



А. В. РЯБОВ, И. В. ЧУМАНОВ

**РАСЧЕТЫ МАТЕРИАЛЬНЫХ
И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ БАЛАНСОВ
В СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ
И ВНЕПЕЧНЫХ АГРЕГАТАХ**



А. В. Рябов, И. В. Чуманов

**РАСЧЕТЫ МАТЕРИАЛЬНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
БАЛАНСОВ В СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ
И ВНЕПЕЧНЫХ АГРЕГАТАХ**

*Допущено Федеральным учебно-методическим объединением
по укрупненной группе специальностей и направлений 22.00.00 «Технологии материа-
лов» в качестве учебного пособия при подготовке бакалавров, обучающихся
по направлению 22.03.02 «Металлургия»*

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2024

УДК 669.017.3
ББК 34.3
P98

Рецензенты:

д. т. н., проф. кафедры металлургии и металловедения им. С. П. Угаровой,
Университет науки и технологий МИСИС *Александр Евгеньевич Семин*;
д. т. н., проф. кафедры металлургии и химических технологий
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г. И. Носова» *Вахит Абдрашитович Бигеев*

Рябов, А. В.

P98 Расчеты материальных и энергетических балансов в сталеплавильных и внепечных агрегатах : учебное пособие / А. В. Рябов, И. В. Чуманов. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 160 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-2086-0

Включает расчеты материальных и энергетических балансов выплавки стали в дуговой электросталеплавильной печи, шахтной дуговой печи, индукционной печи, агрегате AOD, LF и VD, которые применяют для решения научно-технических и учебных задач при выполнении лабораторных, практических, курсовых и дипломных работ.

Для студентов (бакалавров и магистров) направлений подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технология материалов», 22.04.02, 22.03.02 «Металлургия» очной и заочной форм обучения. Можно использовать в курсах «Электрометаллургия стали», «Внепечная обработка металлов», «Производство стали и сплавов».

УДК 669.017.3
ББК 34.3

ISBN 978-5-9729-2086-0

© Рябов А. В., Чуманов И. В., 2024
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2024
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПЛАВКИ СТАЛИ МАРКИ 40ХН.....	7
1.1. Назначение и химический состав стали.....	7
1.2. Технология выплавки стали 40ХН.....	7
2. РАСЧЕТ МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА ВЫПЛАВКИ СТАЛИ 40ХН В ДСП.....	8
2.1. Расчет шихты.....	8
2.2. Выплавка стали в дуговой сталеплавильной печи. Период плавления....	10
2.2.1. Окисление элементов.....	10
2.2.2. Шлакообразование.....	15
2.2.3. Окислительная дефосфорация при выплавке стали.....	21
2.2.4. Определение количества и состава газов в период плавления.....	26
2.3. Окислительный период.....	28
2.3.1. Окисление элементов и шлакообразование.....	28
2.3.2. Определение количества и состава газов в окислительный период.....	32
2.4. Содержание газов в металле под слоем шлака в условиях открытой плавки в ДСП.....	35
2.5. Обработка стали в печи-ковше.....	37
2.5.1. Раскисление шлака и металла. Предварительное легирование.....	37
2.5.2. Шлакообразование.....	45
2.5.3. Десульфурация стали шлаком.....	47
2.5.4. Доведение стали до заданного химического состава.....	50
3. ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПЛАВКИ СПЛАВА МАРКИ ХН70ВМТЮФ В ИНДУКЦИОННОЙ ТИГЕЛЬНОЙ ПЕЧИ.....	53
3.1. Назначение и химический состав сплава.....	53
3.2. Технология выплавки сплава ХН70ВМТЮФ.....	53
4. РАСЧЕТ МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА СПЛАВА ХН70ВМТЮФ В ИНДУКЦИОННОЙ ТИГЕЛЬНОЙ ПЕЧИ.....	59
4.1. Расчет шихты.....	59
4.2. Период плавления.....	60
5. РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ВЫПЛАВКИ СПЛАВА ХН70ВМТЮФ В ИНДУКЦИОННОЙ ТИГЕЛЬНОЙ ПЕЧИ.....	64
5.1. Геометрический расчет.....	64
5.2. Тепловой расчет.....	66
5.3. Расчет электрических параметров.....	70
5.4. Энергетический баланс.....	72
6. ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПЛАВКИ СТАЛИ МАРКИ 08Х18Н10 ДУПЛЕКС ПРОЦЕССОМ ДСП-АКР.....	74
6.1. Назначение и химический состав стали.....	74
6.2. Подготовка печи к завалке.....	74
6.3. Подготовка шихтовых материалов и завалка шихты.....	76
6.3.1. Ферросплавы.....	76
6.3.2. Окислители.....	77

6.3.3. Шлакообразующие.....	77
6.3.4. Охладители.....	78
6.4. Период плавления.....	78
6.5. Выплавка стали в агрегате АКР.....	79
6.5.1. Охладители.....	79
6.5.2. Корректирующие добавки.....	80
6.5.3. Подготовка агрегата АКР к плавке.....	80
6.5.4. Заливка полупродукта.....	80
6.5.5. Рафинирование полупродукта в агрегате АКР.....	81
6.5.6. Первая ступень обезуглероживания.....	81
6.5.7. Вторая ступень обезуглероживания.....	82
6.5.8. Третья ступень обезуглероживания.....	82
6.5.9. Четвертая ступень обезуглероживания.....	83
6.5.10. Восстановительный период.....	83
6.5.11. Десульфурация.....	83
6.5.12. Выпуск плавки.....	83
6.6. Технология обработки стали аргоном в ковше.....	84
6.7. Порядок введения раскислителей и легирующих.....	84
6.8. Техника безопасности.....	85
7. РАСЧЕТ МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА ВЫПЛАВКИ	
СТАЛИ 08X18N10.....	86
7.1. Расчет шихты.....	86
7.2. Выплавка стали в дуговой сталеплавильной печи. Период плавления....	87
7.3. Окислительный период.....	94
7.4. Восстановительный период.....	104
7.5. Десульфурация стали.....	111
7.6. Доведение стали до заданного химического состава.....	113
8. МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ВЫПЛАВКИ СТАЛИ МАРКИ 08	
В ШАХТНОЙ ДУГОВОЙ ПЕЧИ.....	116
8.1. Назначение и химический состав стали.....	116
8.2. Технология выплавки стали 08.....	116
8.2.1. Подготовка печи к плавке.....	116
8.2.2. Подготовка шихтовых материалов и завалка шихты.....	116
8.2.3. Период плавления.....	118
8.2.4. Выпуск плавки.....	119
8.3. Расчет шихты.....	119
8.4. Период плавления.....	120
8.4.1. Окисление элементов.....	120
8.4.2. Шлакообразование.....	125
8.5. Окислительный период.....	127
8.5.1. Окисление элементов.....	127
8.5.2. Шлакообразование.....	131
8.5.3. Определение состава металла окислительного периода.....	135
8.6. Определение количества и состава газов в периоды плавления и окисления.....	135

9. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС ВЫПЛАВКИ СТАЛИ МАРКИ 08 В ШАХТНОЙ ДУГОВОЙ ПЕЧИ	139
9.1. Статьи прихода теплоты	139
9.2. Статьи расхода теплоты	143
9.3. Анализ полученных результатов	154
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	155