

# ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Предисловие .....                                                                                          | 11 |
| <b>Раздел I. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ<br/>МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ</b> .....                                       | 14 |
| <b>Глава 1. Классификация машиностроительных материалов,<br/>их свойства и характеристики</b> .....        | 14 |
| 1.1. Классификация материалов .....                                                                        | 14 |
| 1.2. Основные свойства конструкционных материалов .....                                                    | 18 |
| 1.2.1. Механические свойства .....                                                                         | 18 |
| 1.2.2. Физические и химические свойства .....                                                              | 23 |
| 1.2.3. Технологические и эксплуатационные свойства .....                                                   | 25 |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                             | 27 |
| <b>Глава 2. Классификация материалов в зависимости от природы<br/>химической и физической связей</b> ..... | 29 |
| 2.1. Типы химической и физической связей в веществах .....                                                 | 29 |
| 2.2. Материалы с химической связью различных типов. Свойства<br>материалов, способы их получения .....     | 31 |
| 2.2.1. Полимеры .....                                                                                      | 33 |
| 2.2.2. Керамика .....                                                                                      | 34 |
| 2.2.3. Металлы и сплавы .....                                                                              | 36 |
| 2.2.4. Карбиды и интерметаллиды .....                                                                      | 39 |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                             | 41 |
| <b>Глава 3. Строение металлов и сплавов</b> .....                                                          | 42 |
| 3.1. Методы исследования структуры и состава материалов .....                                              | 42 |
| 3.2. Пространственные объекты в сплаве, состоящие из групп<br>атомов .....                                 | 43 |
| 3.2.1. Кристаллическая решетка металлов .....                                                              | 43 |
| 3.2.2. Зерна, дендриты, волокна, гранулы, порошки .....                                                    | 47 |
| 3.3. несовершенства кристаллической структуры .....                                                        | 52 |
| 3.4. Наноструктура .....                                                                                   | 58 |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                             | 60 |

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Глава 4. Основы теории сплавов</b> .....                                                    | 61  |
| 4.1. Химический состав сплавов .....                                                           | 61  |
| 4.2. Фазовый состав сплавов .....                                                              | 62  |
| 4.3. Понятие о равновесных фазовых диаграммах (диаграммах<br>состояния) .....                  | 65  |
| 4.4. Фазовые превращения в сплавах в твердом состоянии .....                                   | 74  |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                 | 77  |
| <b>Раздел II. МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО.</b>                                               |     |
| <b>ОСНОВНАЯ ПРОДУКЦИЯ</b> .....                                                                | 79  |
| <b>Глава 5. Физико-химические процессы производства чугуна<br/>и стали</b> .....               | 79  |
| 5.1. Современное металлургическое производство .....                                           | 79  |
| 5.2. Производство чугуна .....                                                                 | 80  |
| 5.3. Производство стали .....                                                                  | 82  |
| 5.4. Внедоменное получение стали .....                                                         | 86  |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                 | 88  |
| <b>Глава 6. Кристаллизация и строение стальных слитков</b> .....                               | 89  |
| 6.1. Формирование структуры литых заготовок .....                                              | 89  |
| 6.2. Форма кристаллов и строение стальных слитков .....                                        | 97  |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                 | 100 |
| <b>Глава 7. Способы повышения качества слитков</b> .....                                       | 101 |
| 7.1. Непрерывная разливка стали .....                                                          | 101 |
| 7.2. Внепечная обработка стали .....                                                           | 103 |
| 7.3. Переплавные процессы .....                                                                | 104 |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                 | 108 |
| <b>Глава 8. Производство цветных металлов</b> .....                                            | 109 |
| 8.1. Производство меди .....                                                                   | 109 |
| 8.2. Производство алюминия .....                                                               | 110 |
| 8.3. Производство магния .....                                                                 | 111 |
| 8.4. Производство титана .....                                                                 | 112 |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                 | 114 |
| <b>Глава 9. Основная продукция металлургического производства</b> .....                        | 115 |
| 9.1. Виды машиностроительных профилей .....                                                    | 115 |
| 9.2. Производство прокатанных профилей .....                                                   | 116 |
| 9.3. Производство прессованных профилей .....                                                  | 121 |
| 9.4. Волочение машиностроительных профилей .....                                               | 124 |
| 9.5. Производство гнутых профилей .....                                                        | 125 |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                 | 127 |
| <b>Раздел III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ<br/>СТРОЕНИЕМ И СВОЙСТВАМИ СПЛАВОВ</b> ..... | 128 |
| <b>Глава 10. Требования к свойствам конструкционных сплавов</b> .....                          | 128 |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                 | 133 |

|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Глава 11. Холодная пластическая деформация и рекристаллизация</b>               | 134 |
| Вопросы для самоконтроля                                                           | 139 |
| <b>Глава 12. Термическая обработка сплавов</b>                                     | 140 |
| 12.1. Виды термической обработки                                                   | 140 |
| 12.2. Виды универсального отжига I рода                                            | 143 |
| 12.3. Упрочняющая термическая обработка                                            | 145 |
| 12.4. Химико-термическая обработка                                                 | 148 |
| 12.4.1. Химико-термическая обработка с диффузионным насыщением углеродом и азотом  | 149 |
| 12.4.2. Химико-термическая обработка с диффузионным насыщением металлами           | 151 |
| 12.5. Поверхностная лазерная обработка                                             | 152 |
| Вопросы для самоконтроля                                                           | 154 |
| <b>Раздел IV. КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ</b>                                        | 155 |
| <b>Глава 13. Формирование строения машиностроительных сталей</b>                   | 155 |
| 13.1. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов. Область сталей               | 155 |
| 13.2. Фазовые превращения в сталях при медленном охлаждении из аустенитной области | 158 |
| 13.3. Термическая обработка сталей                                                 | 161 |
| 13.4. Закалка сталей на мартенсит                                                  | 170 |
| 13.5. Отпуск сталей                                                                | 176 |
| 13.6. Химико-термическая обработка сталей                                          | 179 |
| Вопросы для самоконтроля                                                           | 185 |
| <b>Глава 14. Конструкционные машиностроительные стали</b>                          | 186 |
| 14.1. Классификация машиностроительных сталей                                      | 186 |
| 14.2. Влияние легирующих элементов на свойства сталей                              | 189 |
| 14.3. Стали с различным уровнем прочности                                          | 192 |
| 14.4. Рессорно-пружинные стали                                                     | 199 |
| 14.5. Износостойкие стали                                                          | 203 |
| 14.6. Подшипниковые стали                                                          | 207 |
| 14.7. Автоматные стали                                                             | 210 |
| Вопросы для самоконтроля                                                           | 212 |
| <b>Глава 15. Стали с особыми физико-химическими свойствами</b>                     | 213 |
| 15.1. Жаропрочные стали                                                            | 213 |
| 15.2. Стали с повышенной поверхностной стойкостью                                  | 220 |
| Вопросы для самоконтроля                                                           | 229 |
| <b>Глава 16. Сплавы железа с углеродом. Чугуны</b>                                 | 231 |
| 16.1. Химический состав и виды чугунов                                             | 231 |

|                                                                                                                          |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 16.2. Механические и технологические свойства чугунов .....                                                              | 235        |
| 16.3. Серые чугуны .....                                                                                                 | 236        |
| 16.4. Высокопрочные чугуны .....                                                                                         | 237        |
| 16.5. Чугуны с вермикулярным графитом .....                                                                              | 239        |
| 16.6. Ковкие чугуны .....                                                                                                | 240        |
| 16.7. Специальные чугуны .....                                                                                           | 241        |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                                           | 243        |
| <b>Глава 17. Сплавы цветных металлов .....</b>                                                                           | <b>244</b> |
| 17.1. Алюминиевые сплавы .....                                                                                           | 244        |
| 17.2. Магниеые сплавы .....                                                                                              | 250        |
| 17.3. Титановые сплавы .....                                                                                             | 252        |
| 17.4. Медные сплавы .....                                                                                                | 255        |
| 17.4.1. Латунн .....                                                                                                     | 257        |
| 17.4.2. Бронзы .....                                                                                                     | 259        |
| 17.5. Антифрикционные материалы .....                                                                                    | 261        |
| 17.6. Никелевые жаропрочные сплавы .....                                                                                 | 264        |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                                           | 267        |
| <b>Глава 18. Пластмассы и композиционные конструкционные материалы .....</b>                                             | <b>268</b> |
| 18.1. Пластмассы .....                                                                                                   | 268        |
| 18.1.1. Состав и свойства пластмасс .....                                                                                | 268        |
| 18.1.2. Термопластичные пластмассы .....                                                                                 | 271        |
| 18.1.3. Термореактивные пластмассы .....                                                                                 | 274        |
| 18.2. Композиционные конструкционные материалы .....                                                                     | 276        |
| 18.2.1. Композиционные материалы на металлической основе .....                                                           | 282        |
| 18.2.2. Композиционные материалы на полимерной основе .....                                                              | 286        |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                                           | 289        |
| <b>Раздел V. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ .....</b>                                                                        | <b>290</b> |
| <b>Глава 19. Условия работы и требования к инструментальным материалам .....</b>                                         | <b>290</b> |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                                           | 293        |
| <b>Глава 20. Материалы для изготовления металлорежущих инструментов .....</b>                                            | <b>294</b> |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                                           | 298        |
| <b>Глава 21. Стали для изготовления инструментов обработки металлов давлением и для измерительных инструментов .....</b> | <b>299</b> |
| 21.1. Общая характеристика материалов для инструментов обработки металлов давлением .....                                | 299        |
| 21.2. Валковые стали .....                                                                                               | 301        |
| 21.3. Штамповые стали .....                                                                                              | 303        |

|                                                                                                              |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 21.3.1. Стали для инструментов горячего деформирования .....                                                 | 303        |
| 21.3.2. Стали для инструментов холодного деформирования .....                                                | 306        |
| 21.4. Стали для измерительных инструментов .....                                                             | 310        |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                               | 311        |
| <b>Раздел VI. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК .....</b>                                                 | <b>312</b> |
| <b>Глава 22. Технологические процессы формообразования заготовок .....</b>                                   | <b>312</b> |
| 22.1. Термины и определения .....                                                                            | 312        |
| 22.2. Основные виды заготовок и их характеристики .....                                                      | 314        |
| 22.3. Качество и технологичность заготовок .....                                                             | 317        |
| 22.4. Формообразующие технологические процессы .....                                                         | 319        |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                               | 320        |
| <b>Глава 23. Получение заготовок и их обработка в парогазовой, жидкой и твердой фазах .....</b>              | <b>321</b> |
| 23.1. Процессы физического и химического осаждения материалов. Основные области их применения .....          | 321        |
| 23.2. Получение заготовок и их обработка в жидкой фазе .....                                                 | 329        |
| 23.3. Получение заготовок и их обработка в твердой фазе .....                                                | 339        |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                               | 347        |
| <b>Глава 24. Выбор метода получения заготовки конструируемой детали .....</b>                                | <b>349</b> |
| 24.1. Основные принципы выбора метода получения заготовки .....                                              | 349        |
| 24.2. Технологические возможности основных методов получения заготовок .....                                 | 349        |
| 24.3. Факторы, определяющие выбор метода получения заготовки .....                                           | 352        |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                               | 358        |
| <b>Раздел VII. КОНСТРУИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЯЕМЫХ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ ДАВЛЕНИЕМ И РЕЗАНИЕМ .....</b> | <b>359</b> |
| <b>Глава 25. Физико-механические основы изготовления заготовок обработкой давлением .....</b>                | <b>359</b> |
| 25.1. Особенности получения заготовок обработкой давлением .....                                             | 359        |
| 25.2. Пластичность и сопротивление деформированию .....                                                      | 361        |
| 25.3. Общая характеристика кузнечно-штамповочного производства .....                                         | 363        |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                               | 364        |
| <b>Глава 26. Технологические особенности изготовления заготовок обработкой давлением .....</b>               | <b>365</b> |
| 26.1. Изготовление заготовок ковкой .....                                                                    | 365        |
| 26.2. Разновидности объемной штамповки .....                                                                 | 368        |

|                                                                                                                    |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 26.3. Тиксоштамповка .....                                                                                         | 372        |
| 26.4. Общая характеристика технологических процессов<br>получения изделий из листовых заготовок .....              | 375        |
| 26.5. Основные технологические операции листовой штамповки .....                                                   | 376        |
| 26.6. Обработка поверхностей пластическим деформированием .....                                                    | 381        |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                                     | 383        |
| <b>Глава 27. Конструирование технологичных изделий, изготавливаемых<br/>обработкой давлением .....</b>             | <b>384</b> |
| 27.1. Классификация поковок .....                                                                                  | 384        |
| 27.2. Конструирование заготовок, получаемых ковкой<br>и объемной штамповкой .....                                  | 384        |
| 27.3. Обеспечение технологичности штампованной заготовки .....                                                     | 389        |
| 27.4. Конструирование технологичных изделий, изготавливаемых<br>листовой штамповкой .....                          | 391        |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                                     | 395        |
| <b>Глава 28. Физико-механические основы обработки заготовок<br/>резанием .....</b>                                 | <b>396</b> |
| 28.1. Особенности технологических процессов обработки<br>заготовок резанием .....                                  | 396        |
| 28.2. Физические закономерности механической обработки<br>резанием .....                                           | 398        |
| 28.3. Свойства обработанной поверхности .....                                                                      | 401        |
| 28.4. Силы резания и тепловые явления при обработке резанием .....                                                 | 403        |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                                     | 407        |
| <b>Глава 29. Обрабатываемость материалов резанием и способы ее<br/>улучшения .....</b>                             | <b>408</b> |
| 29.1. Обрабатываемость материалов .....                                                                            | 408        |
| 29.2. Основные способы улучшения обрабатываемости .....                                                            | 410        |
| 29.3. Технологические особенности механической обработки<br>заготовок из основных конструкционных материалов ..... | 414        |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                                     | 418        |
| <b>Глава 30. Технологические особенности механической обработки<br/>заготовок резанием .....</b>                   | <b>419</b> |
| 30.1. Обработка точением поверхностей заготовок .....                                                              | 419        |
| 30.2. Поперечное, продольное строгание и долбление заготовок .....                                                 | 421        |
| 30.3. Обработка заготовок протягиванием .....                                                                      | 423        |
| 30.4. Обработка заготовок осевым режущим инструментом .....                                                        | 424        |
| 30.5. Обработка заготовок фрезерованием .....                                                                      | 427        |
| 30.6. Обработки поверхностей заготовок шлифованием .....                                                           | 429        |
| 30.7. Технологические процессы отделочной обработки<br>поверхностей заготовок .....                                | 431        |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                                     | 435        |

|                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Глава 31. Технологические процессы обработки резанием основных поверхностей заготовок</b> .....                              | 437 |
| 31.1. Обработка поверхностей тел вращения .....                                                                                 | 437 |
| 31.2. Обработка плоских поверхностей .....                                                                                      | 442 |
| 31.3. Нарезание резьбы на заготовках .....                                                                                      | 443 |
| 31.4. Обработка поверхностей заготовок деталей с периодически повторяющимся профилем .....                                      | 445 |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                                                  | 449 |
| <b>Глава 32. Конструирование деталей, изготавливаемых с использованием механической обработки давлением и резанием</b> .....    | 450 |
| 32.1. Общие технологические требования к деталям .....                                                                          | 450 |
| 32.2. Конструктивные и технологические мероприятия, обеспечивающие повышение технологичности детали .....                       | 454 |
| 32.3. Примеры конструирования и изготовления типовых деталей с использованием механической обработки давлением и резанием ..... | 459 |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                                                  | 467 |
| <b>Раздел VIII. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЗАГОТОВОК МЕТОДОМ ЛИТЬЯ И СВАРКИ</b> .....                                                         | 469 |
| <b>Глава 33. Литейные свойства сплавов и область их рационального применения</b> .....                                          | 469 |
| 33.1. Основные особенности процессов получения отливок .....                                                                    | 469 |
| 33.2. Литейные свойства сплавов и их влияние на конструктивные размеры и форму отливок .....                                    | 470 |
| 33.3. Область рационального применения литейных сплавов .....                                                                   | 477 |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                                                  | 479 |
| <b>Глава 34. Технологические особенности изготовления отливок</b> .....                                                         | 480 |
| 34.1. Техничко-экономические показатели основных способов получения отливок .....                                               | 480 |
| 34.2. Выбор рационального способа литья заготовки проектируемой детали .....                                                    | 487 |
| 34.3. Изготовление отливок из основных конструкционных материалов .....                                                         | 490 |
| 34.4. Термическая и механическая обработки отливок .....                                                                        | 493 |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                                                  | 497 |
| <b>Глава 35. Конструирование технологичных отливок</b> .....                                                                    | 498 |
| 35.1. Классификация отливок .....                                                                                               | 498 |
| 35.2. Общие принципы конструирования литых деталей .....                                                                        | 499 |
| 35.3. Особенности конструирования заготовок, изготавливаемых специальными способами литья .....                                 | 504 |
| 35.4. Обеспечение технологичности конструкции отливки .....                                                                     | 506 |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                                                  | 513 |

|                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Глава 36. Физико-механические основы технологических процессов сварки</b> .....                          | 514 |
| 36.1. Технологические особенности изготовления сварных и паяных заготовок .....                             | 514 |
| 36.2. Формирование соединений при сварке .....                                                              | 518 |
| 36.3. Напряжения и деформации при сварке .....                                                              | 519 |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                              | 522 |
| <b>Глава 37. Технологические особенности изготовления сварных заготовок</b> .....                           | 523 |
| 37.1. Свариваемость материалов .....                                                                        | 523 |
| 37.2. Технологические особенности получения сварных соединений из основных конструкционных материалов ..... | 525 |
| 37.3. Дефекты в сварных соединениях и методы контроля .....                                                 | 528 |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                              | 529 |
| <b>Глава 38. Конструирование технологичных сварных изделий</b> .....                                        | 530 |
| 38.1. Общие принципы конструирования сварных заготовок .....                                                | 530 |
| 38.2. Технологичность сварных заготовок .....                                                               | 531 |
| 38.3. Примеры конструирования и изготовления типовых деталей с использованием литья и сварки .....          | 538 |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                              | 541 |
| <b>Заключение</b> .....                                                                                     | 542 |
| <b>Литература</b> .....                                                                                     | 543 |