

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>13</b>
<b>Часть 1</b>	
<b>МЕТАЛЛУРГИЯ ЧУГУНА, ЖЕЛЕЗА И ФЕРРОСПЛАВОВ.....</b>	<b>15</b>
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. Плавнение 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
<b>Часть 2</b>	
<b>МЕТАЛЛУРГИЯ СТАЛИ.....</b>	<b>53</b>
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

<b>МЕТАЛЛУРГИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ.....</b>	<b>148</b>
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

<b>МЕТАЛЛУРГИЯ (ПЕТРУРГИЯ) НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ.....</b>	<b>162</b>
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. Плавильные агрегаты .....	172
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	176
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	177
<b>Часть 5</b>	
<b>СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ЖИДКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РАСПЛАВОВ. ПРОЦЕССЫ ИХ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ .....</b>	<b>178</b>
Глава 19. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ РАСПЛАВЫ.....	178
19.1. Строение и свойства металлических расплавов .....	178
19.1.1. <i>Строение металлических расплавов</i> .....	178
19.1.2. <i>Свойства металлических расплавов</i> .....	185
19.2. Кристаллизация расплавов .....	198
19.2.1. <i>Гомогенная или спонтанная кристаллизация</i> .....	199
19.2.2. <i>Гетерогенная кристаллизация</i> .....	201
19.2.3. <i>Формирование структуры сплавов</i> .....	203
19.2.4. <i>Дендритная кристаллизация</i> .....	204
19.2.5. <i>Ликвация в сплавах</i> .....	206
19.2.6. <i>Получение аморфных сплавов</i> .....	207
Глава 20. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ РАСПЛАВЫ.....	209
20.1. Строение неметаллических расплавов.....	209
20.1.1. <i>Строение оксидных расплавов</i> .....	209
20.1.2. <i>Молекулярная теория строения шлаков</i> .....	210
20.1.3. <i>Теория совершенных ионных растворов</i> .....	211
20.1.4. <i>Теория регулярных ионных растворов</i> .....	212
20.1.5. <i>Строение силикатных расплавов</i> .....	213
20.2. Свойства оксидных расплавов.....	214
20.2.1. <i>Температура плавления</i> .....	214
20.2.2. <i>Плотность оксидных расплавов</i> .....	215
20.2.3. <i>Поверхностное натяжение</i> .....	215
20.2.4. <i>Вязкость оксидных расплавов</i> .....	217
20.2.5. <i>Электропроводность оксидных расплавов</i> .....	218
20.2.6. <i>Теплоемкость оксидных расплавов</i> .....	218
20.2.7. <i>Теплопроводность оксидных расплавов</i> .....	219
20.2. Кристаллизация и формирование структуры .....	219
20.2.1. <i>Особенности кристаллизации оксидных расплавов</i> .....	219
20.2.2. <i>Формирование кристаллической структуры</i> .....	221
Глава 21. МЕТОДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ РАСПЛАВЫ С ЦЕЛЬЮ УПРАВЛЕНИЯ ИХ СТРУКТУРОЙ И СВОЙСТВАМИ .....	222
21.1. Микрелегирование .....	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

<b>ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ДАВЛЕНИЕМ .....</b>	<b>234</b>
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 операции ковки .....	289
28.2.3. Технологические операции штамповки .....	295
28.2.4. Оборудование для ковки .....	295
28.2.5. Оборудование для штамповки .....	298
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ .....	299
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	300

## Часть 7

<b>ПРОИЗВОДСТВО ОТЛИВОК.....</b>	<b>303</b>
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. Спеченные твердые 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 – Отпуск 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
<b>Глава 39. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СПЕЦИФИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА .....</b>	<b>491</b>
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
<b>КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....</b>	<b>528</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....</b>	<b>529</b>
<b>Часть 10</b>	
<b>УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА .....</b>	<b>532</b>
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
<b>КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....</b>	<b>556</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....</b>	<b>556</b>
<b>Часть 11</b>	
<b>ЭКОЛОГИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА.....</b>	<b>558</b>
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 газовоздушной среде .....	574
48.1.2. Процессы и аппараты фильтрующего действия для улавливания пыли в газовоздушной 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. Формирование шлаковых отвалов, шламохранилищ, хвостохранилищ и шламовых отстойников металлургических предприятий.....	596
48.6.2. Использование накопленных и текущих шлаков металлургического производства и извлечение из них ценных компонентов.....	598
48.6.3. Рекультивация земель, нарушенных деятельностью металлургических предприятий.....	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

## ВВЕДЕНИЕ

Современное многоступенчатое образование дает возможность студентам получать его последовательно со все усложняющимися и уточняющими подробностями тех дисциплин, которые они изучают на первой ступени – бакалавриате. В таком положении находятся и студенты, обучающиеся на направлении «Металлургия».

Бакалавр-металлург должен обладать определенным кругозором и представлять сущность всех металлургических технологий, начиная с подготовки сырья для доменного процесса и заканчивая эколого-экономической составляющей изученных процессов.

Первая русская книга по металлургии – «Первые основания металлургии и рудных дел», написанная великим русским ученым М.В. Ломоносовым в 1763 г. Выдающихся ученых-металлургов в России было много: В.Е. Грум-Гржимайло, Д.К. Чернов, П.П. Аносов, И.П. Бардин, Б.Б. Гуляев, В.И. Явойский, М.А. Павлов, А.И. Целиков и другие. Их вклад в развитие российской металлургии неоценим и настолько существенен, что многие их научные труды востребованы и в настоящее время.

Количество выпускаемой металлургической продукции уже перевалило за один миллиард тонн и на этом не остановится. Металлургия – локомотив развития всего промышленного потенциала не только нашей страны, но и всего мира.

На первом этапе обучения по направлению «Металлургия» бакалаврам параллельно с изучением общенаучных дисциплин, независимо от получаемой в будущем специальности, необходимо ознакомиться с основами металлургической науки и техники. Решить эту задачу поможет настоящий учебник, содержащий начальные сведения практически по всем разделам существующей металлургии.

На всех последующих этапах обучения студенты будут получать исчерпывающие знания по дисциплинам, необходимым для совершенствования в выбранной специальности.

С целью последовательного изложения процесса получения металлов, авторы предложили рассматривать металлургические технологии в следующей последовательности: металлургия чугуна, железа и ферросплавов, где рассмотрены процессы добычи, подготовки руд к плавке и собственно металлургические процессы, позволяющие получить и чугун, и сталь, а также производство ферросплавов, без которых современная металлургия невозможна; металлургия основных применяющихся в промышленности цветных металлов, а также металлургия неметаллических сплавов, которым в настоящее время придается большое значение. Основой любого металлургического производства является изучение строения и свойств жидких металлических и неметаллических расплавов и процессы их кристаллизации, которые отвечают за формирование структуры и получаемые необходимые свойства готовой продукции. Большую роль в металлургических процессах имеют процессы обработки металлов и сплавов давлением, невозможно назвать отрасль экономики, где бы не использовалась продукция прокатного передела. Немаловажную роль в металлургии и машиностроении имеет литейное производство, без которого невозможно создавать современные машины и механизмы. Востребованной частью металлургии является порошковая металлургия, обеспечивающая новые качества изделиям в процессах без расплавления металлов. С целью повышения качества многих металлов и сплавов требуется термическая обработка, которая почти всегда следует за получением того или иного вида изделий. Современная металлургия предъявляет высокие требования к качеству продукции, поэтому в учебнике присутствует раздел «Управление качеством продукции в металлургическом производстве». Металлургия – не только затратное производство, но и достаточно экологически безопасное, поэтому есть раздел, отвечающий за экологию металлургического производства.

Несмотря на одиннадцать частей, в учебнике все материалы изложены методически последовательно, грамотно и в доступной форме. После каждой части имеются вопросы для самоконтроля изученного материала, а также приведены необходимые для более глубокого изучения вопросов научно-технические книги и учебники.

Наибольшее внимание в учебнике уделено основным процессам получения чугуна и стали и их последующей обработки, так как железо до сих пор является главным металлом промышленности.

Авторы выражают благодарность организациям, которые способствовали изданию этого учебника, а также рецензентам.

# МЕТАЛЛУРГИЯ ЧУГУНА, ЖЕЛЕЗА И ФЕРРОСПЛАВОВ

Металлургия чугуна изучает теорию и технологию выплавки этого вида сплава с рассмотрением применяемого при этом оборудования. Чугуном называют сплав железа с углеродом и примесями при содержании углерода более 2,14 %. Основное количество чугуна производят в доменных печах для переработки его в сталь и называют передельным. Новым направлением является бездоменная металлургия чугуна.

Содержание углерода в чугуне находится в интервале 4,0–4,6 %. В процессе передела в сталь его уменьшают до величин менее 1,0 % в зависимости от требований потребителей к свойствам металла, удаляют примеси, являющиеся избыточными или вредными, и вводят новые, улучшающие качество стали. Часть чугуна используют для производства товарных изделий.

Металлургия железа изучает процессы, называемые бескоксовой металлургией, металллизацией, процессами прямого получения железа. Она включает, в частности, производство металлизированных окатышей, губчатого и порошкового железа.

Металлургия ферросплавов изучает процессы производства сплавов железа с другими элементами, которыми обычно являются кремний, марганец, кремний совместно с марганцем, хром, титан, ванадий, вольфрам, молибден.

Для достижения высокой эффективности производства металла осуществляют подготовку исходных железорудных материалов и металлургического топлива по сложным, постоянно развивающимся технологиям. При этом главные подготовленные материалы – это агломерат, окатыши и кокс. Агломерат и окатыши являются носителями железа в виде оксидов, а кокс – металлургическим топливом, состоящим в основном из углерода, и выполняющим ряд других функций, благодаря его особым свойствам. Кокс производят из специальных, пригодных для этой цели углей, называемых коксующимися.

## Глава 1. ЖЕЛЕЗНЫЕ РУДЫ И УГОЛЬ

Руды и топливо характеризуют местом расположения в земной коре, запасами и показателями качества. В России запасы разделяют на категории А с разновидностями  $A_1$  и  $A_2$ , В, С с разновидностями  $C_1$  и  $C_2$ , исчисляя в массовых (твёрдые и жидкие природные материалы) или объёмных (газы) единицах измерения:

А – выявлены границы месторождения с достаточной точностью, а по части её полностью разработана технология использования (промышленные запасы);

$A_1$  – технология подготовки и использования разработана исследовательскими организациями и предприятиями в промышленном масштабе;

$A_2$  – технология переработки нуждается в разработке или уточнении;

В – выявлены примерные границы месторождения, позволяющие проектировать использование (вероятные запасы);

С – границы месторождения известны лишь приблизительно на основании разведочных скважин по редкой схеме (ориентировочные запасы);

$C_1$  – выявлены на основании единичных разведочных скважин;

$C_2$  – выявлены по внешним проявлениям на земной поверхности или путём изучения теории процесса формирования.

Сумму  $A+B+C_1$  часто называют разведанными запасами, которые являются балансовыми и не относятся при современном уровне развития науки и техники к экономически убыточным (забалансовым).

Качество руды и топлива характеризуют химическим составом, физическими и физико-химическими свойствами.

### 1.1. Основные месторождения

Предприятия России используют руды следующих основных месторождений:

1. Курская магнитная аномалия (КМА) на территории Курской, Белгородской, Орловской, Брянской, Калужской областей – наиболее крупное месторождение.
2. Оленегорское и Ено-Ковдорское в Мурманской области.
3. Костомукшское и Пудожгорское в Карелии.
4. Качканарское в Свердловской области.
5. Бакальское и Копанское в Челябинской области.
6. Орско-Халиловский железорудный район в Оренбургской области.
7. Соколовско-Сарбайское, Качарское, Лисаковское, Аятское, Атасуйское в республике Казахстан.
8. Месторождения Сибири: Бакcharское, Горно-Шорский, Ангаро-Питский, Ангаро-Илимский железорудные районы.

9. Месторождения Дальнего Востока: Южно-Алданский, Чаро-Токкинский, Зее-Селемджинский, Мало-Хинганский железорудные районы.

Угли сосредоточены в виде пластов определённой толщины. Их совокупность образует угольные бассейны. Предприятия России используют следующие:

1. Печёрский в Вологодской области и в республике Коми.
2. Кузнецкий в Кемеровской области.
3. Минусинский в республике Хакасия.
4. Южно-Якутский в республике Саха (Якутия).
5. Канско-Ачинский на территории Красноярского края и частично в Кемеровской и Иркутской областях.
6. Карагандинский в республике Казахстан.
7. Элегестское месторождение в республике Тува.

### 1.2. Общая характеристика

Промышленные руды содержат от 16 до 70 % железа: богатые – более 50, рядовые – 25–50, бедные – менее 25 %. Пример химического состава руды, %:

Fe <sub>общ</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	S	MnO	P
32,1	15,8	28,3	28,8	8,4	9,8	2,3	1,2	0,23	0,08

Вид соединения, в котором преимущественно находится железо, указывает на минералогический тип и отражается в наименовании руды:

магнетит	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
гематит	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
водный оксид железа	2Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·3H <sub>2</sub> O; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O и др. (mFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·nH <sub>2</sub> O)
сидерит	FeCO <sub>3</sub>

Руду на основе оксида Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> называют магнетитовой или иначе магнитным железняком, на основе Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – гематитовой или красным железняком, на основе водных оксидов железа – бурым железняком, FeCO<sub>3</sub> – сидеритовой или шпатовым железняком. Имеются и более сложно представленные руды, в частности титаномagnetиты FeO·TiO<sub>2</sub> – Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> и железистые кварциты, в которых оксиды железа находятся в тонком проращении с SiO<sub>2</sub>. В приведенном примере руда является магнетитовой, так как FeO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> представляет собой Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)