементов, содержащихся в матрице. Растворимые примеси могут адсорбироваться преимущественно по границам зерен и снижать энергию межзеренных границ, увеличивая склонность к межзеренному разрушению. Однофазные сплавы обычно не обладают достаточной прочностью при сложных условиях работы, и высокая прочность в большинстве случаев обеспечивается применением многофазных систем, содержащих хотя бы вторую фазу, выделившуюся во время старения.

На сопротивление ползучести сильно влияет размер выделившихся частиц, их распределение, степень когерентности и объемная доля второй фазы. При повышенных температурах влияние дисперсной фазы связано также со стабильностью ее размеров и состава. Для получения оптимальной структуры, обеспечивающей высокое сопротивление ползучести, необходимо подобрать сочетание состава частиц дисперсной фазы и матрицы таким образом, чтобы соблюдались не только оптимальные размеры и распределение частиц, но и максимальная степень стабильности структуры.

Относительно крупные, округленные частицы нерастворенного при закалке или коагулированного при высоких температурах упрочнителя, расположенные на границах зерен, по-видимому, могут явиться очагами зарождения межзеренных трещин. Более интенсивное выделение второй фазы в областях, претерпевших значительную деформацию, вызывает у дисперсионно твердеющих сплавов появление хрупкости и преждевременное разрушение.

В литературе, особенно зарубежной, отмечается, что малые добавки легирующих элементов оказывают благоприятное влияние на свойства сплавов. А. Келли и Р. Никлсон, например, рассматривают влияние на свойства бинарных сплавов очень малых добавок этих элементов (0,01 – 0,1%). На основе работ Харди с сотрудниками, исследовавших влияние малых добавок на свойства алюминиевых сплавов, результаты которых авторы считают возможным применять и для других сплавов, делаются выводы о зависимости числа мелкодисперсных выделений от присутствия малых добавок. Они считают, что влияние малых количеств примесей может сильно понизить скорость диффузии растворенного элемента и способствовать зарождению выделений промежуточных типов. На алюминиевых сплавах было показано, что при введении малых добавок можно получить заметное улучшение прочностных и пластических характеристик металла. Поскольку частицы выделяющихся фаз становятся дисперсными, свободные от выделений области, расположенные у границ зерен, исчезают. Эти же выводы справедливы и для медных сплавов.

Проводившиеся исследования показали, что на сопротивление ползучести благоприятное влияние оказывают малые добавки легирующих элементов, которые повышают температуру рекристаллизации и механические свойства сплавов. Они увеличивают стабильность выделившихся частиц, затрудняя их растворение и замедляя прохождение диффузионных процессов. Было отмечено, что первые малые добавки оказывают значительно большее воздействие на уменьшение скорости диффузии, чем последующие, а комбинации нескольких легирующих элементов повышают воздействие каждого из них.

Таким образом, учитывая все вышеизложенное, можно сформулировать принципы выбора материалов для электродов точечных и шовных контактных машин:

1. В соответствии с ранее установленными положениями и имеющимися стандартами в зависимости от материала свариваемых изделий сплавы для электродов должны обладать определенными соотношениями электропроводности и твердости.

2. Повышенной электропроводностью, как правило, обладают медные сплавы, упрочняемые холодной деформацией и содержащие небольшое (до 1%) количество таких легирующих элементов, как серебро, кадмий, в незначительной степени снижающих электропроводность меди.

3. Высокую жаропрочность имеют медные сплавы, в которых избыточная фаза тугоплавка, имеет сложный состав и строение кристаллической решетки, не содержит металла-растворителя.

4. При сварке жаропрочных материалов или на режимах, сопровождающихся большим тепловыделением, желательно иметь материалы с более крупным зерном, так как при высоких температурах более стойким против ползучести будет крупнозернистый материал с повышенной жаропрочностью. При более низких температурах, наоборот, более стойкими окажутся материалы с мелким зерном.

5. Температура рекристаллизации сплавов служит одним из показателей стойкости электродов. Чем выше температура рекристаллизации, тем при прочих равных условиях будет выше и стойкость электродов при сварке.

6. В связи с образованием при циклических нагревах внутризеренных и главным образом межзеренных трещин для электродов следует по возможности выбирать металл с высокой пластичностью при повышенных температурах, как лучше сопротивляющийся термической усталости.

7. Установлено, что повышению жаропрочности и сопротивлению ползучести способствует введение в металл малых легирующих добавок различных элементов.

8. Наибольший эффект на упрочнение сплавов оказывает введение легирующих элементов, имеющих малую и переменную растворимость в основе, причем влияние легирующих элементов на свойства сплава увеличивается при комплексном легировании.

Вывод: В процессе проведения патентного поиска, подобных технологий восстановления электродов не обнаружилось.

# 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 2.1 Технические требования, предъявляемые к электродам контактных машин

1. Электроды должны соответствовать требованиям настоящих технических условий и комплекту чертежей, утверждённых в установленном порядке.
2. Электроды изготавливаются методом горячей штамповки.
3. Основные параметры и размеры:
4. Неуказанные предельные отклонения размеров:
   - отверстий -H13
   - валов -h13
   - угловых -9 степени точности.
5. На поверхности посадочного конуса и на рабочей поверхности электрода не допускаются царапины, раковины и отслоения.
6. Шероховатость поверхности посадочного конуса не ниже R20.
7. Минимальная твердость электродов должна составлять не менее 70НВ.

## 2.2 Требования к материалам электродов контактных машин

Электроды должны изготавливаться из медного сплава БрХ ТУ 48-21-408-86 или БрНБТ ТУ 48-21- 5050-82.

## 2.3 Маркировка

1. Электроды не маркируются. В сопроводительной документации указывается условное обозначение электрода.
2. Транспортная маркировка по ГОСТ 14192-96.

## 2.4 Упаковка электродов

1. Электроды упаковываются в мешки полиэтиленовые для химической промышленности ГОСТ 17811-78 и укладываются:
   -в картонные коробки ГОСТ 12301-86 при массе партии до 20 кг;
   -в деревянные дощатые ящики ГОСТ 2991-85 при массе партии свыше 20 кг.
2. В каждую упаковку должен быть вложен упаковочный лист, содержащий следующие сведения:
   -товарный знак предприятия изготовителя;
   -условное обозначение электрода;
   -материал электродов;
   -количество электродов, шт;
   -дату упаковки партии электродов.

## 2.5 Правила приемки

1. Электроды должны приниматься органами технического контроля.
2. Электроды предъявляют к приемке партиями. Каждая партия должна состоять из электродов одного типоразмера, предъявленных к приемке по одному документу. Количество электродов в партии не лимитируется.
3. Для проверки отбираются 3% электродов, но не менее 10 штук из разных мест партии.
4. Если при контроле обнаруживаются электроды, не удовлетворяющие требованиям настоящих технических условий, то проводится повторный контроль удвоенного числа электродов. Результат повторного контроля является окончательным и распространяется на всю партию.

## 2.6 Методы контроля

1. Контроль размеров производится штангенциркулем ГОСТ 166-89, угломером с нониусом ГОСТ 5378-88, калибрами гладкими для цилиндрических отверстий и валов ГОСТ 24851-89, калибрами для конических соединений ГОСТ 249322-81.
2. Контроль качества поверхности производится внешним осмотром и сравнением с эталонным образцом.
3. Твердость электродов следует проверять на рабочей поверхности электрода по ГОСТ 2999-75 с последующим пересчетом на твердость по Бринеллю. Измерения проводятся твердомером для металлов.
4. Контроль массы электродов осуществляется взвешиванием- весы настольные электронные СВН-0.5 ТУ 4274-004-44303109-97.

## 2.7 Транспортирование и хранение

1. Условия хранения электродов для районов с умеренным холодным климатом в атмосфере любых типов соответствует группе 5(ОЖ 4) ГОСТ 15150-69.
2. Условия транспортирования электродов предусматривают нахождение их в закрытом транспорте (железнодорожных вагонах, контейнерах, закрытых автомашинах и т.д.) - группа 5 ГОСТ 15150-69.

## 2.8 Условия эксплуатации

Указания по установке и эксплуатации электродов приводится в руководстве по эксплуатации соответствующих машин контактной точечной сварки.

## 2.9 Основные типы электродов

Электроды состоят из следующих частей: рабочая часть, средняя часть и посадочная часть обеспечивающая соединение с электрододержателем контактной машины. Каждая часть электродов в процессе работы выполняет определённые функции.

Рабочая часть обеспечивает непосредственный контакт электрода со свариваемыми деталями и имеет рабочую поверхность 1 (рисунок 2.1), форма и размеры которой являются важной технологической характеристикой электрода. В настоящее время наиболее распространены две формы рабочей поверхности: плоская и сферическая. Плоская рабочая поверхность у электродов определяется - диаметром $d_э$, цилиндрическая у роликов - шириной, сферическая - радиусом.

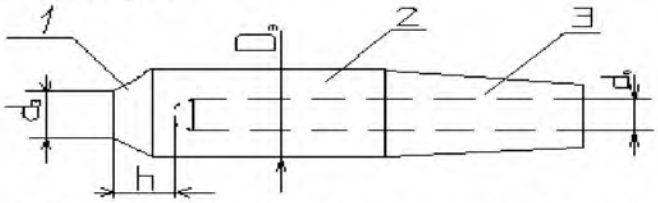


Рисунок 2.1 – Элементы конструкции электродов

Средняя часть электродов 2, как бы соединяет рабочую и посадочную части и определяется диаметром $D_э$. ГОСТ 14111-69 на прямые электроды установлены следующие размеры $D_э$: 12, 16, 20, 25, 32 и 40. В зависимости от максимального усилия электродов машины $F_э$ (в кг) диаметр средней части может быть определен из соотношения $D_э = (0,4 – 0,6) F^{1/2}$. Средняя часть обычно используется для закрепления соответствующих инструментов, применяемых при съёме электродов.

Части электродов, обеспечивающие их соединение с элементами вторичного контура машины, должны удовлетворять требованиям надежной передачи сварочного тока и усилия сжатия. У электродов для точечной сварки эти функции выполняет посадочная (конусная) часть 3 (рисунок 3.1).

В целях получения хорошего электрического контакта, соединительные поверхности должны быть обработаны не ниже 7 и не должны иметь механических повреждений, следов окислов и других повреждений.

Внутренняя часть большинства электродов имеет канал (рисунок 3.1) для подачи охлаждающей воды. Внутри охлаждающего канала вставлена трубка, по которой поступает вода. Диаметр охлаждающего канала $d_0$ определяется необходимым для охлаждения расходом воды и достаточной прочностью электрода. В зависимости от диаметра электрода диаметр канала $d_0=(0,5 - 0,6)D_0$. Расстояние h от рабочей поверхности до дна охлаждающего канала оказывает значительное влияние на эксплуатацию электродов. По опытным данным h следует выполнять равным $(0,75 - 0,8)D_э$.

В зависимости от конфигурации средней части электрода для точечной сварки подразделяются на прямые и фигурные. Прямые электроды выполняются с симметричным расположением рабочей поверхности и со смещённой или скошенной рабочей поверхностью.

К фигурным относятся электроды, у которых ось, проходящая через центр рабочей поверхности, значительно смещена относительно оси посадочной части. Наибольшее распространение имеют прямые электроды, которые используются при сварке деталей, имеющих свободные подходы для электродов. Однако в ряде сложных конструкций с применением фигурных электродов выполняется до 60 % сварных точек.

Наконец, при точечной и роликовой сварке используется ещё один вид электродов – специальные, к которым относятся: самоустанавливающиеся (качающиеся) электроды, выполняющие роль промежуточных токоподводящих вставок.

Следует отметить, что высокое качество и надежность соединений и требуемая производительность процесса точечной сварки могут быть достигнуты только при условии оптимального сочетания свойств металла электродов, конструкции, формы и размеров их рабочей поверхности, а также правильной эксплуатации.

## 2.10 Технология восстановления электродов контактной сварки методом горячей штамповки

### 2.10.1 Краткий технологический процесс восстановления электродов методом горячей штамповки

Отработанные (изношенные) электроды (также можно использовать любой медный или бронзовый лом) укладывают в разливочный узел 2 индукционной печи, состоящей из блока управления 3 и блока согласования 4 (рисунок 2.2) и сверху покрывают слоем древесного угля для защиты металла от окисления. После расплавления металла в него погружают лигатуру в соответствии с требованиями заказчика. Например:

- если для изготовления электродов используют медь и медную стружку марки М1 и М2, то добавляют лигатуру с содержанием 0,8-1,0 мас. % хрома.
- если для изготовления электродов используют отработанные электроды, участвовавшие при сварке арматуры, то добавляют лигатуру с содержанием 0,2-0,4 мас. % хрома, так как отработанные электроды уже содержат в своем составе хром, а по мере плавления медного сплава, некоторая часть хрома выгорает. Рациональность применения дополнительного легирования обусловлена необходимостью надежного воспроизведения заданного состава сплава, снижения температуры перегрева расплава, сокращения энергетических затрат.

Электродный материал, разогретый до 1300 $^0$C, заливают в матрицу технологической оснастки. Когда температура расплавленного металла снижается до 850-900 °С в электроде штампуется отверстие, которое охлаждает электрод в процессе сварки.

Следующей технологической операцией является термическая обработка – закалка. В результате закалки приобретается требуемое сочетание физических, механических и эксплуатационных свойств. Без закалки применение дисперсионно твердеющих сплавов нецелесообразно. Температура электрода после штамповки 750-800 $^0$C. Электрод, имея данную температуру, попадает в холодную проточную воду и выдерживается в течении 10 - 20 минут, после чего просушивается.

Окончательными операциями являются: калибровка электродов и их последующая очистка.

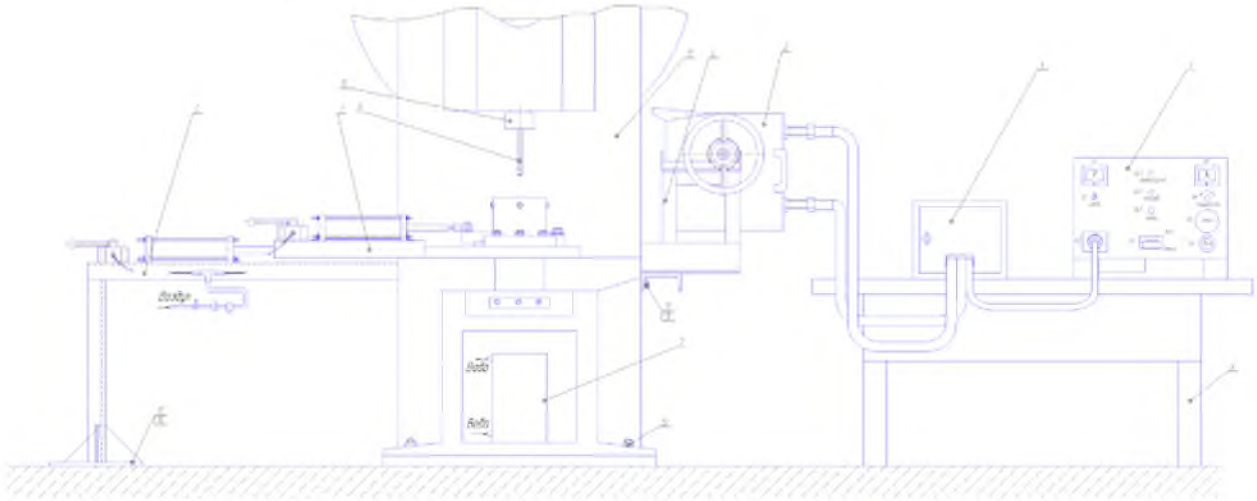

Рисунок 2.2 – Установка для штамповки электродов

### 2.10.2 Расплавление электродного сплава и применяемые лигатуры

Плавку электродных сплавов, как и других низколегированных медных сплавов, в принципе можно осуществлять в любых печных агрегатах под слоем древесного угля или сажи, в атмосфере инертного газа, под флюсом, в вакууме, электрошлаковым методом.

Однако, независимо от метода плавки и плавильного агрегата, присутствие в составе этих сплавов легирующих элементов с большим сродством к кислороду (Cr, Ti, Zr, Be, V, Si) и во многих случаях весьма малые допуски на легирование (иногда до 0,03 %), а также требование к чистоте сплавов по примесям, главным образом для сплавов с относительно высокой проводимостью, определяют некоторые особенности технологии. Одной из таких особенностей является целесообразность во многих случаях применения в шихте двойных или более сложных медных лигатур. Рациональность применения лигатур обусловлена необходимостью

надежного воспроизведения заданного состава сплава, снижения температуры перегрева расплава, сокращения энергетических затрат, уменьшения цикла плавки, снижения угаров дорогостоящих легированных элементов и зашлакованности плавильной ванны.

При изготовлении медных лигатур для плавки электродных сплавов и собственно электродов контактных машин следует обратить внимание на некоторые общие требования к лигатурам:

- основа лигатуры должна соответствовать основе сплавов, выплавляемых с ее применением (при плавке медных сплавов применяемая лигатура должна быть на медной основе). В противном случае весьма вероятно осложнение процесса растворения легирующих элементов в расплаве вследствие образования трудно растворимых или даже практически нерастворимых химических комплексов. Особенно возрастает эта опасность в случае применения комплексных лигатур, не содержащих меди;
- состав и распределение легирующих элементов в лигатуре должны обеспечивать, с одной стороны, надежное получение заданного состава, а с другой стороны достаточную производительность печных агрегатов при производстве лигатуры и сплавов;
- температура плавления лигатуры должна быть не выше максимальной температуры перегрева медного расплава до введения легирующих элементов или после;
- состав и размеры слитков лигатуры должны позволять без затруднений поводить операцию ее размельчения на куски, удобные для дальнейшей расшихтовки (дробление, резка, прокатка);
- особое внимание следует обращать на контроль качества лигатуры, который должен включать химический анализ на основные компоненты (при разработке технологии изготовления лигатуры – по высоте и сечению слитка), а также контроль неметаллических включений металлографическим или фрактографическим методом, для чего необходима соответствующая шкала эталонов.

Все электродные сплавы содержат десять компонентов (Ag, Cd, Cr, Zr, V, Co, Be, Ni , Si, Ni). Естественно, что обязательно применять лигатуры для введения всех этих элементов в медь нецелесообразно и нерационально. Введение в медь таких элементов, как Ni, Co, Ag, в большинстве случаев и кремния в чистом виде, практически не связано с какими - либо осложнениями. Обычно точность попадания в заданный состав по этим элементам не зависит от условий плавки, а определяется точностью расчета и подготовки шихты.

Остальные легирующие элементы необходимо вводить в расплав в виде лигатур. Основная технологическая трудность при плавке сплавов Cu-Cd связана с нестабильностью получения оптимального состава из-за низкой температуры кипения кадмия (767$^{o}$C). Упругость паров кадмия при температуре около 1000 $^{o}$C составляет 10588 мм рт. ст., что приводит к потерям более чем 50 % его при введении в расплавленную медь. Наиболее

рациональная, технология основана на одновременном протекании процессов растворения меди в расплавленном кадмии и диффузии его в медь в жидком и газообразном состоянии. Для осуществления процесса определенные навески меди и кадмия одновременно помещают в тигель, который закрывают крышкой. Щель между крышкой и тиглем замазывают пастообразной смесью, состоящей из огнеупорной глины, кварцевого песка, волокнистого асбеста, воды и жидкого стекла. Состав и пропорция компонентов этой смеси произвольны. Закрытый тигель помещают в муфельную, шахтную или индукционную печь и нагревают до температуры 650-700 °С. Для сплава массой 20 кг достаточна выдержка в течение 30-40 мин. В этом случае получается лигатура, содержащая 50% Cd. Для получения более бедной по кадмию лигатуры процесс следует проводить аналогично описанному выше с той лишь разницей, что после выдержки в течении 30 мин при 650-700 °С тигель нагревается до 850 или 950 °С соответственно для получения лигатуры, содержащей 30 и 20% Cd. Потери кадмия при изготовлении лигатуры таким методом составляет не более 1 %. Применение лигатуры Cu-Cd при плавке сплавов Cu-Cd позволяет сократить потери кадмия в несколько раз, значительно увеличив тем самым вероятность получения заданного состава. При этом, естественно, получается ощутимый экономический эффект. Лигатуры Cu-Cr, Cu-V, Cu-Ti, Cu-Zr в принципе можно получать и в открытых печах, в частности как это характерно для лигатуры Cu-Cr. Однако наиболее качественная лигатура получается в вакуумных индукционных высокочастотных печах. Даже если учитывать, что серийное производство всех электродных сплавов осуществляется в открытых печах, изготовление лигатур для этого производства должна осуществляться в вакууме. В противном случае вследствие значительного содержания окислов хрома в лигатуре открытой плавке зашлаковывается печь для выплавки сплава, а расход лигатуры увеличивается почти вдвое по сравнению с расчетным содержанием хрома в сплаве и условным его содержанием в лигатуре. При плавке более сложных сплавов, чем двойные, применение лигатуры Cu-Cr низкого качества приводит к потерям циркония до 90 %. Кажущаяся экономичность открытой плавки по сравнению с вакуумной и соображения по нерентабельности применения сравнительно бедных лигатур не могут быть справедливыми для всех случаев.

Лигатуры Cu-Cr, Cu-V приготавливают в вакуумных индукционных высокочастотных печах по сходной технологии: расплавление и перегрев меди до температуры 1350-1400 °С; введение кускового хрома по частям (размер кусков хрома не должен превышать 20-25 мм в поперечнике); выдержка расплава для растворения хрома (время выдержки зависит от веса усадки) с одновременным повышением его температуры до 1550-1650 °С; захолаживание расплава до температуры литья. Оптимальное содержание хрома в лигатуре Cu-Cr составляет 8-10%, а в лигатуре Cu-V ванадия – 4-6%. Обе лигатуры пластичны, легко прокатываются как в горячем, так и в холодном состояниях. Обе лигатуры склонны к ликвации и поэтому их

следует отливать сравнительно небольшими слитками массой 15-25 кг. Последнее не означает, что соответственно такой же массы должна быть и плавка.

Лигатуры Cu-Ti и Cu-Zr также готовят в вакууме. В качестве шихты с равным успехом можно использовать как компактные компоненты, так и титановую и циркониевую губку. В отличие от лигатур Cu-Cr и Cu-V указанные лигатуры более богаты легирующим компонентом (содержат 30-40% Ti и 30-50% Zr), отличаются равномерным их распределением по высоте и сечению слитка, хрупки и сравнительно легко дробятся, не требуют при изготовлении высоких температур перегрева расплава, а следовательно, более технологичны.

Цирконийсодержащие электродные сплавы относятся к числу самых перспективных. С ростом их производства соответственно возрастёт и потребность в лигатуре Cu-Cr. Поэтому использование для изготовления лигатуры чистого циркония или даже циркониевой губки может оказаться не всегда экономически оправданным. В этой связи заслуживает внимания процесс получения такой лигатуры, основанный на восстановлении циркония из его соли (фторцирконата калия) магнием в присутствии меди по реакции $K_2ZrF_6+2Mg+ (Cu)= 2KF+2MgF_2+(Cu+Zr)$.

Шихту, состоящую из меди, магния (лигатуры Cu-Mg) фторцирконата калия, загружают в графитовый тигель слоями (сверху и снизу фторцирконат калия). Тигель помещают в высокочастотную индукционную печь и нагревают до 1200-1250$^{o}$C. В процессе всего цикла плавки содержимое тигля необходимо перемешивать графитовым стержнем. Вся плавка продолжается 40 - 50 минут. Извлечение циркония в лигатуру при этом методе плавки составляет 76 - 82 %, а выход годного – 90 - 95 %. При правильном ведении процесса остаточное содержание магния в лигатуре не превышает 0,02-0,03%. В зависимости от содержания компонентов в шихте и полноты протекания реакции восстановления фторцирконата калия магнием можно получать по существу любое содержание магния в лигатуре, или, другими способами, тройную лигатуру Cu-Zr-Mg.

Комплексные лигатуры на основе меди, лигатуры, содержащие более одного легирующего элемента, - это один из наиболее эффективных способов влияния на экономические показатели производства слитков из электродных сплавов. В настоящие время изготавливаются сплавы таких лигатур, как Cu-Zr-Cr, Cu-Zr-V, Cu-Ni-Be, Cu-Ni-Cr.

При этом технология производства комплексных лигатур практически не отличается по основным параметрам от технологии изготовления соответствующих двойных лигатур. Кроме того, введение в лигатуру некоторых элементов значительно ускоряет процесс растворения хрома и ванадия в жидкой меди.

Другой важной особенностью плавки медных сплавов является подготовка безкислородного медного расплава перед вводом легирующих элементов. Раскисление меди в зависимости от качества исходной шихты и

метода плавки может осуществляться как углеродом, так и металлическими раскислителями.

При плавке сплавов большое значение имеет порядок загрузки шихты. Наиболее активные элементы вводят в расплав в последнюю очередь. При этом необходимо учитывать, что независимо от того в чистом виде вводят легирующий элемент или в лигатуре, метод его введения должен обеспечивать непосредственное соприкосновение с зеркалом металла, а не со шлаком.

### 2.10.3 Подогрев матрицы

Подогрев матрицы необходим, так как медь обладает слишком высокой теплоотдачей и кристаллизуется мгновенно при соприкосновении с холодными материалами. Печь для подогрева матрицы состоит (рисунок 2.3): из корпуса 1 обмотанного асбестом и намотанного на него спирали из нихромовой проволоки и скрепляется при помощи кожуха 2. Пластина 3 необходима для подключения к питающей сети. На ней крепятся выходящий провод и питающий кабель. Печь устанавливается на матрицу и разогревает ее 20 минут, после чего можно производить заливку металла в матрицу.

Рисунок 2.3 – Печь для подогрева матрицы

### 2.10.4 Подготовка матрицы и пуансона

В начале процесса необходимо смазать полость матрицы и ударную поверхность пуансона смазочным материалом. Смазочные материалы при горячей штамповке применяют с целью снижения и усилия деформирования, охлаждения инструмента и предотвращения его разупрочнения, улучшения качества поверхности изделий при уменьшении износа инструмента. Одно из основных требований к смазочным материалам – хорошая экранирующая способность, т.е. способность надежно разделять поверхности деформированной заготовки и инструмента. Смазочный материал представляет собой графит с синтетическим маслом, соляный раствор с синтетическим маслом или без масла и смазывающе-охлаждающей жидкости на основе спиртово-сульфидной барды.

### 2.10.5 Процесс работы установки при заполнении матрицы горячим металлом и последующей штамповке

Штамповка цветных металлов и сплавов имеет ряд специфических особенностей, отличающий их технологию от технологии штамповки сталей.

При объёмной штамповке медь наиболее пластична при температурах 900-950 $^0$C. При более высокой начальной и более низкой конечной температурах штамповки медь становится хрупкой. В соответствии с диаграммами рекристаллизации медных сплавов кристаллические деформации составляют 10-15%.

Бронзы имеют наиболее высокую пластичность при температурах 870 $^0$C, а интервал температур штамповки составляет 850 – 900 $^0$C. В этом интервале температур металл находится в однофазном состоянии. При более высокой температуре происходит резкое понижение пластичности из-за роста в бронзе кристаллов бета фазы и ослабления прочности кристаллов. При 650-700 $^0$C пластичность бронз также резко снижается из-за образования зон хрупкости.

Оснастка для штамповки электродов спроектирована в *CAD* системе среднего уровня *SolidWorks*. Она собирается следующим образом (рисунок 2.4):

На плиту 1 устанавливается форма 2 и крепится шестью болтами 16. В форму 2 устанавливается матрица 3, крепится четырьмя болтами 12 и устанавливается клин неподвижный 4 и крепится болтом 13 к плите 1. Основание 6 с закрепленным по ГОСТ 5264-80-Δ2 на нем распределителем 11 и кронштейнами 8 с пневмоцилиндром 10, соединяется с плитой 1 и с пластиной торцевой 9 по ГОСТ 5264-80-Δ2. Вилка 7 пневмоцилиндра 10 соединяется клином подвижным 5 с помощью болта 19.

Установка работает следующим образом. Механизм перемещения 5 (рисунок 2.2) под давлением сжатого воздуха перемещает плиту 1 (рисунок 2.4) в крайнее правое положение. Эта операция отводит матрицу 3 (рисунок 2.4) от пуансона 9 (рисунок 2.2). В матрицу 3 (рисунок 2.4) из разливочного узла 2 (рисунок 2.2) с помощью механизма перемещения разливочного узла 6 (рисунок 2.2) заливается расплавленный металл. Механизм перемещения 5 (рисунок 2.2) под давлением сжатого воздуха перемещает плиту 1 с матрицей 3 (рисунок 2.4) точно под пуансон 9 (рисунок 2.2), металл в это время остывает до температуры 850-900°C. Под действием усилия кривошипного пресса 11, пуансон 9 (рисунок 2.2) пробивает отверстие в металле. Поскольку кривошипный пресс 11 делает обратно-поступательные движения, то после опускания вниз пуансон 9 (рисунок 2.2) сразу поднимается вверх. Одновременно выполняются две операции:

- под давлением сжатого воздуха пневмоцилиндр 10 отводит клин подвижный 5 в крайнее левое положение, тем самым открывая дно

матрицы 3 (рисунок 2.4) и освобождая проход электрода в нижнюю часть кривошипного пресса 11 (рисунок 2.2).

- вторым ударом пуансона 9, электрод вылетает в охладитель 7 (рисунок 2.2) где происходит его термообработка.

Для производства следующего электрода цикл работы установки повторяется.

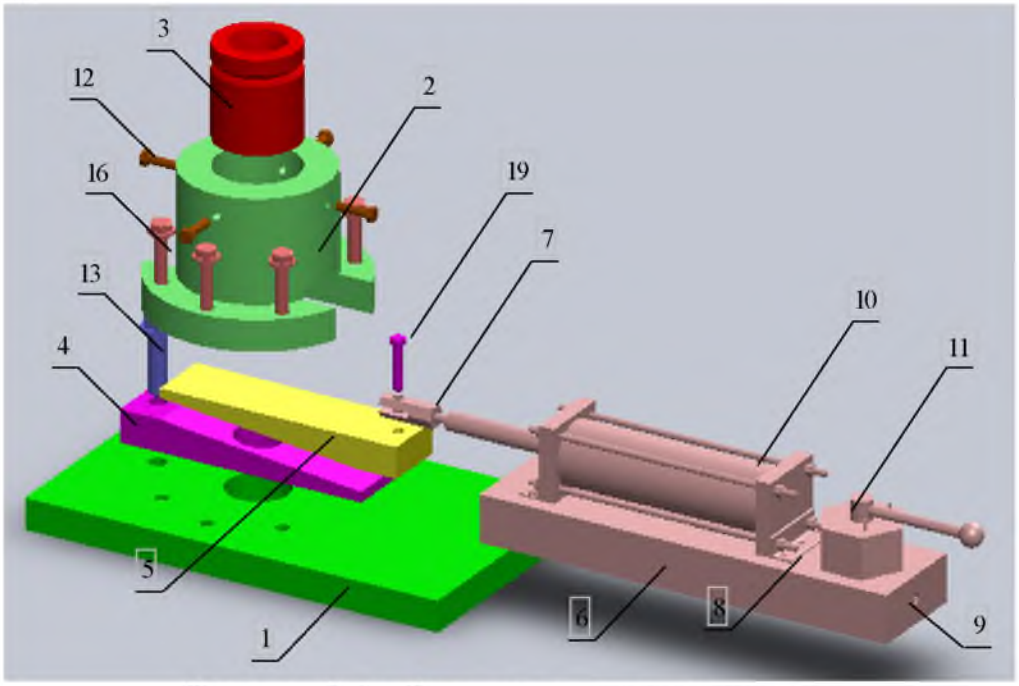


Рисунок 2.4 – Технологическая оснастка

### 2.10.6 Термообработка электродов

В момент падения электрода в охладитель (рисунок 2.5), его температура около 750-800 $^0$C. Электрод падает и плавно скатывается по наклонным листам на дно ящика; так как температура проточной воды 7 – 15 $^0$C, происходит мгновенное охлаждение (закалка) электрода.

Охладитель крепится в нижней части стола кривошипного пресса. Его основные части: 1 – корпус; 2 – вставка; 3 – сгоны; 4 – наклонные листы.

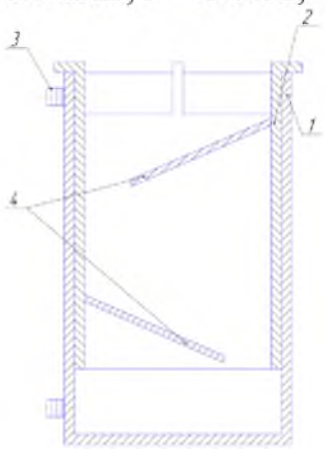


Рисунок 2.5 – Охладитель

### 2.10.7 Калибровка электродов

После закалки электроды протираются ветошью и придают нужный конус на установке (рисунок 2.6).

Посадочная часть электрода смазывается маслом; электрод устанавливается в матрицу 5, установленную в форме 6 и затянутую винтами 7; под усилием пресса электрод пуансоном 8 вбивается в матрицу 5 до упора. Перемещаясь вниз по матрице 5, электрод упирается в шток 1, тем самым перемещая его вниз вместе с верхней опорной шайбой 4. Шайба 4 сжимает пружину 2 установленную в корпусе 3. Так как пресс после удара возвращается в исходное положение, пружина 2 выталкивает пуансоном 1 электрод из матрицы 5. После установки следующего электрода цикл работы установки повторяется.

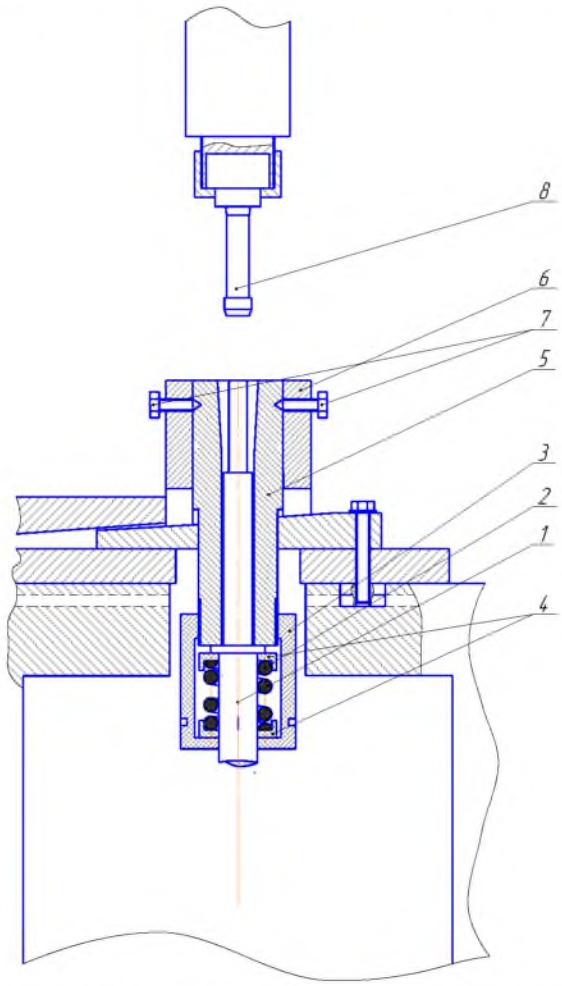


Рисунок 2.6 – Калибровка электродов

### 2.10.8 Очистка электродов

Для придания электродам товарного вида их очищают химическим способом. Электроды укладывают в емкость с химическим раствором на 10 - 15 минут, после чего промывают в проточной воде.

Состав смеси для очистки электродов (на литр воды):

1. $HNO_3$ (100 гр);
2. $H_2SO_4$ (180 гр);
3. HCl (1 гр).

Чтобы приготовить раствор, необходимо правильно его смешать. HCl выливается в $H_2SO_4$ после чего раствор выливается в емкость с литром воды, $HNO_3$ медленно заливаем в готовый раствор.

Очищая электроды в химическом растворе, необходимо точно выдерживать время очистки электродов. Если передержать электроды в растворе больше нужного времени, они, сильно окисляясь, начинают разрушаться.

## 2.11 Применяемое оборудование

Для изготовления электродов контактной сварки методом горячей штамповки применяется следующее оборудование:

- для расплавления металла – экспериментальную индукционную печь ИП-1;
- для штамповки электродного металла – кривошипный одностоечный пресс К-117 Д;
- экспериментальная технологическая оснастка для штамповки электродов;
- для проточки электродов применяем любой токарно-винторезный станок, нами применялся токарно-винторезный станок марки 1Е95.

Пресс предназначен для вырубки, неглубокой вытяжки, гибки и других холодно и горячештамповочных работ. Управление прессом педальное и кнопочное. Для безопасности работы имеется двурукая кнопочная блокировка. Пресс может работать на режимах автоматического и одиночного хода. Привод осуществляется от электродвигателя, установленного на прессе. Станина цельнолитая, коробчатого сечения. Муфта включения двухшпоночная. Тормоз ленточный, периодического действия. В ползуне имеются механический выталкиватель и срезная шайба, предохраняющая пресс от перегрузки. Регулирование штамповочного пространства и хода ползуна осуществляется вручную. В столе пресса имеется отверстие. Смазка пресса густая, подача – централизованная от ручного насоса через дозирующие питатели.

### Технические характеристики кривошипного пресса К-117 Д

| | |
|---|---|
| Номинальное усилие, т | 100 |
| Ход ползуна, мм | 20-100 |
| Число ходов ползуна в минуту | 75 |
| Наибольшее расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении, мм | 340 |

| | |
|---|---|
| Толщина подштамповой плиты, мм | 100 |
| Регулировка длины шатуна, мм | 100 |
| Размеры стола, мм | 840*560 |
| Электродвигатель: | |
| тип | АС 62-8 |
| мощность, кВт | 7 |
| число оборотов в минуту | 665 |
| Габаритные размеры, мм | 1360*1865*2680 |
| Масса, кг | 5467 |

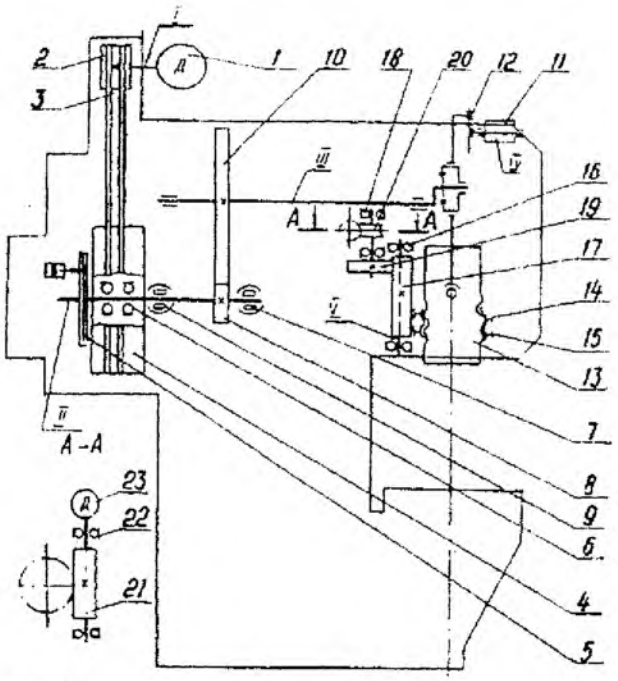


Рисунок 2.7 – Кинематическая схема кривошипного пресса

На рисунок 2.7 показана кинематическая схема пресса К-117 Д. Крутящий момент, развиваемый электродвигателем 1, передается через шкив 2, установленный на валу I, клиноременную передачу 3 на маховик 4, размещенный на промежуточном валу II на подшипниках 6, затем через пневмофрикционную жесткосблокированную муфту-тормоз 5 и зубчатую передачу 8, 10 на эксцентриковый вал главного исполнительного механизма.

Главный исполнительный механизм - кривошипно-ползунный четырехзвенник - состоит из ползуна 13, перемещающегося в регулируемых направляющих 14, 15, закрепленных на станине, шатуна и эксцентрикового вала III.

Ползун литой, чугунный, коробчатой формы, внутри него на резьбе установлен стакан с внешним зубчатым венцом, находящимся з зацеплении с шестерней 17 механизма регулировки межштампового пространства, привод которого - от индивидуального электродвигателя 23, через червячную дару 20, 21 и пару цилиндрических шестерен 17,19, вращающихся на подшипниках 16, 18, 22.

В нижней части ползуна в сквозном окне установлена планка, предназначенная для выталкивания изделий из верхней половины штампа.

Величина хода ползуна регулируется изменением радиуса кривошипа путем поворота эксцентриковой втулки, установленной на эксцентриковой шейке вала III. При этом настройка командоаппарата II для остановки ползуна в верхней мертвой точке производится автоматически.

На валу командоаппарата установлен указатель положения верхней мертвой точки ползуна.

Опорами промежуточного вала являются два самоустанавливающихся подшипника 7,9.

Для быстрой остановки маховика при включенном электродвигателе привода имеется тормоз маховика с пневматическим включением.

Подштамповая плита пресса оснащена устройством для выдвижения штампа, состоящим из подпружиненных роликов, установленных в подштамповой плите, и откидных консолей, несущих ролики.

Конструктивной особенностью пресса является расположение эксцентрикового вала перпендикулярно фронту.

Для плавки медных сплавов чаще всего применяют печи со стальным сердечником.

Такая печь представляет собой понижающий трансформатор, у которого вторичной обмоткой является находящийся в печи сплав.

Разливочный узел состоит из цилиндрического графитового тигля помещенного в латунный или бронзовый охлаждаемый змеевик, находящейся в стальном кожухе, футерованном шамотным кирпичом. Зазор между кирпичом, змеевиком и кожухом засыпается теплоизолирующей массой. В крышке имеется отверстие для загрузки шихты. На средний стержень печного трансформатора надета первичная катушка, изолированная от сердечника асбестовым цилиндром. Воздуховод служит для охлаждения первичной катушки во время работы печи. Поворот разливочного узла для выпуска металла осуществляется вручную. Электрический ток к первичной катушке подводится гибкими кабелями. В нижней части кожуха имеется крепление.

Преобразование электрической энергии в тепловую в этих печах происходит следующим образом. Переменный ток промышленной частоты, проходя первичную катушку, создает вокруг нее магнитный поток, замыкающийся через стальной сердечник трансформатора и индуцирующий вторичный ток в кольце сплава, находящегося в кольцевых каналах. При этом выделяется тепло, необходимое для плавки.

Сплав, находящийся в каждом из каналов, соединяется с ванной жидкого металла, расположенной в верхней части печи.

Благодаря разности удельных весов сильно нагретого сплава в нижней части каналов и более холодного сплава в шихте возникает снизу вверх тепловая циркуляция сплава в печи. Этот процесс протекает непрерывно, и

чем сильнее происходит перемешивание сплава в каналах, тем быстрее расплавляется и нагревается сплав в шихте.

Особенность плавки в индукционных печах заключается в том, что жидкий сплав, заполняющий подовые каналы, должен оставаться в печи после выпуска плавки для того, чтобы образовать замкнутую электрическую цепь при следующей плавке. Поэтому в индукционных печах затруднен переход с плавки одного сплава на плавку другого. В этом случае необходимо слить весь сплав из каналов и сделать несколько промывных плавок сплава неответственного назначения.

Подовые каналы выполняются одновременно с футеровкой печи двумя способами:

- Первый способ заключается в том что, каналы выполняются с помощью удаляемой модели и после сушки и нагрева печи заполняется жидким сплавом необходимого состава, выполненным в другой печи.

- Второй способ состоит в том что, каналы выполняются с помощью бронзовых трубок, имеющих форму канала. В процессе плавки они расплавляются и заполняют каналы.

После разогрева печи и заполнения кольцевых каналов жидким сплавом загружают предварительно хорошо подогретую шихту. Сначала загружают медь и расплавляют её, затем загружают отходы и вторичные сплавы. После расплавления всей шихты металл раскисляется и удаляется шлак. Затем вводят легкоплавкие составляющие шихты, предварительно хорошо подогретые, и доводят сплав до заданной температуры. Из печи сливают примерно 75 % готового сплава, оставляя около ¼ всего сплава в кольцевых каналов и в шихте над ними так, чтобы толщина слоя сплава составляла 30-50 мм. Следующая плавка начинается сразу же после очистки стенок печи от шлака.

В процессе плавки необходимо следить за состоянием каналов и своевременно прочищать их специальным инструментом, а также следить за бесперебойной работой вентилятора, охлаждающего первичную катушку.

К преимуществам индукционных печей относятся: небольшой угар, высокая производительность, высокая однородность сплава, бесшумность работы.

**Технические характеристики индукционной печи ИП-1**

| | |
|---|---|
| Рабочий объем тигля, $см^3$ | 1000 |
| Время нагрева пустого тигля до температуры 1300 $^0$С, мин | 40 |
| Рабочая частота, кГц | 44 ± 4 |
| Охлаждение индуктора жидкостное, принудительное с температурой на входе не более, $^0$С | 35 |
| Расход воды, л/мин | 10 |
| Входное давление воды, атм | 0,5...1,5 |
| Масса не более, кг | 80 |

| | |
|---|---|
| Напряжение питания, В | 380/220 |
| Частота, Гц | 50 |
| Потребляемая мощность не более, кВт | 6 |
| Уровень напряженности электромагнитного поля на рассеянии 0,5м от индуктора и соединительных кабелей не превышает: | |
| - по электрической составляющей, В/м | 20 |
| - по магнитной составляющей, А/м | 2 |
| Коэффициент полезного действия (КПД) не менее | 0,8 |

Основными сменными элементами технологической оснастки при изготовлении электродов контактных машин методом горячей штамповки, являются: матрица, пуансон и тигель.

Матрица (рисунок 2.8) является основным сменным элементом технологической оснастки, с помощью которой изготавливаются электроды. Матрицу изготавливают на токарном станке из стали У8-13 ГОСТ 1435-99 нужных типоразмеров с последующей термообработкой (закалка при температуре 750-780 $^0$С в масле).

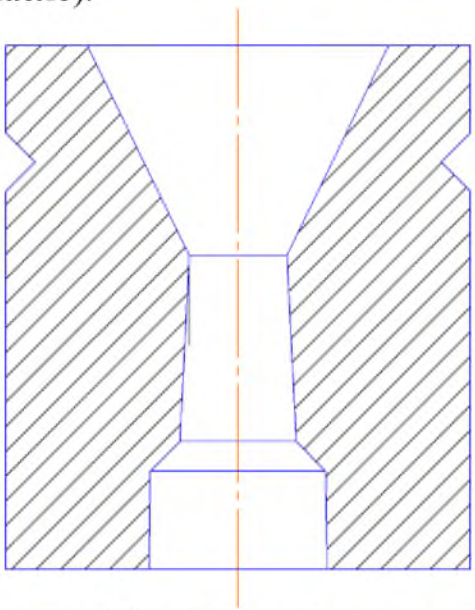

Рисунок 2.8 – Матрица электродная

Пуансон (рисунок 2.9) является основным сменным элементом технологической оснастки, с помощью которого штампуется охлаждающее отверстие в электроде. Пуансон изготавливают на токарном станке из стали У8-13 ГОСТ 1435-99 нужных типоразмеров с последующей термообработкой (закалка при температуре 750-780 $^0$С в масле).

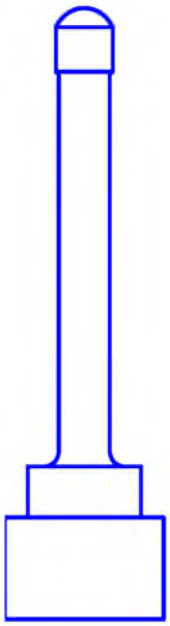

Рисунок 2.9 – Пуансон

Тигель (рисунок 2.10) изготавливается из графита, он является самым изнашиваемым элементом технологической оснастки. Работы одного тигля хватает для изготовления 695 шт. электродов.

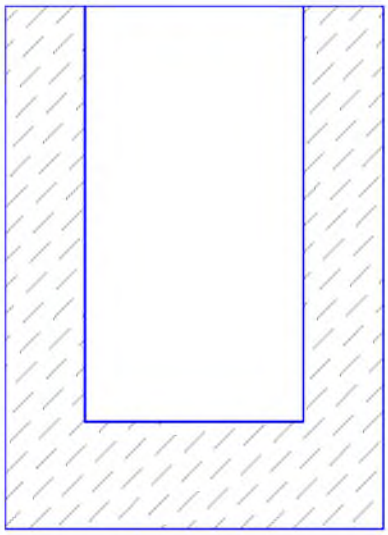

Рисунок 2.10 – Тигель

Для перемещения клина и нижней плиты используем пневмоцилиндры. Пневматическая система изображена на рисунке 2.11.

Компрессор 1 подает воздух в систему. Воздух под давлением проходит через влагоотделитель 2, маслораспылитель 3, пневмоклапан 4, попадая на распределители 5. Переключая ручку распределителя 5 вправо, воздух, попадая в левую часть пневмоцилиндра 6, перемещает шток в крайнее правое положение, тем самым первый пневмоцилиндр 6 закрывает

клином дно матрицы, не давая проникнуть расплавленному металлу; второй пневмоцилиндр 6 перемещает нижнюю плиту для заливки расплавленного металла. После заливки расплавленного металла, переключая ручку распределителя 5 влево, воздух, попадая в правую часть цилиндра, перемещает шток в крайнее левое положение, тем самым перемещая нижнюю плиту. После штамповки электрода, переключая ручку распределителя 5 влево, воздух, попадая в правую часть цилиндра, перемещает шток в крайнее левое положение, тем самым перемещая клин и открывая дно матрицы.

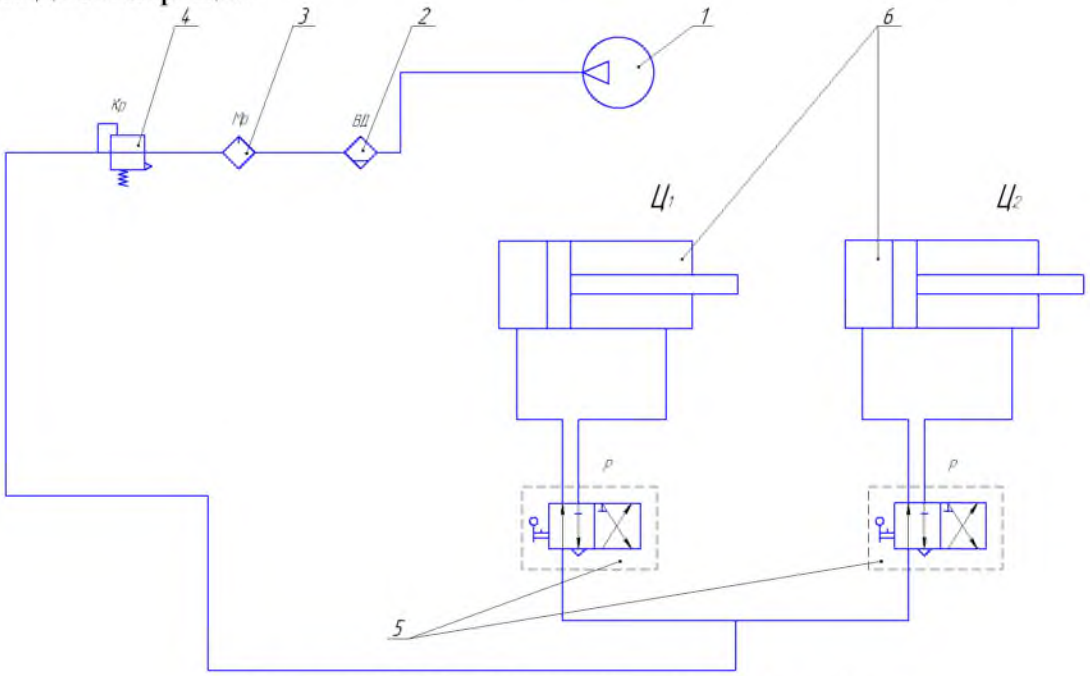


Рисунок 2.11 – Пневматическая схема

## 2.12 Получение опытной партии восстановленных образцов электродов

Изготовление опытной партии электродов проводилось по описанной технологии.

На рисунке 2.12 представлена фотография экспериментальной установки в сборе.

Рисунок 2.12 – Установка в сборе

На рисунке 2.13 показано расплавление металла в индукционной печи.

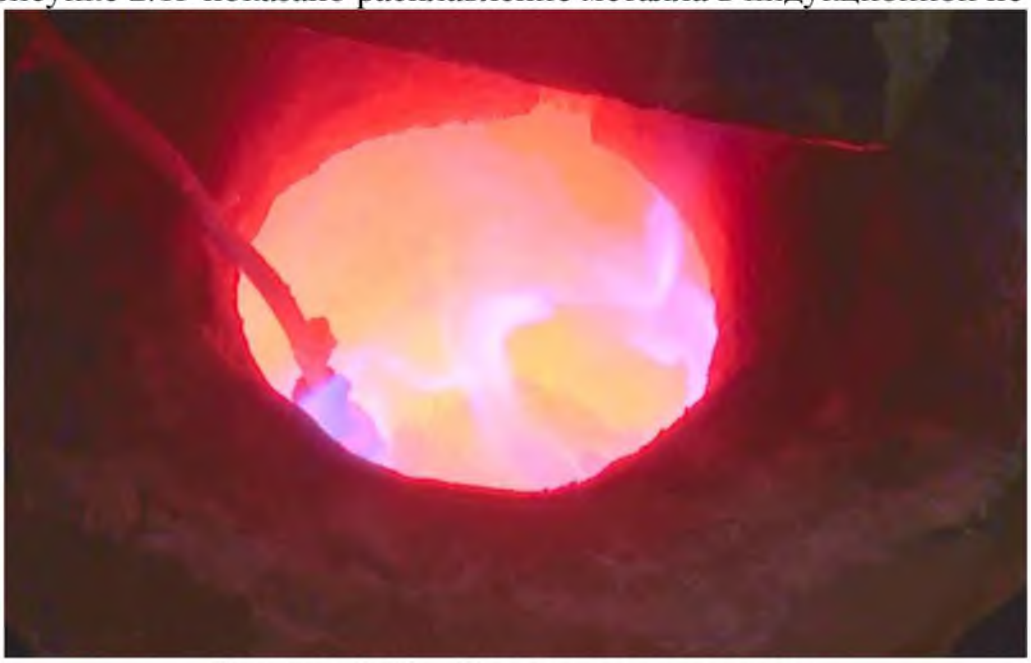

Рисунок 2.13 – Расплавление металла

На рисунке 2.14 показан процесс заливки расплавленного металла в матрицу для последующей штамповки электрода.

Рисунок 2.14 – Заливка металла

На рисунке 2.15 представлен процесс штамповки металла.

Рисунок 2.15 – Штамповка металла

На рисунке 2.16 представлены опытные образцы восстановленных электродов.

Рисунок 2.16 – Опытные образцы восстановленных электродов

## 2.13 Испытания электродов

Качество электрода любого типа контактной сварки определяется его стойкостью, т.е. способностью сохранять в определенных пределах, исходные размеры и форму рабочей поверхности. В конечном счете, от формы и размеров рабочей части электродов зависит качество сварного соединения. Износ рабочей части электродов и связанное с этим увеличение площади контакта электрод-свариваемая деталь, уменьшают плотности тока и давления в месте сварки и, как следствие этого, к изменению размеров литого ядра по сравнению с оптимальным, снижению прочности соединения и его качества, ухудшению внешнего вида свариваемой детали.

В соответствии с ГОСТ 14111-90, стойкость электродов оценивается минимальным числом качественно выполненных сварных точек до первой переточки (зачистки) электрода и числом сварных точек до его полного износа. Однако, учитывая огромное количество факторов, влияющих на работоспособность электродов, условность такой ее оценки очевидна. Тем не менее в ряде случаев оценка стойкости электродов все же необходима. Это требуется прежде всего при выборе или разработке оптимального состава электродного материала, типовых испытаниях электродов, связанных с аттестацией их качества, испытаниях новых конструкций электродов и в некоторых других случаях.

Чтобы исключить влияние как можно большего количества факторов и обеспечить требуемую объективность оценки работоспособности электрода, испытания проводим на одной сварочной машине, сваривая материал одной марки, разной толщины и качества поверхности и задаваясь при этом вполне определенными параметрами сварки (темп сварки, энергетические параметры, давление на электроды, условия охлаждения). Общепризнанным показателем стойкости считается количество точек, сваренных до увеличения диаметра исходной рабочей поверхности на 20%, а если этого не происходит

за заданное количество сварок, то общее увеличение диаметра при сварке 10000 точек. Измерения рабочей поверхности электрода проводят по отпечатку на свинцовой пластинке через определенное количество сварок или по следу на белой бумаге через копировальную.

Испытание полученных образцов электродов производили на контактной машине МПТУ-300. Сваривали крестовые соединения стержней арматуры диаметром 10+40 из стали 35 ГС. В результате испытаний для сварки стержней, были подобраны оптимальные режимы, приведенные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Режимы и результаты сварки крестовых соединений двух стержней арматуры из стали 35ГС диаметрами 10+40 мм

| Усилие на электродах, кг | Сварочный ток, кА | Темп сварки, т/мин | Время сварки, с. | Длительность выдержки под током, с. |
|---|---|---|---|---|
| 580 | 23,6 | 30 | 0,25-0,72 | 0,47 |

В таблице 2.2 приведены результаты испытаний полученных электродов после 1000 контактов сварки крестовых соединений стержней арматуры диаметром 10+40 из стали 35 ГС.

Таблица 2.2 - Результаты испытаний полученных электродов

| Образцы электродов | Твердость | | Масса электродов, гр. | | | Осадка электродов после сварки, мм |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | HBR | HB | до сварки | после сварки | потеря | |
| №1 (верхний) | 117 | 241 | 114,7 | 113,9 | 0,8 | 1,73 |
| №2 (нижний) | 120 | 269 | 116,1 | 114,8 | 1,3 | 2,19 |

Расчетную стойкость по износу (долговечности) электродов определяется по формуле:

$$N_э = N_o \cdot \frac{L_p}{L_o} \cdot 1000, \qquad (2.1)$$

где $N_o$ – коэффициент, учитывающий улучшение охлаждения контактной части электродов из-за уменьшения расстояния при износе до канала охлаждения, 1…1,2;

$L_p$ – длина расходуемой части электрода, 10 мм;

$L_o$ - износ расходуемой части электрода после проведения 1000 сварок, 0,4 мм.

$$N_э = 1{,}2 \cdot \frac{10}{0{,}4} \cdot 1000 = 30000$$

Стойкость по износу (долговечность) электродов из полученного сплава при сварке стержней арматуры диаметром 10+40 из стали 35 ГС составляет 30000 сварок.

Кроме того, по условиям технического задания данного проекта необходимо соблюсти следующие требования к опытным образцам электродов:

- Типоразмеры электродов по ГОСТ 14111-90;
- Электропроводимость не менее 50 % к электропроводимости меди;
- Твердость не менее 120 НВ.

# 3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

### 3.1 Назначение и условия эксплуатации электродов контактных машин

Электроды (рисунок 3.1) являются инструментом, осуществляющим непосредственный контакт машины со свариваемыми деталями. Электроды в процессе точечной сварки выполняют основные функции: сжимают детали, подводят ток, отводят тепло, выделяющиеся в деталях при сварке. Форма и размеры рабочей поверхности, контактирующей с деталями, и вся конструкция в целом оказывают значительное влияние на качество сварных соединений и производительность в целом.

Рисунок 3.1 - Электроды контактных машин

При точечной сварке электроды нагреваются до высоких температур за счёт тепла, выделяющегося непосредственно в них при протекании тока, и за счёт тепла свариваемых деталей. Расчёты показывают, что при точечной сварке алюминия в каждом из электродов выделяется 10-15% общего тепла, расходуемого на сварку.

Многочисленные исследования показали, что при точечной сварке, на рабочей поверхности электродов могут развиваться температуры до 750 градусов, а удельные давления могут достигать 40 кг/мм.

Характерной особенностью условий работы электродов является циклический характер действия температур и давлений (рисунок 3.2).

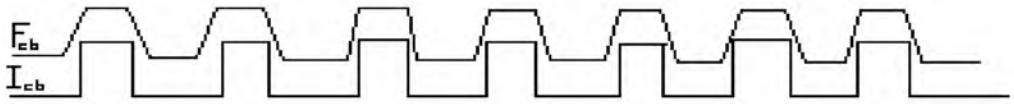


Рисунок 3.2 – Характер изменений тока $I_{св}$ и усилия $F_{св}$ в процессе точечной сварки

При точечной сварке относительно жестких режимах с малым теплом (25-30 точек/мин) за время паузы электрод успевает охлаждаться до начальной температуры. При сварке с большим теплом (100-150 точек/мин), а так же при использовании мягких режимов, температура снижается до некоторого значения. Максимальные рабочие температуры в электродах значительно превосходят температуру рекристаллизации сплавов, применяемых для изготовления электродов, а иногда при сварке некоторых металлов достигают температуры плавления.

Циклические нагревы при протекании тока усугубляются их водяным охлаждением, что вызывает образование дополнительных термических напряжений.

Напряжения, возникающие под действием усилия сжатия, могут значительно превышать предел текучести металла электродов. Электроды подвергаются также и действию нагрузок при неправильной установке и сдвиге.

Под действием усилия и высокой температуры в металле рабочей части электродов возникает неравномерная пластическая деформация, которая приводит к его неравномерному разупрочнению. Металл рабочей части подвержен сложному воздействию ползучести, термической усталости и динамических нагрузок низкой частоты. В металле электродов могут также иметь место упругая и пластическая деформации при переменном нагружении, отдых и рекристаллизация, коагуляция избыточных фаз, окисление поверхности и, наконец, разрушение.

Следует отметить, что трещины в электродах, как правило, образуются после увеличения диаметра рабочей поверхности электрода при сварке более чем на 20%, и поэтому при правильной эксплуатации электродов не отражается на их стойкости. Специфической особенностью работы электродов при сварке легких сплавов является налипание свариваемого металла на рабочую поверхность электродов и потемнение поверхности деталей в результате интенсивного перехода металла электрода на деталь.

### 3.2 Устройство для изготовления электродов контактных машин

При достаточном объёме сварки и особенно в массовом производстве расходуется большое количество электродов и роликов. Поэтому их изготовление может быть сопряжено со значительными затратами труда и металла, существенно влияющим на себестоимость процесса сварки. В связи

с этим очень важно выбрать наиболее рациональную технологию изготовления в зависимости от металла, конструкции, размеров и расхода электродов. Учитывая, что от электродов в большей степени зависит качество и надежность сварных соединений, нельзя рассматривать изготовление электродов как малоответственную и простую операцию, поручая её выполнение рабочим низкой квалификации и используя для этого малопригодное или изношенное оборудование.

На большинстве предприятий прямые электроды вытачиваются из прутков, обычно поступающих с металлургического завода в термически необработанном (для дисперсионно-упрочняемых сплавов) или отожженном состоянии. Такой способ изготовления электродов нерационален вследствие больших отходов металла, так как в стружку при этом идёт до 30-40% дефицитных медных сплавов. На предприятиях, где отход электродов очень большой, например на автомобильных заводах, прямые электроды изготовляются способом холодной высадки из прутков (штамповкой). При этом отходы металла в стружку сокращаются до 5-7%. Однако, часто трудно организовать выпуск электродов высокого качества из термоупрочняемых сплавов, главным образом из-за сложности проведения термической обработки, например закалки заготовок при температурах 950-1000 градусов Цельсия. Как правило, и себестоимость изготовления электродов на заводах-потребителях весьма высокая. Значительно более дешевые электроды выпускаются на специализированном предприятии.

Учитывая выше сказанное, была разработана совершенно новая, уникальная технология изготовления электродов. Была изготовлена технологическая оснастка необходимая для механизации заливки электродного металла в матрицу (рисунок 3.3). Механизация позволяет точно заливать металл в матрицу, исключая разлив металла в стороны, тем самым, экономится расплавленный металл.

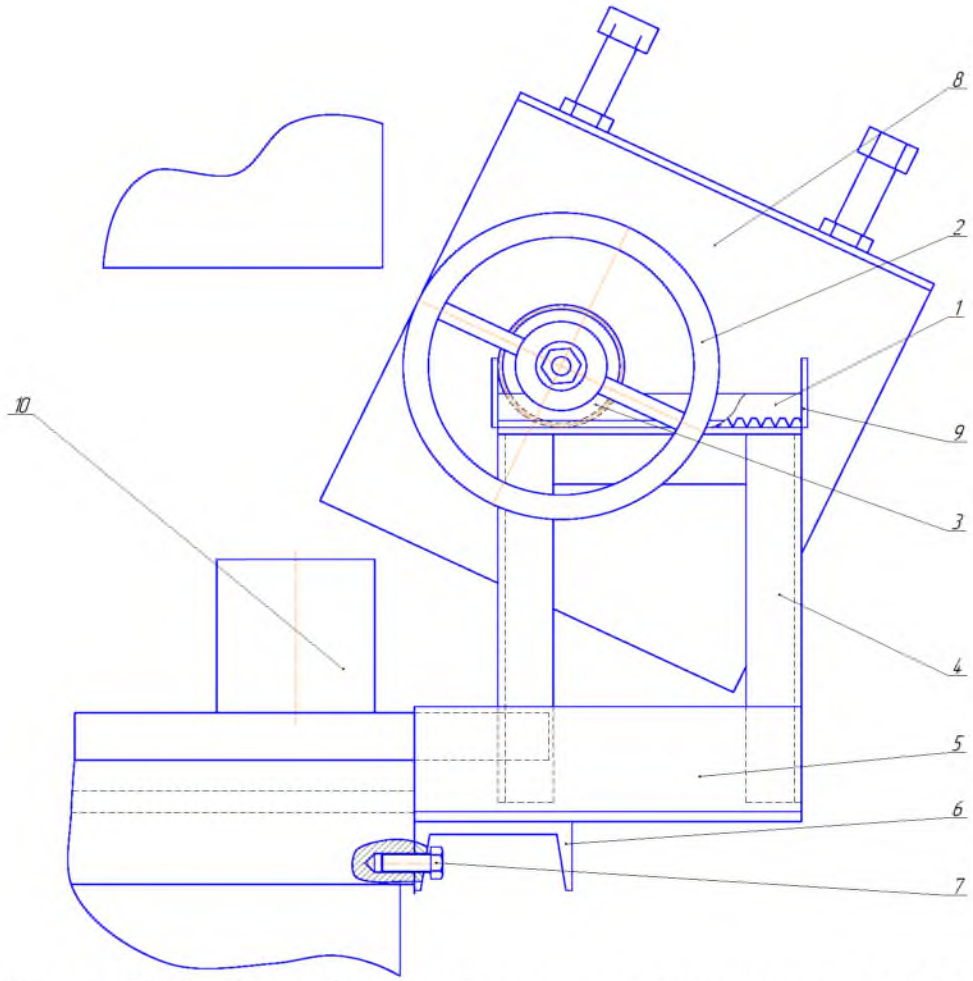


Рисунок 3.3 – Устройство для заливки электродного металла

Сборка устройства включает следующие операции:

1. На основание пресса тремя болтами 7 привернуть швеллер 6.
2. На швеллер 6 установить два уголка 5 регулируемых по ширине швеллера 6.
3. На каждый уголок 5 установить по два уголка 4 и приварить РДС.
4. Установить на уголки 4 направляющие 1 с упорами 9 и приварить РДС.
5. Установить разливочный узел 8 шестернями 3 на направляющие 1 и отрегулировать расстояние между напраляющими 1 и шестернями 3 с помощью перемещения уголков 5 по швеллеру 6.
6. Установить матрицу 10 на перемещающуюся плиту и проверить угол наклона разливочного узла 8 с помощью колеса изменения угла наклона 2.

### 3.3 Оборудование необходимое для изготовления электродов

Для плавки медных сплавов чаще всего применяют печи со стальным сердечником.

Такая печь представляет собой как бы понижающий трансформатор, у которого вторичной обмоткой является находящийся в печи сплав.

Печь состоит из цилиндрической шихты, находящейся в стальном кожухе, футерованном шамотным кирпичом. Зазор между кирпичом и кожухом засыпается теплоизолирующей массой. В крышке имеется отверстие для загрузки шихты. Подовый камень имеет два закрытых вертикальных канала, причем камень заключен в латунный или бронзовый корпус. На средний стержень печного трансформатора надета первичная катушка, изолированная от сердечника асбестовым цилиндром. Возхдупровод служит для охлаждения первичной катушки во время работы печи. Поворот печи для выпуска металла осуществляется электролебедкой с помощью троса и происходит вокруг оси. Электрический ток к первичной катушке подводится гибкими кабелями. В нижней части кожуха имеется крепление.

Преобразование электрической энергии в тепловую в этих печах происходит следующим образом. Переменный ток промышленной частоты, проходя первичную катушку, создает вокруг нее магнитный поток, замыкающийся через стальной сердечник трансформатора и индуктирующий вторичный ток в кольце сплава, находящегося в кольцевых каналах. При этом выделяется тепло необходимое для плавки.

Сплав, находящийся в каждом из каналов, соединяется с ванной жидкого металла, расположенной в верхней части печи.

Благодаря разности удельных весов сильно нагретого сплава в нижней части каналов и более холодного сплава в шихте возникает снизу вверх тепловая циркуляция сплава в печи. Этот процесс протекает непрерывно, и чем сильнее происходит перемешивание сплава в каналах, тем быстрее расплавляется и нагревается сплав в шихте.

Особенность плавки в индукционных печах заключается в том, что жидкий сплав, заполняющий подовые каналы, должен оставаться в печи после выпуска плавки для того, чтобы образовать замкнутую электрическую цепь при следующей плавке. Поэтому в индукционных печах затруднен переход с плавки одного сплава на плавку другого. В этом случае необходимо слить весь сплав из каналов и сделать несколько промывных плавок сплава неответственного назначения.

Подовые каналы выполняются одновременно с футеровкой печи двумя способами:

1. Первый способ заключается в том что, каналы выполняются с помощью удаляемой модели и после сушки и нагрева печи заполняется жидким сплавом необходимого состава, выполненным в другой печи.
2. Второй способ состоит в том что, каналы выполняются с помощью бронзовых трубок, имеющих форму канала. В процессе плавки они расплавляются и заполняют каналы.

После разогрева печи и заполнения кольцевых каналов жидким сплавом загружают предварительно хорошо подогретую шихту. Сначала загружают медь и расплавляют её, затем загружают отходы и вторичные сплавы. После расплавления всей шихты металл раскисляется и удаляется

шлак. Затем вводят легкоплавкие составляющие шихты, предварительно хорошо подогретые, и доводят сплав до заданной температуры. Из печи сливают примерно 75 % готового сплава, оставляя около ¼ всего сплава в кольцевых каналов и в шихте над ними так, чтобы толщина слоя сплава составляла 30-50 мм. Следующая плавка начинается сразу же после очистки стенок печи от шлака.

В процессе плавки необходимо следить за состоянием каналов и своевременно прочищать их специальным инструментом, а также следить за бесперебойной работой вентилятора, охлаждающего первичную катушку.

К преимуществам индукционных печей со стальным сердечникам относятся: небольшой угар, высокая производительность, высокая однородность сплава, бесшумность работы.

**Технические характеристики индукционной печи**

| | |
|---|---|
| Рабочий объем тигля, $см^3$ | 1000 |
| Время нагрева пустого тигля до температуры 1300 $^0$С, мин | 40 |
| Рабочая частота, кГц | 44 ± 4 |
| Охлаждение индуктора жидкостное, принудительное с температурой на входе не более, $^0$С | 35 |
| Расход воды, л/мин | 10 |
| Входное давление воды, атм | 0,5...1,5 |
| Масса не более, кг | 80 |
| Напряжение питания, В | 380/220 |
| Частота, Гц | 50 |
| Потребляемая мощность не более, кВт | 6 |
| Уровень напряженности электромагнитного поля на рассеянии 0,5м от индуктора и соединительных кабелей не превышает: | |
| - по электрической составляющей, В/м | 20 |
| - по магнитной составляющей, А/м | 2 |
| Коэффициент полезного действия (КПД) не менее | 0,8 |

Для штамповки электродного металла применяем кривошипный одностоечный пресс К-117 Д.

Пресс, предназначен для вырубки, неглубокой вытяжки, гибки и других холодно и горячештамповочных работ. Управление прессом педальное и кнопочное. Для безопасности работы имеется двурукая кнопочная блокировка. Пресс может работать на режимах автоматического и одиночного хода. Привод осуществляется от электродвигателя, установленного на прессе. Станина цельнолитая, коробчатого сечения. Муфта включения двухшпоночная. Тормоз ленточный, периодического действия. В ползуне имеются механический выталкиватель и срезная шайба, предохраняющая пресс от перегрузки. Регулирование штамповочного пространства и хода ползуна осуществляется вручную. В столе пресса

имеется отверстие. Смазка пресса густая, подача – централизованная от ручного насоса через дозирующие питатели.

Применяется на предприятиях машиностроительной, металлургической, судостроительной и других отраслей промышленности.

**Технические характеристики кривошипного пресса К-117 Д**

| | |
|---|---|
| Номинальное усилие, т | 100 |
| Ход ползуна, мм | 20-100 |
| Число ходов ползуна в минуту | 75 |
| Наибольшее расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении, мм | 340 |
| Толщина подштамповой плиты, мм | 100 |
| Регулировка длины шатуна, мм | 100 |
| Размеры стола, мм | 840*560 |
| Электродвигатель: | |
| тип | АС 62-8 |
| мощность, кВт | 7 |
| число оборотов в минуту | 665 |
| Габаритные размеры, мм | 1360*1865*2680 |
| Масса, кг | 5467 |

Для механической обработки после горячей штамповки используется токарно-винторезный станок марки 1Е95.

Станок токарный предназначен для выполнения различных токарных работ высокой точности, выполняемых в центрах, цанге, патроне и планшайбе, а также для нарезания метрических, дюймовых и модульных резьб.

Класс точности А.

Применяется на предприятиях приборостроительной, радиотехнической, инструментальной промышленности и точного машиностроения.

Климатическое исполнение – У.4.1.

В автоматическую линию не выстраивается.

**Технические характеристики токарно-винторезного станка марки 1Е95**

| | |
|---|---|
| Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над станиной, мм | 50 |
| Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм | 500 |
| Наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие в шпинделе, мм | 26 |
| Частота вращения шпинделя, об/мин | 25-2500 |
| Питающая электросеть: | |

| | |
|---|---|
| род тока | Переменный |
| частота тока, Гц | 50 |
| напряжение, В | 380 |
| Автомат на вводе: | |
| тип | АЕ2033 |
| ток, А | 10 |
| Электродвигатели: | |
| главного движения: | |
| тип | 4АХ80В4 |
| мощность, кВт | 1,5 |
| частота вращения, об/мин | 1400 |
| Габаритные размеры станка, мм | 1530*910*1385 |
| Масса, кг | 1365 |

### 3.4 Расчетная часть

#### 3.4.1 Определение массы падающих частей кривошипного пресса

При штамповке круглых поковок в закрытых штампах, необходимую для штамповки массу падающих частей штамповочного ползуна определяют по формуле.

$$G_0=5.6\ 10^{-4}\ б\ (1\text{-}0{,}0005\ D_п)\ ((3{,}75\ (b+D_п/4)\ 75+0{,}001\ D_п^2)+D_п,\ (b^2/2+bD_п/4+D_п^2/50)\ln\ (1+(2.5\ (75+0.001\ D_п^2))/D_п\ h_o)). \quad (2.1)$$

где $D_п$ – диаметр поковки, $см^3$;

б – предел текучести материала поковки при данной температуре, МПа;

b – ширина мостика облойной канавки, мм;

$h_o$ – толщина мостика облойной канавки, мм.

$D_п$=25мм.

б=110 МПа.

b=7 мм.

$h_o$=0.015 мм.

$G_o=5.6*10^{-4} * 110 * (1\text{-}0.0005*25) * ((3.75* (7+25/4) *75+0.001 *25^2)+25 *(49/2+7*25/4+25^2/50) * \ln (1+(2{,}5*(75+0{,}001*25^2))/25*0{,}015))=1105$ кг.

Массу падающих частей пресса простого действия можно определить по приведенным формулам, умножив найденное значение на переводной коэффициент.

$$G_{пм} = (1{,}5\text{-}1{,}8)G_o, \quad (2.2)$$

$G_{пм}$=1,5*1105=1658 кг

В зависимости от того, из кого материала изготовляется электрод, определяется масса падающих частей молота, это объясняется различными пределами текучести материала (см. таблицу 3.1).

Таблица 3.1 – Зависимость массы падающих частей молота от материала

| Материал | Предел текучести материала, МПа | Масса падающих частей, кг |
|---|---|---|
| Никель-бериллиевая бронза (БрНБТ) | 110 | 1658 |
| Хромовая бронза (БрХ) | 80 | 1221 |

### 3.4.2 Расчет печи для подогрева матрицы

Для подогрева матрицы используем специальный нагревательный прибор - печь (см. рисунок 3.4).

Рисунок 3.4 – Печь для подогрева матрицы

Для нормальной работы любого электронагревательного прибора его обмотка должна быть правильно рассчитана.

При прохождении электрического тока через проволоку выделяется «Джоулево» тепло, которое уходит вследствие теплоотдачи через поверхность проволоки. После включения тока температура проволоки постепенно повышается, пока через некоторое время не сделается постоянной, а именно такой, что количество теплоты, выделяющееся в проволоке, в точности равно количеству теплоты, уходящему вследствие теплопередачи.

Чем меньше диаметр проволоки, тем больше сопротивление единицы длины и, следовательно, тем больше по закону Джоуля-Ленца количество теплоты, выделяемое данным током на единице длины проволоки.

Исходные данные:

Проволока нихром d=1,7 мм.

Напряжение U=220 В.

Мощность N=3кВт.

1. Определяем длину проволоки.

$$L=R\ S/\rho, \qquad (2.3)$$

где R – сопротивление проволоки, Ом;
S – площадь сечения проволоки, $S=4.5\ 10^{-6}$ м$^2$;
$\rho$ - удельное электросопротивление нихрома, $\rho=106\ 10^{-8}$.

2. Определяем величину сопротивления проволоки, Ом.

$$R=U/I, \qquad (2.4)$$

где I – сила тока, А.

3. Находим силу тока, А

$$I=N/U, \qquad (2.5)$$

$I=3000/220=13.6$

$R=220/13.6=16.1$

$L=16.6\ 4.5\ 10^{-6}/106\ 10^{-8}=70$

После определения длины проволоки, определяем какое количество тепла (Дж) будет выделяться при протекании тока силой 13.6 А.

$$Q=R\ I^2\ t, \qquad (2.6)$$

где t – время протекания тока, ч.

$Q=16.1\ 184.96\ 1=3000.$

Опыт показал, что данного количества тепла достаточно для нагрева матрицы до 700°С.

### 3.4.3 Расчет механизма для калибровки конусной части электродов

Исходным условием для расчета являлось то обстоятельство, что при формировании посадочной части электрод испытывает сжимающие напряжения, равные пределу текучести. Эти напряжения действуют как распределенное удельное давление на соприкасающихся поверхностях. От него, в свою очередь, зависит величина силы трения между электродом и матрицей (рисунок 3.5).

Определив силу трения, можно узнать усилие, необходимое для выталкивания электрода из матрицы:

$$P \geq F_{\text{тр}}, \tag{2.7}$$

где $F_{\text{тр}}$ - сила трения.

$$F_{\text{тр}} = f \cdot dN, \tag{2.8}$$

где $f$ – коэффициент трения скольжения для материалов матрицы и электродов $f = 0{,}19$; $dN$ - нормальное давление на элементарной площадке $dS$.

$$dN = \sigma_{\text{т}} \cdot dS, \tag{2.9}$$

где $\sigma_{\text{т}}$ – предел текучести материала электрода,65 МПа.

$$F_{\text{тр}} = \int f \cdot \sigma_{\text{т}} \cdot dS, \tag{2.10}$$

$$dS = \pi \cdot (R + r) \cdot dL, \tag{2.11}$$

$$dL = \frac{dH}{\cos \alpha}, \tag{2.12}$$

$$R = r + H \cdot \text{tg}\, \alpha, \tag{2.13}$$

$$F_{\text{тр}} = \int_0^H \frac{f \cdot \sigma_{\text{т}} \cdot \pi}{\cos \alpha} \cdot (2r + H \cdot tg\alpha) \cdot dH, \tag{2.14}$$

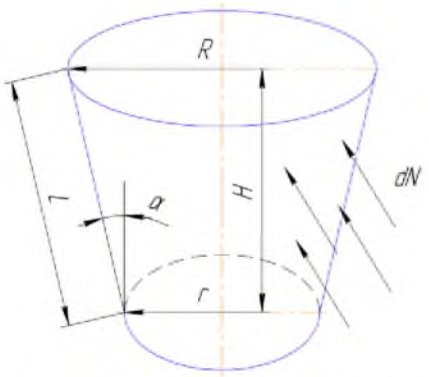


Рисунок 3.5 - Расчетная схема

($R$ – большой радиус конуса матрицы; $r$ - малый радиус конуса матрицы; $H$ - высота конуса; $L$ – образующая конуса; $\alpha$ - угол наклона образующей; $dN$ – нормальное давление)

Проинтегрировав выражение (2.14), получим формулу для определения силы трения в контакте электрод-матрица:

$$F_{\text{тр}} = \frac{f \cdot \sigma_{\text{т}} \cdot \pi \cdot H}{\cos \alpha} \cdot \left(2r + \frac{H}{2} \cdot tg\alpha\right), \tag{2.15}$$

$$F_{\text{тр}} = \frac{0{,}19 \cdot 65 \cdot \pi 3{,}14 \cdot 30}{0{,}998} \cdot \left(2 \cdot 7 + \frac{30}{2} \cdot 0{,}067\right),$$

$$F_{\text{тр}} = 1748$$

Принемаем с запасом P=18 кН.

Выталкивающее усилие должно обеспечиваться сжатием пружины на определенную величину $H$:

$$H = \frac{64 \cdot P \cdot r^3}{G \cdot d^4} \cdot i, \qquad (2.16$$

где $P$ – усилие, необходимое для выталкивания электрода;

$r$ – средний радиус пружины;

$G$ - модуль сдвига;

$d$ - диаметр проволоки;

$i$ - количество витков пружины.

Диаметр проволоки пружины определяем из условия:

$$d = 1{,}6 \cdot \sqrt{\frac{\kappa \cdot P_З \cdot C}{[\tau]_к}}, \qquad (2.17)$$

где $\kappa$ – коэффициент учитывающий кривизну витков и форму сечения;

$P_З$ – предельное усилие для пружины, при котором полностью исчерпываются упругие свойства материалов;

$C$ – индекс пружины;

$[\tau]_к$ – допускаемое напряжение при кручении.

Задаемся индексом С=4, тогда

$$\text{r} = \frac{4c-1}{4c+1} + \frac{0{,}615}{c},$$

$$\text{r} = 1{,}04.$$

P=1029Н.

Определим диаметр проволоки:

$$d = 1{,}6 \cdot \sqrt{\frac{1{,}04 \cdot 4 \cdot 1029}{400 \cdot 10^6}},$$

$$d = 5{,}2\text{мм}.$$

Принимаем диаметр $d = 6\text{мм}$.

Исходя из размеров конструкции принимаем $r = 12$мм, $i$=6,тогда

$$H = \frac{64 \cdot 18 \cdot 10^{3} \cdot (12 \cdot 10^{3})^{-3}}{30 \cdot 10^{-3} \cdot (6 \cdot 10^{-3})^{4}} \cdot 6,$$

$$H = 114\text{мм}.$$

# 4. ОРГАНИЗАЦИОННО ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В ходе экономического анализа необходимо:

1. Определить состав и величину затрат труда при применении данного способа изготовления электродов контактных машин.

2. Рассчитать величину капитальных вложений.

3. Определить капитальные удельные вложения.

4. Расчет экономического эффекта.

Затраты, связанные с внедрением технического решения и изготовления продукции по данному варианту, обобщаются в двух показателях: капитальных вложениях К и эксплуатационных расходах С.

Капитальные вложения – это сумма средств, которые необходимо затратить для внедрения данного технического решения. Капитальные вложения в основные средства – это стоимость оборудования: кривошипный пресс, печь индукционная, станок токарный. Капитальные вложения производятся сразу в момент внедрения соответствующего варианта.

Эксплуатационные расходы – это затраты на изготовление продукции. Эксплуатационные расходы повторяются с выпуском каждой новой единицей продукции и их относят к определенному периоду времени (обычно к году) и называют текущими затратами.

Годовой экономический эффект от внедрения в производство $Э_г$ рассчитывается по формуле (4.1).

$$Э_г = [(C_1 + E_н K_1) - (C_2 + E_н K_2)]N, \quad (4.1)$$

где $C_1$ и $C_2$ – технологическая себестоимость изделия по двум вариантам;

$E_н K_1$ и $E_н K_2$ – приведенные затраты по двум вариантам;

N – годовая программа выпуска изделий.

## 4.1 Расчёт норм времени и фондов времени оборудования и рабочих

Расчёт нормы времени зависит от типа производства. При массовом и крупносерийном производстве рассчитываем штучное время $t_{шт}$ по формуле (4.2)

$$t_{шт} = t_о + t_{вн} + t_{абс} + t_{отд}, \quad (4.2)$$

где $t_о$ - основное время операции;

$t_{вн}$ - вспомогательное время операции;

$t_{абс}$ - время, затраченное рабочими на уход за рабочим местом, равное 10 % от операционного;

$t_{отд}$ – время на отдых, равное 7% от операционного.

Расчет действительного фонда времени работы оборудования производим по формуле.

$$F_д^о = F_{ном} * к_{шпр}, \quad (4.3.)$$

где $F_д$ – действительный фонд времени работы оборудования, ч/год;

$F_{ном}$ – номинальный годовой фонд времени работы оборудования, ч/год;

$К_{шпр}$ – коэффициент, учитывающий время по плану на капитальный ремонт, равен он $К_{шпр}$ =0,97.

$$F_{ном} = Д_г * Ч_н / Д_н, \quad (4.4.)$$

где $Д_г$ – число дней работы в году;

$Ч_н$ – число часов работы, равно 40 ч;

$Д_н$ – число дней работы в неделю.

Действительный фонд времени рабочего времени рассчитаем по формуле.

$$F_д^р = F_{ном} * К_о, \quad (4.5)$$

где $К_о$ – коэффициент, учитывающий время по плану на отпуска, равен 1,12.

### 4.2 Расчет потребности в оборудовании и количестве рабочих

Количество оборудования рассчитываем по формуле (4.6).

$$Ср = t_{шт} * N / F_д^о * К_б * К_{пр}, \quad (4.6)$$

где N - годовая программа выпуска;

$К_б$ –коэффициент норм выработки, равный 1,2;

$К_{пр}$ – коэффициент, учитывающий простой оборудования, равен $К_{пр}$ =0,7.

Коэффициент загрузки оборудования рассчитывается как отношение расчетного числа оборудования к принятому.

Расчетное количество основных рабочих определяем по формуле (4.7.)

$$Р_р = t_{шт} * N / F_д * К_б, \quad (4.7)$$

Принятое количество основных рабочих определяем по принятому числу единиц оборудования с учетом режима работы предприятия. Количество вспомогательных рабочих определяем укрупненно в размере 30-35% от числа основных рабочих.

### 4.3 Расчет капитальных вложений

Капитальные единовременные вложения по сравниваемым вариантам определяются суммированием затрат на все виды производственного оборудования.

При сопоставлении вариантов обычно ограничиваются расчетом капитальных вложений в оборудование и приспособления.

При установке уже изготовленного оборудования капитальные вложения рассчитывают по формуле

$$K=N*S*L, \quad (4.8)$$

где К - капитальные вложения;

S - балансовая стоимость оборудования;

L - коэффициент загрузки оборудования.

Балансовая стоимость оборудования определяем следующим образом.

$$S=Ц\,(1+К_м+К_с+К_т), \quad (4.9)$$

где Ц- цена за единицу оборудования;

$К_м$ - коэффициент транспортно-заготовительных расходов;

$К_с$ - коэффициент учитывающий затраты на строительные работы, в том числе устройство фундамента для оборудования;

$К_т$ - коэффициент затрат на монтаж и освоение оборудования.

После расчета капитальных вложений в оборудование производят расчет себестоимости изготовления изделия по вариантам технологических процессов.

### 4.4 Расчет текущих затрат

Технологическая себестоимость $С_м$ на одно изделие включает затраты на материалы, на электроэнергию, заработную плату, расходы на содержание оборудования.

$$С_м=(1+К_{тз})\,(Q_м*Ц_м), \quad (4.10)$$

где $К_{тз}$ - коэффициент транспортно-заготовительных расходов;

$Q_м$ – норма расход материала;

$Ц_м$ – цена материала.

Затраты на электроэнергию рассчитываем по формуле

$$С_э = Ц_э* N_о *F_д, \quad (4.11)$$

где $Ц_э$ - цена одного киловатта энергии;

$N_о$ – потребляемая мощность оборудованием.

Затраты на заработную плату $С_з$ включает в себя основную $З_о$, дополнительную $З_д$ заработную плату и отчисления на социальное страхование $С_о$:

$$С_з = З_о + З_д + О_с, \quad (4.12)$$

Основную заработную плату определяют следующим образом:

$$З_о = t_{шт.} * Ч_{шт} * К_д, \quad (4.13)$$

где $t_{шт.}$ - штучное время на изготовления изделия;

$Ч_{шт}$ - часовая тарифная ставка рабочего;

$К_д$ – коэффициент, учитывающий величину доплат к тарифной заработной плате.

Дополнительную заработную плату производственных рабочих рассчитывают в процентах от основной:

$$З_д = З_о * Д, \quad (4.14)$$

где Д – процент дополнительной заработной платы.

Отчисления на социальные нужды определяют в процентах от суммы основной и дополнительной заработной платы.

$$О_с = (З_о + З_д)\ С, \quad (4.15)$$

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования $С_{об}$ включают амортизационные отчисления $А_о$, затраты на текущий ремонт и обслуживание оборудования $З_{тр}$.

$$А_о = S * n * Н_а * L / N * 100, \quad (4.16)$$

где $Н_а$ – норма амортизационных отчислений.

Затраты на текущий ремонт и обслуживание оборудования определяем по формуле.

$$З_{тр} = Р_о * S * n * L/N * 100, \quad (4.17)$$

где $Р_о$ - процент отчислений на текущий ремонт оборудования от балансовой стоимости.

Расчет всех числовых значений был проведен в программе EXCEL.

## 4.5 Расчет технико-экономических показателей

Таблица 4.1 - Базовый вариант

| **Расчет нормы времени и фондов времени оборудования и рабочих:** | |
|---|---|
| Время на операцию (н/ч) | 0,5 |
| Время затраченное рабочим на подготовку рабочего места (н/час) | 0,05 |
| Время на отдых (н/ч) | 0,03 |
| Штучное время (н/ч) | 0,58 |
| **Расчет действительного фонда времени работы оборудования:** | |
| $К_{пр}$-коэффициент учитывающий время на ремонт оборудования | 0,97 |
| $F_{ном}$-номинальный фонд работы оборудования ч/год | 1984 |
| $Д_{ч}$-число рабочих дней в году | 248 |
| $Ч_{н}$-число часов работы в неделю | 40 |
| $Д_{н}$-число дней работы в неделю | 5 |
| $F_{д}$-действительный фонд работы оборудования ч/год | 1924,48 |
| $F_{д\ раб}$-действительный фонд рабочего времени ч/год | 2222,08 |
| $К_{о}$-коффициент учитывающий время по плану на отпуска | 0,88 |
| **Расчет потребности в оборудовании и количестве рабочих:** | |
| N-годовая программа выпуска изделий (шт) | 50000 |
| $К_{б}$-коэффициент выполнения норм выработки | 1,2 |
| $К_{пр}$-коэффициент учитывающий простой оборудования | 0,8 |
| $С_{р}$-количество оборудования (шт) | 18,09 |
| $С_{р.пр}$-принятое количество оборудования (шт) | 18 |
| $К_{загр}$-коэффициент загрузки оборудования | 1 |
| $Р_{р}$-количество рабочих | 10,97 |
| $Р_{р.пр}$-количество принятых рабочих | 18 |
| $К_{з}$-коффициент занятости рабочих | 0,61 |
| $Р_{всп.\ раб}$-количество вспомогательных рабочих | 5 |
| **Расчет капитальных вложений:** | |
| Ц-цена за единицу оборудования (станок токарный) (руб) | 79000 |
| $К_{т}$-коэффициент транспортно-заготовительных расходов | 1,2 |
| $К_{м}$-коффициент учитывающий затраты на монтаж | 1,2 |
| $К_{с}$-коффициент учитывающий затраты на строительные работы | 1,2 |
| S-балансовая стоимость оборудования (станок токарный) | 363400 |
| КАПИТАЛЬНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ (РУБ) | 6575338 |
| **Расчет текущих затрат:** | |
| $С_{о}$-процент отчислений на социальные нужды | 30% |
| $К_{д}$-процент дополнительной заработанной платы | 15% |
| $К_{д}$-коффициент доплат | 1,5 |
| $Ч_{т}$-часовая тарифная ставка | 22 |
| $З_{д}$-дополнительная заработная плата (руб) | 1,71 |
| $З_{о}$-основная зароботная плата (руб) | 11,37 |
| $С_{з}$-затраты на оплату труда с одного изделия (руб) | 17,89 |
| Зарплата на весь объем изделий (руб) | 894552 |
| **Затраты на материалы:** | медный пруток |
| Цена материала (руб) | 389,00 |
| $Q_{i}$-норма расход материала (кг) | 5000 |
| $К_{тз}$-коэффициент транспортно-заготовительных расходов | 0,05 |

| | |
|---|---|
| Затраты на материалы (руб) | 992250 |
| **Затраты на электроэнергию:** | |
| Ц- цена кВт энергии (руб) | 2,2 |
| N-затраты на электроэнергию (руб) | 7159 |
| **Затраты на содержание оборудования:** | |
| $Н_а$-норма амортизационных отчислений (%) | 27 |
| Амортизационные отчисления | 39,98 |
| $Р_о$-процент отчислений на текущий ремонт оборудования | 15% |
| $З_{тр}$-затраты на технический ремонт | 0,13 |
| Затраты на содержание оборудования (руб) | 2005478 |
| ТЕКУЩИЕ ЗАТРАТЫ (руб) | 3899439 |

Таблица 4.2 - Проектируемый вариант

| | |
|---|---|
| **Расчет нормы времени и фондов времени оборудования и рабочих:** | |
| Время на операцию (н/ч) | 0,16 |
| Время затраченное рабочим на подготовку рабочего места (н/час) | 0,016 |
| Время на отдых (н/ч) | 0,012 |
| Штучное время (н/ч) | 0,187 |
| **Расчет действительного фонда времени работы оборудования:** | |
| $К_{пр}$-коэффициент учитывающий время на ремонт оборудования | 0,97 |
| $F_{ном}$-номинальный фонд работы оборудования ч/год | 1984 |
| $Д_ч$-число рабочих дней в году | 248 |
| $Ч_н$-число часов работы в неделю | 40 |
| $Д_н$-число дней работы в неделю | 5 |
| $F_д$-действительный фонд работы оборудования ч/год | 1924,48 |
| $F_{д\,раб}$-действительный фонд рабочего времени ч/год | 2222,08 |
| $К_о$-коффициент учитывающий время по плану на отпуска | 0,88 |
| **Расчет потребности в оборудовании и количестве рабочих:** | |
| N-годовая программа выпуска изделий (шт) | 50000 |
| $К_б$-коэффициент выполнения норм выработки | 1,2 |
| $К_{пр}$-коэффициент учитывающий простой оборудования | 0,8 |
| $С_р$-количество оборудования (шт) | 5,79 |
| $С_{р.пр}$-принятое количество оборудования (шт) | 6 |
| $К_{загр}$-коэффициент загрузки оборудования | 1 |
| $Р_р$-количество рабочих | 3,51 |
| $Р_{р.пр}$-количество принятых рабочих | 6 |
| $К_з$-коффициент занятости рабочих | 0,61 |
| $Р_{всп.\,раб}$-количество вспомогательных рабочих | 2 |
| **Расчет капитальных вложений:** | |
| Ц-цена за еденицу оборудования (кривошипный пресс) (руб) | 99500 |
| Ц-цена за еденицу оборудования (станок токарный) (руб) | 79000 |
| Ц-цена за еденицу оборудования (печь индукционная) (руб) | 55000 |
| Технологическая оснастка (руб) | 5000 |
| $К_т$-коэффициент транспортно-заготовительных расходов | 1,2 |
| $К_м$-коффициент учитывающий затраты на монтаж | 1,2 |
| $К_с$-коффициент учитывающий затраты на строительные работы | 1,2 |
| S-балансовая стоимость оборудования (кривошипный пресс) (руб) | 457700 |

| | |
|---|---|
| S-балансовая стоимость оборудования (станок токарный (руб) | 363400 |
| S-балансовая стоимость оборудования (индукционная печь) (руб) | 253000 |
| S-балансовая стоимость оборудования (технологическая оснастка) (руб) | 23000 |
| КАПИТАЛЬНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ (РУБ) | 6352276 |
| **Расчет текущих затрат:** | |
| $С_о$-процент отчислений на социальные нужды | 30% |
| $К_д$-процент дополнительной заработанной платы | 15% |
| $К_д$-коффициент доплат | 1,5 |
| $Ч_т$-часовая тарифная ставка | 22 |
| $З_д$-дополнительная заработная плата (руб) | 0,55 |
| $З_о$-основная зароботная плата (руб) | 3,64 |
| $С_з$-затраты на оплату труда с одного изделия (руб) | 5,73 |
| Зарплата на весь объем изделий (руб) | 286256,95 |
| **Затраты на материалы:** | |
| Цена материала (руб)<br>- медь (утилизированная)<br>- хром | <br>120<br>600 |
| $Q_i$-норма расход материала (кг) | 5000 |
| $К_{тз}$-коэффициент транспортно-заготовительных расходов | 0,05 |
| Затраты на материалы (руб) | 528150 |
| **Затраты на электроэнергию:** | |
| Ц- цена кВт энергии (руб) | 2,2 |
| N-затраты на электроэнергию (руб) | 101583 |
| **Затраты на содержание оборудования:** | |
| $Н_а$-норма амортизационных отчислений (%) | 27 |
| Амортизацонные отчисления | 38,62 |
| $Р_о$-процент отчислений на текущий ремонт оборудования | 15% |
| $З_{тр}$-затраты на технический ремонт | 0,13 |
| Затраты на содержание оборудования (руб) | 1937444 |
| ТЕКУЩИЕ ЗАТРАТЫ (руб) | 2853433 |
| **Экономический эффект (руб)** | **1135231** |

Результаты расчетов сведены в таблицу графической части проекта.

# 5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

Вопросы безопасности и экологии неразрывно связаны с проектируемым технологическим процессом и оборудованием. Решение этих вопросов нельзя отрывать от всего проекта в целом. Проблема обеспечения безопасности человека в среде обитания была всегда актуальной. Особенно она обострилась в период научно-технического прогресса, когда человек стал иметь дело с большими энергетическими мощностями, сложными техническими комплексами с системами.

Положение усугубляется отсутствием на предприятиях оборотных средств и сокращением расходов на приобретение средств защиты и обеспечение безопасности. На некоторых предприятиях отсутствуют или сокращены службы безопасности производств.

В этих условиях особую актуальность приобретает подготовка всех инженерно-технических работников в области безопасности жизнедеятельности, чтобы каждый человек на своем рабочем месте смог обеспечить свою безопасности и безопасность работающего рядом с ним персонала.

## 5.1 Общая характеристика проектируемого объекта

В базовом варианте для изготовления электродов применяется токарный станок, при обработке на станке медных прутков в отходы идет более 40 % медной стружки, а проектируемом варианте, отходов нет, а это в сою очередь повышает экологичность производства.

Цех предназначен для производства электродов контактных машин, в процессе которых идет выделение вредных компонентов, что отрицательно сказывается на безопасности производства. Рациональное размещение в пространстве запроектированного производственного процесса и всех основных элементов производства, необходимых для осуществления этого процесса, позволяет существенно снизить влияние вредных веществ, а также значительно повысить безопасность условий труда.

При проектировании цеха необходимо стремиться к осуществлению прямоточности всех производственных связей между отдельными цехами, к наиболее удобному их взаимному расположению и недопущению возвратных перемещений материалов и изделий. Соблюдение этих положений - непременное условие рациональной организации всякого промышленного предприятия.

## 5.2 Объемно-планировочное решение здания проектируемого цеха

Проектируемый участок для штамповки электродов:
Длина – 20 м;
Ширина – 10 м;
Высота – 4,5 м;

Площадь - 200 м$^2$;

Объем - 900 м$^3$.

Эти данные соответствуют санитарным нормам СП 2.2.1.1312-03

Несущие и ограждающие конструкции помещения, где расположено оборудование, должисключают образование непроветриваемых зон, в которых могут скапливаться пыль и вредные вещества.

Полы производственных помещений несгораемые, неэлектропроводные и обладать малой теплопроводностью.

Полы имеют гладкую и нескользкую поверхность, удобную для очистки.

Стены, потолки и внутренние конструкции производственных помещений должны быть покрыты звукопоглощающей облицовкой с защитной отделкой, окрашенной белилами АС-11-15 - белая, ТУ 6-10-1029, АС 131 - белая, ТУ 6-10-896.

Площадь рабочего места, исключая площадь, занимаемую оборудованием и проходами, не менее 10,0 м$^2$, а свободная высота помещения от уровня пола - не менее 3,5 м.

Оператор выполняет работу как сидя, так и стоя. При выполнении работы сидя, его постоянное рабочее место отвечает требованиям ГОСТ 12.2.032, а при работе стоя - ГОСТ 12.2.033.

Постоянное рабочее место оператора защищено от шума по ГОСТ 23499.

Ширина проходов между отдельными видами оборудования менее 1,0 м, ширина проходов между оборудованием, движущимися механизмами и деталями при их постоянном обслуживании - не менее 1,5 м.

Ширину проездов определять в зависимости от вида и габаритов транспортных средств и транспортных грузов, не менее 1,8 м при одностороннем движении и 3,0 м при двустороннем.

## 5.3 Производственная санитария

### 5.3.1 Микроклимат производственного помещения

На участках производства электродов проводятся работы относящие к физическим работам средней тяжести (категории IIа) – работы средней тяжести охватывают виды деятельности, при которых расход энергии составляет от 150 до 200 ккал/час (172 – 232 Дж/с). В лаборатории проводятся работы относящие к категории IIб, работы, связанные с ходьбой и переноской небольших (до 10 кг) тяжестей, а энергетические затраты составляют более от 200 до 250 ккал/ч (232 – 293 Дж/с), то по тяжести эти работы относятся к средней категории работ - IIб.

Нормированные параметры микроклимата рабочей зоны приведены в (таблице 5.1).

Таблица 5.1 - Нормированные параметры микроклимата рабочей зоны и помещения в соответствии с ГОСТ 12.1.005.

| Сезон года | Категория работ | Температура, $^0$С | | Относительная влажность, % | | Скорость воздуха, м/с | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | В рабочей зоне | | оптим. | доп. | оптим. | доп. |
| | | оптим | доп | | | | |
| Холодный | Средние IIб, (200 – 250) ккал/ч | 18-20 | 17-23 | 60-40 | 75 | 0,2 | 0,3 |
| Теплый | | 21-23 | 18-27 | 60-40 | 65 | 0,3 | 0,2-0,4 |

### 5.3.2 Освещение

Рационально спроектированное освещение помещений позволяет повысить качество работы и безопасность труда.

Расчёт общего искусственного освещения.

1. Высота подвеса, м.

$$H_c = H - h_c - h_p, \quad (5.1)$$

где H - высота помещения, H = 3,5 м;

$h_c$- расстояние от потолка до нижнего края светильника, $h_c = 0,2(H - h_p)$;

$h_p$ – высота рабочей поверхности от пола, $h_p = 0,8$

$$H_c = 3,5-0,2(3,5 - 0,8) – 0,8 = 2,16 \text{ м}$$

2. Расстояние между светильниками, м

$$L = H_c(1,4…2,0), \quad (5.2)$$

$$L = 2,16*2 = 4,32 \text{ м}$$

3. Необходимое минимальное количество светильников

$$N = S/L^2, \quad (5.3)$$

где S –площадь освещенного помещения, S = 1152 м$^2$.

$$N = 1152/18,66 = 61 \text{ шт}$$

4. Индекс помещения.

$$I = S/(H_c(A+B)), \quad (5.4)$$

где A и B – соответственно длина и ширина помещения, м.

I = 1152 / 2,16(20+10) = 12

5. Необходимый световой поток одной лампы, лм

$$F_л = 100*E_н*S*K_з*Z/ \eta *N, \quad (5.5)$$

где S – площадь освещённого помещения, м$^2$;

$E_н$ – нормированное значение освещённости, $E_н$ = 360 лк;

Z – коэффициент, учитывающий неравномерность освещения, z=1,15;

$K_з$ –коэффициент, запаса учитывающий эмиссию ламп в процессе эксплуатации, $K_з$ = 1,8;

η – коэффициент использования светового потока, n = 63.

F = 100*360*1152*1,8*1,15/63*61 = 21043 лм

6. Тип лампы ЛБЦ – 40, лампы располагаем в 3 ряда по 20 ламп.

Таблица 5.2 – Результаты расчетов

| Наименование помещения | Характер зрительной работы и ее разряд | Размер различения, мм | Нормируемое значение КЕО, % | | Нормируемая освещенность при искусственном освещении, лк | | Тип светильникам арка, мощность, световой поток |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Комб. осв. | Бок. осв. | Комб. осв. | В т.ч. общее | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Участок для восстановления электродов | Средняя точность IVб | От 0,5 до 1,0 | 750 | 200 | 750 | 200 | Астра НГ-750, 21043 лм |

### 5.3.3 Хозяйственно - питьевое водоснабжение

Общий расход воды на хозяйственно-питьевые нужды, исходя из норм потребления на 1 человека в смену для цехов: горячих - 45 л, холодных - 25 л. Из них на питьевые нужды - до 5 л и 3 л;

На одну душевую сетку расход воды составляет 500 л/ч, на один кран умывальника расход воды - 180 л/ч.

На рассматриваемом участке работу выполняют 6 рабочих.

Общий расход воды для этого участка приведен в (таблице 5.3).

Таблица 5.3 - Расход воды для проектируемого участка

| Цех, участок, отделение | Количество работающих | Потребность в воде, л | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Для питья | для хоз. целей | всего |
| Участок | 6 | 18 | 270 | 288 |

### 5.3.4 Выделение вредных веществ

Производственные помещения для производства электродов оборудованы системами вентиляции и отопления в соответствии с ГОСТ 12.1.005, СН 245, СНиП П - 33, СН 1009.

Укрытие выполняют по схеме вытяжного шкафа или зонта со свесами. Скорость движения воздуха в щелях и неплотностях - в пределах 1,5-2,0 м/с.

Если невозможно использовать укрытие для улавливания газов и пыли, то допускается применять наклонные панели равномерного всасывания или щелевидные боковые отсосы. Над индукционной печью устанавливаем местный отсос. Объем притока должен обеспечить компенсацию общей и общеобменной вытяжки. Приточные системы, как правило, должны выполнять и функцию воздушного отопления.

Технологические процессы в машиностроении являются источником выделения паров, газов, пыли и тепла. Для исключения вредного действия на организм человека выделяемых вредностей, предотвращения пожаров и взрывов применяется местная вентиляция, в частности местные отсосы.

Как вид местной вентиляции применяют воздушное душирование. Для воздушного душирования рабочих мест применяют наружный или внутренний воздух после соответствующей обработки (охлаждение, подогрев, увлажнение, очистка). Необходимость предварительной обработки обосновывают расчетом.

Количество воздуха, которое нужно удалить с помощью местного отсоса рассчитывается по формуле:

$$L = 3600 \cdot F_o \cdot V_{возд}, \quad (5.6)$$

где $F_0$ - площадь отверстий и неплотностей укрытия – 0,75 м$^2$;

$V_{возд}$ - скорость воздуха в этих, м/с.

$$V_{возд} = \left(2{,}0 \big/ 2{,}5\right) \cdot V_{Вит}, \quad (5.7)$$

где $V_{вит}$ - скорость витания частиц, м/с.

$$V_{вит} = 4{,}65\sqrt{d_4 \frac{\rho_4 - \rho_B}{\rho_B}}, \quad (5.8)$$

где $d_4$ - диаметр частиц твердой фазы - 0,008 мм;

$\rho_4$ - плотность частиц – 4,5х$10^{-3}$ кг/м$^3$;

$\rho_B$ - плотность воздуха – 1,3 кг/м$^3$.

$$V_{вит} = 4{,}65\sqrt{8 \cdot 10^{-6}\,\frac{(4{,}5 \cdot 10^{-3}) - 1{,}3}{1{,}3}} = 0{,}77 \text{ м/с}$$

$$V_{возд} = 2{,}25 \cdot 0{,}77 = 1{,}73 \text{ м/с};$$

$$L = 3600 \cdot 0{,}75 \cdot 1{,}73 = 4671 \text{ м}^3.$$

По расходу воздуха $L = 4671$ м$^3$ и напару Н=100,0 Па выбираем вентилятор Ц 4-70 №6 с частотой вращения вала двигателя $n = 7{,}958$ об/с.

Определим мощность двигателя, необходимую для рассчитанного расхода воздуха:

$$N_{дв} = (L \cdot N)/(3600 \cdot 102 \cdot \eta_{вент} \cdot \eta_н), \qquad (5.9)$$

где $L$ - количество забираемого воздуха, м$^3$;

$H$ - сопротивление воздуха, кПа;

$\eta_{Вент}$ - коэффициент полученного действия вентилятора, ($\eta_{Вент} = 0{,}7$);

$\eta_н$ - коэффициент полученного действия передачи, принимаемый при размещении вентилятора на одном валу с двигателем, ($\eta_н = 1$).

$$N_{дв} = (4371 \cdot 100)/(3600 \cdot 102 \cdot 0{,}7 \cdot 1) = 1{,}85 \text{ кВт}.$$

По полученной мощности 1,85 кВт выбираем двигатель 90L2/1425, номинальная мощность 2,2 кВт.

Таблица 5.4 – Токсикологическая характеристика веществ

| Наименование веществ, гр вещ-ва на 1 кг материалов | Агрегатное состояние | Характер воздействия на организм человека | ПДК, мг/м$^3$ | Класс опасности по ГОСТ 12.1.005 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Пыль 1,8-1,2<br>Окись углерода 1,1-0,5<br>Окислы азота 1,2-0,5<br>Сернистый ангидрид 0,4-0,8 | Аэрозоль, пар | Отравления, ожоги, изменения цветового зрения, бронхит | 4 | 4 |

### 5.3.5 Шум, инфразвук, ультразвук

Объектом создающим шум в цехе является:

Кривошипный пресс типа К-117 Д.

Шумовые характеристики оборудования.

Кривошипный пресс типа К-117 Д. Уровень звуковой мощности на холостом ходу 75 Дб., при выполнении или имитации технологической операции 95 Дб.

Допустимый уровень шума равен 99 Дб ГОСТ 12.1003. Уровень шума создаваемый единицей оборудования не превышает допустимую норму, расчет не требуется.

## 5.4 Анализ и устранение потенциальных опасностей и вредностей технологического процесса

### 5.4.1 Опасность поражения электрическим током

Помещение, в котором производится электроды, следует относить из-за возможности поражения электрическим током к классу помещений повышенной опасности, и организация работ в них соответствует требованиям, предъявляемым к таким помещениям.

Идентификацию опасностей и вредностей целесообразно производить в последовательности, указанной в ГОСТ 12.0.003

Для защиты от поражения электрическим током предусмотрено:

Защитное заземление производить по схеме включения агрегатов в сеть с глухозаземленной нейтралью, и нулевым проводом.

На всех агрегатах оборудования, а также в схеме электропитания предусмотрены устройства, закрывающие доступ к токоведущим частям (кожухи, закрывающиеся шкафы, рубильники закрытого типа и т.д.).

Все двери и люки для доступа к токоведущим частям открываются с помощью ключей и имеют блокировку с сигнализацией, чтобы при открывании их обеспечилось полное снятие напряжения.

Исходные данные к расчету защиты от поражения электрическим током:

- напряжение электроустановок 380 В;
- грунт-глина;
- размеры участка цеха 20х10 м;
- глубина заложения стержней от поверхности земли Н=0,5 м.

Необходимо произвести расчет заземляющего устройства для электроустановок.

1. Принимаем в качестве заземлителей стержни длиной 3 м из стальных труб диаметром 50 мм. Соединение заземлителей производим на сварке стальной полосой шириной 40 мм.

2. Удельное сопротивление грунта с учетом сезонных колебаний влажности для вертикальных стержней определяем по формуле, Ом.м:

$$P_{oc} = \psi * P_p, \quad (5.10)$$

где р – удельное сопротивление грунта, р = 40, Ом*м;
$\psi$ –сезонный коэффициент, $\psi$ = 1,5.

$$P_{oc} = 1,5*40 = 60 \text{ Ом*м}$$

3. Сопротивление растеканию тока с одиночного стержня, Ом:

$$R_c == (P_{oc}/2*l_c)(l_n(2*l_c/d)+0,5*l_n(4t+l_c)//(4t-l_c)), \quad (5.11)$$

где $l_c$ – длина стержня, $l_c$ = 3м;
d – диаметр труб, d = 50 мм;
t –расстояние, от поверхности земли до середины стержня, t = 2 м.

$$R_c = 3,18(4,79+0,5*0,79) = 16,4 \text{ Ом}$$

4. Предварительное количество заземлителей, шт

$$n_{пр}n_c = R_c/R_э, \quad (5.12)$$

где $R_э$ – сопротивление растеканию тока заземляющего устройства 4, Ом;
$n_{пр}n_c$ – коэффициент использования вертикальных стержней 4,1 шт.

5. Исходя из условий заложения заземляющего устройства (размеры площадки, размещение стержней по контуру) находим длину соединительной полосы, м:

$$l_n = 2*36+2*17,5 = 136 \quad (5.13)$$

$$\lambda=136/4 = 34 \quad (5.14)$$

$$\lambda/l_c = 34/3 = 11.3 \quad (5.15)$$

где а - расстояние между стержнями, м.

6. Определим удельное сопротивление грунта с учетом сезонности для соединительной полосы, Ом*м:

$$R_{cn} = 40*1,5 = 60 \text{ Ом*м}, \quad (5.16)$$

7. Сопротивление растекания тока с соединительной полосы, Ом:

$$R_п = (P_{оп}/2*l_n)\, l_n((2*l^2)/b*H), \quad (5.17)$$

где b - ширина полосы, м;
H - глубина заложения полосы от поверхности земли, м;
l – длина полосы, м.

$R_п = 60/854*14,4 = 1$ Ом

8. Определим коэффициент использования вертикальных стержней и коэффициент использования соединительной полосы, /10, табл. 3,6; 3,7/
Принимаем: $\eta_c = 0,07$, $n_{пр} = 0,85$
9. Результирующее сопротивление заземляющего устройства, Ом:

$$R_{зу} = (R_c*R_n)/(R_c*n_п)+R_п*n_{пр}n_c), \quad (5.18)$$

$R^* = 16,4/(11,48+4,1)=1,05$ Ом

$1,05 \leq 4$, условие выполняется.
Уточним количество стержней.

$$n=(\, n_{пр}n_c/n_c), \quad (5.19)$$

$n=4/0,85=5$

Стержни размещаем по периметру цеха.

### 5.4.2 Опасность травмирования движущимися частями

Движущейся частью является: пуансон пресса. Во избежание травм от движущихся частей необходимо соблюдать инструкцию по пользованию данными видами оборудования:

- не допускать к установке персонал не прошедший технику безопасности;
- включение пресса производить на расстоянии 50 см от ползуна пресса,
- при штамповке во избежания попадания в глаза мелких частиц, надевать защитные средства (очки).

### 5.4.3 Вибрация

Машины и оборудование, используемое в технологических процессах, являются источником вибрации, которые в свою очередь по грунту передаются фундаментам рядом расположенных зданий, вызывая колебания различных конструкций. К источникам вибрации в жилой застройке можно отнести компрессоры, насосы и т.д. Повышенными вибрациями характеризуются и работа кузнечно-прессового оборудования. Амплитуда колебаний направляющей пресса достигает 7-8 мм, фундамента пресса 0,56-0,08 мм, жесткого фундамента пресса достигает 7-8 мм.

Вибрация в жилой застройке зависит от частоты вынужденных колебаний, характера вибрации, времени суток, длительности воздействия вибрации.

Защита от вибрации в жилой застройке может предусматриваться следующим образом:

- при проектировании жилой застройки рассчитывается уровень вибрации от источника в предполагаемом месте строительства на допустимом расстоянии, где вибрация не превышает установленные нормы
- при сформировавшейся жилой застройке обеспечить нормируемую вибрацию расстоянием возможности не предоставляется, поэтому защита от вибрации обеспечивается путем виброизоляции источника вибрации.

В качестве виброизоляторов используют стальные пружины, рессоры, пневматические системы. Виброизоляторы размещают в четырех точках по углам прямоугольника. В необходимых случаях устанавливают дополнительные виброизоляторы симметрично относительно центра тяжести оборудования.

Виброизолирующие основания под оборудование должны обеспечивать эффективность акустической виброизоляции.

## 5.5 Анализ и мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций

### 5.5.1 Предотвращение аварий технологического оборудования

При работе кривошипного пресса необходимо следить за емкостью с маслом, смазывающим подвижные части.

При работе на индукционной печи, предусмотрена сигнализация, которая отключает питание при поражении индуктора.

### 5.5.2 Обеспечение взрывопожарной безопасности

На участке не используются горючие материалы. Технология предусматривает использование расплавленного металла, следовательно помещение цеха относится к категории «Г».

Такой тип помещения необходимо комплектовать ящиками с песком и устанавливать противопожарные щиты в комплект которых должны входить: огнетушители воздушно-пенные, углекислотные, лом, багор, ведро, комплект для резки электрических проводов, асбестовое полотно, лопата, лопата совковая, рукав пожарный, защитный экран 1,4×2 м, стойка для экранов.

### 5.5.3 Обеспечение устойчивости объекта

На стадии проектирования генерального плана предприятия в соответствии со строительными нормами и правилами разрыва между производственными зданиями и сооружениями, в зависимости от их огнестойкости, составляют 9-18 м. Склады горючих газов, легковоспламеняющихся жидкостей проектируют в подземных или полузаглубленных сооружениях на расстоянии 100 м от производственных объектов. Взрывоопасные объекты располагают с подветренной стороны по отношению к помещениям категории Г и Д. На территории предприятия предусматривают убежища для персонала от средств массового поражения.

Наружные сети противопожарного водоснабжения закольцовывают и прокладывают не ближе 5 м от стен здания (за пределами зоны возможного обрушения конструкций здания) и не далее 2 м от дорог (проездов). В этой зоне запрещается парковка автомобилей.

Тупиковые линии водоснабжения допускаются длиной не более 50 м. Диаметр трубопроводов для таких линий принимают не менее 100 мм. Пожарные гидранты на водопроводной сети располагают на расстоянии не более 100 м друг от друга.

## 5.6 Экологичность проекта

5.6.1 При расплавлении электродного сплава необходимо рассчитать количество загрязнений. Выбросы в литейном производстве рассчитывают по формуле:

$$G = q*D*b, \qquad (5.20)$$

где q - удельное выделение вещества на единицу продукции, кг/т;

D - производительность агрегата, Т/ч;

b - поправочный коэффициент на условия плавки (0,7).

G=4,9*2,2*0,7=7,105 г/ч

Расчет выбросов в атмосферу при резке и механической обработке материалов производят по формуле:

G=q*T, (5.21)

где T – продолжительность работы оборудования в течении часа;
q - удельное выделение вещества при выполнении операции, г/ч.
Для молота:

G=4,9*10=49 г/ч

Для станка:

G=4,9*8=39 г/ч

Таблица 5.5 – Таблица расчетов

| Расчет количества загрязнений | | |
|---|---|---|
| | Печь | |
| G= q*D*b | 7,105 | |
| D- производительность агрегата т/ч | 0,5 | |
| q-удельное выделение вещества кг/т | 2,9 | |
| b-поправочный коэффициент | 0,7 | |
| | | |
| Количество вредных веществ выдел оборуд | | |
| | молот | станок токарный |
| G=q*T (г/ч) | 49,00 | 39,00 |
| T- продолжительность работы оборудования в течении часа | 8,00 | 8 |
| q - удельное выделение вещества при выполнении операции (г/ч) | 7,00 | 5 |

5.5.2 Инженерные решения

Для снижения шума, возникающего при заборе воздуха и выбросе отработанных газов в вентиляторах, воздухопроводах применяют глушители со звукопоглощающими материалами. По конструкции активные глушители подразделяются на трубчатые и пластинчатые.

Трубчатые глушители применяют при размерах воздухопроводов 500*500 мм. Пластинчатые глушители рекомендуется использовать при размерах воздухопроводах более 500*500 мм.

Для очистки воздуха и крупных частиц пыли используем комплекс передвижной механический самоочищающийся, он предназначен для очистки воздуха загрязненного различного рода сухой пылью, сварочным аэрозолем и прочими сухими загрязнителями воздуха и в металлургии.

Кассета фильтра очищается автоматически, без остановки процесса фильтрации.

Таблица 5.6 - Технические характеристики

| Параметры | Значение |
|---|---|
| Максимальный расход воздуха, $м^3/ч$ | 1200 |
| Активная фильтрующая поверхность, $м^2$ | 15 |
| Потребляемая мощность, кВт | 1,1 |
| Давление сжатого воздуха, атм | 5 |
| Уровень шума, дБ | 60 |
| Степень очистки, % | 92 |
| Габаритные размеры, мм | 1300*650*610 |
| Масса, кг | 250 |

Определим содержание пыли в комплексе по очистке по формуле:

$$C = \frac{G\left(1 - \frac{E}{100}\right)}{L}, \qquad (5.22)$$

где G - количество пыли, поступающей в пылеулавливающее устройство, мг/ч;

E – степень очистки воздуха в пылеулавливающем устройстве, %;

L – производительность вентиляционной системы по воздуху, $м^3/ч$.

$$C = \frac{1{,}2\left(1 - \frac{92}{100}\right)}{1200} = 0{,}08 \text{ мг/м}^3$$

Так как содержание пыли после очистки не превышает ПДВ 0,08≤2 применять вторую ступень очистки для улавливания мелкодисперсной пыли не требуется.

## Заключение по разделу

В данном разделе были проанализированы основные неблагоприятные факторы производственной среды. Метеорологические условия фактические не превышают допустимых и соответствуют требованиям ГОСТ 12.1.005-88 и СанПиН 2.2.4.548-96. Для обеспечения очистки воздуха на участке предложено использовать местные отсосы и произведены соответствующие расчеты по производительности. Рассмотрены вопросы электробезопасности и пожаробезопасности определены средства защиты. Также в разделе рассмотрена освещенность участка и произведен расчет исскуственного освещения, выбраны лампы.

В заключительной части раздела рассмотрена экологичность производства, т.е. выявлены вредные вещества, образующиеся при сварке произведен сравнительный анализ с ПДК выделений и сделан вывод, что среднесуточное выделение вредных веществ с территории цеха не превышает ПДК, поэтому установка очистных сооружений для очистки выбросов в атмосферу не требуется.

В данном разделе спроектирован участок цеха отвечающий ребованиям безопасности жизнедеятельности и экологичности производства

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной задачей данного проекта являлось разработать технологию и технологическую оснастку для восстановления электродов контактной сварки. Изготовить пробные образцы данного изделия. В процессе работы столкнулись с небольшими трудностями, не была учтена высокая теплоотдача меди, следствием чего является быстрая ее кристаллизация. Для решения данного вопроса была изготовлена дополнительная технологическая оснастка (печь для предварительного подогрева матрицы).

При внедрении данной технологии в производство, условно-годовой экономический эффект, в сравнении с базовым вариантом составляет 1 135 231 руб. Ниже представлены преимущества и недостатки данного способа.

Преимущества:

1. Использование вторичного медного сырья, что экономически выгодно.
2. Производство безотходное, что повышает экологичность производства.
3. Простота и надежность применяемого оборудования.
4. Простота изготовления технологической оснастки.
5. Малое время производимых операций.
6. Возможность варьировать химическим составом электродов

Недостатки:

1. Необходимость минимальной механической обработки.
2. Необходимость очистки готовых электродов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. К.А. Кочергин. Контактная сварка. – Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние. 1987. – 240 с.:ил.
2. П.Л. Чулошников. Контактная сварка. В помощь рабочему-сварщику. М., «Машиностроение», 1977.
3. В.А. Гиллевич. Технология и оборудование рельефной сварки. Л.: «Машиностроение», 1976.
4. Б.Д. Орлов. Технология и оборудование контактной сварки: Учебник для машиностроительных вузов/ Б.Д. Орлов, А.А. Чакалев, Ю.В. Дмитриев и др.; Под общ. ред. Б.Д. Орлова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с., ил.
5. А.К. Николаев, В.М. Розенберг. Сплавы для электродов контактной сварки.
6. С.К. Слиозберг, П.Л. Чулошников Электроды для контактной сварки. Слиозберг С.К., Чулошников П. Л., Л., «Машиностроение». 1972 г. 96 стр.
7. В.И Рязанцев, Д.Б Орлов. 959953 (СССР). Электроды для контактной точечной сварки деталей неравной толщины. Опубл. 1982, №35.
8. Г.А. Карапетян, С.М. Борисенков, К.К. Билев и др. 695781 (СССР). Электроды для контактной точечной сварки. Опубл. 1979, №41.
9. Г.А. Карапетян, К.К. Билев, О.А. Коряковский, Б.Д. Орлов. 517435 (СССР). Электроды для контактной точечной сварки. Опубл.1976, №22.
10. Е.Г. Антонов, Г.П. Царьков, В.Г. Подлесных и др. 288953 (СССР). Электроды для контактной точечной сварки. Опубл.1971,№1.
11. В.И. Колосов, Ф.П.Кардащов. 1278158. (СССР). Электроды для контактной точечной сварки. Опубл.1986 №47.
12. В.Я. Беляков, Н.И. Мирмов, И.Г. Белякова. 776818 (СССР). Электроды для контактной точечной сварки. Опубл.1980, № 41.
13. А.А. Чакалев, М.Д. Серегин, А.Ф. Романов и др. 1648683 (СССР). Электроды для контактной точечной сварки. Опубл. 1991, №18.
14. В.И. Кокорин, М.М.Рахманюк, 550254, (СССР). Электроды для контактной точечной сварки. Опубл. 1977,№10.
15. Н.М. Тарасов, Н.А. Варуха, И.М. Цехмистер, 354956, (СССР). Электроды для контактной точечной сварки. Опубл. 1972,№ 31
16. Л.Н. Каранов и Д. С. Балковец, 422556, (СССР). Электроды для контактной точечной сварки. Опубл. 1974, №13.
17. Л.Ф. Лапинский и Е. С. Высоковский, 369993, (СССР). Электроды для контактной точечной сварки. Опубл. 1973, №11.
18. В.М. Годин, 120623, (СССР). Электрод для точечной сварки с металлокерамической вставкой. Опубл. 1959, №12.
19. А.Я. Бродский и В.М. Барышев, 408732, (СССР). Электроды для контактной точечной сварки. Опубл. 1973, №48.

20. Я.М. Меерович и З.В. Шилова, 529027, (СССР). Электроды для контактной точечной сварки. Опубл. 1976, №35.

21. А.В. Туманова, М.А. Овчинников и др. 295632, (СССР). Электроды для контактной точечной сварки. Опубл. 1971, №8.

22. Ф.И. Краснов и В. А. Рязанов, 624744, (СССР). Электроды для контактной точечной сварки. Опубл. 1978, №35.

23. А.Н. Размадце, 46640, (СССР). Электроды для точечных сварочных машин. Опубл.1936, №175628.

24. Электрод для точечной электросварки, 2365402, (Франция), 1978, №21.

25. Электрод для контактной сварки, 2361967, (Франция), 1978, №16.

26. Электрод для контактной сварки элементов с электроизоляционным покрытием, (Франция), 2359677, №13.

27. Сварочный электрод и способ его изготовления, 4045644, (США).

28. Электрод для контактной сварки, 3689731 (США).

29. Г.А. Каранетян. Электрод для контактной точечной сварки, 288953, (СССР).

30. И.А. Лихачева. Электрод для контактной точечной сварки, 1672109, (СССР).

31. В.А. Кучеренко. Электрод для контактной точечной сварки, 1703209, (СССР).

32. Л.Ф. Лашенский. Электрод для точечной контактной сварки, 1494854, (СССР).

33. А.И. Харьковский. Электрод для точечной контактной сварки, 1348306, (СССР)

34. Г.А. Карапетян. Электрод для точечной контактной сварки, 2503329, (СССР).

35. И.А. Лихачева. Электрод для точечной контактной сварки, 1865044, (СССР).

36. Б.Д. Орлов. Электрод для контактной точечной сварки, 2082752, (СССР).

37. З.В. Шилова. Электрод для контактной точечной сварки, 1494854, (СССР).

38. Н.А. Архипов. Электрод для контактной точечной сварки, 1348306, (СССР).

39. В.И. Кокорин. Электрод для контактной точечной сварки, 2503329, (СССР).

40. Богдан В.А. Плавка меди и ее сплавов / В.А. Богдан, П.Г. Григорьев. – М.: Машиниздат, 1977. 105 с.

41. Рукосуев А.П. Электрод и методика поиска / А.П. Рукосуев, О.А. Рукосуев, О.Ю. Антоненко // Вестн. КГТУ. Машиностроение. Вып. 36 / Отв. ред. Е.Г. Синенко. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2004. с. 147-153.

42. Рукосуев А.П. Восстановление электродов рельефной сварки / А.П. Рукосуев, С.Л. Бусыгин, В.М. Чубинец, О.Ю. Антоненко // Вестн.

КГТУ. Машиностроение. Вып. 40 / Отв. ред. Е.Г. Синенко. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. с. 11-15.

43. Цыганов В.А. Плавка цветных металлов в индукционных печах / В.А. Цыганов. М.: Металлургия, 1974. 248 с.

44. Фарбман С.А. Индукционные печи для плавки металлов и сплавов / С.А. Фарбман, С.А. Колобнев. М.: Металлургия, 1968. 494 с.

45. Рукосуев А.П. Установка для литья электродов контактных машин / А.П. Рукосуев, С.Л. Бусыгин, А. М. Синичкин, Р.Н. Новицкий // Вест. КГТУ. Машиностроение. Вып. 41 / Отв. Ред. Е.Г. Синенко. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. с. 184-191.

46. Рукосуев, А.П. Установка для штамповки электродов рельефной сварки / А.П. Рукосуев, С.Л. Бусыгин, Р.Н. Новицкий, С.А. Веретенников // Проблемы машиностроения и новые материалы (Борисовские чтения): материалы всероссийской научно-технической конференции с международным участием, 14-16 сентября 2006 года, Красноярск / ред. Е.Г. Синенко. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. с. 65-67.

47. Васильева З.А. Организация, планирование и управление машиностроительным производством. Методические указания по курсовой работе.-КрПИ: Красноярск., 1987 г.-35 с.

48. Красовский А.И. Основы проектирования сварочных цехов: Учебник для вузов по специальности «Оборудование и технология сварочного производства». 4-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1980 – 319 с., ил.

49. Русак О.Н., Кондрасенко В.Я. Безопасность жизнедеятельности в техносфере: Учеб. пособие /Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2001. 431 с.

50. Кондрасенко В.Я. Дипломное проектирование. Безопасность и экологичность проекта. Методич. указания - Красноярск, СФУ ПИ, 2007.-51с.

51. Жуков, А.И. Безопасность и экологичность проекта. Методические указания по дипломному проектированию для студентов МТФ /А.И. Жуков, В.Я. Кондрасенко, В.В. Колот.-КрПИ: Красноярск. 1992г.-80 с.

52. Жуков А.И. Охрана окружающей среды. Примеры и расчеты: Учебное пособие/ А.И. Жуков, В.Я. Кондрасенко, Л.Н. Горбунова. –КрПИ: Красноярск, 1997 г.-65с.

53. СНиП 23-05-03. Строительные нормы и правила. Естественное и искусственное освещение.

54. ГОСТ 12.1.005-88. Санитарно-гигиенические требования воздуха рабочей зоны.

55. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

56. СП 2.2.1.1312-03. Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых предприятий.

57. ГОСТ 12.4.016-01. ССБТ Одежда специальная зашитная.