

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ МЕТОДОМ КОНДЕНСАЦИИ ИЗ ПЛАЗМЫ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО РАЗРЯДА В ВОДЕ, НА КРОЮЩУЮ И РАССЕИВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ЭЛЕКТРОЛИТА ХРОМИРОВАНИЯ

С. Д. Лещик, П. И. Шупан, М. С. Лещик

Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», г. Гродно, Республика Беларусь

Введение

Для повышения износостойкости деталей машин на их поверхности наносят функциональные покрытия. Хорошо зарекомендовали себя гальванические покрытия на основе хрома, которые обладают высокой износостойкостью и широко применяются в машиностроении. Номенклатура деталей, на которые можно наносить износостойкий хром, зачастую ограничивается из-за того, что на поверхностях сложного профиля покрытие осаждается неравномерно, а, например, в углублениях – не осаждается вовсе. Одним из способов совершенствования технологии хромирования, направленным на устранение или минимизацию указанных недостатков, является модификация электролитов хромирования. В качестве модификаторов можно применять высокодисперсные частицы. Это позволяет улучшить эксплуатационные характеристики электролитов и осаждаемых покрытий [1-4]. Одной из важнейших характеристик электролитов является кроющая способность – свойство электролита формировать покрытие в углублениях. На практике это означает наличие функционального покрытия на всех участках изделия и, как следствие, обеспечение заданной продолжительности его службы.

Целью настоящей работы явилось изучение влияния наночастиц, синтезированных методом конденсации из плазмы электровзрывного разряда в воде, на кроющую и рассеивающую способность электролита хромирования.

Материалы, методика и техника экспериментальных исследований. Получение наночастиц и наносuspензий на основе технологии конденсации из плазмы электроимпульсного разряда в жидкости, реализующей принцип разрушения электропроводящего образца одиночным электроразрядным взрывом, проводили на установке, описанной в [5]. В качестве материала образца использовали графит с примесью алюмосиликатов. Образец, представляющий собой стержень диаметром 0,7 мм и длиной 60 мм, закрепляется между электродами и погружается в разрядную камеру, емкость которой заполнена дистиллированной водой. В проведенных экспериментах использовали следующие выходные параметры синтеза: напряжение на емкостном накопителе – 8 кВ, энергия, запасенная в емкостном накопителе – не менее 600 Дж, длительность разрядного импульса – 20 мкс.

Морфологию и размеры частиц исследовали методом атомно-силовой микроскопии.

Для определения влияния наночастиц на процесс электролиза, в частности, на кроющую способность электролита, применяли процесс хромирования. Для

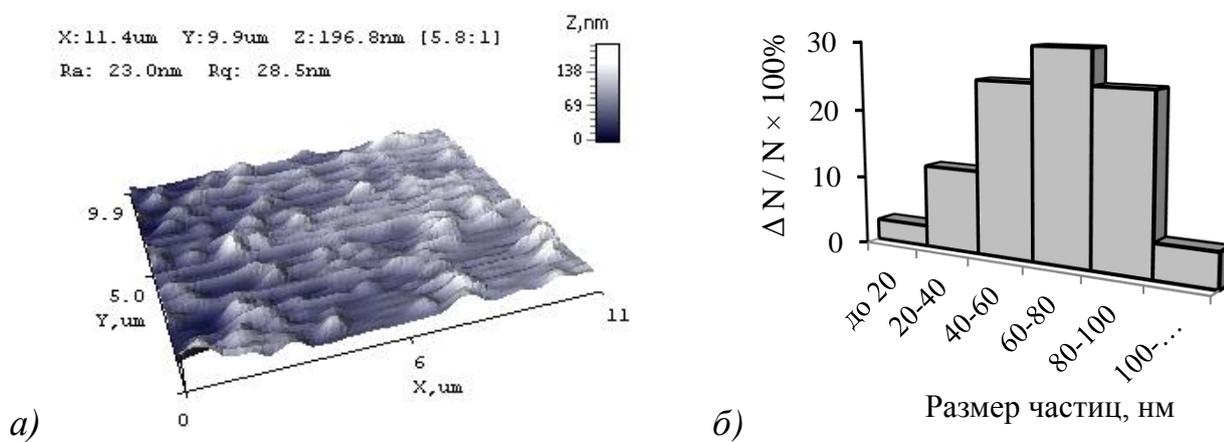
приготовления наноэлектролита использовали воду, в которой проводили электроразрядное разрушение графитового образца, и содержащую, таким образом, наноразмерные и субмикронные частицы. Использовали рецептуру стандартного сульфатного электролита хромирования на основе шестивалентных соединений хрома следующего состава: ангидрид хромовый – 230 г/дм^3 – 270 г/дм^3 , кислота серная – $2,3 \text{ г/дм}^3$ – $2,7 \text{ г/дм}^3$.

Кроющую и рассеивающую способность электролита определяли с помощью стандартной электрохимической угловой ячейки емкостью $0,267 \text{ дм}^3$ (объем используемого электролита составлял $0,25 \text{ дм}^3$) и углом катода по отношению к аноду 51° , называемой ячейкой Хуллы.

Критерием оценки кроющей способности электролита являлась длина участка катодной пластины, покрытая металлом. Осаждение хромового покрытия вели на полированную стальную пластину ($100 \times 50 \text{ мм}$) при силе тока 5 А , температуре 50°С в течение не менее 5 мин .

О рассеивающей способности электролита судили по относительному приросту электроосаждаемого металла на ближнем и дальнем, относительно анода, участках разрезной катодной пластины.

Результаты и их обсуждение. На рисунке 1 представлены данные, полученные методом атомно-силовой микроскопии: изображение синтезированных частиц (рисунок 1а) и гистограмма их размерного распределения (рисунок 1б). Установлено, что большая часть частиц имеет размер порядка десятков нанометров.



ΔN – число частиц, попавших в заданный диапазон размеров;
 N – суммарное число частиц всех размеров

Рисунок 1 – Изображение (а) и размерное распределение частиц (б)

На рисунке 2 приведены результаты исследований влияния наночастиц на кроющую способность электролита хромирования. В экспериментах оценивали длину хромированного участка катодной пластины после металлизации в ячейке Хуллы: чем больше длина покрытого хромом участка, тем лучше кроющая способность электролита.

В результате экспериментальных исследований установлена зависимость кроющей способности электролита хромирования от концентрации наночастиц в его составе. Выявлено, что кроющая способность электролита хромирования

при увеличении концентрации частиц улучшается и достигает максимума при 5 г/дм³. При этом, как видно из рисунка 2, максимум на кривой достаточно пологий. Кроющая способность с ростом концентрации частиц до 1 г/дм³ возрастает, в диапазоне от 1 г/дм³ до 10 г/дм³ изменяется незначительно, а затем ухудшается.

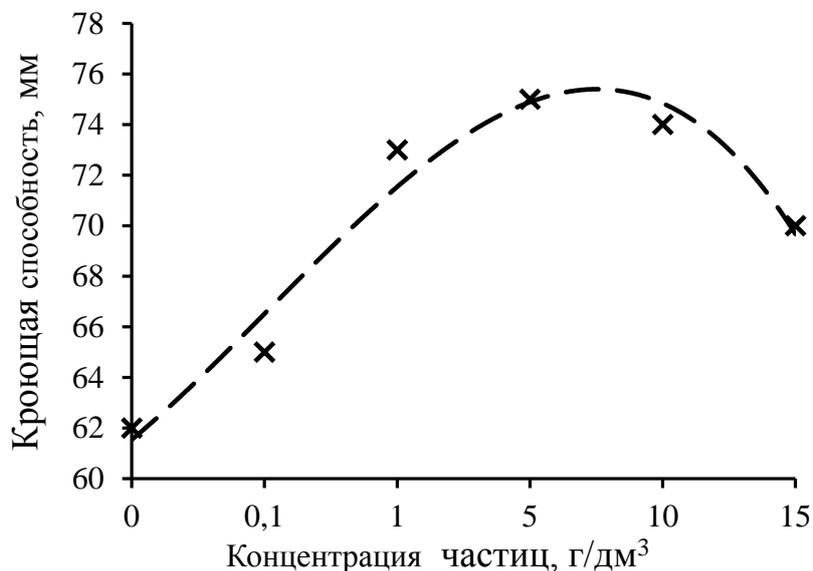


Рисунок 2 – Зависимость кроющей способности электролита хромирования от концентрации наночастиц в его составе

Результаты изучения влияния концентрации наночастиц, полученных на основе технологии конденсации из плазмы электроимпульсного разряда в жидкости, на рассеивающую способность электролита хромирования представлены на рисунке 3.

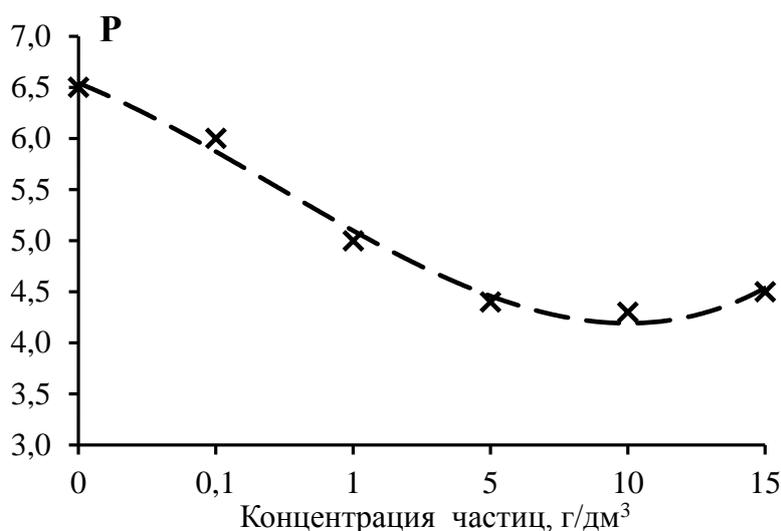


Рисунок 3 – Зависимость рассеивающей способности Р электролита хромирования от концентрации наночастиц в его составе

Установлено, что рассеивающая способность электролита хромирования улучшается при введении в его состав высокодисперсных частиц, синтезированных электровзрывным диспергированием углеродного материала в воде. Оценочным критерием влияния наномодификаторов на рассеивающую способность электролита служит изменение параметра R , представляющего собой отношение массы покрытия на ближнем участке разрезного катода к массе покрытия на дальнем участке (относительно анода). Изменение отношения R в меньшую сторону свидетельствует о повышении рассеивающей способности электролита. Выявлено, что величина R при концентрации частиц от 5 г/дм^3 до 10 г/дм^3 лежит в области минимальных значений. Увеличение концентрации частиц до 15 г/дм^3 сопровождается незначительным ростом параметра R .

Заключение. Приведенные результаты исследований иллюстрируют эффективность применения наномодификаторов в составе электролита хромирования для улучшения его кроющей и рассеивающей способности. Показано, что кроющая и рассеивающая способность электролита хромирования зависит от концентрации частиц в его составе.

Работа выполнена в рамках задания 2.04.3 Государственной программы научных исследований «Материаловедение, новые материалы и технологии» Республики Беларусь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лубнин, Е. Н. Электроосаждение хрома из сульфатно-оксалатных растворов, содержащих наночастицы оксида алюминия и карбида кремния / Е. Н. Лубнин, Н. А. Поляков, Ю. М. Полукаров // Защита металлов. – 2007. – Т. 43, № 2. – С. 199–206.
2. Литовка, Ю. В. Наномодифицированные хромовые гальванические покрытия. / Ю. В. Литовка [и др.] // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2011. – № 19 (4). – С. 29–33.
3. Лещик, С. Д. Кинетика кристаллизации композиционного покрытия для режущего и бурильного инструмента на основе электролитического хрома и ультрадисперсных наполнителей / С. Д. Лещик // Горная механика. – 2006. – № 3, – С. 16–20.
4. Лещик, С. Д. Электроосаждение хрома из наноэлектролитов, полученных с использованием технологий лазерной абляции твердофазных материалов в водной среде / С. Д. Лещик, П. И. Шупан, А. Г. Лежава // Весн. ГрДУ імя Я. Купалы. Сер. 6, Тэхніка. – 2015. – № 1 (198). – С. 13–19.
5. Лещик, С. Д. Процессы и установки для получения наночастиц методами, использующими плазменное состояние вещества. Электроимпульсное разрушение материалов / С. Д. Лещик, В. В. Тарковский, К. Ф. Зноско // Актуальные проблемы науки и техники: материалы I Международной научно-технической конференции, Сарапул, 20–22 мая 2021 г.: СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова». – Ижевск : Изд-во УИР ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2021. – С. 37–41.