

3. G.A. Turichin, V.V. Somonov, O.G. Klimova "Investigation and modeling of the process of formation of the pad weld and its microstructure during laser cladding by radiation of high power fiber laser" Applied Mechanics and Materials;
4. DengZhi Wang, QianWu Hu, YinLan Zheng, Yong Xie, XiaoYan Zeng "Study on deposition rate and laser energy efficiency of Laser-Induction Hybrid Cladding" Optics & Laser Technology, , Issue 77, 2015, 16-22 pp;
5. J.C. Pereira, J.C. Zambrano, M.J. Tobar, A. Yañez, V. Amigó "High temperature oxidation behavior of laser cladding MCrAlY coatings on austenitic stainless steel" Surface & Coatings Technology 270 (2015) 243–248 pp;
6. G. Turichin, O. Klimova, E. Zemlyakov, K.Babkin, V. Somonov, F Shamray "Technological bases of high-speed laser direct growth of products by heterophase powder metallurgy method" Photonika, Issue4, 2015,68-83 pp;
7. Boisselier, D., Sankaré, S. "Optimization of the laser direct metal deposition process in 5-axis configuration", 32nd International Congress on Applications of Lasers and Electro-Optics, ICALEO 2013, 2013, 326-333 pp;
8. Didier Boisselier, Simon Sankaré, Thierry Engel "Improvement of the laser direct metal deposition process in 5-axis configuration" Physics Procedia, Volume 56, Issue C, 2014, 239-249 pp.

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

E-mail: dmitkarcev@mail.ru

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 монокрибида вольфрама WC с размером частиц от 80 до 500 и от 20 до 100 нм соответственно. Для транспортировки наночастиц в сварочную ванну служили микро-частицы 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 гранул 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 ШП Нп-170М (15Х15РЗТ2) [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%. Нанокпозиционное 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 ШП-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 свойства 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. АнтиповСварочная порошковая проволока с нанокремниевым покрытием для подводной механизированной сварки //Материалы лучших докладов Недели науки СПбГПУ 2 – 7 декабря 2013 г., с. 169 – 175.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОРАЗМЕРНОГО ПОРОШКА
СЛОЖНОГО СОСТАВА (Ti, Zr, Cs) НА ЭФФЕКТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ
ИОНИЗАЦИИ ДУГОВОГО РАЗРЯДА ПРИ СВАРКЕ ММА**

Е.М. Буракова, А.С. Сапожков, гр.10А32

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета*

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел.:(38451)5-09-06

E-mail: burakovakaterinka@mail.ru

Революционным началом развития наноматериалов и нанотехнологий стал 21 век. Становится все более очевидно что, в ближайшее время технологические границы будут открыты не за счет лучшего понимания и применения сочетания привычных нам материалов и их функций, а вследствие использования наноразмерных материалов. Наноматериалы, и связанные с ними нанонауки и технологии, обеспечивают уникальные возможности для создания революционных комбинации материалов [1]. Новейшие технологии используются в наиболее значимых областях человеческой деятельности (промышленности, обороне, радиоэлектронике, медицине, энергетике, информационной сфере, транспорте, биотехнологии), при производстве солнечных батарей, сверхпроводников, композиционных и керамических материалов, магнитных и красящих пигментов, припоев, присадок к смазочным материалам и др.

В настоящее время уделяется большое внимание технологиям повышения качества металлоконструкций, ведь в процессе эксплуатации они испытывают максимальные нагрузки. В сварочном производстве, прочность является одной из важнейших характеристик сварного соединения [2].

Механические свойства металла шва можно повысить различными способами. Одним из способов повысить прочностные и эксплуатационные свойства металла сварного шва является добавление в него наноразмерного материала.

Информации в литературе, связанной с использованием наноразмерных материалов в сварочном производстве не так много. Но за последние годы число исследований на эту тему выросло [2,3,4].

Эксплуатационные характеристики и физико-механические свойства металлоконструкций могут зависеть не только от химического состава сплавов, из которых изготавливаются, но и от степени измельчения структурных составляющих. Чем мельче структура, тем выше механические свойства металлоизделий. Самый распространенный способ измельчения структурных составляющих – модифицирование на стадии кристаллизации. Эффективный способ измельчения структуры и повышение свойств металла – модифицирование наноразмерными порошками (или нанопорошками) тугоплавких химических соединений (нитридов, карбидов, боридов, оксидов и др.). Однако кроме модифицирующего действия данные порошки оказывают влияние на физико-химические характеристики самого процесса сварки.

Существуют различные методы внесения нанопорошка в сварочную ванну (через флюс, распыление в составе защитного газа, окунание электрода в состав из наноразмерных материалов, сварка по тонкому слою нанопорошка, насыпанного на металл), однако, по нашему мнению, эффективным считается добавление нанопорошка в жидкое стекло на этапе изготовления электродов. Связано это, прежде всего с тем, что:

- потери нанопорошка минимальны (нанопорошок не попадает в сварочную ванну из-за разбрызгивания, а его величина при РДС не велика);
- предлагаемый способ введения наноразмерных модификаторов безопасен для здоровья сварщика и окружающих (частицы нанопорошка не попадают в органы дыхания и не оседают в лёгких);