Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Администрация Правительства Кузбасса

Научно-образовательный центр мирового уровня «Кузбасс-Донбасс»

Сибирский государственный индустриальный университет

МЕТАЛЛУРГИЯ: ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО

«Металлургия – 2024»

Труды

XXIV Международной научно-практической конференции

15– 17 октября 2024 г.

Новокузнецк
2024

ISSN 2542-1670

УДК 669(06)+658.012.056(06)
М 540

Редакционная коллегия

д.т.н., профессор А.Б. Юрьев, д.т.н., доцент А.А. Уманский, к.т.н., доцент С.В. Фейлер, д.т.н., доцент Е.В. Арышенский, д.т.н., доцент Д.В. Загуляев, д.т.н., профессор М.В. Темлянцев, д.т.н., доцент В.В. Зимин

М 540 Металлургия : технологии, инновации, качество : труды XXIV Международной научно-практической конференции / под общ. ред. А.Б. Юрьева, Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2024. – 438 с. : ил.

Труды конференции включают доклады по актуальным вопросам теории и практики металлургических процессов, современных технологий обработки материалов, ресурсо- и энергосбережения, экологии и утилизации отходов металлургического производства, охраны труда, автоматизации металлургических и производственных процессов.

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»

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР МИРОВОГО УРОВНЯ «КУЗБАСС-ДОНБАСС»

АО «КУЗБАССКИЙ ТЕХНОПАРК»

ЖУРНАЛ «ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ. ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ»

ЖУРНАЛ «ВЕСТНИК СИБГИУ»

© Сибирский государственный индустриальный университет, 2024

УДК 621.791.042.3

ИЗГОТОВЛЕНИЕ СПЛАВА МЕТОДОМ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ СИСТЕМЫ CO-CR-FE-MN-NI

Михно А.Р., Перов С.С., Крюков Р.Е.

Сибирский государственный индустриальный университе,
Новокузнецк, Россия, mikno-mm131@mail.ru

Аннотация: *В работе представлены результаты получения многокомпонентной порошковой проволоки системы Co-Cr-Fe-Mn-Ni и проведена оценка влияния использования в качестве оболочки порошковой проволоки сталей марки 08ПС и Х18Н9 на получаемый химический состав наплавленного покрытия.*

Ключевые слова: *наплавка; порошковая проволока; высоконтропийный состав; 08ПС; Х18Н9; химический состав.*

MANUFACTURING THE ALLOY BY ARC SURFADING METHOD WITH HIGH-ENTROPY CO-CORED WIRE CO-CR-FE-MN-NI SYSTEM

Mikhno A.R., Perov S.S., Kryukov R.E.

Siberian State Industrial University,
Novokuznetsk, Russia, mikno-mm131@mail.ru

Abstract. *The paper presents the results of producing multicomponent flux-cored wire of the Co-Cr-Fe-Mn-Ni system and assesses the effect of using steel grades 08PS and X18N9 as a flux-cored wire shell on the resulting chemical composition of the deposited coating.*

Keywords: *surfacing; cored wire; high-tropic composition; 08PS; X18H9; chemical composition.*

Металлические сплавы с содержанием каждого элемента от 5 до 35 % вызывают большой научный интерес как в отечественной, так и в зарубежной науке [1]. Этому свидетельствует тот факт, что за столь короткое время анализу высокоэнтропийных сплавов было посвящено более пяти тысяч значимых научных работ. Среди которых можно найти публикации, содержащие обзор проблем, связанных с особенностями получения высокоэнтропийных сплавов, исследования структуры, механических свойств многокомпонентных сплавов [1-3].

Множество исследований в анализируемой области было связано с поиском способов изготовления высокоэнтропийных сплавов. В частности, рассмотрены стандартные способы изготовления ВЭС, включающие порошковую металлургию, обычное литье, и аддитивное производство (АП) [3]. Однако, широкое распространение получили методы, основанные на термоядерном синтезе, которые могут быть классифицированы как: электронно-лучевые [4], лазерные, плавление в порошковом слое, а также аддитивное производство с проволочной дугой (WAAM) [5].

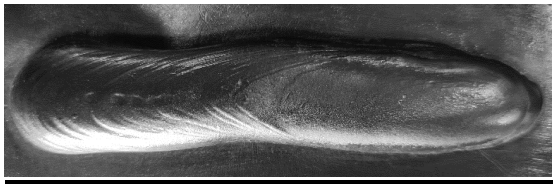
Целью данной работы является – получение многокомпонентных порошковых проволок и формирование наплавочных электродуговых покрытий, проведение исследования влияния использования различных оболочек для изготовления по-

рошковых проволок на получаемый химический состав наплавленного покрытия.

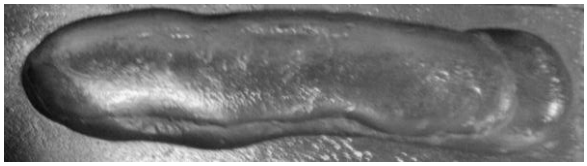
Изготовление проволоки проводилось на лабораторной установке НПЦ «Сварочные процессы и технологии» СибГИУ по технологии с пропусканием через фильеры. Диаметр изготавливаемой проволоки 4,0 мм, в качестве оболочки для изготовления порошковых проволок использовались ленты 08пс и Х18Н9. Изготовление порошковой проволоки осуществляли с использованием порошкообразных материалов: хрома ПХ-1С по ТУ 14-1-1474-75, марганца МР-0 по ГОСТ 6008-82, кобальта ПК-1у по ГОСТ 9721-79 и никеля ПНК 1Л5 по ГОСТ 9722-97 . Состав шихты брался из расчета 25 % всех используемых элементов. Наплавка разработанных проволок проводилась под сварочным флюсом марки АН-67. В качестве подложки была использована пластина из стали 09Г2С размером 25*80*300 мм.

Наплавка исследуемых образцов осуществлялась с использованием подобранного режима наплавки, сила тока 420А, напряжение 28В, скорость наплавки 15 см/мин с использованием сварочного трактора ASAW-1250 в 4-5 проходов с целью исключения перемешивания с металлом подложки.

Внешний вид полученных наплавленных образцов представлен на рисунке 1.



а)



б)

а – наплавленный образец с использованием в качестве оболочки ленты Х18Н9;
б – наплавленный образец с использованием в качестве оболочки ленты 08пс

Рисунок 1 – Внешний вид наплавленных образцов

С использованием оборудования лаборатории комплексной переработки отходов металлургического производства ФГБОУ ВО «СибГИУ» проведен экспресс анализ химического состава полученных наплавленных покрытий (таблица 1)

Таблица 1 – Протокол экспресс анализа химического состава наплавленных покрытий

Массовая доля элементов, %					
Оболочка проволоки	Fe	Mn	Cr	Ni	Co
Х18Н9	67,4	4,21	17,05	8,16	2,16
08ПС	75,2	2,61	7,8	5,1	7,7

По полученным результатам химического состава наплавленных покрытий, определено, что для целей получения высокоэнтропийного состава наиболее подходящей оболочкой является лента из стали Х18Н9. Однако, полученный химический состав сплава не в полной мере удовлетворителен, в связи с чем есть необходимость в проработке новых способов изготовления сплава системы Co-Cr-Fe-Mn-Ni.

Выводы:

1. Проведенные исследования указывают на возможность применения в качестве оболочек порошковых проволок сталей 08пс и Х18Н9.

2. Полученные образцы порошковых проволок обладают необходимыми сварочно-технологическими свойствами (при процессе наплавки отсутствуют видимые дефекты на поверхности).

3. Для проведения дальнейших исследований по совершенствованию сплава системы Co-Cr-Fe-Mn-Ni выбрана лента из стали марки Х18Н9.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-00350, https://rscf.ru/project/23-29-00350/

Библиографический список

1. Батаева З.Б., Руктуев А.А., Иванов И. В. [и др.] Обзор исследований сплавов, разработанных на основе энтропийного подхода // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2021. – Т. 23, № 2. – С. 116-146. – DOI 10.17212/1994-6309-2021-23.2-116-146.

2. Osintsev K.A., Konovalov, S.V., Glezer, A.M., Gromov, V.E., Ivanov, Y.F., Panchenko, I.A., Sundeev, R.V. Research on the structure of Al2.1Co0.3Cr0.5FeNi2.1 high-entropy alloy at submicro- and nano-scale levels. Materials Letters. – 2021, Vol. 294, № 129717, DOI: 10.1016/j.matlet.2021.129717.

3. Рогачев А.С. Структура, стабильность и свойства высокоэнтропийных сплавов / А. С. Рогачев // Физика металлов и металловедение. – 2020. – Т. 121, № 8. – С. 807-841. – DOI 10.31857/S0015323020080094.

4. Осинцев К.А., Громов В.Е., Воробьев С.В. [и др.] Влияние электронно-пучковой обработки на дефектную субструктуру высокоэнтропийного сплава системы Co - Cr - Fe - Mn - Ni // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2022. – Т. 65, № 4. – С. 254-260. – DOI 10.17073/0368-0797-2022-4-254-260.

5. Microstructure evaluation and resultant mechanical properties of laser- arc hybrid additive manufactured Cu-Cr-Zr alloy / G. Ma, S. Wu, R. Wang [et al.] // Journal of Alloys and Compounds. – 2022. – Vol. 912. – P. 165044. – DOI 10.1016/j. jallcom.2022.165044.

УДК 678.073 + 533.924

ПЛАЗМЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ ПОРОШКОВОЙ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ

Юницкий А.Э., Цырлин М.И.

ЗАО «Струнные технологии», Минск, Беларусь, m.tsirlin@unitsky.com

Аннотация. *В работе исследован процесс структурирования порошковой эпоксидной композиции с полимерными добавками полиэтилентерефталата, полибутена и полиуретана при плазменном напылении с помощью термометрического метода и определения содержания гель-фракции. На основании выполненных исследований разработан состав эпоксидной композиций с добавкой порошкового полиуретана с содержанием гель-фракции до 93 % после 25 − 30 с. осаждения.*

Ключевые слова: *плазменные покрытия, порошковые полимерные смеси, эпоксидные покрытия, отверждение покрытий.*

PLASMA COATINGS FROM POLYMER MIXTURES BASED ON POWDERED EPOXY RESIN

Unitsky A.E., Tsyrlin M.I.

ПОРОШКОВАЯ ПРОВОЛОКА ДЛЯ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ПОЛУЧЕНИЕ НАПЛАВЛЕННОЙ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ ЭКОНОМНО-ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ АЗОТА
Малушин Н.Н., Громов В.Е., Бащенко Л.П., Гостевская А.Н. ***189***

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ CO-CR-FE-MN-NI, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ
Коновалов С.В., Панченко И.А., Гостевская А.Н. ***192***

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НАПЛАВОЧНОГО МАТЕРИАЛА НА ЕГО СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА
Коновалов С.В., Панченко И.А., Гостевская А.Н. ***195***

ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ СИЛУМИНА МАРКИ АК15
Серебрякова А.А., Шлярова Ю.А., Загуляев Д.В., Шляров В.В. ***198***

ФОРМИРОВАНИЕ ВЫСОКОТВЕРДЫХ ФАЗ НА ОСНОВЕ БОРА
Андрюшкина В.Е., Бушуева Е.Г. ***201***

ВЛИЯНИЕ ЧАСТИЦ ДИБОРИДА ХРОМА НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ ЭЛЕКТРООСАЖДЕННОГО НИКЕЛЕВОГО ПОКРЫТИЯ
Петухова П.М., Новгородцева О.Н., Бушуева Е.Г. ***204***

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ХРОМОНИКЕЛЕВОЙ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ
Пухова Е.А., Бушуева Е.Г. ***206***

ПОЛУЧЕНИЕ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ЛЕНТЫ ИЗ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА
Громов В.Е., Семин А.П., Боровский С.В., Селиванов И.Д. ***209***

ВОЗМОЖНОСТЬ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕНТ ИЗ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ
Семин А.П., Боровский С.В., Селиванов И.Д., Громов В.Е. ***211***

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА 20Co-20Cr-5Fe-35Mn-20Ni
Коновалов С.В., Дробышев В.К., Панченко И.А. ***213***

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВА AA7075, ПОЛУЧЕННОГО С ПОМОЩЬЮ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Панченко И.А., Коновалов С.В., Черепанова Г.И. ***216***

ИЗГОТОВЛЕНИЕ СПЛАВА МЕТОДОМ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ СИСТЕМЫ CO-CR-FE-MN-NI
Михно А.Р., Перов С.С., Крюков Р.Е. ***218***

ПЛАЗМЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ ПОРОШКОВОЙ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ
Юницкий А.Э., Цырлин М.И. ***220***

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ МИКРО- И НАНОСТРУКТУР ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ПРИ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОМ КАРБОБОРИРОВАНИИ
Невский С.А., Бащенко Л.П., Громов В.Е., Сарычев В.Д., Михайлов Д.Д. ***223***

НОВЫЕ УПРАВЛЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ
Чумачков И.И., Коновалов С.В. ***226***

ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПЕРЕДЕЛОВ В ДВУХКАМЕРНОЙ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКЕ
Лубин В.А., Никитин А.Г. ***228***

Научное издание

МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО
«Металлургия – 2024»

Труды XXIV Международной научно-практической конференции

Под общей редакцией А.Б. Юрьева

Технический редактор А.А. Уманский

Компьютерная верстка Н.В. Ознобихина

Подписано в печать 10.12.2024 г.
Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага офисная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 25,7 Уч.-изд. л. 28,12 Тираж 300 экз. Заказ № 244

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, Кемеровская область – Кузбасс, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ