|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Учебное занятие, 90 мин | Тема: | Рассматриваемые вопросы | Используемая литература, источники | Форма отчета |
|  |  | 1. Правила оформления смотреть ниже |  | Выполнить письменно в тетради. Фотографию с выполненным заданием отправить на электронный адрес [onoshkin.sergey@yandex.ru](mailto:onoshkin.sergey@yandex.ru)или в социальной сети «ВКонтакте»<https://vk.com/id25553248>  В названии файла указать: номер группы, название дисциплины, свою Фамилию ИО, дату выдачи задания! |

Лабораторная работа №6

**ТЕМА:** Проводниковые материалы

**НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ:** Проводниковые материалы с малым удельным сопротивлением; сплавы высокого сопротивления; электроугольные изделия; контактные материалы; припои.

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** Изучить проводниковые материалы, сплавы высокого сопротивления, голые провода, их марки, электроугольные изделия, их основные характеристики.

**ЗАДАНИЕ ПО ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ:**

**А) ЗАДАНИЕ,**

1. Оформить бланк отчета по лабораторной работе (заполнить титульный лист, перечислить изучаемые материалы (изделия), отразить в отчете конструктивные особенности изучаемых материалов (изделий), дать краткую характеристику, указать входящие компоненты, технические, электрические и др. характеристики).
2. Подготовиться к защите отчета: подготовить ответы на контрольные вопросы, в справочной литературе найти практическое применение изучаемых материалов и изделий.

**ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ:**

1. Перечислите изученные проводниковые материалы и изделия.
2. Какие из изученных проводниковых материалов обладают наименьшим и наибольшим удельным электрическим сопротивлением?
3. Объясните разницу между сталеалюминиевым и алюминиевым проводом.
4. Чем объясняется многообразие разновидностей электрощеток?
5. Дайте характеристику проводниковым материалам.

**КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ИЗУЧАЕМЫМ ПРОВОДНИКОВЫМ МАТЕРИАЛАМ.**

**ПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**Проводниковая медь** - металл красновато-оранжевого цвета с температурой плавления 1083 оС, обладает хорошими механическими свойствами и пластичностью, устойчива к атмосферной коррозии, из-за тонкого слоя окисла. Удельное электрическое сопротивление 0,0175\*10-6 Ом\*м. Медь может быть твердых (МТ) и мягких (ММ) марок. Мягкая медь применяется для изготовления обмоточных, установочных, монтажных проводов, а также кабелей, твердая - для контактных проводов.

Марки медных неизолированных проводов: М-25, М-35 – М /медный/, неизолированныйый провод сечением 25 мм 2  /35 мм 2/ и т.д.

**Бронза** - сплав меди с оловом, кадмием, бериллием, фосфором и другими элементами. Бронзы имеют более высокие механические характеристики чем медь, но удельное электрическое сопротивление у бронзы больше (0,188\*10-6 Ом\*м). Температура плавления бронзы 1100 оС.

Кадмиевая бронза устойчива против трения, поэтому ее применяют для контактных проводов и коллекторных пластин ответственного назначения. Из бериллиевых и фосфористых бронз изготовляют токоведущие пружины, щеткодержатели, скользящие контакты рубильников.

**Марки бронз**: Бр.Кд – кадмиевая бронза,

Бр.Б2 – бериллиевая бронза,

БрКН 1-3 – бронза содержащая 1% кремния, 3% никеля,

БрОС10-3 – бронза содержащая 10% олова, 3% свинца.

**Латуни** - сплавы меди с цинком. Температура плавления 860 оС. Удельное электрическое сопротивление 0,087\*10-6 Ом\*м. Обладают достаточно высокими механическими характеристиками, они легко обрабатываются резанием, хорошо прокатываются и протягиваются. Латуни дешевле меди, и там где возможно, заменяют медь для изготовления зажимов, контактов, электродов и токоведущих крепежных деталей. Для повышения механических свойств и коррозионной стойкости в состав латуни вводят алюминий, марганец, железо, никель.

**Марки латуней:** Л96 - латунь содержащая от 4 до 12% цинка (томпак), применяется для антикоррозионного покрытия других металлов.

**Медно-никелевые сплавы** получили широкое применение в народном хозяйстве. Они отличаются высокой коррозионной стойкостью, а некоторое жаростойкостью, механической прочностью и повышенным электрическим

сопротивлением. Эти сплавы маркируют буквами НМ или МН и далее аналогично бронзам и латуням. Наиболее употребимые из них: манганин

НММц 85-12, мельхиор МН19, монель-металл НМЖМц 28-2 , 5-1.5 и т.п.

**Алюминий** - второй после меди проводниковый материал, механически менее прочный. Удельное электрическое сопротивление 0.0282\*10-6 Ом\*м. Это металл серебристо-белого цвета, с температурой плавления 658 оС. Пленка оксида (Al 2O3) защищает его от проникновения кислорода воздуха. Эта пленка обладает большим переходным сопротивлением. При соединении проводов пленку нужно счищать /слегка/ ножом. Алюминий с другими цветными металлами образует гальваническую пару (особенно при увлажнении). Такой контакт быстро разрушается. Чтобы избежать этого, необходимо места соединения хорошо изолировать, а между алюминием и другим металлом (медью) ставить стальную шайбу. Алюминиевые провода друг с другом можно соединить сваркой, пайкой (специальными припоями с флюсом). Для проводов линий электропередачи применяются специальные сплавы, обладающие повышенной механической прочностью, а также сталеалюминевые провода со стальным сердечником и алюминиевыми боковыми жилами.

Марки алюминиевых проводов:

А16, А25, А50, А70, А95 - А (алюминиевый) провод сечением 16 мм2  (25 мм 2 , 50мм2 и т.д.).

АС25, АС35, АС50 - сталеалюминевый провод; А /алюминиевый/ провод со стальной - С несущей жилой, сечением 25мм 2  / 35 мм 2 и т.д./.

АН- провод из алюминиевого сплава АВ-Е без термообработки,

АЖ - провод из алюминиевого сплава АВ-Е термообработанный.

Провода из алюминиевого сплава (особенно АЖ) прочнее алюминиевых; поверхность их тверже; они имеют большее удлинение при разрыве, обладают большей стойкостью против коррозии по сравнению со сталеалюминевым.

Начиная с сечения 120 - 150 мм 2  выпускаются сталеалюминевые провода марок: АСО - ослабленные по стали; АСУ - усиленные по стали.

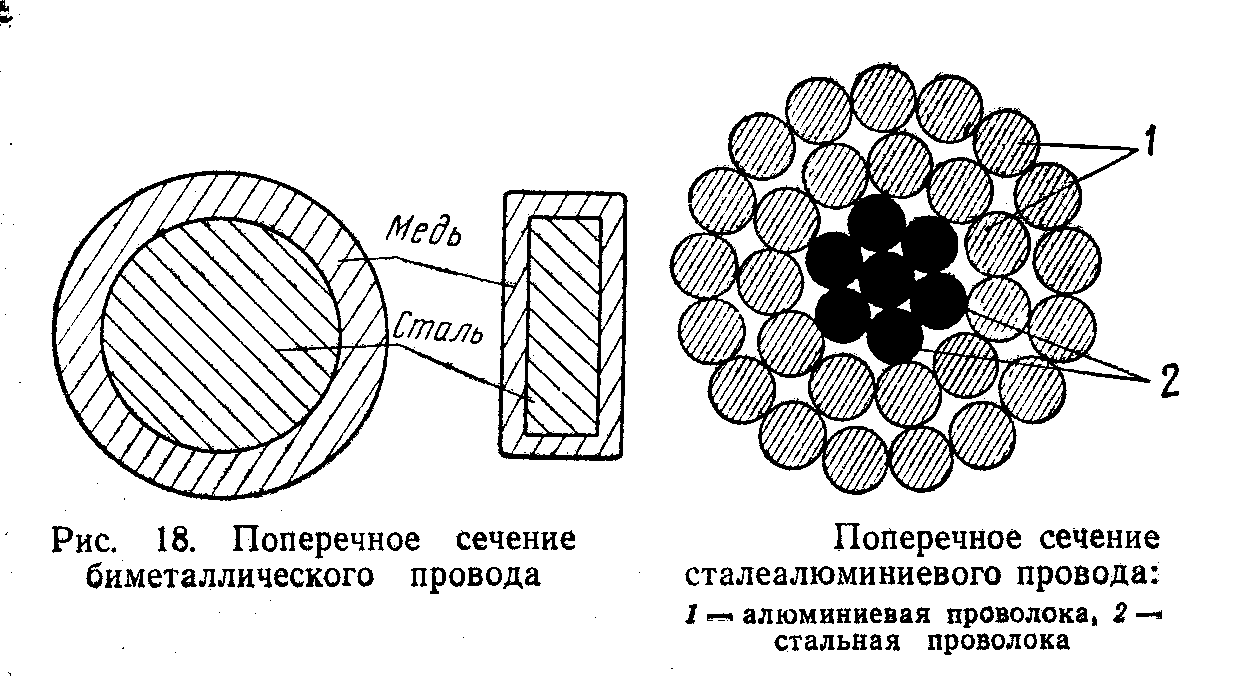


Рис. 1 Поперечное сечение сталеалюминиевого провода:

1 – алюминиевая проволока,

2 – стальная проволока

**Сталь проводниковая** является наиболее дешевым материалом для проводов и обладает большой механической прочностью. Но удельное электрическое сопротивление стальных проводов относительно велико (0.1-0.12\*10-6 Ом\*м), вследствие чего стальной провод в 15-16 раз тяжелее алюминиевого провода такой же проводимости. При прохождении по стальному проводнику переменного тока сказывается явление поверхностного эффекта, то есть возрастание плотности тока у поверхности провода, что еще больше увеличивает сопротивление, кроме того, возникают потери мощности на перемагничивание. Наконец, стальные провода подвержены коррозии (ржавлению). В силу этих причин стальные провода применяют лишь для некоторых второстепенных линий малой мощности, а также на ответвлениях к вводам в здания.

**Стальные провода -** выполняют как однопроволочные (марка ПСО - провод стальной, однопроволочный ), так и многопроволочный ( марка ПС ). Однопроволочные провода выпускаются диаметром от 3 до 5 мм.

Например: ПСО – 3. Провод стальной однопроволочный диаметром 3 мм.

Многопроволочные провода выпускаются с площадью поперечного сечения начиная с 25 мм2.

Например: ПС – 25, ПС – 35 - провод стальной многопроволочный сечением 25 мм2, /35 мм2 /.

Кроме проводов ПС, изготавливаемых из обычной стали, выпускают провода ПМС из медистой стали со значительно меньшим электрическим сопротивлением, что снижает потери напряжения в линии.

Например: ПМС - 25– провод из медистой стали сечением 25 мм2.

**Стальные токопроводящие шины** применяют на подстанциях. При устройстве заземлений, также используют стальные проводники (полосовую и круглую сталь) и стальные электроды заземления.

**Стальные биметаллические провода** имеют стальной однопроволочный сердечник, обеспечивающий нужную прочность, и покрытие из цветного металла, обеспечивающее нужную проводимость и защищающие сталь от коррозии. Сталь покрывают алюминием или медью. Провода маркируются: буквами, обозначающими материал провода, и цифрой, указывающей сечение в квадратных миллиметрах или диаметр.

Например: **БСА-17**. Б - биметаллический провод, С - стальной сердечник,

А – алюминиевое покрытие, 17 - сечением 17 мм2.

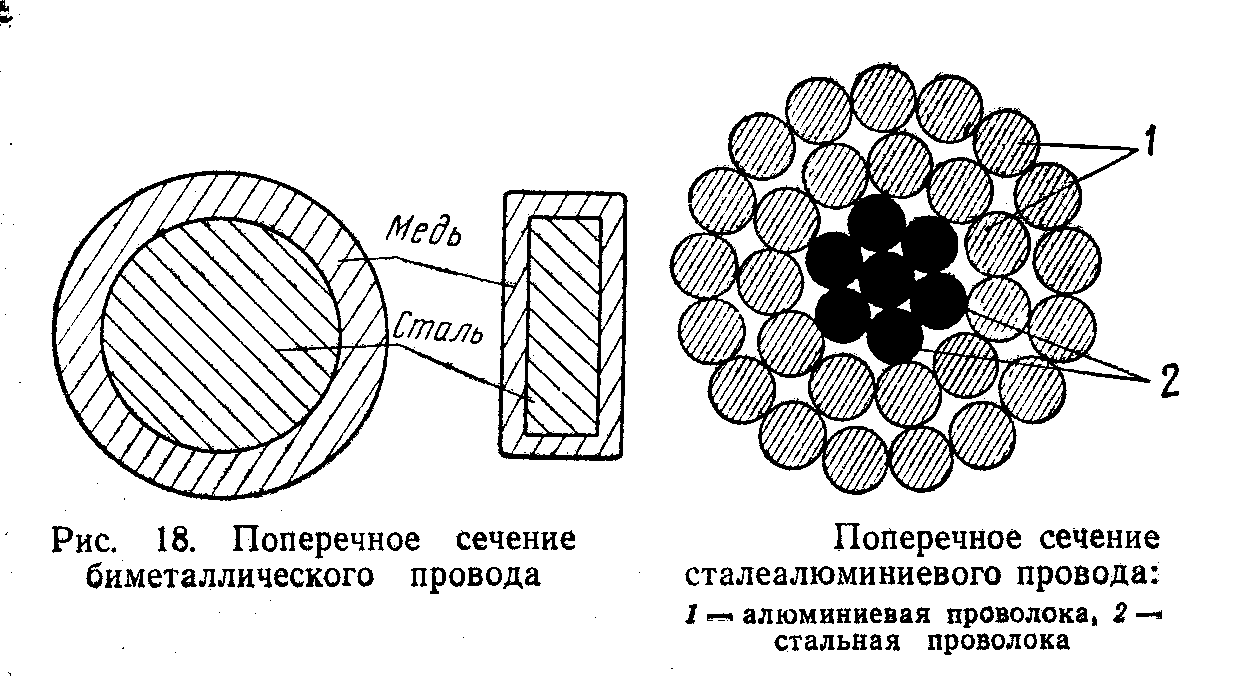


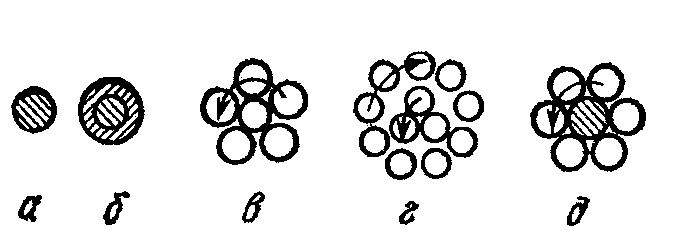
Рис.2 Поперечное сечение биметаллического провода

В таблице 1 приведены наиболее часто используемые марки проводов.

Таблица 1

Основные марки проводов для сельских ВЛ 0,38 кВ

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика | Марка | Диаметр | Сечение, мм | | Масса, кг/км | Строительная длина,  ( не менее) |
| стали | алюминия |
| Стальной (оцинкованный) однопроволочный  (рис. 3, а)) | ПСО-4 | 4 | 12,6 | — | 99 | 400 |
| ПСО-5 | 5 | 19,6 | — | 154 | 325 |
| Биметаллический  сталеалюминиевый однопроволочный  (рис. 3, б)) | БСА-10 | 5,1 |  | 10 | 28 | 3000 |
| БСА-17 | 5,8 |  | 17 | 48 | 3000 |
| БСА-25 | 6,5 |  | 25 | 70 | 3000 |
| Стальной  пятипроволочный  (рис. 3, в)) | ПС-25 | 6,8 | 24,6 | — | 194 | 1500 |
| Стальной  семипроволочый | ПС-35 | 7,5 | 34,4 | — | 272 | 1500 |
| Стальной  двенадцатипроволочный  (рис. 3, г)) | ПС-50 | 9,2 | 49,4 | — | 389 | 1500 |
| Алюминиевый  семипроволочный | А- 16 | 5,1 | — | 15,9 | 43 | 4500 |
| А-25 | 6,4 | — | 24,9 | 68 | 4000 |
| А-35 | 7,5 | — | 34,3 | 94 | 4000 |
| А-50 | 9,0 | — | 49,5 | 135 | 3500 |
| А-70 | 10,7 | — | 69,2 | 189 | 2500 |
| А-95 | 12,3 | — | 92,4 | 252 | 2000' |
| А- 120 | 14,0 | — | 117,0 | 321 | 1500 |
| Сталеалюм,иниевый из  одной стальной и  шести алюминиевых  проволок  (рис. 3, д)) | АС-10/1,8 | 4,5 | 1,77 | 10,6 | 42,7 | 3000 |
| АС-16/2,7 | 5,6 | 2.69 | 16,1 | 65,0 | 3000 |
| АС-25/4,2 | 6,9 | 4,15 | 24,9 | 100,0 | 3000 |
| АС-35/6,2 | 8,4 | 6О5 | 36,9 | 149 | 3000 |
| АС-50/8,0 | 9,6 | 8,04 | 48,2 | 194 | 3000 |
| АС-70/11 | 11,4 | 11,3 | 68,9 | 274 | 2000 |



а) б) в) г) д)

Рис 3. Конструкции голых проводов:

а) – однопроволочный монометалический; б) – однопроволочный биметалический;

в) – многопроволочный из одного метала с одним повивом; г) – многопроволочный с двумя повивами в разные стороны; д) – многопроволочный комбинированный, центральная жила стальная.

**Сплавы высокого сопротивления.**

К материалам этой подгруппы относят: сплавы для образцовых, измерительных и добавочных сопротивлений и обмоток электроприборов; сплавы для реостатов; жаростойкие сплавы для нагревательных элементов. Эти сплавы обладают высоким удельным сопротивлением, малой зависимостью электрического сопротивления от температуры нагрева, способностью длительно выдерживать большую температуру, не расплавляясь и не окисляясь.

**Константан**(МНМц40-1,5) *—* сплав из 57—60% меди, 39—41% никеля и 1—2% марганца. Температура плавления 1260 °С, удельное электрическое сопротивление 0,48\*10-6 ом\*см.*.*

Константан применяется для изготовления реостатов, электронагревательных приборов, добавочных сопротивлений к вольтмет­рам и ваттметрам. В паре с медью или сталью константан дает термоэлектродвижущую силу порядка 40 мкВ на 1° разности температур горячего и холодного спаев. Это позволяет изготовлять из константана и меди термопары для измерения температуры до 350 °С, а из константана и стали — до 600 °С.

**Манганин**(МНМцЗ-12) *—* сплав из 85% меди, 12% марганца и 3% никеля. Температура плавления 960 °С, удельное электрическое сопротивление 0,435\*10-6 ом\*см*,* максимальная рабочая температура 300 °С. Манганин применяется для изготовления деталей электроизмерительных приборов и шунтов к ним.

Манганин и константан среди сплавов высокого сопротивления имеют наименьший температурный коэффициент.

Нейзильбер, никелин, реотан — сплавы типа константана, но более дешевые и с менее стабильными свойствами; идут на изготовление реостатов и нагревательных элементов с рабочей температурой не выше 200 °С (кипятильники и т. д.).

**Жаростойкие сплавы** помимо большого удельного сопротивления имеют высокий предел рабочей температуры и хорошие механические свойства. Стойкость к окислению при высоких температурах объясняется образованием на поверхности этих сплавов твердого жаропрочного окисла, предохраняющего сплав от контакта с кислородом воздуха.

К материалам этого типа относят хромоникелевые (нихромы) и железохромоалюминиевые (фехрали и хромали) сплавы.

Нихромы имеют хорошие механические свойства — прочные и вязкие, легко обрабатываются. Выпускают их в виде проволоки диаметром от 0,1 мми лент сечением от 0,1х1 мм и выше.

Фехрали и хромали, не содержащие никеля, значительно дешевле нихромов, но труднее обрабатываются, так как обладают повышенной твердостью и хрупкостью. Сплавы № 1, 2 и 3 представляют собой более жаростойкую модификацию фехралей.

Все жаропрочные сплавы способны длительно работать при высоких температурах в стационарном режиме. При частых включениях и выключениях, вызывающих резкие колебания температуры нагревательного элемента, происходит растрескивание защитной пленки окисла и появляется возможность проникновения кислорода в глубь сплава, что приводит к дальнейшему окислению и разрушению.

**Нихром** (Х16Н60, Х15Н60, Х20Н80)— сплавиз 62—71% никеля, 14—16% хрома, 14— 18% железа и 1—2% марганца. Температура плавления 1390 °С, удельное электрическое сопротивление 1,12\*10-6 ом\*м, максимальная рабочая температура до 1000 °С.

Нихром в виде проволоки и ленты служит для изготовления электронагревательных приборов: печей, термостатов и т. п.

**Фехрали** (Х13Ю4, Х23Ю5)*—* сплавы содержащие около 80% железа, 15% хрома и 5% алюминия. Удельное электрическое сопротивление 1,3\*10-6 ом\*м, максимальная рабочая температура 800 °С. По сравнению с нихромом фехраль более тверд и хрупок. Фехраль применяется для изготовления деталей электронагревательных приборов.

Хромаль — сплав из 70% железа, 25% хрома и 5% алюминия. Удельное электрическое сопротивление 1,3\*10-6 ом\*м,максимальная температура 1200 °С. Проволока из хромаля применяется в промышленных электропечах..

**ЭЛЕКТРОУГОЛЬНЫЕ ИЗДЕЛИЯ**

Электроугольные **изделия** широко применяются в электротехнике. Это — **щетки для электрических машин, электроды гальванических элементов, электроды дуговых фонарей и дуговых печей; контактные детали, сопротивления.**

Сырьем для их изготовления служат углеродистые материалы (графит, кокс, сажа, антрацит др.). Для отдельных типов изделий в смеси вводят связующие и пластифицирующие вещества (каменноугольную смолу – пек, синтетические смолы, битум, жидкое стекло и др.). При изготовлении некоторых электроугольных изделий добавляют порошки металлов (медь, серебро и др.). Все это прессуется и обжигается при температурах от 200 до 1300 оС (в зависимости от вида изделия), обычно без доступа воздуха. Электрографитированные щетки после обжига подвергают графитизации, которая протекает в специальных печах, при температуре 2500-2600 оС. При этом углерод исходных компонентов угольной смеси переводится в графит, что значительно снижает абразивность и электрическое сопротивление щеток.

**Щетки для электрических машин**(см. табл. 2) подразделяют на графитные, угольно-графитные, электрографитированные и металлографитные.

**Графитные щетки** мягких сортов изготовляют из натурального графита без связующих веществ, твердые сорта — с применением связующих. Эти щетки применяются на генераторах и электродвигателях постоянного тока с облегченными условиями коммутации.

**Угольно-графитные щетки** изготовляют из: графита с добавкой кокса, сажи и связующих веществ. Термически обработанные готовые щетки покрывают в электролитической ванне тонким слоем меди. Эти щетки обладают повышенной механической прочностью, твердостью и малым износом при работе. Применяются на генераторах и электродвигателях с облегченными условиями коммутации и на коллекторных машинах переменного тока.

**Электрографитированные щетки** изготовляют из графита, сажи, кокса и связующих. После термической обработки щетки подвергают графитизации (отжигу при температуре 2500—2800 °С). Кроме повышенной механической прочности, эти щетки обладают повышенной стойкостью к толчкообразному изменению нагрузки. Применяются на тяговых электродвигателях, генераторах и электродвигателях со средними и затрудненными условиями коммутации при больших окружных скоростях (45—60 м/с).

**Металлографитные щетки** изготовляют из смеси порошков графита и меди, в некоторых случаях дополнительно, вводят порошки свинца, олова или серебра. Эти щетки имеют малые значения удельного электрического сопротивления и переходного падения напряжения, допускают большие плотности тока. Применяются на генераторах и электродвигателях низкого напряжения.

Таблица 2

Щетки для электрических машин

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Марка | Номинальные параметры | | | Переходноепадение  напряжения  на пару  щеток, В |
| Плотностьтока,  А/см2 | Максимальнаяокружная  скорость,  м/с | Давление на  щетку, кПа |
| Графитные | Г3  611М  6110М | 11  12  15 | 25  40  90 | 20-25  20-25  12-22 | 1.9  2.0  2.0 |
| Угольно-графитные | Г20  Г21  Г22 | 15  5  10 | 40  30  30 | 50  15-100  40 | 2.9  4.3  2.5 |
| Электрографитиро-ванные | ЭГ2А  ЭГ2АФ  ЭГ4  ЭГ8  ЭГ51  ЭГ61  ЭГ71  ЭГ74  ЭГ85 | 10  15  12  10  12  13  12  15  15 | 45  90  40  40  60  60  40  50  50 | 20-25  15-20  15-20  20-40  20-25  30-50  20-25  17-25  17-35 | 2.6  2.0  2.0  2.4  2.2  3.0  2.0  2.7  2.3 |
| Металлографитные | М1  М3  М6  М20  МГС0  МГ2  МГ4  МГ64  МГС5 | 15  12  15  12  20  20  20  25  35 | 25  20  25  20  20  20  20  25  35 | 15-20  15-20  15-20  15-20  18-23  18-23  20-25  15-20  20-25 | 1.5  1.8  1.5  1.4  0.2  0.5  1.1  0.5  2.0 |

**Припои** *—* это сплавы, которые в зависимости от составляющих их металлов бывают легкоплавкими или тугоплавкими (температура плавления не менее 500 °С). Легкоплавкие припои называют мягкими, тугоплавкие — твердыми припоями. Основные характеристики наиболее распространенных припоев приведены в таблице 3. Пользуясь этой таблицей, нужно иметь в виду, что ученые и инженеры-технологи систематически работают над проблемами получения дешевых припоев, обладающих улучшенными характеристиками, поэтому со временем появляются новые марки припоев, меняется их состав, а следовательно, их свойства, в частности температура плавления.

В качестве флюсов для пайки мягкими припоями деталей из меди, латуни, бронзы применяют материалы, изготовленные на основе канифоли с добавлением этилового спирта (марка КЭ), глицерина (марка ГК) и ряда других материалов — вазелина, хлорида цинка, стеарина. Для пайки деталей из алюминия и его сплавов мягкими припоями применяют флюс марки ФВ-3, состоящий из фторида натрия (8%), хлорида цинка (16%), хлорида лития (36%) и хлорида калия (40%).

Для пайки твердыми припоями применяют флюсы, в состав которых в определенном соотношении входят бура, борная кислота, хлориды натрия, цинка, лития, калия.

Таблица 3

Основные характеристики припоев некоторых марок

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Марка припоя | Составляющие элемен­ты и их содержание,% | Температу ра плавле ния,°С | Наименование соединяемых металлов |
| **Мягкие припои** | | | |
| ПОС-10 | Олово – 10  Свинец - 90 | 299 | Медь, латунь, бронза |
| ПОС-40 | Олово - 40  Свинец - 58  Сурьма - 2 | 238 | Медь, латунь, бронза |
| ПОССу35-0,5 | Олово – 34 – 36  Сурьма - 0,2 -0,5  Свинец — остальное | 245 | Медные жилы кабелей |
| ПОССу40-0,5 | Олово - 39- 41  Сурьма - 0,2-0,5  Свинец - остальное | 235 | Медные обмотки  электрических машин |
| ПОСК-50-18 | Олово – 49 – 51  Кадмий – 17-19  Свинец — остальное | 145 | Токоведущие детали приборов, конденсаторов, чувствительные к перегреву. |
| ПЗОО | Цинк — 60  Кадмий — 40 | 300 | Токоведущие части из алюминия и его сплавов |
| Л 170 А | Олово — 80  Серебро — 1  Кадмий — 19 | 175 | Соединение алюминия  с медью |
| А | Олово - 40  Цинк - 58,5  Медь - 1,5 | 400—425 | Алюминий |
| ЦА-15 | Цинк — 85  Алюминий — 15 | 500—550 | Алюминий |
| ЦО-12 | Олово - 12  Цинк - 88 | 500-550 | Алюминий |
|
| ПМЦ-54 | Медь — 54  Цинк — 46 | 880 | Детали из меди, латуни, бронзы, стали  (швы получаются хрупкие) |
| ЛОК-62-06-04 | Медь — 63  Олово — 0,4  Кремний — 0,4  Цинк — остальное | 905 | То же, но швы обладают большой механической прочностью |