

**В. Г. Лисиенко, Я. М. Щелоков,
М. Г. Ладыгичев**

Плавильные агрегаты: теплотехника, управление и экология

Справочное издание
в 4-х книгах

Книга 4

Под ред. акад. АИН,
докт. техн. наук, проф. В. Г. Лисиенко



“Теплотехник”
Москва, 2005

УДК 662.9 (083)

ББК 31.391

Л63

Л63 Лисиенко В. Г., Щелоков Я. М., Ладыгичев М. Г. Плавильные агрегаты: теплотехника, управление и экология: Справочное издание: В 4-х книгах. Книга 4. / Под ред. В. Г. Лисиенко. — М.: Теплотехник, 2005. — 560 с.

Общий потенциал энергосбережения в российской промышленности достигает 200 млн. т у.т. Крупные резервы энергии могут быть реализованы в металлургии, машиностроении, производстве строительных материалов. Наиболее энергоемкими потребителями в этих отраслях являются многочисленные плавильные агрегаты. Без организации рационального и эффективного использования энергоресурсов при производстве разнообразных конструкционных материалов вряд ли можно решить проблему снижения энергоемкости валового внутреннего продукта, защиты окружающей среды. Именно данной проблеме посвящено настоящее справочное издание, в котором впервые за последние 15–20 лет обобщен опыт повышения эффективности многочисленных плавильных печей с использованием современной методической базы. В связи с энергосберегающей, теплотехнической и экологической направленностью издания подробно освещены важнейшие технические аспекты энергоэффективности: интегрированный энергетический анализ и теория факельных процессов. Приведены характеристики основных типов плавильных агрегатов и варианты компоновок плавильных цехов. Рассмотрены характерные теплообменные процессы в наиболее представительной технологической зоне — плавильной ванне, включая гидродинамику и теплоперенос. Освещены основные аспекты энергосберегающих технологий в важнейших типах плавильных агрегатов: сталеплавильное производство и производство ферросплавов, включая альтернативные (внедоменные) процессы получения чугуна и стали, производства цветных металлов, включая автогенные процессы, производство стекла и других материалов, установки с погружным факелом. Отражены вопросы математического моделирования, управления и экспертных систем. Приведены материалы по огнеупорным материалам, системам газоотвода, использованию вторичных энергоресурсов. Даны материалы по характеристикам загрязнений окружающей среды, а также по технологическим решениям по очистке дымовых газов и сточных вод и утилизации твердых отходов.

Ил. 192. Табл. 189. Библиогр. список: 147 назв.

Работа представлена в авторской редакции.

ISBN 5-98457-025-4 (Кн. 4, 2-й з-д)

© Лисиенко В. Г., Щелоков Я. М.,
Ладыгичев М. Г., 2005 г.
© “Теплотехник”, 2005 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	9
Глава 14. Технологические решения очистки дымовых газов	11
14.1. Схемы очистки газовых систем	11
14.1.1. Общие данные	11
14.1.2. Очистка маргеновских газов	19
14.1.3. Очистка газов электросталеплавильных печей	25
14.1.4. Очистка газов сталеплавильных конвертеров	32
14.1.5. Очистка газов ферросплавных печей	39
14.1.6. Очистка газов на свинцовых заводах	43
14.1.7. Очистка газов на цинковых заводах	48
14.1.8. Очистка газов на медеплавильных заводах	51
14.1.9. Очистка газов на никелевых заводах	61
14.1.10. Очистка газов на оловянных заводах	63
14.1.11. Очистка газов на сурьмяных и ртутных заводах	63
14.1.12. Очистка газов на алюминиевых заводах	67
14.1.13. Очистка от газообразных вредностей	68
14.1.14. Об используемом оборудовании для очистки газов плавильных агрегатов	71
14.2. Основное оборудование для очистки газовых систем	75
14.2.1. Сухие механические пылеуловители	76
14.2.1.1. Пылеосадительные (пылевые) камеры	76
14.2.1.2. Циклоны	81
14.2.1.2.1. Типы циклонов и основные правила их эксплуатации	84
14.2.1.2.2. Циклоны типа ЦН-15	86
14.2.1.2.3. Циклоны типа ЦН-15 во взрывобезопасном исполнении	90
14.2.1.2.4. Групповые циклоны	91
14.2.1.2.5. Конические циклоны конструкции НИИОгаза	94
14.2.1.2.6. Конические циклоны типа СКЦН-34	95
14.2.1.2.7. Циклоны СИОТ	98
14.2.1.2.8. Определение гидравлического сопротивления и размеров циклона	100
14.2.1.2.9. Расчет производительности циклонов	103
14.2.1.2.10. Расчет эффективности циклонов	105
14.2.1.2.11. Батарейные циклоны	114
14.2.1.2.12. Батарейные циклоны БЦ-2	116
14.2.1.2.13. Батарейные циклоны ПБЦ	118
14.2.1.2.14. Батарейные циклоны ЦБ-254Р	122
14.2.1.2.15. Батарейные циклоны ЦБР-150У	124
14.2.1.2.16. Расчет батарейных циклонов	126
14.2.2. Аппараты мокрой очистки газов	128
14.2.2.1. Полые форсуночные скрубберы	130
14.2.2.2. Скрубберы Вентури	161

14.2.3. Очистка газов фильтрованием	191
14.2.3.1. Характеристики пористой перегородки	192
14.2.3.2. Определение эффективности и гидравлического сопротивления пористого фильтра	195
14.2.3.3. Промышленные фильтры	199
14.2.3.4. Конструкции промышленных фильтров	206
14.2.3.5. Серийно выпускаемые промышленные рукавные фильтры и их характеристики	230
14.2.3.6. Расчет тканевых (рукавных) фильтров	237
14.2.4. Электрофильтры	241
14.2.4.1. Классификация и конструкции электрофильтров	241
14.2.4.2. Электрическое оборудование электрофильтров	261
14.2.4.3. Эксплуатация электрофильтров	282
14.2.5. Охлаждение газов перед очисткой	290
14.3. Некоторые общие материалы по газоочисткам	294
14.3.1. Сравнительная характеристика отечественных и зарубежных очистных устройств	294
14.3.2. Некоторые характеристики водных паров и газообразных веществ ...	296
14.3.3. Примеры расчета циклона и рукавного фильтра	300
14.4. Совершенствование конструкций газоочистных устройств	304
14.5. Список литературы к главе 14	325
Глава 15. Технологические решения очистки сточных вод	328
15.1. Общие данные	328
15.2. Технологические решения очистки сточных вод	345
15.2.1. Сталеплавильное производство	345
15.2.2. Непрерывная разливка стали	346
15.2.3. Предприятия цветной металлургии	347
15.2.3.1. Технологические схемы обработки сточных вод	347
15.2.3.2. Характеристики сточных вод цветной металлургии	351
15.3. Оборудование систем водоснабжения агрегатов металлургических производств	366
15.3.1. Механическая очистка сточных вод от нерастворимых загрязнений ..	366
15.3.2. Физико-химические методы очистки от загрязнений	398
15.4. Реагенты, применяемые для обработки воды	419
15.5. Список литературы к главе 15	443
Глава 16. Утилизация твердых отходов металлургических производств	445
16.1. Общие подходы	445
16.2. Общая классификация отходов	464
16.3. Отходы черной и цветной металлургии	471
16.3.1. Общие данные	471
16.3.2. Технологические решения по утилизации твердых отходов	477
16.3.2.1. Утилизация шлаков металлургических агрегатов и лома огнеупорных материалов	477

16.3.2.2. Переработка редкометалльных пылей и электролитных шламов	501
16.4. Metallургическая переработка лома и отходов цветной металлургии	506
16.5. Лом и скрап черных металлов	535
16.6. Список литературы к главе 16	538
Заключение	540

КНИГА 1

Глава 1. Интегрированный энергетический анализ

и проблемы энергоэффективности в приложении к плавильным агрегатам	
1.1. Основные особенности интегрированного энергетического анализа	
1.2. Методы определения энергоемкости продукции	
1.3. Методика полного (сквозного) энергоэкологического анализа	
1.4. Алгоритм и программное обеспечение полного энергоэкологического анализа	
1.5. Динамическая энергоемкость продукции предприятий и валового внутреннего продукта	
1.6. Теория тепломассообменных эффективностей энерготехнологических процессов	
1.7. Теплообменный анализ и современные методы математического моделирования	
1.8. Характерные тепломассообменные особенности плавильных агрегатов	
1.9. Список литературы к главе 1	

Глава 2. Факельные процессы – теория и расчеты

2.1. Роль факельных процессов в плавильных агрегатах и основные характеристики	
2.3. Границы, зоны и длина факела	
2.4. Радиационные характеристики факела	
2.5. Положение факела относительно тепловоспринимающей поверхности и кладки	
2.6. Скоростные и другие аэродинамические характеристики факела	
2.7. Экологические характеристики факела	
2.8. Влияние характеристик факела на процессы тепло- и массообмена в рабочем пространстве печей и агрегатов	
2.9. Особенности горения полидисперсного топлива	
2.10. Математическое моделирование процессов тепломассопереноса в полидисперсном потоке	
2.11. Общие требования к горелочным устройствам и примеры расчетов	
2.12. Список литературы к главе 2	

Глава 3. Общие сведения о плавильных агрегатах

3.1. Характеристика основных типов плавильных агрегатов	
3.2. Историческая справка развития теории и практики энерготехнологических процессов (теории энергосберегающих технологий)	
3.3. Варианты технологических схем и компоновок металлургических цехов	
3.4. Конструкции плавильных агрегатов	
3.5. Печи специального назначения	
3.6. Оборудование ковшевой металлургии	
3.7. Список литературы к главе 3	

КНИГА 2

Глава 4. Процессы тепломасообмена в плавильных печах

- 4.1. Гидродинамика плавильных ванн
- 4.2. Характерные тепловые явления в ванне
- 4.3. Особенности плавильных ванн и процессов в цветной металлургии
- 4.4. Характеристики печей для автогенной плавки на штейн и черновую медь
- 4.6. Электролитическое получение алюминия
- 4.7. Список литературы к главе 4

Глава 5. Ванные плавильные агрегаты

- 5.1. Сталеплавильное производство
- 5.2. Кислородно-конвертенные процессы
- 5.3. Топливные агрегаты. Факел
- 5.4. Газокислородные горелки и продувочные фурмы
- 5.5. Агрегаты с движением жидких сред за счет импульса струй горелок
- 5.6. Дуговые электропечи
- 5.7. Ферросплавные электропечи
- 5.8. Использование замасленной окалины
- 5.9. Термообработка футерованных ковшей
- 5.10. Отражательная плавка цветных металлов
- 5.11. Автогенные процессы
- 5.12. Электролитическое рафинирование
- 5.13. Производство алюминия
- 5.14. Список литературы к главе 5

Глава 6. Альтернативные (внедоменные) методы получения чугуна и полупродукта

- 6.1. Жидкофазное восстановление. Процесс Ромелт
- 6.2. Многофункциональный плавильный агрегат ПВЖВ
- 6.3. Комбинированные жидкофазно-газотвердофазные восстановительные процессы
- 6.4. Список литературы к главе 6

Глава 7. Сравнительная энергоемкость процессов выплавки стали

- 7.1. Энергоемкость различных технологических циклов
- 7.2. Роль доли чугуна в шихте
- 7.3. Энергоемкость ванадиевых сплавов и сталей
- 7.4. Некоторые проблемы ковшевой металлургии
- 7.5. Список литературы к главе 7

Глава 8. Особенности тепловой работы и эффективного использования топлива в стекловаренных печах

- 8.1. Особенности технологии и тепловой работы стекловаренных печей
- 8.2. Основные конструкции стекловаренных печей

- 8.3. Повышение эффективности использования топлива в стекловаренных печах
- 8.4. Плавильные агрегаты с погружным горением
- 8.5. Список литературы к главе 8

Глава 9. Вопросы математического моделирования, управления и экспертных систем

- 9.1. Печи автогенной плавки меди
- 9.2. Автогенная плавка Ванюкова в элементах ЭТК “печь – котел”
- 9.3. Регенеративная стекловаренная печь
- 9.4. Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в стекловаренных печах
- 9.5. Вопросы управления и экспертных систем
- 9.6. Список литературы к главе 9

КНИГА 3

Предисловие

Глава 10. Огнеупорные материалы и их применение в плавильных агрегатах

- 10.1. О направлениях развития огнеупорной промышленности в России и за рубежом
- 10.2. Мартеновские печи
- 10.3. Сталеплавильные конвертеры
- 10.4. Дуговые электросталеплавильные печи
- 10.5. Ферросплавные печи
- 10.6. Индукционные печи
- 10.7. Сталеразливочные ковши, внепечная обработка стали и МНЛЗ
- 10.8. Перечень стандартов и технических условий по огнеупорным изделиям и материалам для сталеплавильных плавильных агрегатов
- 10.9. Некоторые факторы, определяющие стойкость огнеупорной футеровки плавильных агрегатов цветной металлургии
- 10.10. Печи для производства меди
- 10.11. Печи для производства никеля
- 10.12. Печи и установки для производства цинка
- 10.13. Печи для производства свинца
- 10.14. Печи для производства олова
- 10.15. Печи и установки для производства алюминия
- 10.16. Печи и установки для производства магния
- 10.17. Огнеупорные изделия и материалы для печей цветной металлургии
- 10.18. Стекловаренные печи
- 10.19. Список литературы к главе 10

Глава 11. Системы газоотвода плавильных агрегатов

- 11.1. Взаимосвязь технологических и энергетических параметров системы плавильный агрегат–газоотводящий тракт
- 11.2. Газоотводящие тракты мартеновских печей

- 11.3. Газоотводящие тракты кислородных конвертеров
- 11.4. Газоотводящие тракты дуговых сталеплавильных печей
- 11.5. Особенности газоотводящих трактов плавильных печей цветной металлургии
- 11.6. Устройства для эвакуации дымовых газов
- 11.7. Список литературы к главе 11

Глава 12. Вторичные энергоресурсы и теплообменные аппараты

- 12.1. Общие данные
- 12.2. Схемы регенеративного теплообмена
- 12.3. Вторичные энергетические ресурсы
- 12.4. Утилизационные установки цветной металлургии
- 12.5. Конструкции и особенности работы котлов-утилизаторов
- 12.6. Вторичные энергетические ресурсы и когенерация
- 12.7. Об управлении использованием ВЭР
- 12.8. Основы расчета теплообменных аппаратов
- 12.9. Особенности расчетов котлов-утилизаторов
- 12.10. Список литературы к главе 12

Глава 13. Характерные загрязнения окружающей природной среды при работе плавильных агрегатов

- 13.1. О плавильной составляющей металлургической техносферы
- 13.2. Оценка и снижение эколого-экономического ущерба
- 13.3. Экономический ущерб от загрязнения окружающей природной среды (уровень региона)
- 13.4. Список литературы к главе 13

Заключение