

**МОРФОЛОГИЯ И МИКРОТВЕРДОСТЬ НИКЕЛЕВЫХ КЭП,  
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЧАСТИЦАМИ КАРБОНИТРИДА  
ТИТАНА**

Никелевые электрохимические покрытия широко используются в различных отраслях промышленности благодаря своим хорошим антикоррозионным свойствам, износостойкости и декоративному внешнему виду. Однако, в ряде случаев, требуется значительное улучшение эксплуатационных характеристик. Одним из перспективных методов повышения свойств никелевых покрытий является их модифицирование путем соосаждения металлической матрицы с дисперсными частицами различной природы [1].

В последние годы все большее внимание уделяется исследованию композиционных покрытий на основе никеля с использованием наноразмерных частиц, таких как оксиды, карбиды, нитриды и др. Наночастицы, равномерно распределенные в металлической матрице, позволяют значительно повысить твердость, износостойкость и коррозионную стойкость покрытий [2-3].

Карбонитрид титана (TiCN) представляет собой перспективный упрочняющий материал благодаря высокой твердости, химической и термической стабильности, а также низкой стоимости по сравнению с другими материалами.

Целью настоящей работы является исследование влияния концентрации наночастиц карбонитрида титана в покрытиях, полученных электрохимическим способом, на их морфологию и микротвердость.

В рамках проводимых исследований для получения покрытий использовали стандартный сульфатно-хлоридный электролит никелирования по ГОСТ 9.305-84. В качестве упрочняющей фазы использовали частицы карбонитрида титана по ТУ 48-4205-20-84 со средним размером 0,8 – 2,0 нм. Диапазон концентраций исследуемых частиц в электролите для получения покрытий варьировали от 0,5 до 10 г/л. В целях обеспечения равномерного распределения дисперсных частиц, оценки структуры и функциональных свойств полученных покрытий в сравнении применяли ультразвуковое и механическое перемешивание электролита с использованием сжатого воздуха. Ультразвуковое перемешивание электролита осуществляли с использованием ультразвуковой ванны УЗВ-4/150-ТН-РЭЛТЕК при

рабочей частоте ультразвуковых колебаний 22 кГц и мощности генератора 345 Вт.

Покрyтия наносили на стальные образцы из инструментальной углеродистой стали У12, которые предварительно подвергали механической шлифовке, обезжириванию и активации в растворе серной кислоты. Составы растворов подготовительных операций принимали по ГОСТ 9.305-84. Получение никелевых покрытий осуществляли при плотности тока 1 А/дм<sup>2</sup>, температуре электролита 55°С на толщину 20 мкм.

Морфологию поверхности покрытий и процент включения исследуемых частиц в их структуре определяли методом на сканирующем электронном микроскопе TESCAN VEGA 3SBH с использованием интегрированного программного обеспечения Essence.

Микротвердость покрытий измеряли на микротвердомере ПМТ-3М при нагрузке 20 г·с. Измерения проводили пятикратно на разных участках для каждого образца, и полученные значения усредняли.

На рисунке 1 представлены СЭМ-изображения поверхности образцов, полученных с различной концентрацией частиц в электролите.

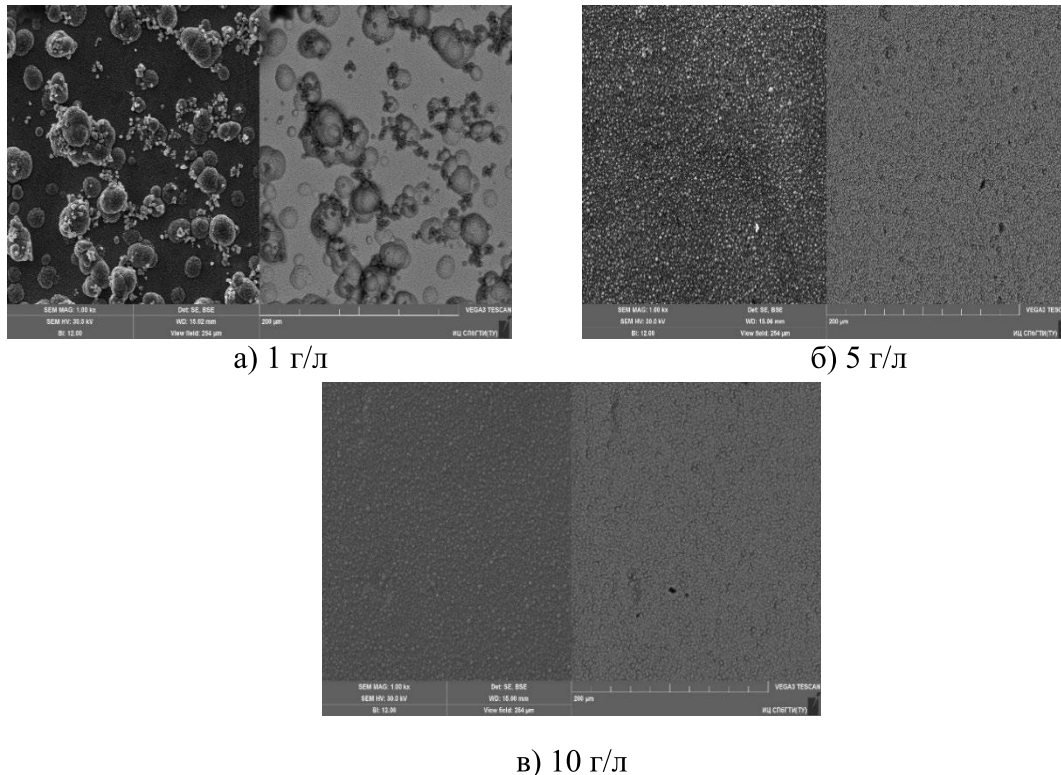


Рис 1. СЭМ-изображения поверхности полученных покрытий при различной концентрации частиц карбонитрида титана в электролите

Результаты СЭМ-анализа показали, что введение наночастиц карбонитрида титана оказывает существенное влияние на морфологию поверхности никелевых покрытий. На рисунке 1 представлены СЭМ-изображения поверхности образцов, полученных с различной концентрацией частиц в электролите.

Анализируя полученные микрофотографии и данные элементного анализа нами сделан вывод об уменьшении процента включения дисперсных частиц в структуру покрытия при увеличении их концентрации в составе электролита. Отмечено, что структура покрытий становится более шероховатой.

Результаты измерения микротвердости образцов полученных покрытий представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты измерения микротвердости

Концентрация частиц в электролите, г/л	Значение микротвердости, кгс/мм <sup>2</sup>
1	267
5	205
10	193

По результатам проведенных исследований отмечено, что микротвердость полученных никелевых КЭП уменьшается с увеличением концентрации частиц карбонитрида титана в электролите. Предположительно, полученные результаты могут быть связаны с конкурирующей адсорбцией при равномерном распределении дисперсных частиц и последующим упрочняющим эффектом послойного наращивания никеля.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Целуйкин, В.Н. Композиционные электрохимические покрытия: получение, структура, свойства / В.Н. Целуйкин // Физикохимия поверхностей и защита материалов. – 2009. – Т.45, №3. – С. 287–301.
2. Кузнецова, В.А. Тенденции развития в области эрозионных покрытий / В.А. Кузнецова, Г.Г. Шаповалов // Труды ВИАМ. – 2018. – №11(71). – С. 74–85.
3. Галевский, Г.В. Электроосаждение, структура и свойства композиционного покрытия «Никель-карбид титана» / Г.В. Галевский, В.В. Руднева, А.К. Гарбузова // Глобальная энергия. – 2015. – №1(214). – С. 154–164.