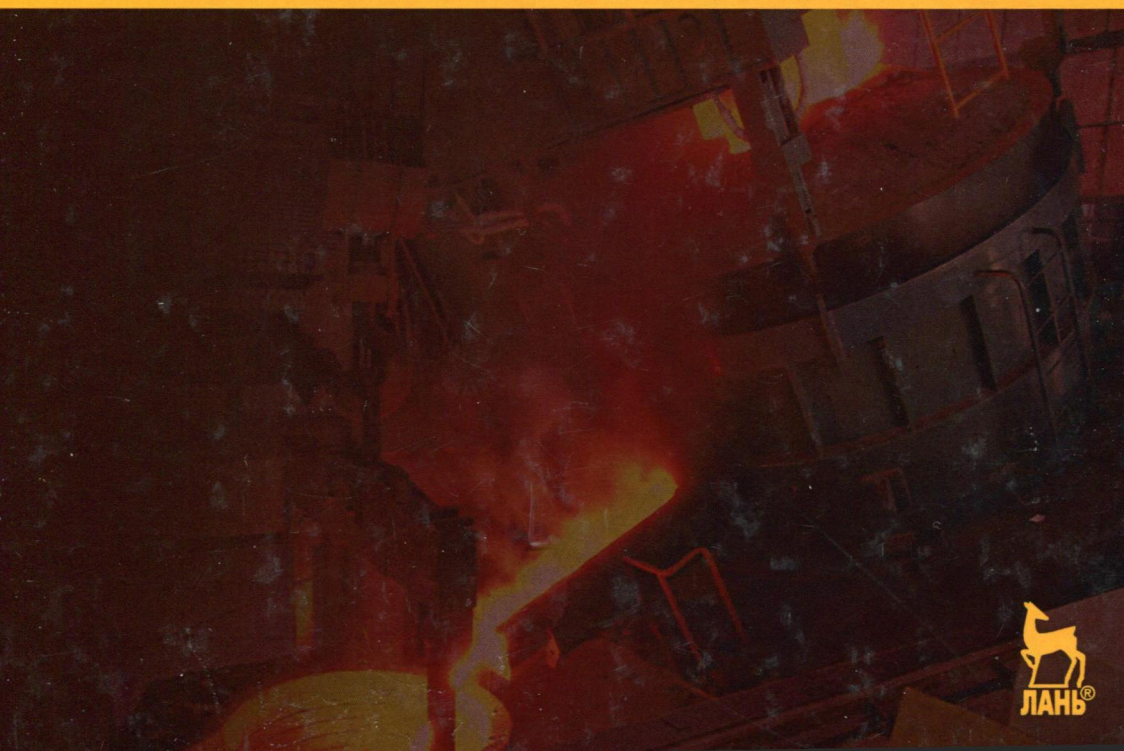




ОСНОВЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА



ОСНОВЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

УЧЕБНИК

*Под общей редакцией профессора, доктора технических наук,
заслуженного деятеля науки РФ В. М. Колокольцева*



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ • МОСКВА • КРАСНОДАР
2017

ББК 34.3я73

О 75

О 75 Основы металлургического производства: Учебник / Под общ. ред. В. М. Колокольцева. — СПб.: Издательство «Лань», 2017. — 616 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

ISBN 978-5-8114-2486-3

На основе современных сведений и представлений авторами рассмотрены все основные металлургические производства. В начале этой технологической цепи поставлены подготовка железорудного сырья, основы доменного производства и других восстановительных процессов, включая получение ферросплавов. Подробно изложены теория и технология сталеплавильного производства. Кратко представлены процессы производства основных цветных металлов. Приведены сведения о металлургии неметаллических материалов, рассмотрены строение и свойства жидких и твердых металлических и неметаллических материалов. Широко представлены материалы по обработке металлов давлением. Уделено значительное внимание литейному производству, порошковой металлургии, термической обработке металлопродукции, управлению качеством продукции. Подробно рассмотрены вопросы экологии металлургического производства.

Предназначен для студентов вузов направлений подготовки: бакалавриата — «Материаловедение», «Металлургия», магистратуры — «Металлургия». Учебник может быть полезен инженерно-техническим работникам металлургической отрасли.

ББК 34.3я73

Коллектив авторов:

Бигеев В. А., Вдовин К. Н., Колокольцев В. М., Салганик В. М.,
Сибатагуллин С. К., Сычков А. Б., Чернов В. П.,
Черчинцев В. Д. Чукин М. В.

Рецензенты:

Г. И. ЕЛАНСКИЙ — доктор технических наук, профессор,
почетный металлург СССР, заслуженный деятель науки РФ;
Б. В. ЛИНЧЕВСКИЙ — доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки и техники РСФСР;
И. А. СМЕРНОВ — доктор технических наук, профессор;
А. В. ЗИНОВЬЕВ — доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ.

Обложка

Е. А. ВЛАСОВА

© Издательство «Лань», 2017

© Коллектив авторов, 2017

© Издательство «Лань»,

художественное оформление, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 13 |
| Часть 1 | |
| МЕТАЛЛУРГИЯ ЧУГУНА, ЖЕЛЕЗА И ФЕРРОСПЛАВОВ | 15 |
| Глава 1. ЖЕЛЕЗНЫЕ РУДЫ И УГОЛЬ | 15 |
| 1.1. Основные месторождения..... | 16 |
| 1.2. Общая характеристика | 16 |
| 1.3. Подготовка сырья для металлургического производства | 17 |
| 1.3.1. Дробление и измельчение | 18 |
| 1.3.2. Грохочение и классификация..... | 18 |
| 1.3.3. Обогащение..... | 19 |
| 1.3.4. Усреднение..... | 22 |
| Глава 2. ОКУСКОВАНИЕ РУДНОГО И УГОЛЬНОГО КОНЦЕНТРАТОВ..... | 22 |
| 2.1. Производство агломерата | 23 |
| 2.1.1. Формирование и подготовка агломерационной шихты к спеканию..... | 23 |
| 2.1.2. Спекание агломерата | 24 |
| 2.1.3. Показатели качества агломерата..... | 26 |
| 2.2. Производство окатышей | 27 |
| 2.2.1. Получение сырых окатышей..... | 28 |
| 2.2.2. Обжиг окатышей | 28 |
| 2.2.3. Показатели качества окатышей..... | 30 |
| 2.3. Производство кокса..... | 31 |
| Глава 3. ПРОИЗВОДСТВО ЧУГУНА | 33 |
| 3.1. Производство чугуна в доменной печи | 33 |
| 3.1.1. Шихтовые материалы..... | 36 |
| 3.1.2. Формирование слоя шихты в колошниковом пространстве печи | 37 |
| 3.1.3. Горение кокса и дополнительного топлива..... | 37 |
| 3.1.4. Движение шихтовых материалов..... | 38 |
| 3.1.5. Движение газов | 39 |
| 3.1.6. Теплообмен между потоками шихты и газа | 40 |
| 3.1.7. Процессы восстановления и разложения | 40 |
| 3.1.8. Плавление и шлакообразование | 41 |
| 3.1.9. Поведение серы | 42 |
| 3.1.10. Внедоменная десульфурация чугуна | 42 |
| 3.2. Бездоменное производство чугуна..... | 43 |
| Глава 4. МЕТАЛЛУРГИЯ ЖЕЛЕЗА..... | 44 |
| 4.1. Процесс Мидрекс..... | 44 |
| 4.2. Процесс ХИЛ | 45 |
| Глава 5. МЕТАЛЛУРГИЯ ФЕРРОСПЛАВОВ..... | 46 |
| 5.1. Ферросилиций..... | 46 |
| 5.2. Ферромарганец..... | 47 |
| 5.2.1. Углеродистый ферромарганец..... | 47 |
| 5.2.2. Средне- и низкоуглеродистый ферромарганец | 48 |
| 5.2.3. Металлический марганец | 48 |
| 5.3. Силикомарганец..... | 49 |
| 5.4. Феррохром..... | 49 |
| 5.4.1. Углеродистый феррохром..... | 49 |

| | |
|--|-----------|
| 5.4.2. Среднеуглеродистый феррохром | 50 |
| 5.4.3. Низкоуглеродистый феррохром | 50 |
| КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ..... | 51 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК..... | 52 |
| Часть 2 | |
| МЕТАЛЛУРГИЯ СТАЛИ..... | 53 |
| Глава 6. КЛАССИФИКАЦИЯ И СВОЙСТВА СТАЛЕЙ. СТРУКТУРА СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА | 53 |
| Глава 7. ШИХТОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА | 59 |
| 7.1. Металлические шихтовые материалы | 59 |
| 7.2. Шлакообразующие материалы | 61 |
| 7.3. Окислители..... | 62 |
| 7.4. Науглероживатели | 62 |
| 7.5. Раскисляющие и легирующие материалы | 62 |
| Глава 8. ОСНОВНЫЕ РЕАКЦИИ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ..... | 63 |
| 8.1. Поведение железа | 63 |
| 8.2. Окисление углерода | 64 |
| 8.3. Окисление кремния | 65 |
| 8.4. Окисление марганца | 65 |
| 8.5. Дефосфорация металла | 66 |
| 8.6. Десульфурация металла | 67 |
| 8.7. Основные закономерности растворения водорода и азота в стали | 69 |
| 8.8. Вакуумное обезуглероживание и раскисление металла..... | 72 |
| Глава 9. ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПЛАВКИ СТАЛИ В КИСЛОРОДНЫХ КОНВЕРТЕРАХ | 72 |
| Глава 10. УСТРОЙСТВО И ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПЛАВКИ СТАЛИ В ЭЛЕКТРОПЕЧАХ.... | 89 |
| 10.1. Классификация дуговых сталеплавильных печей | 89 |
| 10.2. Устройство дуговых печей | 91 |
| 10.3. Технология плавки в высокопроизводительных ДСП | 98 |
| 10.3.1. Плавка скрап-процессом..... | 99 |
| 10.3.2. Плавка с использованием в шихте жидкого чугуна..... | 105 |
| 10.3. Плавка с применением металлизированного сырья | 108 |
| Глава 11. ТЕХНОЛОГИЯ КОВШЕВОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ..... | 109 |
| 11.1. Особенности десульфурации металла на агрегате «ковш-печь»..... | 109 |
| 11.2. Основные технологические операции | 110 |
| 11.3. Влияние на свойства и основные закономерности растворения газов в стали | 113 |
| 11.4. Особенности технологии вакуумной обработки металла | 116 |
| 11.4.1. Особенности технологии вакуумной обработки на установке камерного типа | 116 |
| 11.4.2. Особенности технологии вакуумирования на установке циркуляционного типа | 118 |
| Глава 12. НЕПРЕРЫВНАЯ РАЗЛИВКА СТАЛИ | 120 |
| 12.1. Сущность процесса непрерывной разливки стали и краткая историческая справка | 120 |
| 12.2. Классификация и устройство МНЛЗ | 122 |
| 12.3. Подготовка МНЛЗ к разливке стали..... | 128 |
| 12.4. Технология непрерывной разливки стали | 130 |
| 12.5. Формирование, строение и качество непрерывнолитой заготовки..... | 135 |
| 12.6. Внешние воздействия на кристаллизующуюся заготовку | 138 |

| | |
|--|------------|
| 12.7. Перспективы развития непрерывной разливки стали | 139 |
| Глава 13. ПЕРЕПЛАВНЫЕ ПРОЦЕССЫ | 141 |
| 13.1. Электрошлаковый переплав | 141 |
| 13.2. Вакуумно-дуговой переплав | 145 |
| КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ..... | 146 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 147 |
| Часть 3 | |
| МЕТАЛЛУРГИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ..... | 148 |
| Глава 14. МЕТАЛЛУРГИЯ МЕДИ | 149 |
| 14.1. Применение меди и ее сплавов | 149 |
| 14.2. Сущность технологии производства меди | 149 |
| 14.3. Подготовка руды..... | 150 |
| 14.4. Обжиг концентрата на штейн | 150 |
| 14.5. Плавка на штейн | 150 |
| 14.6. Конвертирование штейна..... | 151 |
| 14.7. Рафинирование меди | 152 |
| 14.7.1. Огневое рафинирование черновой меди | 152 |
| 14.7.2. Электролитическое рафинирование | 152 |
| 14.7.3. Вакуумное рафинирование | 153 |
| Глава 15. МЕТАЛЛУРГИЯ НИКЕЛЯ..... | 153 |
| 15.1. Применение никеля и его сплавов | 153 |
| 15.2. Сущность технологии производства никеля | 154 |
| 15.3. Подготовка руд | 154 |
| 15.4. Плавка концентрата на штейн | 154 |
| 15.5. Конвертирование штейна..... | 155 |
| 15.6. Разделение никеля и меди..... | 155 |
| 15.7. Производство чернового никеля | 156 |
| 15.8. Электролитическое рафинирование никеля | 156 |
| Глава 16. МЕТАЛЛУРГИЯ АЛЮМИНИЯ | 157 |
| 16.1. Применение алюминия и его сплавов..... | 157 |
| 16.2. Сущность технологии производства алюминия | 157 |
| 16.3. Производство глинозёма | 157 |
| 16.4. Подготовка электролита..... | 159 |
| 16.5. Производство технического алюминия | 159 |
| 16.6. Рафинирование алюминия | 160 |
| КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ..... | 160 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 161 |
| Часть 4 | |
| МЕТАЛЛУРГИЯ (ПЕТРУРГИЯ) НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ..... | 162 |
| Глава 17. ХАРАКТЕРИСТИКА НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ | 162 |
| 17.1. Классификация сплавов | 162 |
| 17.2. Свойства изделий из неметаллических сплавов | 163 |
| 17.3. Номенклатура и области применения изделий из неметаллических сплавов | 165 |
| Глава 18. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СПЛАВОВ..... | 167 |
| 18.1. Сырье для получения сплавов | 167 |
| 18.1.1. Петрургическое сырье из горных пород | 168 |
| 18.1.2. Петрургическое сырье из промышленных отходов..... | 169 |

| | |
|--|------------|
| 18.1.3. Модифицирующие и подшихтовочные материалы | 171 |
| 18.2. Плавления агрегаты | 172 |
| КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ..... | 176 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 177 |
| Часть 5 | |
| СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ЖИДКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РАСПЛАВОВ. ПРОЦЕССЫ ИХ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ | 178 |
| Глава 19. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ РАСПЛАВЫ | 178 |
| 19.1. Строение и свойства металлических расплавов | 178 |
| 19.1.1. Строение металлических расплавов | 178 |
| 19.1.2. Свойства металлических расплавов | 185 |
| 19.2. Кристаллизация расплавов | 198 |
| 19.2.1. Гомогенная или спонтанная кристаллизация | 199 |
| 19.2.2. Гетерогенная кристаллизация | 201 |
| 19.2.3. Формирование структуры сплавов | 203 |
| 19.2.4. Дендритная кристаллизация | 204 |
| 19.2.5. Ликвация в сплавах | 206 |
| 19.2.6. Получение аморфных сплавов | 207 |
| Глава 20. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ РАСПЛАВЫ..... | 209 |
| 20.1. Строение неметаллических расплавов..... | 209 |
| 20.1.1. Строение оксидных расплавов..... | 209 |
| 20.1.2. Молекулярная теория строения шлаков | 210 |
| 20.1.3. Теория совершенных ионных растворов | 211 |
| 20.1.4. Теория регулярных ионных растворов | 212 |
| 20.1.5. Строение силикатных расплавов | 213 |
| 20.2. Свойства оксидных расплавов..... | 214 |
| 20.2.1. Температура плавления | 214 |
| 20.2.2. Плотность оксидных расплавов..... | 215 |
| 20.2.3. Поверхностное натяжение | 215 |
| 20.2.4. Вязкость оксидных расплавов | 217 |
| 20.2.5. Электропроводность оксидных расплавов..... | 218 |
| 20.2.6. Теплоемкость оксидных расплавов | 218 |
| 20.2.7. Теплопроводность оксидных расплавов..... | 219 |
| 20.2. Кристаллизация и формирование структуры..... | 219 |
| 20.2.1. Особенности кристаллизации оксидных расплавов | 219 |
| 20.2.2. Формирование кристаллической структуры | 221 |
| Глава 21. МЕТОДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ РАСПЛАВЫ С ЦЕЛЬЮ УПРАВЛЕНИЯ ИХ СТРУКТУРОЙ И СВОЙСТВАМИ | 222 |
| 21.1. Микролегирование | 222 |
| 21.2. Модифицирование..... | 223 |
| 21.3. Рафинирование | 224 |
| 21.4. Физические методы воздействия на расплав | 230 |
| КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ..... | 231 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 232 |

Часть 6

| | |
|--|------------|
| ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ДАВЛЕНИЕМ | 234 |
| Глава 22. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ | 234 |
| 22.1. Парадоксальность теории пластичности | 234 |
| 22.2. Основы математического представления теории пластичности | 234 |
| 22.3. Напряженное и деформированное состояние | 238 |
| 22.4. Объем деформируемой среды – возможное постоянство и изменения | 239 |
| 22.5. Условие пластичности | 240 |
| 22.6. Замкнутая система уравнений теории пластичности | 242 |
| 22.7. Основы физического представления теории пластичности | 243 |
| 22.8. Неравномерность деформации | 246 |
| 22.9. О проблеме теоретического определения напряжений и деформаций | 248 |
| Глава 23. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОМД. ПРОКАТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО КАК ОСНОВНОЙ ВИД ОМД | 252 |
| 23.1. Основные виды прокатной продукции | 254 |
| 23.2. Технологические схемы прокатного производства | 254 |
| 23.3. Классификация прокатных станов | 256 |
| 23.4. Технологические операции прокатки | 260 |
| 23.4.1. Основные технологические операции, выполняемые в цехах ОМД | 260 |
| 23.4.2. Вспомогательные технологические операции | 262 |
| Глава 24. ЛИСТОПРОКАТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО | 262 |
| 24.1. Сортамент | 262 |
| 24.2. Схемы расположения оборудования | 263 |
| Глава 25. СОРТОПРОКАТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО | 267 |
| 25.1. Сортамент | 267 |
| 25.2. Схемы расположения оборудования | 267 |
| Глава 26. ВОЛОЧИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО | 270 |
| 26.1. Сортамент | 270 |
| 26.2. Схемы расположения оборудования | 270 |
| 26.3. Технология производства | 275 |
| Глава 27. ТРУБОПРОКАТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО | 275 |
| 27.1. Сортамент | 275 |
| 27.2. Схемы расположения технологического оборудования | 277 |
| 27.3. Технология производства труб | 280 |
| Глава 28. ПРЕССОВАНИЕ, КОВКА, ШТАМПОВКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ | 283 |
| 28.1. Прессование | 283 |
| 28.1.1. Сортамент | 283 |
| 28.1.2. Схемы расположения оборудования | 284 |
| 28.1.3. Горизонтальный гидравлический пресс | 286 |
| 28.2. Ковка и штамповка | 288 |
| 28.2.1. Сортамент | 288 |
| 28.2.2. Технологические операцииковки | 289 |
| 28.2.3. Технологические операцииштамповки | 295 |
| 28.2.4. Оборудование дляковки | 295 |
| 28.2.5. Оборудование дляштамповки | 298 |
| КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ | 299 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 300 |

Часть 7

| | |
|--|------------|
| ПРОИЗВОДСТВО ОТЛИВОК | 303 |
| Глава 29. СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК..... | 303 |
| 29.1. Сущность процесса литья. Классификация литейных сплавов и форм..... | 303 |
| Глава 30. ЛИТЕЙНЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ..... | 321 |
| 30.1. Жидкотекучесть..... | 321 |
| 30.2. Усадка..... | 323 |
| 30.3. Литейные напряжения..... | 325 |
| Глава 31. КЛАССИФИКАЦИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ..... | 328 |
| 31.1. Литье в песчано-глинистые формы..... | 330 |
| Глава 32. СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ЛИТЬЯ..... | 339 |
| 32.1. Литье по выплавляемым моделям..... | 339 |
| 32.1.1. Модельные составы..... | 340 |
| 32.1.2. Приготовление выплавляемых модельных составов..... | 342 |
| 32.1.3. Изготовление выплавляемых моделей..... | 343 |
| 32.1.4. Сборка моделей в блоки..... | 345 |
| 32.1.5. Пресс-формы..... | 345 |
| 32.1.6. Формовочные материалы и способы их подготовки..... | 347 |
| 32.1.7. Плавка и заливка форм сплавом..... | 353 |
| 32.1.8. Финишная обработка отливок..... | 354 |
| 32.1.9. Литниково-питающие системы при литье по выплавляемым моделям..... | 356 |
| 32.1.10. Литье в керамические формы по постоянным моделям..... | 357 |
| 32.1.11. Технология изготовления керамических форм..... | 359 |
| 32.2. Литье по газифицируемым моделям..... | 361 |
| 32.2.1. Сущность и технологические схемы процесса..... | 361 |
| 32.2.2. Процессы, происходящие при формировании отливки..... | 363 |
| 32.2.3. Изготовление моделей..... | 365 |
| 32.3. Литье в кокиль..... | 366 |
| 32.3.1. Основные операции технологического процесса..... | 367 |
| 32.3.2. Достоинства и недостатки литья в кокиль..... | 368 |
| 32.3.3. Заливка металлов в кокиль..... | 369 |
| 32.3.4. Особенности кристаллизации и усадки сплавов..... | 370 |
| 32.3.5. Облицовка и окраска кокиля..... | 371 |
| 32.3.6. Классификация кокилей и кокильные машины..... | 373 |
| 32.3.7. Особенности литья различных сплавов в кокиль..... | 374 |
| 32.3.8. Основные причины разрушения кокилей..... | 376 |
| 32.3.9. Технологии изготовления кокилей..... | 377 |
| 32.3.10. Материалы для изготовления кокилей..... | 382 |
| 32.4. Литье под давлением..... | 383 |
| 32.4.1. Особенности формирования отливок и их качество..... | 386 |
| 32.4.2. Гидродинамические и тепловые условия формирования отливок..... | 388 |
| 32.4.3. Конструкции пресс-форм и машин для литья под давлением..... | 395 |
| 32.4.4. Машины литья под давлением..... | 396 |
| 32.4.5. Технологические особенности литья под регулируемым давлением..... | 398 |
| 32.4.6. Литье с кристаллизацией под давлением..... | 401 |
| 32.4.7. Особенности процесса формирования отливок, свойства отливок..... | 406 |
| 32.5. Центробежное литье..... | 407 |
| 32.5.1. Характеристика процессов, происходящих при формировании отливок..... | 409 |

| | |
|--|------------|
| 32.5.2. Технологические режимы изготовления отливок..... | 412 |
| 32.5.3. Литье труб..... | 413 |
| 32.6. Литье выжиманием..... | 415 |
| КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ..... | 417 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК..... | 418 |
| Часть 8 | |
| ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ..... | 420 |
| Глава 33. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ, ЕЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ. ОСНОВНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ | 420 |
| Глава 34. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ | 423 |
| Глава 35. ФОРМОВАНИЕ | 432 |
| Глава 36. СПЕКАНИЕ..... | 439 |
| 36.1. Факторы, определяющие процесс спекания порошкового тела..... | 439 |
| 36.2. Объемные изменения при спекании | 440 |
| 36.3. Твердофазное спекание материалов. Стадии процесса спекания | 440 |
| 36.3.1. Механизмы массопереноса при твердофазном спекании | 442 |
| 36.3.2. Виды твердофазного спекания многокомпонентных систем | 444 |
| 36.4. Особенности процессов жидкофазного спекания..... | 444 |
| 36.5. Структура и свойства порошковых изделий | 446 |
| Глава 37. ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ ИЗ НИХ | 447 |
| 37.1. Антифрикционные материалы | 447 |
| 37.2. Высокопористые металлические фильтры..... | 448 |
| 37.3. Спеченные фрикционные материалы | 449 |
| 37.4. Электроконтактные материалы, изготавливаемые методом порошковой металлургии | 451 |
| 37.5. Порошковые и спеченные магниты | 453 |
| 37.5.1. Магнитные материалы на основе железа | 453 |
| 37.5.2. Спеченные материалы типа Al-Ni-Co..... | 454 |
| 37.5.3. Постоянные магниты на основе легких редкоземельных металлов R (Y, La до Sm) и переходных металлов | 455 |
| 37.5.4. Ферриты..... | 455 |
| 37.6. Конструкционные спеченные материалы..... | 457 |
| 37.6.1. Производство и свойства порошковых стальных изделий..... | 457 |
| 37.6.2. Изделия из цветных металлов и сплавов | 458 |
| 37.6.3. Алюминий и его сплавы | 458 |
| 37.6.4. Быстрорежущая сталь и композиции на ее основе | 459 |
| 37.7. Спечённые твёрдые сплавы | 459 |
| 37.8. Производство ядерного топлива атомных электростанций | 463 |
| КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ..... | 465 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК..... | 466 |
| Часть 9 | |
| ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПРОДУКЦИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА | 468 |
| Глава 38. ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ | 468 |

| | |
|---|------------|
| 38.1. Роль термической обработки в повышении качества изделий и снижении металлоемкости машин | 468 |
| 38.2. Теоретические основы технологии термической обработки металлов и сплавов. Основные понятия и терминология | 469 |
| 38.3. Технологические задачи и характеристика предварительной термической обработки | 471 |
| 38.4. Окончательная термическая обработка (ОТО) – Технология закалки сталей | 473 |
| 38.5. Термические и структурные напряжения, деформация и коробление изделий при термической обработке | 476 |
| 38.6. ОТО – Опуск и старение стали | 479 |
| 38.7. Поверхностное упрочнение термической обработкой | 482 |
| 38.8. Особенности нагрева и охлаждения при обработке высокоэнергетическими источниками энергии | 484 |
| 38.9. Технология термомеханической обработки листового проката – контролируемая прокатка | 488 |
| 38.10. Организация контроля процессов термической обработки. Анализ причин брака | 490 |
| Глава 39. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СПЕЦИФИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА | 491 |
| 39.1. Технология термической обработки слитков и непрерывно-литых заготовок (НЛЗ) | 491 |
| 39.2. Технология термической обработки сортового проката | 494 |
| 39.3. Упрочняющая термическая обработка проката | 500 |
| 39.4. Технология термической обработки железнодорожных колес | 506 |
| 39.5. Технология термической обработки железнодорожных рельсов | 509 |
| 39.6. Технология термической обработки листового проката | 515 |
| 39.7. Технология термической обработки труб | 522 |
| 39.8. Технология термической обработки проволоки | 525 |
| КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ | 528 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 529 |
| Часть 10 | |
| УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА | 532 |
| Глава 40. ПОКАЗАТЕЛИ, ИЗМЕРЕНИЕ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ | 533 |
| Глава 41. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ | 537 |
| Глава 42. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ | 538 |
| Глава 43. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ | 540 |
| Глава 44. ФУНКЦИИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ | 543 |
| Глава 45. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ В ТЕХНОЛОГИЯХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА | 544 |
| КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ | 556 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 556 |
| Часть 11 | |
| ЭКОЛОГИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА | 558 |
| Глава 46. ВЛИЯНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ | 558 |

| | |
|--|-----|
| 46.1. Виды воздействия металлургического производства на окружающую среду и экосистемы промышленных регионов с развитой металлургической промышленностью..... | 558 |
| 46.2. Виды загрязнения окружающей среды предприятиями металлургической промышленности | 560 |
| 46.2.1. Загрязнение атмосферы металлургическими предприятиями | 561 |
| 46.2.2. Загрязнение водного бассейна ПР предприятиями металлургической промышленности | 562 |
| 46.2.3. Загрязнение территорий ППК отходами металлургического производства | 563 |
| 46.2.4. Загрязнение экосистем ППК тяжелыми металлами | 563 |
| 46.3. Виды нарушений природной среды при функционировании металлургических предприятий | 564 |
| 46.4. Оценка влияния металлургического производства на экологическую ситуацию в промышленных регионах с развитой металлургической промышленностью | 565 |
| Глава 47. СОСТАВ, СВОЙСТВА И ПАРАМЕТРЫ ВЫБРОСОВ И СБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА | 567 |
| 47.1. Подготовка сырья к металлургическому переделу..... | 567 |
| 47.2. Агломерация и окатышкование..... | 568 |
| 47.3. Доменное производство | 568 |
| 47.4. Сталеплавильное производство..... | 569 |
| 47.5. Прокатное производство | 570 |
| 47.6. Литейное производство..... | 571 |
| 47.7. Огнеупорное производство..... | 571 |
| 47.8. Коксохимическое производство..... | 572 |
| Глава 48. ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ВЫБРОСОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ | 573 |
| 48.1. Пылеулавливание: процессы, аппараты и установки очистки выбросов металлургических предприятий от пыли | 574 |
| 48.1.1. Процессы и аппараты гравитационно-инерционного действия для улавливания пыли в газовой среде | 574 |
| 48.1.2. Процессы и аппараты фильтрующего действия для улавливания пыли в газовой среде | 577 |
| 48.1.3. Процессы и аппараты для улавливания пыли промывного типа в жидкофазной среде | 579 |
| 48.1.4. Процессы и жидкостно-пленочные аппараты для улавливания пыли в жидкофазной среде | 581 |
| 48.1.5. Процессы и аппараты электрической очистки газов от пыли..... | 582 |
| 48.2. Процессы и аппараты очистки организованных выбросов металлургического производства от газообразных загрязняющих веществ и их соединений | 585 |
| 48.3. Процессы и аппараты очистки сточных вод металлургических предприятий | 587 |
| 48.4. Физико-химические методы очистки сточных вод | 589 |
| 48.5. Химические методы очистки сточных вод..... | 594 |
| 48.6. Восстановление функциональных параметров и характеристик экосистем, нарушенных деятельностью металлургических предприятий | 596 |

| | |
|--|-----|
| 48.6.1. <i>Формирование шлаковых отвалов, шламохранилищ, хвостохранилищ и шламовых отстойников металлургических предприятий</i> | 596 |
| 48.6.2. <i>Использование накопленных и текущих шлаков металлургического производства и извлечение из них ценных компонентов</i> | 598 |
| 48.6.3. <i>Рекультивация земель, нарушенных деятельностью металлургических предприятий</i> | 599 |
| Глава 49. ПРИНЦИПЫ ПРИРОДООХРАННОЙ ПОЛИТИКИ, ПРОВОДИМОЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ, И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ | 600 |
| 49.1. Организация мониторинга загрязнения окружающей среды | 600 |
| 49.2. Совершенствование существующих и создание новых технологических процессов получения металлов и сплавов с целью минимизации воздействия металлургического производства на окружающую среду | 601 |
| 49.3. Совершенствование систем пылеулавливания, очистки газов и сточных вод металлургических предприятий | 602 |
| 49.4. Организационно-технические мероприятия, проводимые на металлургических предприятиях по защите окружающей среды | 604 |
| Глава 50. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛОВ, КОМПЛЕКСНОЕ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПРЕДПРИЯТИЯМИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА | 605 |
| 50.1. Эколого-экономическая оценка ущерба, наносимого производственной деятельностью металлургических предприятий экосистемам ППК | 606 |
| 50.2. Принципы эколого-экономической оценки результатов реализации природоохранных мероприятий, рационального использования минерально-энергетических ресурсов и переработки отходов производства | 606 |
| 50.3. Комплексная эколого-экономическая оценка ущерба, наносимого производственной деятельностью металлургических предприятий развивающегося промышленного региона | 607 |
| 50.4. Экологическое налогообложение и создание экологических фондов как экономические условия развития металлургических предприятий | 609 |
| Глава 51. НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ | 610 |
| 51.1. Соблюдение «Основ государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года» при осуществлении производственной деятельности металлургических предприятий | 611 |
| 51.2. Правовая ответственность за экологические нарушения и преступления при функционировании металлургических предприятий | 612 |
| КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ | 612 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 613 |