Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет»

НАУКА И МОЛОДЕЖЬ: ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЫПУСК 28

Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых 15 – 16 мая 2024 г.

ЧАСТЬ II

Под общей редакцией профессора С.В. Коновалова

Новокузнецк
2024

ББК 74.48.288
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Коновалов С.В.,
д-р техн. наук, профессор Кулаков С.М.,
канд. техн. наук Шевченко Р.А.,
канд. техн. наук, доцент Темлянцева Е.Н.,
канд. техн. наук, доцент Баклушина И.С.,
канд. техн. наук, доцент Князькина О.В.,
канд. техн. наук, доцент Кольчурина И.Ю.

Н 340 Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 15–16 мая 2024 г. Выпуск 28. Часть II. Технические науки / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет ; под общ. ред. С.В. Коновалова – Новокузнецк; Издательский центр СибГИУ, 2024. – 466 с. : ил.

ISSN 2500-3364

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Вторая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области металлургических процессов, технологий, материалов и оборудования, экологии, безопасности, рационального использования природных ресурсов, теории механизмов, машиностроения и транспорта, актуальных проблем строительства, стандартизациии и сертификации, управления качеством и документоведения, применения технологий бережливого производства в организациях, информационных технологий и систем автоматизации управления.

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный индустриальный университет, 2024

удара до использования магнитного сепаратора.

При включении генератора высокой частоты за счет действия постоянного магнитного поля на все магнитные частицы будут воздействовать магнитострикционные силы (изменение размеров магнитных частиц с частотой изменения поля). При подобранной частоте возникает магнитострикционный резонанс и это позволит отделить магнитные материалы от налипших немагнитных или стряхнуть мелкие магнитные образования с поверхности немагнитных. Таким образом, можно увеличить количество железо содержащих продуктов, которые отсортирует магнитный сепаратор. При включении электроимпульсной установки при наличии в золошлаковой пульпе будут возникать мощные гидроудары, которые также будут способствовать разделению проводников и диэлектриков, что тоже повлияет на повышение концентрации железа после магнитного сепаратора. Кроме того, возникающая электрическая дуга возможно создаст условия спекания металлов и увеличит размеры магнитных образований.

Библиографический список

1. Шпирт М.Я. Безотходная технология. Утилизация отходов добычи и переработки твердых горючих ископаемых / Под ред. Б.Н. Ласкорина. – М.: Недра,1986. – 254 с.

УДК 621.791.048

СЭМ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В НАПЛАВЛЕННОМ СЛОЕ, ИЗГОТОВЛЕННОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЛЮСА НА ОСНОВЕ ШЛАКА СИЛИКОМАРГАНЦА

Михно А.Р., Сычев А.А., Жуков А.В., Перов С.С., Растимешин Е.М., Дробышев В.К., Крюков Р.Е.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, e-mail: mikno-mm131@mail.ru

Представлены результаты всестороннего изучения наплавленного слоя изготовленного путем дуговой наплавки под разработанным флюсом на основе техногенного сырья от производства ферросиликомарганца (шлак силикомарганца). Изучен химический состав наплавленного слоя, а также проведено исследование состава неметаллических включений наплавленного слоя. Проведен сравнительный анализ наплавленного образца под флюсом марки АН-348А.

Ключевые слова: наплавка; сварочный флюс; покрытие; химический состав; неметаллические включения; сканирующий электронный микроскоп.

В настоящее время разработки новых сварочных флюсов и флюс-добавок активно занимаются Российские ученые. Так, например, ученые из

Пермского края занимаются исследования применимости минерального сырья и техногенных образований Пермского края для создания сварочных материалов[1]. Ученые из Дальневосточного федерального округа ведут разработку и исследование плавленно-керамического сварочного флюса из минерального сырья Дальневосточного региона для наплавки и восстановления изношенных деталей из низколегированных и углеродистых сталей [2].

Большую перспективу имеет и разработанный флюс на основе техногенного сырья из отходов производства ферросиликомарганца [3-5]. Шлак силикомарганца является техногенным отходом металлургического производства при производстве Ферросиликомарганца марок МнС17, МнС22. При этом в настоящее время шлак силикомарганца используется как шлакощебеночная продукция различных фракций для производства цементов, дорожного строительства, бетонов, минеральной ваты и т.д. Немаловажен и тот факт, что шлак от производства ферросиликомарганца, имеет в своем составе такие компоненты, которые в настоящее время, используются при производстве сварочных флюсов. При этом следует отметить, что все применяемые в настоящее время сварочные материалы базируются на использовании первородного сырья, а не отходов металлургического производства, что влияет на себестоимость изготавливаемой продукции, и в свою очередь вызывает научный интерес в применении этих отходов в качестве сварочных материалов.

В лабораторных условиях НПЦ «Сварочные процессы и технологии» проведена наплавка образцов под разработанным флюсом. Наплавка производилась на стальную подложку из низкоуглеродистой стали с использованием сварочного трактора AOTAI ASAW-1250. В качестве присадочного материала использовалась проволока сплошного сечения Св-08ГА. Дополнительно была проведена наплавка сравнительного образа наплавленного под флюсом марки АН-348А.

Для проведения наплавки использовались флюсы, изготовленные из техногенного сырья от производства ферросиликомарганца с содержание MnO 12-16 % Химический состав которых представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав флюса на основе шлака производства силикомарганца

Массовая доля элементов, %												
FeO	MnO	CaO	SiO_2	Al_2O_3	MgO	S	P	ZnO	C	F	TiO_2	Cr_2O_3
0,55	16,41	28,34	41,45	6,64	1,50	0,22	0,021	0,013	0,028	0,18	0,15	0,047

После проведения наплавки проводилась вырезка исследуемых образцов наплавленного металла для проведения следующих испытаний: определение химического состава, исследование состава неметаллических включений (СЭМ исследования).

Химический состав исследуемых образцов приведен в таблице 2.

Таблица 2 - Химический состав используемых флюсов

Флюс	Массовая доля элементов, %										
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Ti	Mo	Al	S	P
На основе шлака SiMn	0,07	0,58	1,20	0,03	0,80	0,16	0,002	0,30	0,007	0,023	0,010
АН-348А	0,08	0,50	1,20	0,03	0,85	0,16	0,012	0,32	0,015	0,006	0,020

Результаты химического анализа наплавленных образцов близки по составу, единственным выявленным отличием, является повышенное содержание серы в наплавленных слоя изготовленных под разрабатываемым флюсом.

С использованием сканирующего электронного микроскопа (Лаборатория электронной микроскопии и обработки изображений «СибГИУ») были проведены исследования состава неметаллических включений наплавленных образцов.

Перед проведением оценки состава неметаллических включений наплавленных слоев были проведены исследования основного металла (подложки) из стали 09Г2С. Результаты которых указывают на не большую загрязненность стали неметаллическими включениями. При проведении анализа состава неметаллических включений выявлено что в составе неметаллического включения в большей степени присутствуют следующие элементы: O, Al, Fe.

После проведения оценки загрязненности подложки из стали 09Г2С неметаллическими включениями были проведены исследования загрязненности наплавленных слоев, выполненных под исследуемыми флюсами. В качестве флюса сравнения был использован флюс марки АН-348А.

При проведении анализа химического состава неметаллических включений (таблица 3) наплавленного слоя под флюсом АН-348А выявлены в наибольшем объеме следующие компоненты: O, Mn, Si, Al, Fe.

Таблица 3 – Суммарный спектр карты. Химический состав неметаллического включения в подложке из стали 09Г2С

Суммарный спектр карты				
Элемент	Тип линии	Вес %	Сигма вес %	Атом. %
O	K-серия	20.89	0.80	42.56
Al	K-серия	9.25	0.38	11.17
Si	K-серия	8.93	0.34	10.37
Ca	K-серия	0.42	0.09	0.34
Ti	K-серия	1.40	0.13	0.95
Mn	K-серия	10.05	0.30	5.96
Fe	K-серия	49.07	0.65	28.65
Всего		100.00		100.00

Исследования состава неметаллических включений образца изготовленного с использованием флюса из шлака от производства силикомарганца с содержанием MnO от 12 до 16 % (рисунок 2) показали, что, на поверхности наплавленного слоя присутствуют крупные неметаллические включения размером от 6 до 23,5 мкм (рисунок 3). При построении карт, спектров профилей ЭДС поверхности наплавленного слоя (рисунок 4), выявлено что данное неметаллическое включение состоит в основном из кремния и марганца, кальция и кислорода. Результаты полного анализа химического состава исследуемого включений представлены в таблице 4.

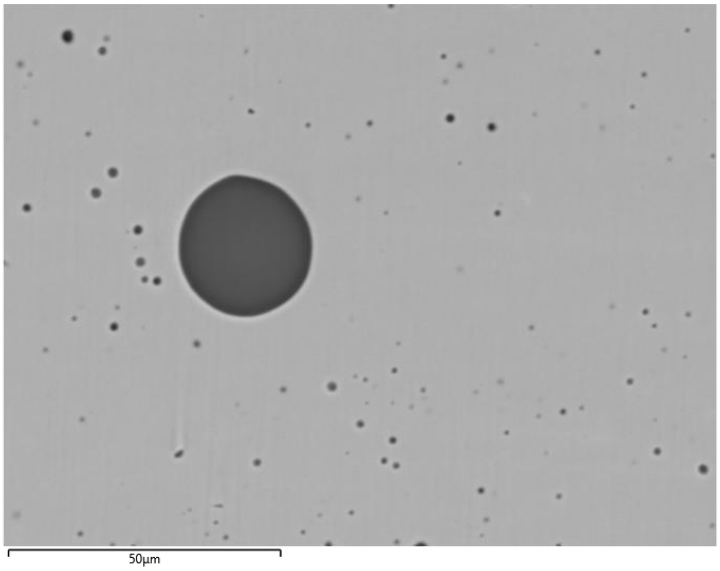

Рисунок 2 – Поверхность наплавленного слоя выполненного
с использованием флюса из шлака от производства силикомарганца
с содержанием MnO от 12 до 16 %

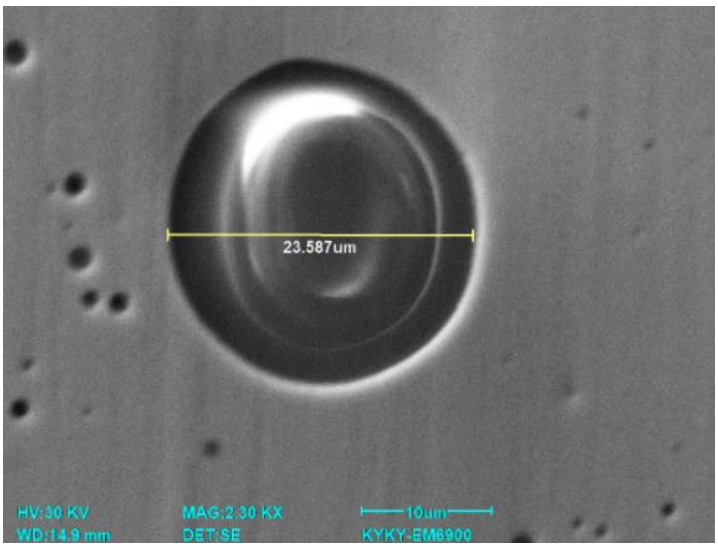

Рисунок 3 – Размер неметаллического включения в наплавленном слое

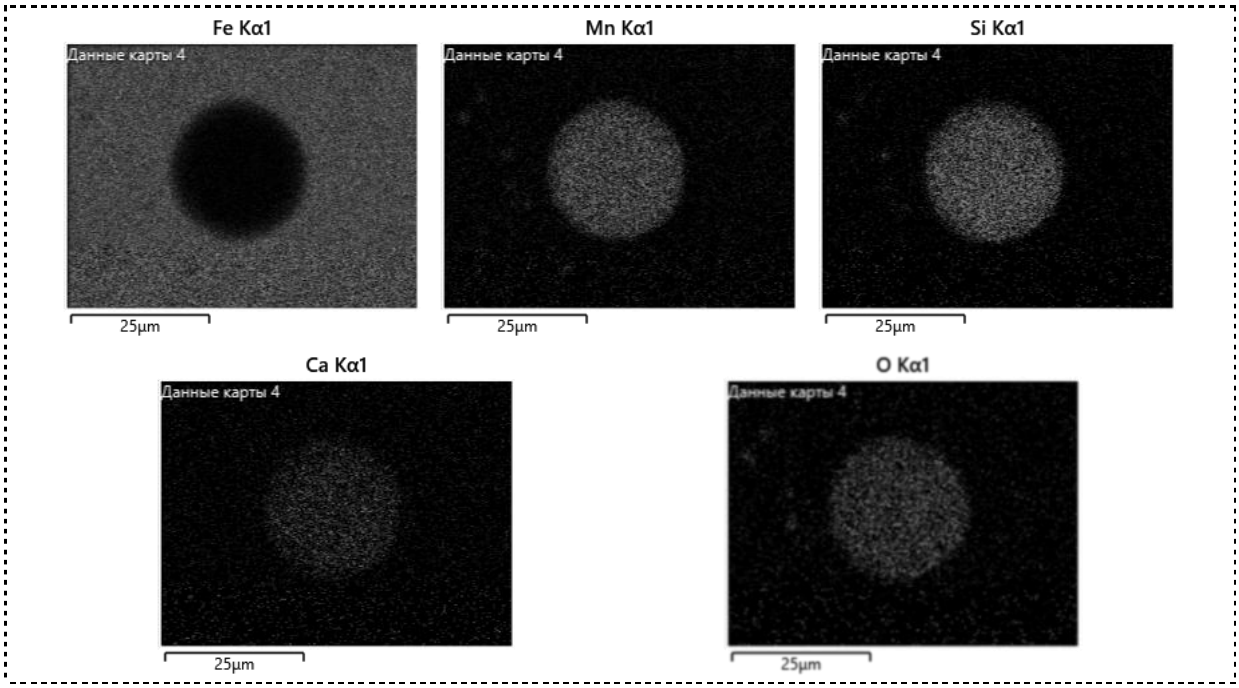

Рисунок 4 – Накопление карт, спектров профилей ЭДС поверхности наплавленного слоя выполненного с использованием флюса из шлака от производства силикомарганца с содержанием MnO от 12 до 18 %

Таблица 4 – Химический состав неметаллического включения в наплавленном слое, изготовленный с использованием флюса из шлака от производства силикомарганца с содержанием MnO от 12 до 16 %.

Элемент	Вес, %	Сигма вес, %	Атом. вес, %
C	3,47	0,23	7,25
O	34,45	0,13	54,02
Mg	0,17	0,02	0,17
Al	1,54	0,02	1,43
Si	19,51	0,07	17,42
S	0,83	0,02	0,65
Ca	4,85	0,02	3,04
Mn	29,34	0,09	13,40
Fe	5,84	0,04	2,62
Всего	100,00		100,00

Выводы

Анализ полученных результатов указывает на то, что при использовании флюсов на основе шлака силикомарганца увеличивается загрязненность наплавленного слоя неметаллическими включениями. При этом стоит отметить что при повышении содержания кремния и марганца в наплавленном

металле заметно увеличиваются концентрации оксидов этих элементов в составе оксидных включений. Анализ состава неметаллических включении указывает на то, что они в основном состоят из оксидных соединений кремния, марганца, и в некоторых случаях кальция, что в свою очередь способствует увеличению твердости и износостойкости наплавленных слоев по сравнению с флюсом сравнения (АН-348А). Стоит так же отметить что размер выявленных неметаллические включений достигает порядка 6 –25 мкм.

Исследование проводилось в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-00087-2401.

Библиографический список

1. Игнатова, А. М. Разработка шлаковой основы для сварочных материалов из минерального и техногенного сырья Урала / А. М. Игнатова, М. Н. Игнатов, С. В. Наумов // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2015. – № 10(1390). – С. 67-79.

2. Разработка шлаковой основы легирующих флюсов с использованием минерального сырья Дальневосточного региона / Х. С. Ри, В. М. Макиенко, Т. В. Белоус [и др.] // Сварка и диагностика. – 2021. – № 3. – С. 39-44. – DOI 10.52177/2071-5234_2021_03_39.

3. Влияние введения добавок углерода и фтора во флюсы, изготовленные из шлака силикомарганца / Р. Е. Крюков, Н. А. Козырев, А. Р. Михно [и др.] // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2020. – Т. 63, № 1. – С. 34-39. – DOI 10.17073/0368-0797-2020-1-34-39.

4. Разработка новых сварочных флюсов на основе шлака силикомарганца и ковшевого электросталеплавильного шлака / Н. А. Козырев, Р. Е. Крюков, А. Р. Михно [и др.] // Сварочное производство. – 2020. – № 2. – С. 16-21.

5. Исследования сварочного флюса изготовленного из техногенного сырья металлургического производства при проведении ремонтно-восстановительных работ металлургического оборудования / А. Р. Михно, Н. А. Козырев, А. А. Усольцев, А. В. Жуков // Инновации в топливно-энергетическом комплексе и машиностроении (ТЭК-2022) : сборник трудов III Международной научно-практической конференции, Кемерово, 19–21 апреля 2022 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. – С. 56-60.

СОДЕРЖАНИЕ

I МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ***3***

ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОТЛИВОК ИЗ СПЛАВА АК12
Закирова Г.К, Прудников А.Н. ***3***

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОЙ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И ОТЖИГА НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛИ 20
Закирова Ш.К. Прудников А.Н. ***7***

ВЛИЯНИЕ ТИПА ШИХТЫ И ЕЕ ПОДГОТОВКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ОТЛИВОК ИЗ МЕДИСТОГО СИЛУМИНА
Рексиус В.С., Кодиров А.А., Прудников А.Н. ***11***

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА СТАРЕНИЯ ПРЕССОВАННЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ ЗАЭВТЕКТИЧЕСКОГО ПОРШНЕВОГО СИЛУМИНА
Рексиус В.С., Чернова А.А., Прудников А.Н. ***14***

МЕХАНИЗМ ИЗНАШИВАНИЯ НАКОНЕЧНИКОВ РЫХЛИТЕЛЕЙ И ТРЕБОВАНИЯ К ИХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ СВОЙСТВАМ
Киселев П.В., Лопатина А.О., Борщевский А.К., Князев С.В., Усольцев А.А. ***18***

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЦИКЛОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРОНОК РЫХЛИТЕЛЕЙ
Киселев П.В., Григорьевская Е.Е, Князев С.В., Усольцев А.А. ***23***

ВЫБОР ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРОНОК РЫХЛИТЕЛЕЙ
Киселев П.В., Поливко А.С., Князев С.В., Усольцев А.А. ***28***

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВТОРИЧНОГО АЛЮМИНИЯ
Киселев П.В., Маракулина М.Ю., Григорьевская Е.Е., Усольцев А.А., Князев С.В. ***33***

РЕЦИРКУЛЯЦИЯ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ
Маракулина М.Ю., Киселев П.В., Бурков В.А., Князев С.В. ***38***

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ
Маракулина М.Ю., Киселев П.В., Бурков В.А., Князев С.В. ***41***

ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЗВЛЕЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗА ИЗ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ
Маракулина М.Ю., Киселев П.В., Бурков В.А., Князев С.В. ***44***

СЭМ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ
В НАПЛАВЛЕННОМ СЛОЕ, ИЗГОТОВЛЕННОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ФЛЮСА НА ОСНОВЕ ШЛАКА СИЛИКОМАРГАНЦА
Михно А.Р., Сычев А.А., Жуков А.В., Перов С.С., Растимешин Е.М., Дробышев В.К., Крюков Р.Е. ***49***

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ НАПЛАВЛЕННОГО СЛОЯ,
ВЫПОЛНЕННОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОВОЛОКИ 30ХГСА И
ФЛЮСА НА ОСНОВЕ ШЛАКА СИЛИКОМАРГАНЦА
Перов С.С., Растимешин Е.М., Альжев В.М., Михно А.Р. ***55***

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ НАПЛАВКИ АЛЮМИНИЕВОГО
СПЛАВОВ МЕТОДОМ WAAM
Растимешин Е.М., Дробышев В.К., Перов С.С., Михно А.Р. ***59***

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ТЕПЛОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ ВЫСОКОЙ
ТВЁРДОСТИ И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ
Худаев К.А., Райков С.В., Перов С.С., Дробышев В.К., Крюков Р.Е. ***63***

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШЛАКА ОТ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСИЛИКОМАРГАНЦА ПРИ
ИЗГОТОВЛЕНИИ ПЕНОСТЕКЛА
Цыганская З.С., Цыганская Э.С., Голубева М.К., Рахматуллин А.Р., Голубева Е.К., Михно А.Р. ***68***

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СВАРОЧНОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО
ОБОРУДОВАНИЯ
Мамантов А.Д., Чебан П.Д., Черепанова Г.И., Гостевская А.Н. ***71***

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ КОНВЕЙЕРНОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО
ОБОРУДОВАНИЯ
Дамм А.С., Баженова М.М., Альжев В.М., Гостевская А.Н. ***74***

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИСТОВ ИЗ НОВОГО
АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ AL-CU-MN (ZR) ДЛЯ СУХИХ
ТРАНСФОРМАТОРОВ
Полегешко С., Левагина А.А., Черкасов С.О., Арышенский Е.В., Коновалов С.В. ***77***

АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ
ХВОСТОХРАНИЛИЩ КУЗБАССА
Мелехов Д.Л., Уманский А.А. ***82***

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ (ДТА) И ЕГО РОЛЬ
В ИЗУЧЕНИИ СВОЙСТВ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ
Шуберт А.В., Коновалов ***86***

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФЕКТНОЙ СУБСТРУКТУРЫ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ
СПЛАВОВ СИСТЕМЫ CrMnFeCoNi
Гостевская А.Н., Панченко И.А. ***89***

Научное издание

НАУКА И МОЛОДЕЖЬ: ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Выпуск 28

Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых

Часть II

Под общей редакцией С.В. Коновалова

Компьютерная верстка Н.В. Ознобихина

Подписано в печать 14.05.2024 г.
Формат бумаги 60х84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 26,4 Уч.-изд. л. 28,8 Тираж 300 экз. Заказ № 88

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