

5,2 мкм для стационарного режима. При нестационарном электролизе съём металла уменьшался в 1,8-1,9 раза во всех исследуемых растворах. Вероятно, в момент паузы при импульсном режиме или при катодном полупериоде реверсного режима происходило перераспределение продуктов анодного растворения из выступов во впадины. В результате этого наиболее выступающие неровности обнажались, а углубления оказывались более надёжно защищенными вязкой пленкой из продуктов растворения образца. Профилометрическими исследованиями установлено, что полировка во всех исследуемых электролитах снижает шероховатость поверхности образцов в среднем на 2 класса. Например, при использовании электролита с моноэтаноламином происходит снижение Ra с 0,886 до 0,213 мкм. Установлено, что применение нестационарных режимов электролиза позволяет получать более сглаженный рельеф.

Определено, что при полировании в стационарном режиме во всех электролитах блеск поверхности получается приблизительно одинаковым и достигает 19,5% по отношению к серебряному зеркалу. Наиболее блестящая поверхность формируется при полировании в электролите с триэтаноламином в импульсном режиме с длительностью импульса 1 с (25,7%).

При исследовании ресурса работы электролита было установлено, что после наработки меди в электролите с добавкой моноэтаноламина до 25 г/л происходит осаждение порошкообразной меди на катоде и содержание ионов меди в электролите остается постоянным. При этом качество полирования не изменяется.

Таким образом, комплексными электрохимическими исследованиями установлено, что наиболее оптимальным по экономическим и качественным характеристикам полируемой поверхности является процесс полирования в нестационарном режиме в электролите с добавкой моноэтаноламина.

В.В. Яскельчик, И.М. Жарский, А.А. Черник  
Белорусский государственный технологический университет

## **ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПОЛЯ НА СЕДИМЕНТАЦИОННУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ НАНОАЛМАЗНЫХ ЧАСТИЦ**

В настоящее время получили развитие исследования композиционных электрохимических материалов с использованием ультрадисперсных алмазов (УДА) и алмазной шихты (АШ)

детонационного синтеза, позволяющие улучшить покрытия и придать им специфические свойства (антифрикционные, прочностные, антикоррозионные). Поэтому важно иметь представление о седиментационной стабильности данных суспензий и дисперсности их наночастиц в исследуемых системах, а также о возможности варьирования концентрацией и размерами частиц дисперсной фазы.

Диспергирование суспензий наноалмазов можно проводить перемешивание электролита, введение в раствор ПАВ, активация электролита-суспензии с ПАВ в дезинтеграторе, обработка электролита-суспензии ультразвуком, использование модифицированных частиц дисперсной фазы, циклическое изменение скорости перемешивания электролита.

Ультрадисперсные частицы детонационного синтеза имеют особенное строение по сравнению с множеством других наночастиц, так как УДА и АШ имеют твердое алмазное ядро, периферическую оболочку и функциональные группы на их поверхности. В связи с этим большинство ПАВ приводят к обратному эффекту агрегатирования и нарушению седиментационной устойчивости суспензии.

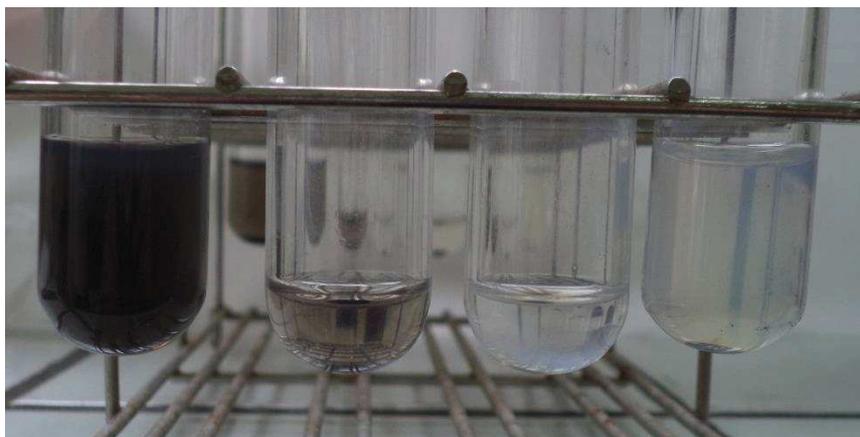
Перемешивание способствует временному эффекту диспергирования УДА и АШ. В процессе перемешивания частицы взвешиваются и удаляются на некоторое расстояние друг от друга, но после выключения перемешивания начинаются агрегационные процессы, которые нелинейно ускоряются при повышении концентрации дисперсных частиц в растворе.

Наложение ультразвукового (УЗ) поля вызывает квантанционные явления, вследствие чего возникают мощные ударные колебания, которые могут увеличить дисперсность частиц в большой степени, чем другие методы. Однако использование ультразвука для диспергирования ультрадисперсных алмазов и алмазной шихты детонационного синтеза имеет множество аспектов. Так в работе применялись ультразвуковые ванны с частотами 22, 37 и 44 кГц. Время обработки варьировалось от 5 до 35 мин с шагом 5 минут. Оценку седиментационной устойчивости проводили при помощи стеклянного цилиндра с миллиметровой шкалой. Устанавливалось расстояние прохождения седиментационных границ в зависимость от времени.

Было установлено, что частота ультразвукового поля не оказывает значительного влияния на седиментационные и агрегативные процессы. Важнейшим параметром являлось продолжительность обработки при постоянной мощности ванн.

Высокий показатель седиментационной устойчивости достигнут при времени ультразвуковой обработки до 15 минут. Спустя 20 минут воздействия поля не наблюдалось ухудшение седиментационной устойчивости или же незначительное изменение в сторону снижения агрегативной устойчивости. 25 минут и более постепенно снижали агрегативную стабильность суспензий. Продолжительность обработки более 30 минут значительно ускоряло агрегацию, при этом получались хлопьевидные образования из ультрадисперсных частиц. Было также установлено, что эффект ультразвуковой обработки не устранялся длительный период, а время каждого последующего УЗ воздействия суммируется с предыдущим. Это значит, что агрегативная и седиментационная устойчивости характеризовались вышеприведенными параметрами в независимости от периодичности и время между ультразвуковыми воздействиями, а учитывалась только суммарная продолжительность обработки.

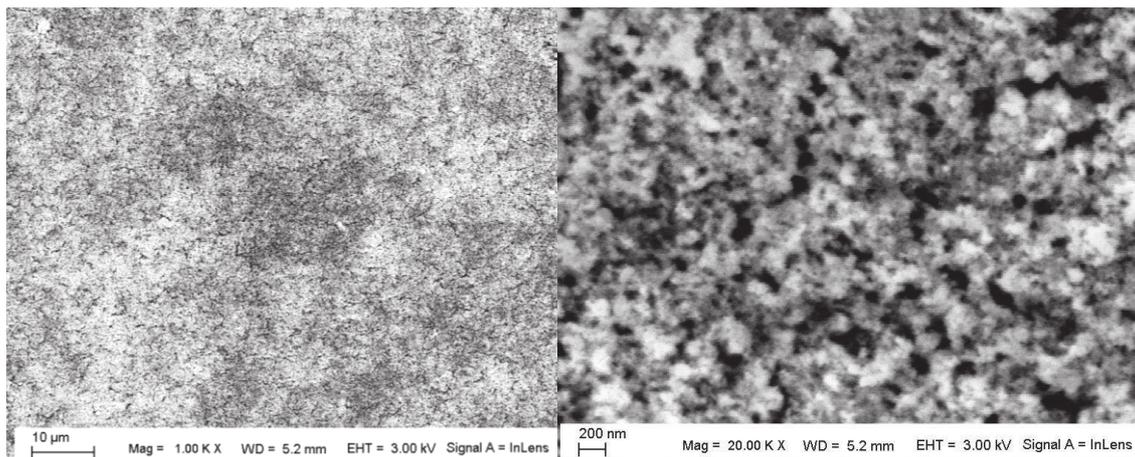
Превосходную стабильность суспензий удалось получить, при ультразвуковой обработке в течение 15 минут с последующей фильтрацией крупных частиц УДА и АШ (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Седиментационно и агрегативно устойчивые суспензии**

Полученные суспензии способны сохранять седиментационную и агрегативную устойчивость более 20 суток, однако они имеют низкую концентрацию.

Микроснимки осажденных частиц из суспензий с высокой стабильностью были получены на растровом электронном микроскопе (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Микроснимки осажденных частиц**

Из микрофотографий рисунка 2 следует, что размеры частиц агрегатов находятся в диапазоне от 50 до 200 нм. А размеры выделяемых индивидуальных частиц составляют около 20 нм.

Проведены также эксперименты по возможности удержания во взвешенном состоянии УДА и АШ с более высокими концентрациями суспензий. Исследования проводились гравиметрическим методом при оседании частиц на чашечку диаметром 4 см. Ультразвуковое поле способствовало сохранению взвеси УДА при концентрации не больше 0,2 г/л. Продолжительность наложения УЗ поля оказывало влияние на время агрегативной устойчивости частиц УДА в растворе. Частицы АШ подвержена седиментации в УЗ поле.

Таким образом, оптимальное время воздействия ультразвукового поля на суспензии УДА и АШ в независимости от его частоты составляло 15 минут. При получении композиционных электрохимических покрытий невозможно использовать ультразвук в качестве поддержания частиц во взвешенном состоянии, т.к. спустя 30 минут воздействия суспензия будет агрегировать и подвергаться седиментации.

УДК 666.291

С.Л. Радченко, доц., канд. техн. наук, И.И. Курило, доц.,  
канд. хим. наук, Ю.С. Радченко, доц., канд. техн. наук  
БГТУ, Минск

## **КЕРАМИЧЕСКИЕ ПИГМЕНТЫ НА ОСНОВЕ ВАНАДИЙСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ**

Керамические пигменты представляют собой окрашенные оксиды металлов и их сочетаний, алюминатов и силикатов типа