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 621.791.048

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.

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

В данной работе представлены результаты исследования микроструктуры, неметаллических включений, износостойкости и твердости наплавленного слоя стали 30ХГСА, изготовленной путем автоматической дуговой наплавкой под слоем флюса изготовленного из шлака производства силикомарганца.

Ключевые слова: наплавка, сварочный флюс, покрытие, химический состав, неметаллические включения, микроструктура, твердость, износостойкость.

Разработка новых сварочных материалов является на сегодняшний день одной из необходимых задач. Связано это с тем что, большинство стран поставщиков сварочных материалов, все больше и больше вводят санкций в отношении РФ. Объемы Российских изготовителей флюсов на сегодняшний день не покрывают в полном объеме спрос на этот материариал, что вызывает перспективность в разработке новых сварочных флюсов, в том числе изготовленных из техногенного сырья горно-рудного и металлургического производства [1-3].

Флюсы изготовленные из отходов производства ферросиликомарганца (шлака силикомарганца) находят все больше и больше свое применение при проведении ремонтно-восстановительных работах, а именно при проведении наплавки низколегированными присадочными материалами [4-6] и присадочными материалами в виде различных порошковых проволок [7-9].

Целью данной работы является изучение наплавленного слоя изготовленного путем автоматической наплавки под разработанным флюсом и проволоки марки 30ХГСА.

Наплавка проволокой 30ХГСА диаметром 4 мм осуществлялась на низколегированную подложку из стали 09Г2С с использованием сварочного трактора АОТАІ - 1250. Для наплавки использовался следующий режим: скорость наплавки – 15 см/мин, сила тока – 500А, напряжение дуги – 29,5В. С целью исключения наименьшего перемешивания металла подложки с присадочным материалов, наплавка производилась в 5 слоев.

В качестве защитного материала использовался ранее используемый флюс на основе шлака силикомарганца с химическим составом представленным в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав используемого флюса

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

Внешний вид наплавленного образца представлен на рисунке 1.

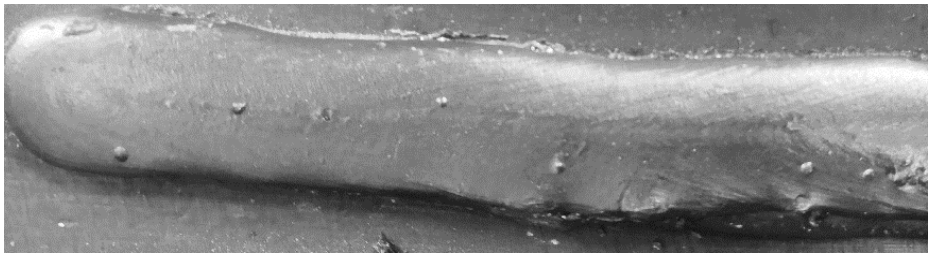


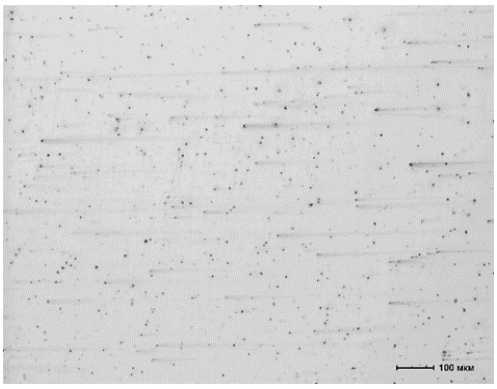
Рисунок 1 – Внешний вид наплавленного образца

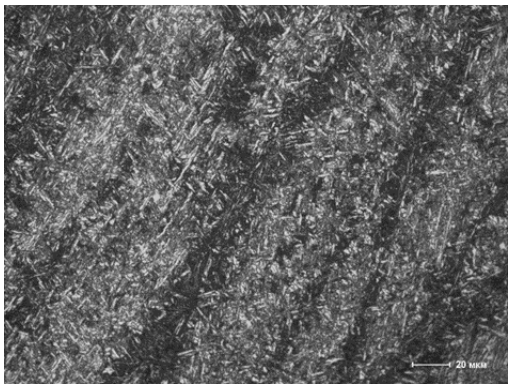
Подобранный режим наплавки позволяет обеспечивать хорошее формирование наплавленного слоя (отсутствие подрезов, пор) и хорошую отделимость шлаковой корки.

С использованием оборудования ЦКП «Материаловедения» был проведен анализ химического состава наплавленного слоя (таблица 2) и анализ состава неметаллических включений наплавленного слоя согласно ГОСТ 1778 в светлом поле при увеличении 100 крат. Загрязненность наплавленного слоя неметаллическими включениями представлена на рисунке 2, а.

Таблица 2 – Протокол рентгеноспектрального и спектрально-эмиссионного анализа исследуемого образца

Массовая доля элементов, %														
C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Ti	W	V	Mo	Al	Nb	S	P	Co
0,28	1,58	2,61	0,89	0,11	0,16	0,005	0,008	0,009	0,019	0,012	0,002	0,045	0,019	0,012





а) б)

а – Неметаллические включения исследуемого образца (х100),
б – микроструктура исследуемого образца (х500)

Рисунок 2 – Металлографические исследования наплавленного слоя

При изучения загрязнённости наплавленного слоя было определено, что в образце встречаются неметаллические включения сфероидальной (круглой) формы, но характер их распределения не относится ни к одной из шкал ГОСТа 1778-70. При этом стоит отметить наличие не растворившейся фазы (мелкие серые включения).

После проведения исследования состава неметаллических включений проведено химическое травление 4% азотной кислотой с целью выявления микроструктуры наплавленного слоя. Структура исследуемого слоя (рисунок 2 (б)) представлена мартенситом, при этом стоит отметить что наблюдаются иглы разного размера (крупные и мелкие). Так же при проведении исследования была определена структура аустенит, по границам вытянутых зерен наблюдается троостит.

Исследование микротвердости образца проводилось с использованием микротвердомера HVS-1000 по Микро-Виккерсу ГОСТ 9450-76 путём вдавливания алмазной пирамидки. Испытательная нагрузка – 1 кг, длительность нагрузки 10 сек. Результаты исследования микротвердости указывают что твердость наплавленного слоя варьируется в пределах 324-390 HV.

Исследование износостойкости исследуемой поверхности проводилось на машине трения 2070 СМТ-1 по схеме «вал-колодка». Условия испытаний: комнатная температура T = 20 ± 2 ^{0}C; нагрузка на испытуемый образец P = 30 Кг; скорость трения V = 20 оборотов/мин; продолжительность t = 4 ч. Взвешивание образца на лабораторных весах с погрешностью 0.0001 г. Износ по массе Δm определялся как разница значений массы образца до и после испытаний. В результате проведения испытания определено, что износостойкость $\Delta m = 0.000052$ и сопоставима с результатами аналогичных покрытий из стали 30ХГСА.

Вывод: В результате проведенной работы определена возможность использования в качестве защитного сварочного флюса, флюса на основе шлака от производства силикомарганца при проведении автоматической сваркой с использованием присадочной проволоки марки 30ХГСА. Определено, что твердость и износостойкость получаемого покрытия имеет схожие показатели с аналогичными покрытиями изготовленные с использованием других флюсов. Единственным отличием получаемого покрытия является повышенное содержание серы в наплавленном слое. Структура исследуемого слоя представлена мартенсит + аустенит, по границам вытянутых зерен наблюдается троостит.

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

Библиографический список

1. Михно, А. Р. Использование техногенного сырья металлургического производства для изготовления сварочных флюсов / А. Р. Михно // Кузбасс: образование, наука, инновации : Материалы XI Инновационного конвента,

Кемерово, 08 февраля 2023 года. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2023. – С. 438-441.

2. Старцев, Е. А. Разработка и исследование сварочного флюса, полученного на основе техногенных отходов металлургического предприятия / Е. А. Старцев // Молодые ученые - Хабаровскому краю : Материалы XXIII краевого конкурса молодых ученых, Хабаровск, 12–19 января 2021 года. – Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2021. – С. 187-191.

3. Патент № 2716344 C1 Российская Федерация, МПК B23K 35/40, B23K 35/362. способ получения гранулированного сварочного флюса : № 2019107319 : заявл. 14.03.2019 : опубл. 11.03.2020 / С. В. Наумов, А. О. Артемов, Ю. Д. Щицын [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Пермский национальный исследовательский политехнический университет".

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. О возможности использования шлака силикомарганца и ковшевого электросталеплавильного шлакапри изготовлении сварочных флюсов / Н. А. Козырев, А. Р. Михно, А. А. Усольцев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2021. – Т. 64, № 10. – С. 706-711. – DOI 10.17073/0368-0797-2021-10-706-711.

6. Effect of Carbon and Fluorine Added to Silicomarganese Slag Fluxes / R. E. Kryukov, N. A. Kozyrev, A. R. Mikhno [et al.] // Steel in Translation. – 2020. – Vol. 50, No. 1. – P. 11-15. – DOI 10.3103/S0967091220010064.

7. Влияние титана на структуру и свойства наплавленного металла порошковыми проволоками систем Fe - C - Si - Mn - Cr - W - V и Fe - C - Si - Mn - Cr - Mo - Ni / Н. В. Кибко, А. А. Усольцев, А. Р. Михно, А. А. Сычев // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2022. – № 5(803). – С. 43-45. – DOI 10.30906/mitom.2022.5.43-45.

8. Влияние введения титана в состав порошковой проволоки типа 25Х5ФМС / А. А. Усольцев, Н. А. Козырев, А. Р. Михно [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2021. – Т. 17, № 3(195). – С. 135-137.

9. Влияние углерода на физико-механические свойства наплавленного с использованием порошковой проволоки Fe-C-Si-Mn-Cr-Ni-Mo-V металла / Н. А. Козырев, А. А. Усольцев, А. Р. Михно [и др.] // Сварочное производство. – 2022. – № 1. – С. 5-10.

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