

УДК 669.18(07)

Р 598

Рецензенты: - кафедра теплофизики, автоматизации и экологии печей

ФМБТ НГТУ им. Р.Е. Алексеева;

- д-р техн. наук, проф. В.Н. Гущин

Роговский, А.Н.

Р 598 Основы теории и технологии производства стали [Текст]: курс лекций по дисциплине «Теория и технология производства стали» / А.Н. Роговский, А.А. Шипельников, Т.В. Кравченко.– Липецк: Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2013. – 323 с.

ISBN 978-5-88247-627-3

Курс лекций соответствует государственному образовательному стандарту подготовки бакалавров по направлению 150400 «Металлургия».

Рассмотрены основные этапы развития сталеплавильного производства. Значительное внимание уделено теоретическим основам производства стали. Подробно показан кислородно-конвертерный процесс.

Предназначено для студентов 4 курса металлургического института, изучающих дисциплину «Теория и технология производства стали».

Табл. 26. Ил. 69. Библиогр.: 59 назв.

ISBN 978-5-88247-627-3

© Роговский А.Н., Шипельников А.А.,
Кравченко Т.В., 2013

© ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный
технический университет», 2013

Содержание

ТЕМА 1. Введение. Понятие стали.....	8
1.1. Основные этапы развития сталеплавильного производства.....	11
1.2. Роль русских ученых в развитии металлургии.....	16
1.3. Современный уровень развития производства стали.....	18
Вопросы для самоконтроля по теме 1.....	21
ТЕМА 2. Шихтовые материалы сталеплавильного производства.....	22
2.1. Металлошихта и металлодобавки.....	22
2.2. Добавочные материалы (флюсы).....	26
2.3. Окислители.....	28
Вопросы для самоконтроля по теме 2.....	29
ТЕМА 3. Классификация и маркировка стали.....	30
3.1. Признаки классификации стали.....	30
3.2. Маркировка стали в Российской Федерации.....	34
3.2.1. Маркировка углеродистых качественных инструментальных сталей.....	35
3.2.2. Маркировка углеродистых качественных конструкционных сталей.....	35
3.2.3. Обозначения других типов марок стали.....	37
3.2.4. Некоторые примеры маркировки легированных сталей..	41
3.3. Маркировка сталей за рубежом.....	42
3.3.1. Маркировка сталей в США.....	42
3.3.2. Маркировка сталей в Германии.....	43
3.3.3. Маркировка сталей в Японии.....	44
Вопросы для самоконтроля по теме 3.....	45
ТЕМА 4. Теоретические основы производства стали.....	46
Вопросы для самоконтроля по теме 4.....	52
ТЕМА 5. Поведение сопутствующих выплавке стали элементов в сталеплавильном агрегате.....	53

5.1. Поведение железа.....	53
5.2. Окисление марганца.....	54
5.3. Окисление углерода.....	56
5.4. Окисление кремния.....	59
5.5. Окисление фосфора.....	61
5.6. Окисление серы.....	64
5.7. Газы и неметаллические включения в стали.....	68
5.7.1. Водород (H_2).....	68
5.7.2. Азот (N_2).....	72
5.7.3. Кислород (O_2).....	75
5.7.4. Удаление газов из металла.....	78
5.7.5. Неметаллические включения в стали.....	78
Вопросы для самоконтроля по теме 5.....	81
ТЕМА 6. Шлаки сталеплавильных процессов, их строение и свойства....	82
6.1. Закономерные изменения и роль содержания отдельных оксидов в шлаках.....	83
6.2. Химические свойства шлака.....	85
6.3. Физические свойства шлаков.....	88
6.4. Механизмы растворения извести.....	93
6.5. Влияние состава шлака на процесс шлакообразования.....	95
6.6. Способы улучшения процесса шлакообразования.....	97
Вопросы для самоконтроля по теме 6.....	99
ТЕМА 7. Кислородно-конвертерный процесс.....	100
7.1. Принципиальная схема кислородного конвертера.....	103
7.2. Основные операции конвертерной плавки.....	104
7.3. Варианты конвертерного процесса.....	107
7.4. Основные аспекты автоматизации и контроля конвертерного процесса.....	108
Вопросы для самоконтроля по теме 7.....	116
ТЕМА 8. Мартеновский процесс.....	117

8.1 Конструкция и узлы основной мартеновской печи.....	120
8.1.1 Футеровка и кладка мартеновской печи.....	121
8.1.2 Головки печи и их разновидности.....	124
8.1.3 Шлаковики мартеновской печи.....	127
8.1.4 Регенераторы мартеновской плавки.....	129
8.1.5 Борова и перекидные устройства.....	130
8.2 Основные периоды мартеновской плавки.....	132
8.3 Тепловая работа мартеновской печи.....	137
8.3.1 Изменение тепловой нагрузки печи по периодам плавки..	139
8.3.2 Организация факела пламени в рабочем пространстве...	143
8.3.3 Интенсификация мартеновского процесса.....	147
8.3.4 Утилизация тепла отходящих газов и очистка газов.....	147
8.3.5 Тепловой баланс рабочего пространства мартеновской печи.....	148
8.4 Техничко-экономические показатели основного мартеновского процесса.....	149
8.5 Реконструкция мартеновских цехов.....	152
8.5.1 Замена мартеновских печей кислородными конвертерами с продувкой сверху.....	153
8.5.2 Реконструкция мартеновских цехов с установкой двухванных сталеплавильных агрегатов.....	155
8.5.3 Замена мартеновских печей кислородными конвертерами с донной продувкой.....	156
8.6. Автоматизация работы мартеновской печи и ее развитие.....	156
Вопросы для самоконтроля по теме 8.....	159
ТЕМА 9. Электросталеплавильный процесс.....	161
9.1. Классификация печей по назначению и способу нагрева.....	163
9.2. Периоды плавки в дуговых печах.....	169
9.3. Некоторые способы выплавки стали и сплавов в основных ДСП.....	177

9.3.1. Выплавка стали на свежей шихте.....	177
9.3.2. Выплавка стали на металлизированном продукте.....	178
9.3.3. Выплавка стали методом переплава.....	181
9.3.4. Одношлаковый и двухшлаковый процессы выплавки в основных ДСП.....	183
9.4. Материальный и тепловой балансы плавки в основной ДСП...	184
9.4.1. Возможные пути снижения расхода электроэнергии.....	186
9.4.2. Ресурсосбережение и экология на ДСП.....	188
9.5. Технология плавки стали в кислых дуговых печах.....	189
9.6. Получение стали в индукционных печах.....	190
Вопросы для самоконтроля по теме 9.....	193
ТЕМА 10. Внеагрегатная обработка передельного чугуна.....	195
10.1. Десиликонизация чугуна.....	196
10.2. Внедоменная дефосфорация чугуна.....	200
10.3. Внедоменная десульфурация чугуна.....	203
10.3.1. Теоретические основы внедоменной десульфурации чугуна.....	203
10.3.2. Процессы, проходящие при внедоменной десульфурации чугуна.....	206
10.3.3. Десульфурующая способность основных десульфураторов и требования к ним.....	210
10.3.4. Современные способы внедоменной десульфурации чугуна.....	222
Вопросы для самоконтроля по теме 10.....	236
ТЕМА 11. Внепечная обработка стали.....	238
11.1. Задачи, решаемые внепечной обработкой стали.....	238
11.2. Способы внепечной обработки стали.....	239
11.2.1. Обработка металла вакуумом.....	239
11.2.2. Регулирование состава металла.....	249
11.2.3. Отделение конвертерного шлака от металла.....	250

11.2.4. Теплоизоляция зеркала металла.....	255
11.2.5. Перемешивание металла.....	257
11.2.6. Обработка металла шлаками и шлаковыми смесями.....	257
11.2.7. Вдувание порошкообразных реагентов.....	261
11.2.8. Комплексное внепечное рафинирование.....	261
11.2.9. Особенности работы агрегата «печь-ковш».....	264
11.2.9.1. Основное технологическое оборудование установки «печь-ковш».....	266
11.2.9.2. Основное оборудование агрегата «печь-ковш» КЦ-2 ОАО «НЛМК».....	273
11.2.9.3. Процессы и основные фазы, проходящие на установке «печь-ковш».....	274
Вопросы для самоконтроля по теме 11.....	277
ТЕМА 12. Особенности разливки стали.....	278
12.1. Преимущества установок непрерывного литья по сравнению с разливкой в изложницы.....	280
12.2. Основные типы установок непрерывной разливки.....	284
12.3. Проблемы и тенденции развития непрерывной разливки стали	290
Вопросы для самоконтроля по теме 12.....	295
Вопросы входного контрольного тестирования.....	296
Вопросы выходного контрольного тестирования.....	303
Рекомендуемый библиографический список.....	318