МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМ. Н.П. ОГАРЁВА

Факультет светотехнический

Кафедра экономики и управления на предприятии

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ**

на тему: разработка технологического процесса изготовления ламп накаливания

общего назначения типа В 220 -25

по дисциплине: ТПиМ

автор курсового проекта: Д.С. Юрин

специальность: 060800 ЭиУП

обозначение курсового проекта: КП – 02069964 – 060800 – 19 -03

руководитель проекта: Е.Г. Алексеев

проект защищён\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Оценка\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Саранск 2003

МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМ. Н.П. ОГАРЁВА

СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ

**ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

Студент: Д.С. Юрин, группа 307

1. Тема: разработка технологического процесса изготовления ламп накаливания

общего назначения типа В 220 -25

2. Срок предоставления проекта к защите:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 22.12.03

3. Исходные данные для проектирования:

1) электрические параметры: Uл = 220 В, Pл = 25 Вт, Jл = 0,11 А

2) световые параметры: Фл = 220 Лм, Нл = 8,8 Лм/Вт

3) срок службы:  = 1000 ч.

4) габаритные размеры: l = 105 мм, d = 61 мм, dг = 36 мм

5) тип тела накала: спираль, механизированный монтаж

6) тип колбы: шаровая, изготовленная на автомате

7) наполнение: вакуум

8) ножка гребешковая

9) ввод платинитовый, трёхзвенный

10) стекло СЛ 96-1; а = 0,1 см Т = 110 0С = 2,5 г/см3

С = 0,15 кал\*г-1\*К-1  = 0,0019 кал\*с-1\*К-1\*см-1

11) параметры режима отжига колбы: TВ = 520 0С ТН =410 0С h = 0,3 см

12) параметры режима заварки: То =25 0С Тcт = 900 0С Тст` = 1000 0С

Т = 1000 0С

13) цоколь Е27 - 1

14) мастика: идитоловая

15) маркировка автоматизированная, после заварки серебряной мастикой

на колбе

4. Содержание курсового проекта:

4.1 Конструкция лампы

4.2 Расчётная часть

4.3 Технологическая часть

Руководитель проекта: Е.Г. Алексеев

Задание принял к исполнению

**Содержание**

Введение 5

1. Конструкторская часть 6

2. Расчётная часть 8

2.1 Расчёт времениотжига 8

2.2 Расчёт времени заварки лампы 10

3. Технологическая часть 13

3.1 Схема технологического процесса 13

3.2 Изготовление вводов 14

3.3 Изготовление крючков 17

3.4 Изготовление тарелок 19

3.5 Изготовление дротов 20

3.6 Изготовление ножки 22

3.7 Изготовление тела накала 27

3.8 Монтаж тела накала 31

3.9 Изготовление колбы 33

3.10 Заварка 34

3.11 Приготовление маркировочной мастики 35

3.12 Маркировка 36

3.13 Откачка 37

3.14 Промывка 38

3.15 Отпайка 39

3.16 Изготовление цоколя 40

3.17 Приготовление цоколёвочной мастики 43

3.18 Цоколевание 44

3.19 Приварка вводов 45

3.20 Обжиг 46

3.21 Контроль и испытания 48

3.22 Технологическая выдержка и упаковка 49

Заключение 51

Список использованных источников 52

**РЕФЕРАТ**

Пояснительная записка содержит: 52 страницы, 8 рисунков, 1 таблицу, 9 использованных источников

Ключевые слова: ввод, дрот, заварка, крючки, колба, лампа накаливания, маркировка, мастика, откачка, отпайка, тарелка, тело накала, цоколь

Объект разработки: лампа накаливания В 220-25

Цель разработки: разработка технологического процесса изготовления лампы

накаливания общего назначения В 220-25

Методы проведения работы: изучение и анализ учебной литературы, расчётно-

графический

Полученные результаты: разработан технологический процесс изготовления лампы накаливания общего назначения В 220 – 25, получены необходимые данные для проведения заварки лампы и отжига колбы

Степень внедрения: широкого применения

Рекомендации по внедрению: использование лампы в декоративных целях

Экономическая эффективность работы: повышение качества знаний по данной теме

Область применения: светотехническая промышленность

**Введение.**

Люди давно узнали, что при сильном нагреве предмет излучает свет. Этот принцип лёг в основу работы лампы накаливания. Электрический ток, проходя через тонкую нить сделал жизнь человека намного светлее.

Лампа накаливания – самый распространённый в быту, на данный момент времени, источник света. Она отличается очень низкой ценой, приемлемым качеством цветопередачи и простотой установки.

Сейчас в быт стали внедряться современные компактные люминесцентные лампы, которые обладают лучшими светотехническими характеристиками и потребляют намного меньше энергии, чем лампы накаливания. Однако эти лампы обладают одним существенным недостатком – большой ценой. Поэтому они не получили пока ещё такого широкого распространения.

В этом курсовом проекте дано описание устройства и технологического процесса изготовления лампы накаливания общего назначения В 220 -25. Данная лампа широко используется в быту для местного освещения.

В первой части курсового проекта дано краткое описание устройства лампы накаливания. Во второй части приведены расчёты основных операций производства лампы: расчёт времени отжига колбы и расчёт времени заварки лампы. Третья часть посвящена технологическому процессу изготовления, сборке и испытанию лампы.

**1. Конструкторская часть**

В зависимости от назначений и требований предъявляемых к отдельным типам ламп накаливания их конструкция может меняться. Однако основные узлы всех типов ЛН остаются общими.

1- нижний припой; 2 – цоколь; 3 - откачная трубка (штенгель); 4 – платинитовый впай; 5 – электрод;

6 – внутреннее звено электрода (ввод); 7 – колба; 8 – вольфрамовая спираль; 9 – держатель спирали;

10 – линза; 11 – штабик; 12 – лопатка ножки; 13 – откачное отверстие; 14 – тарелка; 15 – боковой припой;

16 – конус тарелки; 17 – отпай («носик»); 18 – контактная пластина.

Рис. 1.1 Лампа накаливания общего назначения В 220 -25

Рассмотрим основные элементы лампы накаливания:

Колба – является одним из важных элементов лампы, так как защищает тело накала от вредного воздействия воздуха и окружающей среды. Так же от свойств стекла колбы зависят оптические характеристики лампы.

Тело накала – является источником светового излучения. Чаще всего телом накала является вольфрамовая проволока. Вольфрам обладает большим сопротивлением и большой температурой плавления. Из-за этого его можно нагревать до высоких температур (порядка 2800 – 3000 К), что обеспечивает более высокую световую отдачу по сравнению с другими металлами.

Ввод – предназначен для подвода тока от внешнего источника питания к телу накала. Ввод должен быть вакуум-плотным во всём диапазоне температур при работе источника света, иметь достаточную механическую прочность.

Цоколь – предназначен для фиксации внешних выводов лампы, создания необходимого контакта с патроном светильника и фиксации самой лампы в светильнике. Для ламп накаливания общего назначения В 220-25 используют резьбовые цоколи типа Е27 -1.

Срок службы лампы, а также световые характеристики зависят от условий эксплуатации. При изменении напряжения в сети происходит уменьшение срока службы лампы и изменение светового потока. Также большое влияние на срок службы оказывают различные механические воздействия, температура окружающей среды и влажность воздуха. Для достижения наиболее долгого срока службы необходимо следить за временем работы лампы, так как при продолжительной работе нить накала под действием высокой температуры нагрева постепенно испаряется, уменьшаясь в диаметре, вследствие чего лампа может перегореть. Чем выше температура нагрева нити, тем больше света излучает лампа и, тем самым, быстрее протекает процесс испарения вольфрама и сокращается срок службы.

**2. Расчётная часть**

**2.1 Расчёт времени отжига**

Для расчёта времени отжига нам необходимо знать верхнюю и нижнюю границу отжига, а также термостойкость стекла. Эти данные можно взять из таблицы №2.1

Табл. №2.1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Группа стекла | Марка стекла | Верхняя граница отжига Tв, 0С | Нижняя граница отжига Tн, 0С | Термостойкость, T, 0С |
| Вольфрамовая | СЛ 40 | 550 | 430 | 200 |
| Молибденовая | СЛ 52 | 535 | 410 | 180 |
| Платинитовая | СЛ 96 | 520 | 410 | 110 |
| СЛ 97 | 505 |

Для изготовления лампы накаливания общего назначения В 220 – 25 используют марку стекла СЛ 96-1. Следовательно, верхняя граница отжига Тв = 520 0С, нижняя граница – Тн = 410 0С, термостойкость - Т = 110 0С, толщина стенки лампы а = 0,1 см.

Отжиг лампы складывается из следующих операций: нагрев (1), отжиг (2), постепенное охлаждение (3) и быстрое охлаждение (4) (рис. 2.1).

То

Тв

Тн

Т

t

1

2

3

4

Т0 – температура окружающей среды, t – время

Рис. 2.1

Для того чтобы найти общее время отжига нужно знать время этих операций. Для этого с помощью формул (2.1), (2.2), (2.3), найдем сначала скорости нагрева (С1) и скорости охлаждения (С3 и С4), скорость второй операции С2 = 0



, (2.1)



, (2.2)

, (2.3)



где: скорости нагрева и охлаждения, 0С/мин.

Проведём расчёты по этим формулам:

С1 = (0,3/0,12)\*110; С1 = 3300 0С/мин

С3 = (0,075/0,12)\*110; С3 = 825 0С/мин

С4 = (0,5/0,12)\*110; С4 = 5500 0С/мин

Теперь, зная значение C1 , C3 , C4 можно найти время этих операций по следующим формулам:



, (2.4)



, (2.5)



, (2.6)



, (2.7)

Найдём значения времени для каждой операции:

t1 = (520 – 25)/3300; t1 = 0.15 мин

t2 = 10 + 10\*0.12; t2 = 10.1 мин

t3 = (520 – 410)/825; t3 = 0.13 мин

t4 = (410 – 25)/5500; t4 = 0.07 мин

Следовательно, общее время обжига можно рассчитать по формуле:

t = t1 + t2 + t3 + t4 , (2.8)

t = 0.15 + 10.1+0.13+0.07; t = 10.45 мин

На основании этих данных построим график зависимости времени отжига колбы от температуры (рис. 2.2)

25

520

410

Т, 0С

t, мин

Рис. 2.2 График зависимости времени отжига колбы от температуры

0,15

10,25

10,38

10,45

**2.2 Расчёт времени заварки ламп.**

Заварка ламп является основной сборочной операцией при изготовлении ламп. Она заключается в герметичном соединении собранной ножки с колбой. Процесс заварки ламп заключается в постоянном разогреве стекла горла колбы до температуры обработки. Подробнее об этом процессе написано в пункте 3.10 данного курсового проекта.

Для расчёта времени необходимого для проведения заварочной операции пользуются следующими формулами:

1. количество теплоты, передаваемое поверхности стекла изделия от газовой горелки определяется:

Qист = ( Tист – Тст)\*F\* 

где:  - коэффициент стеклоотдачи, кал\*см2\*с\*К;

Тист – температура источника нагрева, 0С;

Тст – температура стекла,0С;

F – площадь, 0С;

 - время нагрева, с.

1. количество теплоты, которое проходит от наружной поверхности стекла к внутренней в результате теплопроводности:

Q’ = \*( Tст’ – Tст’’) \*F\*a , (2.10)

где:  - коэффициент теплопроводности, кал\*с-1\*К-1\*см-1;

Тст’ – температура внешней поверхности стенки, 0С;

Тст’’ – температура внутренней поверхности изделия, 0С;

а – толщина стенки изделия, см.

3) количество теплоты, необходимое для нагрева изделия:

Qт = m\*c\*( T – T0 ), (2.11)

где: m – масса нагреваемого стекла, г;

с – удельная теплоёмкость, кал\*г-1\*К-1;

Т – температура до которой необходимо нагреть изделие, 0С;

Т0 – температура окружающей среды, 0С.

1. Количество теплоты, которое подходит к внутренней поверхности стекла должно быть равно количеству, необходимому для нагрева:

Qт = Q’ (2.12)

Из уравнения (2.12) можно найти время заварки:

 



Площадь поверхности F находится по следующей формуле:

F = dг\*h , (2.14)

где: dг – диаметр горловины, см;

h – ширина зоны заварки, см.

Объём колбы рассчитывается по формуле (2.15)

(2.15)



Найдём из формул (2.14) и (2.15) объём и площадь:

F = 3.14\*3.6\*0.3; F = 3.39 см2

V = 3.14\* 0.3\*(3.62 – (3.6 – 0.1)2)/4; V = 0.167 см3

Массу стекла можно найти по следующей формуле:

m = V, (2.16)

где:  - плотность стекла, г/см3

Масса стекла будет равна:

m = 2.5\*0.167; m = 0.418 г

Подставляя в формулу (2.13) данные, получаем:

 = 0.418\*0.15\*(1000-25)\*0.1/0.0019\*(1000-900)\*3.39;  = 9,49 с.

**3. ТЕХНОЛОГИЧЕСК АЯ ЧАСТЬ**

**3.1 Схема технологического процесса**

изготовление вводов

изготовление тела накала

изготовление ножки

изготовление крючков

изготовление тарелок

изготовление дротов

монтаж

тела накала

заварка

маркировка

откачка

промывка

отпайка

цоколевание

приварка вводов

обжиг

контроль и испытания

упаковка

изготовление колбы

приготовление маркировочной мастики

изготовление цоколя

приготовление цоколёвочной мастики

Рис. 3.1 Схема технологического процесса изготовления лампы накаливания

**3.2 Изготовление вводов**

Важными заготовительными операциями в электроламповом производстве являются операции по изготовлению вводов и цоколей для ламп. При этом используются различные способы обработки металлических деталей.

Ввод является конструктивным элементом источника света, предназначенным для электрического соединения цепей от внешнего источника питания с электродами (телом накала, катодом, анодом), помещёнными внутри колбы лампы.

Вводы должны удовлетворять следующим требованиям: быть достаточно простыми в конструктивном отношении, технологичными, иметь достаточную механическую прочность, обеспечивать пропускание электрического тока требуемой силы и вакуумную плотность соединения со стеклом во всём диапазоне температур при изготовлении и работе лампы.

Конструкция и материалы ввода определяются маркой стекла, а также типом источника света – его мощностью, областью применения, конструкцией и т.п. Вводы могут быть однозвенными, состоящими из одного металла или сплава, взятого в виде отрезка прутка, проволоки или ленты, или многозвенными, состоящими из двух или более звеньев – отрезков разнородных металлов или сплавов.

Однозвенные вводы применяются для миниатюрных, сверхминиатюрных, самолётных, сигнальных и некоторых других специальных ламп. Многозвенные, в основном, трёхзвенные, вводы широко применяются для массовых ламп, а также многих типов ламп специального назначения.

Изготовление платинитовых вводов.

Платинитовые вводы изготавливаются из отдельных отрезков проволок с помощью газовой или электрической сварки. Рассмотрим отдельно технологический процесс электросварки вводов.

Электрическая (конденсаторная сварка) – это вид сварки, являющийся наиболее массовым и распространённым при изготовлении вводов.

Автомат электросварки типа ЛА-8 представляет собой четырёхпозиционную машину последовательного действия, в которой позиционный барабан переносит одно из звеньев ввода из позиции в позицию, и к нему поочерёдно привариваются другие звенья.

Процесс сварки осуществляется путём оплавления соударяющихся концов двух проволок энергией разряда батареи конденсаторов. При ударной сварке свариваемые детали сначала включаются под электрическое напряжение сварочной установки, а затем производится соударение обеих деталей. Процесс ударной сварки делится на три последовательно протекающие стадии.

В первой стадии при соударении свариваемых деталей возникает ток короткого замыкания, который производит мгновенный интенсивный разогрев свариваемых поверхностей с резким возрастанием давления и взрывообразном выплеском мелких металлических капель.

Во второй стадии происходит оплавление свариваемых поверхностей обеих деталей дуговым разрядом. Дуговой разряд продолжается до вторичного соприкосновения свариваемых деталей, наступающего после того, как сила подачи подвижной детали преодолеет силу отдачи.

Таким образом, с наступлением вторичного соприкосновения свариваемых деталей дуговой разряд переходит снова в короткое замыкание.

В третьей стадии происходит механическая осадка разогретых и оплавленных торцов обеих деталей с выплеском расплавленных частиц из сварного стыка.

Технологический процесс электросварки вводов показан на рис. 3.2

Изготовление трёхзвенных вводов начинается с рихтовки медной проволоки (операция 1), подачи на необходимую длину с одновременным центрированием (операция 2), зажима в губках корпуса позиционного барабана (операция 3 на позиции I), отрезки медного звена (операция 4).

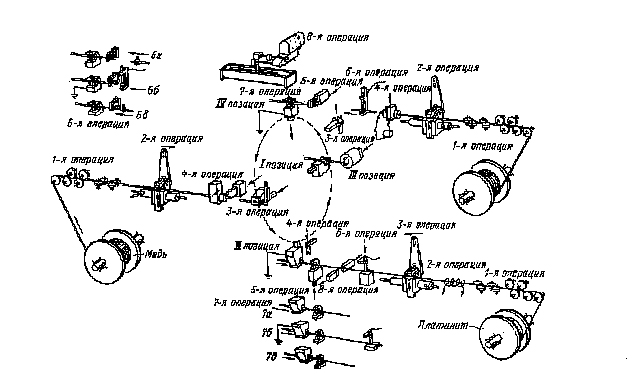


Рис. 3.2 Технологический процесс электросварки вводов

Барабан, поворачиваясь на 90 0, переносит медное звено в позицию II сварки с платинитом (зона нижней сварки). К этой позиции подаётся отрихтованный (операция 1) и просушенный в электроспирали подогрева (операция 2) платинит, установленный на линии сварки с помощью направляющей вилки (операция 4) и центрального зажима (операция 5); одновременно просекатель, электрически соединённый с конденсаторами, прижимается к платиниту (операция 6), просекая слой буры. На позиции II резким перемещением производится сближение концов меди и платинита. Между ними возникает электрический разряд, сваривающий эти два звена (операция 7). После отрезки платинита на заданную длину (операция 8) и отвода платинита назад (для увеличения зазора в месте резки) следует второй поворот барабана на 900. В позиции III специальной оправкой звено палтинита подгибается к оси вращения позиционного барабана для облегчения его центровки в позиции IV. После третьего поворота барабана платинит, сваренный с медью, устанавливается в позиции IV сварки с никелем (зона верхней сварки)

Отрихтованная никелевая проволока (операция 1) подаётся (операция 2) к этой позиции и после центровки (операция 3) зажимается в рычаге-державке никеля и отрезается на заданную длину (операция 4) с последующим отводом отрезанного звена от ножа на 0,8 – 1,0 мм. Резким движением рычага-державки в сторону позиционного барабана (операция 6) сближаются концы платинита и никеля, между ними возникает электрический разряд, производящий сварку. Перед четвёртым поворотом губки корпуса открываются (операция 7) и готовой ввод захватывается съёмником (операция 8), сбрасывающим его в лодочку, установленную перед барабаном.

Таким образом, за полный оборот барабана получаются четыре готовых ввода.

Автомат имеет производительность 105-130 шт/мин и рассчитан на изготовление электродов диаметром никелевого звена до 1,2 мм, медного – до 0,6 м , платинитового – до 0,5 мм и длиной одного из звеньев не более 75 мм.

**3.3 Изготовление крючков**

Молибден принадлежит к числу редких тугоплавких металлов. Отечественная промышленность выпускает молибденовую проволоку 1 и 2 классов. Проволоку класса 2 с допуском на вес отрезка 3% применяют для изготовления держателей тела накала, впаев в тугоплавкое стекло и нагревательных элементов высокотемпературных электрических печей.

На предприятиях металлургической промышленности обогащённую руду обжигают в пламенных печах с одновременной подачей воздуха. Полученный продукт – молибденовый ангидрид, очищают от примесей.

Сначала заготовительный элемент просеивают, сушат в сушильном шкафу и снова просеивают. Полученный однородный по зернистости сухой порошок прокаливают при 500 0С в электрической печи.

Очищенный просеянный зеленоватый порошок молибденового ангидрида восстанавливают водородом в трубчатых печах с передвигающимися лодками.

Восстановленный порошок молибдена просеивают через сито, перемешивают в смесителе, увлажняют смесью глицерина и спирта и прессуют.

Прессованные штабики подвергают операциям предварительного спекания при 1100-1200 0С и окончательного спекания в одну стадию при токе, равном 90 % тока переплавки. Спекание в вакууме позволяет получить более пластичный и однородный по структуре и механическим свойствам металл.

Ковку молибдена ведут на ротационных ковочных машинах до d = 2,5 мм. Волочение проволоки с применением смазки ведут на блочном стане до d = 1,35 мм и на машинах многократного волочения до выходного диаметра.

Электролитическая очистка

Тянутая молибденовая проволока покрыта плотной чёрной оболочкой, состоящей из графитовой смазки, окислов молибдена и мелкораздробленного металлического молибдена, содранного с поверхности проволоки волоками. Эту оболочку удаляют одним из двух способов: электролитическим травлением в растворах щёлочи и термической обработкой в увлажнённом водороде. При первом способе механические свойства проволоки не изменяются, а при втором – изменяются. Первым способом очищают проволоку для керна, а вторым – для держателей электродов.

Установку электролитной очистки можно питать постоянным или переменным током. При питании постоянным током, очищаемая проволока может быть присоединена к положительному и отрицательному полюсу. На установках электролитической очистки переменным током, проволоку перематывают через четыре секции ванны с проточным электролитом, циркулирующим при помощи центробежного насоса.

Электролитической обработкой проволоки не только удаляют окисло-графитную плёнку, но и частично стравливают верхний слой металла.

Препарирование

Молибденовую проволоку для держателей отжигают в водороде или препарировочном газе с целью придания ей требуемых механических свойств и очистки от графита, окислов и поверхностных загрязнений.

Установка отжига представляет собой колпак, внутри которого укреплён спиральный цилиндрический муфель из молибденовой ленты. Муфель заключён в металлический цилиндр с теплоизоляцией, который окружён змеевиком с проточной водой. Тепло муфеля накапливают электрическим током, подводимым к нему через массивные контакты. В зону накала муфеля впускают проточный водород или препарировочный газ. Отжигаемую проволоку перематывают через муфель и нагревают. Проволока выходит из печи чистой, блестящей, гибкой и прямолинейной.

Аллюминирование

Отпрепарированную проволоку для держателей покрывают тонкой плёнкой алюминия. Плёнку наносят способом горячей металлизации, заключающимся в протягивании подогретой током проволоки через расплавленный металл.

**3.4 Изготовление тарелок**

Тарелка – короткая стеклянная трубка с конусообразным расширением. Диаметр основания конической части устанавливают в зависимости от диаметра горловины колбы. А диаметр и длину цилиндрической части в зависимости от габаритных размеров лампы. На станине автомата развёртки тарелок поворачивается горизонтальная автоматическая карусель, оснащённая 12 зажимными патронами. На 1-ых позициях огни горелок нагревают участок трубки, подлежащей обрезке. На следующих позициях устан-ая система 2-х встречно вращающихся дисковых ножей, из которых один внутренний малый вводится в трубку и прижимает её стенку к большому внешнему ножу. Свободный кольцевой участок трубки постепенно доводится огнями горелок до размягчения. В размягчённый конец трубки вводится вращающаяся чугунная шпилька – райбер и отборт-ет его на конус. При этом трубка и шпилька подогреваются огнями. Далее тарелка остывает, кулачки сжимающие трубку в патроне расходятся и освобождаемая трубка с развёрнутой тарелкой опускается под действием собственного веса на упорную площадку. Из печи отжига и оплавления тарелки попадают сначала на верхнюю, а потом на нижнюю ленту 2-х ярусного транспортёра, на которых они постепенно остывают не прикасаясь друг к другу.

**3.5 Изготовление дротов**

Дроты (стеклянные трубки) изготовляются механизированным горизонтальным вытягиванием, так как размягчённое стекло способно сохранять при растягивании подобие своего сечения. Линия горизонтального вытягивания трубок состоит из формовочной машины, роликового конвейера, тянульно-резальной машины. К выработачной части печи пристроена обогреваемая очищенным газом рабочая камера с шамотным жёлобом. Сваренная стекломасса стекает из печи по жёлобу на помещённой в рабочей камере медленно вращающимся в наклонном положении шамотном мундштуке формовочной машины. Стеклянная струя наматывается на верхнюю часть мундштука в виде ленты, которая под действием собственного веса непрерывно сползает к низу, сливаясь в сплошную массу и образуя на выходном конце мундштука утолщение, называемое луковицей. В пределах луковицы стекломасса переходит от жидкого состояния к пластичному и почти затвердевшему. Луковица служит началом тянущегося дрота. Мундштук насажен на трубу из жаропрочной стали, через который передаётся вращение от электродвигателя постоянного тока и производится установочная регулировка, т.е. подъём, опускание и поворот. В эту же трубу подводят очищенный от твёрдых частиц сжатый воздух для раздувания луковицы и образования внутренней полости дрота. Сжатый воздух препятствует сплющиванию стенок дрота под действием собственного веса. При выработке штабиков отверстие в трубе мундштука закрывают наглухо.

В начале работы или после обрыва дрота, стекло захватывают при помощи стального крючка, подтягивают вручную в горизонтальном направлении к тянульно-резальной машине и вводят в тянульные цепи этой машины. Дальнейшее вытягивание совершаются механически с постоянной скоростью. Тянульно-резальную машину устанавливают на расстоянии 30-50 метров от формовочной машины с таким расчётом, чтобы стекло успело застыть. Тянущийся дрот поддерживается конвейером рольгангом, свободно вращающимися гладкими асбоцементными роликами, направляющими пластичное стекло по оси вытягивания. Конвейер состоит из отдельных разъемных звеньев, изменением числа которых, его можно удлинять или укорачивать. Он должен быть тем длиннее, чем больше диаметр вытягиваемого дрота. Направляющие ролики вначале конвейера могут быть опущены или подняты для регулирования угла наклона конвейера и предохранения пластичного стекла от деформаций на начальной стадии вытягивания. Для уменьшения в стекле внутренних напряжений конвейер оснащают подогревными камерами и закрывают на 2/3 длины кожухом. Регулировку диаметра и толщину стенок производят изменением скорости оттягивания стекла тянульной машины, изменением давления воздуха в мундштуке, регулировкой количества стекломассы, стекающей в мундштук в единицу времени. На размеры трубок влияют также угол наклона, скорость вращения мундштука и температура стекломассы в луковице. Тянульно-резальная машина имеет механизм тяги дрота, приводимый в действие электродвигателем. Механизм состоит из двух движущихся с одинаковой скоростью и расположенных одна над другой роликовых цепей, снабжённых металлическими пластинами с асбестовыми или фибровыми накладками. Накладки зажимают охлаждённый дрот и затягивают его в машину. Механизм тяги подводит дрот к механизму резки, который разрезает его пламенем газовой горелки или надрезает увлажнённым абразивным ножом и отламывают крыльчаткой на куски постоянной длины. На электроламповых заводах стеклянные трубки распаковывают и калибруют по толщине стенок и диаметра. Раскалиброванное стекло для штабиков и штенгелей разрезают на отрезки длиной задаваемой конструкции ламп. Стеклорезный станок представляет собой надетый на горизонтальный вал дисковый закалённый и заточенный нож. Вал с ножом вращается в двух подшипниках со скоростью 4000-6000 об/мин. Дроты по 6-12 шт. кладут на нож и легко прокатывают их по режущей кромке против вращения ножа. Лезвие врезается в стекло и наносит на нём тонкие глубокие царапины, по линии царапин стекло даёт трещину. Стеклорезные станки снабжают переставляемым упором, в котором стекло прижимают торцами и которые позволяют разрезать его, с соблюдением точно заданной длины. Механизированное стеклорезальные станки имеют вращающийся загрузочный барабан, автоматически подводящий дроты к лезвию ножа. Такие станки оснащают щелевой газовой горелкой, пламя которой направляют по одной прямой с лезвием ножа. Вращающийся дрот нагревается острым огнём и при лёгком прикосновении к ножу нагревается и отламывается. Штенгели и штабики после резки калибруют по диаметру. На калибровачном автомате они автоматически перемещаются из загрузочного бункера в конусные калибровачные щели вторых пар вращающихся дисков и входят в щели тем глубже, чем меньше их диаметр. Затем упоры, прикреплённые к сторонам дисков, выталкивают их из щелей. Стекло каждого номинального диаметра выталкивается своим упором и скатывается по своему лотку в соответствующий приёмный ящик.

**3.6 Изготовление ножек**

Ножки предназначены для обеспечения герметичного ввода в лампу, крепления внутренних деталей ламп. По конструкционному признаку они подразделяются на бусинковые, гребешковые, и плоские ножки. Бусинковые ножки применяются для изготовления миниатюрных ламп накаливания, плоские – для изготовления специальных ламп. Гребешковые широко применяются для изготовления различных источников света, в том числе и для лампы В 220-25. Ножки собирают из тарелок, штабика, штенгеля и электродов. Иногда применяют один длинный штенгель вместо раздельных штабика и штенгеля.

Ножки могут иметь один ввод (софитные лампы), два – большинство источников света, три и более – двухсветные лампы и специальные источники света. Кроме электродов, могут впаиваться поддержки. При этом необходимо соблюдать условие, чтобы расстояния от впая до края лопатки и до откачного отверстия были не менее 0,5 мм. Диаметр откачного отверстия должен быть приблизительно равным диаметру штенгеля.

Изготовление ножек на автомате.

Ножечный автомат представляет собой высокопроизводительную многопозиционную машину карусельного типа (рис. 3.3).

По окружности карусели на одинаковом расстоянии друг от друга размещены 28 невращающихся клещей, предназначенных для транспортировки полуфабрикатов ножки от одного исполнительного механизма к другому.

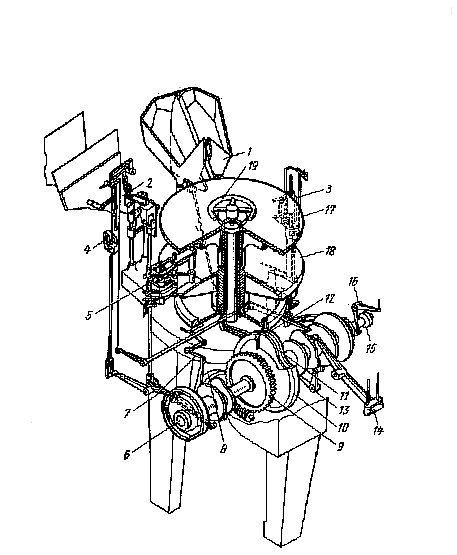
Автомат снабжён механизмами автоматической загрузки в клещи штабиков, тарелок, штенгелей и электродов, а также механизмом перегрузки готовых ножек в печь отжига. Все загрузочные механизмы автомата сблокированы между собой при помощи механических и электрических устройств для того, чтобы при пропуске в подаче отдельных деталей приостановить подачу последующих деталей.

Распределительный вал 6 получает вращение от приводного шкива 8 посредством червячной передачи 9. На распределительный вал 6 насажены кулачки, преобразующие вращательное движение в возвратно-поступательное.

Таким образом, распределительный вал управляет в заданной последовательности всеми рабочими механизмами автомата и производимыми на автомате операциями.

На ножечном автомате расколотки для штамповки ножек установлены неподвижно на станине и поочерёдно штампуют все ножки в два приёма. Откачное отверстие продувается тоже в два приёма.

Горелки во время перемещения карусели отводятся рычагами назад и в момент остановки карусели возвращаются в исходное рабочее положение.



1- механизм загрузки тарелок; 2 – механизм загрузки штенгелей; 3 – механизм съёма ножек;

4 – уравнитель тарелок; 5 – клещи; 6 – распределительный вал; 7 – рычаг открывания клещей;

8 – приводной шкив; 9 – червячная передача; 10 – кулак поворота карусели; 11 – улитка;

12 – ролик для поворота карусели; 13 – рычаг отклонения горелок во время поворота карусели;

14 – рычаг привода расколоток; 15 – ролик привода цепи печи отжига;

16 – рычаг к золотнику, регулирующему продувание отверстия в ножке; 17 – верхний диск карусели;

18 – нижний диск карусели; 19 – маховик подъёма и опускания верхнего диска карусели.

Рис. 3.3 Автомат сборки ножек

На позиции 1 автомата в губки-держатели клещей автоматически загружается из бункера штабик. В бункер штабики засыпаются в неориентированном положении из расчёта работы автомата в течение 1 часа.

На позиции 2 в губки-тарелкодержатели загружается автоматически тарелка из бункера. В бункер тарелки засыпаются в неориентированном положении, полностью заполненный тарелками бункер обеспечивает работу автомата в течение 25-30 мин.

На позициях 4 и 5 из электродного магазина через направляющие воронки соскальзывают внутрь тарелки одновременно два электрода. На участке от позиции 4 до позиции 7 укреплена кулиса, не позволяющая электродам занимать произвольное положение до тех пор, пока не закроются губки, фиксирующие положение внешних звеньев электродов.

В каждый бункер одновременно загружаются электроды в количестве, необходимом для обеспечения работы автомата в течение 45 мин.

На позиции 6 тарелка поднимается до требуемой высоты – на 4-5 мм выше верхней плоскости нижних распределителей электродов.

На позиции 7 в губки зажима штенгеля автоматически загружаются штенгели в количестве, обеспечивающем работу автомата в течение 1 часа. На этой же позиции начинается нагрев тарелки слабым пламенем горелки.

На позиции 8 специальным механизмом осаживаются тарелка и штенгель для придания им требуемого положения относительно друг друга. Тарелка в губках-держателях осаживается настолько, чтобы между её торцом и верхней плоскостью нижних распределителей электродов образовался зазор 0,8-1 мм, он обеспечивает хороший разогрев нижнего торца тарелки и в момент штампования лопатки предотвращает прилипание разогретой стеклянной массы к нижним распределителям электродов. Расстояние между нижним концом штенгеля и верхним концом штабика должно быть около 3 мм.

При соблюдении такого расположения стеклянных полуфабрикатов в держателях клещей сварка их пламенем газовых горелок, образование лопатки и впаивание электродов в лопатки будут происходить нормально.

На этой же позиции ножки более энергично подогреваются пламенем горелок.

С позиции 9 до 18 тарелка, штабик и штенгель нагреваются огнями откидных парных угловых горелок с соплами, направленными друг против друга.

На позиции 9 пламя горелок обогревает нижнюю часть тарелки, на позиции 10 зона обогрева стекла поднимается несколько вверх, на 11 – пламя обогревает часть тарелки, необходимую для нормального образования лопатки. На позициях 12-14 устанавливаются «средние» огни с постепенно возрастающей интенсивностью пламени. Огни направляются на среднюю часть тарелки. На позиции 14 стекло тарелки приобретает такую степень пластичности, что кромки торца тарелки начинают несколько деформироваться под действием пламени горелок и прогибаются по направлению к телу штабика. На позиции 15 под действием огней горелок стекло тарелки становится ещё более пластичным, разогретые стенки тарелок прогибаются в сторону штабика и штенгеля настолько, что уже начинается спай стекла в одну массу. Необходимо следить за расположением и интенсивностью пламени горелок. Нельзя допускать зализывания огнями платинита во избежание интенсивного выделения газов, которые могут образовать цепочку пузырьков, ухудшающих газонепроницаемость спая. С позиции 16 до позиции 18 настраиваются «жёсткие» огни. На этих позициях сборка тарелки, штабика и штенгеля происходит ещё более интенсивно, платинит электродов закрывается стеклянной массой, и происходит окончательный спай стеклянной массы полуфабрикатов. На позиции 16 специальной горелкой производится оплавление стекла торца штенгеля. На позиции 19 автоматически штампуется лопатка (первая штамповка) двумя сходящимися расколотками. Огни настраивают «средние» во избежание прилипания стекла к накладкам губок расколоток в момент штамповки лопатки. Толщина лопатки должна быть равна диаметру штабика, эта толщина регулируется с помощью ввёрнутых в губки винтов, которые упираются в друг друга и тем самым создают необходимый зазор между расколотками. На позиции 20 настраиваются «жёсткие» огни поскольку в момент штамповки лопатки стеклянная масса заметно охлаждается от соприкосновения со стальными накладками губок расколоток. Пламя направляется в верхнюю зону лопатки с целью подготовки для продува откачного отверстия и раздува части тарелки в месте перехода в лопатку.

На позиции 21 огни «жёсткие», производятся продувание откачного отверстия и раздув лопатки в месте перехода.

На позиции 22 производится вторичная штамповка лопатки, при этом её толщина должна быть немного меньше диаметра штабика (0,85-0,9 диаметра). На этой же позиции продолжается раздувание лопатки до придания шейке ножки почти сферической формы, а также контрольное продувание откачного отверстия. Настраивают «жёсткие» огни.

На позиции 23 настраивают «мягкие» огни, происходит оплавление неровных краёв откачного отверстия. С этой позиции начинается плавное охлаждение лопатки ножки.

На позициях 24-27 огни отсутствуют – ножки остывают.

На позиции 28 готовая ножка съёмником передаётся в печь отжига для снятия внутренних напряжений.

**3.7 Изготовление тела накала**

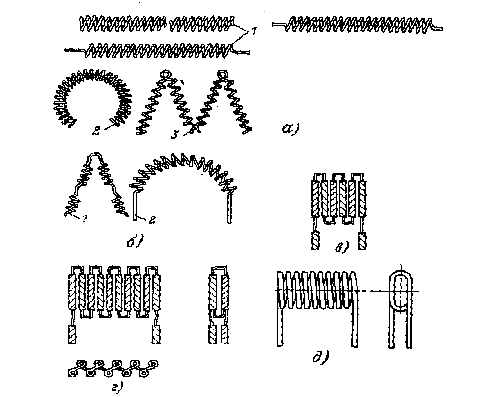
Для изготовления тела накала применяются вольфрамовые проволоки марок ВА, ВМ, ВТ диаметром от 0,01 до 1,25 мм. В качестве керна используется молибденовая проволока марки МЧ или стальная марки 10. Спирали по форме можно разделить на следующие основные группы (рис.3.4):

1. прямолинейные – моноспирали, биспирали и триспирали
2. секционные – односекционные, двухсекционные, многосекционные
3. плоские

Очистка вольфрамовой проволоки

В процессе производства вольфрамовой проволоки происходит загрязнение её углеродом из графитовой смазки. Углеродные загрязнения при работе лампы образуют с вольфрамом карбиды, приводящие к повышению локальной температуры и точечной хрупкости проволок и спиралей, что в свою очередь может вызвать провисание и коробление тела накала и преждевременный выход ламп из строя.

Пагубное влияние углеродных загрязнений сильнее проявляется при сравнительно низких температурах накала вольфрамовых проволок; чем выше температура эксплуатации спиралей, тем слабее становится разрушающее воздействие углерода.



а – спирали (1 – прямолинейная, 2 – дуговая, 3 – в виде зигзага); б – секционные (двухсекционные)

(1 – под углом, 2 – дужкой); в – многосекционные, формованные в одной плоскости, - «моноплан»; г – многосекционные, формованные в двух плоскостях, «биплан»;

д – плоские, изготовляемые на керне в виде пластины.

Рис. 3.4 Типы спиралей

Вольфрамовая проволока очищается от окиснографитного слоя различными методами: отжигом в атмосфере влажного водорода, химическим травлением в растворах едких щелочей или в расплавах солей, а также электрохимическим травлением и ультразвуковой очисткой.

**Спирализация**

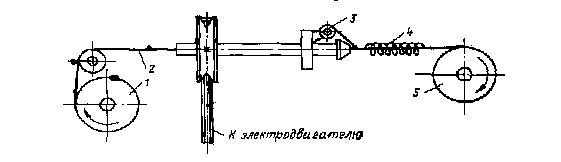


Рис.3.5 Схема навивки непрерывной спирали

Навивка спиралей осуществляется на специальных спирализационных машинах. Рассмотрим навивку спиралей на машинах с непрерывным керном (рис.3.6). Вокруг керна из стальной или молибденовой проволоки 2 перематываемой с одной катушки 1 на другую 5, вращается шпуля 3 с вольфрамовой нитью. При равномерном поступательном движении керна и равномерном вращении вокруг него шпули вольфрамовая нить навивается в спираль 4 с определённым шагом, который зависит от отношения скорости перемещения керна и частоты вращения шпули.

**Обезжиривание и термическая обработка**

Перед термической обработкой спирали обезжиривают в ваннах с трихлорэтиленом, погружая в них на 15-30 мин намотанные на бобины спирали, или на специальной установке, перематывая проволоку через две последовательные ванны с трихлорэтиленом.

Обезжиренные спирали тщательно просушивают, промывают в кипящей 20 %-ной щелочи в течение 30 мин, затем в воде и просушивают в центрифуге.

Более производительным методом является ультразвуковая очистка спиралей.

Для устранения в проволоки наклепа, снятия внутренних напряжений и закрепления формы спирали отжигаются вместе с керном. Спирали на стальном керне подвергаются окислительному или восстановительному отжигу, на молибденовом – только восстановительному.

Окислительный отжиг, кроме улучшения механических свойств спиралей, преследует цель частичного сжигания на спиралях графитовой плёнки и разрыхления её поверхности для облегчения дальнейшей очистки.

Окислительный отжиг, осуществляется перемоткой спиралей на керне в воздушной среде через накалённый керамический муфель электрической печи. Температура отжига 600-900 0С, скорость перемотки 3-4 м/мин.

Восстановительный отжиг осуществляется перемоткой спиралей на керне в атмосфере водорода или препарир-газа через накалённый муфель трубчатой электрической печи. Температура отжига и скорость перемотки зависят от конструкции спирали и материала керна

Резка

Отожжённую спирализованную проволоку на керне разрезают на отдельные отрезки требуемой длины на специальных машинах резки спиралей нескольких типов. Принципиально они работают следующим образом: спираль подаётся точно на требуемую длину к ножам механизма резки и отрезается. В некоторых случаях для получения особо точной длины спирали подача производится на расстояние, несколько превышающее длину спирали, и отрезается двумя ножами, расстояние между которыми и определяет длину отрезанной спирали.

Сплошные непрерывные спирали длиной от 10 до 12 мм режут на автомате. Резка спиралей с тире производится на станках с ручной или механической подачей.

На автомате с фотоэлементом можно разрезать спирали диаметром 0,2-0,7 мм при диаметре нити 0,06-0,15 мм. Производительность автомата в зависимости от длины спиралей составляет 1300-1700 спиралей в час.

Травление

Травление производят для удаления керна, окислов вольфрама и графитовой смазки. Технология удаления керна определяется материалом и конструкцией спирали. Травление не должно вызывать заметного уменьшения диаметра проволоки, допускаются потери массы не более 3-5%. Наиболее массовый способ – травление спиралей в мешках из плетёной вольфрамовой сетки.

Для удаления молибденового керна травление производят в чашках.

Отжиг

Термическую обработку спиралей производят в электрических водородных печах для снятия оставшихся внутренних напряжений, очистки поверхности, выделения оставшихся газов и закрепления формы.

Спирали обрабатываемые при высокой температуре (выше 1300 0С), предварительно отжигаются при 1100 – 1150 0С. Для ламп, работающих в условиях сильных механических воздействий, термическая обработка спиралей осуществляется при более высокой температуре 2300 -2400 0С (происходит рекристаллизация вольфрама).

Режим отжига ламп оказывает влияние на первичное провисание спиралей (если напряжение при отжиге ниже 90% номинального, наблюдается большое провисание).

**3.8 Монтаж тела накала**

Основная задача монтажа тела накала состоит в прочном закреплении вольфрамовой спирали на ножке и создания постоянных электрических контактов между спиралью и вводами.

Механизированный монтаж спиралей совмещают с операцией вставления держателей на одном комбинированном автомате карусельного типа. На таком автомате в последовательном порядке производятся:

1. установка ножки в рабочее гнездо карусели
2. разведение внутренних звеньев электродов
3. подрезка концов электродов для выравнивания их по длине
4. расплющивание концов электродов
5. подача спирали вакуумным присосом в загнутые концы электродов и запрессовка концов спирали в концах электродов
6. отгибание электродов с зажатой спиралью для защиты их от огней на последующих позициях
7. постоянный разогрев конца штабика до размягчения
8. формовка линзы с концами молибденовых проволок и обрезка последних на требуемую длину
9. возвращение электродов в первоначальное положение
10. расплавление спирали и завивание свободных концов молибденовых отрезков вокруг спирали
11. калибрование развода электродов и окончательное расплавление спирали по форме многогранника
12. загибание чётных держателей вниз и нечётных вверх для придания спирали зигзагообразной формы
13. погружение спирали во вращающуюся ванну с газопоглотителем
14. сдувание излишка поглотителя и сушка его поглотителя подогретым до 60-70 0С воздухом
15. снятие смонтированной ножки и установка её на конвейер для подачи на заварку ламп.

Для механизированного монтажа требуются спирали постоянной формы и постоянных размеров; спирали должны быть прямолинейными и отличаться по длине не более чем на 1 мм.

Сжатый воздух, подводимый на позиции загрузки спирали, набрасывания спирали на держатели и сдувания излишка поглотителя, очищают от масла и грязи фильтром со стеклянной и хлопчатобумажной ватой. Детали автомата, соприкасающиеся с электродами, держателями и спиралями, должны держаться в безупречной чистоте. При смазке автомата нужно следить, чтобы масло не разбрызгивалось и не попадало на детали ножек.

Производительность автомата 1400 шт/час. Некоторые монтажные автоматы снабжают автоматическими механизмами загрузки и съёма ножек и тогда при сохранении последовательности они обслуживаются лишь одним работником, укладывающим спирали между зубьями загрузочного барабана.

**3.9 Изготовление колб.**

Основные рабочие устройства автомата размещены на трёх конвейерах: стеклоформующем, дутьевых головок и конвейер форм.

Конвейеры расположены друг над другом и движутся с одинаковой скоростью. Пластичная стекломасса при температуре около 1000 0С вытекает непрерывной струёй из питателя стекловальной печи. Струя закладывается двумя прокатными волоками около выдувной машины и превращается в ленту. Один из волоков имеет гладкую поверхность, а другой круглое углубление высотой 6-7 мм. Благодаря углублению стеклянная лента выходит из волоков с выступающими утолщениями в виде дисков. Ленты с дисками укладываются в средний стеклоформующий конвейер, состоящий из пластинчатых звеньев с круглыми отверстиями, точно совпадающими со стеклянными дисками. Под действием силы тяжести каждый диск, обладающий сравнительно небольшой вязкостью медленно провисает сквозь отверстие и образует пульку (порцию стекломассы). После провисания пульки на заданную глубину, стеклоформующий конвейер встречает на своём пути средний конвейер с дутьевыми головками, каждая из которых совпадает с осью пулек. Давлением сжатого воздуха из головок начинается последовательное выдувание, заставляющее пульку провисать в отверстия среднего конвейера. Окончательное выдувание колб завершается в раздвижных формах, движущихся на нижнем конвейере. Конвейер подводит очередные формы в раскрытом виде к соответствующим пулькам. Формы автоматически сдвигаются и начинают вращаться со скоростью 200 об/мин. После окончания вращение форм прекращается, полуформы раздвигаются и колбы обдуваются воздухом для охлаждения. Движение колб продолжается до тех пор, пока неподвижный упор не отобьёт их от ленты. Затем они попадают во вращающийся транспортёр на который горелками оплавляют их края. Оплавленные колбы партиями по 9 штук передаются на промежуточный транспортёр. С него колбы поступают на сетку туннельного газового лера, колбы отжигаются в течении 4-6 мин, и после выхода с лера поступают сначала на охлаждающий, а затем на разбраковочный транспортёр, за которым их проверяют и упаковывают.

**3.10 Заварка**

Заварка – это герметическое соединение собранной ножки ламп с колбой. При заварке стеклянная ножка и колба свариваются в одну монолитную деталь – оболочку лампы.

Первый этап заварки состоит в том, что свариваемые части ножки и баллона медленно разогреваются до размягчения стекла. Необходимая скорость разогрева стекла определяется его толщиной и температурой пламени газовой горелки. Скорость разогрева стекла пламенем газовых горелок должна составлять не больше 200 – 300 К/мин. Более быстрый разогрев приводит к появлению сильных внутренних напряжений и может вызвать появление трещин.

На втором этапе заварки происходит соединение свариваемых частей ножки и баллона, и образовавшийся шов тщательно проваривается. Стекло при этом разогревают до более высоких температур. Полученный шов не должен иметь втянутых мест, острых углов и утолщений, где могут образовываться местные напряжения, приводящие к растрескиванию стекла.

Третий этап заварки – отжиг – служит для предохранения стекла в месте сварки от возникновения сильных постоянных напряжений в нём. Допустимые скорости охлаждения заваренных ламп в зоне отжига составляют до 50 К/мин и определяются, как правило, практически. Если первый отжиг заваренной лампы не снял напряжений, лампу подвергают вторичному отжигу.

Время охлаждения ламп с тонкими стенками может быть значительно сокращено, если лампы охлаждать в специальных формах или жидких средах. В качестве жидких сред используют расплавленные соли, например селитру. Применяя эти методы, можно уменьшить время охлаждения заваренных ламп в 4-10 раз по сравнению со временем их охлаждения в воздушной среде.

Автоматическую заварку ламп накаливания общего назначения в основном производят на заварочно-откачных автоматах с 24-65 гнёздами.

В рабочее гнездо заварочной машины помещают колбу и смонтированную ножку. Ножку устанавливают в так называемую свечу, а колбу – поверх ножки в шаблон.

При движении карусели рабочие гнёзда приводятся во вращение между газовыми горелками. При этом горловину колбы греют на уровне тарелки, а тарелка нагревается лучистым потоком. Стекло колбы начинает постепенно размягчаться и вытягиваться, образуя всё меньший и меньший зазор между колбой и тарелкой. Горловина колбы соприкасается с оплавленной кромкой тарелки, привариваясь к ней, и участок стекла между цилиндрической частью колбы и тарелкой образует горло лампы. Оставшаяся нижняя концевая часть колбы (юбка) удаляется. Стекло колбы и стекло тарелки при заварке взаимно растворяются друг в друге. Месту заварки придают размеры и форму, требуемые для правильной посадки цоколя на лампу. Современные заварочные автоматы имеют узел механической формовки горла.

**3.11 Приготовление маркировочной мастики**

Окись серебра и борнокислый свинец просушивают 1 час при температуре примерно 120 0С, отмеряют согласно рецепту и перемешивают с помощью шпателя в фарфоровой чашке 7-10 мин, добавляют глицерин и снова перетирают 30-40 мин до получения однородной массы. Приготовленная мастика перед употреблением выдерживается в течении 24 часов, после чего она должна иметь поверхность с металлическим блеском.

В последнее время всё более частое применение находит маркировачная мастика на основе термостойкого керамического красителя, предназначенная для внесения марки на наружную поверхность стеклянной колбы ламп. Для её приготовления берётся необходимая масса просеянной керамической краски, добавляется по рецепту дистиллированный глицерин и производится их перемешивание с тщательным растиранием в фарфоровой ступке в течение 30 мин или в небольшом барабане шаровой мельницы со стальными шарами. Приготовленная мастика должна быть однородной, тёмно-красного цвета.

**3.12 Маркировка**

На колбу или цоколь ламп наносят оттиск (марку) с обозначением товарного знака завода-изготовителя, основных параметров ламп и при необходимости других сведений, требуемых для быстрого распознавания ламп. Колбы маркируют автоматически во время заварки ламп, а цоколи вручную после припайки вводов и обжига ламп. Маркировка колб требует закрепления оттиска при высокой температуре, поэтому не может быть применена на готовых лампах.

Маркировка – обязательная технологическая операция. Марка должна быть поставлена без переноса в месте, свободном от бокового припоя. Она должна иметь отчётливое нестирающееся и несмываемое изображение и не вызывать коррозии цоколя. Текст её должен давать правильную информацию о лампах.

Нанесение на криволинейную поверхность цоколей большого числа печатных знаков – малопроизводительная операция, плохо поддающаяся механизации. Поэтому всегда предпочитают автоматически маркировать колбы при заварке ламп вместо ручной маркировки цоколей после припайки электродов.

**3.13 Откачка**

Вакуумная лампа накаливания общего назначения В 220 - 25 подвергается автоматической или полуавтоматической откачки. Вакуумной обработкой обеспечивается удаление атмосферного воздуха, обезгаживание стекла и внутренних деталей лампы.

Откачные автоматы для ламп накаливания общего назначения представляют собой машины карусельного типа, имеющие неподвижную часть – станину и вращающуюся – карусель. На горизонтальной карусели по её окружности расположены на определённом расстоянии друг от друга откачные гнёзда для установки и герметизации ламп.

Уплотнение между ними станиной и каруселью производится с помощью золотника, состоящего из двух массивных стальных дисков: неподвижного, установленного на станине автомата, и прилегающего к нему подвижного диска, связанных с периодически поворачивающейся каруселью. Прилегающие друг к другу плоскости золотников пришлифованы, и между ними по кольцевым канавкам для уплотнения вводится касторовое масло или вязкое масло «вапор». Масло образует тонкую плёнку между золотниками, предохраняющую их от непосредственного соприкосновения и сухого трения между собой.

По боковой цилиндрической поверхности подвижного золотника по окружности вставлены стальные штуцера.

Во время остановок карусели каналы верхнего и нижнего золотников точно совмещаются. Число отверстий в неподвижном золотнике на два-четыре меньше (на этих позициях происходят загрузка и съём ламп).

Штуцера нижнего золотника через трубопроводы подсоединены к вакуумным насосам.

Кроме того, откачной автомат имеет неподвижную дугообразную туннельную печь с газовым или электрическим нагревом и отпаячные горелки. Наиболее распространённым автоматом для откачки ламп накаливания общего назначения является заварочно-откачной автомат Б.332.03. Он имеет общую станину с раздельными каруселями заварки и откачки.

**3.14 Промывка**

Промывкой достигается уменьшение парциального давления вредных газов в лампе. Сущность этого процесса состоит в том, что после достижения необходимого давления в лампе (1-10 Па) её наполняют промывочным (инертным) газом (азот, аргон и др.), а затем снова откачивают. Такой цикл может повторяться несколько раз.

При каждом наполнении ламп остаточные вредные газы смешиваются (разбавляются) с промывочными газами и вместе с ним откачиваются. Тем самым уменьшается парциальное давление вредных газов в лампе.

Парциальное давление вредных газов в лампе определяется по уравнению

, (3.1)



где: p – парциальное давление вредных газов в лампе после последней промывки, Па;

p0  - давление в лампе перед промывкой, Па;

p1 – давление в лампе после откачки промывочного газа, Па;

p2 - давление в лампе после наполнения промывочным газом, Па;

n – число промывок.

Многократной промывкой достигается значительно более низкое давление вредных газов, чем откачкой насосами.

При вакуумной обработке некоторых типов ламп выгодно вводить промывочный газ на переходах между позициями откачного автомата.

**3.15 Отпайка ламп**

Вакуумные лампы после завершения откачки автоматически отпаивают от откачного автомата. Огни горелок на одной - двух позициях, предшествующих позиции отпайки, нагревают штенгель лампы до температуры близкой к размягчению. Далее на позиции отпайки специальный механизм, приводимый в действие одним из кулачков распределительного вала автомата, приподнимает лампу и заставляет размягчённое место штенгеля растянуться и сузиться в каппилярную перетяжку. Отпаячные огни переплавляют в месте перетяжки стекло и отделяют лампу от нижней части штенгеля. Лампа подхватывается другим механизмом и переносится в транспортёр для передачи на следующую операцию.

Правильная отпайка ламп требует точной настройки огней отпаячной горелки. Неточная настройка может служить причиной натекания воздуха в лампу. Наличие внутренних напряжений в носике может привести к его растрескиванию. Полезным средством против натекания и растрескивания служит предварительный подогрев штенгеля пред позицией отпайки. Подогревные огни позволяют поддерживать отпаячные огни менее резкими и бычтро отпаивать лампы за время кратковременной остановки карусели, что особенно важно для автоматов с большой производительностью.

Во время отпайки из размягченного стекла выделяется абсорбированный газ, ухудшающий вакуум в лампах. Его приходится впоследствии обезвреживать газопоглотителем. Предварительный подогрев места будущего носика на одной – двух позициях, предшествующих позиции отпайки, позволяет откачать из лампы значительную часть газа, выделяющегося из штенгеля.

На автоматах откачки вакуумных ламп накаливания отпайку ведут на заглушённой позиции; при такой схеме поломка штенгеля или такой лампы на позиции отпайки не вызывает понижения давления в последующих лампах.

Носик при отпайке иногда втягивается с образованием непрочного, тонкостенного, легко разрывающегося пузырька или раздувается и прорывается. Втянутые носики могут получаться только у вакуумных ламп, потому что такие лампы откачивают до давления, значительно меньшего, чем атмосферное. С уменьшением атмосферного давления отпайка вакуумных ламп облегчается.

Сопла подогревных и отпаячных горелок должны давать одинаковые симметричные огни. Штенгель отпаиваемой лампы дожжен помещаться в середине между огнями. Огни горелок должны переплавлять штенгель на наименьшем расстоянии от горла лампы. При не соблюдении этих требований получается изогнутые носики.

Носик должен быть коротким, чтобы не мешать надеванию цоколя на лампу. Огни отпаячных горелок не должны задевать тарелок. Для их предохранения от растрескивания огни иногда экранируют металлической пластинкой. После отпайки следует оберегать разогретый носик от соприкосновения с холодными предметами. Вводы электродов перед загрузкой лампы в откачное гнездо или при движении на откачной карусели отводят от штенгеля, чтобы они не обгорали в огнях отпаячной горелки.

**3.16 Изготовление цоколя**

Резьбовые цоколи являются наиболее массовым типом цоколей для ламп накаливания общего назначения. Корпус резьбового цоколя чаще всего изготавливают из мягкой стальной ленты с последующим цинкованием для защиты от коррозии. Контактные пластины всегда изготавливаются из латуни. В качестве изоляции применяют специальные пластмассу или фарфор, стекло, скрепляющие элементы цоколя в единую конструкцию.

На отечественных электроламповых заводах изготовление резьбовых цоколей ведётся в следующей последовательности: штамповка корпуса, накатка резьбы на корпусе цоколя, штамповка контактной пластины, сборка цоколя, штамповка контактной пластины, сборка цоколя, травление, нанесение антикоррозионного покрытия.

**Штамповка корпуса**. Штамповка корпуса цоколя Е27-1 из стальной ленты производится на кривошипном прессе-автомате с грейферной подачей отштампованных корпусов. Из ленты шириной 54 мм вырубаются диски диаметром 55,5 мм с шагом 54 мм так, что края дисков оказываются срезанными, а от ленты остаются маленькие не связанные между собой треугольники. На первой операции вместе с вырубкой производится и первая вытяжка стаканчика диаметром 28,5 мм, который грейфером передаётся на вторую вытяжку, совмещённую с пробивкой отверстия диаметром 15 мм, а затем на заключительную операцию-обрубку облоя и калибровку, в результате которой стаканчик получает диаметр 26 мм, а высоту 22 мм. Таким образом, штамповка корпуса занимает три позиции и обычно на пресс-автомат устанавливаются две ленты.

При штамповке на многорядном (обычно четырёхрядном) штампе используется стальная лента шириной 250 мм, из которой вытягиваются четыре ряда стаканчиков. На первой позиции производится просечка двух концентрических прерывистых щелей диаметром 54 и 59 мм, отделяющих заготовку корпуса цоколя от ленты по контуру с сохранением небольших перемычек. Перемычки между щелями удерживают получившийся диск в ленте, которая и перемещает заготовки с позиции на позицию. При многорядной штамповке производится последовательно три вытяжки до диаметра 33; 26,1; 26,05 мм соответственно, после чего на отдельной позиции пробивается отверстие. Заключительной операцией является обрубка облоя, в результате чего готовый стаканчик отделяется от ленты. Оставшаяся перфорированная лента нарезается гильотинными ножницами, связанными со штампом, на мелкие полоски для удобства удаления отходов. Производительность прессов с многорядными штампами достигает 30-36 тыс. в час.

**Травление цоколей.** Стальные цоколи пред цинкованием травятся. Цоколи обезжиривают 2-10 % -ным раствором каустической соды и промывают в холодной проточной воде. Затем их травят в подогретом (не выше 50 0С) 15-20 %-ном растворе серной или 5-10 %-ном растворе соляной кислоты в течении 5-10 мин и промывают в проточной холодной воде.

Латунные цоколи сначала отбеливают, т.е. удаляют окислы и загрязнения, после чего производят блестящее травление – придают цоколям глянцевую поверхность и, наконец, пассивируют – создают постоянную плотную плёнку, сохраняющую естественный цвет латуни и предохраняющую от более глубокого окисления.

Для отбеливания применяют разбавленный водой раствор, предварительно использованный на блестящем травлении, после чего цоколи промывают в холодной проточной воде.

**Цинкование** стальных цоколей производят в гальванических ваннах. Во вращающийся барабан загружают одновременно до 3000 цоколей.

На латунные штанги подвешены цинковые плитки – аноды.

На цоколи через латунную или медную струну подаётся отрицательный потенциал. Ванна питается постоянным током при напряжении 9-11 В от двигателя-генератора.

Электролит для цинкования цоколей состоит из 300 – 350 г сернокислого цинка, 100 – 150 г сернокислого натрия, 20 - 30 г гидрата сернокислого алюминия на 1000 см3 воды. Плотность электролита 1180-1220 кг/м3.

При электролизе сернокислый цинк разлагается на положительные ионы цинка Zn+ и отрицательные – кислотного остатка SO4 . Ионы цинка, разряжаясь у катода (цоколей), осаждаются на их поверхность. Ионы кислотного остатка, достигая анода, реагируют с ним и образуют сернокислый цинк, который пополняет электролит.

Качество покрытия зависит от плотности тока в ванне, температуры, плотности электролита, концентрации водородных ионов, длительности процесса покрытия и др.

Температура электролита должна быть 40-50 0С, при этой температуре электрическая проводимость электролита наиболее высокая.

Концентрация водородных ионов (рН) должна быть около 4. При недостаточно кислом электролите (рН > 4,5) покрытие получается тёмным и крупнокристаллическим; при кислом (рН < 3,5) – покрытие светлое, но рыхлое и пористое. Для автоматического регулирования кислотности в электролит вводят сернокислый аммоний или алюминиевые квасцы.

Толщина покрытия цинком должна быть не менее 5 мкм, а для усиленного покрытия некоторых цоколей – не менее 10-12 мкм.

Обычно при массовом изготовлении цоколей Е27-1 травление и цинкование их производят автоматически. Автоматизация охватывает загрузку и выгрузку цоколей и последовательную транспортировку цоколей по монорельсу из одной ванны в другую.

**3.17 Приготовление цоколёвачной мастики**

Мастика, применяемая для крепления цоколя к лампе, должна обладать следующими способностями: намазываться на цоколь (пластичность), переходить из пластичного состояния в твёрдое (схватываемость), приклеиваться к колбе и цоколю (адгезия), не допускать утечки тока между внешними звеньями электродов (диэлектрические свойства), не разрушаться под влиянием влаги (влагостойкость), не разрушаться при температуре 130-140 0С (термостойкость) и не разрушаться при приложении к цоколю заданного крутящего момента (прочность). Мастика должна допускать возможность в необходимых случаях отделять цоколь от лампы.

Сначала приготовляют идитоловый лак в соотношении 35 % спирта на 65 % идитола. Растворение ведут в водяной бане при подогреве не выше 50 0С и с перемешиванием. Затем в процеженный через сито лак вводят уротропин и 1% - ный раствор красителя и перемешивают их в смесителе 15 мин. Уротропин (СН2)6N4 – кристаллический порошок белого или жёлтого цвета получают взаимодействием аммиака с формальдегидом. Его вводят в цоколёвочную мастику для придания идитолу термореактивных свойств.

Далее в смеситель вводят предварительно перемешанные мраморную пудру и канифольный порошок и весь состав снова перемешивают 15 мин.

Канифоль – термопластичная естественная смола. При нагреве она размягчается, а при охлаждении снова затвердевает. Она представляет собой хрупкие стекловидные жёлтые или красновато-коричневые куски. Для цоколёвочной мастики обычно применяют сосновую канифоль.

Мраморный порошок СаСО3 , вводимый в качестве инертного наполнителя, превращает мастику в густое пластичное тесто. Он придаёт мастике необходимую текучесть и делает её более удобной для намазывания на цоколи.

Полученная однородная липкая масса становится удобной для намазывания на цоколи. Для сохранения постоянства густоты мастики увеличивают количество спирта в холодное время года и уменьшают – в тёплое.

Важными свойствами цоколёвочной мастики, определяющими её качество, являются текучесть и скорость отверждения, т.е. скорость перехода в нерастворимое состояние.

**3.18 Цоколевание**

Все источники света, за исключением некоторых типов специальных ламп, имеют цоколь, с помощью которого лампы крепятся к осветительной арматуре и подключаются к источникам питания.

Крепление цоколей к лампам производится с помощью специальных мастик и цементов или же механическим способом.

Перед цоколеванием ламп В 220 – 25 идитоловой мастикой производят намазку цоколей на специальных автоматах. Намазка цоколей состоит в том, чтобы на край внутренней поверхности цоколя нанести кольцевой поясок мастики толщиной 2-3 мм. Намазанные цоколи перед цоколеванием могут выдерживаться некоторое время, но не более 16 часов во избежание порчи мастики.

Цоколевание ламп производится на специальных цоколёвочных машинах карусельного типа, имеющих производительность более 2000 шт/мин. Для различных источников света применяются разнообразные машины, отличающиеся конструктивным исполнением, габаритами, количеством рабочих гнёзд, выполнением дополнительных технологических операций в процессе цоколевания ламп и т.д. Но все они выполняют одну и ту же задачу – обеспечение полимеризации мастики и надёжного скрепления цоколя с лампой.

В начальной стадии нагрева мастика стекает вниз и равномерно заполняет промежуток между цоколем и горлом. При дальнейшем нагреве идитол вступает в соединение с уротропином, полимеризуя и связывает цоколь со стеклом Температура цоколевания ламп зависит от рода мастики, типа цоколей и количества мастики. При низкой температуре цоколевания мастика не успевает полностью полимеризоваться и цоколь закрепляется непрочно, при очень высокой температуре – мастика сильно расширяется, увеличивается давление на горло лампы, в результате чего может происходить растрескивание горла.

Добавленный в мастику зелёный краситель (малахитовая зелень) при 160-185 0С разлагается и обесцвечивается. Зелёный цвет мастики после цоколевания указывает на недогрев, светло-коричневый на нормальный нагрев, тёмно-коричневый – на перегрев.

**3.19 Приварка вводов**

С целью экономии дефицитных припоев, боковой ввод можно не припаивать к цоколю, а приваривать. Медь с латунью плохо сваривается, а медь со сталью и особенно платинит со сталью свариваются хорошо. Поэтому боковой вывод с успехом приваривают к стальным цинкованным цоколям, особенно если он изготовлен из платинита. Приварку производят на таком же аппарате точечной сварки, какой применяют для приварки спирали с той лишь разницей, что рабочему концу его нижнего хобота придают форму корытца. Ввод, протянутый между горлом лампы и краем надетого на него цоколя обрезают коротко, чтобы придать ему жёсткость, необходимую для получения хорошего контакта при сварке. В зазоре, образующемся между корпусом цоколя и верхним хоботом аппарата, возникает дуга, вплавляющая вывод в цоколь.

Около приваренных выводов улетучивается слой цинка. Однако образующееся окисное пятно препятствует развитию коррозии. Такое же пятно образуется на противоположной стороне цоколя, если последний во время приварки был неплотно прижат к концу нижнего хобота. Грязные или окисленные вводы затрудняют приварку. Для выборочной оценки прочности приварки пользуются прибором, которым зацепляют приваренный ввод и оттягивают его с приложением силы 0,5 кг; хорошо приваренный ввод не должен при этом отделятся от цоколя.

Условия труда при приварке более благоприятны, чем при припайки благодаря отсутствию вредных испарений припоя и флюса.

**3.20 Обжиг лампы**

Технологическая операция, проводимая для ламп накаливания с целью улучшения вакуума в отпаянной лампе и формирования надлежащей кристаллической структуры ТН, называется обжигом.

Для вакуумных ламп накаливания обжиг проводится в два этапа, первый из которых носит название «аблиц». Особенностью этого этапа является то, что его проведение сопровождается кратковременным тлеющим электрическим разрядом в лампе.

При аблице вначале на лампу подаётся напряжение несколько ниже номинального. При этом проходит выделение остаточных газов из нагретых деталей лампы и быстрое испарение газопоглотителя. Давление в лампе повышается. Газы и пары, под действием испускаемых ТН электронов и ускоряющего действия электрического поля, ионизируются и становятся токопроводящими. Ток в цепи лампы начинает проходить не только через ТН, но и через пары и газы, вызывая их свечение. Когда газопоглотитель свяжет основную массу остаточных газов, давление в лампе понизится и свечение исчезнет.

В момент появления синей вспышки электрическое сопротивление между вводами лампы сильно уменьшится. Это может вызвать резкое возрастание тока и переход тлеющего разряда в дуговой, быстро разрушающий лампу. Чтобы этого не случилось, последовательно с телом накала обрабатываемой лампы включается активное сопротивление (резистор). С возрастанием тока моментально увеличивается падение напряжения в подключённом резисторе, что в свою очередь приводит к понижению напряжения между вводами лампы. Как только светящий разряд в лампе прекратится, ток уменьшится и напряжение на лампе повысится. В результате аблица давление в лампе понижается с 1-5 Па до 10 -2 – 10 -3 Па.

Второй этап обжига проводится сразу же после аблица.

С этой целью, на несколько минут, на лампу подаётся напряжение на 15% выше номинального. При этом за счёт теплового излучения нагреваются стенки колбы и детали ножки, которые выделяют некоторое количество газов. Эти газы поглощаются отложившимися на колбе фосфорным поглотителем.

Температура колбы при обжиге лампы не должна превышать 80-100 0С. В противном случае газопоглотитель на стенках колбы не удерживает поглощённых газов и давление в лампе не понижается до требуемого значения.

В лампах на этом этапе очень важным является изменение кристаллической структуры вольфрама.

На первых ступенях обжига со спиралей снимаются внутренние напряжения (проходит первичная рекристаллизация), а на последних – формируется новая кристаллическая структура вольфрама (проходит вторичная рекристаллизация). Окончательная структура устанавливается после нескольких часов эксплуатации лампы, когда вторичная рекристаллизация завершается полностью.

Все готовые лампы проверяют, так называемым «острым» током. Для этого включают лампу на напряжение превышающее номинальное рабочее на 5-10% и выдерживают в течении нескольких секунд.

Если лампа не перегорит при испытании острым током, то есть основание полагать, что она не перегорит и у потребителя при номинальном рабочем напряжении.

Как аблиц, так и обжиг ламп накаливания производят на специальных автоматах обжига или комбинированных автоматах цоколевания, припайки электродов и обжига. При изготовлении небольших партий ламп обжиг производится на специальных столах.

**3.21 Контроль и испытания ламп**

Конструкция тех или иных источников света и применяемая технология должна обеспечивать стабильность световых параметров и механическую прочность ламп в течении всего срока службы, при транспортировке и хранении ламп – в пределах норм, установленных стандартами или техническими условиями.

Однако не может быть гарантии, что все 100% изготовляемых ламп обладают всеми параметрами и свойствами для нормальной работы в заданных режимах. Как показала практика, часть ламп в зависимости от технического уровня производства имеет отклонение от заданных параметров. Такие лампы должны быть обнаружены и не выпущены с завода.

Правильно организованный систематический контроль производства позволяет оперативно не только ликвидировать возникший брак, но вовремя предупредить его.

Основным методом контроля производства является испытания ламп. Испытанием ламп преследуют две цели:

Первая – определение способности ламп нормально работать в режимах (электрических, механических, тепловых, климатических и др.), оговорённых в стандартах и технических условиях.

Вторая – определение измеряемых параметров ламп, их средних значений и распределения параметров у партий ламп, продукции за день, декаду, месяц и т.д.; на основании полученных данных определяется технологический запас по тем или иным параметрам и задаются новые технические нормы на контроль материалов и деталей, на допуски при изготовлении технологического инструмента, на технологические процессы и т.д.

Для контроля производства часто применяют специальные методы испытаний, не предусмотренные стандартами и техническими условиями. Изучение статистического разброса параметров ламп и увязка этого разброса с технологическими факторами имеет решающее значение в деле повышения качества и надёжности работы ламп.

**3.22 Технологическая выдержка и упаковка**

В стеклянных деталях изготовленных ламп могут оставаться внутренние напряжения, которые в определённых случаях могут привести к растрескиванию стекла и натеканию ламп. Большую опасность представляют микротрещины в стекле, обычно обнаруживаемые в процессе текущего контроля ламп.

Как показал опыт, наибольшее число натекших ламп обнаруживается в первые дни после их изготовления. Для того чтобы предотвратить попадание потребителю медленно натекающих ламп, производится их выдержка на промежуточном складе. Срок выдержки устанавливается в зависимости от назначения ламп и предъявляемых к ним требований. В основном лампы накаливания общего назначения выдерживаются от 3 до 5 суток.

Кроме того, при повышенном браке, выявляемом при проверке среднесуточного процента брака, может устанавливаться для отдельных партий ламп более длительный срок технологической выдержки. Выявленный после технологической выдержки брак составляет от 0,2 до 1,5 %

Лампы выдерживаются в нерабочем состоянии упакованными во временную тару на участке выдержки. За время выдержки скрытые браки переходят в легко обнаруживаемые. Все лампы после завершения срока выдержки проверяют на зажигание и после отбраковки негодных передают на упаковку.

Упаковка ламп является конечной операцией в технологическом цикле производства ламп, от качества которой зависит защита их при хранении и транспортировке от механических повреждений, загрязнений, атмосферных осадков и других неблагоприятных условий среды. Сохранность ламп достигается применением тары из гофрированного картона, которая имеет ряд преимуществ перед деревянной тарой.

Многие электроламповые заводы имеют свои картонажные участки, оборудованные современным высокопроизводительным оборудованием по изготовлению картонной тары.

**Заключение**

В этом курсовом проекте подробно описаны основные технологические процессы изготовления лампы накаливания общего назначения В 220 – 25. Даны необходимые сведения о её применении и использовании.

В первой части курсового проекта дано описание основных элементов, присущих всем без исключения лампам накаливания, изложены условия эксплуатации, необходимые для наиболее долгой работы лампы. Вторая часть посвящена расчётам времени заварки лампы и отжига колбы. Соблюдение этих технологических режимов может дать высокое качество и долгую продолжительность работы лампы. Кроме основных технологических процессов, в третьей части также описаны второстепенные, включая упаковку, контроль, выдержку и испытания. Без этих процессов также нельзя гарантировать нормальную продолжительность работы ламп. Поэтому они также находятся в третьей части как и процессы изготовления вводов, колбы, тела накала, заварки.

Лампа накаливания общего назначения В 220 – 25 из-за малой потребляемой мощности и малого светового потока широко используется в быту для общего освещения в подъездах, складских помещениях; местного освещения в настольных лампах, декоративных светильниках; в промышленности для аварийного освещения.

**Список использованных источников**

1. Ульмишек Л.Г.: Производство электрических ламп накаливания. М.-Л.:

Энергия, 1966. – 640 с.

1. Денисов В.П., Мельников Ю.Ф.: Технология и оборудование производства электрических источников света: учебник для техникумов. М.: Энергия, 1983. – 384 с.
2. Денисов В.П.: Производство электрических источников света. М.: Энергия, 1975. – 488 с.
3. Афанасева В.И. Скобелев В.Н.: Источники света и пускорегулирующая аппаратура: учебник для техникумов. М.: Энергия, 1986. – 272 с.
4. Справочная книга по светотехнике под редакцией Айзенберга Ю.Б. М.: Энергия, 1995. – 528 с.
5. Фёдоров В.В.: Производство люминесцентных ламп, 3-е издание. М.: Энергия, 1981. – 232 с.
6. Рохлин Г.Н.: Разрядные источники света, 2-е издание. М.: Энергия, 1991. – 720 с.
7. Лугман С.Н., Волков В.И.: Галогенные лампы накаливания. М.: Энергия, 1980. – 136 с.
8. Антошкин Ф.Н., Харитонов А.В., Савкин А.В.: Ртутные лампы высокого давления ДРЛ. Саранск: МГУ, 1992. – 140 с.