

**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

ЧАСТЬ II

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
12 – 14 мая 2021 г.*

выпуск 25

Под общей редакцией профессора Н.А. Козырева

**Новокузнецк
2021**

ББК 74.580.268
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Козырев Н.А.,
д-р геол.- минерал. наук, профессор Гутак Я.М.,
д-р техн. наук, профессор Фрянов В.Н.,
канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.,
канд. техн. наук, доцент Риб С.В.,
д-р техн. наук, доцент Фастыковский А.Р.,
д-р техн. наук, профессор Темлянец М.В.

Н 340

Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Министерство науки и высшего образования РФ, Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. Н.А. Козырева – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2021. – Вып. 25. – Ч. II. Технические науки. – 373 с., ил.

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Первая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых; металлургических процессов, технологий, материалов и оборудования.

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2021

ВЛИЯНИЕ ВВЕДЕНИЯ ТИТАНА В СОСТАВ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ ТИПА 25Х5ФМС

Тюрин А.А., Киселев П.В., Шевченко Р.А., Михно А.Р.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Усольцев А.А.

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

Изучено влияние введения титана на микроструктуру и физико-механические свойства металла наплавленного порошковой проволокой 25Х5ФМС. Наплавка исследуемых образцов осуществлялась с использованием флюса, изготовленного из шлакового щебня производства силикомарганца.

Ключевые слова: наплавка, порошковая проволока, сварочный флюс, шлак производства силикомарганца, техногенные отходы, микроструктура, неметаллические включения, твердость, износ.

В развитых странах более 90 % всей выплавляемой стали разливается с применением технологии непрерывной разливки. Однако, эффективность работы МНЛЗ во многом зависит от стойкости роликов, эксплуатируемых в условиях длительных циклических и термомеханических нагрузок в присутствии агрессивной среды. Разрушение рабочей поверхности роликов проявляется в виде износа поверхностного слоя и образования трещин разгара. Восстановительная наплавка роликов МНЛЗ наиболее эффективна с применением, в качестве наплавочного материала, порошковых проволок. Эффективность выработанного решения определяется стоимостью порошковой проволоки, производительностью процесса, толщиной наплавленного слоя, энергоемкостью всех этапов технологии, стоимостью монтажных работ, простым оборудованием.

В настоящее время для восстановительной наплавки роликов МНЛЗ традиционно применяются сплошные и порошковые проволоки таких марок как: 12Х13, 20Х17 в сочетании с флюсами АН20С и АН26П, обеспечивающие хромистый наплавленный металл с мартенситно-ферритной структурой, для которой характерно формирование больших полей δ -феррита, являющихся причиной образования трещин разгара и повышенного износа. Кроме этого процесс наплавки характеризуется затруднительным отделением шлаковой корки, что является причиной появления дефектов в виде протяженных шлаковых включений и усложнения условий труда оператора наплавочной установки. Ресурс таких роликов составляет 300–400 тыс. тонн, что не отвечает современным требованиям. Причиной этого является неудовлетворительное структурное состояние наплавленного металла [1].

Для устранения приведенных недостатков в РФ широко используется наплавка под флюсом порошковыми проволоками типа 25Х5ФМС. Ряд тех-

нологий наплавки в сочетании с флюсами на основе шлака производства силикомарганца, разработан в условиях СибГИУ [2,3].

С целью обеспечения высокой работоспособности наплавленного металла проведены лабораторные исследования по совершенствованию шихтовки порошковой проволоки марки 25ХФМС путем введения в состав дополнительно порошка титана.

Материалы и методы исследования

Совершенствование состава порошковой проволоки типа 25ХФМС проводилось на лабораторном станке по изготовлению порошковых проволок с использованием порошкообразных материалов:; железного порошка ПЖВ-1 по ГОСТ 9849-86, порошка марганца МР-0 по ГОСТ 6008-82, порошка кремния КР-1 по ГОСТ 2169-69, порошка хрома ПХА-1М по ТУ 14-1-1474-75, порошка никеля ПНК 1Л5 по ГОСТ 9722-97, порошка феррованадия марки ФВ50У 0,6 по ГОСТ 27130-94, молибденового порошка МПЧ по ТУ 48-19-69-9, порошка титана ПТС по ТУ 15-1958, и пыли газоочистки алюминиевого производства в качестве углеродфторсодержащего материала взамен графита аморфного.

С целью изучения влияния введения порошка титана в порошковые проволоки типа 25ХФМС при наплавке под марганецсодержащим флюсом изготовлены четыре порошковые проволоки с различным содержанием порошка титана. При этом изучался полученный с использованием данных порошковых проволок наплавленный металл (соответственно образцы: Т1; Т2; Т3; Т4).

Наплавка образцов осуществлялась с использованием разработанного в условиях СибГИУ [4] сварочного флюса, изготовленного из шлака производства силикомарганца с химическим составом, масс. %: 0,52 FeO; 29,13 CaO; 16,15 MnO; 42,40 SiO₂; 1,39 MgO; 6,80 Al₂O₃; 0,17 TiO₂; 0,59 K₂O; 0,18 Na₂O; 0,024 C; 0,23 S; 0,022 P; 0,32 F; 0,004 ZnO; 0,033 Cr₂O₃. Наплавка исследуемых образцов осуществлялась с использованием режима наплавки, рекомендованного по ГОСТ 26101-84: сила тока 620А, напряжение 32В, скорость наплавки 20 см/мин.

Результаты исследования и их обсуждение.

Химический состав наплавленного металла представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав наплавленного слоя

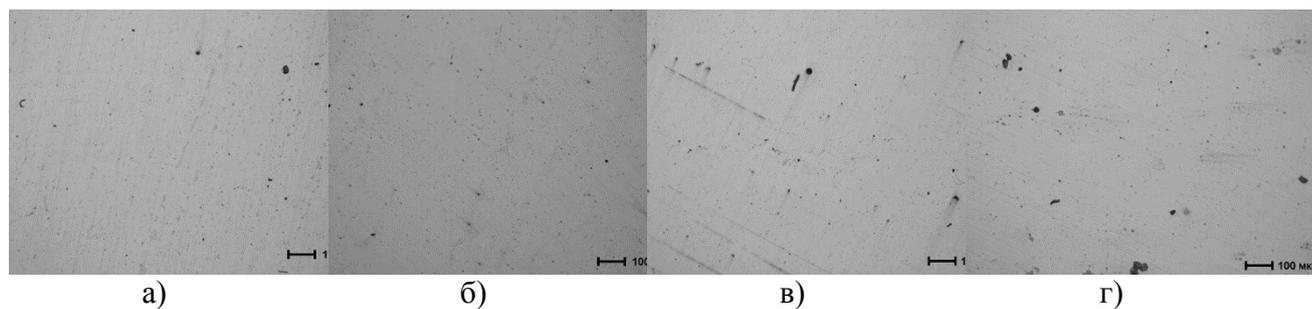
Маркировка образца	Массовая доля элементов, %												
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Ti	V	Mo	Al	Nb	S	P
T1	0,36	0,96	1,21	5,57	0,7	0,08	0,001	0,31	1,29	0,024	0,002	0,057	0,023
T2	0,42	0,9	1,18	5,63	0,72	0,08	0,021	0,38	1,37	0,027	0,004	0,055	0,024
T3	0,41	1,34	1,65	5,89	0,7	0,07	0,064	0,34	1,32	0,038	0,003	0,044	0,028
T4	0,39	0,98	1,24	5,45	0,71	0,05	0,067	0,32	1,25	0,038	0,002	0,051	0,029

Исследование образцов наплавленного слоя на наличие неметаллических включений (таблица 2, рисунок 1) проводили по ГОСТ 1778-70. Полированную поверхность изучали при увеличении $\times 100$.

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 наплавленных образцов изучали при увеличении $\times 500$ (рисунок 2) после травления образцов в 4% растворе HNO_3 в этиловом спирте.

Таблица 2 – Неметаллические включения наплавленных образцов

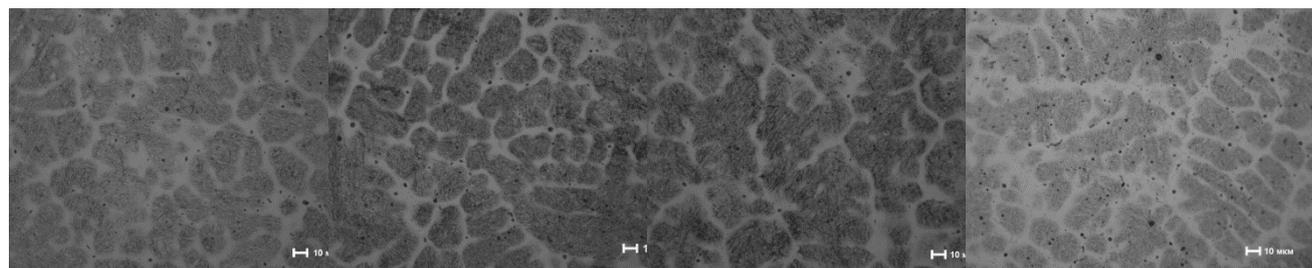
№ Образца	Типы неметаллических включений	
	Оксиды точечные	Силикаты недеформирующиеся
Т1	2а	4а, 2б
Т2	2а	4а, 1б
Т3	2а	4а, 5б
Т4	2а	4а5б



а) б) в) г)

а - образец Т1, б - образец Т2, в - образец Т3, г - образец Т4

Рисунок 1 – Неметаллические включения исследуемых образцов, $\times 100$



а) б) в) г)

а - образец Т1, б - образец Т2, в - образец Т3, г - образец Т4

Рисунок 2 – Микроструктура наплавленных образцов

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

Таблица 3 – Степень износа и твердость исследуемых образцов

№ образца	Пределы твердости по НВ	Пределы твердости по HRC	Средняя твердость НВ	Средняя твердость HRC	Степень износ (г/оборот·10 ⁻⁵)
T1	402-573	40-46	473	43	2,94
T2	456-510	45-48	484	45	2,76
T3	475-561	45-50	507	48	2,37
T4	445-526	45-48	487	46	2,61

Износостойкость наплавленного слоя исследуемых образцов определяли по схеме диск-колодка путем проведения испытаний на износ на машине 2070 СМТ-1. Результаты износостойкости исследуемых образцов представлены в таблице 3.

Выводы:

1. Проведенные исследования указывают высокую степень угара титана в наплавленном слое и высокое содержание марганца.
2. Увеличение содержания титана в наплавленном металле способствует повышению твердости и износостойкости.
3. Математические модели степени износа и твердости от химического состава наплавленного слоя могут быть использованы при разработке новых порошковых проволок для наплавки.

Библиографический список:

1. Сварочные и наплавочные материалы [Электронный ресурс] : учебник / С.В. Михайлицын, И.Н. Зверева, М.А. Шекшеев. - М. : Инфра-Инженерия, 2020. Режим доступа: [https://www.studentlibrary.ru /book/ISBN9785972904020.html](https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972904020.html).
2. Влияние никеля и углеродфторсодержащей добавки на структуру и свойства наплавляемой стали 25Х5ФМС/ Козырев Н.А., Кибко Н.В., Уманский А.А., Титов Д.А. // Актуальные проблемы в машиностроении – 2016. - № 3. – С. 54-59.
3. Экспериментальные исследования влияния состава порошковых проволок систем легирования С-Si-Mn-Cr-V-Mo и С-Si-Mn-Cr-W-V/ Уманский А.А., Козырев Н.А., Титов Д.А.// Бюллетень «Черная металлургия» -2016.- № 4. -С. 74-78.
4. 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.