

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»

вых сплавов при электровзрывном легировании и последующей электронно-пучковой обработке. – Новокузнецк: Изд-во «Полиграфист», 2015. – 290 с.

7. Истомин-Кастровский В.В., Кошкин В.И., Руденко И.Б. Микроструктурные особенности процесса сверхглубокого проникания в металлических системах в условиях твердо-жидкофазного взаимодействия // Перспективные материалы. 2008. № 2. С. 87–90.

УДК 621.791.042.3

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ИЗНОСА ПУТЕМ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНО СОДЕРЖАЩЕЙ ПОРОШОК ТИТАНА

Киселев П.В., Комаров А.А., Михно А.Р., Дробышев В.К.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
Новокузнецк, Россия, pashakiselev359@gmail.com*

Аннотация: В работе представлено исследование по разработке новых составов порошковых проволок, используемых для наплавки изделий, работающих в условиях абразивного износа промышленной металлургии, в частности изучение влияния введения в порошковые проволоки углерод-фторсодержащих компонентов, а также введения в состав порошка титана на степень износа и твердости наплавленного слоя.

Ключевые слова: наплавка; порошковая проволока; порошок титана; микроструктура; твердость, износостойкость.

INCREASING THE PERFORMANCE PROPERTIES OF METALLURGICAL EQUIPMENT PARTS USED UNDER INTENSIVE WEAR BY ARC SURFACE WELDING WITH A FLUX-CORRECT WIRE ADDITIONALLY CONTAINING TITANIUM POWDER

Kiselev P.V., Komarov A.A., Mikhno A.R., Drobyshev V.K.

*Siberian State Industrial University
Novokuznetsk, Russia, pashakiselev359@gmail.com*

Abstract. The paper presents a study on the development of new compositions of flux-cored wires used for surfacing products operating under abrasive wear conditions of industrial metallurgy, in particular, the study of the effect of introducing carbon-fluorine-containing components into flux-cored wires, as well as introducing titanium powder into the composition of titanium powder on the degree of wear and hardness of the deposited layer.

Keywords: surfacing; flux-cored wire; titanium powder; microstructure; hardness, wear resistance.

Введение

От надежности прокатных валков, износостойкости их рабочей поверхности, межремонтного срока службы зависят технико-экономические показатели работы прокатных цехов и в первую очередь производительность прокатных станов, качество готового проката. Рабочая поверхность валка подвергается циклическому механическому и тепловому воздействию. По мере эксплуатации на рабочую поверхность валков налипают металлы, она неравномерно изнашивается и образуются трещины разгара. Для ремонта стальных валков применяют восстановительно-упрочняющую наплавку сплошной и порошковой проволокой, при этом один комплект валков восстанавливается в среднем от 5 до 10 раз [1-5].

Важным вопросом при разработке нового наплавочного материала является выбор системы легирования сплава [6-9]. При выборе системы легирования необходимо учитывать условия работы детали, цену наплавочного материала, результаты различных опытов над материалами в лабораторных и натуральных условиях, а также характер и твердость различных фаз, их количество и т.д. Благодаря подобранному химическому составу порошковой проволоки и полученному при наплавке покрытию возможно получение наплавленного слоя, имеющего высокую твердость, абразивную и ударно-абразивную износостойкость.

Целью настоящей работы является исследование закономерности влияния введения в состав порошковых порошков титана, для восстановительной наплавки изделий, работающих в условиях абразивного износа в металлургии.

Наиболее востребованным для ремонтно-восстановительных работ является использование наплавки порошковой проволокой на изнашивающиеся поверхности деталей [10-13]. Для этих целей в России и за рубежом активно развивается изготовление специальных наплавочных порошковых проволок. Большое распространение для наплавки абразивно-изнашивающихся изделий получили наплавочные проволоки систем Fe-C-Si-Mn-Cr-Ni-Mo типа А и В по классификации МИС. В настоящее время широко используются для ремонтных работ изношенного металлургического оборудования порошковые проволоки марки ПП-Нп-35В9Х3СФ, ПП-Нп-25Х5ФМС и другие.

Материалы и методика исследований. Изготовление новых составов порошковых проволок проводилось путем расчета и подготовки шихтовых материалов, их перемешивания, сушки в печи в течении 4-х часов и засыпки в бункер стана по производству порошковых проволок. В качестве шихтовых материалов использовались следующие порошковые материалы: углеродфторсодержащий материал – пыль газоочистки алюминиевого производства (в замен углерода аморфного) [14], порошок титана ПТС по ТУ 14-22-57-92, железный порошок ПЖВ-1 по ГОСТ 9849-86, никеля ПНК 1Л5 по ГОСТ 9722-97, хрома ПХ-1С по ТУ 14-1-1474-75, марганца МР-0 по ГОСТ 6008-82, кремния КР-1 по ГОСТ 2169-69. В качестве оболочки порошковой проволоки использовалась лента из Ст3. Диаметр получаемой порошковой

проволоки составлял 5мм.

Наплавка исследуемых образцов выполнялась с использованием оборудования НПЦ «Сварочные процессы и технологии» на подложку из стали 09Г2С методом автоматической наплавки под слоем флюса на следующие режимы: сила тока 500А, напряжение 28В, скорость наплавки 15 см/мин. В качестве флюса использовался ранее разработанный флюс, изготовленный из техногенного сырья производства Западно-Сибирского электрометаллургического завода, флюс марки НФП по ТУ 20.59.56.120-001-14796818-2020 [15].

Исследование химического состава исследуемых наплавленных слоев проводили с использованием оборудования центра коллективного пользования «Материаловедение» рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре XRF-1800 и атомно-эмиссионным методом на спектрометре ДФС -71.

Металлографические исследования наплавленных слоев проводилось с использованием металлографического микроскопа OLYMPUS GX-51 в светлом поле в диапазоне увеличений от $\times 100$ до $\times 1000$ с использованием пакета прикладных программ для металлографических исследований Siam Photolab 700. Оценка уровня загрязненности неметаллическими включениями проводилась по ГОСТ 1778-70. Подготовка к исследованиям микроструктуры наплавленного слоя проводилось путем химического травления полированных образцов 4-х % раствором азотной кислоты. Величину зерна и характеристики структур определяли по ГОСТ 5639-82 при увеличении $\times 500$ и по ГОСТ 8233-56 при увеличении $\times 1000$ методом сравнения с эталонными шкалами.

Измерение твердости наплавленных слоев выполняли по методам Бринелля и Роквелла в соответствии с требованиями ГОСТ 9012-59 и ГОСТ 9013-59.

Трибологические испытания проводились на испытательной машине 2070 СМТ-1 по схеме диск – колодка по режиму: нагрузка 30 мА (78,4Н), частота 20 об/мин. в течении 4-х часов.

Результаты исследований и их обсуждение. Результат исследования химического состава наплавленных образцов порошковыми проволоками представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав наплавленного слоя

№ образца	Массовая доля элементов, %												
	C	Cu	Mn	P	Ni	Si	Nb	V	Cr	Mo	Al	Ti	S
1Т	0,18	0,05	1,10	0,013	0,05	0,38	0,001	0,006	2,40	0,06	0,028	0,005	0,094
2Т	0,15	0,06	1,01	0,012	0,04	0,36	0,002	0,004	2,25	0,04	0,021	0,005	0,089
3Т	0,35	0,06	0,96	0,015	0,04	0,29	0,002	0,004	2,65	0,05	0,020	0,017	0,101
4Т	0,38	0,06	1,40	0,014	0,05	0,65	0,003	0,005	2,45	0,06	0,011	0,053	0,085
5Т	0,41	0,79	1,50	2,23	0,05	0,06	0,075	0,002	0,015	0,04	0,017	0,003	0,077

Коэффициент извлечения титана составил 6,2-8,6%. Результаты проведения испытаний наплавленного слоя на твердость и износ представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты проведения испытаний на твердость и износ

№ образца	Твердость НВ (Среднее значение)	Твердость HRC (Среднее значение)	Интенсивность изнашивания, г/об
1Т	348,32	35,61	$7,8 \cdot 10^{-5}$
2Т	310,16	37,16	$10,2 \cdot 10^{-5}$
3Т	391,4	42,46	$2,6 \cdot 10^{-5}$
4Т	531,7	52,73	$3,4 \cdot 10^{-5}$
5Т	555,94	53,11	$2,7 \cdot 10^{-5}$

Исследование образцов наплавленного слоя на загрязненность неметаллическими включениями (таблица 3) показало, что в образцах преимущественно наблюдаются оксиды точечные балл 1а, 2а, представляющие собой включения в виде отдельных частиц, а также во всех исследуемых образцах присутствуют силикаты недеформирующиеся в виде отдельных включений балла 1а, 2а.

Таблица 3 - Неметаллические включения наплавленных образцов

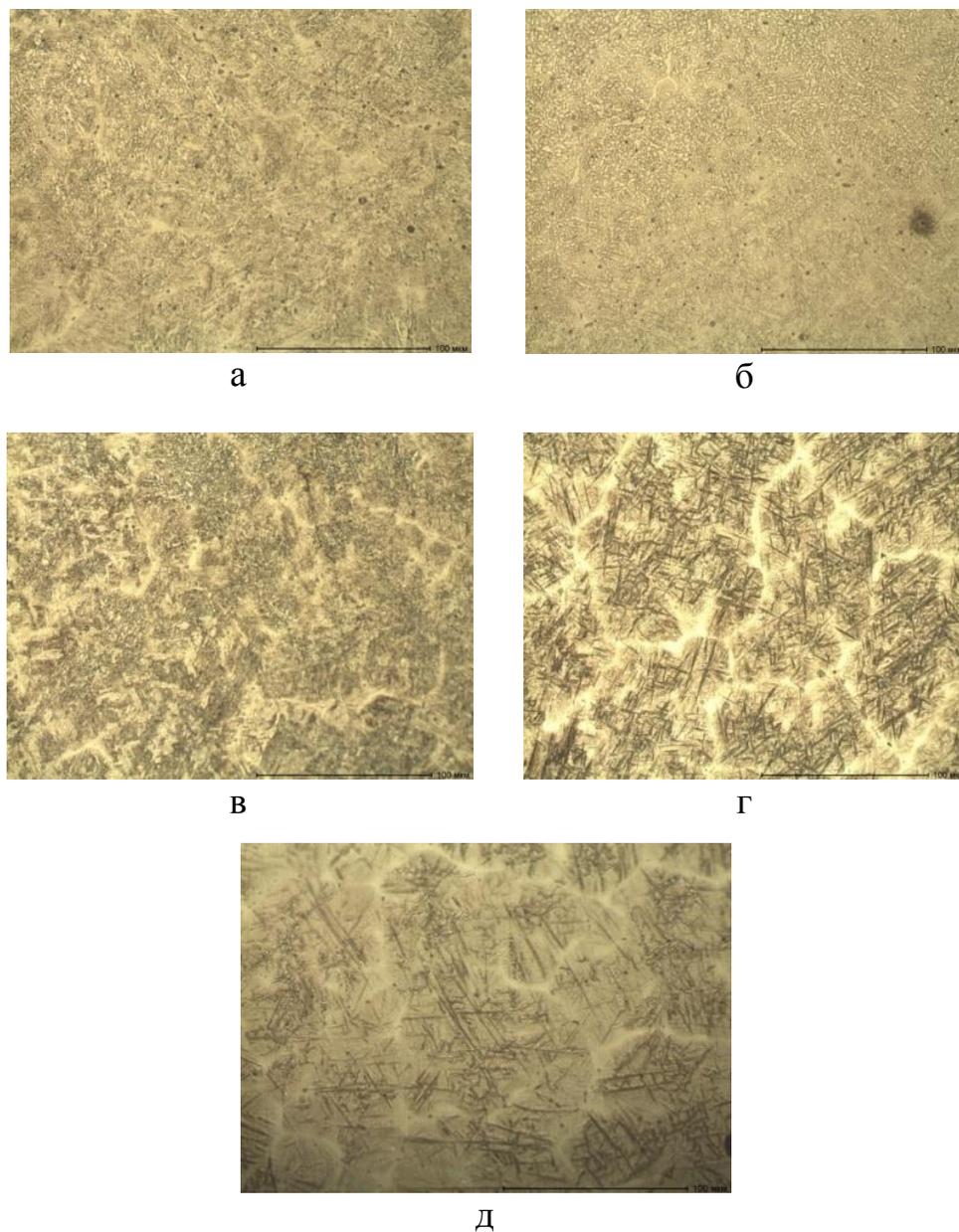
№ образца	Загрязненность неметаллическими включениями, балл	
	Оксиды точечные	Силикаты недеформирующиеся
1Т	1а	1а
2Т	1а, 2а	1а
3Т	1а, 2а	1а, 2а
4Т	1а, 2а	1а, 2а
5Т	1а, 2а	1а

Установлено, что повышение содержания титана в составе порошковой проволоки при одинаковом содержании остальных химических элементов в составе наплавленного слоя незначительно влияет на степень загрязненности неметаллическими включениями. Для всех исследуемых образцов отмечена незначительная загрязненность неметаллическими включениями, не оказывающая негативное влияние на свойства наплавленного слоя и допустима для использования исследуемой порошковой проволоки.

Микроструктура наплавленного металла (рисунок 1) имеет в основном дендритное строение и представляет собой мелкоигльчатый и среднеигльчатый мартенсит (балл 3-7) с размером игл (3 – 7) мкм, сформировавшийся внутри границ бывшего зерна аустенита, небольшое количество аустенита остаточного в виде отдельных участков и тонкие прослойки δ-феррита.

По полученным данным химического состава (таблица 1) и физико-

механических свойств наплавленного металла (таблица 2), были построены регрессионные зависимости (рисунки 2 и 3) влияния химических элементов на степень износа и твердость наплавленного слоя исследуемыми порошковыми проволоками.



а – образец 1Т, б – образец 2Т, в – образец 3Т,
г – образец 4Т, д – образец 5Т

Рисунок 1 - Микроструктура наплавленного металла в зависимости от содержания титана в порошковой проволоке, $\times 500$

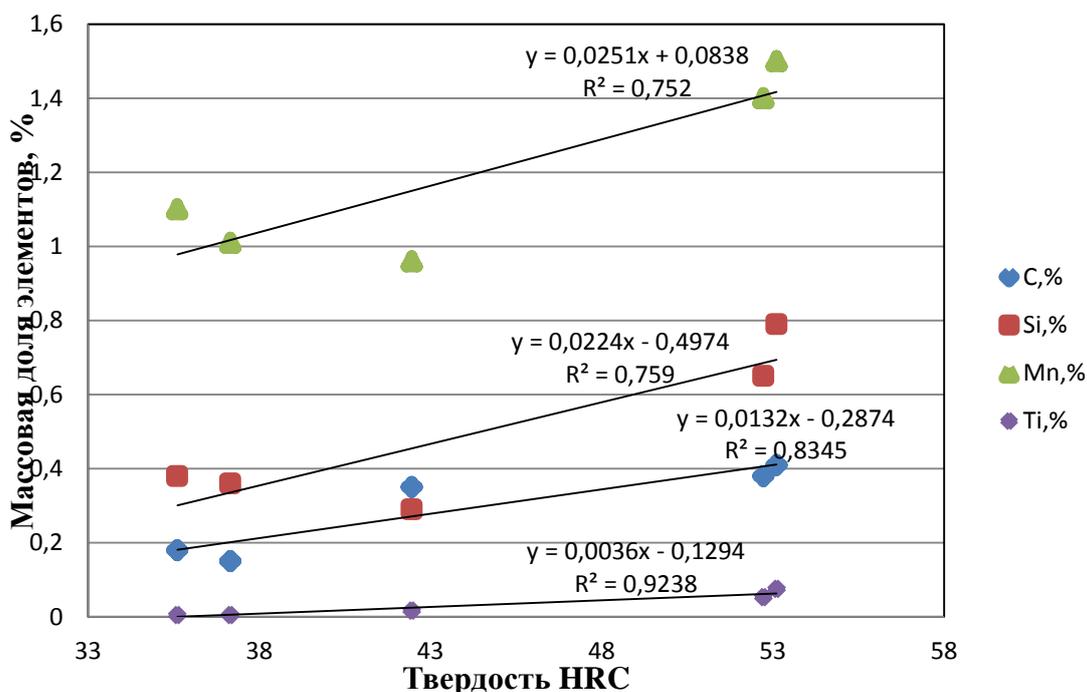


Рисунок 2 – Влияния химических элементов на твердость HRC

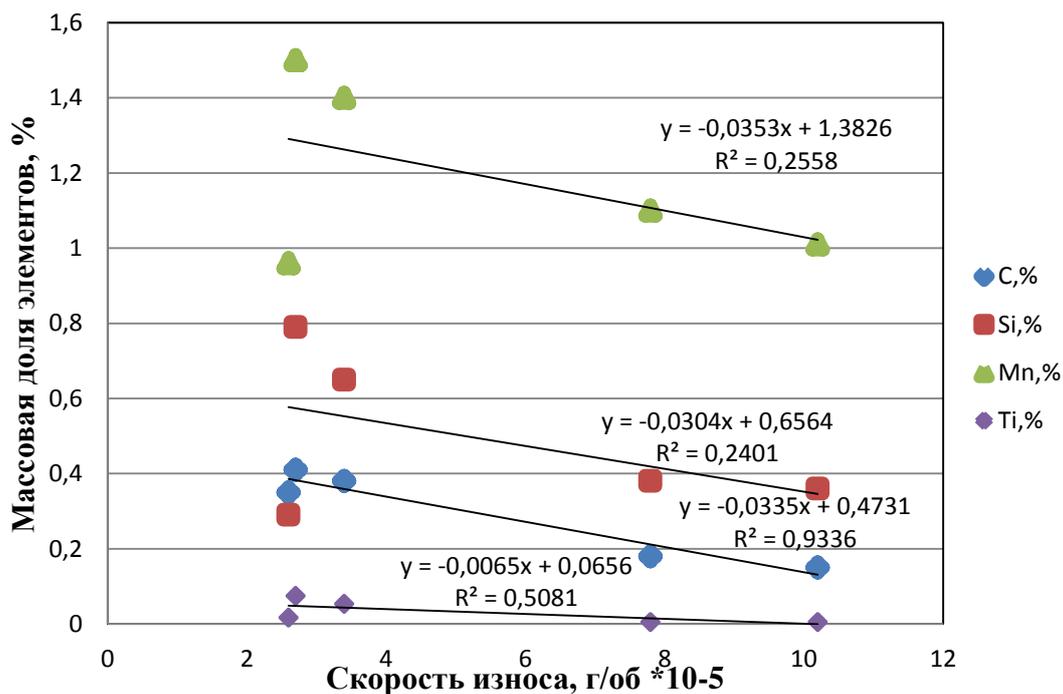


Рисунок 3– Зависимость влияния химических элементов на скорость износа наплавленного металла

Регрессионные модели, описывающие влияние концентрации массовой доли химических элементов, входящих в наплавленный слой металла на степень износа и твердость наплавленного слоя:

Скорость износа (г/об·10-5): $0,000257 + 0,003031 \cdot C + 0,006191 \cdot Si - 0,00265 \cdot Mn - 0,03179 \cdot Ti$ (ошибка аппроксимации составляет 0,00012%);

HRC = $47,4078 + 1344,28 \cdot C + 2358,56 \cdot Si - 989,44 \cdot Mn - 12327,4 \cdot Ti$ (ошибка аппроксимации составляет 0,00011%).

Выводы:

1. Полученные результаты исследования влияния введения в состав порошковых проволок порошка титана указывают на небольшое изменение микроструктуры наплавленного слоя, снижается размер игл мартенсита и величина зерна.

2. Увеличение содержания в наплавленном слое титана, марганца, кремния, и углерода способствует увеличению твердости и снижению степени износа исследуемых образцов.

3. Полученные результаты лабораторных исследований указывают на возможность применения разработанных порошковых проволок для ремонтно-восстановительной наплавки деталей металлургического оборудования.

Финансирование: Работа выполнена в рамках государственного задания (шифр темы 0809-2021-0013).

Библиографический список

1. Рябцев И.А. Наплавка деталей машин и механизмов. - Киев: Екотехнологія, 2004. - 160 с.

2. D.B. Slinko, R.Yu.Solovev, A.B.Kaveshnik. Experience in the use of plasmapowder surfacing in the reduction of the semi-axes stages subway escalators. Trudy GOSNITI – Moscow . 2015 Vol. 121. p. 243 – 249.

3. Дураков В.Г., Гнюсов С.Ф., Дампилон Б.В., Дехонова С.З. Влияние технологических параметров электронно-лучевой наплавки на структуру медно-хромовых композитов // Известия ТПУ. – 2012. – Т. 320. – № 2. – С. 80–86.

4. A study on the properties of the deposited metal by flux cored wires 40GMFR and 40H3G2MF / A. I. Gusev, N. V. Kibko, N. A. Kozyrev, M. V. Popova, I. V. Osetkovsky // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – Vol. 150. – P. 1–7 (012033).

5. Особенности фазового состава и строение слоев на основе диборида TiB₂, сформированных в поверхностных слоях углеродистых сталей при воздействии интенсивных электронных пучков в вакууме / З.М. Халтаров, А.С. Милонов, Н.Н. Смирнягина, В.М. Халтанова // вестник бурятского государственного университета. – 2011. – С. 203-209.

6. Малушин Н.Н., Осетковский В.Л., Осетковский И.В. Наплавка с низкотемпературным подогревом теплостойкими сталями деталей металлургического оборудования // Заготовительные производства в машиностроении. 2014. № 10. С. 6–10

7. Громов В.Е., Капралов Е.В., Райков С.В., Иванов Ю.Ф., Будовских Е.А Структура и свойства износостойких покрытий, наплавленных электродуговым методом на сталь порошковыми проволоками // Успехи физики металлов. – 2014. – Т.15. – С. 211–232.

8. Капралов Е.В., Будовских Е.А., Громов В.Е., Райков С.В., Иванов Ю.Ф. Формирование наноструктурно-фазовых состояний и свойств износостойкой наплавки на стали // Наноинженерия. – 2015. – №4(46). – С. 14–23.

9. Влияние введения вольфрама и хрома на свойства металла, наплавленного порошковой проволокой системы Fe-C-Si-Mn-Mo-Ni-V-Co / А. И.

Гусев, Н. А. Козырев, Н. В. Кибко, Р. Е. Крюков, И. В. Осетковский // Заготовительные производства в машиностроении (Литейное и сварочное производства). – 2019. – Т. 17, № 2. – С. 56–60.

10. Капралов Е.В., Райков С.В., Будовских Е.А. и др Структурно-фазовые состояния и свойства покрытий, наплавленных на поверхность стали порошковыми проволоками // Изв. РАН. Сер. физ. – 2014. – Т.78, №10. – С. 1266–1272.

11. Капралов Е.В., Будовских Е.А., Громов В.Е., Иванов Ю.Ф. Наноструктурные состояния и свойства наплавки, сформированной на стали порошковой проволокой // Изв. вузов. Физика. – 2015. – Т.58, №4. – С. 39–45.

12. Влияние введения в шихту для производства порошковой проволоки системы С-Si-Mn-Cr-V-Mo углеродфторсодержащей добавки и никеля / Н. А. Козырев, Д. А. Титов, С. Н. Старовацкая, О. Е. Козырева, В. М. Шурупов // Известия вузов. Черная металлургия. – 2014. – № 4. – С. 34–37.

13. Выбор энерго-технологических режимов сварки под флюсом, изготовленным из шлака производства силикомарганца для деталей горношахтного оборудования / Н. А. Козырев, А. А. Усольцев, Р. Е. Крюков, Р. А. Михно // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов : научный журнал. – 2020. – № 6. – С. 175–180.

14. Improvement of Abrasion Resistance of Production Equipment Wear Parts by Hardfacing with Flux-Cored Wires Containing Boron Carbide/Metal Powder Reaction Mixtures / Oleksandr Ivanov, Pavlo Prysazhnyuk, Dmytro Lutsak, Oleh Matviienkiv // Public License - 2020. - С. 178-183

15. The Role of Stress–Strain State of Gas Turbine Engine Metal Parts in Predicting Their Safe Life / A. Duriagina, V. V. Kulyk, O. S. Filimonov, A. M. Trostianchyn and N. B. Sokulska // - 2021. - С. 22-34

УДК 661.811

ОБ ИЗГОТОВЛЕНИИ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ТУГОПЛАВКИХ БЕСКИСЛОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В СИСТЕМАХ B_4C-MeB_2 ($Me = Ti, Cr, Zr$)

**Гудыма Т.С.¹, Крутский Ю.Л.¹, Крутская Т.М.², Дик Д.В.¹,
Шестаков А.А.¹, Апарнев А.И.¹, Логинов А.В.¹**

¹*Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, Россия, gudymatan@mail.ru, krutskii@yandex.ru,
dickdmit@yandex.ru, tema_shes_25_99@mail.ru, apaliv@mail.ru,
loginov@corp.nstu.ru*

²*Новосибирский государственный архитектурно-строительный
университет, г. Новосибирск, Россия, t.krutskaya@mail.ru*

Аннотация. Керамика на основе карбида бора вследствие тугоплавкости, высокой твердости, износостойкости, низкой плотности, химической инертности является перспективной для ряда применений. Однако по-

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 3: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ	4
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ НАПЛАВЛЕННЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ТЕПЛОТВОДА <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>	176
ПРОВЕРКА ЗНАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ОХРАНЫ ТРУДА И КРИТЕРИИ ГОТОВНОСТИ РАБОТНИКА К БЕЗОПАСНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ <i>Чернов К.В.</i>	182
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРИРОСТА МАССЫ ШИХТОВЫХ АГРЕГАТОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ БРИКЕТОВ <i>Павловец В.М., Домнин К.И.</i>	193
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА БРИКЕТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ И СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ, ПОДВЕРГНУТЫХ ИЗБИРАТЕЛЬНОМУ СМЕШИВАНИЮ <i>Павловец В.М., Домнин К.И.</i>	203
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВОВ КОМПОЗИЦИЙ С МИКРОКРЕМНЕЗЕМОМ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРИСТОГО СТЕКЛОКОМПОЗИТА <i>Скирдин К.В., Казьмина О.В.</i>	211
РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ КУЗНЕЦКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА <i>Баженова Н.Н., Водолеев А.С., Гибадуллин Р.М.</i>	219
КЕДР КАК ОБЪЕКТ РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ В УСЛОВИЯХ КУЗБАССА <i>Водолеев А.С., Захарова М.А., Толстикова А.Ф., Баженова Н.Н.</i>	227
АГРОТЕХНИКА ВЫРАЩИВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ <i>Водолеев А.С., Захарова М.А., Постельников В.Н., Ким В.И., Бондарев М.Р.</i>	232
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>	240
ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ <i>Корнилов Д.А., Водолеев А.С., Грибкова Е.О., Гибадуллин Р.М., Конаков С.В.</i>	247
ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАВАЮЩЕГО ВОДНОГО РАСТЕНИЯ ЭЙХОРНИИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, ОБРАЗОВАННЫХ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ <i>Гашишникова А.О., Михайличенко Т.А.</i>	259
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Г. НОВОКУЗНЕЦКА И ВОЗМОЖНОСТИ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ <i>Коноплев Д.Д., Коротков С.Г., Домнин К.И.</i>	265
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА В МЕТАЛЛУРГИИ <i>Вахтарова К.О., Михайличенко Т.А.</i>	274
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>	279
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>	289

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., Апончук 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 ВАГОНОПРОКИДЫВАТЕЛЯ НА СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ "ПЧ-АД" <i>Клевцов 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 «АЛЮМИНЩИК» 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