

В настоящее время ООО «ТСЗП» располагает современным роботизированным и компьютеризированным оборудованием для газотермического напыления. Применение роботизированного оборудования при напылении, в том числе установки ТСЗП- HVOF- K2, ТСЗП-MF-P-1000, обеспечивает высокое качество наносимых покрытий и 100%-ную воспроизводимость результатов. Использование промышленных компьютеров в системах управления технологическим оборудованием, позволяет проводить диагностику и текущий контроль, как технологических процессов, так и состояние самого оборудования в реальном режиме времени с распечаткой до 100 параметров [6].

Литература.

1. Калита В.И, Балдаев Л.Х, Лупанов В. А, Шатов А. П. Современное оборудование и покрытия для газотермического напыления // Сварщик –профессионал, 2005, № 3, с. 14-15.
2. Л. Х. Балдаев. Реновация и упрочнения деталей машин методами газотермического напыления / М.: КХТ, 2004, 134 с.
3. Ю. С. Борисов, А. Л. Борисов Плазменные порошковые покрытия. / К.: Техніка, 1986, 223 с.
4. Л. Н. Лесневский, В. Н. Тюрин, Ю. Д. Ягодкин. Технология плазменных покрытий в производстве энергетических и двигательных установок / Учебное пособие. М.: МАИ. 1994, 80 с.
5. Л. Х.Балдаев, Н. Г.Шестеркин, В. А.Лупанов, А. П.Шатов. Особенности процессов высокоскоростного газопламенного напыления // Сварочное производство, 2003, № 5, с. 43-46
6. В. Н. Хромов, В. Г. Верцов, А. Я. Коровин и др. От дозвукового к сверхзвуковому газопламенному напылению покрытий при восстановлении и упрочнении деталей машин // Сварочное производство, 2001, №2, с. 39-48.

НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СВАРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

М.А. Кузнецов, ст. преподаватель, Д.С. Карцев, студент гр. 10А12

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

В начале XXI века возникла необходимость коренного повышения научно-технического уровня экономики во всем мире. Для решения этой задачи требуется проведение обширных научных исследований, а также массовое внедрение новых прогрессивных технологий в промышленное производство. Согласно прогнозам многих авторитетных организаций, приоритетными являются работы в области создания наноматериалов и нанотехнологий. Именно они в числе прочих будут способствовать существенному повышению эффективности производства в таких сферах, как машиностроение, энергетика, строительство, сельское хозяйство, медицина и др. [1].

Нанотехнология - высокотехнологичная отрасль, направленная на изучение и работу с атомами и молекулами.[2] Одно из важнейших направлений нанотехнологии - это получение наночастиц, (нанопорошков) и их применение в практике. К наночастицам, научное сообщество относит такие объекты, геометрические размеры которых хотя бы в одном измерении не превышают 100 нм (10^{-7} м), и которые обладают качественно новыми функциональными свойствами. По мнению экспертов, применение нанопорошков позволит существенно улучшить параметры существующих технологических процессов и создать новые технологии. Используя нанопорошки, например как добавки, можно значительно улучшить качество различных материалов и продуктов (лекарств, смазочных материалов, топлив, полимеров, фильтров, геттеров, присадок к смазочным материалам, красящих и магнитных пигментов, компонентов низкотемпературных высокопрочных припоев и др.). Нанопорошки – только один из многих имеющихся на сегодняшний день наноматериалов. Нанопорошки можно производить из сотен различных материалов. Все наноматериалы, которые производятся в настоящее время, подразделяются на четыре группы: оксиды металлов, сложные оксиды (состоящих из двух и более металлов), порошки чистых металлов и смеси. В наноструктурном состоянии материала в несколько раз по сравнению с обычными крупнокристаллическими материалами повышается прочность. В отличие от обычных методов обработки металлов, когда повышение прочности неминуемо приводит к существенному снижению пластичности, при наноструктурировании материал может сохранять пластичность [3].

В современном мире нанотехнологии и нанопорошки уже нашли свое применение в таких отраслях как: электроника и информационные технологии, химическая промышленность, медицина и фармакология, косметология, точная механика и оптика, материаловедение, а также в сварочном

производстве и др. Но стоит отметить, что направления, касающиеся сварочного производства, пока являются новыми. Однако уже есть некоторые научные разработки в области внедрения нанотехнологий в сварочное производство.

Так, в работе [4] представлено применение наноматериалов и высокотемпературной обработки никельхромовых сплавов при электрошлаковом литье и электрошлаковой сварке. При этом возможно управление микро- и макроструктурой жаропрочных никельхромовых сплавов и их физико-механическими свойствами при помощи введения в расплав наночастиц карбонитрида титана в виде нанокристаллов, которые служат центрами кристаллизации.

Нанопорошки применяются также при лазерной сварке. На данный момент это один из способов сварки, где нанопорошки находят все большее применение. В работе [5] представлена разработанная технология лазерной сварки с применением нанопорошка, позволяющая получать сварной шов с существенно улучшенными прочностными свойствами. Основная идея новой представленной технологии — введение в сварной шов порошка тугоплавкого соединения (например, карбида или нитрида титана) с наноразмерными частицами. Это даёт возможность управлять процессом кристаллизации металла при сварке. Введение нанопорошка в сварной шов изменяет процесс зародышеобразования, которое происходит на наноразмерных частицах на границе контакта трёх фаз (наночастица – зародыш – расплав) и резко изменяет строение и величину (морфологию и дисперсность) растущего зерна. Структура шва вместо игольчато-дендритной становится квазиравноосной и мелкодисперсной. Сварной шов с дендритно-игольчатой структурой не столь прочен, как с мелкодисперсной. Уменьшается размер неметаллических включений, соответственно повышаются механические свойства (прочность и пластичность) металла шва, возрастает в несколько раз относительное удлинение, увеличиваются предел прочности и предел текучести.

В работах [6, 7] рассмотрены исследования процесса лазерной сварки с применением нанопорошковых инокуляторов. В качестве нанопорошковых инокуляторов использовались тугоплавкие соединения TiN, TiC, Y₂O₃, а также их смесь, плакированные хромом. Подготовленная композиция наносилась в виде суспензии на поверхность свариваемых пластин. Применение наномодификаторов позволяет повысить скорость сварки при той же мощности луча за счет увеличения коэффициента поглощения интенсивности лазерного излучения. При этом уменьшается ширина сварного шва, зона термического влияния улучшается качество соединения, измельчается структура сварного шва, существенно возрастают его механические характеристики. В работе [8] рассматривалась лазерная сварка стали с титановым сплавом. Для проведения экспериментов использовались коррозионно-стойкая сталь и титановый сплав с промежуточными вставками. Наиболее эффективной оказалась вставка на основе меди М1. При этом сварное соединение с медной вставкой обладает достаточно высокой прочностью.

Помимо сварки плавлением наноструктурируемые материалы нашли свое применение и в сварке давлением. Например, в работе [9] описывается применение наноструктурных материалов при диффузионной сварке жаропрочных никелевых сплавов. Для сохранения в сварном соединении структурной и кристаллографической ориентировки исходного материала рассмотрена возможность использования в качестве соединительного слоя при диффузионной сварке отмеченных сплавов пленок из никель-алюминиевого сплава с различным структурным состоянием: наноструктурные кристаллические монолиты интерметаллидов Ni₃Al и NiAl₃, полученные методом сверхбыстрой кристаллизации и осаждением из паровой фазы, а также многослойные пленки, состоящие из отдельных слоев никеля и алюминия. Установлено, что использование в качестве промежуточного слоя пленок в наноструктурном состоянии позволяет активизировать процесс диффузионной сварки никелевых сплавов.

Следует отметить, что при обычных способах сварки осуществляется нагрев металлических материалов до температуры, которая обеспечивает их расплавление или активацию диффузионных процессов в зоне соединения. Нагрев до высокой температуры приводит к необратимым структурным превращениям и деградации первоначальных физико-механических свойств материала [1].

Идея решения такой задачи в целом базируется на том, что температуру процесса соединения в твердой фазе можно снизить, если в качестве сварочных присадок применить быстрокристаллизующиеся аморфизированные гомогенные ленты или композиционные тонкопленочные материалы с нанослойной структурой. В таких материалах вследствие неравновесного состояния тонкой структуры имеет место существенное снижение температуры, при которой интенсивно протекают диффузионные процессы. В качестве сварочных присадок разработаны и используются многослойные наноструктур-

ные пленки, которые состоят из многослойных композиций различных металлических элементов (Ti/Al, Ni/Al, Cu/Al). Эти пленки обладают высокими значениями сопротивления пластической деформации и упругого восстановления, также целым рядом важных эксплуатационных характеристик: высокой твердостью, жаростойкостью, износо- и коррозионной стойкостью, устойчивостью к ударным воздействиям, высокими значениями электросопротивления. Например, замена прослойки обычного алюминия (базовый вариант) на фольгу из нанослойных конденсатов позволяет снизить температуру сварки композита на 80... 100 °С, обеспечить качественное формирование неразъемного соединения при меньшем сварочном давлении [1].

Особенности контактной сварки алюминидов титана с использованием нанослойных алюминиево-титановых, алюминиево-никелевых и алюминиево-медных фольг рассмотрены в работах [10, 11]. Исследования проводились при помощи диффузионной, электронно-лучевой, прессовой и контактной сварки без использования наноструктурных фольг, соединения, полученные этими способами сварки, имели слабые прочностные характеристики и наличие трещин в шве и зоне термического влияния. В отличие от этих видов контактная сварка с применением наноструктурных фольг является перспективным способом соединения тугоплавких материалов. В экспериментах использовали сплав Ti-47A-1,5Cr-2Nb. При контактной сварке с использованием наноструктурных фольг наблюдается интенсивное выделение тепла в стыке, что уменьшает время сварки, уменьшение грата и зоны термического влияния, снижение температуры сварки, соединение имеет стабильную макроструктуру. Лучшие результаты достигнуты при использовании фольги толщиной 60 – 100 мкм, при использовании фольги более 150 мкм необходимо применить более жесткие режимы сварки [10, 11].

В работе [12] представлено получение неразъемных соединений сплавов на основе TiAl с использованием нанослойной прослойки способом диффузионной сварки в вакууме. Применение традиционных способов сварки, основанных на плавлении материала в зоне сварки, показало, что качество соединения зависит от режима сварки. При отклонении режима от оптимального в зоне термического влияния возникают напряжения, что приводит к образованию трещин. Перспективным представляется использование диффузионной сварки в вакууме. Объектом исследования был выбран сплав Ti-48Al с добавками ниобия и марганца. Соединение, полученное диффузионной сваркой без нанопрослойки, имеет хрупкую прослойку, что снижает прочность, а соединение с нанопрослойкой (Ti/Al толщиной 20 мкм) имеет структуру подобную основному металлу. Отсутствие пор и трещин в зоне шва, так и в зоне термического влияния свидетельствует о высоком качестве сварного соединения.

Кроме сварки нанопорошки используются еще в одном направлении сварочного производства – наплавка. Так, в работе [13] рассмотрено повышение твердости наплавленного слоя при индукционной наплавке. В исходную шихту добавляли нанодисперсные порошки и изучали их влияние на твердость наплавленного слоя. В качестве таких порошков применяли карбид титана и феррохром. Опыты с применением нанодисперсных порошков карбида титана, а также опыты с наплавкой на сталь покрытий из шихты с добавлением феррохрома дали значение твердости (61 – 62) и (65 – 66) HRC соответственно, т. е. достаточно высокую твердость покрытий. Например, при поверхностной обработке износостойкого чугуна марки ИЧХ28Н2 с помощью CO₂ – лазера с модифицированной добавкой (TiN + Cr), при скорости перемещения луча 2 м/мин происходило проплавление поверхности образца на 3,2 мм с образованием упрочненного поверхностного слоя микротвердостью 9,5 ГПа. Это более чем в 1,8 раз выше микротвердости необработанного участка того же образца.

Также нанопорошковые технологии применяются в борьбе с концентраторами напряжений (дефектами). Например, в работе [14] рассмотрено повышение долговечности образцов из алюминиевого сплава с концентраторами напряжений. Исследовали влияние нанопокртытия, состоящего из эпоксидной смолы и углеродных наночастиц, на концентраторы напряжений. Нанопокртытие наносилось в зону концентрации напряжений, влияние наноматериала заключалось в уменьшении распространения микротрещин в зону меньшей концентрации напряжений. Были проведены испытания при циклическом нагружении образцов с цилиндрическим и зенкованным отверстием с нанопокртытием и без него. Видно, что долговечность образцов с увеличением процентного содержания наночастиц в покрытии увеличивается, причем для образцов с цилиндрическим отверстием в большей степени (на 40%), чем для образцов с зенкованным отверстием (на 20%) при содержании наночастиц соответственно 0,5% и 1,5%. Исследование поверхности разрушения испытанного на долговечность образца с нанокompозитным покрытием показало, что последнее плотно примыкает к поверхности отверстия, отсутствует отслоение его от поверхности и имеет место залечивание микротрещины за счет проникновения нанокompозита в ее полость.

Выводы

Благодаря использованию новых технологий электрошлаковой, лазерной, диффузионной сварки появилась возможность успешно соединять материалы с особыми свойствами. А т. к. дуговая сварка плавящимся электродом занимает одно из ведущих мест во всех отраслях промышленности и в ней уже ограниченно нашли свое применение наноматериалы, но изучены они еще недостаточно.

Поэтому целью дальнейших исследований является разработка наноструктурированных материалов для дуговой сварки плавящимся электродом.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

исследование влияния материалов, содержащих наноструктурированные компоненты на стабильность процесса сварки плавящимся электродом;

исследование влияния наноструктурированных материалов на механические свойства и химический состав сварных соединений;

определение технико-экономических показателей дуговой сварки плавящимся электродом с применением материалов, содержащих наноструктурированные компоненты.

Литература.

1. Патон Б. Е., Ищенко А. Я., Устинов А. И. Применение нанотехнологии неразъемного соединения перспективных легких металлических материалов для аэрокосмической техники // Автоматическая сварка. – 2008. - №12. – с. 5 - 12.
2. Гусев А. И. Нанокристаллические материалы: методы получения и свойства. – Екатеринбург. Уро. РАН, 1998. – 199 с.
3. Новые материалы / под редакцией Ю. С. Карабасова Ю. С. – М.: МИСИС, 2002 – 736 с.
4. Жеребцов С. А. Применение наноматериалов и высокотемпературной обработки никельхромовых сплавов при электрошлаковом литье: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Новокузнецк, 2006. – 22 с.
5. Наночастицы в каждый самолет // Наука и жизнь. – 2008. - №4. – с. 8.
6. Афонин Ю. В., Черепанов А. Я., Оришич А. М., Батаев А. А., Буров В. Г., Маликов А. Г. Лазерная сварка титана с использованием нанопорошковых инокуляторов. // Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности: сборник трудов 5 Международной научной - практической конференции. – Санкт – Петербург, 2008 – Т. 12 – с. 322-324.
7. Черепанов А. Н., Афонин Ю. В., Маликов А. Г., Оришич А. М. О применении нанопорошков тугоплавких соединений при лазерной сварке и обработке металлов и сплавов // Тяжелое машиностроение. – 2008. – №4. – с. 25 – 26.
8. Черепанов А. Н., Афонин Ю. В., Оришич А. М. Лазерная сварка стали с титановым сплавом с применением промежуточных вставок и нанопорошковых инокуляторов // Тяжелое машиностроение. – 2009. – №8. – с. 24 – 26.
9. Ющенко К. А. Задерий Б. А., Звягинцева А. В., Кушнарева Т. Н., Несмих В. С., Полищук Е. П., Савченко В. С. Применение наноструктурных материалов при диффузионной сварке жаропрочных никелевых сплавов // Автоматическая сварка. – 2006. – № 11. – с. 3 - 10.
10. Кучук-Яценко В. С., Швец В. И., Сахацкий А. Г., наконецный А. А. Особенности контактной сварки алюминидов титана с использованием нанослойных алюминиево-титановых фольг // Автоматическая сварка. – 2009. – №3. – с. 19 – 22.
11. Кучук-Яценко В. С., Швец В. И., Сахацкий А. Г., наконецный А. А. Особенности контактной сварки алюминиевых сплавов с использованием наноструктурных алюминиево-никелевых и алюминиево-медных фольг // Сварочное производство. – 2007. – №9. с. 12 – 14.
12. Устинов А. И., Фальченко Ю. В., Ищенко А. Я., Харченко Г. К., Мельниченко Т. В., Муравейник А. Н. Получение неразъемных соединений сплавов на основе γ -TiAl с использованием нанослойной прослойки Ti/Al способом диффузионной сварки в вакууме // Автоматическая сварка. – 2009. – №1. – с. 17 – 21.
13. Черепанов А. Н., Марусин В. В., Афонин Ю. В., Репин А. А. Применение модифицирующих нанопорошковых материалов при высокоэнергетической обработке стали и сплавов // Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности: сборник трудов 5 Международной научной - практической конференции. – Санкт – Петербург, 2008 – Т. 12 – с. 321-322.
14. Доценко А. М., Теперин Л. Л. Исследование применимости углеродного наноматериала для повышения долговечности образцов из алюминиевого сплава с концентраторами напряжений // Нанотехнологии – производству 2007: труды Международной научно-практической конференции. – Фрязино, 2007 – с. 265-268.