

уменьшился на 9,9 нм, данная величина выражает приблизительную толщину хеморезистивной пленки.

Отклики на чувствительность пленки к газу NO<sub>2</sub> получали путем нагрева подложки нагревателем до температуры кремниевой подложки до 300<sup>0</sup>С. Электрическое сопротивление образца измерялось через внешние контакты.

Тестирование газового сенсора проводилось с использованием тестовой структуры и путем получения откликов на NO<sub>2</sub> поверхности с наноструктурированным оксидом олова в порах АОА.

Выявлено, что сопротивление образца восстанавливается через 350 с после подачи NO<sub>2</sub> на поверхность хеморезистивного слоя.

Таким образом, в ходе экспериментов определены оптимальные условия, сочетающие стабильность и достаточно высокую чувствительность полученных сенсоров. Структурированные газочувствительные пленки из поликристаллического SnO<sub>2</sub>, сформированные электрохимическим окислением ионов Sn<sup>2+</sup> показали приемлемые отклики на NO<sub>2</sub> с максимальной чувствительностью при температуре 300<sup>0</sup>С.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Основы золь-гель технологии нанокompозитов / Максимов А.И. [и др.] // Издат. «Элмор», Санкт-Петербург, 2007. – 254 с.
2. Tungsten trioxide sensing layers on highly ordered nanoporous alumina template/ V. Khatko [et al] // Sensor & Actuators; B. Chemical, 2006, Vol.118, P.255-262.

УДК 661

А. В. Романовская, студ. ;  
В. В. Жилинский, доц., канд. хим. наук;  
В. В. Чаевский, доц., канд. физ.-мат. наук  
(БГТУ, г. Минск)

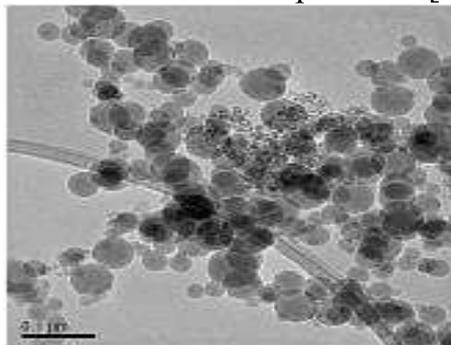
#### **РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ МЕДИ**

В настоящее время одним из наиболее интенсивно развивающихся направлений в области модификации поверхности конструкционных материалов является нанесение на различные основы композиционных электролитических покрытий (КЭП), показывающих высокие физико-механические и электрохимические свойства [1]. Композиционные покрытия представляют собой металлическую матрицу, в

данном случае, из меди, содержащую дисперсную фазу, в частности, твердые и сверхтвердые частицы. Такие покрытия, как правило, обладают повышенными физико-механическими характеристиками и износостойкостью.

Использование ультрадисперсных алмазов (УДА) в качестве композиционного материала в электрохимических и химических металл-алмазных покрытиях приводит к повышению их износостойкости, существенной адгезии, резкому снижению коэффициента трения [1].

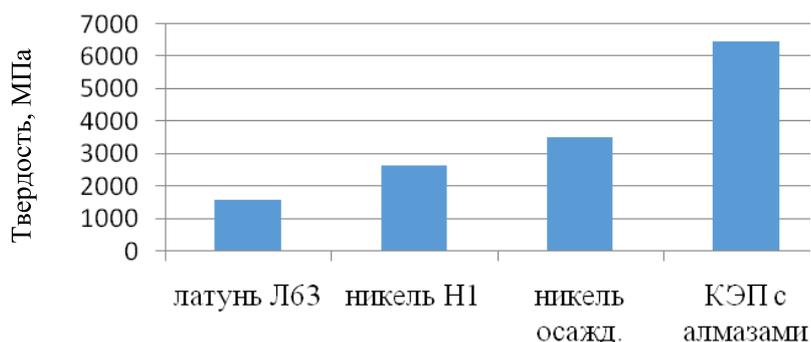
Метод электрохимического осаждения технически проще в производственной реализации, не требует сложного оборудования, не снижает прочности алмазного зерна из-за нагрева, имеется возможность покрывать изделия любой формы, есть возможность получить высокую концентрацию алмазного зерна в рабочем слое инструмента [1]. Используемые УДА представляют собой частицы, близкие по форме к сферическим или овальным (рисунок 1). Такие частицы могут образовывать устойчивые системы в электролитах [1].



**Рисунок 1 – Общий вид частиц наноалмазов**

Во время осаждения взвешенные частицы УДА взаимодействуют с поверхностью растущего покрытия благодаря гидродинамическим, электростатическим и молекулярным силам. Этот процесс приводит к созданию композиционного покрытия. Частицы УДА, в отличие от обычных мелкодисперсных порошков, являются не наполнителями, а специфическими структурообразующими элементами. В связи с тем, что размеры их чрезвычайно малы (от 4 до 6 нм), содержание их в покрытии обычно невелико – от 0,1 до 1,5 %.

УДА сочетают в себе свойства одного из самых твердых веществ в природе (рисунок 2), способных участвовать в химических и электрохимических процессах [2].



**Рисунок 2 – Твердость некоторых материалов, применяемых в гальванотехнике**

Увеличение концентрации УДА до 24-26 г/л в электролите приводит к росту твердости КЭП. Если продолжить повышать их концентрацию, то это приведет к увеличению количества агломератов. Образование агломератов наноалмаза приводит к снижению их подвижности в электролите и уменьшению вероятности закрепления агломерата, обладающего размером большим, чем критический размер агломерата, который при заданной плотности тока может быть закреплен слоем меди в прикатанной области. По этой причине происходит уменьшение твердости КЭП.

Известно [1], что повышение плотности тока до  $2,00 \text{ А/дм}^2$  не оказывает сильного влияния на твердость КЭП.

Установлено, что значительное повышение плотности тока приводит к увеличению твердости КЭП из-за того, что с ростом плотности тока увеличивается критический размер агломерата, который может быть закреплен слоем меди в прикатодной области, но в процессе эксперимента выполнялось ограничение по току осаждения, которое было связано с качеством покрытия – его минимальной дефектностью (дендритообразование).

В ходе эксперимента плотность тока составляла  $1,00 \text{ А/дм}^2$ . При использовании плотностей тока больше  $1,00 \text{ А/дм}^2$  происходит в некоторых случаях образование дендритов и/или увеличение внутренних микронапряжений в структуре покрытия.

В результате эксперимента было получено медное покрытие толщиной 20 мкм из стандартного электролита Уотса. Концентрация УДА в электролите составила 15 г/л. Выход по току меди – 99%. В качестве анодов были использованы медные пластины марки М0. Для обеспечения равномерного распределения дисперсной фазы по объему электролита были необходимы электрические мешалки. Скорость перемешивания определялась опытным путем.

Введение УДА в кислый электролит меднения привело к получению беспористых медных покрытий, в 1,5 раза выросла микротвердость, в 2 раза возросла эластичность покрытия, износ уменьшился в 9-10 раз, во много раз возросла коррозионная стойкость, рассеивающая способность электролита с УДА возросла в 3 раза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Чаевский, В.В. Изучение состава и структуры Ni- и Cr- композиционных электролитических покрытий, содержащих углеродные наноматериалы на стали / Чаевский В.В, Дроздович В.Б. // Труды БГТУ, 2010. – Вып. 18, Сер. 6. Физ.-мат. науки и информатика. – С. 96-98.

2. Долматов В.Ю. Ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза: свойства и применение // Успехи химии, 2001. – Т. 70, № 7. – С. 687-708.

УДК 504.064.47:628.386

К.Ю. Шаметько, студ.; В.И. Чепрасова, асп.;  
О.С. Залыгина, доц., канд. техн. наук  
(БГТУ, г. Минск)

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ**

Пигменты – это высокодисперсные порошкообразные красящие вещества, практически нерастворимые в воде, органических растворителях и других окрашиваемых средах.

По происхождению неорганические пигменты подразделяют на природные и синтетические, по назначению – на декоративные, защитно-декоративные, противокоррозионные и специальные (полиграфические, художественные, светящиеся, бактерицидные, термостойкие и др.).

Природные неорганические пигменты (например, железный сурик, охры, умбра) получают из минералов. Синтетические неорганические пигменты получают из чистых химических веществ, синтезированных искусственным путем. В их производстве используются следующие способы: химическое осаждение из водных растворов и суспензий, прокаливание смесей твердых веществ, реакциями в паровой или газовой фазе с последующей конденсацией продуктов реакций. Для придания необходимых свойств продукты синтеза и природные пигменты подвергают различной обработке: промывке, фильтрации, водному размолу, сушке, измельчению, модифицированию и т.д.