

ло получить стационарные колебания. Сопоставление полученных результатов с данными расчетной модели носит такой же характер, как и в методе пассивной диагностики.

Более эффективным методом активной вибродиагностики является использование гармонического нагружения, однако данная технология требует значительных денежных затрат, поскольку применяются дорогостоящие вибровозбудители. Есть альтернатива механическим вибровозбудителям – электросервогидравлические вибровозбудители, которые отличаются тем, что все процессы, включая регистрацию данных, осуществляются в режиме «управляемого эксперимента». Необходимым условием для получения достоверных данных является крепление вибровозбудителей на испытываемой конструкции.

Из описанных выше методов можно сделать вывод, что в каждом есть преимущества и недостатки. Преимуществом данных методов вибродиагностики является то, что нет необходимости выводить мост из эксплуатации при проведении экспериментов, требуется перерыв в движении лишь 15 минут. Метод активной вибродиагностики дает более полную и достоверную информацию о деформациях, происходящих в конструкциях, но он значительно дороже, в отличие от метода пассивной вибродиагностики. Что касается метода пассивной вибродиагностики, то он менее дорогостоящий, но требует больших временных и трудовых затрат для получения достоверных данных.

УДК 621.9.047.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИМПУЛЬСНОГО БИПОЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

*Нисс В.С., Королёв А.Ю., Паршута А.Э., Будницкий А.С.
Белорусский национальный технический университет*

Abstract. *A number of universal electrolytes for pulsed bipolar electrochemical processing have been developed, which make it possible to reduce the environmental hazard of the electrochemical polishing process. It is most expedient to use the developed technology for surface treatment of products made of technical aluminum and deformed alloys based on it, such as AD, D16, AMG, AMC for the purpose of subsequent oxidation or application of galvanic coatings.*

Электрохимическое полирование (ЭХП) алюминия и его сплавов в настоящее время является одним из наиболее прогрессивных технологических процессов повышения качества поверхности, несмотря на то, что используется в промышленности на протяжении многих десятилетий. Однако ЭХП в его классическом виде имеет ряд существенных недостатков. Одним из них является зависимость режимов обработки и составов электролита от обрабатываемого материала. Кроме того, для электрохимического полирования применяются агрессивные дорогостоящие, электролиты, требующие специальных технологий по утилизации. Для электрохимического полирования алюминия в настоящее время применяют электролиты на основе ортофосфорной кислоты, а также смесь соляной кислоты с уксусным ангидридом. Электролиты при электрохимическом полировании алюминия требуют подогрева до температуры 60 – 90 °С. Обработка при таких температурах наносит значительный вред окружающей среде и производственному персоналу.

Для устранения существующих недостатков процесса ЭХП и расширения его технологических возможностей нами был предложен способ обработки с применением одно- и биполярных электрических импульсов. По результатам исследований способа разработаны принципиально новые процессы импульсной электрохимической обработки с длительностью импульсов 0,2–20,0 мс, обеспечивающие снижение энергетических затрат на процесс полирования и очистки поверхностей по сравнению обработкой при постоянном токе. Разработан ряд универсальных электролитов для электрохимического полирования алюминия и его

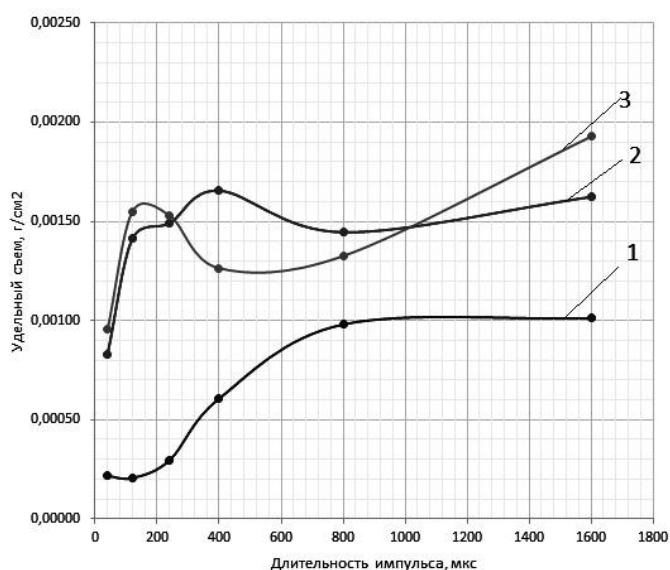
сплавов, не содержащих соединений хрома (VI), позволяющих снизить экологическую опасность процесса.

Разработанный способ позволяет выполнять полирование, глянецвание, очистку, скругление острых кромок и удаление заусенцев на изделиях, изготовленных из алюминия и алюминиевых сплавов. Обработка осуществляется в неподвижном электролите с рабочей температурой 20 °С при плоских катодах и нерегулируемых межэлектродных зазорах, что принципиально упрощает всю технологическую оснастку и процесс обработки. Достижимая шероховатость поверхности составляет Ra 0,04 мкм. Продолжительность полирования 2 – 4 мин, глянецвания – 30 с.

Разработанные процессы импульсной биполярной электрохимической обработки по сравнению с традиционным электрохимическим полированием обеспечивают:

- выполнение обработки в универсальных электролитах простых составов на основе серной и ортофосфорной кислот без добавления хромового ангидрида;
- выполнение обработки без дополнительного подогрева электролита;
- выполнение обработки с большей эффективностью, при которой скорость сглаживания микронеровностей обрабатываемой поверхности, отнесённая к общему съёму металла, значительно возрастает;
- стабильность геометрических и физико-химических свойств рабочей поверхности деталь-электролит за счет удаления катодных отложений.

По результатам исследования влияния параметров импульсов на характеристики поверхности установлено, что съём материала образца из алюминия зависит от длительности импульсов, при этом наблюдается увеличение съема при плотности тока 0,39 А/см² и увеличении длительности положительного импульса до 1600 мкс (рисунок 1). Кроме того, установлено что наибольшее снижение шероховатости поверхности достигается при длительности импульса 400 мкс и плотности тока 0,39 А/см².



1 – 0,17 А/см², 2 – 0,28 А/см², 3 – 0,39 А/см²

Рисунок 1 – Зависимости съема материала образца из алюминия технического АД1 от длительности импульсов и плотности тока

По результатам экспериментальной обработки изделий из алюминия и алюминиевых сплавов установлено, что наиболее целесообразно применение разработанной технологии для обработки поверхности изделий из технического алюминия и деформируемых сплавов

на его основе, типа АД, Д16, АМГ, АМЦ с целью последующего оксидирования или нанесения гальванических покрытий.

УДК 544.654.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НАНЕСЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИЛЛИСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ

Алексеев Ю.Г., Королёв А.Ю., Паршута А.Э., Сорока Е.В.
Белорусский национальный технический университет

***Abstract.** The processes of galvanizing and copper plating using millisecond pulsed electric modes have been developed. It is established that the use of the developed processes increases the efficiency of the process, since it allows, depending on the type of electroplating, to significantly increase the deposition rate, the productivity of the process, to obtain coatings with predetermined physical and mechanical properties, and to obtain multilayer coatings.*

Практика показала, что наиболее эффективное воздействие на равномерность распределения металла на поверхности, а также на процесс осаждения, структуру и свойства гальванических покрытий оказывает импульсный электролиз. Применение импульсного тока в гальванотехнике при гальваническом осаждении металлов и сплавов позволяет расширить спектр их эксплуатационных свойств: повысить адгезию покрытия с основой, уменьшить пористость и наводороживание, повысить твердость и износостойкость, увеличить коррозионную стойкость и защитную способность, повысить чистоту и электрическую проводимость, а также существенно улучшить другие физико-химические и функциональные свойства гальванических покрытий. Эффективность импульсного электролиза определяется не столько большим числом регулируемых параметров, по сравнению с постоянным током, но теми особенностями изменения потенциала электрода, который положительно влияет на стадию переноса заряда, адсорбцию и кристаллизацию металла покрытия [1].

Неравномерность толщин осадений при электролизе обусловлена в основном неравномерностью распределения плотности тока и концентрационной катодной поляризацией. До настоящего времени эти проблемы решались интенсификацией обмена электролита у катодной поверхности: барботажем, возвратно-поступательным перемещением катода в электролите, вибрацией катода, применением ультразвука. Однако диффузионные механизмы обмена существенно ограничивают производительность процесса. Для обеспечения равномерности распределения тока от периферии детали к середине используются выравнивающие экраны, используют металлическую обечайку вокруг детали, изменяют форму анода, чтобы выровнять электрическое поле у поверхности детали. Для предотвращения этого эффекта используются также выравнивающие добавки, которые создают барьерный слой в местах наибольших градиентов.

Предложенный импульсный режим питания гальванических ванн позволяет при обратном (отрицательном) импульсе тока проводить анодное стравливание металла на больших градиентах тока, то есть в местах, где произошло большое наращивание при прямом токе. С другой стороны, интенсивное разрушение концентрационной катодной поляризации будет способствовать обновлению раствора в прикатодном слое. При этом выравнивающие добавки, которые адсорбируются на катодной поверхности при реверсе тока позволяют создать барьерный слой, который препятствует осаждению металла на острых краях, и получить равномерное покрытие.

Применяемые в промышленности на данный момент электролиты цинкования и меднения в силу своих особенностей обладают недостаточной рассеивающей способностью. Это приводит к большому разбросу толщины покрытия, особенно на сложном профиле, не говоря о нанесении меди в производстве печатных плат. Так, гарантированное получе-