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

УДК 621.791.042.3

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ТЕПЛОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ ВЫСОКОЙ ТВЁРДОСТИ И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ

Худаев К.А., Райков С.В., Перов С.С., Дробышев В.К., Крюков Р.Е.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк,e-mail: Xudaev99@vk.ru

В работе предст авлены результаты разработки технологии упрочнения теплостойких сталей высокой твёрдости и износостойкости. Представлено описание изготовления порошковой проволоки для получения наплавленных сплавов в закалённом состоянии, с низкой склонностью к образованию холодных трещин при высоком качестве наплавленного слоя, приведены режимы получения наплавленного покрытия, а также результаты химического состава покрытия.

Ключевые слова: наплавка, порошковая проволока, среда защитных газов, сварочный флюс, износостойкие стали, твёрдые сплавы, химический состав.

Для защиты деталей и изделий из металлических материалов от различных внешних воздействий, к которым относятся: высокие температуры, износ, статические и динамические нагрузки, коррозия; которые работают в трибосопряжениях, а также в условиях воздействия абразивов применяется нанесение износостойких покрытий порошковым напылением или наплавкой, в частности электронно-лучевым методом в вакууме [1-5]. Физические свойства и технологические аспекты электросварочных процессов нанесения покрытий на различные подложки указываются в работах [6-10].

На определение взаимосвязи между физико-механическими свойствами сталей и их износостойкостью направлены исследования, описанные в работах [1,2,11-13]. Попытки получения зависимости: “чем твёрже материал, тем труднее он должен истираться”, относят к наиболее простым. Но стоит отметить, что данная зависимость имеет весьма сложный характер, в частности для карбидосталей, твёрдых сплавов и покрытий на их основе [8-10].

Порошковая проволока была изготовлена в научно-производственном центре «Сварочные процессы и технологии» ФГБОУ ВО «СибГИУ» с помощью лабораторной установки по технологии с пропусканием через фильеры. Диаметр изготавливаемой проволоки 4.5 мм, оболочка выполнена из ленты 08пс размером 16×0,6 мм холодного проката сматываемая с кассеты.

Для изготовления порошковой проволоки использовались порошкообразные материалы: молибден МПЧ по ТУ 48-19-69-80, титан ПТМ по ТУ 14-22-57-92, кобальт ПК-1у по ГОСТ 9721-79, ванадий ВЭЛ-1 по ТУ 48-4-335-86; углерод по ГОСТ 7885-86, алюминий ПА-ВЧ по ТУ 1791-99-020-98; феррохром ФХ850 по ГОСТ 4757-91, бор Б-99А по ТУ 2112-001-49534204-2003.

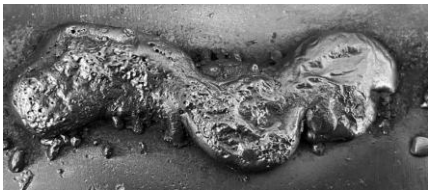
Наплавка исследуемого состава проводилась на зачищенной пластине из стали 09Г2С толщиной 20мм, в первом случае в смеси защитных газов: аргон (81 %), азот (19 %), в последующих наплавках под сварочным флюсом АН-26С (таблица 1) по ГОСТ 9087-81, который обеспечивает хорошее формирование, малую склонность к образованию пор и удовлетворительную отделимость шлаковой корки от наплавленного металла.

Таблица 1 – Компонентный состав используемого флюса

Марка флюса	Массовая доля, %								
	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	C	S	P
АН-26С	29,33	1,5	19-23	4-8	15-18	2,5-4,0	Не более 0,05	Не более 0,08	Не более 0,08

Первая серия исследуемых образцов осуществлялась с использованием режима наплавки: сила тока 370А, напряжение 29В, скорость наплавки 12 см/мин. После наплавки 2 слоёв были проведены корректировки режима наплавки (сила тока 370А, напряжение 28,5В, скорость наплавки 10 см/мин) из-за образования пор и неравномерного ширины валика. Химический состав шихты порошковой проволоки: порошок молибдена – 30г; порошок титана – 12г; порошок кобальта – 7г; порошок ванадия – 7г; порошок углерода – 2г; порошок алюминия – 6г. После процесса наплавки была зачищена равномерная площадка для проведения предварительного химического анализа (рисунок 1).

1 слой



2 слой

3 слой

4 слой

Образец с зачищенной площадкой

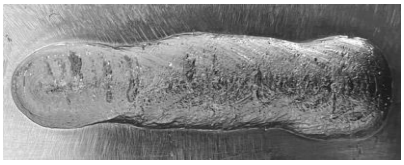
Рисунок 1 – Внешний вид наплавленных образцов

Проведена наплавка изготовленной порошковой проволоки в 4 прохода, с целью исключения перемешивания исследуемого состава с подложкой. С помощью портативного анализатора X-MET был получен приблизительный химический состав наплавленного образца. После получения результатов экспресс анализа химического состава (таблица 2) была произведена корректировка состава шихты.

Таблица 2 – Химический состав наплавленного металла первой серии

Элем.	Fe	Mo	Co	Ti	V	Mn	P	S
%	85,527	8,17	2,859	2,419	0,864	0,107	0,026	0,018

Вторая серия исследуемых образцов осуществлялась с использованием режима наплавки: сила тока 422А, напряжение 38В, скорость наплавки 18 см/мин. Химический состав шихты порошковой проволоки: порошок молибдена – 30г; порошок кобальта – 7г; порошок ванадия – 7г; порошок углерода – 2г; порошок алюминия – 6г, порошок феррохром – 12г. После процесса наплавки была зачищена равномерная площадка для проведения предварительного химического анализа (рисунок 2).



1 слой

2 слой

3 слой

Образец с зачищенной площадкой

Рисунок 2 – Внешний вид наплавленных образцов

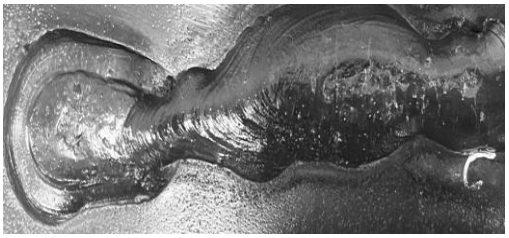
Проведена наплавка изготовленной порошковой проволоки в 3 прохода, с целью исключения перемешивания исследуемого состава с подложкой. С помощью портативного анализатора X-MET был получен приблизительный химический состав наплавленного образца. После получения результатов экспресс анализа химического состава (таблица 3) была произведена корректировка состава шихты.

Таблица 3 – Химический состав наплавленного металла второй серии

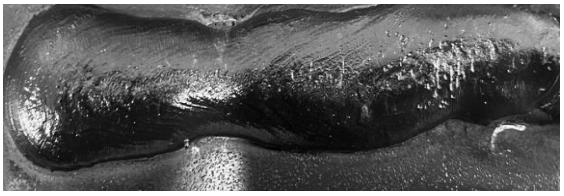
Элем.	Fe	Mo	Co	Cr	V	Si	Mn	P	S
%	85,62	9,223	2,987	2,25	0,877	0,578	0,412	0,025	0,018

Третья серия исследуемых образцов осуществлялась с использованием режима наплавки: сила тока 422А, напряжение 38В, скорость наплавки 18 см/мин. Химический состав шихты порошковой проволоки: порошок молиб-

дена – 30г; порошок кобальта – 7г; порошок ванадия – 7г; порошок углерода – 2г; порошок алюминия – 6г, порошок феррохром – 12г, порошок бора - 2г. После процесса наплавки была зачищена равномерная площадка для проведения предварительного химического анализа (рисунок 3).



1 слой после зачистки



2 слой после зачистки

3 слой после зачистки

Образец с зачищенной площадкой

Рисунок 3 – Внешний вид наплавленных образцов

Проведена наплавка изготовленной порошковой проволоки в 3 прохода, с целью исключения перемешивания исследуемого состава с подложкой. С помощью портативного анализатора X-MET был получен приблизительный химический состав наплавленного образца. Результаты экспресс анализа химического состава представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Химический состав наплавленного металла третьей серии

Элем.	Fe	Mo	Co	Cr	V	Si	Mn	P	S	Cu
%	87,405	6,314	2,336	1,768	0,579	0,864	0,617	0,025	0,051	0,031

Выводы:

Проведя серию экспериментов, было выявлено, что наилучшим составом с точки зрения внешнего вида и получаемого химического состава являются образцы второй и третьей серии. Дальнейшей задачей научного исследования по данной тематике является изучение твёрдости, микротвердости и проведение металлографических исследований изготовленных образцов.

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

Библиографический список

1. Хрущов М.М. Износостойкость и структура твердых наплавок. М.: Машиностроение. 1971. 95 с.

2. Сидоров А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. М.: Машиностроение. 1987. 192 с.

3. Effect of Titanium on the Structure and Properties of Clad Metal from

Powder Wires of Fe – C – Si – Mn – Cr – W– V and Fe – C – Si – Mn – Cr – Mo – Ni Systems / N. V. Kibko, A. A. Usol'tsev, A. R. Mikhno, A. A. Sychev // Metal Science and Heat Treatment. – 2022. – Vol. 64, No. 5. – P. 281-284. – DOI 10.1007/s11041-022-00801-1.

4. Панин В.Е., Белюк С.И., Дураков В.Г., Прибытков Г.А., Ремпе Н.Г. Электронно-лучевая наплавка в вакууме: оборудование, технология, свойства покрытий. Сварочное производство. 2000. № 2. С. 34-38.

5. Исследование состава неметаллических включений и микроструктуры электродугового покрытия, сформированного с использованием порошковой проволоки системы Fe - C - Si - Mn - Cr - Ni - Mo / Н. А. Козырев, И. В. Осетковский, А. А. Усольцев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2022. – Т. 65, № 6. – С. 421-426. – DOI 10.17073/0368-0797-2022-6-421-426.

6. Исследование элементного и фазового составов электродугового покрытия, сформированного с использованием порошковой проволоки системы Fe - C - Si - Mn - Cr -Ni - Mo / Н. А. Козырев, А. А. Усольцев, А. И. Гусев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2022. – Т. 65, № 2. – С. 120-126. – DOI 10.17073/0368-0797-2022-2-120-126.

7. Анализ параметров микроструктуры наплавленного слоя порошковой проволокой системы Fe - C - Si - Mn - Cr - Ni - Mo - V / Е. В. Полевой, Н. А. Козырев, А. Р. Михно [и др.] // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2022. – № 12(810). – С. 15-18. – DOI 10.30906/mitom.2022.12.15-18.

8. Ленивцева О.Г. Поверхностное упрочнение титановых сплавов карбидными частицами с использованием технологии вневакуумной электронно-лучевой наплавки. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. Новосибирск: НГТУ., 2014. 20 с.

9. Zimoglyadova T.A., Pasichnik V.A., Egorova A.S., Saage H., Matts O. Structure and properties of functional self-fluxing nickel-containing coatings obtained by nonvacuum electron-beam cladding. Metal Science and Heat Treatment. 2019. Vol. 60. Issue 9-10. P. 633-640.

10. Микроструктура и трибологические свойства наплавленного слоя металла, полученного дуговой наплавкой порошковой проволокой, содержащей порошок титана / В. В. Шляров, А. А. Комаров, Н. А. Козырев [и др.] // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2022. – № 12(810). – С. 27-33. – DOI 10.30906/mitom.2022.12.27-33.

11. Корнеев В. А. Разработка буровых резцов, армированных кубическим нитридом бора, и методологических основ для их испытания // Горный информационноаналитический бюллетень. – 2023. – № 11-1. – С. 116–129. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_111_0_116.

12. Виноградов В.С., Сорокин Г.М., Колокольников М.Г. Абразивное изнашивание. М.: Машиностроение. 1990. 224 с.

13. Badisch E., Mitterer C. Abrasive wear of high-speed steels Influence of abrasive particles and primary carbides on wear resistance. *Tribology International*. 2003. Vol. 36. № 10. P. 765-770.

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 60x84 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