

Направление подготовки бакалавров
«Химическая технология»

Материаловедение и технология конструкционных материалов



Лихачев Владислав Александрович, к.х.н.,
доцент



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Тема 13. Электротехнические материалы

1.1. Классификация электротехнических материалов.

1.2. Свойства и применение электротехнических материалов с высоким и низким сопротивлением

1.3. Свойства и применение электротехнических материалов с особыми магнитными свойствами.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Классификация электротехнических материалов

*На практике применяются следующие виды
электротехнических материалов*

1. С низким сопротивлением;
2. С высоким сопротивлением;
3. С особыми магнитными свойствами:
 - 3.1. магнитотвердые;
 - 3.2. магнитомягкие.
4. Диэлектрики, Материалы не проводящие ток
(полимеры, резина, керамика)



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Электротехнические материалы с низким сопротивлением

Материалы, использующиеся для проводников и при обеспечении контакта.

Это чистые металлы: Au, Ag, Cu, Al.

В представленном ряду электропроводность падает.

Cu, Al – основные материалы для проводников и шин выпрямителей и электролизеров;

Au, Ag для покрытия ответственных контактов.

Электропроводность Au, Ag, Cu, Al падает при появлении примесей или при легировании этих металлов.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Электротехнические материалы с высоким сопротивлением

Применяются для изготовления нагревательных приборов, реостатов и сопротивлений.

Основной материал для нагревателей это сплав Ni-Cr (нихром):
X20H80 (20% Cr, 80% Ni) может использоваться до температуры 1150°C,
Сплавы для термопар: хромель (Ni + 10%Cr), алюмель (Ni + 2%AL)

Сплавы для реостатов и сопротивлений должны иметь невысокую температурную зависимость сопротивления. К таким материалам относятся сплавы на основе меди с высокой концентрацией растворяющихся компонентов: **константин МНМц40 -1,5** (40% Ni, 1,5%Mn); **копель МНЦ45-0,5** (45% Ni, 0,5%Mn).

Максимальная температура эксплуатации этих сплавов до 500°C, далее окалинообразование



Материалы с особыми магнитными свойствами

1. **Диамагнетики** – материалы с отрицательной магнитной восприимчивостью, намагничиваются противоположно магнитному полю. Полупроводники Si, Ge;

2. **Парамагнетики.** Материалы со слабой намагниченностью под действием внешнего магнитного поля: K, Na, Al, Mo, W, Ti, аустенитные стали;

3. **Ферромагнетики** – материалы с высокой магнитной восприимчивостью: Fe, Co, Ni, гадолиний.

3.1. Магнитотвердые (материалы для постоянных магнитов).

3.2. Магнитомягкие (магнитопроводы электрических машин генераторов, электродвигателей, трансформаторов, реле, пускателей, электромагнитов).



Магнитотвердые и магнитомягкие материалы

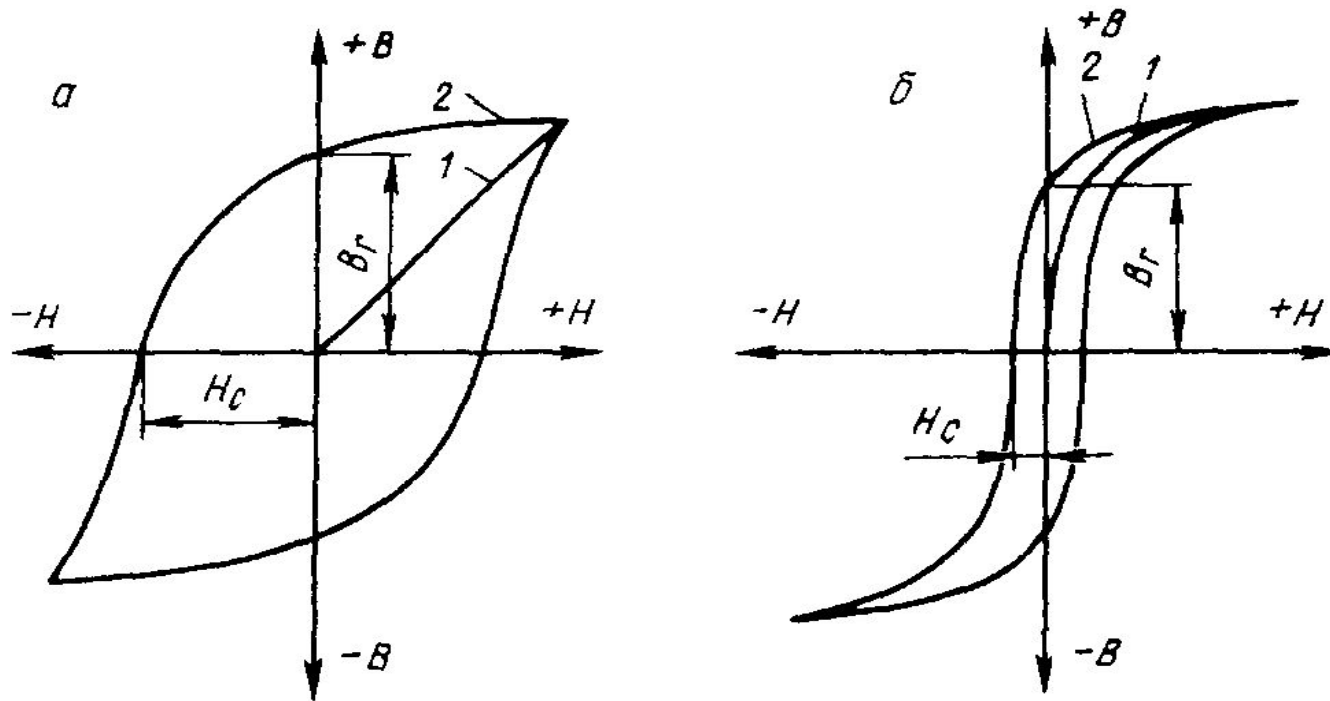


Рис. Зависимость магнитной индукции B от напряженности магнитного поля H . а) магнитотвердые материалы; б) магнитомягкие материалы; 1 – первичная кривая намагничивания, 2 – гистерезисная кривая намагничивания.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Магнитотвердые материалы

Материалы с неравновесной доменной структурой, с мелким зерном, с анизотропией свойств. со значительными внутренними напряжениями.

Высокоуглеродистые (1% С) легированные стали кобальтом, хромом.

Важнейший легирующий элемент Со (высокая коэрцитивная сила, отсутствие размагничивания под действием вибрации и температуры: электротехнические стали EX5K5, EX9K15M2;

Сплавы типа **альнико** и **юндк** (Fe-Ni-AL-Cu-Co) ЮНДК3Т3БА, ЮНДК40Т8АА (БА-столбчатая структура, АА-монокристаллическая структура)

Изготовление: литье, порошковая металлургия с заключительной закалкой.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Сплавы для постоянных магнитов

Химический состав и магнитные свойства некоторых литых сплавов
типа альнико для постоянных магнитов (ГОСТ 17809–72)

| Сплав* | Содержание элементов, % | | | | | Магнитные свойства (не менее) | | |
|------------|-------------------------|---------|-----------|---------|---------------------------|------------------------------------|-----------------|------------|
| | Ni | Al | Co | Cu | Другие элементы | BH_{max} , кДж/м ³ | H_c , кА/м | B_r , Тл |
| ЮНДК31Т3БА | 12–13,5 | 6,8–7,2 | 30,5–31,5 | 3,0–3,5 | 3–3,5 Ti; 0,9–1,1 Nb | 32 | 92 | 1,15 |
| ЮНДК40Т8АА | 14–14,5 | 7,2–7,7 | 39–40,6 | 3–4 | 7–8 Ti; 0,1–0,2 Si | 32 | 145 | 0,9 |
| ЮНДК35Т5БА | 14–14,5 | 6,8–7,2 | 34,5–35,5 | 3,3–3,7 | 0,8–1,1 Nb; 4,7–4,5 Ti | 36 | 110 | 1,02 |
| ЮНДК35Т5АА | 14–14,5 | 7–7,5 | 34–35 | 2,5–3,0 | 5,0–5,5 Ti; 0,1–0,2 Si | 40 | 115 | 1,05 |

* Буквы БА означают, что сплавы имеют столбчатую структуру, а буквы АА – монокристаллическую структуру.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Магнитомягкие материалы

- Материалы с гомогенной структурой с крупным зерном, без внутренних напряжений. Небольшие потери при перемагничивании.
- **Техническое железо** $C < 0,025\%$ (реле, сердечники, электромагниты).
- **Электротехнические стали легированные кремнием** (0,8-4,8%). за счет Si увеличивается сопротивление и снижаются потери на вихревые токи: Э2012, Э2313ТШ, где Э – электротехническая магнитомягкая сталь,
первая цифра: 1-горячекатанная изотропная; 2- изотропная холоднокатанная; 3- анизотропная холоднокатанная.
вторая цифра: содержание кремния $0 < 0,5\%$; 1 - 0.5%-0,8%; 2- 0,8-2,1% Si; 3 – 1,8 – 2.8% Si.
Третья, четвертая цифры – магнитные свойства сталей.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Магнитомягкие материалы

- Буквы в конце маркировки обозначают вид покрытия на листовом материале электротехнической стали, где, ТШ – термостойкое покрытие, улучшающее штампуемость;
- Т – термостойкое покрытие;
- ЭТ –электроизоляционное покрытие.
- Листовую электротехническую сталь после прокатки подвергают высокотемпературному отжигу в вакууме 1100-1200 С.