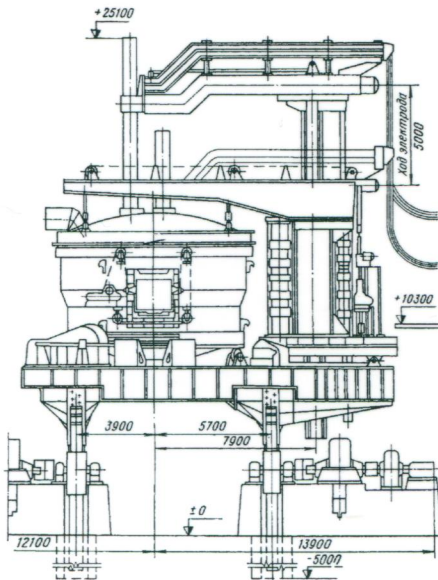


А. И. Строганов
М. А Рысс

ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ И ФЕРРОСПЛАВОВ

Учебник



Альянс

А. И. Строганов
М. А Рысс

ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ И ФЕРРОСПЛАВОВ

Издание 2-е, переработанное и дополненное

*Допущено Министерством высшего
и среднего специального образования СССР
в качестве учебника для учащихся
металлургических техникумов*

Стереотипное издание

МОСКВА
Альянс
2017

УДК 669.187+669.168

Строганов А. И., Рысс М. А.

Производство стали и ферросплавов. Учебник для учащихся металлургических техникумов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Альянс, 2017. - 506 с.

ISBN 978-5-00106-177-9

В книге приведены теоретические основы металлургических процессов. Описана конструкция ферросплавных и сталеплавильных печей, а также технология производства стали и ферросплавов. Рассмотрены последние достижения в области применения вакуума и перешлавных методов (электрошлакового, вакуумно-дугового, плазменного и др.), обработки стали синтетическим шлаком и порошкообразными материалами и т. д. Приведены основы теории кристаллизации и строения стального слитка, а также методы разливки стали в изложницы и при помощи машины непрерывного литья заготовок. Описана организация производства в электросталеплавильных и ферросплавных печах, вопросы техники безопасности и промышленной санитарии. Рассмотрено производство стали в кислородных конверторах и мартеновских печах, а также выплавка стали непрерывными и комбинированными способами.

Книга предназначена для учащихся металлургических техникумов и может быть полезной для среднего технического персонала электросталеплавильных и ферросплавных цехов.

УДК 669.187+669.168

Учебник

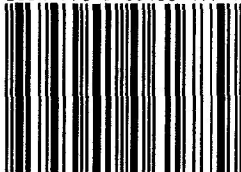
**Анатолий Ильич Строганов
Марк Абрамович Рысс**

ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ И ФЕРРОСПЛАВОВ

Подписано в печать 22.04.2017 г. Формат 84x108/32.
Печать офсетная. Тираж 30 экз. Заказ № 115837.

ООО «Издательство Альянс»
125319, Москва, ул. Планетная, д. 47-3
Тел./факс (499) 155-71-95 (многоканальный)
izdat@aliansbooks.ru www.aliansbooks.ru

ISBN 978-5-00106-177-9



9 785001 061779 >

Отпечатано: АО «Т 8 Издательские Технологии»
109316 Москва, Волгоградский пр-т, д. 42, корп. 5
Тел.: 8 495 221-89-80

ISBN 978-5-00106-177-9

© Строганов А. И., Рысс М. А., 1979
© Оформление. Издательство Альянс, 2017

ГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие	3
Введение	4

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ОСНОВЫ ТЕОРИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

<i>Глава 1. Физико-химические основы металлургических процессов</i>	<i>7</i>
1. Основные физико-химические понятия	7
2. Термохимия и тепловые эффекты реакций	10
3. Закон Гесса	13
4. Энтропия	14
5. Изменение изобарно-изотермического потенциала	16
6. Равновесие химических процессов	21
7. Постоянная равновесия	24
8. Изменение изобарно-изотермического потенциала и константа равновесия	25
9. Принцип смещения равновесия	26
10. Химический потенциал	28
11. Кинетика металлургических процессов	30
<i>Глава 2. Основы учения о шлаке</i>	<i>32</i>
1. Характеристика металлургических шлаков	32
2. Понятие о молекулярном строении шлака	33
3. Представление об ионном строении шлака	35
4. Физические свойства шлака	37
5. Химические свойства шлака	43
6. Роль шлака в сталеплавильных и ферросплавных процессах	46
7. Шлаковые системы	47
<i>Глава 3. Взаимодействие металлической, шлаковой и газовой фаз</i>	<i>50</i>
1. Строение жидкого металла	50
2. Распределение компонентов между металлом и шлаком	52
3. Окислительно-восстановительные процессы на границе изделия металл — шлак	53
4. Окисление углерода	58
5. Десульфурация металла	59
6. Кислород в металле	61
7. Газы в стали и ферросплавах	63
8. Теоретические основы раскисления стали	65
9. Неметаллические включения в стали	73

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

ПРОИЗВОДСТВО ФЕРРОСПЛАВОВ

Раздел I

ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПЕЧИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСПЛАВОВ

<i>Глава 4. Классификация электрометаллургических печей</i>	<i>76</i>
---	-----------

Глава 5. Конструкция ферросплавных печей	80
§ 1. Общая характеристика ферросплавных печей	80
§ 2. Ванна ферросплавной печи	90
§ 3. Кожух ферросплавной печи	92
§ 4. Механическое оборудование	93
§ 5. Конструкция печей для рафинировочных процессов	104
Глава 6. Электрооборудование ферросплавных печей	105
§ 1. Электрический режим печных установок	106
§ 2. Трансформатор	108
§ 3. Короткая сеть	110
§ 4. Электрические характеристики печи	112
§ 5. Коммутационная аппаратура и контрольно-измерительные приборы	113
§ 6. Футеровка ферросплавных печей	114
Глава 7. Электроды	121
§ 1. Назначение и характеристика электродов	121
§ 2. Изготовление графитированных электродов	123
§ 3. Самоспекающиеся электроды	125
§ 4. Эксплуатация электродов	127

Раздел II

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСПЛАВОВ

Глава 8. Общая характеристика ферросплавов	128
§ 1. Применение химической термодинамики при производстве ферросплавов	129
§ 2. Способы производства ферросплавов	131
§ 3. Развитие ферросплавной промышленности в СССР	133
Глава 9. Кремнистые сплавы	135
§ 1. Сырые материалы и свойства кремния	136
§ 2. Физико-химические основы процесса производства кремнистых сплавов	138
§ 3. Технология производства ферросилиция в открытых печах	140
§ 4. Технология производства ферросилиция в закрытых печах	145
§ 5. Техничко-экономические показатели производства кремнистых сплавов	147
Глава 10. Сплавы хрома	149
§ 1. Сырые материалы для выплавки сплавов хрома	150
§ 2. Физико-химические свойства хрома и его соединений	151
§ 3. Производство углеродистого феррохрома	152
§ 4. Производство силикохрома	155
§ 5. Выплавка среднеуглеродистого феррохрома	157
§ 6. Выплавка мало- и безуглеродистого феррохрома	160
§ 7. Обезуглероживание феррохрома в твердом состоянии в вакууме	166
§ 8. Аллюминотермическое производство хрома и его сплавов	167
Глава 11. Сплавы марганца	170
§ 1. Марганцевые руды и свойства марганца	171

	Стр.
§ 2. Производство углеродистого ферромарганца	173
§ 3. Бесфосфористый высокомарганцевый шлак	177
§ 4. Производство силикомарганца	178
§ 5. Производство средне- и малоуглеродистого ферромарганца	181
§ 6. Металлический марганец	182
Глава 12. Другие виды ферросплавов	184
§ 1. Ферровольфрам	184
§ 2. Ферромолибден	188
§ 3. Феррованадий	192
§ 4. Ферротитан	197
§ 5. Сплавы с цирконием	200
§ 6. Сплавы кальция	203
§ 7. Феррониобий	208
§ 8. Ферробор	212
Глава 13. Экономика и организация ферросплавного производства	215
§ 1. Планирование и организация производства	215
§ 2. Себестоимость производства ферросплавов	216
§ 3. Планировка ферросплавных цехов	219
§ 4. Основные вопросы техники безопасности и промышленной санитарии в ферросплавных цехах	223
Глава 14. Производство чугуна в электропечах	226
§ 1. Конструкция электродоменных печей	226
§ 2. Сырье и технология выплавки электрочугуна	227
§ 3. Перспективы производства чугуна в электропечах	228

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЕЧАХ

Раздел I

ЭЛЕКТРОДУГОВЫЕ ПЕЧИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ

Глава 15. Конструкция современных дуговых сталеплавильных печей	230
§ 1. Устройство дуговой сталеплавильной печи	230
§ 2. Основные элементы конструкции электропечи	232
§ 3. Конструкция электропечей с загрузкой сверху	239
§ 4. Разновидности дуговых электросталеплавильных печей	242
§ 5. Загрузочная бадья (корзина)	244
§ 6. Подача кислорода и газа в печь	245
§ 7. Система очистки газов	247
Глава 16. Электрооборудование дуговых сталеплавильных печей	248
§ 1. Разъединитель, главный выключатель	248
§ 2. Дроссель и печной трансформатор	250
§ 3. Короткая сеть	252
§ 4. Оптимальный электрический режим работы дуговой электропечи	253
§ 5. Защитная и сигнальная аппаратура	254

Глава 17. Футеровка дуговых электросталеплавильных печей	255
§ 1. Изготовление футеровки стен и подины основных электропечей	256
§ 2. Свод электропечи	258
§ 3. Ремонт и обслуживание электропечей	260
§ 4. Способы повышения стойкости футеровки электропечей	262

Раздел II

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПЛАВКИ СТАЛИ В ДУГОВЫХ ЭЛЕКТРОПЕЧАХ

Глава 18. Сырые материалы и загрузка шихты	264
§ 1. Металлическая часть шихты и науглероживатели	264
§ 2. Шлакообразующие материалы и окислители	267
§ 3. Раскислители и легирующие	269
§ 4. Подготовка материалов к плавке	269
§ 5. Подготовка печи к плавке	270
§ 6. Подбор лома по химическому составу	271
§ 7. Заправка печи	273
§ 8. Загрузка шихты	274
Глава 19. Период плавления	275
§ 1. Организация и проведение периода плавления	275
§ 2. Способы ускорения плавления шихты	278
§ 3. Расход электроэнергии на расплавление	280
§ 4. Передовые методы труда по ускорению плавления шихты	281
Глава 20. Окислительный период	281
§ 1. Окисление железа и переход кислорода в металл	282
§ 2. Последовательность окисления примесей	284
§ 3. Поведение примесей металла	285
§ 4. Дегазация металла и поведение в нем неметаллических включений	290
§ 5. Технология проведения окислительного периода	292
Глава 21. Восстановительный период	297
§ 1. Раскисление металла в восстановительный период	297
§ 2. Десульфурация металла и поведение газов	302
§ 3. Технология проведения восстановительного периода	305
§ 4. Доводка металла по составу	306
§ 5. Температурный режим и выпуск металла	309
§ 6. Длительность восстановительного периода	311
§ 7. Обработка стали шлаком и порошкообразными смесями	311
§ 8. Способы сокращения восстановительного периода	314
Глава 22. Выплавка стали в основных дуговых электропечах	315
§ 1. Способы выплавки стали	315
§ 2. Выплавка углеродистой стали	320
§ 3. Сортамент и выплавка легированной стали	321
§ 4. Порядок присадки легирующих добавок	323
§ 5. Угар легирующих элементов	326
§ 6. Технология выплавки некоторых марок легированных сталей	328

	Стр.
Глава 23. Выплавка стали в кислых дуговых электропечах .	336
§ 1. Характеристика и область применения кислых электропечей	336
§ 2. Загрузка шихты и плавление	337
§ 3. Окислительный период	338
§ 4. Раскисление стали	340
§ 5. Применение кислорода в кислых электропечах	341

Раздел III РАЗЛИВКА КАЧЕСТВЕННОЙ СТАЛИ

Глава 24. Затвердевание и структура стального слитка	343
§ 1. Структура стального слитка	343
§ 2. Химическая неоднородность в слитке	345
§ 3. Процесс кристаллизации слитка	347
Глава 25. Оборудование для разливки стали в изложницу	351
§ 1. Способы разливки стали в изложницу	351
§ 2. Изложницы	353
§ 3. Сменное оборудование для разливки	356
§ 4. Сталеразливочный ковш	359
Глава 26. Технология разливки стали	363
§ 1. Разливка стали сифоном и сверху	363
§ 2. Разливка под защитными средами	366
§ 3. Способы подогрева верха слитка	367
§ 4. Непрерывное литье стали	369
§ 5. Обработка стали в вакууме	372
§ 6. Обработка стали аргоном	374
§ 7. Охрана труда и техника безопасности при разливке стали	375
§ 8. Дефекты слитков	376
Глава 27. Стандартизация и контроль при выплавке и разливке стали	378
§ 1. Стандартизация в черной металлургии	378
§ 2. Контроль при выплавке и разливке стали	379

Раздел IV ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ В ИНДУКЦИОННЫХ И ПЕРЕПЛАВНЫХ ПЕЧАХ

Глава 28. Конструкция индукционных печей	381
§ 1. Характеристика индукционных печей	381
§ 2. Индукционные печи с железным сердечником	382
§ 3. Индукционные печи без железного сердечника	383
§ 4. Вакуумные насосы	388
§ 5. Индукционные вакуумные печи	390
§ 6. Изготовление тигля и уход за ним	391
Глава 29. Выплавка стали в индукционных печах	393
§ 1. Выплавка стали в открытых индукционных печах	393
§ 2. Выплавка стали в вакуумных индукционных печах	395

Глава 30. Выплавка стали в установках для переплава . . .	397
§ 1. Электрошлаковый переплав	397
§ 2. Вакуумный дуговой переплав	403
§ 3. Электроннолучевой переплав	407
§ 4. Плазменно-дуговой переплав	410

ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ

РАСЧЕТ ДУГОВЫХ ЭЛЕКТРОПЕЧИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА В ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ЦЕХАХ

Глава 31. Дуговая электропечь	414
§ 1. Форма и размер ванны	414
§ 2. Размеры плавильного пространства печи	417
§ 3. Емкость печи и диаметр кожуха	418
§ 4. Мощность трансформатора и диаметр электродов	419
§ 5. Пример расчета 100-т электропечи	422
§ 6. Материальный и тепловой баланс электроплавки	423
Глава 32. Правила технической эксплуатации дуговых электропечей и вопросы техники безопасности	426
§ 1. Правила технической эксплуатации дуговых электропечей	426
§ 2. Техника безопасности при электросталеплавильном производстве	428
Глава 33. Техничко-экономические показатели и автоматизация производства в электросталеплавильных цехах	430
§ 1. Организация труда в электросталеплавильных цехах	430
§ 2. Автоматизация работы электропечей	432
§ 3. Техничко-экономические показатели работы электропечей	434
Глава 34. Планировка электросталеплавильных цехов	439
§ 1. Электросталеплавильный цех	439
§ 2. Цех с индукционными печами и установками для переплава	444

ЧАСТЬ ПЯТАЯ

ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ В КОНВЕРТОРАХ И МАРТЕНОВСКИХ ПЕЧАХ

Глава 35. Производство стали в конверторах	447
§ 1. Конструкция кислородного конвертора	447
§ 2. Сырые материалы кислородно-конверторной плавки	451
§ 3. Технология плавки в кислородном конверторе	452
§ 4. Поведение элементов в кислородно-конверторной ванне	454
§ 5. Шлакообразование	459
§ 6. Дефосфорация и десульфурация металла	460
§ 7. Контроль плавки и технико-экономические показатели кислородно-конверторного процесса	462
§ 8. Техника безопасности в кислородно-конверторных цехах	465

	Стр.
Глава 36. Производство стали в мартеновских печах	466
§ 1. Разновидности мартеновского процесса	467
§ 2. Устройство и принцип работы печи	468
§ 3. Шихтовые материалы	471
§ 4. Периоды плавки	472
§ 5. Применение кислорода	475
§ 6. Двухваннные печи	476
§ 7. Поведение примесей в мартеновской ванне	478
§ 8. Раскисление и легирование стали	486
§ 9. Техничко-экономические показатели работы мартеновских печей	489
§ 10. Техника безопасности в мартеновском производстве	490
Глава 37. Комбинированные и непрерывные способы получения стали	491
§ 1. Комбинированные процессы	491
§ 2. Непрерывные сталеплавильные процессы	492
Рекомендательный библиографический список	495
Предметный указатель	496