

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Администрация Правительства Кузбасса

Научно-образовательный центр мирового уровня «Кузбасс»

Сибирский государственный индустриальный университет

*Посвящается 100-летию
со дня рождения ректора СМИ,
доктора технических наук,
профессора Н.В.Толстогузова*

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО
«Металлургия – 2021»**

***Труды
XXII Международной научно-практической конференции***

10 – 11 ноября 2021 г.

Часть 2

**Новокузнецк
2021**

Редакционная коллегия

д.т.н., академик РАН Л.А. Смирнов, д.т.н., доцент А.Б. Юрьев,
д.т.н., профессор Н.А. Козырев, д.т.н., профессор Е.В. Протопопов,
д.т.н., профессор А.Р. Фастыковский, к.т.н. Е.Н. Темлянцева,
д.т.н., доцент В.В. Зимин, д.т.н., профессор А.Г. Никитин,
к.э.н., доцент Ю.С. Климашина

М 540 Металлургия: технологии, инновации, качество : труды XXII Международной научно-практической конференции: в 2-х ч. Ч. 2 / под ред. А.Б. Юрьева, Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2021. – 342 с. : ил.

ISSN 2542-1670

Труды конференции включают доклады по актуальным вопросам теории и технологии процессов сварки, порошковой металлургии, получения композиционных материалов и покрытий, тепло- и массопереноса в металлургических процессах и агрегатах, ресурсо- и энергосбережения, экологии и утилизации отходов, охраны труда, автоматизации и моделирования металлургических процессов, инновационных металлургических технологий в машиностроении, экономико-управленческих проблем металлургических регионов.

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Администрация Правительства Кузбасса
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
АО «ЕВРАЗ ЗСМК»
АО «Русал-Новокузнецк»
АО «Кузнецкие ферросплавы»
АО «НЗРМК им. Н.Е. Крюкова»
Ляонинский университет науки и технологии, г. Аньшань, КНР
ОАО «Черметинформация»
Издательство Сибирского отделения РАН
Журнал «Известия вузов. Черная металлургия»
Журнал «Вестник СибГИУ»
Журнал «MATEC Web of Conferences »
Научно-образовательный центр мирового уровня «Кузбасс»
АО «Кузбасский технопарк»
Западно – Сибирское отделение Российской Академии естественных наук
Совет молодых ученых Кузбасса

ISSN 2542-1670

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2021

Заключение. Замена чугунных экономайзеров на современные теплообменники пластинчатого типа, выполненные с использованием высокочастотной сварки, позволит при меньших габаритах и более низких трудозатратах, а также низких финансовых затратах получить большую площадь поверхности нагрева и более высокую теплоотдачу. Все это в свою очередь позволит снизить затраты энергоресурсов ЗапСиб ТЭЦ на производство и выработку тепловой энергии для системы теплоснабжения комбината. Перспективы развития проекта заключаются в поэтапной замене всех чугунных экономайзеров на современные теплообменники пластинчатого типа.

Библиографический список

1. Назмеев, Ю. Г. Теплообменные аппараты ТЭС : Учебник / Ю. Г. Назмеев, В. М. Лавыгин. – М. : Издательство МЭИ, 2002. – 260 с.

УДК 665.6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА В ТЕХНОЛОГИИ БРИКЕТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Павловец В.М., Домнин К.И.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
Новокузнецк, Россия, pawlowets.victor@yandex.ru*

Аннотация. Проанализированы перспективы использования техногенных отходов производства в технологии брикетирования железосодержащих материалов в металлургии. Приведены результаты исследования процесса брикетирования железосодержащих концентратов с использованием в качестве связующего и пластификатора шламов регенерации отработанного моторного масла.

Ключевые слова: техногенные отходы, окучкованное металлургическое сырье, брикеты, процесс брикетирования, шламы отработанного минерального масла.

USE OF INDUSTRIAL WASTE IN THE TECHNOLOGY OF BRIQUETTING OF IRON-CONTAINING MATERIALS

Pavlovets V.M., Domnin K.I.

Siberian state industrial University, Novokuznetsk, Russia, pawlowets.victor@yandex.ru

Abstract. The prospects for the use of industrial waste in the technology of briquetting of iron-containing materials in metallurgy are analyzed. The results of the study of the process of briquetting of iron-containing concentrates with the use of waste engine oil regeneration sludge as a binder and plasticizer are presented.

Keywords: industrial waste, agglomerated metallurgical raw materials, briquettes, briquetting process, waste mineral oil sludge.

При производстве окучкованного металлургического сырья используют значительное количество различных технологических добавок [1, 2]. В их число входят связующие, флюсующие, структурообразующие, пластифицирующие, топливные и другие добавки. Каждая из этих добавок выполняет свою функцию на определенном участке производства, позволяя повысить качество сырья и эффективно выполнить необходимые технологические операции. Особую ценность представляют комбинированные добавки, выполняющие несколько функций или усиливающие действие основных компонентов, например, связующих или упроч-

няющих. Их роль особенно возрастает, если эти добавки являются техногенными отходами производства [1, 2]. При получении железосодержащих металлургических брикетов в качестве связки преимущественно используется жидкое стекло, обладающее высокими упрочняющими свойствами, которое в некоторых случаях ухудшает пластические свойства прессуемой массы и сокращает длительность схватывания смеси. Для устранения указанных недостатков предложено в составе жидкого стекла использовать продукты переработки отработанного минерального масла (ОММ). Первый практический опыт использования ОММ был получен в лабораторных условиях при производстве железорудных окатышей [3]. Проблема переработки ОММ имеет несколько аспектов. Первый аспект проблемы обусловлен необходимостью ресурсосбережения в промышленности путем повторного использования ОММ в производстве по прямому назначению после регенерации [4, 5]. Второй аспект проблемы обусловлен загрязнением и отравлением окружающей среды нефтепродуктами. Третий аспект проблемы - технологический, позволяющий использовать ОММ для улучшения свойств выпускаемой продукции или для совершенствования промышленной технологии. Третий аспект проблемы также связан с необходимостью утилизации и переработки собственных отходов (шламов и осадков) технологии регенерации ОММ, которая практически не решена. Все аспекты проблемы связаны друг с другом.

В составе ОММ присутствуют поверхностно-активные вещества (ПАВ), в основе которых находятся не исчерпавшие свой ресурсный срок разного рода присадки (моющие, противозадирные, дисперсионные и др.) [5, 6]. В структуре ОММ находятся продукты окисления ОММ, которые представлены высокоорганическими (жирными и олеиновыми) кислотами, смолисто-асфальтовыми образованиями, битумами, шлаками, обводненными коагулянтами и другими элементами, обладающие вязкими свойствами. После регенерации ОММ образуется вторичный вид отхода – шламы переработки (масляный осадок), которые практически не используются в промышленности. В структуре шламов находятся нагары и лаки, являющиеся продуктами угара масла, низкотемпературные отложения, металлосодержащие продукты износа, органические смолы, асфальты, кислоты [4, 5]. Наличие в составе шламов ОММ компонентов, обладающих вязкими свойствами, а также тонкодисперсный состав твердых продуктов износа, позволяют рекомендовать этот материал в качестве связующего и пластифицирующего материала для получения огнеупорных материалов и брикетирования дисперсных железосодержащих материалов черной металлургии (концентратов, пылей и шламов газоочисток) [7, 8]. Органические соединения могут быть источником формирования пористости и регламентированной структуры окучкованного сырья. При термообработке сырья они являются источником дополнительного тепловыделения и снижают расход основного технологического топлива.

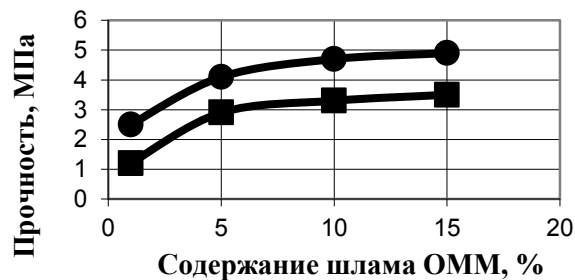
Целью работы явилось экспериментальное исследование процесса брикетирования железосодержащих концентратов с использованием шламов ОММ в качестве связующей добавки и пластифицирующего материала.

Эксперименты проводили на кафедре теплоэнергетики и экологии СибГИУ. Для экспериментов использовали ОММ цилиндропоршневой группы дизельного двигателя грузового автомобиля. Шламовый осадок (ШОММ) был получен в результате длительного отстаивания ОММ при температуре выше 20 °С. Для брикетирования использовали железосодержащий концентрат Тейского месторождения (содержание железа 63 %, средний размер частиц 0,068 мм). Брикетирование проводили на лабораторном прессе при давлении 50 МПа, с получением брикетов размером 15×15 мм (рисунок 1). Результаты экспериментов приведены на рисунках 2 – 4.



а - железорудный концентрат; б – шлам ОММ; в – шихтовая смесь с содержанием шлама ОММ 1 %; г – шихтовая смесь с содержанием шлама ОММ 15 %; д – брикеты

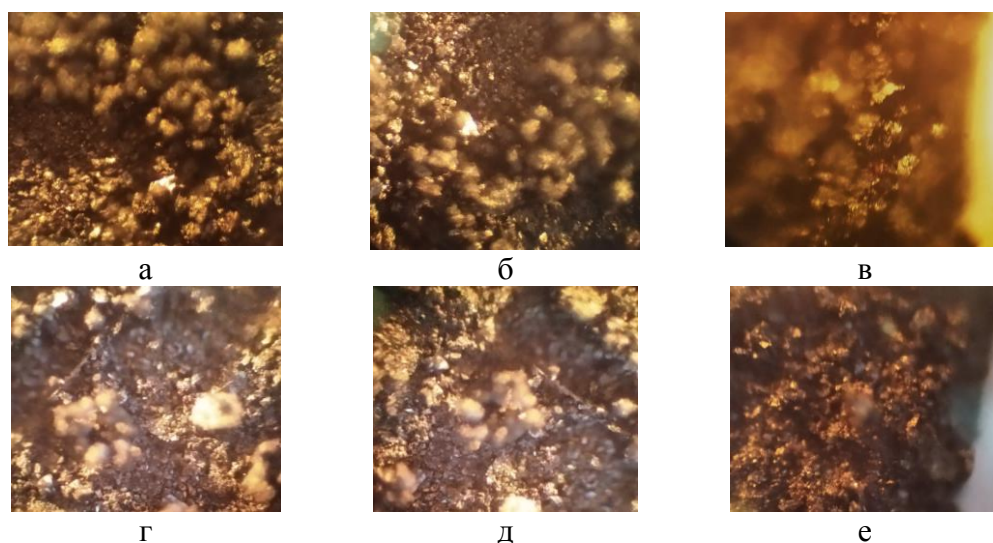
Рисунок 1 – Внешний вид шихтовых материалов и брикетов



Брикеты: ■ – после брикетирования; ● – после термической сушки

Рисунок 2 – Зависимость прочности брикетов от содержания шламов ОММ

Предварительные опыты по брикетированию смеси концентрата и ШОММ в отсутствии связующих добавок (рисунок 2) показали, что добавки шламов ОММ в составе шихты брикетов являются хорошим пластификатором и вяжущим материалом для брикетирования железорудного концентрата. Длительность схватывания сырой массы увеличивается, что является несомненным достоинством техники прессования с участием шламов ОММ. Минимальное содержание шламов ОММ в смеси, обеспечивающее эффективное перемешивание компонентов, в отсутствии упрочняющей связки составляет 4 – 5 %. Прочность сырых брикетов, содержащих шламы ОММ, достигает 3,5 МПа после брикетирования. Полученные брикеты не содержат поверхностных и внутренних дефектов, разрывов и трещин и отличаются равномерностью макроструктуры. Термическое упрочнение брикетов (сушка при 105 °С в течение 30 минут) позволяет повысить прочность брикетов до 4,9 МПа. Полученная прочность брикетов недостаточна для стандартной величины прочности металлургического сырья (40 – 60 МПа), необходимой для проведения металлургической плавки. Поэтому для дальнейшего упрочнения брикетов необходимо введение определенного количества более эффективного связующего - жидкого стекла (ЖС). В процессе работы выяснили, что концентрированное ЖС ухудшает условия перемешивания компонентов и сокращает длительность схватывания массы. Поэтому для обеспечения стабилизации процедур дозирования и смешивания компонентов, опытным путем обосновали необходимость разбавления ЖС водой в соотношении 50×50. Микроструктура полученных брикетов представлена на рисунке 3. Зависимость прочности железосодержащих брикетов от содержания шламов ОММ и количества 50 %-го раствора ЖС в смеси приведена на рисунке 4.



В позиции: а, б, в – брикеты содержат 10 % шлама ОММ в отсутствии ЖС;
г, д, е – 5 % шлама ОММ и 3 % ЖС

Рисунок 3 – Микроструктура поверхности железорудного брикета. Увеличение 120 ×

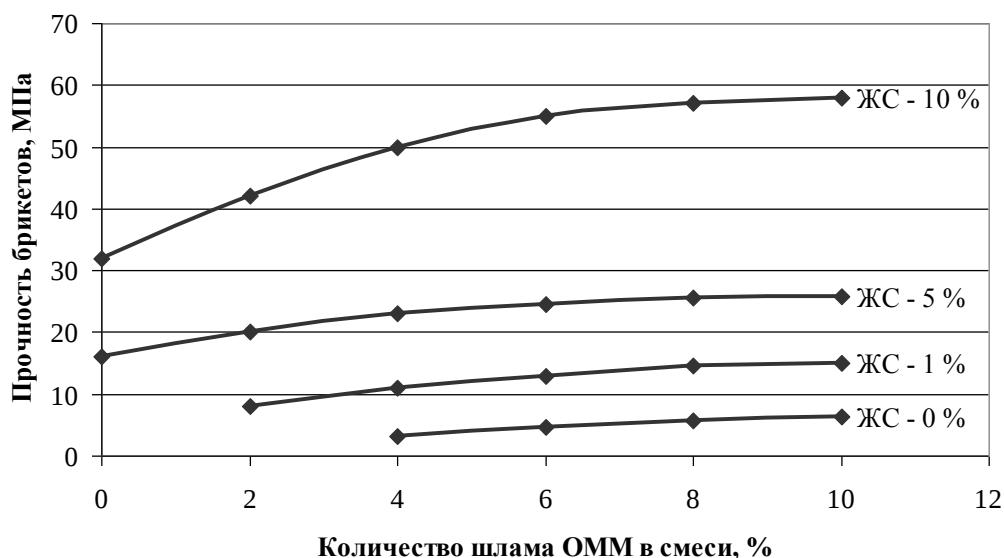


Рисунок 4 – Зависимость прочности брикетов от содержания шлама ОММ и жидкого стекла в смеси

Установили, что процесс брикетирования массы начинается при содержании в смеси 4 % шламов ОММ (рисунок 4). При введении в прессуемую массу 1 % ЖС формообразование возможно при более низком содержании (2 %) шламов ОММ. При смешивании компонентов смеси образуются коагуляционные сферические конгломераты различной концентрации и размеров, формирующиеся при любом содержании шламов ОММ и ЖС (рисунок 3). Для получения равномерной структуры смеси, содержащей шламы ОММ и ЖС, потребовалось увеличить длительность смешивания. Повышенное содержание шламов ОММ в отсутствие ЖС из-за высокой вязкости смеси увеличивает количество конгломератов и их диаметр и приводит к росту несвязанного железосодержащего материала. Добавки ЖС снижают вязкость прессуемой массы. Поэтому, размеры коагулянтов уменьшаются, а их количество увеличивается. Доля несвязанного железорудного материала снижается, и плотность прессовки возрастает. При малом количестве шламов ОММ в прессуемой массе преобладают коагуляционные структуры на основе ЖС. При повышенном количестве шламов ОММ в смесеобразовании участвуют два жидких вяжущих материала, образующих комбинированное связующее, которое формирует дисперсные коагулянты, интенсивно твердеющие в процессе выдержки. Если в смеси присутствует избыток шламов ОММ, например, более 4 – 6 %, то для их эффективного связывания и упрочнения всей массы потребуется увеличение содержания ЖС более 5 – 7 %. Таким образом, чтобы исключить наличие несвязанного жидким стеклом шлама ОММ, требуется на 1 % шламов ОММ подавать в смесь примерно 1,2 – 1,4 % ЖС. При этом следует учитывать, что общее содержание связующих компонентов в прессуемой массе может превысить значение 14 – 16 %, что на этапе прессования способно привести к перепрессовке, потере массы и потребует снижения давления прессования. В результате возможно снижение качества брикетов и металлургических свойств сырья. Результаты экспериментов показывают, что содержание шламов ОММ в составе прессуемой массы не должно превышать 2 – 4 %. Количество ЖС в прессуемой смеси следует ограничить значением 7 – 10 %.

Заключение. В результате экспериментов установили принципиальную возможность включения в состав брикетируемой железосодержащей массы шламов ОММ и ее эффективное упрочнение раствором жидкого стекла. Брикетируемая масса обладает повышенной пластичностью, исключая появление дефектов, трещин и разрывов. Процесс брикетирования обладает высокой технологичностью и позволяет получать металлургические брикеты стандартной прочности.

Библиографический список

1. Ожогин В.В. Основы теории и технологии брикетирования измельченного метал-

лургического сырья / В.В. Ожогин. – Мариуполь: – ПГТУ. – 2010. – 442 с.

2. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В. М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 345 с.

3. Патент № 2750432 Россия, МКИ⁷ C22B 1/24. Способ получения окатышей / В.М. Павловец – № 2020133386/02. Заявл. 09.10.2020; Оpubл. 28.06.2021. Бюл. №19 // Изобретения. Полезные модели. 2020. – № 19.

4. Евдокимов А.Ю. Комплексная схема переработки отработанных масел и смазок / А.Ю. Евдокимов А.Ю. [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия – 1990. 1. – С. 28–31.

5. Школьников В. М. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости / В. М. Школьников. – Москва : Химия, 1989. – С. 122–124.

6. Непогодьева А. В. Химический состав отработанного моторного масла / А. В. Непогодьева // ХТТМ. – 1974. – № 12. – С. 50–53.

7. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: СибГИУ, 2015. – 334 с.

8. Павловец В. М. Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии. – Новокузнецк: СибГИУ, 2019. – 386 с.

УДК 631.52(575.2)

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТЕХНОЗЕМОВ И РАСТЕНИЙ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ОАО АБАГУРСКОЙ АГЛОМЕРАЦИОННО-ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ, Г. НОВОКУЗНЕЦК

Захарова М.А., Водолеев А.С., Домнин К.И.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
Новокузнецк, Россия, marina-shentsova@mail.ru*

***Аннотация.** Материалы данной статьи включают полученные экспериментальные данные о химическом составе минерального субстрата хвостохранилища Абагурской аглофабрики и рекультивированных его участков – техноземов, куда были внесены осадки сточных вод (ОСВ) в качестве почвоулучшителей. Особый интерес представляют обнаруженные на изучаемом объекте тяжелые металлы и их соли, которые являются главным препятствием для создания устойчивого растительного покрова, способного предотвратить загрязнение пригородной зоны г. Новокузнецка. В статье также отражена динамика содержания тяжелых металлов на протяжении двух лет проведения рекультивационных работ с использованием ОСВ без добавления извести и в её присутствии.*

***Ключевые слова:** хвостохранилище, тяжелые металлы, осадки сточных вод, почвоулучшители, рекультивация, субстрат, техноземы, ПДК.*

CONTENT OF HEAVY METALS AND CHEMICAL COMPOSITION OF TECHNOZEMES AND PLANTS OF THE TAIL DEPOSIT OF OJSC ABAGUR AGRICULTURAL PROCESSING FACTORY, NOVOKUZNETSK

Zakharova M. A., Vodoleev A. S., Domnin K. I.

*Siberian State Industrial University,
Novokuznetsk, Russia, marina-shentsova@mail.ru*

***Abstract.** The materials of this article include the obtained experimental data on the chemical composition of the mineral substrate of the tailing dump of the Abagur sinter plant and its reclaimed areas - technozems, where sewage sludge (WWS) was introduced as soil improvers. Of particular interest are the heavy metals and their salts found at the object under study, which are*

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 3: ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ, ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ.....	4
КОМБИНИРОВАННАЯ НАПЛАВКА ПРОВОЛОКОЙ, СОДЕРЖАЩЕЙ НАНОПОРОШОК ВОЛЬФРАМА	
<i>Зернин Е.А., Козырев Н.А., Данилов В.И., Кузнецов М.А.....</i>	4
ИССЛЕДОВАНИЯ СВАРОЧНОГО ФЛЮСА ИЗГОТОВЛЕННОГО ИЗ ШЛАКА ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСИЛИКОМАРГАНЦА	
<i>Михно А.Р., Козырев Н.А., Громов В.Е., Усольцев А.А., Крюков Р.Е.</i>	11
ФАЗОВЫЙ СОСТАВ АДДИТИВНО ИЗГОТОВЛЕННОГО AL-MG СПЛАВА, ОБРАБОТАННОГО ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ	
<i>Гэн Я., Панченко И.А., Чэнь С., Иванов Ю.Ф., Коновалов С.В.</i>	16
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ОБРАЗОВАНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ ТРЕЩИН НА ПРОДОЛЬНОМ СВАРНОМ ШВЕ ТРУБЫ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА	
<i>Жуков Д.В., Коновалов С.В., Чэнь Д.....</i>	19
СЕЛЕКТИВНОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ЦЕМЕНТАТА ПРОИЗВОДСТВА ЗОЛОТА	
<i>ЗеляхЯ.Д., Краюхин С.А., Шунин В.А., Воинков Р.С., Тимофеев К.Л., Королев А.А., Мастюгин С.А., Кузьменко А.А.</i>	23
КОМПЛЕКСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГОРНО – МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ В СРЕДЕ АЗОТА	
<i>Малушин Н.Н., Громов В.Е., Романов Д.А., Бащенко Л.П., Ковалев А.П.</i>	28
ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ СТАЛИ МАРКИ 40Х МЕТОДОМ КОМБИНИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	
<i>Кашин С.С., Осколкова Т.Н., Шевченко Р.А.</i>	34
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ СИСТЕМЫ Fe-C-Si-Mn-Cr- W-V-Ti	
<i>Кибко Н.В., Козырев Н.А., Усольцев А.А., Михно А.Р., Сычев А.А.</i>	36
О МЕХАНИЗМЕ КАРБОТЕРМИЧЕСКОГО И КАРБИДОБОРНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ НЕКОТОРЫХ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ	
<i>Крутский Ю.Л., Крутская Т.М., Гудыма Т.С., Сквородин И.Н., Лапекин Н.И., Лазаренко Н.С., Шестаков А.А.</i>	41
ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРНОГО ДИАПАЗОНА ПРОЦЕССА СИНТЕЗА ПОРОШКОВОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА B_4C-CrB_2	
<i>Шестаков В.А., Гудыма Т.С., Крутский Ю.Л., Уваров Н.Ф., Крутская Т.М.</i>	45
РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДИБОРИДА ХРОМА НА ОСНОВЕ ПРОГРАММЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	
<i>Ширяева Л.С., Ноздрин И.В.....</i>	49
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВОВ ПАСТ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛИЗАЦИИ КЕРАМИКИ ИЗ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ	
<i>Непочатов Ю.К., Плетнев П.М., Кучумова И.Д.</i>	56
ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ДУГОВОГО ПЛАЗМЕННОГО РЕАКТОРА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ТУГОПЛАВКИХ ОКСИДОВ	
<i>Ноздрин И.В., Полях О.А., Ширяева Л.С., Строкина И.В., Шагиев Э.Р.</i>	62

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДА ВОЛЬФРАМА (III) В ДУГОВОМ ПЛАЗМЕННОМ РЕАКТОРЕ <i>Ноздрин И.В., Шагиев Э.Р., Строкина И.В., Аникин А.Е.</i>	66
Трибологические характеристики упрочненных поверхностей концентрированными потоками энергии сплава ВК10КС <i>Осколкова Т.Н., Симачев А.С., Фастыковский А.Р.</i>	70
Повышение надежности и долговечности деталей металлургического оборудования работающего в условиях интенсивного износа путем наплавки <i>Усольцев А.А., Козырев Н.А., Михно А.Р., Шевченко Р.А., Сычев А.А.</i>	74
Совершенствование технологии наплавки порошковой проволоки прокатных валков. <i>Полегешко С.А., Казарян Л.А., Комаров А.А., Михно А.Р., Шевченко Р.А.</i>	80
Порошковая проволока системы Fe-C-W-Cr-Si-V-Ti для восстановительной наплавки деталей, работающих в условиях высокотемпературного интенсивного износа <i>Козырев Н.А., Михно А.Р., Усольцев А.А., Сычев А.А., Козырева О.А.</i>	83
Модифицирование 3D принтера для изготовления металлических материалов по технологии проволоочно-дугового аддитивного производства <i>Розенштейн Е.О., Гомзяков Б.В., Осинцев К.А., Коновалов С.В.</i>	87
Высокоэнтропийные сплавы CoCrFeNiMn с прямым лазерным напылением: взаимосвязь между высотой осаждения пор <i>Су Ч., Коновалов С.В., Чэнь С.</i>	90
Влияние биоинертных покрытий на распределение напряжений на границе между имплантатом и костной тканью <i>Филяков А.Д., Соснин К.В., Романов Д.А.</i>	93
Исследование влияния термоограничителей на изменение формирования структуры наплавленных многослойных образцов из стали AISI 308LSI <i>Чинахов Д.А., Акимов К.О., Дубровский А.С., Рзаев Е.Д.</i>	100
СЕКЦИЯ 4: ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОС В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ И АГРЕГАТАХ. РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ	109
Анализ возможности снижения выбросов CO ₂ при замене углерода водородом в доменной плавке <i>Бородин А.В., Степанова А.А., Вохмякова И.С., Берсенев И.С., Гилева Л.Ю., Загайнов С.А.</i>	109
Опыт использования техногенных территорий для организации экологических исследований обучающихся СибГИУ <i>Водолеев А.С., Захарова М.А., Домнин К.И.</i>	115
Использование природных ресурсов Томской области в черной металлургии <i>Строкина И.В., Ноздрин И.В., Полях О.А., Якушевич Н.Ф.</i>	118
Исследование минералогического и фазового составов обезуглероженных слоев ковшевых алюмопериоклазоуглеродистых огнеупоров <i>Темлянцев М.В., Протопопов Е.В., Кувшинникова Н.И., Запольская Е.М., Темлянцева Е.Н., Бивол О.В.</i>	122
Переработка мазутных отходов тепловых электростанций <i>Кашеков Д.Ю., Гончаров К.В., Олюнина Т.В., Садыхов Г.Б., Смирнова В.Б.</i>	126

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАБОТЫ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В МЕТАЛЛУРГИИ И ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
<i>Нарский В.А., Смаковский В.Н., Лубяной Д.А</i>	129
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ СВОЙСТВ ОКУСКОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
<i>Павловец В.М.</i>	134
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОНВЕРТОРА ЗА СЧЕТ ТЕПЛА УХОДЯЩИХ ГАЗОВ	
<i>Стерлигов В.В., Гайдаш А.В.</i>	143
СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ НА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	
<i>Ермаков А.Ю., Сенкус Вас.В., Гизатулин Р.А., Сенкус Вал.В.</i>	147
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ НА ПЛОЩАДКЕ НЕФТЕПРОМЫСЛА	
<i>Соловьев А.К., Данилкин Д.О., Кошкина Г.К.</i>	151
РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ЭКОНОМАЙЗЕРОВ БЛЮМИНГА АО «ЕВРАЗ ЗСМК» Г. НОВОКУЗНЕЦКА	
<i>Соловьев А.К., Мотуз А.О., Кошкина Г.К.</i>	154
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА В ТЕХНОЛОГИИ БРИКЕТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ	
<i>Павловец В.М., Домнин К.И.</i>	159
СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТЕХНОЗЕМОВ И РАСТЕНИЙ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ОАО АБАГУРСКОЙ АГЛОМЕРАЦИОННО-ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ, Г. НОВОКУЗНЕЦК	
<i>Захарова М.А., Водолеев А.С., Домнин К.И.</i>	163
ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ЭНЕРГОГЕНЕРАЦИИ ПУТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ НИЗКОСОРТНЫХ УГЛЕЙ НА ПЛОЩАДКЕ РАЗРЕЗА	
<i>Мурко В.И., Черникова О.П., Сентюрев С.А, Амлин М.С.</i>	166
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ЦЕЛЬЮ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	
<i>Кузнецов В.А., Кузнецова Е.С.</i>	174
СЕКЦИЯ 5: АВТОМАТИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	182
АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ МЕТАЛЛА В СТАЛЕРАЗЛИВОЧНОМ КОВШЕ КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНОГО ЦЕХА № 2 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЯДЕРНЫХ ОЦЕНОК	
<i>Корнет М.Е, Раскина А.В, Корнеева А.А.</i>	182
МНОВОВАРИАНТНЫЕ АКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ	
<i>Киселева Т.В.</i>	189
ФРАКТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛОВ	
<i>Мышляев Л.П., Грачев В.В., Ивушкин К.А., Венгер К.Г.</i>	194
ГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ И МОДИФИКАЦИЯ МАТРИЦЫ ДВУХФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА	
<i>Стерлигов В.В.</i>	199

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРОКАТНОГО СТАНА РЕЛЬСОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ПО СИСТЕМЕ «ПЧ-СД» С ДВУХЗОННЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ СКОРОСТИ <i>Кузнецов В.А., Кузнецова Е.С., Зайцев Н.С.</i>	204
ПРИМЕНЕНИЕ НАТУРНО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПОДХОДА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ <i>Свинцов М.М., Мышляев Л.П., Макаров Г.В., Скударнова Н.В.</i>	213
ФОРМИРОВАНИЕ ДАННЫХ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ ТРЕНАЖЁРОВ ОПЕРАТОРОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ <i>Ляховец М.В., Макаров Г.В., Саламатин А.С.</i>	217
СЕКЦИЯ 6: ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ	225
ВАРИАНТЫ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТ ПОЛОМОК В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ И НЕДОСТАТОЧНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ <i>Артюх В.Г., Корихин Н.В., Чернышева Н.В., Чигарева И.Н.</i>	225
КРАТКИЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ШАРНИРНО-РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ <i>Гудимова Л.Н.</i>	232
ВНЕДРЕНИЕ САМОУСТАНОВЛИВАЮЩИХСЯ ПЛАНЕТАРНЫХ МОТОР-РЕДУКТОРОВ НА ПРИВОДАХ ВОЛОЧИЛЬНЫХ СТАНОВ СТАЛЕПРОКАТНОГО ЦЕХА АО «ЕВРАЗ ЗСМК» <i>Никитин А.Г., Герасимов С.П.</i>	240
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ДРОБИЛЬНЫХ МАШИН <i>Никитин А.Г., Шабунев М.Е., Курочкин Н.М.</i>	245
ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ УПОРНОГО ПОДШИПНИКА ЖИДКОСТНОГО ТРЕНИЯ С МАРТЕНСИТНЫМИ ВАЛИКАМИ <i>Никитин А.Г., Полищук С.В.</i>	248
РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ МНЛЗ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ <i>Савельев А.Н., Северьянов С.С., Макаров А.В.</i>	253
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТАЛОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИНЕРГЕТИЧЕСКИ ОРГАНИЗОВАННОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ. <i>Савельев А.Н., Савельева Е.А.</i>	259
ИССЛЕДОВАНИЕ ШТАНГИ ДЛЯ ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ ШПУРОВ С ПОПЕРЕЧНЫМ СЕЧЕНИЕМ В ФОРМЕ ТРЕУГОЛЬНИКА РЕЛО <i>Корнеев В.А., Корнеев П.А., Бедарев С.А., Кулебакин И.И.</i>	264
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ В МАТЕРИАЛЕ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА СИНЕРГЕТИЧЕСКИ ОРГАНИЗОВАННОЙ ЭМИССИИ ВОЛН НАПРЯЖЕНИЙ <i>Савельев А.Н., Анисимов Д.О., Карташов Р.Н.</i>	266
СЕКЦИЯ 7: ЭКОНОМИКО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ	273
АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ <i>Шипунова В.В., Климашина Ю.С.</i>	273
СОСТОЯНИЕ ЭКОНОМИКИ И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ РЕСУРСОДОБЫВАЮЩИХ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ НА ПРИМЕРЕ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Буланов Ю.Н.</i>	278

НЕКОТОРЫЕ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ <i>Ковалева Е.В., Цымбалюк М.В., Жданова Н.Г.</i>	286
НОРМИРОВАНИЕ ПРОСТОВ ВОЛОЧИЛЬНЫХ СТАНОВ <i>Фастыковский А.Р., Кадыков В.Н., Мусатова А.И.</i>	290
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАТИВНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА В ПРОКАТНЫХ ЦЕХАХ <i>Фастыковский А.Р., Мусатова А.И., Кадыков В.Н.</i>	296
ОЦЕНКА НОРМАТИВНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ЦЕХА <i>Гизатулин Р.А., Мусатова А.И., Лепихов В.С.</i>	302
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА <i>Куценко А.И., Кольчурина И.Ю.</i>	308
РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА <i>Черникова О.П., Златицкая Ю.А., Нестерова Т.В.</i>	313
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕКЛАМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ КОМПАНИЕЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ НЕИСПОЛЬЗУЕМЫХ АКТИВОВ <i>Черникова О.П., Шевченко А.А.</i>	321
АДАПТАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ВСТРАИВАНИЯ КАЧЕСТВА В ПРОЦЕСС ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКАХ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ <i>Булакина Е., Кетова А., Моисеев В., Почуфаров Д., Недзельская О., Бикинеева А.</i>	330

Научное издание

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО**
«Металлургия – 2021»

Труды XXII Международной научно-практической конференции

Часть 2

Под общей редакцией А.Б. Юрьева

Технический редактор	Г.А. Морина
Компьютерная верстка	Н.В. Ознобихина

Подписано в печать 20.10.2021 г.
Формат бумаги 60×84 1/16. Бумага офисная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 19,8 Уч.-изд. л. 22,1 Тираж 300 экз. Заказ № 235

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ