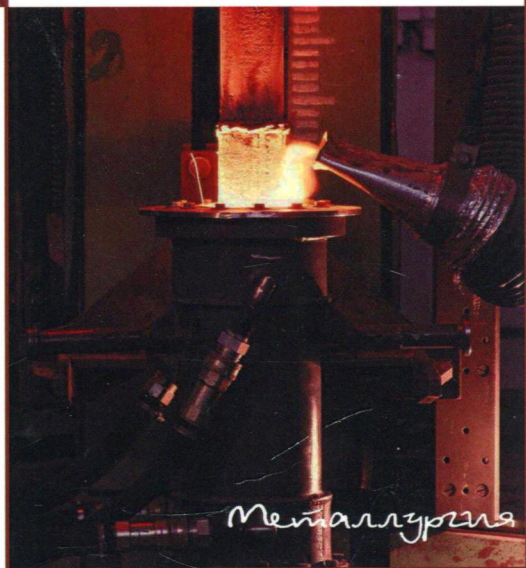


НАУЧНАЯ МЫСЛЬ



Ю.М. Миронов

**УСТАНОВКИ
ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ
ТЕХНОЛОГИИ**



НАУЧНАЯ МЫСЛЬ

СЕРИЯ ОСНОВАНА В 2008 ГОДУ

Ю.М. МИРОНОВ

УСТАНОВКИ
ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ
ТЕХНОЛОГИИ

МОНОГРАФИЯ

2-е издание, стереотипное

Электронно-
Библиотечная
Система
znanium.com

Москва
ИНФРА-М
2018

УДК 669.187.4+621.365.23
ББК 34.3
М64

Рецензенты:

Кузьмин М.Г., канд. техн. наук (ОАО «Сибэлектротерм»);
отделение «Электротехнология» Академии электротехнических наук РФ

Миронов Ю.М.

М64 Установки электрошлаковой металлургической технологии : монография / Ю.М. Миронов. — 2-е изд., стереотип. — М. : ИНФРА-М, 2018. — 404 с., [48] с. цв. ил. — (Научная мысль). — www.dx.doi.org/10.12737/monography_5a40ac170cdab6.31947003.

ISBN 978-5-16-013683-7 (print)

ISBN 978-5-16-106342-2 (online)

В монографии описаны основные виды процессов электрошлаковой технологии (ЭШТ) получения высококачественных металлургических слитков и отливок сложной формы. Приведены сведения по теории электротехнических, тепловых и металлургических процессов, конструкциям электрошлаковых установок для плавки и литья, методам анализа и синтеза режимов.

Монография предназначена для инженерно-технических работников научно-исследовательских, проектно-конструкторских и производственных организаций, работающих в области проектирования и эксплуатации электрошлаковых установок. Может быть полезна студентам и магистрантам вузов, обучающимся по специальности «Электротехнологические установки и системы».

УДК 669.187.4+621.365.23
ББК 34.3

ISBN 978-5-16-013683-7 (print)
ISBN 978-5-16-106342-2 (online)

© Миронов Ю.М., 2007, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	10
Часть I. Основные сведения об электрошлаковых технологиях.....	13
Глава 1. Технологические основы получения высококачественных слитков высоколегированных сталей.....	13
1.1. Проблемы получения высококачественных слитков высоколегированных сталей	13
1.2. Общие принципы улучшения качества металла в переплавных печах специальной электрометаллургии	16
1.3. Способы улучшения качества сталей сортовых слитков.....	19
1.4. Методы и установки внепечного рафинирования стали	20
1.4.1. Задачи внепечной обработки стали.....	20
1.4.2. Внепечная обработка стали при пониженном давлении без подогрева	21
1.5. Обработка стали на установках «ковш-печь».....	24
1.6. Методы улучшения качества кузнечных стальных слитков.....	26
Глава 2. Электрошлаковые установки	30
2.1. Принцип действия и классификация электрошлаковых установок	30
2.2. Классификация методов электрошлаковой технологии.....	33
Глава 3. Теоретические основы электрошлакового процесса	39
3.1. Процессы при протекании тока через ванну расплавленного шлака	39

3.2. Закономерности выделения энергии в шлаковых ваннах электрошлаковых установок	41
3.2.1. Постановка задачи исследования электрических полей ЭШУ	41
3.2.2. Аналитический метод ЧГУ анализа электрических полей ЭШУ	47
3.2.3. Закономерности электрических полей ЭШУ	66
3.3. Закономерности распределения тепла в шлаковых ваннах ЭШУ	80
3.3.1. Постановка задачи расчета тепловых полей.....	80
3.3.2. Закономерности тепловых полей шлаковых ванн ЭШУ	86
3.3.3. Тепловое поле электрода.....	90
3.4. Энергетические соотношения в шлаковых ваннах ЭШУ	92
3.5. Сопротивление шлаковой ванны.....	101
3.5.1. Статическая ВАХ шлаковой ванны в ЭШУ	101
3.5.2. Влияние параметров печей на сопротивление ванны при ЭШП	104

Часть II. Печи электрошлакового переплава..... 113

Глава 4. Особенности процессов в печах электрошлакового переплава..... 113

4.1. Принцип действия печей ЭШП.....	113
4.2. Металлургические особенности печей электрошлакового переплава.....	120
4.3. Классификация печей электрошлакового переплава	134
4.4. Рабочий процесс в электрошлаковой печи.....	137

Глава 5. Оборудование печей электрошлакового переплава..... 139

5.1. Конструкция электрошлаковых печей	139
5.2. Приводы.....	145
5.3. Технологическая оснастка	149
5.4. Электрооборудование	152
5.5. Электрошлаковые печи производства ОАО «Сибэлектротерм»	157

Глава 6. Электротехнические характеристики электрошлаковых печей 182

6.1. Схемы замещения электрошлаковых печей.....	182
---	-----

6.2. Сопротивления токоподвода	183
6.3. Электрические и рабочие характеристики электрошлаковых печей.....	188
Глава 7. Режимы работы печей электрошлакового переплава	195
7.1. Критерии оптимизации режимов электрошлаковых печей.....	195
7.2. Расчет параметров и режимов электрошлаковых печей.....	196
7.3. Пример расчета параметров печи ЭШП для получения слитка массой 2 т	201
Глава 8. Основы управления печами ЭШП.....	209
8.1. Задачи управления электрошлаковыми печами.....	209
8.2. Характеристика возмущающих и управляющих воздействий....	209
8.3. Управляемые параметры и параметры регулирования	213
8.4. Электрошлаковая печь как объект управления.....	216
8.5. Нестабильность режима ЭШП во время плавки.....	223
8.6. Принципы управления режимом электрошлаковых печей.....	236
8.7. Основы программирования режима электрошлакового переплава	238
8.8. Особенности режимов многоэлектродных электрошлаковых печей с одним приводом перемещения электродов (разбаланс)...	241
Часть III. Технологии и установки электрошлакового литья	245
Глава 9. Электрошлаковое литье в водоохлаждаемые изложницы.....	245
9.1. Классификация методов электрошлакового литья.....	245
9.2. Методы прямого электрошлакового литья заготовок (ЭШЛ)	247
9.2.1. Методы получения полых слитков.....	247
9.2.2. Методы получения заготовок сложной формы.....	256
9.2.3. Особенности режимов получения полых заготовок	260
9.3. Электрошлаковое литье с приплавлением	261
9.3.1. Классификация методов ЭШЛП.....	261
9.3.2. Технологии ЭШЛП с попутным приплавлением	264
9.3.3. Влияние параметров процесса на характер проплавления основы при ЭШЛП.....	269
9.3.4. Электрошлаковое литье с начальным приплавлением.....	278
9.4. Электрошлаковое литье с вытеснением жидкого металла.....	280

Глава 10. Фасонное электрошлаковое литье	288
10.1. Основы технологии фасонного электрошлакового литья	288
10.2. Электротехнология электрошлаковой тигельной плавки.....	294
10.3. Влияние параметров процесса на температурные и энергетические показатели электрошлаковой тигельной плавки.....	300
10.4. Режимы электрошлаковой тигельной плавки.....	305
10.5. Основы управления ЭШТП.....	321
Часть IV. Разновидности электрошлаковой металлургической технологии.....	324
Глава 11. Разновидности печей ЭШП	324
11.1. Пути развития электрошлакового процесса.....	324
11.2. Электрошлаковый переплав с токопроводящим кристаллизатором	326
11.3. Электрошлаковый переплав со сжатым полем.....	330
11.4. Применение управляемых электролизных процессов при ЭШП	344
11.4.1. Обоснование применения несинусоидального тока с постоянной составляющей для управляемого электролиза шлака.....	344
11.4.2. Теоретические основы электролитического воздействия на химический состав металла при электрошлаковом переплаве	350
11.4.3. Введение поляризирующего тока по классической схеме без дополнительного электрода.....	358
11.4.4. Введение поляризирующего тока с помощью дополнительного электрода.....	359
11.4.5. Определение области применения различных видов поляризирующего тока для управляемого электролиза шлака при ЭШП	360
11.4.6. Основы программирования режима электролитической обработки металла при ЭШП для получения заданного параметра изменения содержания элемента по высоте слитка.....	363

11.4.7. Схемы создания постоянной составляющей тока в электрошлаковых печах. Требования, предъявляемые к схемам создания постоянной составляющей тока, и классификация схем	367
Глава 12. Порционная электрошлаковая отливка	374
Глава 13. Электрошлаковые технологии переработки отходов	383
Заключение	392
Библиографический список	393