

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»

О.М. Ховова, Д.В. Власова

Физические свойства и разработка прецизионных сплавов

Учебное пособие



Москва

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МГТУ им. Н.Э. Баумана

2022

УДК 669.01
ББК 34.2
Х68

Издание доступно в электронном виде по адресу
<https://bmstu.press/catalog/item/7245/>

Факультет «Машиностроительные технологии»
Кафедра «Материаловедение»

*Рекомендовано Научно-методическим советом
МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве учебного пособия*

Ховова, О. М.
Х68 Физические свойства и разработка прецизионных сплавов : учебное пособие / О. М. Ховова, Д. В. Власова. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2022. — 175, [1] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-5675-8

С использованием базовых представлений физики металлов рассмотрены типичные закономерности формирования основных физических свойств металлов и сплавов: электрических, тепловых, магнитных, объемных и упругих. Приведены известные подходы к созданию прецизионных материалов разных классов, проанализированы возможные способы достижения в них заданного уровня физических свойств. Проведено сопоставление характеристик наиболее распространенных прецизионных материалов. Пособие соответствует программе дисциплины «Физические свойства и разработка прецизионных сплавов», которую преподают в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Для студентов специальностей «Материаловедение» и «Физика металлов»; может быть полезно работникам заводских лабораторий и сотрудникам НИИ.

УДК 669.01
ББК 34.2



Уважаемые читатели! Пожелания, предложения, а также сообщения о замеченных опечатках и неточностях Издательство просит направлять по электронной почте: info@bmstu.press

ISBN 978-5-7038-5675-8

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022
© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022

Оглавление

Предисловие	3
Введение	6
ГЛАВА 1. Физика атомов и кристаллических тел	9
1.1. Электронное строение изолированного атома	9
1.2. Электронное строение металлов	14
1.3. Свободные электроны (элементы теории свободных электронов) ...	15
1.4. Свободные электроны и электроны проводимости.....	20
1.5. Классификация кристаллических материалов по уровню электропроводимости	22
Вопросы и задания для самоконтроля	29
ГЛАВА 2. Электрические свойства металлов и сплавов	30
2.1. Природа структурной чувствительности электропроводимости	30
2.2. Основные закономерности изменения удельного электро- сопротивления металлов и сплавов	33
2.2.1. Влияние химического состава на удельное электро- сопротивление сплавов	33
2.2.2. Влияние деформации на удельное электросопротивление металлов и сплавов	43
2.2.3. Влияние нагрева на удельное электросопротивление металлов и сплавов	46
2.3. Разработка материалов с заданным уровнем электрических свойств	49
2.3.1. Проводниковые материалы	49
2.3.2. Сплавы омического сопротивления	54
2.3.3. Полупроводниковые материалы	59
2.3.4. Диэлектрики	68
2.3.5. Сверхпроводники	75
Вопросы и задания для самоконтроля	83
ГЛАВА 3. Тепловые свойства металлов и сплавов	84
3.1. Теплоемкость металлов и сплавов	84
3.2. Теплопроводность металлов и сплавов	91
Вопросы и задания для самоконтроля	98
ГЛАВА 4. Магнитные свойства металлов и сплавов	99
4.1. Основные понятия и характеристики	99
4.2. Физические аспекты магнетизма	102
4.2.1. Диамагнетики и особенности их взаимодействия с магнитным полем	102
4.2.2. Парамагнетики и особенности их взаимодействия с магнитным полем	105
4.2.3. Ферромагнетики и физические основы ферромагнетизма ...	110
4.3. Строение и свойства ферромагнетиков	114
4.3.1. Характеристики доменной структуры ферромагнетиков	114

4.3.2. Процесс намагничивания и размагничивания ферромагнетика	118
4.4. Пути создания свойств ферромагнетиков для работы в конкретных условиях эксплуатации	123
4.4.1. Свойства ферромагнетиков для работы в постоянном магнитном поле (в качестве сердечников магнитопроводов)	123
4.4.2. Свойства ферромагнетиков для работы при отсутствии внешнего магнитного поля (в качестве постоянных магнитов)	127
4.4.3. Свойства ферромагнетиков для работы в переменных магнитных полях (в качестве сердечников преобразующих устройств)	131
4.4.4. Применение магнитных свойств металлов и сплавов в металловедении для исследования	134
4.5. Разработка магнитных материалов с заданным уровнем магнитных свойств	136
Вопросы и задания для самоконтроля	148
ГЛАВА 5. Объемные свойства металлов и сплавов	150
5.1. Основные объемные свойства	150
5.2. Физические аспекты термического расширения	151
5.3. Основные закономерности изменения объемных свойств	154
5.3.1. Плотность металлов и сплавов	154
5.3.2. Термическое расширение металлов и сплавов	155
5.3.3. Разработка материалов с заданным уровнем температурного коэффициента линейного расширения	159
Вопросы и задания для самоконтроля	159
ГЛАВА 6. Упругие свойства металлов и сплавов	161
6.1. Основные характеристики упругости	161
6.2. Возможность уменьшения температурной зависимости модулей упругости	163
6.3. Пружинные материалы	166
6.3.1. Требования к пружинам и пружинным материалам	166
6.3.2. Пружинные материалы общего назначения (для силовых пружин)	168
6.3.3. Пружинные материалы специального назначения (для упругих чувствительных элементов)	170
Вопросы и задания для самоконтроля	172
Литература	173

КН-П-22-
- 0 1 0 2 2 0

Учебное издание

Ховова Ольга Михайловна
Власова Дарья Владимировна

Физические свойства и разработка прецизионных сплавов

Редактор *И. В. Мартынова*
Художник *Я. М. Асинкритова*
Корректор *Ю. Н. Морозова*
Компьютерная графика *Т. Ю. Кутузовой*
Компьютерная верстка *Г. Ю. Малотковой*

Оригинал-макет подготовлен
в Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В оформлении использованы шрифты
Студии Артемия Лебедева.

Подписано в печать 26.11.2021. Формат 70×100/16.
Усл. печ. л. 14,3. Тираж 134 экз. Изд. № 889-2020.

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, г. Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, к. 1.
info@bmstu.press
<https://bmstu.press>

Отпечатано в типографии МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, г. Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, к. 1.
baumanprint@gmail.com