

# ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                                                | 8  |
| РАЗДЕЛ I. ОСНОВЫ СТРОЕНИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ                                                                 |    |
| Глава 1. Кристаллическое строение металлов.....                                                              | 11 |
| 1.1. Общая характеристика металлов и сплавов.....                                                            | 11 |
| 1.2. Кристаллическое строение металлов .....                                                                 | 12 |
| 1.3. Анизотропия свойств кристаллов.....                                                                     | 16 |
| 1.4. Дефекты строения кристаллических тел.....                                                               | 17 |
| Глава 2. Кристаллизация металлов .....                                                                       | 25 |
| 2.1. Первичная кристаллизация металлов.....                                                                  | 25 |
| 2.2. Строение металлического слитка .....                                                                    | 30 |
| 2.3. Полиморфные превращения .....                                                                           | 31 |
| Глава 3. Деформация и механические свойства металлов .....                                                   | 32 |
| 3.1. Свойства металлов и сплавов .....                                                                       | 32 |
| 3.2. Упругая и пластическая деформация .....                                                                 | 33 |
| 3.3. Хрупкое и вязкое разрушение .....                                                                       | 36 |
| 3.4. Деформация и разрушение металлов.....                                                                   | 37 |
| 3.5. Наклеп и рекристаллизация.....                                                                          | 42 |
| Глава 4. Методы исследований и испытаний материалов .....                                                    | 49 |
| 4.1. Металлографические методы исследования .....                                                            | 49 |
| 4.2. Определение механических свойств.....                                                                   | 52 |
| 4.2.1. Статические испытания .....                                                                           | 53 |
| 4.2.2. Динамические испытания .....                                                                          | 59 |
| 4.2.3. Усталостные испытания.....                                                                            | 62 |
| Глава 5. Основы теории сплавов.....                                                                          | 64 |
| 5.1. Характеристика основных фаз металлических сплавов .....                                                 | 64 |
| 5.2. Структура сплавов .....                                                                                 | 68 |
| 5.3. Высокопрочное состояние .....                                                                           | 70 |
| 5.4. Диаграммы состояния двойных сплавов и характер изменения свойств в зависимости от состава сплавов ..... | 73 |
| Глава 6. Диаграмма состояния системы железо—углерод.....                                                     | 82 |
| 6.1. Компоненты и фазы в сплавах железо—углерод .....                                                        | 82 |
| 6.2. Диаграмма состояния системы железо—цементит .....                                                       | 86 |
| Глава 7. Углеродистые стали.....                                                                             | 92 |
| 7.1. Классификация углеродистых сталей .....                                                                 | 92 |
| 7.2. Влияние углерода на свойства стали .....                                                                | 94 |
| 7.3. Влияние постоянных примесей на свойства сталей .....                                                    | 95 |

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.4. Углеродистые конструкционные стали общего назначения (стали обыкновенного качества)..... | 97  |
| 7.5. Углеродистые конструкционные качественные стали ...                                      | 98  |
| 7.6. Автоматные стали (стали с улучшенной обрабатываемостью резанием).....                    | 100 |
| 7.7. Углеродистые инструментальные стали.....                                                 | 102 |
| <b>Глава 8. Чугуны</b> .....                                                                  | 104 |
| 8.1. Разновидности чугунов .....                                                              | 104 |
| 8.2. Графитизация чугунов .....                                                               | 104 |
| 8.3. Структура, свойства и применение чугунов.....                                            | 106 |
| <b>Глава 9. Термическая обработка стали</b> .....                                             | 112 |
| 9.1. Общие сведения.....                                                                      | 112 |
| 9.2. Классификация видов термической обработки стали ...                                      | 116 |
| 9.3. Превращения в стали при нагреве .....                                                    | 118 |
| 9.4. Диффузионные превращения аустенита при охлаждении стали .....                            | 122 |
| 9.5. Мартенситное превращение аустенита .....                                                 | 127 |
| 9.6. Промежуточное (бейнитное) превращение аустенита ....                                     | 130 |
| 9.7. Превращение аустенита при непрерывном охлаждении                                         | 132 |
| 9.8. Превращения при отпуске.....                                                             | 134 |
| 9.9. Термомеханическая обработка .....                                                        | 136 |
| <b>Глава 10. Технология термической обработки</b> .....                                       | 139 |
| 10.1. Отжиг и нормализация.....                                                               | 139 |
| 10.2. Закалка стали.....                                                                      | 146 |
| 10.2.1. Закаливаемость и прокаливаемость стали .....                                          | 149 |
| 10.2.2. Способы закалки стали .....                                                           | 151 |
| 10.3. Отпуск стали.....                                                                       | 153 |
| <b>Глава 11. Поверхностное упрочнение стальных изделий</b> .....                              | 156 |
| 11.1. Упрочнение поверхности методом пластического деформирования.....                        | 156 |
| 11.2. Поверхностная закалка .....                                                             | 157 |
| 11.3. Химико-термическая обработка стали .....                                                | 162 |
| 11.3.1. Общие сведения .....                                                                  | 162 |
| 11.3.2. Цементация стали.....                                                                 | 163 |
| 11.3.3. Азотирование стали .....                                                              | 166 |
| 11.3.4. Цианирование стали .....                                                              | 168 |
| 11.3.5. Диффузионное насыщение металлами (металлизация) и неметаллами.....                    | 169 |
| <b>Глава 12. Легированные стали</b> .....                                                     | 171 |
| 12.1. Влияние легирующих элементов на превращения в сталях и их свойства.....                 | 171 |

|                                                                            |            |
|----------------------------------------------------------------------------|------------|
| 12.2. Влияние легирующих элементов на свойства феррита и аустенита.....    | 173        |
| 12.3. Классификация легированных сталей.....                               | 174        |
| 12.4. Общие принципы обозначения конструкционных легированных сталей ..... | 175        |
| 12.5. Конструкционные стали .....                                          | 177        |
| 12.5.1. Общая характеристика .....                                         | 177        |
| 12.5.2. Низколегированные строительные стали.....                          | 179        |
| 12.5.3. Стали для холодной штамповки .....                                 | 191        |
| 12.5.4. Цементируемые и нитроцементируемые стали...                        | 199        |
| 12.5.5. Улучшаемые стали.....                                              | 202        |
| 12.5.6. Высокопрочные стали .....                                          | 206        |
| 12.5.7. Рессорно-пружинные стали .....                                     | 209        |
| 12.5.8. Подшипниковые стали .....                                          | 212        |
| 12.5.9. Износостойкие стали .....                                          | 213        |
| 12.5.10. Судостроительные стали .....                                      | 214        |
| <b>Глава 13. Инструментальные стали и сплавы.....</b>                      | <b>243</b> |
| 13.1. Общие положения.....                                                 | 243        |
| 13.2. Углеродистые стали .....                                             | 245        |
| 13.3. Легированные стали .....                                             | 246        |
| 13.4. Быстрорежущие стали .....                                            | 248        |
| 13.5. Металлокерамические твердые сплавы .....                             | 255        |
| 13.6. Штамповые стали .....                                                | 260        |
| 13.6.1. Стали для штампов холодного деформирования...                      | 260        |
| 13.6.2. Стали для штампов горячего деформирования...                       | 263        |
| <b>Глава 14. Коррозионно-стойкие стали и сплавы .....</b>                  | <b>265</b> |
| 14.1. Общие сведения .....                                                 | 265        |
| 14.2. Виды электрохимической коррозии .....                                | 267        |
| 14.3. Коррозионно-стойкие стали.....                                       | 271        |
| 14.3.1. Хромистые коррозионно-стойкие стали .....                          | 272        |
| 14.3.2. Хромоникелевые коррозионно-стойкие стали...                        | 273        |
| 14.3.3. Хромистые стали, легированные азотом.....                          | 276        |
| <b>Глава 15. Жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы.....</b>             | <b>283</b> |
| 15.1. Жаростойкие стали.....                                               | 283        |
| 15.2. Критерии жаропрочности .....                                         | 284        |
| 15.3. Факторы, влияющие на жаропрочность .....                             | 285        |
| 15.4. Жаропрочные стали и сплавы.....                                      | 287        |
| <b>РАЗДЕЛ II. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ</b>                                 |            |
| <b>Глава 16. Алюминий и его сплавы .....</b>                               | <b>298</b> |
| 16.1. Общие сведения .....                                                 | 298        |
| 16.2. Классификация алюминиевых сплавов .....                              | 298        |
| 16.3. Деформируемые алюминиевые сплавы.....                                | 299        |
| 16.4. Литейные алюминиевые сплавы.....                                     | 310        |

|                                                                |            |
|----------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Глава 17. Титан и его сплавы.....</b>                       | <b>314</b> |
| 17.1. Свойства титана.....                                     | 314        |
| 17.2. Фазовые превращения в титановых сплавах.....             | 315        |
| 17.3. Термическая обработка титановых сплавов.....             | 316        |
| 17.4. Титановые сплавы.....                                    | 318        |
| <b>Глава 18. Магний и его сплавы.....</b>                      | <b>322</b> |
| 18.1. Основные свойства магния.....                            | 322        |
| 18.2. Классификация и характеристика магниевых сплавов...      | 322        |
| 18.3. Деформируемые магниевые сплавы.....                      | 326        |
| 18.4. Литейные магниевые сплавы.....                           | 328        |
| 18.5. Применение магниевых сплавов.....                        | 329        |
| <b>Глава 19. Медь и ее сплавы.....</b>                         | <b>330</b> |
| 19.1. Основные свойства меди.....                              | 330        |
| 19.2. Сплавы меди с цинком (латуни).....                       | 333        |
| 19.3. Бронзы.....                                              | 337        |
| <b>Глава 20. Аморфные и нанокристаллические материалы.....</b> | <b>341</b> |
| 20.1. Аморфные сплавы.....                                     | 341        |
| 20.2. Нанокристаллические материалы.....                       | 344        |

### РАЗДЕЛ III. АЭРОТЕРМОАКУСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

|                                                                                                |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Глава 21. Технологии аэротермоакустической обработки.....</b>                               | <b>352</b> |
| 21.1. Экспериментальные данные о влиянии АТАО на структуру и свойства технического железа..... | 355        |
| 21.2. Влияние АТАО на механические свойства конструкционных сталей.....                        | 359        |
| 21.3. Формирование структуры и свойств чугунов при АТАО..                                      | 365        |
| 21.3.1. Влияние АТАО на свойства серых чугунов.....                                            | 365        |
| 21.3.2. Влияние АТАО на структуру и свойства ковких чугунов.....                               | 369        |
| 21.4. Алюминиевые и титановые сплавы, влияние АТАО на их свойства.....                         | 373        |
| 21.4.1. Литейные алюминиевые сплавы.....                                                       | 373        |
| 21.4.2. Деформируемые алюминиевые сплавы.....                                                  | 379        |
| 21.4.3. Титановые сплавы.....                                                                  | 383        |

### РАЗДЕЛ IV. ИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТИ ИЗДЕЛИЙ

|                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Глава 22. Технологии обработки поверхности чугунов, сталей и сплавов.....</b>  | <b>387</b> |
| 22.1. Лазерная и плазменная закалка.....                                          | 387        |
| 22.1.1. Лазерная закалка углеродистых и легированных инструментальных сталей..... | 389        |

|                                                                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 22.1.2. Термическая обработка плазмой (плазменная за-<br>калка) .....                                                                                                    | 391 |
| 22.2. Лазерная и плазменная химико-термическая обработка....                                                                                                             | 393 |
| 22.2.1. Лазерное легирование и азотирование конструк-<br>ционных сталей .....                                                                                            | 393 |
| 22.2.2. Лазерное легирование с использованием тради-<br>ционных методов химико-термической обработки .....                                                               | 396 |
| 22.3. Ионно-вакуумное азотирование и нитроцементация...                                                                                                                  | 397 |
| 22.4. Лазерная обработка покрытий, полученных методами<br>химического или физического осаждения .....                                                                    | 400 |
| 22.5. Многофункциональные тонкопленочные покрытия, на-<br>неструктурные защитные износ- и коррозионно-стойкие<br>покрытия .....                                          | 401 |
| <b>Глава 23. Технологии обработки поверхности сплавов на основе<br/>алюминия и титана</b> .....                                                                          | 405 |
| 23.1. Поверхностная закалка титановых и алюминиевых спла-<br>вов.....                                                                                                    | 405 |
| 23.2. Лазерная химико-термическая обработка титановых<br>и алюминиевых сплавов.....                                                                                      | 406 |
| <b>Приложение 1. Принципы обозначения сталей и сплавов по ев-<br/>ронормам (EU)</b> .....                                                                                | 413 |
| Маркировка сталей по признаку физических, механических<br>свойств или химического состава .....                                                                          | 414 |
| Маркировка с использованием порядковых номеров.....                                                                                                                      | 419 |
| Системы маркировки сталей в США.....                                                                                                                                     | 419 |
| Система обозначений AISI.....                                                                                                                                            | 422 |
| Система обозначений ASTM .....                                                                                                                                           | 424 |
| Системы маркировки сталей во Франции.....                                                                                                                                | 425 |
| Системы маркировки сталей во Германии .....                                                                                                                              | 427 |
| Системы маркировки сталей в Японии .....                                                                                                                                 | 429 |
| Сравнительный перечень некоторых марок углеродистых сталей<br>общего назначения и коррозионно-стойких сталей и их свойств<br>по российским и зарубежным стандартам ..... | 430 |
| <b>Приложение 2</b> .....                                                                                                                                                | 433 |
| Относительные цены на стальной прокат.....                                                                                                                               | 433 |
| Оценка экономической целесообразности использования не-<br>которых легированных сталей .....                                                                             | 434 |
| <b>Список литературы</b> .....                                                                                                                                           | 436 |