

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Администрация Правительства Кузбасса

Научно-образовательный центр мирового уровня «Кузбасс»

Сибирский государственный индустриальный университет

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО
*«Металлургия – 2022»***

***Труды
XXIII Международной научно-практической конференции***

23– 25 ноября 2022 г.

Часть 2

**Новокузнецк
2022**

Редакционная коллегия

д.т.н., академик РАН Л.А. Смирнов, д.т.н., доцент А.Б. Юрьев,
д.т.н., профессор С.В. Коновалов, д.т.н., профессор Е.В. Протопопов,
д.т.н., профессор А.Р. Фастыковский, д.т.н., доцент Д.А. Чинахов,
к.т.н. Р.А. Шевченко, к.т.н., доцент О.А. Полях,
к.т.н. Е.Н. Темлянцева, д.т.н., доцент В.В. Зимин

М 540 **Металлургия : технологии, инновации, качество : труды
XXIII Международной научно-практической конференции.
В 2 частях. Часть 2 / под общ. ред. А.Б. Юрьева, Сиб. гос. индустр.
ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2022. – 410 с. : ил.**

Труды конференции включают доклады по актуальным вопросам теории и практики металлургических процессов, технологий обработки материалов, автоматизации, ресурсо- и энергосбережения, экологии и утилизации отходов металлургического производства.

Конференция проводится ежегодно.

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»

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР МИРОВОГО УРОВНЯ «КУЗБАСС»

АО «КУЗБАССКИЙ ТЕХНОПАРК»

**ВОЗМОЖНОСТИ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО
ЗАРОДЫШЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ
ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ В ТЕХНОЛОГИЯХ
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ**

Павловец В.М.

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

***Аннотация.** Сформулированы новые возможности применения ресурсо и энергозамещающих материалов в производстве окатышей. Обоснованы принципы принудительного зародышеобразования в технике окомкования и показаны его технологические и ресурсосберегающие возможности. Проанализированы технические показатели новой технологии производства окатышей и физические параметры влажных окатышей и показана ее роль в повышении металлургических свойств окучкованного металлургического сырья. Представлены базовые схемы, отражающие производственные возможности теплосилового напыления влажной шихты на комкуемые материалы и ограждающие поверхности окомкователя. Приведены технологические и структурообразующие возможности базовых схем теплосилового напыления влажной шихты, содержащей минеральные техногенные добавки различного технологического назначения.*

***Ключевые слова:** железорудное сырье, техника и технология окомкования, окучкованное металлургическое сырье, железорудные окатыши, теплосиловое напыление влажной шихты, технологии ресурсо- и энергосбережения.*

**POSSIBILITIES OF FORCED NUCLEATION IN THE PRODUCTION OF
IRON ORE PELLETS IN RESOURCE SAVING TECHNOLOGIES**

Pavlovets V.M.

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

***Abstract.** New possibilities of using resource and energy-substituting materials in the production of pellets are formulated. The principles of forced nucleation in the pelletizing technique are substantiated and its technological and resource-saving possibilities are shown. The technical indicators of the new pellet production technology and the physical parameters of wet pellets are analyzed, and its role in improving the metallurgical properties of agglomerated metallurgical raw materials is shown. Basic schemes are presented that reflect the production capabilities of thermal power spraying of wet charge on lumpy materials and enclosing surfaces of the pelletizer. The technological and structure-forming ca-*

pabilities of the basic schemes of thermal power spraying of a wet charge containing mineral technogenic additives for various technological purposes are given.

Keywords: *iron ore raw materials, technique and technology of pelletizing, pelletized metallurgical raw materials, iron ore pellets, thermal power spraying of wet charge, resource and energy saving technologies.*

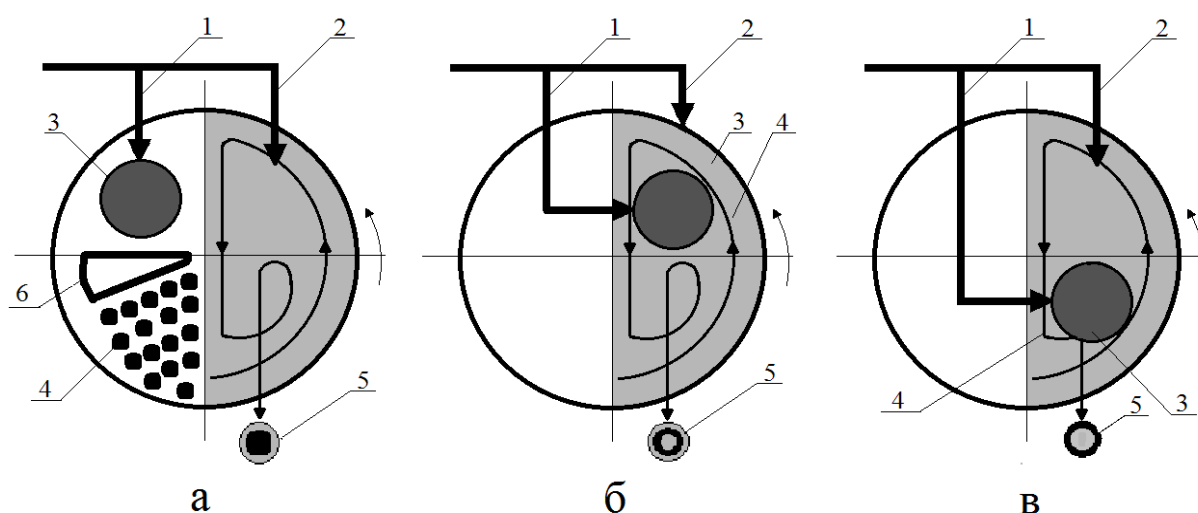
Технологии ресурсо- и энергосбережения, реализуемые в промышленности, в основном опираются на процессы переработки и утилизации промышленных отходов [1-2]. Частичная замена минерального железорудного сырья на железосодержащие отходы металлургического производства (шламы, пыли, просыпи, окалина и др.) позволяет снизить себестоимость первичного металла и металлопродукции. Основным требованием к железосодержащим материалам в производстве железорудных окатышей является регламентированный минеральный состав и предельный размер частиц, который, как правило, не должен превышать 0,1 мм. Введение в шихту материалов с более высокими размерами частиц приводят к нарушению стабильности процесса окомкования [1-2]. Задачей окомкования является получение округлой формы у окатышей и формирование максимально возможной прочности, позволяющей выполнять транспортные операции с влажными окатышами без разрушения. Процесс формообразования влажной шихты в производстве окатышей начинается с зародышеобразования и заканчивается доокомкованием зародышей [3]. В последнее время предложено расширить функциональные возможности участка окомкования с помощью теплосилового напыления влажной шихты на комкуемые материалы и ограждающие поверхности окомкователя, придав ему дополнительные формо- и структурообразующие функции при формировании окатышей [4-7].

Одним из способов производства окатышей с расширенными функциональными возможностями является получение окатышей по двухступенчатой технологии, одна из ступеней которой позволяет формировать значительную часть объема окатышей теплосиловым напылением влажной шихты на стадии окомкования [1-3]. В качестве структуро- и формообразующего энергоносителя в этой технологии используется холодный или нагретый до 100-150 °С сжатый воздух, который позволяет сформировать зародышеобразующий напыленный слой (НС) шихты практически на любой шихтовой или металлической поверхности [8-9]. В технологию производства сырых окатышей на основе теплосилового напыления (Н) шихты включены операции окомкования шихты (О) и доокомкования (Д) зародышей (З). Разработанные процессы легко внедряются на действующем производстве с минимальным уровнем реконструкции, позволяющие при необходимости легко вернуться к традиционной технологии (ЗО), основанной на капельном зародышеобразовании и доокомковании в режиме переката. Техника напыления сжатыми газами широко применяется в различных производственных процессах [2, 3, 8]. Технологии на основе напыления обладают рядом технологических преимуществ и имеют широкий спектр управляющих воздействий, как в самом производстве, так и в процессе улучшения и расширения потребительских

свойств обрабатываемых изделий. Это в полной мере относится к производству окатышей, где использование метода напыления влажной шихты воздушно-шихтовой струей (ВСШ) открывает большие возможности для воздействия на структуру зародышей и окатышей с помощью разнообразных технологических добавок.

Целью работы явился сравнительный анализ технологий теплосилового напыления влажной шихты на комкуемые материалы и ограждающие поверхности окомкователя и применения их в технике ресурсо- и энергосбережения.

Базовые схемы производства окатышей на основе технологий теплосилового напыления влажной шихты на стадии окомкования показаны на рисунке 1. Опытным путем отработаны многочисленные полупромышленные технологии, которые успешно исследованы в лабораторных условиях и показали высокую практическую эффективность.



1, 2 – самостоятельные потоки загружаемой шихты; 3 – напыленный слой (позиция а), область напыления в слое комкуемых материалов (позиции б, в); 4 – зародыши; 5 – годные окатыши ; 6 – делитель НС

Рисунок 1 – Схемы получения окатышей на основе теплосилового напыления влажной шихты на шихтовый гарнисаж тарельчатого окомкователя (технология ЗНД) – а и комкуемые материалы – б, в (технологии ЗОН, ЗОНД)

Основные технические показатели указанных технологий в сравнении с традиционной технологией (ЗО) приведены в таблице 1 [8-10].

Подавляющее количество технических решений на основе теплосилового метода напыления имеют охранные документы [8-9].

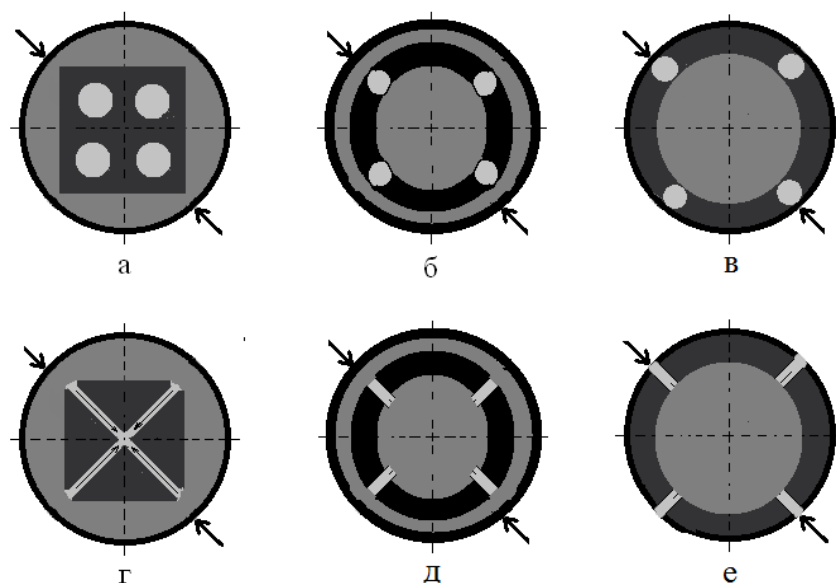
Вероятные структурные схемы двухслойных окатышей и схема взаимодействия технологического газа с рудным каркасом железорудных окатышей, полученных по технологиям ЗНД, показаны на рисунке 2 а, г, ЗОНД – б, д и ЗОН – в, е. Структурные схемы окатышей с преобладанием закрытых пор приведены в позициях а, б, в (рисунок 2). В позициях с; г, д, е (рисунок 2) приведены структурные схемы окатышей с преобладанием открытых пор.

Таблица 1 – Технические показатели технологий получения окатышей на основе теплосилового напыления шихты

Технические показатели	Технологии получения окатышей			
	ЗО	ЗНД	ЗОНД	ЗОН
Площадь напыления, % от площади тарели	-	30-40	20-30	15-25
Площадь, занятая комкуемыми материалами, %	40-50	70-90	40-50	40-50
Относительная производительность, %	100	115-130	105-115	110-125
Массовая доля напыленного материала в структуре окатышей, %	-	до 60	до 30	до 50
Эффективность напыления, %	-	до 90	до 70	до 50
Скорость прироста массы окатышей, г/с	0,01-0,03	0,08-0,24	0,05-0,14	0,08-0,31
Снижение влажности окатышей после окомкования, %	-	0,4-1,2	0,4-1,0	0,5-0,9
Интенсивность влагоудаления в процессе формообразования зародышей, кг/(м ² · с)	-	(4-8) · 10 ⁻³	(5-10) · 10 ⁻³	(5-10) · 10 ⁻³
Температура трещинообразования, 0С	550-580	600-740	580-650	580-620
Общая пористость окатышей, %	23-28	28-35	26-32	28-34
Количество открытых пор, %	20-25	25-30	22-26	24-28
Относительная прочность окатышей, %	100	90-110	90-100	85-95

В технологиях ЗОН и ЗОНД зародышами являются полусформованные окатыши размером от 4 до 12 мм. По технологии ЗОНД на поверхности зародышей размером 4-7 мм в процессе напыления создается промежуточный напыленный слой шихты, масса которого может достигать 50 % (рисунок 1, б). Причем для формирования напыленного слоя шихты можно организовать несколько проходов окатышей через отдельную зону напыления, либо расширить последнюю, используя многоструйное или циклическое напыление [2-3]. При этом площадь, занятая комкуемыми материалами на гарнисаже окомкователя, и расстояние, пройденное зародышами при формообразовании в режиме переката на тарели окомкователя, способны возрасти на 5–10 % за счет искривления траектории движения, деформации и выдавливания слоя окатышей в холостую зону агрегата. В процессе ЗОН на поверхности гранул размером 8–12 мм, сгруппированных в циркуляционной зоне окомкователя, на комкуемых материалах напылением влажного материала формируется шихтовая оболочка. В этой технологии напыление является заключительной стадией, после которой окатыши достигают кондиционных размеров (14–16 мм) (рисунок 1, в). Прочность поверхностной оболочки можно повысить на 5–15 % по сравнению с технологией ЗО, исполь-

зую более высокие параметры напыления. В этих технологиях отсутствуют механические элементы сопровождения, но эффективность напыления, массовая доля напыленного слоя в окатышах и часть технологических характеристик имеют более низкие значения, чем в процессе ЗНД.



В позиции: а, б, в – схема окатышей с закрытыми порами;

г, д, е – схема окатышей с открытыми порами.

На рисунках: черное – область окатыша, полученная теплосиловым напылением влажной шихты, серое – область окатыша, полученная окомкованием влажной шихты в режиме переката, белое – поры окатыша

Рисунок 2 – Структурные схемы двухслойных окатышей и схема взаимодействия технологических газов с рудным каркасом железорудных окатышей, полученных по технологиям ЗНД – а, г, ЗОНД – б, д и ЗОН – в

Наиболее изучен и успешно реализован в лабораторных условиях процесс получения окатышей на основе технологии принудительного зародышеобразования (ЗНД), в котором зародышевая часть окатышей и ее структура формируются теплосиловым напылением влажной шихты на шихтовый гарнисаж в холостой зоне окомкователя. В этой технологии у зародышей формируется пониженная влажность и благоприятная поровая структура с повышенным количеством открытых пор, для которой можно допустить некоторое снижение прочности центральной части окатыша. Относительно низкую прочность зародышей можно компенсировать более высокой прочностью оболочки окатыша. В этой части технологии для получения зародышей можно использовать железосодержащие материалы, имеющие частицы с более крупными размерами (до 0,2-0,3 мм), труднокомкуемые и гидрофобные добавки, использовать разнообразные жидкие и сыпучие технологические отходы, играющие роль восстановителей, поро- и структурообразующих, и энерго- и ресурссберегающих и топливных добавок. Эти материалы практически невозможно сформовать при окатывании многокомпонентной массы в режиме переката. Эти добавки имеют разнообразное функциональ-

ное назначение, часть из которых представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Особенности структуры и назначение технологических добавок в шихте окатышей

№	Наименование добавок	Особенности структуры добавок	Назначение добавок
	Грубодисперсные железосодержащие	Размер частиц более 0,2 мм	Ресурсозамещение
	Сыпучие углеродсодержащие	Гидрофобность по отношению к воде и водным растворам	Ресурсо- и энергозамещение, восстановители
	Жидкие углеводороды и смеси	Повышенная вязкость по отношению к воде и водным растворам	Ресурсо- и энергозамещение, восстановители
	Древесные частицы растительного и технологического происхождения	Анизотропия поверхностных свойств древесины	Поро- и структурообразование, ресурсо- и энергозамещение, восстановители
	Твердожидкостные растворы различного технологического происхождения	Различная вязкость по отношению к воде и водным растворам и анизотропия поверхностных свойств	Офлюсование и формирование вяжущих свойств у комкуемой массы

Для получения кондиционных окатышей предусмотрены операции механического деления НС на зародыши, сфероидизации зародышей и их доокомкования в режиме переката. Технические показатели технологии ЗНД и окатышей имеют максимальные величины (таблица 1). У зародышеобразующего слоя в широких пределах можно менять прочность, общую пористость, влажность и его структуру. Специфическое силовое поле, формируемое ВШС на поверхности напыленного слоя, позволяет повысить количество открытых пор и уменьшить их извилистость. Причем указанный характер пористости сохраняется и после высокотемпературного обжига [9]. Преимущественное формирование открытых и малоизвилистых пор (до 35–40 % у зародышей) благоприятно сказывается на повышении реакционной способности окускованного сырья и предполагает при металлизации сырья более высокую скорость восстановления [9-10]. Предложенная технология обладает широким набором методов воздействия на структурные свойства получаемых окатышей и производственные параметры окомкователя, включая использование ресурсо- и энергозамещающих материалов с дифференциальным распределением размеров частиц.

Выводы. Проанализированы новые возможности технологии принудительного зародышеобразования в производстве окатышей на основе ресурсо и энергозамещающих материалов. Обоснованы принципы теплосилового напыления влажной шихты в технике окомкования и показаны его техноло-

гические и ресурсосберегающие возможности.

Библиографический список

1. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В. М. Павловец. – Москва : Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 284 с.
2. Павловец В.М. Расширение функциональных возможностей агрегатов для подготовки железорудного сырья к металлургической плавке / В. М. Павловец. – Москва : Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 328 с.
3. Павловец В.М. Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии / В. М. Павловец. – Москва : Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 336 с.
4. Патент № 2750432 Российская Федерация, МКИ8 С22В 1/24. Способ получения окатышей / В.М. Павловец – № 2020133386/02, Заявл. 09.10.2020; Оpubл. 28.06.2021. Бюл. №5 //Изобретения. Полезные модели. 2021. – №19.
5. Патент № 2768073 Российская Федерация, МКИ8 С22В 1/24. Способ получения окатышей / В.М. Павловец – № 2021130684/02, Заявл. 20.10.2021; Оpubл. 23.03.2022. Бюл. №9 //Изобретения. Полезные модели. 2022. – №9.
6. Патент № 2698000; Российская Федерация, МКИ8 С22В 1/24. Способ получения окатышей / В.М. Павловец – № 2019117140/02, Заявл. 03.06.2019; Оpubл. 21.08.2019. Бюл. №24 //Изобретения. Полезные модели. 2019. – №24.
7. Патент № 2743435 Российская Федерация, МКИ8 С22В 1/24. Способ получения окатышей / В.М. Павловец – № 2020104648/02, Заявл. 31.01.2020; Оpubл. 18.02.2021. Бюл. №5 //Изобретения. Полезные модели. 2020. – №5.
8. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Москва: Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 268 с.
9. Интенсификация производства и улучшение качества окатышей / Ю.С. Юсфин [и др.]. – Москва: Металлургия, 1994.– 240 с.
10. Ожогин В.В. Основы теории и технологии брикетирования измельченного металлургического сырья / В.В. Ожогин. – Мариуполь: ПГТУ, 2010. – 442 с.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 3: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ	4
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ НАПЛАВЛЕННЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ТЕПЛООТВОДА <i>Чинахов Д.А., Акимов К.О., Полегешко С.А.</i>	4
ВИХРЕВОЕ ТЕЧЕНИЕ В КАПЛЕ ПРИ ЭЛЕКТРОСВАРКЕ <i>Сарычев В.Д., Чинахов Д.А., Грановский А.Ю., Устюжанин С.В., Сарычев Д.В., Коновалов С.В.</i>	12
ВЛИЯНИЕ ВЫСОТЫ НАПЫЛЕНИЯ НА СОСТАВ И МИКРОСТРУКТУРУ СПЛАВОВ AL-5SI, ПОЛУЧЕННЫХ ПУТЕМ АДДИТИВНОЙ ПЕЧАТИ МЕТОДОМ ДУГОВОЙ СВАРКИ <i>Су Ч., Коновалов С.В., Чэнь С., Хуанг Л.</i>	18
ИССЛЕДОВАНИЯ СВАРОЧНОГО ФЛЮСА, ИЗГОТОВЛЕННОГО ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ <i>Михно А.Р., Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Жуков А.В., Бендре Ю.В.</i>	22
ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЛАВОВ А5М, ВТ-1, С2 ПОДВЕРГНУТЫХ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКЕ <i>Шляров В.В., Серебрякова А.А., Аксенова К.В., Загуляев Д.В., Устинов А.М.</i>	27
РАЗРАБОТКА НАПЛАВОЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ SN-SB-CU ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ <i>Михеев Р.С., Калашников И.Е., Катин И.В., Быков П.А.</i>	35
ИССЛЕДОВАНИЕ ОБШИРНОЙ ДИФфуЗИОННОЙ ЗОНЫ, СФОРМИРОВАННОЙ НА УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ В ИНДУКЦИОННОЙ ПЕЧИ <i>Шевчук Е.П., Плотников В.А., Макаров С.В.</i>	40
РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ <i>Федоров В.В., Клименов В.А., Черепанов Р.О.</i>	49
ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА AL-CO-CR-Fe-MN-Ni С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОВОЛОЧНО-ДУГОВОЙ АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ <i>Осинцев К.А., Коновалов С.В., Иванов Ю.Ф., Громов В.Е., Панченко И.А., Воробьев С.В., Бессонов Д.А.</i>	56
КАВИТАЦИОННОЕ РАЗРУШЕНИЕ ИНТРЕМЕТАЛЛИДНОГО ГАЗОДЕТОНАЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ Ti-AL <i>Яковлев В.И., Собачкин А.В., Логинова М.В., Мясников А.Ю., Барсуков Р.В.</i>	61
ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СВАРКИ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В УСЛОВИЯХ ДВУХСТРУЙНОЙ ГАЗОВОЙ ЗАЩИТЫ НА СТРУКТУРУ И МИКРОТВЕРДОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СТАЛИ 45 <i>Чинахов Д.А., Рзаев Э.Д.</i>	70
ОСОБЕННОСТИ СПЛАВЛЕНИЯ, СТРУКТУРО- И ФАЗООБРАЗОВАНИЯ И СВОЙСТВ ПОРОШКОВЫХ И ПРОВОЛОЧНЫХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ, ФОРМИРУЮЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ <i>Клименов В.А., Федоров В.В., Черепанов Р.О., Хань Ц., Стрелкова И.Л.</i>	80
ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МАТРИЦЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОМ АДДИТИВНОМ ПРОВОЛОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	88
<i>Колубаев Е.А., Рубцов В.Е., Чумаевский А.В., Панфилов А.О., Зыкова А.П., Осипович К.С., Николаева А.В., Добровольский А.Р., Утяганова В.Р., Шамарин Н.Н., Никонов С.Ю.</i>	88

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГЛУБИНЫ РЕЗАНИЯ И РАДИУСА РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ ИНСТРУМЕНТА НА ОБРАЗОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И МИКРОСТРУКТУРУ ПЕРИФЕРИЙНОЙ ЗОНЫ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ ЗАКАЛЕННЫХ СТАЛЕЙ	
<i>Джигвишов В.Ф., Рзаев Э.Д.</i>	98
МИКРОСТРУКТУРА КЕРАМИКИ V_4C-CrV_2 , СИНТЕЗИРОВАННОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОВОЛОКНИСТОГО УГЛЕРОДА	
<i>Дик Д.В., Гудыма Т.С., Филипов А.А., Крутский Ю.Л.</i>	107
ПОВЕРХНОСТЬ РАЗРУШЕНИЯ И СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТАЛЛА СВАРНЫХ ШВОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФЛЮСА НА ОСНОВЕ ШЛАКА СИЛИКОМАРГАНЦА И ФД-УФС	
<i>Крюков Р.Е., Михно А.Р., Жуков А.В., Бендре Ю.В.</i>	114
ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ПОЛЗУЧЕСТИ И МИКРОТВЕРДОСТИ ТЕХНИЧЕСКИ ЧИСТОГО СВИНЦА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ С ИНДУКЦИЕЙ 0,5 ТЛ	
<i>Серебрякова А.А., Загуляев Д.В., Шляров В.В.</i>	121
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ МЕДИ НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ С ОСНОВОЙ МЕТАЛЛА ПРИ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОЙ ОБРАБОТКЕ	
<i>Будовских Е.А., Романов Д.А., Филяков А.Д., Бащенко Л.П., Ионина А.В.</i>	126
ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ИЗНОСА ПУТЕМ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНО СОДЕРЖАЩЕЙ ПОРОШОК ТИТАНА	
<i>Киселев П.В., Комаров А.А., Михно А.Р., Дробышев В.К.</i>	131
ОБ ИЗГОТОВЛЕНИИ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ТУГОПЛАВКИХ БЕСКИСЛОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В СИСТЕМАХ V_4C-MeV_2 ($Me = Ti, Cr, Zr$)	
<i>Гудыма Т.С., Крутский Ю.Л., Крутская Т.М., Дик Д.В., Шестаков А.А., Апарнев А.И., Логинов А.В.</i>	138
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛИЗАЦИИ КЕРАМИКИ ИЗ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ	
<i>Непочатов Ю.К., Плетнев П.М.², Гудыма Т.С.</i>	143
ПЕРСПЕКТИВЫ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫМ МАТЕРИАЛОМ МЕТОДОМ ЭШН	
<i>Быстров В.А.</i>	149
ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВА AL7075 ПОСЛЕ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ	
<i>Дробышев В.К., Михно А.Р., Панченко И.А., Лабунский Д.Н.</i>	158
СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ Mo-Au	
<i>Филяков А.Д., Романов Д.А., Соснин К.В., Московский С.В.</i>	162
ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПРОКАТА ИЗ ОТБРАКОВКИ ЗАГОТОВОК РЕЛЬСОВЫХ СТАЛЕЙ	
<i>Уманский А.А., Симачев А.С., Думова Л.В.</i>	168

СЕКЦИЯ 4: РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА, ОХРАНА ТРУДА.....	176
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕГО КОНЦЕНТРАТА, ВЫДЕЛЕННОГО ИЗ УГЛЕОТХОДОВ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ <i>Шеховцов В.В., Скрипникова Н.К., Улмасов А.Б., Куниц О.А.</i>	<i>176</i>
ПРОВЕРКА ЗНАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ОХРАНЫ ТРУДА И КРИТЕРИИ ГОТОВНОСТИ РАБОТНИКА К БЕЗОПАСНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ <i>Чернов К.В.</i>	<i>182</i>
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРИРОСТА МАССЫ ШИХТОВЫХ АГРЕГАТОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ БРИКЕТОВ <i>Павловец В.М., Домнин К.И.</i>	<i>193</i>
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА БРИКЕТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ И СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ, ПОДВЕРГНУТЫХ ИЗБИРАТЕЛЬНОМУ СМЕШИВАНИЮ <i>Павловец В.М., Домнин К.И.</i>	<i>203</i>
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВОВ КОМПОЗИЦИЙ С МИКРОКРЕМНЕЗЕМОМ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРИСТОГО СТЕКЛОКОМПОЗИТА <i>Скирдин К.В., Казьмина О.В.</i>	<i>211</i>
РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ КУЗНЕЦКОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА <i>Баженова Н.Н., Водолеев А.С., Гибадуллин Р.М.</i>	<i>219</i>
КЕДР КАК ОБЪЕКТ РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ В УСЛОВИЯХ КУЗБАССА <i>Водолеев А.С., Захарова М.А., Толстикова А.Ф., Баженова Н.Н.</i>	<i>227</i>
АГРОТЕХНИКА ВЫРАЩИВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ <i>Водолеев А.С., Захарова М.А., Постельников В.Н., Ким В.И., Бондарев М.Р.</i>	<i>232</i>
СИСТЕМА ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОБИОМОНИТОРИНГА ПРИ КОНСЕРВАЦИИ СКЛАДИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА <i>Захарова М.А., Водолеев А.С., Лубенцева Ю.А., Толстикова А.Ф., Баженова Н.Н.</i>	<i>240</i>
ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ <i>Корнилов Д.А., Водолеев А.С., Грибкова Е.О., Гибадуллин Р.М., Конаков С.В.</i>	<i>247</i>
ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАВАЮЩЕГО ВОДНОГО РАСТЕНИЯ ЭЙХОРНИИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, ОБРАЗОВАННЫХ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ <i>Гашикова А.О., Михайличенко Т.А.</i>	<i>259</i>
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Г. НОВОКУЗНЕЦКА И ВОЗМОЖНОСТИ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ <i>Коноплев Д.Д., Коротков С.Г., Домнин К.И.</i>	<i>265</i>
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА В МЕТАЛЛУРГИИ <i>Вахтарова К.О., Михайличенко Т.А.</i>	<i>274</i>
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ АССОРТИМЕНТА И КАЧЕСТВА УГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ ПУТЕМ ТЕРМООБРАБОТКИ УГЛЕЙ <i>Мурко В.И., Карпенков В.И., Темлянцева Е.Н., Аникин А.Е.</i>	<i>279</i>
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ <i>Грибкова Е.О., Водолеев А.С., Гибадуллин Р.М., Конаков С.В., Корнилов Д.А., Макшанов Д.В.</i>	<i>289</i>

РОЛЬ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В МЕТАЛЛУРГИИ <i>Волченкова О.А., Михайличенко Т.А.</i>	297
ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШЛАМОВ В КАЧЕСТВЕ ДОБАВКИ К АГЛОСИХТЕ <i>Урусов Д.Н., Михайличенко Т.А.</i>	306
РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ГАЗООЧИСТКИ ЗА ПАРОГЕНЕРАТОРАМИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ТЭЦ ФИЛИАЛА АО «ЕВРАЗ ЗСМК» ПУТЕМ ЗАМЕНЫ ГАЗООЧИСТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ <i>Големинов С.П., Михайличенко Т.А.</i>	314
ВОЗМОЖНОСТИ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ЗАРОДЫШЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ В ТЕХНОЛОГИЯХ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ <i>Павловец В.М.</i>	322
ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ОКОМКОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНОЙ ШИХТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОКАТЫШЕЙ, СОДЕРЖАЩЕЙ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ДОБАВКИ <i>Павловец В.М.</i>	329
АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ <i>Романова В.А., Дробышев В.К.</i>	338
ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСА ВЗАИМОВОСТРЕБОВАННЫХ УСТАНОВОК С ЦЕЛЬЮ ЭКОНОМИИ ТОПЛИВА НА СТАДИИ ДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ <i>Филиппов В.А.</i>	344
СЕКЦИЯ 5: АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ	352
АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ТОКОВОЙ НАГРУЗКИ ИНДУКЦИОННОЙ ПЕЧИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРИ МОНТАЖЕ ОБОЖЖЕННЫХ АНОДОВ <i>Немчинова Н.В., Тузов А.В., Геройменко А.В., Анончук И.И.</i>	352
ИДЕНТИФИКАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ С ЗАВИСИМЫМИ ОТ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СВОЙСТВАМИ <i>Свинцов М.М., Скударнова Н.В., Ивушкин К.А., Макаров Г.В., Мышляев Л.П.</i>	358
ЗАДАЧА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ СО СТРУКТУРНОЙ НЕСТАЦИОНАРНОСТЬЮ <i>Загидулин И.Р., Мышляев Л.П., Макаров Г.В., Свинцов М.М.</i>	363
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ <i>Коровин Д.Е., Грачев В.В., Макаров Г.В., Кулюшин Г.А., Скударнова Н.В.</i>	369
МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕЛЕЙНО-КОНТАКТОРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА КАНТОВАНИЯ УГОЛЬНОГО ВАГОНООПРОКИДЫВАТЕЛЯ НА СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ "ПЧ-АД" <i>Клевицов С.А., Модзелевский Д.Е.</i>	376
СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ, ПРОГРАММНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ <i>Макаров Г.В., Мышляев Л.П., Чинахов Д.А., Ивушкин К.А.</i>	384
ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ УДАЛЕННОЙ ПУСКОНАЛАДКИ НА КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ <i>Кулюшин Г.А., Мышляев Л.П., Грачев В.В., Коровин Д.Е.</i>	391
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ПРОГРАММНО-ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА «АЛЮМИНИШНИК» ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В МИКСЕРЕ ЛИТЕЙНОГО ОТДЕЛЕНИЯ <i>Мартусевич Е.А., Рыбенко И.А.</i>	400

Научное издание

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО**
«Металлургия – 2022»

Труды XXIII 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 16.11.2022 г.

Формат бумаги 60×84 1/8. Бумага офисная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 24,0 Уч.-изд. л. 26,4 Тираж 300 экз. Заказ № 296

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, Кемеровская область – Кузбасс, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ