

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ НИКЕЛЕВЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ НИКЕЛЬ-АЛМАЗНЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ АЦЕТАТНО-ХЛОРИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Композиционные покрытия имеют широкое распространение в повседневной жизни людей. Никелевое покрытие получило распространение благодаря своим эксплуатационным и декоративным характеристикам в качестве защитного и защитно-декоративного. Однако представляет интерес использование электрохимического никеля в качестве связки для закрепления инертной фазы. Показано [1-4], что внедрение алмазов, боридов, карбидов, оксидов приводит к увеличению прочности, износостойкости, твердости, коррозионной стойкости покрытия. Для закрепления инертной фазы используют разнообразные по составу электролиты и режимы осаждения. Интерес представляет получение композиционных покрытий из электролитов, не требующих нагрева, что позволит избежать активного испарения электролита и реже корректировать ванну. В работе [5] установлена возможность осаждения никеля с ацетат ионами при комнатной температуре. Однако, в качестве основной соли поставщика ионов в данном электролите используется сульфат никеля, который имеет низкую растворимость и электропроводность [6] по сравнению с хлоридом никеля, применение которого представляется предпочтительным [7].

Цель исследования состояла в получении никелевых и никель-алмазных композиционных покрытий из низкотемпературных электролитов и изучении их свойств.

Объектом исследования являлись ацетатно-хлоридные электролиты с содержанием  $\text{Ni}$  15–80 г·дм<sup>-3</sup>. Электроосаждение осуществляли при температуре 20–25 °С. Средний размер внедряемых алмазных частиц составляет 120/160 мкм, количество 0,5–5 г/л. Необходимое значение рН устанавливали концентрированными растворами  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и  $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$  с помощью рН-метра рН-150. Для приготовления растворов использовали  $\text{NiCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  марок х. ч. Катодный выход по току (ВТ) никеля определяли гравиметрическим методом. Процесс комплексообразования изучали при помощи спектрофотометра Spесord 200 и фотоэлектрокалориметра КФК-2. Покрытия получали в гальваностатическом режиме с помощью стабилизированного источника питания Б5-47. Качество получаемых покрытий оценивали визу-

ально. Шероховатость никелевого покрытия, была определена на профилографе-профилометре Абрис ПМ-7. Потенциостатический режим, а также импульсный гальваностатический реализовали с помощью потенциостата ПИ-50-1.1 в комплекте с программатором ПР-8 в стеклянной трехэлектродной ячейке. Фиксирование потенциала во времени осуществляли с помощью мультиметра АРРА 207. Предварительную подготовку поверхности производили по известным методикам [8]. Время установления равновесного потенциала составляло 5–7 минут. Значения потенциалов пересчитывали в шкалу нормального водородного электрода. Буферные свойства определяли методом потенциометрического титрования с помощью универсального ионметра со стеклянным индикаторным электродом. Определение рассеивающей способности (РС) проводили по ГОСТ 9.309–86 в ячейке Молера.

Исследование равновесного состава, что при содержании  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$   $15 \text{ г/дм}^3$  и  $\text{pH}=4,8$  в растворе находится низкое количество комплексов (6,49 %). Следовательно, роль комплексообразования в формировании покрытия незначительна.

Буферные свойства исследованных электролитов определяли методом потенциометрического титрования, по которым произвели расчет буферной емкости. Установлено, что увеличение содержания  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  с 5 до  $50 \text{ г/дм}^3$  позволяет обеспечить стабильную работу электролита в широком диапазоне pH, благодаря чему можно осаждать качественные никелевые покрытия с выходом по току 85–93% при  $i=1-6 \text{ А/дм}^2$  в присутствии  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  и температуре 20–25°C

Из ацетатно-хлоридных электролитов получают матовые, хорошо сцепленные с основой покрытия. Использование импульсного электролиза позволяет получить покрытия с небольшим блеском.

В щелевой ячейке Молера исследовали влияние различного состава электролита при стационарном режиме осаждения, а также в условиях импульсного электролиза на рассеивающую способность по току и по металлу в ацетатно-хлоридных электролитах. Результаты измерений показали, что наибольшей рассеивающей способностью обладает электролит с содержанием Ni 80 г/л. При плотностях тока  $1-4 \text{ А/дм}^2$  рассеивающая способность по току данного электролита почти в 2 раза больше, чем в электролите с содержанием Ni 15 г/л и составляет 15–27%. Изучено влияние концентрации ацетата аммония на рассеивающую способность по току и металлу при постоянном содержании никеля. Увеличение концентрации ацетата аммония способствует незначительному увеличению рассеивания (на 1–2 %). Исследование влияния импульсного электролиза на рассеивающую способ-

ность, показывает незначительное улучшение рассеивания по металлу, при времени импульса 1 сек и паузы 0,1 сек.

SEM-фотографии поверхности осажденного никелевого покрытия показывают, что на покрытиях осажденных из ацетатного электролита при стационарном режиме электролиза способствует образованию столбчатой дендритообразной структуры, в импульсном режиме прослеживается мелкокристаллическая структура в виде мелких сферических кластеров однородного размера с четко выраженными границами зерен. Однако для них характерно присутствие трещин, указывающих на значительные внутренние напряжения.

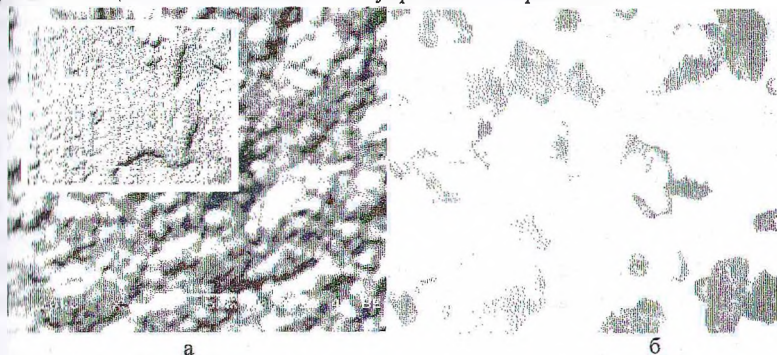


Рисунок 1 – Микрофотографии а) никелевого покрытия при  $i=3 \text{ А/дм}^2$ , б) никель-алмазного покрытия при  $i=1 \text{ А/дм}^2$ .

Установлено, что импульсный режим оказывает значительное влияние на шероховатость покрытия. При уменьшении времени паузы с 0,5 до 0,05 сек при импульсе 1 сек, а также с 0,05 до 0,005 сек при импульсе 1 сек наблюдается уменьшение  $R_a$  в 4,5 раза.

Исследованы механические свойства никелевых покрытий. Микротвердость никелевых покрытий колеблется в диапазоне 170-190 кгс/мм<sup>2</sup>. Низкая микротвердость никелевых покрытий делает изученные электролиты перспективными для использования никеля в качестве металла-связки.

Из исследованных электролитов получено никель-алмазное покрытие донным способом. Алмазы закрепляли на толщину 30 мкм при  $i=1 \text{ А/дм}^2$ , а затем заравнивали на 70 мкм при  $i=1 \text{ А/дм}^2$ .

Таким образом, установлено, что исследуемые ацетатно-хлоридные электролиты никелирования можно использовать для получения как никелевых, так и никель-алмазных покрытий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Павлатоу, Э.А. Влияние условий импульсного осаждения металла на структуру и свойства нанокристаллических покрытий из чис-



того никеля и никелевых композитов / Э.А. Павлатоу, Н. Спиреллис // Электрохимия. – 2008. – Т. 44, № 6. – С. 802-811.

2 Целуйкин, В.Н. Композиционные электрохимические покрытия: получение, структура, свойства / В.Н. Целуйкин // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2009. – Т. 45, № 3. – С. 287-301.

3 Нагаева, Л.В. Применение нанопорошков в электролитах никелирования как способ получения никелевых покрытий, по свойствам не уступающих хромовым покрытиям / Л.В. Нагаева // Коррозия: материалы, защита. – 2007. – Т. 45, № 9. – С. 32-36.

4 Xue, Yu-Jun Electrodeposition and mechanical properties of Ni-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanocomposites / Yu-Jun Xue, Di Zhu, Fei Zhao // Journal of materials science. – 2004. – Т. 45, № 39. – P. 4063-4066.

5 Целуйкин, В.Н. Свойства композиционных покрытий никель-фуллерен C60 / В.Н. Целуйкин, И.В. Толстова, Н.Д. Соловьева, И.Ф. Гунькин // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2006. – Т. 14, № 1. – С. 28 – 31

6 Хейфец, В. Л. Электролиз никеля. М.: Металлургия, 1975. 333 С

7 Балакай, В.И. Подщелачивание прикатодного слоя при электроосаждении никеля из хлоридного электролита/ В.И. Балакай, А.В. Арзуманова, К.В. Балакай // Журн. прикл. хим. 2010. Т. 83, вып.1. С. 67–73

8 Бахчисарайцян, Н.Г. [и др.] Практикум по прикладной электрохимии: Учеб. пособие для вузов / Под ред. В. Н. Варыпаева. – Л.: Химия. 1990. 304 С.

УДК 621.375.826 + 621.357.7

Д.И. Боровик; Ф.И. Пантелеенко, проф., д-р техн. наук  
(БНТУ, г. Минск)

## ЛАЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗНОГО ПОКРЫТИЯ

Для восстановления и упрочнения быстроизнашиваемых деталей машин широко используются технологии электрохимического (гальванического) осаждения. Ярким примером технологии электрохимического восстановления является процесс электрохимического железнения (остаивания), как наиболее производительный, дешевый и безопасный в практике производства. Однако существующие технологии электрохимического осаждения железа не удовлетворяют все возрастающим требованиям к восстанавливаемым поверхностям по твердости, износостойкости и некоторым другим свойствам. Одним из наиболее перспективных способов улучшения свойств электрохими-