



**III Международная III International  
научно-практическая научно-практическая  
конференция конференция  
«ИННОВАЦИИ В «INNOVATIONS IN FUEL  
ТОПЛИВНО- AND ENERGY COMPLEX  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ AND MECHANICAL  
КОМПЛЕКСЕ ENGINEERING»  
И МАШИНОСТРОЕНИИ» (FEC-2022)  
(ТЭК-2022)**

*посвященная 30-летию  
Национального Агентства Контроля Сварки*

**Сборник трудов Materials**

**19-21 апреля/April, 19-21**

**Кемерово, Россия / Kemerovo, Russia  
2022**

Администрация Кемеровской области  
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН  
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
Национальное Агентство Контроля Сварки  
Кузбасский центр сварки и контроля  
Томский политехнический университет  
Ассоциация машиностроителей Кузбасса

---

**ИННОВАЦИИ В ТОПЛИВНО-  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ  
КОМПЛЕКСЕ  
И МАШИНОСТРОЕНИИ  
(ТЭК-2022)**

**INNOVATIONS IN FUEL AND  
ENERGY COMPLEX AND  
MECHANICAL ENGINEERING  
(FEC-2022)**

**III Международная научно-  
практическая  
конференция**

**III International  
scientific and practical  
conference**

Сборник трудов

Materials

19-21 апреля / April 2022 г.  
Кемерово, Россия / Kemerovo, Russia

УДК 330:621.0(05)  
ББК У305.4-551

Инновации в топливно-энергетическом комплексе и машиностроении: сборник трудов III Международной научно-практической конференции, 19-21 апреля 2022 года / под ред. А. Н. Смирнова. – Кемерово : КузГТУ, 2022. – 235 с.

ISBN 978-5-00137-295-0

В сборнике представлены труды Международной научно-практической конференции «Инновации в топливно-энергетическом комплексе и машиностроении», отражающие актуальные проблемы ТЭК и машиностроения, вопросы импортозамещения, эксплуатации, ремонта и восстановления деталей и узлов потенциально опасного оборудования, развитию сварочного производства, технического диагностирования и экспертизы промышленной безопасности (ЭПБ).

Ответственный редактор  
Смирнов А.Н.  
Редакционная коллегия  
Останин О.А.  
Абабков Н.В.

За содержание предоставленной информации ответственность несут авторы.  
Незначительные исправления и дополнительное форматирование было вызвано приведением материалов к требованиям печати

©Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева, 2022  
ISBN 978-5-00137-295-0 ©Авторы, 2022

Содержание

<b>Приветственные слова</b>	<b>10</b>	<b>Words of Welcome</b>
<b>СЕКЦИЯ 1</b>	<b>19</b>	<b>SECTION 1</b>
<b>УГОЛЬНОЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ, ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ</b>		<b>COAL AND POWER ENGINEERING, IMPORT SUBSTITUTION</b>
<i>Клишин Владимир Иванович</i> Механизированная крепь с управляемым выпуском межслоевой толщи угля	20	<i>Klishin Vladimir Ivanovich</i> Mechanized support with controlled release of interlayer coal
<i>Стародубов Алексей Николаевич</i> <i>Пылов Петр Андреевич</i> Модернизация архитектуры скрытой марковской модели как новая основа эффективного решения задачи интеллектуального учета энергопотребления	28	<i>Starodubov Alexey Nikolaevich</i> <i>Pylov Petr Andreevich</i> Modernization of Hidden Markov Model Architecture as a New Basis for Efficient Solution of the Problem of Intelligent Energy Metering
<i>Петренко Константин Петрович,</i> <i>Мальшикин Дмитрий Александрович</i> Закономерности формирования параметров шероховатости при ППД	37	<i>Petrenko Konstantin Petrovich,</i> <i>Malyshkin Dmitry Alexandrovich</i> Patterns of formation of roughness parameters during SPD
<b>СЕКЦИЯ 2</b>	<b>43</b>	<b>SECTION 2</b>
<b>ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ТЭК, ИННОВАЦИИ В СВАРКЕ/НАПЛАВКЕ И УПРОЧНЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ, ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ</b>		<b>THE RESTORATION OF THE EQUIPMENT OF TEK, INNOVATIONS IN WELDING/CLADDING AND HARDENING TECHNOLOGIES, FUNCTIONAL COATINGS</b>
<i>Ковтунов Александр Иванович,</i> <i>Хохлов Юрий Юрьевич, Никитин</i> <i>Дмитрий Николаевич</i> Влияние ниобия на жаростойкость алитированных покрытий на титане	44	<i>Kovtunov Alexander Ivanovich,</i> <i>Khokhlov Yury Yuryevich, Nikitin Dmitry</i> <i>Nikolaevich</i> Influence of niobium on the heat resistance of aluminized coatings on titanium
<i>Комаров Андрей Андреевич, Киселев</i> <i>Павел Владимирович, Козырев</i> <i>Николай Анатольевич, Михно</i> <i>Алексей Романович, Усольцев</i> <i>Александр Александрович</i>	50	<i>Komarov Andrey Andreevich, Kiselev</i> <i>Pavel Vladimirovich, Kozyrev Nikolay</i> <i>Anatolievich, Mikhno Alexey</i> <i>Romanovich, Usoltsev Alexander</i> <i>Alexandrovich</i>

- |  |    |   |
|--|----|---|
| Повышение надежности деталей, работающих в условиях интенсивного износа, путем дуговой наплавки порошковой проволокой, дополнительно содержащей порошок титана   |    | Improving the reliability of parts operating under conditions of intense wear by arc surfacing with flux-cored wire additionally containing titanium powder   |
| <i>Михно Алексей Романович, Козырев Николай Анатольевич, Усольцев Александр Александрович, Жуков Андрей Владимирович</i><br>Исследования сварочного флюса, изготовленного из техногенного сырья металлургического производства, при проведении ремонтно-восстановительных работ металлургического оборудования | 56 | <i>Mikhno Alexey Romanovich, Kozyrev Nikolay Anatolievich, Usoltsev Alexander Alexandrovich, Zhukov Andrey Vladimirovich</i><br>Studies of the welding flux made from technogenic raw materials of metallurgical production during the repair and restoration work of metallurgical equipment |
| <i>Орлов Александр Семенович, Рубцова Елена Григорьевна, Сизинцев Сергей Валерьевич, Власова Екатерина Андреевна</i><br>Применение наноструктур (УНТ) для модифицирования сварочной ванны  | 61 | <i>Orlov Alexander Semenovich, Rubtsova Elena Grigorievna, Sizintsev Sergey Valerievich, Vlasova Ekaterina Andreevna</i><br>The use of nanostructures (CNTs) for modifying the weld pool  |
| <i>Мандров Борис Иванович, Лебедев Максим Николаевич, Ощепков Алексей Александрович, Маценко Илья Александрович, Хомутов Георгий Станиславович</i><br>Определение технических характеристик порошковой проволоки марки E71T-1 Ø 1,2 мм   | 66 | <i>Mandrov Boris Ivanovich, Lebedev Maxim Nikolaevich, Oshchepkov Alexey Alexandrovich, Matsenko Ilya Alexandrovich, Khomutov Georgy Stanislavovich</i><br>Determination of the technical characteristics of the flux-cored wire grade E71T-1 Ø 1,2 mm  |
| <i>Коротин Владимир Олегович</i><br>Поверхностное пластическое деформирование образцов с напыленным покрытием  | 72 | <i>Korotin Vladimir Olegovich</i><br>Surface Plastic Deformation of Specimens with a Sputtered Coating  |
| <i>Блюменштейн Валерий Юрьевич, Учайкин Сергей Евгеньевич</i><br>Анализ процессов ППД переходных поверхностей сложнопрофильными деформирующими инструментами   | 78 | <i>Blumenstein Valery Yurievich, Uchaikin Sergey Evgenievich</i><br>Analysis of SPD processes of transitional surfaces with complex-profile deforming tools   |

## ИССЛЕДОВАНИЯ СВАРОЧНОГО ФЛЮСА ИЗГОТОВЛЕННОГО ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМОНТНО- ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

### STUDIES OF THE WELDING FLUX MADE FROM TECHNOGENIC RAW MATERIALS OF METALLURGICAL PRODUCTION DURING THE REPAIR AND RESTORATION WORK OF METALLURGICAL EQUIPMENT

Михно Алексей Романович<sup>1</sup>

Mikhno A.R.

Козырев Николай Анатольевич<sup>1</sup>

Kozyrev N.A.

Усольцев Александр Александрович<sup>1</sup>

Usoltsev A.A.

Жуков Андрей Владимирович<sup>1</sup>

Zhukov A.V.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»  
(654007, Россия, Кемеровская обл., Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Siberian State  
Industrial University"

e-mail: [mikno-mm131@mail.ru](mailto:mikno-mm131@mail.ru)

---

**Аннотация:** В работе представлены результаты исследования сварочного флюса, изготовленного из шлака от производства ферросиликомарганца и флюса марки АН-148А при проведении ремонтно-восстановительных работ деталей металлургического оборудования путем наплавки порошковой проволокой ПП-Нп-35В9Х3СФ.

**Ключевые слова:** наплавка; порошковая проволока; сварочный флюс; шлак силикомарганца; АН-348А; микроструктура; неметаллические включения; твердость; износостойкость.

**Abstract:** The paper presents the results of a study of welding flux made from slag from the production of ferrosilicomanganese and flux brand AN-148A during repair and restoration work of parts of metallurgical equipment by surfacing with flux-cored wire PP-Np-35V9X3SF.

**Key words:** hardfacing; flux-cored wire; welding flux; silicomanganese slag; AN-348A; microstructure; non-metallic inclusions; hardness; wear resistance.

---

#### Введение

Прокат металла – это очень сложная и энергозатратная операция. Для обжатия материала, достижения определённых размеров обрабатываемого профиля используются прокатные валки. Валки в процессе своей работы берут на себя внушительное усилие, которое возникает непосредственно в процессе работы всей прокатной линии. Именно поэтому прокатный валок – наиболее изнашивающаяся часть любого прокатного стана [1-4]. Вопрос восстановления прокатных валков является очень актуальным [5-10], и он требует постоянного развития технологии его проведения. Ремонт и наплавка поверхности

---

бочки прокатного валка является очень трудоемким процессом, на который затрачивается довольно большой временной ресурс, поэтому появление новых материалов [11-13], усовершенствование имеющихся технологий восстановления, а также поддержка работоспособности валков является одной из самых значимых задач в прокатном производстве.

Целью данной работы является исследование новых материалов применяемых для восстановления прокатных валков в условиях АО «ЕВРАЗ ЗСМК», а также исследование свойств наплавленного металла порошковой проволокой 35В9ХЗСФ под разработанным флюсом на основе шлака силикомарганца [14-15] и флюса марки АН-148А.

### Материалы и экспериментальные процедуры

Для проведения исследования были предоставлены образцы проволоки марки 35В9ХЗСФ диаметром 3,6 мм. Изготовленные ООО «ОФЗ Новокузнецк» с сертификатом качества представленным в таблица 1.

Таблица 1 – Данные сертификата качества.

Условное обозначение продукции						Марка оболочки			Коэффициент заполнения, %	Твердость НRC
ПП-Нп-35В9ХЗСФ						08Ю 0,6×14				
Химический состав наплавленного металла, %									41	48÷52
С	Cr	Si	Mn	W	V	P	S	Mo		
0,362	3,10	0,61	0,06	7,4	0,092	0,014	0,013	≤0,05		

Первые опыты по наплавке образцов производилась под флюсом марки АН-348А и флюсом на основе обогащённого шлакового щебня производства силикомарганца с химическим составом, представленным в таблице 2. Маркировка исследуемых образцов по используемому флюсу: АН-348А - 1.1, Шлак SiMn - 1.2.

Таблица 2 – Химический состав используемого флюса

Массовая доля элементов, %													
Флюс	FeO	MnO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	S	P	ZnO	C	F	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
АН-348А	2,38	4,81	15,25	22,41	13,99	23,58	0,041	0,031	0,012	0,020	10,46	2,56	0,14
Шлак SiMn	0,50	15,95	28,15	41,07	6,95	1,78	0,21	0,02	0,011	0,029	0,21	0,16	0,049

Режим наплавки образцов выбран исходя из ранее используемого режима наплавки: сила тока 410А, напряжение 29В, скорость наплавки 30 см/мин.

После наплавки образцов изучался химический состав наплавленного слоя, проводились металлографические исследования, осуществлялся замер твердости наплавленного слоя, проводились механические испытания на потерю массы образца при трении металл-металл, а также статистическая обработка полученных данных.

### Результаты и обсуждение

Химический состав полученных образцов представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав наплавленного металла

Используемый флюс	Массовая доля элементов, %													
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Ti	W	V	Mo	Al	Nb	S	P
АН-348А	0,34	0,76	1,75	4,04	0,07	0,09	0,016	9,62	0,10	0,28	0,063	0,05	0,014	0,018
Шлак SiMn	0,38	0,79	1,78	3,94	0,07	0,08	0,005	9,40	0,09	0,32	0,025	0,05	0,04	0,013

Как видно из таблицы 3 усвоение основных элементов находится примерно на одном уровне и более высокого угара основных элементов под исследуемым флюсом не наблюдается, при этом отмечается повышенное содержание серы и пониженное фосфора.

Измерение твердости наплавленного слоя (таблица 4) исследуемых образцов выполняли по методу Бринелля с помощью ультразвукового твердомера УЗИТ-3 в соответствии с требованиями ГОСТ 9012-59.

Механические испытания на потерю массы образца при трении металл-металл, наплавленного слоя опытных образцов определяли путем проведения испытаний на износ на машине 2070 СМТ-1. Результаты износостойкости исследуемых образцов представлены в таблице 5. Пониженные значения твердости и износостойкости под исследуемым флюсом могут быть связаны с несколько более низкими значениями вольфрама и хрома в наплавленном слое.

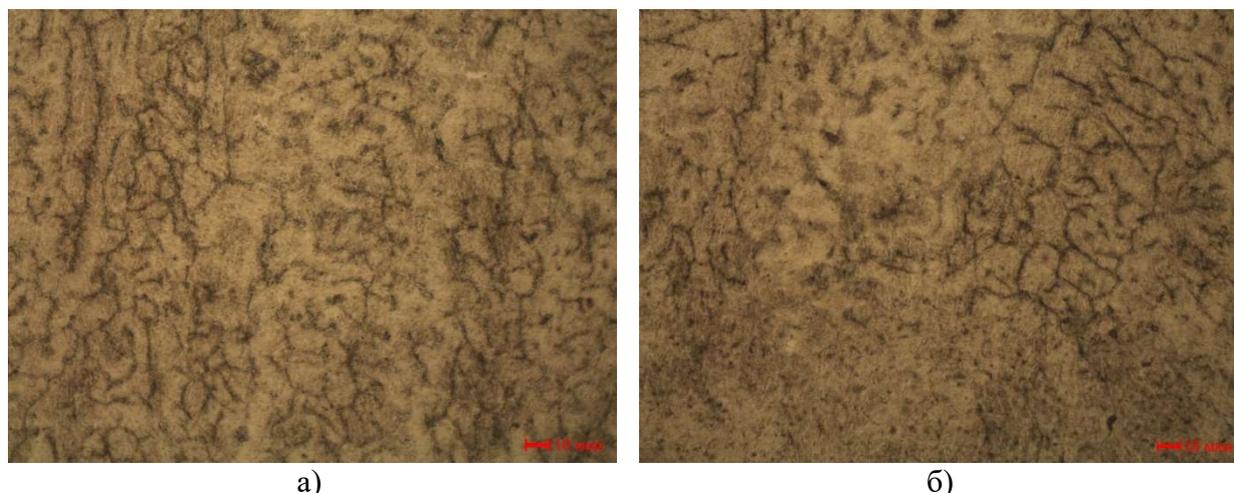
Таблица 4 –Твердость наплавленного слоя исследуемых образцов

Используем ый флюс	Твердость НВ										Твердость HRC				
	АН-348А	614	535	475	576	610	614	553	523	518	596	52,4	49,4	53,7	52,4
Шлак SiMn	527	530	544	601	588	632	475	572	616	555	51,7	54,2	47,4	51,3	51,4

Таблица 5 – Основные показатели твердости и износостойкости исследуемых образцов

Используемый флюс	Пределы твердости по НВ	Пределы твердости по HRC	Средняя твердость НВ	Средняя твердость HRC	Износ гр/оборот
АН-348А	475-614	49,4-53,7	515	51,7	1,24273E-05
Шлак SiMn	475-632	47,4-54,2	517	51,2	1,40295E-05

Металлографические исследования полированных микрошлифов проводились с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 в светлом поле в диапазоне увеличений от  $\times 100$  до  $\times 1000$ . Микроструктуру (рисунок 1) выявляли путем травления образцов в растворе 4 %  $\text{HNO}_3$  в этиловом спирте. Исследование образцов наплавленного слоя на наличие неметаллических включений (рисунок 2, таблица 6) проводили по ГОСТ 1778-70. Полированную поверхность изучали при увеличении  $\times 100$ .



а) б)  
Рисунок 1 – Структура наплавленных образцов,  $\times 500$

а – образец, наплавленный с использованием флюса АН-348А; б – образец, наплавленный с использованием флюса на основе шлака силикомарганца

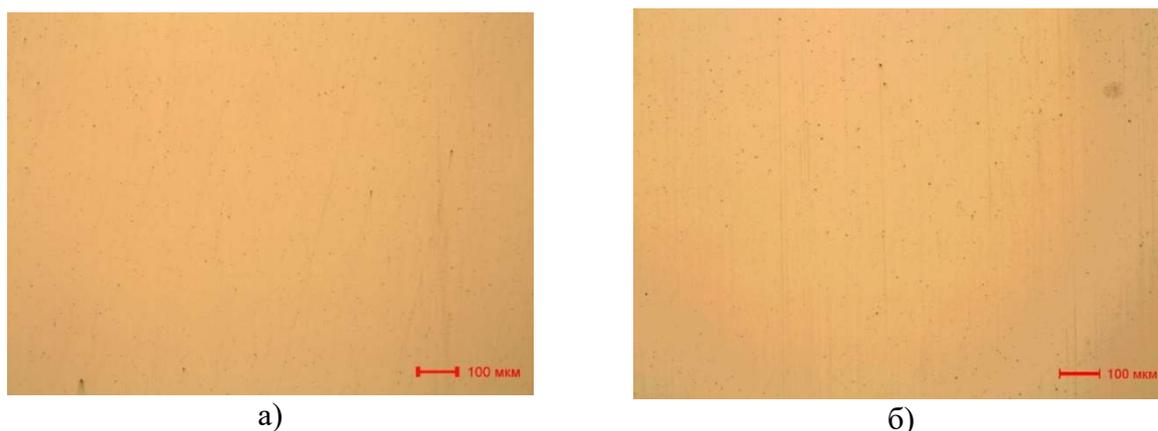


Рисунок 2 – Неметаллические включения в наплавленном слое,  $\times 100$   
а – образец, наплавленный с использованием флюса АН-348А; б – образец, наплавленный с использованием флюса на основе шлака силикомарганца

Таблица 6 – Оценка неметаллических включений в наплавленном слое

№ образца	Оксиды точечные	Силикаты недеформирующиеся
1.1	2а	1а,2а
1.2	2а	2б,2а

Никаких особых изменений при наплавке под опытным флюсом порошковой проволокой 35В9Х3СФ не выявлено. Отличительной особенностью исследуемого флюса является повышенное содержание серы и пониженное фосфора, микроструктура без особых отличий (рисунок 1), загрязненность неметаллическими включениями без особых отличий (рисунок 2, таблица 6). Внешний вид срезов исследуемых образцов, наплавленных под исследуемыми флюсами, указывает на то, что укрупняющие свойства рассматриваемых флюсов одинаковы.

### Выводы

1. Показана возможность использования флюса, изготовленного из шлака силикомарганца для наплавки с использованием наплавочных, проволок типа 35В9Х3СФ с наплавочными флюсами на основе обогащённого шлакового щебня.
2. Разработаны и оптимизированы режимы наплавки с использованием порошковой проволокой диаметром 3,6 мм 35В9Х3СФ под флюсами, изготовленными из шлака силикомарганца. Выбор энерготехнологических режимов осуществлялся исходя из рекомендованных режимов наплавки по ГОСТ 26101-84.
3. Установлено, что при использовании флюса на основе шлака от производства ферросиликомарганца в сравнении с флюсом марки АН-348А, никаких особых изменений при наплавке порошковой проволокой 35В9Х3СФ не выявлено. Микроструктура и загрязнённость наплавленного слоя неметаллическими включениями без особых отличий.

### Список литературы

1. Быстров В.А., Дьяков П.К., Уманец А.Г. Условия эксплуатации и износ валков прокатного стана горячего металла. Известия высших учебных заведений. Черная Metallургия. 2014;57(5):24-29. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2014-5-24-29>
2. Сидоров В.А. Закономерность износа вкладышей универсальных шпинделей прокатных станков / В.А. Сидоров, Н.В. Нижник // Metallургическая и горнорудная промышленность. – 2005, №3. – С. 94-96.

3. Рябцев И. А. Высокопроизводительная широкослойная наплавка электродными проволоками и лентами / И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2005. – № 6. – с. 36–41
4. Матвиенко В.Н. Оценка формы и размеров сварочной ванны при наплавке комбинированным ленточным электродом / В.Н. Матвиенко, В.А. Мазур, Л. К. Лещинский // Автоматическая сварка. – 2015. – № 9. – с. 30–33.
5. Расчет зоны проплавления при широкослойной наплавке прокатных валков / Матвиенко В.Н., Лещинский Л.К., Мазур В.А. // Металлург. – 2016. – №1. – с.80–83.
6. Рябцев И.А. Наплавка деталей машин и механизмов. — Киев: Екотехнологія, 2004. — 160 с.
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. 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.
10. Вострецов, Г. Н. Порошковая проволока для плазменной наплавки прокатных валков в среде азота / Г. Н. Вострецов, Т. А. Бич, Л. П. Бащенко // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2014. – № 3 (9). – С. 36–40.
11. Исследование влияния состава порошковых проволок на характеристики наплавленного слоя прокатных валков / Н. А. Козырев, Н. В. Кибко, А. А. Уманский, Д. А. Титов, П. Д. Соколов // Вестник Российской Академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. – Новокузнецк, 2016. – Вып. 19. – С. 149–154.
12. 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.
13. Козырев, Н. А. Экспериментальные исследования и обоснование новых составов порошковых проволок для наплавки прокатных валков / Н. А. Козырев, А. А. Уманский, Д. А. Титов // Технологии реновации машин и оборудования : материалы Всероссийской научно-практической конференции в рамках XI промышленного салона и специализированных выставок "Промэкспо, станки и инструмент" "Сварка, контроль, диагностика", 25-26 февраля 2016 г. – Уфа : Башкирский ГАУ, 2016. – С. 115–119
14. 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.
15. Разработка новых сварочных флюсов на основе шлака силикомарганца / Н. А. Козырев, Р. Е. Крюков, А. А. Усольцев, А. Р. Михно, Л. П. Бащенко // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2018. – № 6 (1422). – С. 55–66.