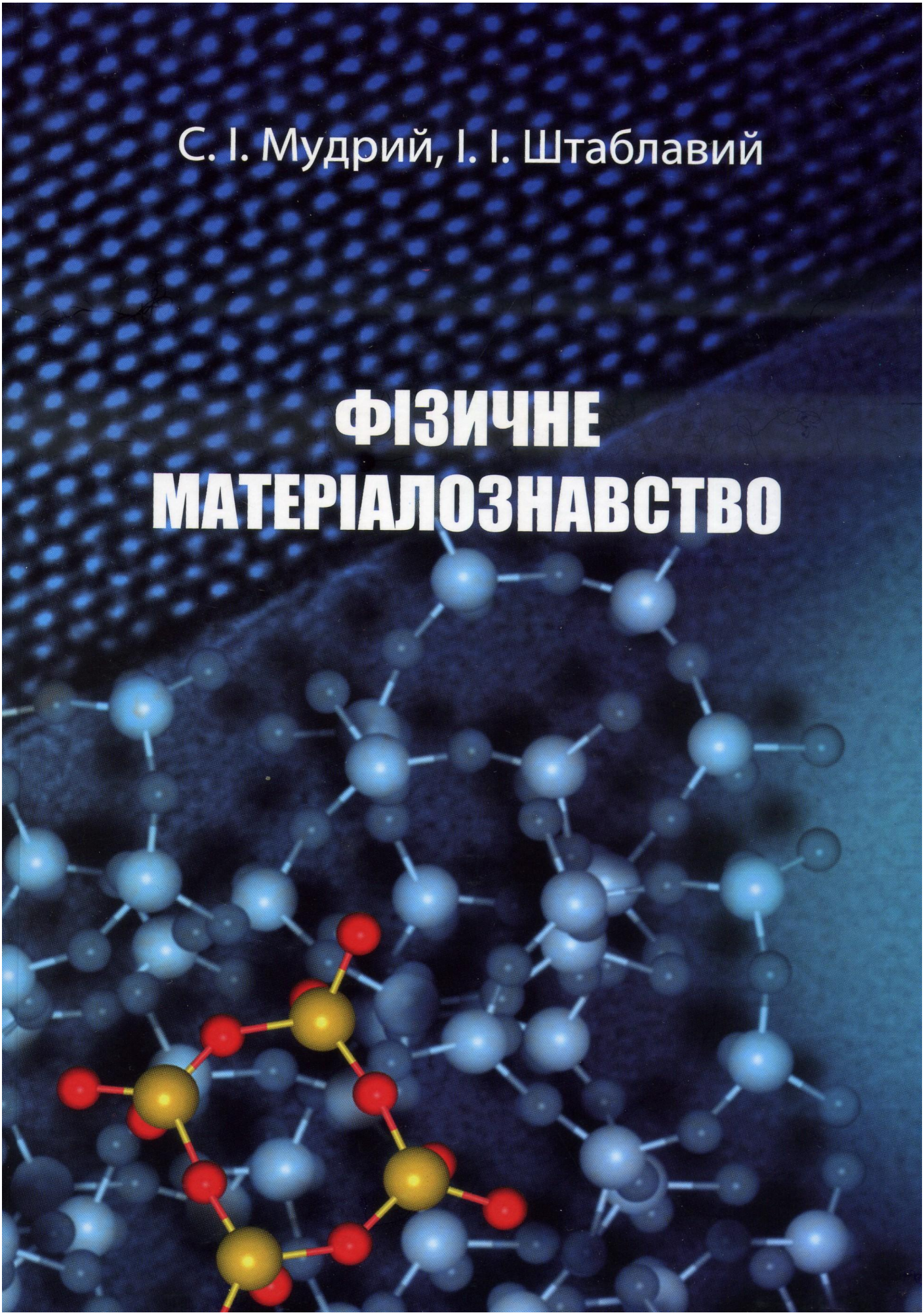
С. І. Мудрий, І. І. Штаблавий

ФІЗИЧНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО



Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Львівський національний університет імені Івана Франка

С. І. Мудрий, І. І. Штаблавий

ФІЗИЧНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Навчальний посібник

Рекомендовано
Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України

Львів
2012

УДК [53:620.1/.22](075.8)
ББК В3я73-1+Ж3я73-1
М 89

Рецензенти:

член-кореспондент НАН України, проф. *М. П. Куліш*
(Київський національний університет імені Тараса Шевченка)

д-р фіз.-мат. наук, проф. *Р. Д. Венгренович*
(Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича)

д-р фіз.-мат. наук, проф. *В. Я. Прохоренко*
(Національний університет "Львівська політехніка")

Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів (Лист № 1/11-1447 від 21.02.11)

Мудрий С. І.

М 89 Фізичне матеріалознавство: навч. посібник / С. І. Мудрий, І. І. Штаблавий. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2012. – 418 с.

ISBN 978-966-613-928-6.

У посібнику викладено основні розділи фізичного матеріалознавства що стосуються металічних та неметалічних матеріалів. Розглянуто сплави на основі заліза та кольорових металів а також полімери, скло, кераміку та інші неметалічні матеріали. Основну увагу звернуто на фізичні процеси формування структури і властивостей матеріалів. Для глибшого засвоєння матеріалу в посібнику описано лабораторні роботи з фізичного матеріалознавства та подано контрольні запитання та задачі.

Для студентів, аспірантів, наукових працівників.

УДК [53:620.1/.22](075.8)
ББК В3я73-1+Ж3я73-1

© Мудрий С. І., Штаблавий І. І., 2012
© Львівський національний університет імені Івана Франка, 2012

ISBN 978-966-613-928-6

Зміст

Вступ ... 7

Розділ 1. Загальна характеристика матеріалів ... 9
1.1. Класифікація матеріалів ... 9
1.2. "Конкуренція" серед матеріалів ... 11

МЕТАЛИ ТА ЇХ СПЛАВИ

Розділ 2. Загальна характеристика металів ... 13
2.1. Метали ... 18
2.2. Електронна структура металів ... 21
2.3. Хімічний зв'язок ... 23
2.4. Кристалічна структура та поліморфізм ... 24
2.5. Плавлення та кристалізація металів ... 28

Розділ 3. Механічні властивості металів ... 34
3.1. Механічні випробування та їх класифікація ... 34
3.2. Статичні випробування ... 34
3.3. Випробування динамічними навантаженнями ... 43
3.4. Випробування циклічними навантаженнями ... 45
3.5. Пружні властивості металів ... 46
3.6. Механізм пружної та пластичної деформації ... 47
3.7. Пластична деформація полікристалічних металів ... 54
3.8. Наклеп та рекристалізація ... 56
3.9. Механізм процесу руйнування металів ... 62
3.10. Основні методи підвищення міцності металів ... 65
3.11. Механізм зміцнення твердих розчинів ... 67
3.12. Пластичність металів з наномасштабною структурою ... 69

Розділ 4. Діаграми фазової рівноваги сплавів ... 72
4.1. Металічні сплави ... 72
4.2. Основні фази в сплавах ... 72
4.3. Особливості кристалізації сплавів ... 75
4.4. Правило фаз Гіббса ... 76
4.5. Побудова діаграм стану ... 77
4.6. Кількісний аналіз діаграм стану ... 79
4.7. Діаграма стану для сплавів з необмеженою розчинністю компонент в рідкому та кристалічному станах ... 81
4.8. Діаграма стану для сплавів, в яких утворюється дрібнодисперсна суміш з чистих компонент ... 84
4.9. Діаграма стану для сплавів з обмеженою розчинністю компонент у кристалічному стані ... 87

4.10. Діаграма стану сплавів з обмеженою розчинністю компонент в рідкому стані ... 93
4.11 Діаграма стану сплавів з синтектичним перетворенням ... 95
4.12. Діаграма стану сплавів з хімічними сполуками ... 96
4.13. Діаграми стану для сплавів, які зазнають поліморфних перетворень ... 100
4.14. Діаграми стану потрійних сплавів ... 102

Розділ 5. Сплави на основі заліза ... 105
5.1. Діаграма стану системи *Fe-C* ... 105
5.2. Вуглецеві сталі ... 117
5.3. Корозія сталей ... 120
5.4. Чавуни ... 123
5.5. Структура чавуну. Форми графіту ... 126
5.6. Методи покращення властивостей сталі ... 129
5.7. Фазові перетворення в сталі ... 131
5.8. Утворення аустеніту ... 132
5.9. Перетворення аустеніту у разі різних ступенів ... 133
5.10. Перетворення у разі відпуску сталі ... 140
5.11. Поверхневе гартування сталей струмами високої частоти ... 143
5.12. Лазерна термічна обробка ... 145
5.13. Хіміко-термічна обробка сталей ... 147

Розділ 6. Сплави на основі кольорових металів ... 154
6.1.Сплави на основі алюмінію ... 154
6.2. Термічна обробка алюмінієвих сплавів ... 155
6.3. Деформівні алюмінієві сплави, які не зміцнюють термічною обробкою ... 158
6.4. Дюралюміній та інші сплави, які зміцнюють термічною обробкою ... 160
6.5. Силумін та інші ливарні алюмінієві сплави ... 161
6.6. Сплави на основі міді ... 163
6.7. Сплави на основі титану ... 167

Розділ 7. Сплави зі спеціальними властивостями ... 169
7.1. Легкоплавкі метали і сплави ... 169
7.2. Аморфні металеві сплави ... 172
7.3. Сплави з ефектом пам'яті форми ... 174
7.3.1. Кристалографія мартенситного перетворення ... 176
7.3.2. Деформація і двійники ... 177
7.4. Магнітні матеріали ... 179

НЕМЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ

Розділ 8. Полімерні матеріали ... 189
8.1. Процеси полімеризації термопластиків ... 190
8.2. Тверднення термопластиків ... 194

8.3. Основні властивості термопластиків ... 196
8.4. Термореактивні пластики ... 197
8.5. Еластомери ... 200
8.6. Деформація і зміцнення пластиків ... 202

Розділ 9. Керамічні матеріали ... 206
9.1. Основні типи керамічних структур ... 206
9.2. Іонний та ковалентний зв'язок у керамічних матеріалах ... 208
9.3. Порожнини у ГЦК- та ГЩУ-гратках ... 210
9.4. Механічні властивості кераміки ... 211
9.5. Теплові властивості керамічних матеріалів ... 214
9.6. Електричні властивості кераміки ... 215
9.7. Фероелектричні кераміки ... 218

Розділ 10. Скло та ситали ... 220
10.1. Склоутворювальні оксиди ... 221
10.2. Модифікувальні оксиди ... 222
10.3. Проміжні оксиди в стеклах ... 222
10.4. Типи скла ... 223
10.5. В'язка деформація скла ... 224
10.6. Відпущене скло ... 224

Розділ. 11 Матеріали для оптики ... 226
11.1. Оптичні властивості матеріалів ... 226
11.2. Люмінесцентні матеріали ... 228

Розділ 12. Матеріали на основі карбону ... 231
12. 1. Алмаз ... 231
12.2. Графіт. Структура та види графіту ... 232
12.3. Фізичні властивості графіту ... 235
12.4. Вуглецеві волокна ... 237
12.5. Властивості вуглецевих волокон ... 239
12.6. Наноматеріали на основі карбону ... 240

Розділ 13. Композитні матеріали ... 245
13.1. Загальна характеристика композитів ... 245
13.2. Композитні матеріали з нуль вимірними наповнювачами ... 247
13.3. Композитні матеріали з одновимірними наповнювачами ... 248
13.4. Композити з металічною матрицею ... 254
13.5. Композити з полімерною матрицею ... 256
13.6. Газонаповнені металеві композити ... 260

Розділ 14. Основи космічного матеріалознавства ... 263
14.1. Предмет космічного матеріалознавства та історія його розвитку ... 263
14.2. Обґрунтування експериментальних досліджень у невагомості ... 264
14.3. Основні результати дослідження матеріалів у космосі ... 266
14.4. Технологічні експерименти в космосі ... 269

Розділ 15. Фізико-хімічні основи технології отримання матеріалів 273
15.1. Основні фізико хімічні положення металургійних процесів 273
15.2. Термодинамічні та кінетичні онови металургійних процесів 274
15.3. Виробництво чавуну 280
15.4. Виробництво сталі 286
15.5. Виробництво кольорових металів 293
15.6. Вплив зовнішніх факторів на процес формування металевих виробів 299
15.7. Отримання металів високої чистоти 300
15.8. Порошкова металургія 302
15.9. Методи отримання полімерів 305
15.10. Виробництво керамік 307

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

Лабораторна робота № 1. Визначення ударної в'язкості 309
Лабораторна робота № 2. Дослідження твердості за Брінеллем 314
Лабораторна робота № 3. Дослідження твердості за Роквеллом 321
Лабораторна робота № 4. Дослідження твердості алмазною пірамідою (за Віккерсом) 326
Лабораторна робота № 5. Вимірювання мікротвердості 332
Лабораторна робота № 6. Визначення температур кристалізації металів і сплавів і побудова діаграм стану термічним методом 338
Лабораторна робота № 7. Мікроаналіз заліза та сталей в рівноважному стані 345
Лабораторна робота № 8. Мікроаналіз чавунів 353
Лабораторна робота № 9. Визначення величини зерна сталі 367
Лабораторна робота № 10. Визначення міцнісних та деформаційних характеристик полімерних матеріалів 373
Лабораторна робота № 11. Визначення теплостійкості полімерних матеріалів 379

Завдання для самоконтролю 385

Відповіді до завдань 405

Список літератури 413

Предметний покажчик 414