

М.Б. Школлер Е.В. Протопопов С.Н. Кузнецов

ПРОИЗВОДСТВО ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

М.Б. Школлер, Е.В. Протопопов, С.Н. Кузнецов

**ПРОИЗВОДСТВО ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТОПЛИВА
ДЛЯ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**

Учебное пособие



НОВОСИБИРСК

**ИЗДАТЕЛЬСТВО СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

2018

УДК 669.1(075)
ББК 34.32я73
Ш67

Рецензенты:

кафедра теплофизики и информатики в металлургии
ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»;
директор ООО «Энергоресурс», доктор технических наук
Ю.Е. Прошунин

Школлер, М.Б.

Ш67 Производство восстановителей и технологического топлива для черной металлургии: Учеб. пособие / М.Б. Школлер, Е.В. Протопопов, С.Н. Кузнецов; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУВО «Сиб. гос. индустр. ун-т». – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2018. – 156 с.

ISBN 978-5-7692-1618-3

В черной металлургии используются практически все известные на Земле виды энергии. Одинаковую продукцию (чугун, сталь) можно получить с использованием различных технологических схем и различных по своей природе источников энергии. Многие из применяемых энергоносителей взаимозаменяемы. Например, в энергетическом балансе доменного процесса за счет более интенсивного использования пылеугольного топлива, природного газа, горячих восстановительных газов можно существенно снизить расход энергоемкого кокса. Поскольку практически все виды топлива и восстановителей являются искусственными, специалисты в области черной металлургии должны иметь представление о технологических процессах их получения, закономерностях формирования определяющих свойств и способах оптимизации этих свойств.

Данные сведения представлены в настоящем учебном пособии, которое может быть использовано в качестве дополнительной литературы при подготовке бакалавров по направлению 150400 «Металлургия», а также представляет интерес для инженерно-технических работников интегрированных металлургических предприятий.

Рекомендовано к изданию
методическим советом
Сибирского государственного
индустриального университета

УДК 669.1(075)
ББК 34.32я73

ISBN 978-5-7692-1618-3

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2018
© Школлер М.Б., Протопопов Е.В.,
Кузнецов С.Н., 2018
© Оформление. Издательство СО РАН, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|-----|
| ПРЕДИСЛОВИЕ | 3 |
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| РАЗДЕЛ 1. ПРОИЗВОДСТВО ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ | 8 |
| Глава 1. Окислительно-восстановительные процессы доменной плавки и требования к качеству применяемых восстановителей | 8 |
| Глава 2. Пылеугольное топливо для частичной замены кокса в доменных печах | 14 |
| 2.1. Производство пылеугольного топлива и его превращение в фурменной зоне доменной плавки | 14 |
| 2.2. Методологические основы формирования сырьевой базы для производства пылеугольного топлива | 24 |
| Глава 3. Технологические процессы производства доменного кокса | 34 |
| 3.1. Традиционная технология получения металлургического кокса | 34 |
| 3.1.1. Показатели основополагающих свойств коксующихся углей | 37 |
| 3.1.2. Подготовка угольных шихт к коксованию | 47 |
| 3.1.3. Технология коксования угольных шихт | 56 |
| 3.1.4. Отвод и обработка коксового газа | 68 |
| 3.1.5. Экологические проблемы при использовании традиционной технологии производства металлургического кокса..... | 79 |
| 3.2. Технология получения металлургического кокса без улавливания химических продуктов коксования | 87 |
| 3.3. Непрерывный процесс производства металлургического кокса | 96 |
| Глава 4. Технологии производства горячих восстановительных газов и водородного восстановителя для доменного процесса..... | 98 |
| 4.1. Производство горячих восстановительных газов в освободившейся доменной печи..... | 98 |
| 4.2. Производство водорода для восстановительных процессов..... | 105 |
| Контрольные вопросы и задания к разд. 1..... | 109 |
| Библиографический список к разд. 1 | 110 |
| РАЗДЕЛ 2. ПРОИЗВОДСТВО ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТОПЛИВ ДЛЯ ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ | 112 |
| Глава 1. Буроугольный полукокс – эффективный продукт для металлургии и рециклинга отходов углеобогащения | 112 |
| 1.1. Пылеугольное топливо для доменных печей на основе буроугольного полукокса | 112 |

| | |
|--|-----|
| 1.2. Буроугольный полукокс - эффективный восстановитель в составе моношихт для производства железа, ферросплавов и химических продуктов..... | 120 |
| 1.3. Применение буроугольного полукокса для производства кокса с высокой реакционной способностью для производства ферросплавов..... | 120 |
| 1.4. Применение буроугольного полукокса для модификации влажности пылеугольного топлива и рециклинга отходов углеобогащения | 121 |
| 1.5. Технологические процессы для производства буроугольного полукокса | 125 |
| Глава 2. Технологические процессы производства газообразных восстановителей для прямого получения железа..... | 132 |
| 2.1. Технология конверсии (риформинга) природного газа..... | 134 |
| 2.2. Производство восстановительных газов путем газификации угля различной крупности..... | 136 |
| Контрольные вопросы и задания к разд. 2..... | 151 |
| Библиографический список к разд. 2 | 152 |
| Список сокращений | 154 |

Учебное издание

Школлер Марк Борисович
Протопопов Евгений Валентинович
Кузнецов Сергей Николаевич

**ПРОИЗВОДСТВО ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТОПЛИВА
ДЛЯ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**

Редактор *О. В. Волохова*
Художественный редактор *О. М. Вараксина*
Обложка *В. Ю. Антонов*
Оригинал-макет *И. В. Мелехов*

Подписано к печати 27.12.2018. Формат 70×100 1/16.
Усл. печ. л. 12,0. Уч.-изд. л. 11. Тираж 100 экз. Заказ № 332.

Издательство СО РАН
630090, Новосибирск, Морской просп., 2
E-mail: psb@sibran.ru
тел. (383) 330-80-50
Отпечатано в Издательстве СО РАН
Интернет-магазин Издательства СО РАН
<http://www.sibran.ru>