

Рисунок 2 – Влияние продолжительности обработки на шероховатость поверхности образцов при различных значения напряжения:
 а – титан; б – ниобий

На рис. 3 представлены зависимости изменения шероховатости поверхности образцов титана и ниобия от плотности тока. В исследуемом диапазоне значений плотности тока (для титана – 0,18–0,45 А/см², для ниобия – 0,19–0,48 А/см²) экспериментально установленные значения величины изменения шероховатости поверхности ΔRa имеют существенный разброс как для образцов из титана, так и для образцов из ниобия. При этом наблюдается тенденция к незначительному росту величины изменения шероховатости поверхности с увеличением плотности тока. Значения ΔRa для ниобия существенно выше аналогичных значений для титана.

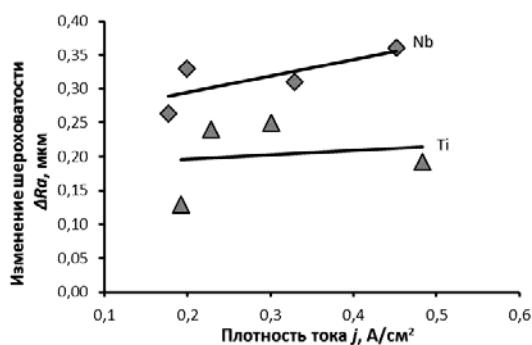


Рисунок 3 – Влияние плотности тока на изменение шероховатости поверхности титана и ниобия

УДК 544.654.2

ВЛИЯНИЕ КОАКСИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ИЗДЕЛИЯ И ПРОТИВОЭЛЕКТРОДА НА РАВНОМЕРНОСТЬ НАНЕСЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ

Алексеев Ю.Г., Нисс В.С., Королёв А.Ю., Паршутто А.Э., Сенченко Г.М.
 Белорусский национальный технический университет

Abstract. The work investigated the effect of the coaxial system of the workpiece and the counter-electrode on the uniformity of electroplating deposition using pulsed electrical modes. It has been established that with a pulse current a significant reduction in the influence of the sample location on the coating thickness in the coaxial system of electrodes is provided. In addition, the use of pulse current can significantly increase the current density of the coating and obtain an increase in the coating thickness without the formation of dendrites.

Качество и свойства гальванических покрытий определяются равномерностью распределения металла по толщине слоя на поверхности покрываемых изделий. Фактическая

плотность тока и толщина покрытия на различных участках катода отличаются. Это отрицательно сказывается на функциональных свойствах покрытия, поскольку на отдельных участках толщина покрытия может быть меньше допустимых значений.

Схема расположения электрода-образца относительно противоэлектрода-анода в ванне обработки представлена на рисунке 1. Первоначально электрод-образец располагался соосно с анодом-противоэлектродом в центре ванны, следующее положение характеризовалось смещением оси электрода-образца на 25 мм относительно центра, в третьем положении расстояние от центра электрода-образца до образующей анода-противоэлектрода составляло 9,6 мм. Для измерения толщины покрытия по высоте электрода-образца выбирались точки с шагом 5 мм от торца образца.

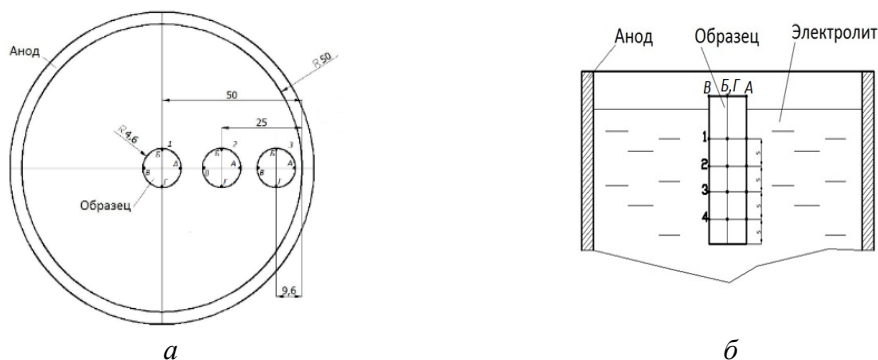


Рисунок 1 – Схема расположения электрода-образца относительно противоэлектрода-анода в ванне обработки:
a – вид сверху, *б* – вид сбоку

При оценке параметров электрохимических процессов формирования покрытий применялись численные методы интегрирования краевой задачи для потенциала электролита в области между электродами и толщиной наносимого покрытия на постоянном токе (программа Comsol). Графические результаты с распределением электрического потенциала и толщины покрытия в системе двух круглых коаксиальных электродов с использованием постоянного тока представлены на рисунке 2.

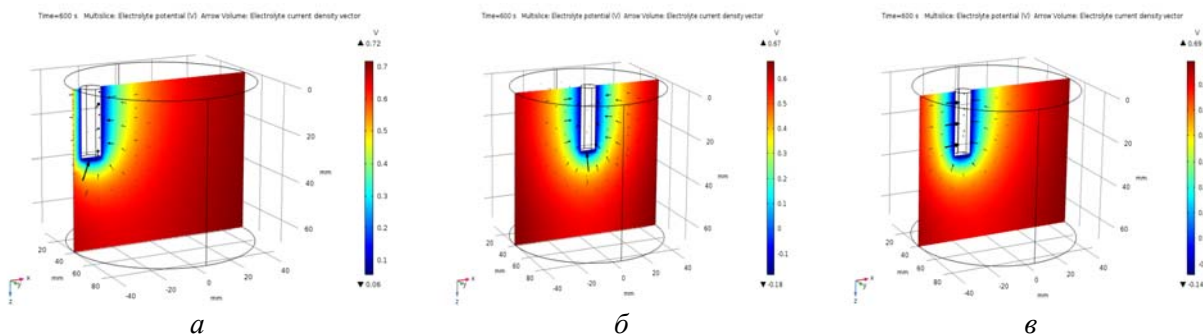


Рисунок 2 – Конфигурация электрического потенциала электролита при смещении осей электродов:
a – 0 мм; *б* – 25 мм; *в* – 40,4 мм

Исследования проводились при следующих параметрах: материал образцов – сталь Ст3; диаметр электрода-образца – 9,2 мм, диаметр противоэлектрода – 100 мм; площадь образцов – 0,09 дм²; амплитудная плотность тока – до 8,5 А/дм²; отношение амплитуд отрицательного и положительного импульсов – 100%; период следования импульсов – 2,0 мс; длительность положительных импульсов – 0,2 мс; длительность отрицательных импульсов – 1,2 мс. Обработку выполняли в цинкатном электролите следующего состава: NaOH – 80 г/л; ZnO – 10 г/л [1].

По результатам выполненных исследований установлено, что при импульсном токе обеспечивается существенное снижение влияния расположения образца на толщину покрытия в коаксиальной системе электродов – отличие толщины покрытия в наиболее близкой к аноду точке 1 и наиболее удаленной точке 3 составляют 1% для смещения от оси 0 мм, 7% для смещения от оси 25 мм и – 1% для смещения от оси 40,4 мм. Кроме того, использование импульсного тока позволяет повысить плотность тока покрытия с 1 А/дм² до 8,5 А/дм² и получить увеличение толщины покрытия с 5,8 мкм до 10,2 мкм без образования дендритов. Использование импульсных режимов для коаксиальной системы с диаметром противозэлектрода 100 мм обеспечивает уменьшение неравномерности толщины покрытия: при смещении образца от оси на 25 мм – с 60% до 7%, при смещении образца от оси на 40,4 мм с 92% до 1%.

Список использованных источников

1. Исследование и разработка процессов нанесения гальванических покрытий с использованием миллисекундных импульсных электрических режимов / Ю.Г. Алексеев, В.С. Нисс, А.Ю. Королёв, А.Э. Паршутто // Технология - Оборудование – Инструмент – Качество : тезисы докл. 32-й междуна. научн.-практич. конф. (Минск, 7-8 апреля 2016 г.) / редкол.: В.К. Шелег (отв. ред.) [и др.]. – Минск: Бизнесофсет, 2016. – С. 17-18.

УДК 539.21

ФОРМИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ Ti-Cr-N, ОСАЖДЕННЫХ НА НИКЕЛЕВЫЙ СЛОЙ

Барковская М.М.¹, Шиманский В.И.²

¹ Брестский государственный технический университет

² Белорусский государственный университет

e-mail: mbarkovskaya@mail.ru, shymanstv@mail.ru

Abstract. *The method for the formation protective coating based on combination of vacuum arc and chemical deposition methods is proposed. It allows to repeatedly increase the corrosion resistance of the surface of the steel products exposed to chemically aggressive environments. This method can also be used as a basis for the development of energy-and resource-saving technologies of hardening nickel-phosphorus coatings on steel products obtained by chemical methods.*

Осажденные вакуумно-дуговыми методами нитридные покрытия на основе системы Ti-Cr-N широко используются в машиностроении для увеличения срока эксплуатации технически важных материалов, поскольку обладают высокой твердостью, износостойкостью и достаточной термической стойкостью, тем самым обеспечивая в определенной степени свои защитные функции [1]. Однако их стойкость к коррозии часто является неудовлетворительной, поскольку толщина покрытия обычно составляет не более 5 мкм, а на их поверхности и в объеме существуют структурные дефекты (микрокапли, поры, микротрещины, сквозные поры и др.), и таким образом агрессивная коррозионная среда может проникать через поверхностные дефекты к стальной основе. Поэтому для повышения их стойкости к коррозии необходимо уменьшить количество дефектов за счет усовершенствования структуры или осаждения многослойных покрытий. Другой способ достижения повышенной стойкости к коррозии состоит в том, чтобы ввести между стальной основой и покрытием устойчивый к коррозии промежуточный подслоя, полученный химическими методами осаждения.

В нашей работе в качестве промежуточного подслоя было выбрано осажденное химическим способом из слабокислого ацетатно-аминоуксусного электролита покрытие на основе никеля (толщиной 5-20 мкм), в котором присутствует равномерно распределенный по глубине фосфор с концентрацией 10 ат.%. Наличие фосфора обусловлено тем, что в основе химического осаждения покрытия Ni_{0,9}Po_{0,1} лежит кинетически заторможенная ре-