

Наибольшая микротвердость получена у покрытия, легированного карбидом вольфрама за счет легирования вольфрамом матрицы сплава и большой твердости равномерно расположенных карбидных составляющих W_2C (рисунок 5).

Заключение: Полученные экспериментальные данные процессов лазерного легирования бронзы БрА7Н6Ф. показали увеличение микротвердости в 2-2,5 раза по сравнению неоплавленным покрытием из бронзы. Освоение технологии позволит увеличить физико-механические и эксплуатационные свойства деталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов, И.О. Исследование влияния нанокремниевых компонентов на твердость композиционных газотермических покрытий / И.О. Соколов, Д.В. Куис, Д.Н. Лобко // Техника и технологии: инновации и качество: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Барановичи: БарГУ, 2017. – С. 76-78.
2. Попов, В.О. Лазерное модифицирование бронз и нержавеющей сталей. / В.О. Попов, Т.Г. Чеснокова // РИТМ. – 2018. – №7. – С. 32-33.
3. Мальцев, М.В. Металлография промышленных цветных металлов и сплавов. – М: Металлургия, 1970. – 368 с.
4. Болдуева, А.А. Лазерное модифицирование бронзовых плазменных покрытий / А.А. Болдуева, О.Г. Девойно, М.А. Кардаполова, И.М. Косякова // Мировая экономика и бизнес-администрирование малых и средних предприятий: Материалы 16-го Междунар. науч. семинара, проводимого в рамках 18-ой междунар. научно-техн. конф. – Программный комитет С.В. Харитончик, А.В. Данильченко [и др.]. – 2020.
5. Девойно, О.Г. Получение износостойких композиционных порошковых покрытий оплавлением модифицирующих обмазок лазерным лучом / О.Г. Девойно, М.А. Кардаполова // прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонГТУ, 2001. – Вып.16. – С. 56-65.

УДК 691.9.048.4

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Е. И. Воробьева, доктор техн.наук, профессор Н. М. Чигринова, БНТУ, г. Минск

Резюме – предложен вариант расширения технологических возможностей серийного оборудования для анодного микродугового оксидирования за счет использования системы квазикатодов сетчатой формы в электролизной ванне и дополнительного ультразвукового воздействия с целью интенсификации электрохимических и диффузионных процессов и получения термодинамически стабильных оксидов обрабатываемого металла, что приводит к повышению сплошности покрытия, увеличению его коррозионной стойкости и минимальным энергетическим потерям.

Ключевые слова: микродуговое оксидирование, керамикоподобные покрытия, квазикатоды, энергия ультразвуковых колебаний.

Устройство для электрохимического нанесения защитных покрытий относится к технологическому оборудованию, предназначенному для электролитической обработки поверхностей деталей и изделий, выполненных из металлов и сплавов, в частности, к технологическому оборудованию для осуществления микродугового оксидирования, и может быть использовано в различных отраслях промышленности, в том числе в машиностроении, приборостроении, авиационной, химической, электронной и электротехнической промышленности. Технология анодного микродугового оксидирования применяется для формирования керамикоподобных покрытий на основе оксидной керамики на поверхностях вентильных металлов, к которым относятся алюминий, титан, тантал, цирконий и их сплавы. Оксидная керамика формируется на основе термодинамически стабильных оксидов обрабатываемого металла. Для осуществления процесса микродугового оксидирования (МДО) объектов из вентильных металлов с высокой интенсивностью химических реакций и стабильностью искрения необходимо расширение технологических возможностей серийного оборудования с целью получения керамикоподобных покрытий улучшенного качества. Эта задача может быть достигнута тем, что в устройстве для электрохимического нанесения керамикоподобных покрытий методом МДО содержится источник питания постоянного тока, сменные держатели для обрабатываемых заготовок, конструкции которых приспособлены для удержания в растворе объектов любой конфигурации и размеров, рабочая ванна с электролитом, на днище и боковых стенках которой укреплены акустические пакеты, обеспечивающие постоянное с ультразвуковой частотой перемешивание электролита, и варьлируемое количество дополнительных квазикатодов сетчатой формы, ориентирование которых в пространстве ванны обеспечивается за счет их крепления на сетчатом каркасе с легко изменяющейся конфигурацией направляющих.

Применение ультразвукового барботажа электролита в ванне, оснащенной акустическими пакетами, через которые с помощью ультразвукового генератора мощностью 4,2 кВт и частотой 22 кГц происходит ее «озвучивание» в процессе всего цикла обработки, стандартные приемы приготовления и регенерации

электролита и контроля уровня его кислотности, размещение в пространстве ванны легко сменяемых сетчатых электродов может сделать данный процесс весьма технологичным и малозатратным.

Держатель для квазикатодов можно выполнить в виде сетчатого каркаса, грани которого соединены шарнирно, что позволяет легко и быстро изменять конфигурацию каркаса и изменять ориентацию квазикатодов относительно оксидируемой детали. Положение квазикатодов и расстояние от оксидируемого объекта можно изменять, перевешивая электроды в разные места сетчатого каркаса. Сам каркас выполняется из тонкой металлической сетки, подсоединенной к отрицательному полюсу источника питания, выполнен по принципу карусели: он может вращаться вокруг своей оси (либо механически, либо вручную) и располагается над ванной и не погружается в электролит, тем самым, исключая энергопотери.

Положение и ориентация в пространстве электролизной ванны дополнительных квазикатодов относительно конфигурации оксидируемого объекта должна исключить на наиболее проблемных местах конструкции, где происходит накапливание зарядов и более интенсивное искрение, неконтролируемый рост покрытия, а в некоторых случаях, прожоги уже имеющейся оксидной пленки [1,2]. При этом размещение и количество квазикатодов в электролизной ванне определяются тем, что значение критерия неравномерности распределения толщины МДО-покрытия на аноде, выбранного в качестве критерия оптимизации процесса АМДО, должно быть минимальным [3]. Количество и схема расположения дополнительных катодов в ванне могут изменяться с целью (дополнительной к ультразвуковой) большей стабилизации процесса искрения. При этом размер ячеек сетчатого катода определяется параметрами МДО и конструктивными особенностями оксидируемого объекта.

Дополнительная энергия ультразвуковых колебаний интенсифицирует процессы растворения и химического взаимодействия материала анода с продуктами гидролиза электролита, влияя на состав и структуру формируемых покрытий. Одновременно возникающие ударные волны при микровзрывах пузырьков газа способствуют интенсификации всех происходящих взаимодействий, поддерживая высокую температуру в реакционной зоне и способствуя продлению стадии термоллиза в электролите [4]. Это провоцирует дополнительные реакции взаимодействия не только образовавшихся в доискровом режиме оксидов на аноде, но и оксидов на основе составляющих электролита, оксидов металла, входящего в состав исходных солей в виде катионов, и оксидов химических элементов анионного комплекса, обеспечивая стабилизацию фазового состава покрытия с образованием преимущественного количества термодинамически стабильных оксидов обрабатываемого металла. Эти же ударные волны наклепывают его поверхность, дополнительно активируя ее, что приводит к более интенсивному росту покрытия в единицу времени даже при более низких вольтамперных характеристиках процесса МДО, делая процесс менее энергозатратным. Упруго-деформационное поле активирует капиллярный эффект, что способствует проникновению электролита в мельчайшие поры и трещины покрытия, обеспечивая электропроводные каналы, создавая дополнительные центры зарождения оксидных фаз, приводя к диспергированию твердого тела – анода с созданием разветвленной пористости, деаэрированию раствора, преломляющая образование полостей (пор) с оголенными металлическим участками, повышая, таким образом, сплошность покрытия и его коррозионную стойкость. При этом ускоряется кристаллизация образующихся фаз и интенсифицируются электрохимические и диффузионные процессы [5]. Возникающие при УЗ ударные волны обеспечивают очистку поверхности анода от имеющихся на ней некачественных, рыхлых островков окислов, оголяя участки металла, которые взаимодействуют с кислородом с образованием новых центров зарождения оксидной фазы, что существенно повышает надежность покрытия.

Результатом будет интенсификация и стабилизация процесса искрения во всем объеме электролита, получение равнотолщинных керамикоподобных покрытий увеличенной толщины и сниженной пористости. При этом обеспечивается малая трудоемкость процесса оксидирования, легкость замены и низкая стоимость комплектующих оборудования, минимальные энергетические потери.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чигринова, Н.М. Основные параметры процесса и характеристики покрытий как критерии оценки эффективности метода анодного микродугового оксидирования / Н.М. Чигринова, Е.И. Воробьева // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2019. – Т. 64, №4. – С. 419–428.
2. Чигринова, Н. М. Влияние квазикатодов на формирование равнотолщинных слоев при микродуговом оксидировании вентильных металлов / Н. М. Чигринова, Е. И. Воробьева // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 16-й Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 25–27 янв. 2018 г. – Минск, 2018. – С. 346–349.
3. Чигринова, Н. М. Влияние технологических параметров процесса микродугового оксидирования на свойства формируемых покрытий / Н. М. Чигринова, Е. И. Воробьева // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 15-й Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 28–30 янв. 2017 г. – Минск, 2017. – С. 350–356.
4. Чигринова, Н.М. Роль ультразвука в формировании восстанавливающе–упрочняющих оксидных покрытий большой толщины при микродуговом оксидировании объектов из вентильных металлов / Н.М. Чигринова, В.Е. Чигринов, А.В. Дроздов // Материалы, технологии и оборудование для упрочнения и восстановления деталей машин: материалы Международной науч.-техн. конф., Новополоцк, 20–22 апреля 2005 г. / ПГУ. – Новополоцк, 2005. – С. 61–65.
5. Киселев, М.Г. Ультразвук в поверхностной обработке материалов /М.Г.Киселев, В.Т. Минченя, В.А.Ибрагимов.– Тесей, Минск, 2001.–243 с.