

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:  
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

**ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**ВЫПУСК 26**

*Труды Всероссийской научной конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
17 – 18 мая 2022 г.*

**ЧАСТЬ I**

Под общей редакцией профессора С.В. Коновалова

**Новокузнецк  
2022**

## **ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НАПЛАВКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ ДЕТАЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ИЗНОСА**

**Казарян Л.А., Полегешко С.А., Бабин Н.С.**

**Научные руководители: д-р техн. наук, профессор Козырев Н.А.,  
канд. техн. наук, доцент Усольцев А.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: LUDWIG-KAZARYAN10@mail.ru*

Исследовано влияние введения порошка титана в состав порошковой проволоки на наплавленный слой. Изготовлено 4 варианта составов порошковой проволоки с различным содержанием титана. Проведена наплавка образцов с использованием порошковых проволок изучаемого состава, изучена наплавленная область под металлографическом микроскопом.

Ключевые слова: наплавка, порошковая проволока, сварочный флюс, порошок титана, износ.

Качество деталей работающих в условиях интенсивного износа в большей степени, зависит от выбора сварочных материалов и технологических свойств. Состав выбранного материала определяет состав жидкого шлака, атмосферы дуги, химический состав наплавленного слоя, от которого зависит структура, механические свойства детали [1,4]. Наплавка порошковой проволокой производилась в лабораторных условиях НПЦ «Сварочные процессы и технологии» на подложку из стали 09Г2С в три слоя под флюсом. Флюс изготовлен из отхода металлургического производства шлака производства ферросиликомарганца с химическим составом: Fe-0.52%; MnO-16.15%; CaO-29.13%; SiO<sub>2</sub>-42.40%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-6.80%; MgO-1.39%; Na<sub>2</sub>O- 0.18%; K<sub>2</sub>O-0.59%; S-0.23%; P-0.022%; WO<sub>3</sub>-0.0006%; ZnO-0.004%; C- 0.024%; F-0.32%; PbO-0.0006%; TiO<sub>2</sub>-0.17%; SrO-0.22%; Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-0.033%; BaO-0.76%. С использованием сварочного трактора ASAW-1250 на режиме: Сила тока I= 470А, напряжение U= 30В, скорость наплавки V= 20см/мин [2-3].

Для изготовления порошковых проволок были использованы порошкообразные материалы: железный порошок ПЖВ-1 по ГОСТ 9849-86, углеродфторсодержащий материал (пыль газоочистки алюминиевого производства), порошок марганца МР-0 по ГОСТ 6008-82, порошок кремния КР-1 по ГОСТ 2169-69, порошок титана ПТС по ТУ 14-22-57-92, молибденовый порошок МПЧ по ТУ 48-19-69-80 порошок никеля ПНК-1Л5 по ГОСТ 9722-97. Блок схема процесса изготовления порошковой проволоки представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 - Блок схема процесса изготовления порошковой проволоки

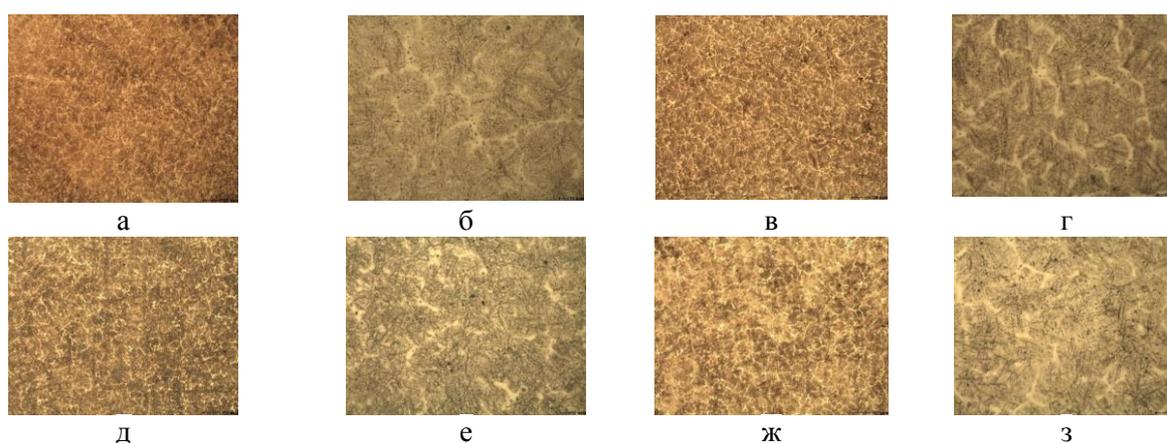
Результаты химического состава наплавленного металла, представленный в таблице 1, определяли рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре XRF-1800 по ГОСТ 28033 – 89 и атомно-эмиссионным методом на спектрометре ДФС-71 по ГОСТ Р ИСО 14284-2009.

Таблица 1- Результаты химического состава наплавленных образцов

№ пробы	Массовая доля элементов в, %													
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Ti	W	V	Mo	Al	Nb	S	P
05	0,17	0,60	1,07	3,72	0,27	0,06	0,005	0,11	0,001	0,71	0,012	0,004	0,068	0,016
06	0,17	0,59	1,01	3,87	0,30	0,06	0,008	0,071	0,003	0,71	-	0,003	0,063	0,017
07	0,18	0,68	1,20	3,60	0,29	0,07	0,014	0,049	0,004	0,71	0,007	0,004	0,076	0,023
08	0,19	0,79	1,29	3,44	0,26	0,05	0,024	0,039	0,003	0,64	0,008	0,005	0,059	0,020

Изучение микроструктуры проводилось с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 и программного обеспечения SIAMS Photolab после травления поверхности образцов в 4 %-ном растворе азотной кислоты на универсальных объективах (10x, 20x, 50x, 100x). Микроструктура наплавленных слоёв порошковой проволокой приведена на рисунке 2. Характеристика микроструктуры наплавленного слоя представлена в таблице 2.

Порошок титана был введён в проволоку с целью уменьшения зерна аустенита.



а – образец 0,2,х200; б – образец 0,2,х500; в – образец 1,х200; г – образец 1,х500; д – образец 2,х200; е – образец 2,х500; ж – образец 3,х200; з – образец 3,х500;

Рисунок 2- Микроструктура наплавленного слоя порошковой проволокой системы C-Si-Mn-Ni-Al-Co-Cu-P

Таблица 2- Характеристика микроструктуры наплавленного слоя

Образец №	Балл зерна мартенсита	Размер игл мкм	Величина бывшего зерна аустенита мкм
05	5	6-8	5
06	5	4-8	5
07	5	5-8	5
08	6	6-11	5

Микроструктура наплавленного слоя порошковой проволокой системы С-Si-Mn-Ni-Al-Co-Cu-P представляет собой мартенсит, аустенит  $\delta$  феррит, расположенной по границам бывшего зерна аустенита.

В микроструктуре образца 06-07 наблюдается наименьший размер игл мартенсита, наименьшего зерна аустенита

*Вывод.*

Произведён расчёт состава порошковой проволоки системы С-Si-Mn-Ni-Al-Co-Cu-P дополнительно легированным титаном, наплавлен металл на подложку из стали 09Г2С, из полученных образцов была изучена микроструктура.

#### Библиографический список

1. Гусев А.И., Козырев Н.А., Кибко Н.В., Попова М.В., Крюков Р.Е. Изучение структуры и свойств металла, наплавленного порошковой проволокой системы Fe-C-Si-Mn-Cr-Mo-Ni-V-Co // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2017. Т.4.– № 2 . - С. 113-119.

2. Разработка порошковой проволоки для наплавки деталей, работающих в условиях износа / Гусев А.И., Усольцев А.А., Козырев Н.А., Кибко Н.В., Бащенко Л.П.// Известия вузов. Черная металлургия. – 2018. -- т. 61. № 11. – С. 898-906.

3. Влияние введения вольфрама и хрома на свойства металла, наплавленного порошковой проволокой системы Fe-C-Si-Mn-Mo-Ni-V-Co / Гусев А.И., Козырев Н.А., Кибко Н.В., Крюков Р.Е., Осетковский И.В // Заготовительные производства в машиностроении. -2019. -Том 17. -№ 2. -С. 56-60.

4. Osetkovsky I.V., Kozyrev N.A., Kryukov R.E., Usoltsev A.A., Gusev A.I. Development of a wear-resistant flux cored wire of Fe–C–Si–Mn–Cr–Ni–Mo–V system for deposit welding of mining equipment parts. In: International Scientific and Research Conference on Knowledge-based Technologies in Development and Utilization of Mineral Resources (KTDMUR2017), 6-9 June 2017, Novokuznetsk, Russian Federation. 2017. Vol. 84. P. 1–7.

5. Сравнительный анализ абразивной износостойкости металла, наплавленного порошковыми проволоками систем Fe-C-Si-Mn-Ni-Mo-W-V и Fe-C-Si-Mn-Cr-Ni-Mo-V / Осетковский И.В., Козырев Н.А., Гусев А.И., Крюков Р.Е., Попова М.В.// Заготовительные производства в машиностроении. -2019. -Том 17. -№ 5. -С. 198-202.

6. Козырев Н.А., Усольцев А.А., Прудников А.Н., Крюков Р.Е.

Козырев Н.А., Прудников А.Н., Крюков Р.Е. Изучение свойств порошковой проволоки на основе пыли газоочистки феррохрома // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2019. Т. 75. № 3. С. 365–373.

7. Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Усольцев А.А., Уманский А.А., Соколов П.Д. Разработка новых порошковых проволок для наплавки. Порошковые проволоки с использованием углеродфторсодержащих материалов для ремонта прокатных валков // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 1. С. 77–86.

УДК 621.791.042.3

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НАПЛАВКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ**

**Полегешко С.А., Казарян Л.А.**

**Научные руководители: д-р техн. наук, профессор Козырев Н.А.,  
канд. техн. наук, доцент Усольцев А.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: asaysis3d@gmail.com*

Исследовано влияние введения порошка титана в состав порошковой проволоки на наплавленный слой. Изготовлено 4 варианта составов порошковой проволоки с различным содержанием титана. Проведена наплавка образцов с использованием порошковых проволок изучаемого состава, изучена наплавленная область под металлографическом микроскопом.

Ключевые слова: порошковая проволока, наплавка, микроструктура, химический состав.

Рабочий слой прокатных валков должен обладать высокой прочностью, вязкостью, износостойкостью, теплостойкостью и высокой твердостью. Наиболее полно всем этим свойствам отвечают теплостойкие инструментальные стали высокой твердости, которые сочетают теплостойкость (600 – 700 °С) с высокой твердостью (HRC 63-68) и повышенным сопротивлением пластической деформации.

Таким образом, разработка и применение наплавочных материалов для восстановления прокатных валков является актуальной задачей. Причем в зависимости от конкретных условий работы валков должен разрабатываться материал с определенными доминирующими свойствами. Например, для наплавки рабочего слоя валков горячей прокатки стальных заготовок необходима высокая твердость наплавленного слоя.

Изготовление порошковой проволоки 35В9Х3СФ проводили с использованием следующих порошковых материалов: железо ПЖВ1 по ГОСТ 9849-86, никель ПНК-1Л5 по ГОСТ 9722-97, феррохром ФХ900А по ГОСТ