

ПРИМЕНЕНИЕ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК С ДОБАВЛЕНИЕМ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ ТУГОПЛАВКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ И НАПЛАВКЕ

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],[2].

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 [3].

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 являются сварочным материалом с высоким показателем производительности. В сравнении с проволокой сплошного сечения, преимущество порошковой проволоки состоит в том, что при равных сварочных токах, порошковая проволока имеет более высокую скорость подачи (примерно на 20 - 40%), чем проволоки сплошного сечения. По своей конструкции порошковые проволоки бывают вальцованные и бесшовные.

Преимущества порошковых проволок заключается в:

- хорошем формировании сварного шва (на ряде марок – с формированием обратного валика);
- отсутствии разбрызгивания на правильно подобранных режимах сварки;
- использовании в наполнителе микролегирующих компонентов, придающих специальные свойства металлу шва;
- повышении производительности не менее чем в 1.2 раза при сварке нижнем пространственном положении и не менее, чем в 3 раза в вертикальном и потолочном пространственных положениях [4].

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

Сварка плавящимся электродом в среде защитных газов занимает лидирующие позиции среди дуговых сварочных процессов. В ряде отраслей, таких как судостроение или нефтегазовая отрасль, до 80% сварочных работ, выполняются механизированной сваркой с использованием порошковой проволоки.

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 [4].

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 расплавленного металла;
3. Уменьшение ошибок при выполнении сварочных работ:
— защитный газ и шлак 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 [5].

Формы провара при сварке плавящимся электродом в смеси газов сплошной и порошковой проволоками различаются друг от друга.

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 [4].

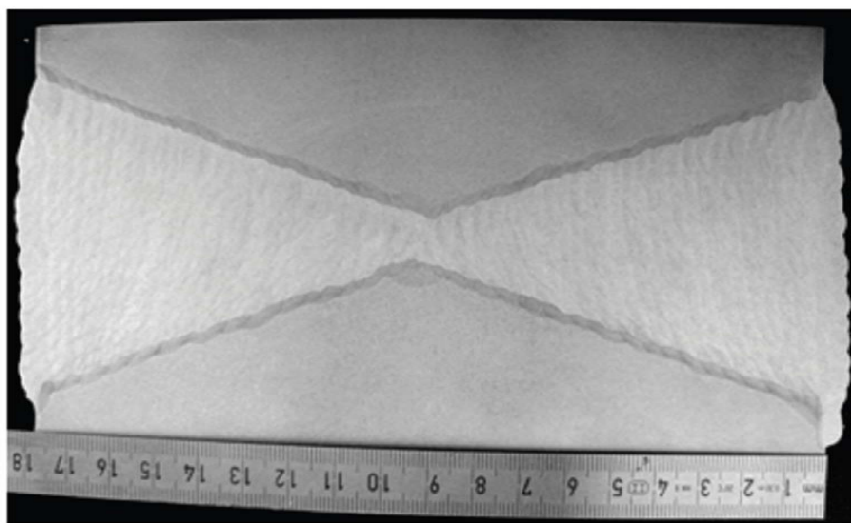


Рис. 1. Макрошлиф образца сварного соединения, выполненного порошковой проволокой

Рутитовые порошковые проволоки нашли самое широкое распространение. Это связано с их следующими свойствами, главным из которых является высокая технологичность:

- возможностью сварки в тяжёлых условиях без высокого требования к навыкам сварщика;
- замечательным формированием сварного шва во всех пространственных положениях, благодаря быстро застывающему рутитовому шлаку;
- высоким коэффициентом наплавки во всех пространственных положениях, особенно в вертикальном, при направлении сварки снизу вверх (при токе дуги до 280 А);
- оптимальным микролегированием, улучшающим вязкость сварного шва и его механические свойства при минимальном содержании легирующих элементов;
- возможностью сварки в CO_2 с очень небольшим количеством брызг;
- практическим отсутствием разбрызгивания при сварке в смеси газа ($82\% \text{Ar} + 18\% \text{CO}_2$);
- возможностью сварки корневого слоя шва на керамической подкладке.
- возможностью автоматической орбитальной сварки во всех пространственных положениях.
- лёгкой отделимостью шлаковой корки [4].

Учитывая высокий коэффициент наплавки в вертикальном положении в направлении снизу вверх, разработаны новые рутитовые порошковые проволоки для сварки различных, в том числе толстенных, конструкций. [4]

Сварка порошковой проволокой использовалась при строительстве стадиона футбольного клуба Шахтер в Донецке на Украине. При его изготовлении применяли данные 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 [4].

Использование при наплавке порошковой проволоки с шихтой, содержащей определенные компоненты, позволяет модифицировать наплавляемый металл компонентами, содержащимися в шихте проволоки и позволяет получить слой наплавленного металла с равномерным распределением избыточных фаз и мелкозернистой структурой, что обеспечивает повышение износостойкости. При легировании металла в процессе наплавки с применением компонентов шихты, входящих в состав порошковой проволоки образуется перенасыщенный элементами легирования твердый раствор Al, благодаря чему эксплуатационные свойства наплавленного слоя выше, чем у основного металла [15].

На данный момент в современном машиностроении актуальным является вопрос об исследовании влияния нанодисперсных карбидов на механические свойства наплавленного металла. Нанодисперсные тугоплавкие соединения предполагается вводить в наполнитель порошковых проволок, которые применяются при наплавке деталей подверженных абразивному износу, при сварке и наплавке теплоустойчивых сплавов и обеспечивают получение наплавленного металла с необходимыми свойствами. Испытания на термостойкость наплавленного металла свидетельствуют о том, что использование в наполнителе порошковых проволок нанодисперсных тугоплавких соединений повышает термическую стойкость наплавленного металла — увеличивается количество циклов нагрева-охлаждения до появления и развития сетки трещин разгара [10],[11]. Испытание на сопротивление абразивному износу показывают, что образцы, полученные с применением порошковой проволоки с определенным составом шихты, более износостойки, по сравнению с образцами, изготовленными стандартной порошковой проволокой [11].

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 [7].

Известно, что добавление наноструктурированных частиц тугоплавких соединений в точном количестве, ведет к образованию мелкозернистой структуры сварного шва или наплавленного слоя, вследствие чего повышаются такие свойства как твердость и износостойкость [6].

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 с размером частиц от 80 до 500 нм. 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 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 [7];

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 размер зерна в металле уменьшается в 2.5 раза по отношению к его исходной структуре, а его стойкость к деформации и растрескиванию при термоусталостных испытаниях повышается [7].

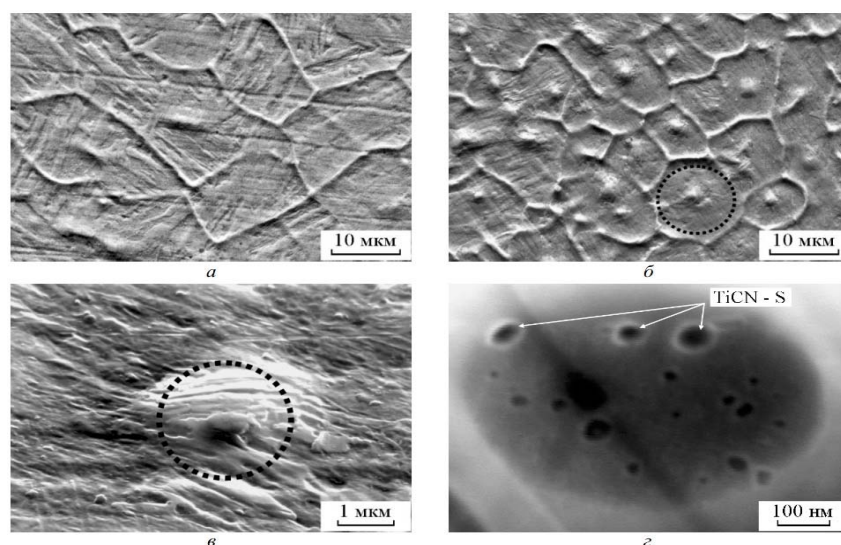


Рис. 2. РЭМ изображения структуры аустенитно-мартенситного сплава 15X15H4AM3, наплавленно-го без использования (а) и с использованием наночастиц TiCN (б-г), при различном увеличении

Улучшение механических свойств сплавов, наплавленных с добавлением тугоплавких наночастиц, можно объяснить формированием композиционной структуры, важным элементом чего следует считать интерметаллические соединения сферической формы. Электронно-микроскопические исследования приготовленных ионным травлением сечений этих интерметаллидов выявили наличие в них многочисленных скоплений наночастиц размерами 5 - 50 нм, расстояние между которыми изменялось в пределах 20 - 150 нм. Учитывая размер интерметаллидов, можно полагать, что количество содержащихся в них наночастиц может быть от нескольких сотен до нескольких тысяч [7].

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 полевой 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.) [8].

Анализ проведенный металлографическим методом показал, что структурно-фазовый состав наплавленного металла с матрицей типа 20X7Г12Н2 при различном содержании введенного в проволоку бориды значительно различается. При содержании 28%(масс.) TiB₂ структура металла заэвтектической. Боридная эвтектика на основе α-железа и остаточного аустенита имеет микротвердость в пределах 12 - 15.5 ГПа.

Снижение массовой доли порошка диборида титана в наполнителе проволоки до 18%(масс.) приводит к формированию эвтектической структуры, характеризующейся пониженной микротвердостью (6.7 - 7.5 ГПа) и значительной дисперсностью. Твердость наплавленного металла также снижается и составляет 45 - 48 HRC.

При уменьшении содержания количества TiB₂ в проволоке до 8%(масс.) структура наплавленного металла представляет собой зерна легированного аустенита с микротвердостью равной 4 - 5 ГПа, окруженные раздробленной боридной эвтектикой. При этом его твердость имеет низкое значение - 17 - 20 HRC вследствие малого количества эвтектики в мягкой и пластичной аустенитной матрице.

Испытания образцов на абразивное изнашивание показали, что увеличение содержания TiB₂ в 3.5 раза в шихте порошковой проволоки приводит только к 2.5 - кратному повышению относительной износостойкости наплавленного металла.

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) [8].

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.

Выявлено, что при содержании частиц TiCN в наполнителе проволоки свыше 0.2 масс.% наблюдается модифицирование структуры наплавленного слоя металла, проявляемое в уменьшении средних размеров зерна в 2.0–2.5 раза. Предположительно, наночастицы карбонитрида титана, имеющие высокую термодинамическую стабильность, подвергаясь незначительному растворению в металлическом расплаве, переходят из шихты порошковой проволоки в сварочную ванну, оказывая влияние на кинетику процесса кристаллизации наплавленного металла.

Исследование структур выявило, что повышенное (более 0.5 масс.%) содержание наноструктурированного порошка TiCN в наполнителе порошковой проволоки приводит к образованию в модифицированной структуре наплавленного металла относительно крупных (до 2 мкм) включений карбонитрида титана. Такие включения имеют естественную природу, и их происхождение объясняется расплавлением более мелких (менее 30 нм) частиц наноструктурированного порошка, температура плавления которых может быть менее 2400 °С [9]. Этот процесс протекает на стадии плавления и переноса электродного металла, когда температура капель достигает 2500 °С.

Установлено, что наличие в структуре металла крупных (более 2 мкм) включений карбонитрида титана может рассматриваться как формирование концентраторов напряжений, значительно снижающих его усталостную прочность. Поэтому содержание исходного наноструктурированного порошка в шихте проволоки не должно превышать 0,5 масс.% [9].

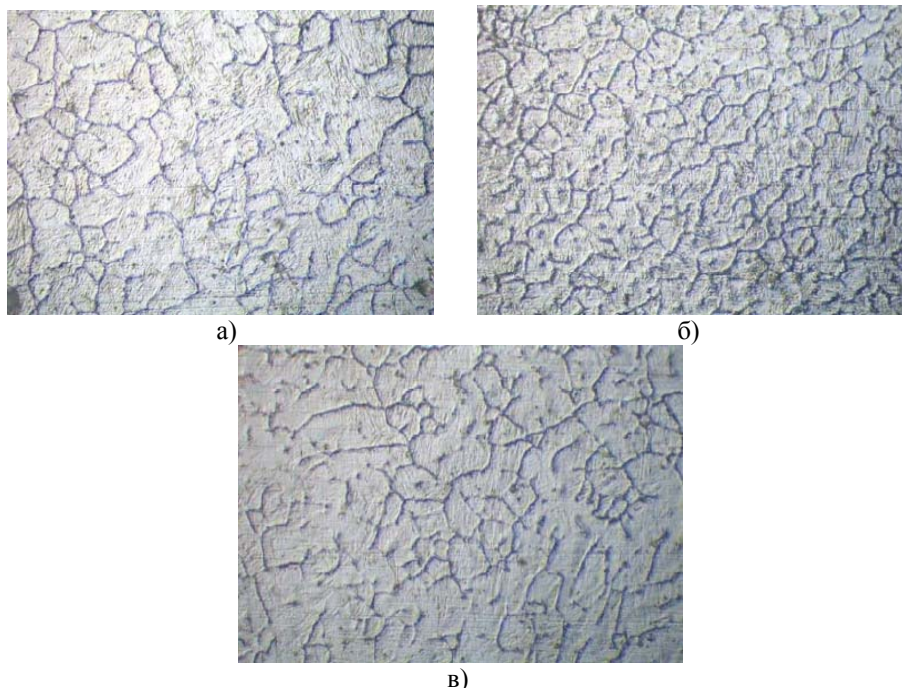


Рис. 3. Микроструктуры наплавленного металла $\times 1000$: а – в исходном состоянии; б – при 0,4 масс.% TiCN; в – при содержании в проволоке порошков титана, графита и азотированного хрома в эквивалентном для получения TiCN соотношении [9]

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 [9].

В своих работах [12 – 14] Паршин С.Г. приводит описание применения нанодисперсных частиц активирующих флюсов и наноструктурированных электродных материалов. Целью данных работ являлось повышение уровня производительности процесса сварки и улучшение характеристик капельного переноса электродного металла и повышение качества сварных соединений стали. Было установлено, что применение наноструктурированных флюсов дает возможность эффективного управления энергетическими свойствами дуги, улучшения характеристик капельного переноса электродного металла и повышения качества сварных соединений [12],[13]. Использование разработанных экспериментальных наноструктурированных электродных проволок с микрокомпозиционными покрытиями состоящими из частиц галогенидов в металлической матрице позволило разработать технологию форсированной MIG – сварки сталей с увеличением производительности процесса сварки до 68,5 %. Сварные швы, которые были выполнены по новой технологии, имеют хорошее стабильное формирование шва при глубоком проплавлении листового проката, в том числе в критическом и суперкритическом режимах при высоких плотностях тока [14].

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 стойкости 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. S. V. Makarov and S. B. Sapozhkov Use of complex nanopowder (Al₂O₃, Si, Ni, Ti, W) in production of electrodes for manual arc welding // World Applied Sciences Journal 22 (Special Issue on Techniques and Technologies). 2013. P. 87-90.
2. S. V. Makarov and S. B. Sapozhkov Production of electrodes for manual arc welding using nanodisperse materials // World Applied Sciences Journal. 2014. 29 (6). P. 720-723.
3. В.К. Афанасьев, А.Н. Смирнов, С.А. Гладышев, В.Ю. Блюменштейн, А.О. Токарев, М.В. Чибряков, С.М. Никитенко, А.В. Кольба, А.П. Зырянов, М.А. Мартынов, М.В. Масляев, А.В. Сочнев, В.Н. Толстогузов Наплавочные сплавы: Учеб. Пособие. Колл. Авторы. Под научной редакцией В.К. Афанасьева. – Кемерово: “Полиграф”, 2005 – 243 с.
4. 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.
5. В.М. Виноградов, А.А. Черепяхин, Н.Ф. Шпунькин Основы сварочного производства– М.: Издательский центр «Академия», 2007г.
6. Зусин В.Я. Исследование модифицирования металла, наплавленного порошковой проволокой с алюминиевой оболочкой. //Вісник приазовського державного технічного університету №2 2011г., с. 180 – 183.
7. 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.

8. 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.
9. А.М. Левченко, С.Г. Паршин, И.С. Антипов Сварочная порошковая проволока с нанокomпозиционным покрытием для подводной механизированной сварки // *Материалы лучших докладов Недели науки СПбГПУ 2 – 7 декабря 2013 г.*, с. 169 – 175.
10. Рябцев И.А., Кондратьев И.А Влияние ультрадисперсных карбидов в порошковых проволоках на свойства теплоустойчивого наплавленного металла // *Автоматическая сварка*. 2009. №6. С.13-15.
11. Lukashov A. S. ,Zernin E. A. , Kuznetsov M. A. Application of inorganic nanopowders in welding, surfacing and spraying (review) // *Applied Mechanics and Materials*. - 2015 - Vol. 770. - p. 299-303.doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.770.299
12. Паршин С.Г. Применение ультрадисперсных частиц активирующих флюсов с целью повышения производительности MIG/MAG - сварки сталей // *Сварочное производство*. 2011. №6. С.16-21.
13. Паршин С.Г. MIG – сварка стали с применением наноструктурированных электродных материалов // *Сварочное производство*. 2011. №10. С.27-31.
14. Паршин С.Г. Повышение производительности WIG – сварки сталей и алюминиевых сплавов при введении ультрадисперсных частиц активирующих флюсов // *Сварочное производство*. 2012. №3. С.7-11.
15. Klimpel A., Kik T. Erosion and abrasion wear resistance of GMA wire surfaced nanostructural deposits // *Archives of Materials Science and Engineering*. 2008. №2. P.121-124.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ – КАК РЕШЕНИЕ ПРИОРИТЕТНОЙ ЗАДАЧИ ПО ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЮ

*А.Г. Крампит, д.т.н., профессор, Н.Ю. Крампит, к.т.н., доцент, Э.К. Габитов, студент
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: akrampit@mail.ru*

В отечественной промышленности существует зависимость от иностранных технологий и оборудования, что стало одной из причин технологического отставания. Зависимость от оборудования осложняется длительностью процесса создания и апробации российских аналогов. По состоянию на начало 2015 г. по целому ряду направлений Россия попала в высокую зависимость от иностранных компаний.

Проблема технологического отставания сформировалась на протяжении двух последних десятилетий. В товарной структуре импорта из стран дальнего зарубежья на долю машин и оборудования приходится свыше 50%. По результатам анализа, проведенного Минпромторгом, доля импорта в станкостроении, по разным оценкам, превышает 90%, в тяжелом машиностроении - 60-80%, в легкой промышленности - 70- 90%, в электронной промышленности - 80-90%, в фармацевтической, медицинской промышленности - 70-80%, в машиностроении - 60-80% [1].

Задачи импортозамещения и развития отечественной промышленности в отраслях народного хозяйства являются одними из приоритетных для обеспечения устойчивого функционирования российской промышленности в будущем.

Опыт Китая в привлечении современных технологий и локализации производств показывает, что договоренности с зарубежными компаниями в различных отраслях производства имели многоэтапный характер. На первом этапе в Китай поставлялось оборудование и комплектующие из-за рубежа, проходила апробация технологий. На втором этапе создавалось совместное производство на территории Китая, в рамках которого осуществлялась локализация выпуска всего необходимого оборудования. Третий этап мог предполагать или продолжение совместной работы, но при условии наличия у китайской стороны решающего голоса по всем ключевым вопросам управления, или полный переход предприятий под китайский контроль. Реализация схожих схем возможна и в России, особенно по направлениям, где отечественная промышленность имеет технологические отставания. Одним из наиболее наглядных индикаторов качества и конкурентоспособности отечественной продукции является ее востребованность не только на внутреннем, но и на внешних рынках. Сегодня создание глобальных цепочек добавленной стоимости является одной из приоритетных задач отечественной экономики [2].

Поэтому в ходе стимулирования импортозамещения отдельное внимание следует уделить созданию конкурентоспособной продукции, не уступающей по ценовым и качественным характеристикам зарубежным аналогам география сбыта которой не ограничивалась бы отечественным рынком. [3].