

Российская академия наук
Уральское отделение
Институт металлургии

А. А. Бабенко, Л. А. Смирнов

**ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ
ПЕРЕДЕЛА
ФОСФОРИСТЫХ ЧУГУНОВ
В КИСЛОРОДНЫХ КОНВЕРТЕРАХ**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ

А. А. Бабенко, Л. А. Смирнов

**ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ
ПЕРЕДЕЛА ФОСФОРИСТЫХ
ЧУГУНОВ В КИСЛОРОДНЫХ
КОНВЕРТЕРАХ**



«Академиздат»

Издательство «Академиздат»
Новосибирск
2018

УДК 669.162.275.124
ББК К323.103-16
Б124

Научный редактор: д-р техн. наук С. А. Загайнов
Рецензенты: д-р техн. наук, профессор В. А. Бигеев
д-р техн. наук, профессор В. И. Жучков

Бабенко, Анатолий Алексеевич

Б124 Теория и технология передела фосфористых чугунов в кислородных конвертерах. / А. А. Бабенко, Л. А. Смирнов — Новосибирск : Академиздат, 2018. — 244 с.

ISBN 978-5-6040423-1-1

В книге приведены обобщенные результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса окислительного рафинирования фосфористого чугуна в современных кислородных конвертерах. Рассмотрены термодинамика реакции окисления фосфора, макрокинетика окислительных процессов по периодам продувки ванны конвертера, механизм шлакообразования и способы улучшения шлакового режима конвертерной плавки, особенности тепловой работы кислородных конвертеров в условиях передела фосфористых чугунов и способы улучшения теплового баланса конвертерной плавки. Рассмотрены основные этапы разработки и внедрения технологии передела фосфористого чугуна в большегрузных кислородных конвертерах Карагандинского металлургического комбината и варианты совершенствования технологии. Приведены данные, характеризующие качество стали и способы его повышения, исследована эффективность использования конвертерных фосфатшлаков в сельском хозяйстве.

Книга предназначена для инженерно-технических, научных и научно-технических работников в области окислительного рафинирования чугунов с повышенным и высоким содержанием фосфора в кислородных конвертерах и может быть полезна аспирантам и студентам, обучающимся по направлению: бакалавриата и магистратуры.

УДК 669.162.275.124
ББК К323.103-16

ISBN 978-5-6040423-1-1

© ИМЕТ УрО РАН, 2018
© Издательство «Академиздат», 2018

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	7
Глава 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕДЕЛА ФОСФОРИСТЫХ ЧУГУНОВ В КИСЛОРОДНЫХ КОНВЕРТЕРАХ	10
1.1. Фосфор и его влияние на свойства стали	10
1.2. Переработка фосфористых чугунов в кислородных конвертерах ...	13
1.3. Особенности окислительных процессов, протекающих в конвертерной ванне, по периодам продувки	18
1.4. Поведение фосфора в процессе выпуска, раскисления и разливки стали	22
Глава 2. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ ФОСФОРА ПО ПЕРИОДАМ ПРОДУВКИ ФОСФОРИСТОГО ЧУГУНА В КИСЛОРОДНЫХ КОНВЕРТЕРАХ	27
2.1. Анализ адекватности известных моделей расчета равновесного содержания фосфора в металле	28
2.2. Анализ влияния химического состава металла и шлака на отклонение расчетных содержаний фосфора от экспериментальных данных	35
2.3. Адаптация модели Кожеурова к оксидной системе различных периодов продувки фосфористого чугуна в кислородных конвертерах	36
2.4. Степень отклонения реакции окисления фосфора от равновесия по периодам продувки фосфористого чугуна в кислородных конвертерах	40
2.5. Термодинамическое моделирование реакции окисления фосфора в конце периода продувки фосфористого чугуна в кислородных конвертерах	43
Глава 3. МАКРОКИНЕТИКА И МЕХАНИЗМ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ И ПРОЦЕССА ШЛАКООБРАЗОВАНИЯ	46
3.1. Выбор критерия эффективности процесса дефосфорации	46
3.2. Балансовая модель кислородно-конвертерного процесса с оставлением конечного шлака	50
3.2.1. Балансовая модель первого периода продувки ванны конвертера ..	51
3.2.2. Балансовая модель второго периода продувки ванны конвертера ..	54
3.3. Макрокинетика окислительных процессов первого периода продувки ванны конвертера	55
3.4. Роль окисленности шлака и температуры металла первого периода продувки в окислительных процессах второго (основного) периода рафинирования	64
3.5. Окислительные процессы в третьем (заключительном) периоде продувки ванны конвертера	70

3.6. Механизм шлакообразования и пути улучшения шлакового режима конвертерной плавки	75
Глава 4. ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ КОНВЕРТЕРОВ	86
4.1. Тепловой баланс процесса рафинирования фосфористого чугуна. . .	86
4.2. Влияние технологических параметров процесса на тепловую работу конвертеров	93
4.3. Тепловая работа конвертеров в зависимости от температурного режима и качества металлолома	97
4.4. Пути улучшения тепловой работы конвертеров при переделе фосфористого чугуна	100
Глава 5. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДЕЛА ФОСФОРИСТОГО ЧУГУНА В БОЛЬШЕГРУЗНЫХ КИСЛОРОДНЫХ КОНВЕРТЕРАХ	103
5.1. Технология передела фосфористого чугуна в кислородных конвертерах с применением кусковой извести	103
5.2. Технология конвертерной плавки с оставлением конечного шлака ..	111
5.3. Внедрение технологических приемов увеличения производительности кислородных конвертеров	115
5.3.1. Увеличение садки кислородных конвертеров и интенсивности продувки ванны конвертера [2, 156]	115
5.3.2. Отработка технологии выпуска плавки без ожидания результатов химического анализа металла по окончании продувки.	119
5.3.3. Совершенствование системы контроля процесса шлакообразования и предотвращения выбросов из конвертера. . .	122
5.4. Технологические и технико-экономические показатели технологии передела фосфористого чугуна с использованием кусковой извести	125
Глава 6. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДЕЛА ФОСФОРИСТОГО ЧУГУНА	129
6.1. Основные физико-химические свойства конвертерного шлака . . .	129
6.2. Технология с максимальным использованием физического тепла конечного шлака	133
6.3. Технология передела фосфористого чугуна с предварительной обработкой конечного шлака кислородом	137
6.4. Технология передела фосфористого чугуна с сокращением тепловых потерь на промежуточной повалке конвертера.	139
6.5. Технология передела фосфористого чугуна с использованием марганецсодержащих материалов	145
6.6. Технология передела фосфористого чугуна с использованием углеродсодержащих материалов	149

6.7. Технология передела фосфористого чугуна с вдуванием пылевидной извести	152
6.8. Технология комбинированной продувки фосфористого чугуна	164
6.9. Отсечка конечного шлака и стабилизация окисленности металла на выпуске	172
Глава 7. ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕДЕЛА ФОСФОРИСТОГО ЧУГУНА ПОД МАГНЕЗИАЛЬНЫМИ ШЛАКАМИ	176
7.1. Особенности эксплуатации смоллопериклазовой футеровки конвертеров при переделе фосфористого чугуна	177
7.2. Теоретические и экспериментальные исследования влияния химического состава шлака и температуры металла на концентрацию насыщения MgO	181
7.3. Фазовый состав конечных магнезиальных шлаков передела фосфористого чугуна	185
7.4. Разработка и освоение технологии передела фосфористого чугуна под магнезиальными шлаками рационального состава	189
Глава 8. ФОСФАТШЛАКИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	192
8.1. Агрохимическая эффективность фосфатшлаков	192
8.2. Обогащение фосфатшлака и его качество	194
8.3. Способы улучшения товарной формы фосфатшлаков и их агрохимическая эффективность	200
8.4. Оценка влияния добавок фосфатшлака на физико-механические и химические свойства почвы	202
8.5. Анализ накопления растениями элементов, входящих в состав фосфатшлака	203
Глава 9. ТЕХНОЛОГИЯ КОНВЕРТЕРНОГО ПЕРЕДЕЛА ЧУГУНОВ С ПОНИЖЕННЫМ ДО 0,6 % СОДЕРЖАНИЕМ ФОСФОРА	205
9.1. Технология рафинирования чугуна, содержащего не более 0,3 % фосфора	206
9.2. Технология рафинирования чугуна, содержащего 0,3–0,6 % фосфора	209
Глава 10. КАЧЕСТВО СТАЛИ И СПОСОБЫ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ	212
10.1. Сортамент и основные показатели качества стали, выплавляемой в период освоения технологии передела фосфористых чугунов	212
10.2. Технологические приемы повышения качества кипящей стали, выплавленной из фосфористых чугунов	213
10.3. Технология глубокой десульфурации металла и прямого микрولةгирования стали бором	218
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	224
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	226