

Литература.

1. Горьковский автомобильный завод (ГАЗ). - [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gazgroup.ru/about/factories/lightcomm/gaz/>
2. Сборка автомобилей на заводе. Автомобили России. - [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://caroftheday.ru/article/report/2014/05/28/kak-sobirayut-avtomobili-na-zavode/>
3. Многоэлектродные машины контактной сварки, автоматическая и роботизированная линия как составляющие сборочно-сварочных комплексов. - [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://weldzone.info/oborudovanie/automation/134-contact-welding/285-mnogoelektrodnye-mashiny>
4. Контактная сварка кузовов автомобилей ГАЗ. - [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://msd.com.ua/misc/kontaktnaya-svarka-kuzovov-avtomobilej-gaz/>

**ПРИМЕНЕНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ ТУГОПЛАВКИХ СОЕДИНЕНИЙ  
ПРИ СВАРКЕ И НАПЛАВКЕ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ**

*Д.С.Карцев, студент гр.17ВМ51*

*научный руководитель: Зернин Е.А., к.т.н, доц.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

На сегодняшний день перспективным видом механизированной сварки, позволяющим значительно повысить производительность труда по сравнению не только с ручной дуговой сваркой, но и с механизированной сваркой в среде защитных газов, является сварка порошковой проволокой.

Отличительной ее чертой по сравнению с другими способами механизированной сварки является то, что она сочетает в себе достоинства и преимущества и ручной дуговой сварки — простоту и мобильность, и механизированной сварки в углекислом газе — высокую производительность и высокое качество получаемых сварных соединений [1].

Новым шагом в технологии сварки явилось использование порошковых проволок в строительстве и машиностроительном производстве. Применение порошковой проволоки позволило решить проблемы механизации сварочных и наплавочных работ на монтаже в открытых цехах и в полевых условиях, повысить производительность процессов от двух до пяти раз при высоком качестве сварных швов, а также снизить количество трудоемких ручных операций по очистке конструкций от брызг [1].

Целью работы является изучение области применения порошковых проволок и рассмотрение влияния порошковых проволок с добавлением наноразмерных частиц тугоплавких соединений на результат сварки или наплавки.

Порошковые проволоки по способу защиты сварочной ванны от воздействия атмосферы делятся на два типа - это порошковая газозащитная проволока и порошковая самозащитная проволока.

Несмотря на относительно высокую стоимость, порошковые проволоки все больше востребованы на мировом рынке сварочных материалов. В виду широкой области применения технологий сварки и наплавки порошковыми проволоками и в экономически развитых странах их потребление в промышленном производстве и строительстве ежегодно увеличивается, несмотря на кратковременные спады в периоды кризисных явлений в мировой экономике [2].

Порошковые проволоки имеют ряд особенностей, обуславливающих повышение спроса на них:

1. Повышенная производительность:  
— более высокая скорость сварки и наплавки;
2. Удобство пользования:  
— широкие пределы допусков сварочных параметров;  
— возможность достижения струйного переноса электродного металла;
3. Снижение риска ошибок при выполнении сварочных работ:  
— шлак и защитный газ обеспечивают двойную защиту сварочной ванны;  
— минимальный риск образования пористости шва, даже при монтажных сварочных работах;  
— гарантированный провар, сниженный риск недостаточной глубины проплавления;
4. Снижение общих расходов на производство:  
— снижение времени сварки и простоев;
5. Область применения

—возможность использования для подводной сварки [3].

Также использование порошковых проволок приводит к более плавному переходу между валиками при многослойной сварке или наплавке. При правильном использовании сварочной технологии практически не имеется таких дефектов, как несплошности перекрытия между валиками, поры или шлаковые включения [2].

Сварка порошковой проволокой использовалась при строительстве стадиона футбольного клуба Шахтер в Донецке на Украине. При его изготовлении применяли дымные способы сварки: полуавтоматическую сварку порошковой проволокой в среде защитного газа; сварку под слоем флюса порошковой проволокой; ручную дуговую сварку и контактную сварку шпилек.

С использованием порошковой проволоки были изготовлены и смонтированы такие сооружения, как мост через бухту Золотой Рог в городе Владивостоке, мост на острове Русский, все мостовые металлоконструкции в городе Сочи на Олимпийских объектах. Суммарный объем использования порошковой проволоки в строительстве мостов России составляет более 200 т/год [2].

Использование при наплавке порошковой проволоки с шихтой, содержащей определенные компоненты, позволяет модифицировать наплавляемый металл компонентами, содержащимися в шихте проволоки и позволяет получить наплавленный металл с мелкозернистой структурой и равномерным распределением избыточных фаз, что обеспечивает его повышенную износостойкость. При легировании наплавляемого металла за счет компонентов шихты порошковой проволоки образуется перенасыщенный легирующими элементами твердый раствор алюминия, благодаря которому эксплуатационные характеристики наплавленного слоя металла выше, чем у основного [4].

Создание новых сварочных материалов с высокопрочной структурой, обеспечивающей их работу в экстремальных условиях при силовых и термических воздействиях, является актуальной задачей машиностроения в наше время. Известно, что модифицирование наплавленного металла и литых сплавов наночастицами тугоплавких химических соединений способствует повышению их эксплуатационных и технологических свойств. Поэтому все большее развитие получает технология сварки и наплавки с внедрением в сварочную ванну наночастиц тугоплавких соединений [5].

Введение наноразмерных частиц тугоплавких соединений при механизированной или автоматической сварке или наплавке можно осуществлять несколькими путями:

- введение наночастиц через защитный газ;
- введение наночастиц в состав порошковой проволоки;
- нанесение наночастиц на поверхность проволоки.

В исследованиях влияния наноразмерных частиц тугоплавких соединений ученые достигли определенных результатов.

Так, например, в работе Г.Н.Соколова в качестве наноразмерных компонентов, вводимых в состав наполнителей порошковых и композиционных проволок при наплавке, были применены порошки карбонитрида титана TiCN и монокарбида вольфрама WC с размером частиц от 80 до 500 и от 20 до 100 нм соответственно. Для транспортировки наночастиц в сварочную ванну служили микрочастицы порошка никеля (99,9%) размером до 60 мкм, входящие в состав шихты порошковой проволоки. Внедрение наночастиц TiCN и WC в частицы Ni осуществляли при их совместной обработке в планетарной мельнице, после которой были получены композиционные никелевые гранулы. Доля наночастиц в композиционных никелевых гранулах составляла 30 масс.% для TiCN. С применением полученных порошков были изготовлены порошковые и композиционные проволоки диаметром 3 мм с оболочкой из стали 08кп и с содержанием тугоплавких наночастиц равным 0,1 - 0,6 масс.%. Изготовленными проволоками методами электрошлаковой наплавки с использованием фторидного флюса АНФ-6 и аргонодуговой наплавки был получен слой наплавленного металла на основе железа: — термостойкий азотосодержащий сплав 15X15H4AM3; [5]

Электронно-микроскопические исследования показали, что в аустенитно-мартенситной структуре сплава 15X15H4AM3, полученного аргонодуговой наплавкой с применением порошковой проволоки с добавлением тугоплавких наночастиц TiCN, значительно возрастает количество и повышается однородность распределения интерметаллидов сферической формы размером от 0,5 до 1,5 мкм. При этом средний размер зерна в металле уменьшается в 2,5 раза по сравнению с исходной структурой, а его стойкость к деформации и растрескиванию при термоусталостных испытаниях повышается [5].

Целью работы А.А. Артемьева и Г.Н. Соколова являлось исследование влияния наночастиц TiCN, добавленных в порошковую проволоку, на формирование структуры искусственного композита

и изучение свойств наплавленного электрошлаковым способом износостойкого слоя металла. Порошковую проволоку подавали в шлак АНФ-6 через полый электрод. Для модифицирования наплавленного металла в шихту экспериментальных порошковых проволок вводили до 2%(масс.) композиционного порошка, состоящего из микропорошка никеля с размером частиц не более 60 мкм в количестве 70%(масс.) с внедренными в них ультрадисперсными тугоплавкими частицами TiCN с размерами не более 80 нм в количестве 30%(масс.) [6].

Установлено, что в процессе электрошлаковой наплавки происходит растворение и коагуляция определенного количества наноразмерных частиц TiCN с дальнейшим образованием колоний укрупненных до 1-3 мкм частиц неправильной формы. С использованием атомно-силовой микроскопии было выявлено, что в слое наплавленного металла находятся включения размером 15 - 50 нм. Некоторое количество частиц TiCN не подвергается растворению в расплаве и они служат центрами кристаллизации для других соединений титана. Также выявлено повышение относительной износостойкости более чем в 2 раза по сравнению с исходным сплавом и ее значение составило 12,6, что практически в 5 раз превышает соответствующий показатель одного из лучших промышленных износостойких сплавов, наплавленного стандартной проволокой ПП Нп-170М (15X15P3T2) [6].

Перед авторами работы А.М. Левченко, С.Г. Паршиным, И.С. Антиповым стояла цель разработки порошковой проволоки для механизированной подводной сварки сталей. Изготовление данной порошковой проволоки производили способом пластического деформирования ленты из стали 08кп по ГОСТ 3560–73 с заполнением шихтой и с последующим волочением порошковой проволоки до необходимого диаметра 1,6 мм. В состав шихты проволоки входили рудоминеральные и химически чистые компоненты с однородным гранулометрическим составом с коэффициентом заполнения порошковой проволоки 30–35%. Нанокomпозиционное покрытие наносилось электрохимическим способом из коллоидных сульфатных электролитов, с содержанием нанодисперсных частиц галогенидных солей и оксидов.

Исследования сварочно-технологических свойств порошковых проволок показали, что проволока марки ПП-ПС характеризуется равномерным плавлением оболочки и сердечника, мелкокапельным переносом электродного металла, обеспечивает хорошее качество формирования сварных швов при подводной сварке в нижнем, горизонтальном и вертикальном положениях [7].

Таким образом, по результатам изучения соответствующей литературы, установлено, что введение в сварочную ванну при сварке или наплавке наноструктурированных частиц тугоплавких соединений способствует созданию мелкозернистой структуры металла вследствие образования центров кристаллизации наночастицами тугоплавких соединений.

Также введение тугоплавких частиц при наплавке обеспечивает повышение стойкость наплавленного слоя к абразивному изнашиванию.

Порошковые проволоки с добавлением наночастиц тугоплавких соединений обладают хорошими технологическими свойствами.

На ряду со всеми преимуществами сварка и наплавка порошковой проволокой имеет ряд недостатков. Для применения порошковой проволоки из-за недостаточной жесткости ее трубчатой конструкции необходимо применение подающих механизмов с ограниченным усилием сжатия проволоки в подающих роликах. Стандартная порошковая проволока, имеющая диаметр 2,6 и более миллиметра, требует применение дуги с повышенным значением сварочного тока с целью непрерывного горения дуги. Этот факт позволяет использовать данные проволоки только в нижнем положении или крайне редко – в вертикальном. Также порошковые проволоки имеют относительно высокую стоимость, по сравнению с проволоками сплошного сечения.

Литература.

1. И.С. Иоффе, М.В. Ханпетов Сварка порошковой проволокой. ВИСШАЯ ШКОЛА. - М. 1986 г., 95 стр. Ил.
2. А.А. Мазур, О.К. Маковецкая, С.В. Пустовойт, Н.С. Бровченко Порошковые проволоки на мировом и региональных рынках сварочных материалов. Автоматическая сварка 5 - 6 2015., с. 68 – 74.
3. В.М. Виноградов, А.А. Черепашин, Н.Ф. Шпунькин Основы сварочного производства – М.: Издательский центр «Академия», 2007г.
4. Зусин В.Я. Исследование модифицирования металла, наплавленного порошковой проволокой с алюминиевой оболочкой. // Вісникприазовського державного технічного університету №2 2011г., с. 180 – 183.

5. Г.Н.Соколов, И.В.Зорин, А.А.Артемьев, В.Б.Литвиненко-Арьков, Ю.Н.Дубцов, В.И.Лысак, В.О.Харламов, А.В.Самохин\*, Ю.В.Цветков\* Особенности формирования структуры и свойств наплавленных сплавов под влиянием наночастиц тугоплавких соединений //Физика и химия обработки материалов №22014, с.38 – 47.
6. А.А. Артемьев, Г.Н. Соколов, В.И. Лысак Влияние микрочастиц диборида титана и наночастиц карбонитрида титана на структуру и свойства наплавленного металла // Металловедение и термическая обработка металлов №12 2011 г., с 32 – 37.
7. А.М. Левченко, С.Г. Паршин, И.С. Антипов Сварочная порошковая проволока с наноконформным покрытием для подводной механизированной сварки //Материалы лучших докладов Недели науки СПбГПУ 2 – 7 декабря 2013 г., с. 169 – 175.

### ВЛИЯНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ФЛЮСА НА ОСНОВЕ ШЛАКА ПРОИЗВОДСТВА СИЛИКОМАРГАНЦА НА КАЧЕСТВО СВАРНОГО ШВА<sup>1</sup>

*У.И. Липатова, магистрант группы МММ-15,*

*Р.И. Акимченко, студент группы МММ-12, А.И. Кислов, студент группы МММ-12,*

*научные руководители: Козырев Н.А., д.т.н., профессор, Крюков Р.Е., ст. преподаватель*

*ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»*

*654057, Кемеровская обл. г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.*

Одним из направлений уменьшения стоимости сварочных флюсов является применения при изготовлении отходов металлургических производств, в частности шлака производства силикомарганца. Анализ литературных данных показывает, что при производстве сплавов силикомарганца образуются отвалы ковшевые шлаки, с содержанием в целом соответствующим требованиям по химическому составу сварочным флюсам. Предварительные результаты опытной сварки показали перспективность использования таких шлаков для производства сварочных флюсов [1, 2].

Данное исследование проводили с использованием флюса, изготовленного из ковшевого шлака производства силикомарганца, выплавленного в рудотермических печах углетермическим способом непрерывным процессом (таблица 1). Изготовление флюса проводили путем дробления, грохочения и просева через сито на различные фракции. Сварку производили сварочным трактором ASAW-1250 с использованием сварочной проволоки марки Св-08ГА диаметром 4 мм. Сварку пластин 500×75 мм толщиной 16 мм проводили встык двухсторонней сваркой без скоса кромок под углом флюса с различным фракционным составом. Сварку образцов под флюсом проводили при одинаковых режимах:  $I_{св}=700A$ ;  $U_{д}=30В$ ;  $V_{св}=35$  см/мин. В таблице 2 приведен для исследуемого флюса фракционный состав.

Таблица 1

Химический состав шлака производства силикомарганца

Компонент	MnO	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	F	S	P
Содержание, %	9,63	50,55	18,62	8,03	10,61	1,55	0,41	0,61	0,38	0,13	0,05

Таблица 2

Исследуемый фракционный состав

№ образца	Фракция, мм
25	0,45 – 2,5
26	2,5 – 5
27	2,5 - 5
28	5 – 10
37	0,45 – 2,5
38	< 0,45
39	90 % 0,45 – 2,5 + 10 % < 0,45
40	80 % 0,45 – 2,5 + 20 % < 0,45