

**А.Н. Корчевский, Е.И. Назимко, В.Г. Самойлик,
Л.И. Серафимова, Н.А. Звягинцева,
В.И. Симоненко, К.А. Холодов**



ОКУСКОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ



Донецк, 2019

**Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

*А.Н. Корчевский, Е.И. Назимко, В.Г. Самойлик,
Л.И. Серафимова, Н.А. Звягинцева,
В.И. Симоненко, К.А. Холодов*

**ОКУСКОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ
И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ**

МОНОГРАФИЯ

Донецк - 2019

Рецензенты:

Петренко Юрий Анатольевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет» (г. Донецк, ДНР),

Бредихин Виктор Николаевич – кандидат технических наук, профессор кафедры «Цветная металлургия и конструкционные материалы» ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет» (г. Донецк, ДНР).

Авторы:

Корчевский А.Н., кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Обогащение полезных ископаемых» ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет» (г. Донецк, ДНР),

Назимко Е.И., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экология моря» ФГБОУ «Керченский государственный морской технологический университет» (г. Керчь, Республика Крым, РФ),

Самойлик В.Г., кандидат технических наук, доцент кафедры «Обогащение полезных ископаемых» ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет» (г. Донецк, ДНР),

Серафимова Л.И., кандидат технических наук, доцент кафедры «Обогащение полезных ископаемых» ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет» (г. Донецк, ДНР),

Звягинцева Н.А., старший преподаватель кафедры «Обогащение полезных ископаемых» ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет» (г. Донецк, ДНР),

Симоненко В.И., старший научный сотрудник лаборатории «Электрошлакового переплава» кафедры «Металлургия стали и сплавов» ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет» (г. Донецк, ДНР),

Холодов К.А., главный инженер обогатительной фабрики ООО «Вектор-Юг», (г. Шахтинск, Ростовская обл., РФ).

А.Н. Корчевский, Е.И. Назимко, В.Г. Самойлик, Л.И. Серафимова, Н.А. Звягинцева, В.И. Симоненко, К.А. Холодов

О52 Окускование минерального сырья и продуктов его переработки : монография / А.Н. Корчевский, Е.И. Назимко, В.Г. Самойлик, Л.И. Серафимова, Н.А. Звягинцева, В.И. Симоненко, К.А. Холодов; ГОУВПО «ДОННТУ». – Донецк : ДОННТУ, 2019. – 338 с. : ил. 64, табл. 105.

В монографии рассмотрены и проанализированы основные понятия об утилизации тонкозернистых полезных ископаемых, возможность получения из них высококачественной продукции для бытового и промышленного потребления. Приведены теоретические основы физического воздействия горного и брикетного производства на различные элементы биосферы, позволяющие более обоснованно разрабатывать стратегию развития производства окускования и брикетирования.

Монография будет полезна для работы студентам, аспирантам и преподавателям технических и горных специальностей, работникам промышленных предприятий, инженерно-техническим работникам.

УДК 622.7

ББК 33.4

© А.А.Н. Корчевский, Е.И. Назимко, В.Г. Самойлик, Л.И. Серафимова,
Н.А. Звягинцева, В.И. Симоненко, К.А. Холодов, 2019

© ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	10
1 ОКУСКОВАНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ...	12
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА БРИКЕТИРОВАНИЯ.....	16
2.1 Общие сведения.....	16
2.2 Теоретические основы брикетирования как процесса окускования.....	19
2.3 Связующие вещества, применяемые при брикетировании....	28
2.4 Классификация полезных ископаемых по брикетирующей способности.....	35
2.5 Основные факторы, влияющие на процесс брикетирования со связующими.....	37
2.6 Брикетирование углей.....	39
2.7 Технология брикетирования руд.....	40
2.8 Брикетирование железосодержащих материалов.....	43
2.9 Брикетирование в цветной металлургии	56
3 АГЛОМЕРАЦИЯ.....	58
3.1 Общие сведения о процессе агломерации.....	58
3.2 Теоретические основы процесса агломерации.....	65
3.3 Удаление вредных примесей при агломерации.....	77
3.4 Технология производства агломерата.....	82
3.5 Оптимальная крупность компонентов шихты и ее приготовление.....	84
4 ОКОМКОВАНИЕ	88
4.1 Общие сведения о процессе окомкования.....	88
4.2 Теоретические основы процесса окомкования.....	91
4.3 Методы упрочнения окатышей.....	96
4.3.1 Применение обжига для упрочнения окатышей.....	96
4.3.2 Безобжиговые методы упрочнения окатышей.....	102
5 ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БРИКЕТИРОВАНИЯ УГЛЕСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ	109

5.1 Методика проведения лабораторных исследований.....	109
5.2 Исследование технологии брикетирования антрацитового штыба.....	112
5.2.1 Исследование режимов брикетирования шихты с цемен- том	113
5.2.2 Исследование режимов брикетирования антрацитовой шихты с лигносульфонатом.....	117
5.2.3 Исследование режимов брикетирования антрацитовой шихты с органическими связующими.....	122
5.3 Исследование технологии брикетирования смеси антраци- тового штыба и концентрата угля марки Г.....	125
5.3.1 Свойства и гранулометрический состав компонентов.....	125
5.3.2 Исследование режимов брикетирования шихты А+Г со связующими.....	128
5.3.3 Исследование устойчивости брикетов к воздействию влаги.....	134
5.3.4 Предлагаемый технологический режим брикетирования и разработка технологической схемы брикетной установки	137
5.4 Исследование технических возможностей производства композиционных угольных брикетов, содержащих отходы.	144
5.4.1 Общий план проведения экспериментов. Характеристика горючих компонентов брикетирования.....	146
5.4.2 Определение базовых режимов прессования и термиче- ской обработки однокомпонентных угольных брикетов при различных связующих.....	148
5.4.3 Исследование технологии брикетирования композицион- ных брикетов, содержащих древесные отходы.....	159
5.4.3.1 Исследование технологии брикетирования компози- ционных брикетов с жидкими связующими.....	160
5.4.3.2 Экспериментальные исследования процесса брикетиро- вания композиционной шихты с твердыми связующими.....	165
5.4.3.3 Исследование технологии брикетирования компози- ционной шихты с битумной эмульсией.....	170
5.4.3.4 Исследование влияния на свойства брикетов парафи-	

новой добавки.....	174
5.4.4 Выводы по результатам экспериментальных исследований технологии брикетирования композиционных брикетов.....	174
5.4.5 Регламент и технологические режимы процессов подготовки шихты, прессования и термообработки.....	176
5.4.5.1 Регламент и режимы процесса брикетирования шихты с водорастворимыми связующими.....	176
5.4.5.2 Регламент и режимы процесса брикетирования однокомпонентной шихты с водорастворимыми жидкими и сухими связующими.....	178
5.4.5.3 Регламент и режимы процесса брикетирования композиционной шихты с водорастворимыми жидкими и сухими связующими.....	185
5.4.5.4 Регламент и режимы процесса брикетирования композиционной шихты с битумной эмульсией.....	192
5.4.6 Определение удельной теплоты сгорания композиционных брикетов.....	195
5.4.7 Рекомендации по разработке технологической схемы брикетирования композиционных брикетов	197
5.4.8 Выводы по результатам экспериментальных исследований технической возможности производства композиционных брикетов, содержащих отходы.....	200
5.5 Выводы по результатам экспериментальных исследований технологии брикетирования углеродсодержащих материалов в лабораторных условиях.....	201
6 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА БРИКЕТИРОВАНИЯ МЕЛКОФРАКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ХОЛОДНОМ СОСТОЯНИИ СО СВЯЗУЮЩИМИ ДОБАВКАМИ.....	205
6.1 Современное состояние вопроса вторичного использования промышленных отходов.....	207
6.2 Современные способы и технологии брикетирования вторичных железосодержащих материалов.....	212

6.3	Характеристики используемого сырья и его качество. Требования к качеству брикетов.....	214
6.4	Методика исследования качества брикетов, полученных из железосодержащих материалов.....	225
6.5	Основные факторы, влияющие на процесс окускования, их особенности и оценка влияния на свойства брикетов.....	228
6.6	Особенности выбора параметров технологии брикетирования.....	233
6.6.1	Критерии выбора технологии и её параметров.....	234
6.6.2	Выбор способа получения прочных брикетов.....	235
6.6.3	Влияние масштабного эффекта.....	237
6.6.4	Определение основных параметров технологии брикетирования.....	237
6.7	Экспериментальные исследования и разработка технологий производства композиционных брикетов.....	241
6.7.1	Исследуемые материалы.....	242
6.7.2	Математическое моделирование оптимизации гранулометрического состава многокомпонентной брикетируемой шихты.....	244
7	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ БРИКЕТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ.....	249
7.1	Брикетиrowание шихты магнитной и слабомагнитной фракций с неорганическим комбинированным связующим (серия 1).....	249
7.2	Брикетиrowание шихты магнитной и слабомагнитной фракций с портландцементом в качестве связующего (серия 2).....	254
7.3	Брикетиrowание шихты магнитной и слабомагнитной фракций с полимерным органическим двухкомпонентным связующим (серия 3).....	260
7.3.1	Схема проведения эксперимента, исходные данные и параметры эксперимента.....	260
7.3.2	Математическое моделирование процесса брикетирования.....	

ния с двухкомпонентным органическим полимерным связующим.....	262
7.3.3 Результаты проведенных экспериментальных исследований.....	268
7.4 Разработка технологических схем и рекомендаций по промышленному применению разработанных технологий.....	273
7.4.1 Разработка варианта технологической схемы процесса брикетирования.....	274
7.4.2 Рекомендации по промышленному применению разработанной технологии и внедрению её на предприятии.....	277
7.5 Выводы по результатам исследования процесса брикетирования железосодержащих материалов.....	277
8 ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ В ДОМЕННОМ И СТАЛЕПЛАВИЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	280
8.1 Опыт Новолипецкого меткомбината в решении проблемы утилизации железосодержащих отходов.....	283
8.2 Опыт Челябинского металлургического комбината в решении проблемы подготовки железосодержащих отходов к утилизации.....	285
8.3 Разработки фирмы «ЭкоМашГео» по утилизации железосодержащих отходов.....	285
8.4 Разработки Института черных металлов (ИЧМ) НАН Украины.....	291
8.5 Разработки Приазовского государственного технического университета.....	292
8.6 Опыт Первоуральского Новотрубного завода по утилизации промасленной окалины.....	293
8.7 Разработки НП «Экологический региональный центр» по утилизации железосодержащих отходов.....	295
8.8 Опыт других организаций, занимающихся производством оборудования для утилизации железосодержащих отходов...	296

9 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ДОНЕЦКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА К УТИЛИЗАЦИИ В ДОМЕННОЙ ПЕЧИ.....	298
9.1 Исследование процесса брикетирования железосодержащих отходов Донецкого металлургического завода.....	299
9.1.1 Исследование применения различных связок для брикетирования шихты базового состава (смесь 1).....	301
9.1.2 Исследование применения связующего СБ для брикетирования шихты базового состава (смесь 1), режима термообработки брикетов.....	305
9.1.3 Высокотемпературные испытания на размягчение и восстанавливаемость.....	308
9.2 Опытно-промышленное опробование технологии брикетирования на технологической базе КП Коммунэкоресурсы.....	310
9.3 Требования к составу и техническим характеристикам оборудования для линии по производству железосодержащего брикета.....	312
9.4 Расчет эффективности замены в шихте ДП окатышей ЛебГОКа и СевГОКа на брикеты из отходов ДМЗ.....	313
9.5 Выводы по результатам исследований процесса брикетирования железосодержащих отходов Донецкого металлургического завода.....	322
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	324
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	326
Приложение 1.....	335
Приложение 2.....	338