

Л.А. Мальцева, М.А. Гервасьев, А.Б. Кутьин

# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Федеральное агентство по образованию  
ГОУ ВПО « Уральский государственный технический университет – УПИ»

Л.А. Мальцева М.А. Гервасьев А.Б. Куткин

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Екатеринбург

2006

УДК 66.017 (075.8)  
ББК 30.3 я 73  
М 21

Рецензенты:

Кафедра «Технология металлов» Уральского государственного лесотехнического университета (зав. кафедрой проф., д-р техн. наук Б.А. Потехин); д-р техн. наук С.В. Косицын (главный научн. сотрудник Института физики металлов УрО РАН).

Авторы Л.А. Мальцева, М.А. Гервасьев, А.Б. Кутьин

М 21 Материаловедение: учебное пособие/ Л.А. Мальцева, М.А. Гервасьев, А.Б. Кутьин. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2006. 280 с.

ISBN 5-7038-1860-5

Учебное пособие предназначено для студентов всех форм обучения металлургических и механических специальностей при изучении курса «Материаловедение». В пособии рассмотрены кристаллическое строение металлов, закономерности формирования структуры металлов при затвердевании, пластической деформации и термической обработке; показана взаимосвязь комплекса физико-механических свойств металлов и сплавов со структурой; описаны фазы, образующиеся в сплавах, и диаграммы состояния двойных систем.

Уделено внимание теории и технологии термической обработки и другим видам упрочнения. Рассмотрены некоторые классы сталей, цветные металлы и композиционные материалы.

Допущено учебно-методическим объединением по образованию в области Металлургии в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 651300 – Металлургия.

Библиогр.: 8 назв. Рис. 123. Табл.34

ISBN 5-7038-1860-5

© ГОУ ВПО «Уральский государственный  
технический университет –УПИ»  
© Коллектив авторов, 2006

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	7
Глава 1. Кристаллическое строение металлов.....	8
1.1. Общая характеристика и структурные методы исследования металлов.....	8
1.2. Атомно-кристаллическая структура металлов.....	12
1.3. Дефекты кристаллов.....	17
Глава 2. Кристаллизация металлов и строение слитка.....	22
2.1. Кристаллизация чистых металлов.....	22
2.2. Строение металлического слитка.....	26
2.3. Полиморфные магнитные превращения.....	30
Глава 3. Механические свойства.....	31
3.1. Испытания на твердость.....	32
3.2. Испытания на растяжение.....	34
3.3. Испытания на изгиб.....	41
3.4. Испытания на ударную вязкость.....	42
Глава 4. Деформация и разрушение.....	43
4.1. Упругая деформация.....	43
4.2. Механизм пластического деформирования.....	44
4.3. Разрушение металлов.....	49
Глава 5. Влияние нагрева на структуру и свойства деформированного металла.....	54
5.1. Возврат.....	54
5.2. Рекристаллизация.....	56
5.3. Холодная и горячая деформация.....	61
Глава 6. Двойные сплавы.....	62
6.1. Фазы в сплавах.....	62
6.2. Диаграммы состояния систем.....	69
6.2.1. Диаграмма состояния с отсутствием растворимости в твердом состоянии и эвтектическим превращением.....	71
6.2.2. Диаграмма состояния с химическими соединениями.....	76
6.2.3. Диаграмма состояния с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии.....	77
6.2.4. Диаграмма состояния с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии.....	79
6.2.5. Диаграммы с ограниченной растворимостью компонентов в жидком состоянии.....	86
6.2.6. Диаграмма состояния с наличием полиморфных превращений у компонентов.....	88
Глава 7. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов.....	92
7.1. Компоненты и фазы в сплавах железа с углеродом.....	93
7.2. Превращения в сплавах системы железо-цементит.....	94
7.2.1. Фазовый состав.....	94
7.2.2. Кристаллизация сталей.....	96
7.2.3. Сплавы с содержанием углерода выше 2,14 %.....	104

7.3. Превращения в сплавах системы железо-графит.....	107
Глава 8. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства сталей.....	108
8.1. Влияние легирующих элементов на равновесную структуру сталей.....	112
8.2. Классификация сталей.....	116
8.2.1. Углеродистые стали.....	118
8.2.1.1. Углеродистые стали обыкновенного класса.....	119
8.2.1.2. Углеродистые качественные стали.....	121
8.2.2. Легированные стали.....	123
8.3. Чугун.....	124
8.3.1. Серые чугуны.....	125
8.3.2. Высокопрочные чугуны.....	130
8.3.3. Чугун с вермикулярным графитом.....	132
8.3.4. Ковкие чугуны.....	133
Глава 9. Фазовые превращения в сплавах железа (теория термической обработки стали).....	134
9.1. Превращение ферритно-карбидной структуры в аустенит при нагреве.....	134
9.2. Рост зерна аустенита при нагреве.....	138
9.3. Превращение переохлажденного аустенита (диаграмма изотермического превращения аустенита).....	141
9.4. Перлитное превращение.....	143
9.5. Мартенситное превращение в стали.....	146
9.6. Промежуточное (бейнитное) превращение.....	151
9.7. Изотермическое превращение аустенита в легированных сталях.....	153
9.8. Превращение аустенита при непрерывном охлаждении.....	155
9.9. Термокинетические диаграммы превращения переохлажденного аустенита.....	157
9.10. Превращение мартенсита и остаточного аустенита при нагреве (отпуск стали).....	158
9.11. Термическое и деформационное старение углеродистой стали.....	164
Глава 10. Технология термической обработки стали.....	165
10.1. Отжиг стали.....	165
10.2. Закалка стали.....	170
10.3. Отпуск.....	177
10.4. Термомеханическая обработка.....	179
10.5. Дефекты, возникающие при термической обработке стали.....	180
10.6. Поверхностная закалка.....	181
10.6.1. Закалка с индукционным нагревом.....	181
10.6.2. Закалка с газопламенным нагревом.....	182
10.6.3. Поверхностная закалка при нагреве лазером.....	183
Глава 11. Химико-термическая обработка.....	183
11.1. Цементация.....	184
11.2. Азотирование.....	186
11.3. Цианирование.....	187
11.4. Диффузионное насыщение деталей металлами и неметаллами.....	187

11.4.1. Алитирование.....	188
11.4.2. Борирование.....	188
Глава 12. Конструкционные стали и сплавы.....	189
12.1. Низколегированные строительные стали (ГОСТ 538-88, ГОСТ 27772-88).....	190
12.2. Низколегированные цементуемые стали (ГОСТ 1050-88, ГОСТ 4543-71).....	192
12.3. Улучшаемые легированные стали.....	192
12.4. Высокопрочные стали.....	194
12.5. Рессорно-пружинные стали.....	195
12.6. Подшипниковые стали.....	197
12.7. Износостойкие стали.....	199
12.8. Коррозионностойкие материалы.....	201
12.9. Жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы.....	204
12.9.1. Критерии жаропрочности.....	206
12.9.2. Влияние структуры на жаропрочность сплавов.....	207
12.9.3. Жаропрочность сплавов цветных металлов и сталей.....	208
Глава 13. Инструментальные стали и сплавы.....	211
13.1. Стали и сплавы для режущего инструмента.....	211
13.2. Металлокерамические твердые сплавы (ГОСТ 3882-74).....	215
13.3. Стали для измерительного инструмента.....	217
13.4. Штамповые стали.....	217
Глава 14. Медь и ее сплавы.....	220
14.1. Свойства меди.....	220
14.2. Медные сплавы.....	221
14.3. Сплавы меди с оловом.....	226
14.4. Сплавы меди с алюминием, бериллием, свинцом и хромом.....	227
14.5. Медноникелевые сплавы.....	229
Глава 15. Алюминий и его сплавы.....	230
15.1. Классификация алюминиевых сплавов.....	230
15.2. Деформируемые алюминиевые сплавы.....	233
15.3. Литейные алюминиевые сплавы.....	233
15.4. Спеченные алюминиевые сплавы.....	236
Глава 16. Титан и сплавы на его основе.....	237
16.1. Свойства титана.....	237
16.2. Фазовые превращения в титановых сплавах.....	239
16.3. Термическая обработка титановых сплавов.....	244
Глава 17. Бериллий и его сплавы.....	245
17.1. Свойства бериллия.....	245
17.2. Бериллиевые сплавы.....	246
Глава 18. Магний и его сплавы.....	248
Глава 19. Никель и сплавы на его основе.....	250
Глава 20. Подшипниковые сплавы (баббиты).....	255
Глава 21. Композиционные материалы.....	258

21.1. Принципы создания и основные типы композиционных материалов.....	258
21.2. Дисперсионно-упрочненные композиционные материалы.....	260
21.3. Волокнистые композиционные материалы.....	262
21.3.1. Упрочнение волокнами.....	262
21.3.2. Армирующие материалы и их свойства.....	264
21.4. Получение композиционных материалов на металлической основе, армированных волокнами.....	269
21.5. Эвтектические композиционные материалы.....	271
21.6. Композиционные материалы на неметаллической основе.....	272
21.6.1. Свойства и применение композиционных материалов на неметаллической основе.....	273
21.7. Свойства и применение композиционных материалов на металлической, керамической и углеродной основах.....	277
Список литературы.....	280