

Э. Э. Меркер

**ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
В КОНВЕРТЕРЕ
И ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ ПРОИЗВОДСТВА**



**ТО Н К И Е
НАУКОЕМКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ**

Э. Э. Меркер

**ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
В КОНВЕРТЕРЕ
И ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ ПРОИЗВОДСТВА**

Старый Оскол
ТНТ
2017

УДК 669
ББК 34.327
М 523

Рецензенты:

кандидат технических наук, профессор *А. И. Кочетов*
кандидат технических наук, профессор *Г. А. Зинягин*

Меркер Э. Э.
М 523 **Физические процессы в конвертере и**
энергоэкологические показатели производства:
монография / Э. Э. Меркер. — Старый Оскол :
ТНТ, 2017. — 328 с.

ISBN 978-5-94178-218-5

Рассмотрены вопросы интенсификации продувки конвертерной ванны кислородом и повышения эффективности дожигания оксида углерода при организации газоструйной системы над зоной продувки агрегата. Показаны пути эффективного применения двухъярусного метода продувки металла кислородом в конвертере, что является одним из перспективных направлений совершенствования теплотехнологии получения качественной стали. Предложена математическая модель теплофизики процесса и разработан алгоритм расчёта параметров газоструйной системы над зоной продувки в конвертере.

Монография предназначена для инженерно-технических работников металлургических и машиностроительных отраслей промышленности, а также для студентов и аспирантов энергоэкологических и металлургических направлений.

УДК 669
ББК 34.327

ISBN 978-5-94178-218-5

© Меркер Э. Э., 2017
© Оформление. ООО «ТНТ», 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	6
ВВЕДЕНИЕ	9
1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КИСЛОРОДНО- КОНВЕРТЕРНОГО ПРОЦЕССА ПЛАВКИ СТАЛИ	15
1.1 Развитие кислородно-конвертерных процессов производства стали	15
1.2 Физико-химические процессы в конвертерной ванне .	19
1.3 Повышение эффективности конвертерного производства на основе развития внепечной обработки стали	21
2. ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ КОНВЕРТЕРОВ С ПОВЫШЕННЫМ РАСХОДОМ МЕТАЛЛОЛОМА В ЗАВАЛКУ	37
2.1 Анализ материального и теплового балансов конвертерной плавки стали	37
2.2 Теоретические условия дожигания горючих элементов в кислородно-конвертерном агрегате	42
2.3 Обеспечение стальным ломом в связи с развитием кислородно-конвертерного производства	49
3. ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДОЖИГАНИЯ ОКСИДА УГЛЕРОДА НАД ЗОНОЙ ПРОДУВКИ В КОНВЕРТЕРЕ	62
3.1 Методика исследования системы струйной защиты и определение автоматической области	62
3.2 Исследование газоплотности струйной системы, модель и алгоритм расчёта газодинамической системы защиты поверхности металла	67
3.3 Двухъярусная фурма с отдувом и принцип построения газодинамической системы над зоной продувки в агрегатах	75
3.4 Анализ эффективности продувки ванны кислородом и дожигания оксида углерода в дуговой печи	85

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	6
ВВЕДЕНИЕ	9
1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КИСЛОРОДНО- КОНВЕРТЕРНОГО ПРОЦЕССА ПЛАВКИ СТАЛИ	15
1.1 Развитие кислородно-конвертерных процессов производства стали	15
1.2 Физико-химические процессы в конвертерной ванне .	19
1.3 Повышение эффективности конвертерного производства на основе развития внепечной обработки стали	21
2. ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ КОНВЕРТЕРОВ С ПОВЫШЕННЫМ РАСХОДОМ МЕТАЛЛОЛОМА В ЗАВАЛКУ	37
2.1 Анализ материального и теплового балансов конвертерной плавки стали	37
2.2 Теоретические условия дожигания горючих элементов в кислородно-конвертерном агрегате	42
2.3 Обеспечение стальным ломом в связи с развитием кислородно-конвертерного производства	49
3. ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДОЖИГАНИЯ ОКСИДА УГЛЕРОДА НАД ЗОНОЙ ПРОДУВКИ В КОНВЕРТЕРЕ	62
3.1 Методика исследования системы струйной защиты и определение автотельной области	62
3.2 Исследование газоплотности струйной системы, модель и алгоритм расчёта газодинамической системы защиты поверхности металла	67
3.3 Двухъярусная фурма с отдувом и принцип построения газодинамической системы над зоной продувки в агрегатах	75
3.4 Анализ эффективности продувки ванны кислородом и дожигания оксида углерода в дуговой печи	85

4. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНОГО ПРОЦЕССА	96
4.1 Анализ гипотез образования технологической пыли в конвертерной ванне	99
4.2 Теплоэнергетические и технологические особенности кислородно-конвертерного процесса	116
4.3 Теплофизические аспекты образования диоксида углерода в полости конвертера	128
4.4 Теоретические основы горения монооксида углерода в турбулентном потоке окислителя	141
4.5 Экологические проблемы кислородно-конвертерного процесса	153
5. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГАЗОСТРУЙНОЙ СИСТЕМЫ ДОЖИГАНИЯ СО ВСТРЕЧНЫМ ПОТОКОМ И АНАЛИЗ ТЕПЛООБМЕНА В КОНВЕРТЕРЕ.....	164
5.1 Анализ свойств газоструйной системы и определения её характеристик при истечении из многосоплового блока фурмы	165
5.2 Экспериментальное исследование закономерностей взаимодействия системы газовых струй со встречным газовым потоком	173
5.3 Разработка математической модели и алгоритма расчёта параметров системы встречных газовых потоков в конвертере	182
5.4 Изучение теплообмена в барботируемом шлакогазовом объёме конвертера в условиях двухъярусной продувки ванны кислородом	194
6. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА КОНВЕРТЕРНОЙ ПЛАВКИ ПРИ ДОЖИГАНИИ ОКСИДА УГЛЕРОДА С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ШЛАКА.....	211
6.1 Исследование технологического режима конвертерной плавки при двухъярусной продувке металла кислородом	211

6.2 Экспериментальное изучение особенностей режима дожигания оксида углерода в объеме вспененного шлака над зоной продувки в конвертере	229
6.3 Анализ эффективности кислородно-конвертерного процесса при использовании дутьевого режима с различным расходом кислорода на дожигание оксида углерода и продувку металла	247
6.4 Расчёт экономической эффективности применения режимов продувки и дожигания оксида углерода в конвертере	259
7. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОНВЕРТЕРНОЙ ПЛАВКИ СТАЛИ НА ОСНОВЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ И ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМА ДОЖИГАНИЯ ОКСИДА УГЛЕРОДА	266
7.1 Исследование процесса дожигания СО в струях кислорода и анализ теплообмена при их взаимодействии со встречным потоком	266
7.2 Структура теплофизической модели и алгоритма расчёта параметров тепловой работы конвертерной ванны	276
7.3 Методика расчёта газоструйной системы для оптимизации режима дожигания оксида углерода над зоной продувки в конвертере	287
7.4 Анализ результатов моделирования и оптимизация дутьевого режима конвертерной плавки стали с учётом дожигания СО над ванной	296
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	311
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	315