

готовления корпусов электрических машин, крепежных деталей, валов, станин машин и др. Немагнитные чугуны и стали имеют структуру аустенита, получаемую в результате высокого содержания марганца и никеля. Применяются для изготовления деталей электромагнитов, магнитных аппаратов, электрических машин, а также компасных корпусов. Большое электрическое сопротивление немагнитного чугуна дает ему преимущество перед цветными сплавами в отношении снижения потерь на вихревые токи.

Контрольные вопросы и задания. 1. На какие группы подразделяются магнитные материалы? 2. Где используются магнитомягкие материалы? 3. Дайте характеристику магнитотвердым материалам.

Глава 2. СПЛАВЫ С ВЫСОКИМ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕМ

§ 1. СПЛАВЫ ДЛЯ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕЧЕЙ

Сплавы для электронагревательных элементов печей являются жаростойкими проводниковыми материалами на основе никеля, хрома, железа и некоторых других компонентов. Жаростойкость этих сплавов, то есть их неокисляемость при высоких температурах (1000... 1200 °С), обусловлена образованием на их поверхности окисной пленки большой плотности, исключающей доступ кислорода к сплаву. Основой жаростойких окисных пленок является окись хрома Cr_2O_3 и закись никеля NiO , которые не испаряются с поверхности сплава при высоких температурах. Жаростойкие проводниковые материалы на основе никеля, хрома и алюминия называются соответственно нихромами, фехралями и хромалями. Все они представляют собой твердые растворы металлов с неупорядоченной структурой, поэтому эти сплавы обладают большим удельным сопротивлением, малыми значениями температурного коэффициента, сопротивления и высокой окалинотойкостью. Кроме того, во многих случаях требуется технологичность сплавов — возможность изготовления из них гибкой проволоки, иногда весьма тонкой.

Сплавы маркируются по буквенно-цифровой системе: хром — Х, никель — Н, алюминий — А и титан — Т. Цифры, стоящие за буквой, указывают на среднее содержа-

ние данного металла в сплаве. Например, в нихроме марки Х20Н80 содержится: 20% хрома и 80% никеля (по массе).

На сплавы высокого омического сопротивления распространяют ГОСТ 12766.1—77...12766.5—77, на сплавы с заданным электрическим сопротивлением — ГОСТ 10994—74.

К сплавам высокого омического сопротивления относятся: Х13Ю4 (12...15,0% Cr, 3,5...5,5% Al) — для изготовления нагревательных элементов бытовых приборов и реостатов; ОХ23Ю5 (21,5...24,5% Cr, 4,5...5,5% Al) — для промышленных и лабораторных печей, бытовых приборов, реостатов и спиралей свечей накаливания; Х20Н80 — для промышленных и лабораторных печей, микропровода для малогабаритных элементов электрических сопротивлений, проволоки и ленты для реостатов.

§ 2. СПЛАВЫ ДЛЯ РЕОСТАТОВ И ТОЧНЫХ ПРИБОРОВ

При использовании сплавов для электроизмерительных приборов и образцовых резисторов, помимо высокого удельного сопротивления, требуются также стабильность значения во времени, малый температурный коэффициент электросопротивления и малый коэффициент термоЭДС в паре сплава с медью.

Перечисленными свойствами обладают сплавы меди с никелем, известные под названием манганин и константан.

Манганин — сплав меди, никеля и марганца светлоранжевого цвета с температурой плавления 960 °С.

Манганин, широко применяемый для изготовления образцовых резисторов, имеет температурный коэффициент электросопротивления весьма малый ($0,3 \times 10^{-4} 1/^\circ\text{C}$), коэффициент термоЭДС в паре с медью всего лишь 1 мкВ/°С.

Для стабилизации электрических характеристик манганиновых изделий их подвергают тепловой обработке в вакууме при 400 °С и последующей длительной выдержке при комнатной температуре. В результате такой обработки повышается однородность сплава и стабилизируются его свойства. Наибольшая допустимая температура для изделий из стабилизированных сортов манганина 200 °С, из нестабилизированных 60...80 °С. При повышении этих

температур в манганиновых изделиях происходит необратимое изменение свойств. Из манганина изготавливают мягкие и твердотянутые проволоки диаметром 0,02...6 мм и ленты толщиной до 0,08 мм и шириной до 270 мм. Кроме того, применяют манганиновые обмоточные провода с эмалевой изоляцией, с изоляцией из натурального шелка, а также изолированные эмалью и одним слоем натурального шелка.

Манганиновые изделия применяют при производстве резисторов и потенциометров высокого класса.

Константан — сплав меди, никеля и марганца серебристо-желтого цвета с температурой плавления 1260 °С.

Сплав константан отличается от манганина меньшим содержанием марганца (1...2% Mn) и постоянством удельного электрического сопротивления с изменением его температуры

Из константана изготавливают мягкие и твердые изделия: проволоку диаметром 0,03...5 мм и ленту толщиной до 0,1 мм. Изолированная константановая проволока в паре с медной применяется для изготовления термопар и в качестве тензометрического сплава.

Константановые изделия (проволока, ленты) могут использоваться при температурах не выше 450 °С.

На сплавы для реостатов и точных приборов распространяется ГОСТ 10994—74.

К сплавам с заданным электрическим сопротивлением относятся: Х20Н80ВИ (20...23% Cr, 1,5% Fe, Ni — основа) — для ответственных деталей внутривакуумных приборов, соединителей в изделиях электронной техники и микропровода для резисторов неответственного назначения; манганин МНМц3-12 (82...85% Cu, 2,5...3,5 — Ni, 11,5...13,5% Mn) — для изготовления датчиков, которыми измеряют высокие гидростатические давления образцовых сопротивлений, добавочных сопротивлений и шунтов электроизмерительных приборов высокой точности; константан МНМц40-1,5 (56...59% Cu, 39...41 — Ni, 1...2% Mn) — для изготовления реостатов и др.

Для изготовления термопар применяются следующие сплавы: копель (56% Cu, 44% Ni), алюмель (95% Ni, остальное — Al, Si и Mg), хромель (90% Ni, 10% Cr), платинородий (90% Pt, 10% Rh). Термопары могут применяться для измерения следующих температур: платинородий—платина до 1600 °С; медь—константан и медь—копель до 350 °С; железо — константан, железо — копель

и хромель — копель до 600 °С; хромель — алюмель до 900...1000 °С. Наибольшую термоЭДС при данной разности температур развивает термопара хромель — копель. Наиболее высокой точностью, стабильностью и воспроизводимостью обладают платинородиевые термопары, несмотря на малую удельную термоЭДС.

§ 3. КОНТАКТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В качестве контактных материалов для разрывных контактов, помимо чистых тугоплавких металлов (Сг, W), применяются различные сплавы и металлокерамические композиции на основе порошков серебра и окиси кадмия ($\text{CdO} \approx 20\%$). В качестве силовых дуго-размыкающих контактов применяют металлокерамику, изготовленную из порошков серебра, вольфрама (40...50%) и никеля (2...3%).

Металлокерамические контакты, изготавливаемые из порошков меди и графита, отличаются высокой устойчивостью к свариванию при размыкании больших токов (30 000...100 000 А). Материалы для скользящих контактов должны обладать высокой стойкостью к истиранию. Для этой цели применяют холоднокатаную (твердую) медь и бериллиевую бронзу. Щетки, служащие для создания скользящего контакта во вращающихся электрических машинах, изготавливаются из электроугольных изделий. Различают щетки угольно-графитные (УГ), графитные (Г), электрографитированные, т. е. подвергнутые термической электрообработке — графитированию (ЭГ), медно-графитные — с содержанием металлической меди (М и МГ).

Контрольные вопросы и задания. 1. Что представляют собой сплавы для нагревательных элементов печей? 2. Перечислите основные свойства марганца и константана.

Глава 3. СПЛАВЫ С ОСОБЫМИ ТЕПЛОВЫМИ И УПРУГИМИ СВОЙСТВАМИ

§ 1. СПЛАВЫ С ЗАДАННЫМ ТЕМПЕРАТУРНЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ

В приборостроении в ряде случаев требуются сплавы с самыми разнообразными свойствами, например сплавы с коэффициентом линейного расширения,