

Литература

1. Сомов, П. В. Киральные метаматериалы на основе волнистых поверхностей [Электронный ресурс]: X Респ. науч. конф. студентов, магистрантов, аспирантов (Гомель, 22 апреля 2021 года) : сборник материалов : в 2 ч. Ч. 1. / М-во образования Республики Беларусь, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины ; редкол. : Д. Л. Коваленко (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2021. – С. 194 – 196.

2. Семченко, И. В. Оптимальная форма спирали: равенство диэлектрической, магнитной и киральной восприимчивостей / И. В. Семченко, С. А. Хахомов, А. Л. Самофалов. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2009. – 36 с.

3. Large-Area 3D-Printed Chiral Metasurface Composed of Metal Helices [Electronic resource] / S. V. Golod, V. A. Seyfi, A. F. Buldygin, A. E. Gayduk, V. Ya. Prinz // Wiley Online Library, 2018 – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adom.201800424>. – Date of access: 22.03.2022.

4. Transformation of the polarization of electromagnetic waves by helical radiators [Electronic resource] / I. V. Semchenko, S. A. Khakhomov, A. L. Samofalov // SpringerLink, 2007. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1134/S1064226907080037>. – Date of access: 22.03.2022.

5. Manufacturing chiral electromagnetic metamaterials by directional rolling of strained heterofilms [Electronic resource] / E. V. Naumova, V. Ya. Prinz, S. V. Golod, V. A. Seleznev, R. A. Soots, V. V. Kubarev // ResearchGate, 2009 – URL: <https://www.researchgate.net/publication/230951758>. – Date of access: 22.03.2022.

С. Т. Тарасевич, М. С. Лещик

(ГрГУ имени Я. Купалы, Гродно)

Науч. рук. С. Д. Лещик, канд. техн. наук, доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДА МЕТАЛЛА ПО ТОКУ ИЗ ЭЛЕКТРОЛИТОВ С ДОБАВКОЙ НАНОЧАСТИЦ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ПЛАЗМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕЩЕСТВА

Введение. При электроосаждении покрытий на детали машин-важны не только технологические режимы процесса, но и характеристики самих электролитов. Например, для электролитов хромирова-

ния такой параметр как выход металла по току далек от 100%, что делает процесс хромирования весьма энергозатратным. Поэтому, любые способы для повышения эффективности наращивания металла на катоде, например, за счет введения ультрадисперсных частиц в состав электролита, весьма актуальны. В работах [1, 2] показано, что нано- и микрочастицы могут выступать в роли затравочных центров, что в свою очередь должно способствовать увеличению выхода металла по току.

В качестве другого примера можно рассмотреть цинкование. Здесь повышение эффективности электроосаждения можно рассматривать как способ снижения степени наводораживания изделия и, соответственно, снижения избыточной хрупкости.

Целью работы: изучение характеристик (выход металла по току) электролитов в зависимости от содержания в них наночастиц.

Методика экспериментальных исследований.

Экспериментальные исследования проводили для электролитов, применяемых при износостойком хромировании и защитно-декоративном цинковании. За основу были взяты следующие составы. Электролит хромирования: ангидрид хромовый – 250 г/л, кислота серная 2,5 г/л, остальное – вода, т.е. наиболее широко применяемый стандартный состав. Электролита цинкования: цинк хлористый – 80 г/л, аммоний хлористый – 200 г/л, борная кислота – 20 г/л, добавка ЦКН-3 – 30 г/л, дистиллированная вода.

Выход металла по току рассчитывали по методике, изложенной в [3]. Для этого определяли массу покрытия путем взвешивания образцов до и после металлизации.

Контрольные образцы были получены осаждением из электролитов, указанных выше составов. Модифицированные образцы получали из электролитов, в которые были приготовлены на основе воды, в которой производили электроимпульсное разрушение алюминиевого образца. Использовали установку, описанную в [4]. В ней реализован принцип электроразрядного взрыва для синтеза ультрадисперсных частиц.

Результаты и их обсуждение. Перед использованием частиц, синтезированных при электроразрядном разрушении алюминия (по технологии, реализующей одноимпульсный электроразрядный взрыв), в составе гальванических электролитов, была произведена оценка их размеров. Методом атомно-силовой микроскопии установлено, что более 75% синтезированных частиц имеют размер до 100 нм.

Результаты экспериментальных исследований по определению выхода металла по току при хромировании и цинковании из электролитов, содержащих продукты электроразрядного разрушения алюминия приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Значения величины выхода хрома по току от состава электролита и технологических режимов металлизации

Плотность тока / температура	Выход хрома по току (%) при концентрации частиц в электролите (г/ л)					
	0,0	0,1	1,0	5,0	10,0	15,0
40 А/дм ² / 45 °С	18,1	18,1	18,0	18,2	18,2	18,1
40 А/дм ² / 55 °С	16,8	16,8	16,8	16,9	16,9	16,9
50 А/дм ² / 45 °С	18,8	18,8	18,9	18,8	18,8	18,9
50 А/дм ² / 55 °С	17,4	17,4	17,3	17,4	17,5	17,5

Таблица 2 – Значения величины выхода цинка по току от концентрации частиц в электролите

Плотность тока / температура	Выход цинка по току (%) при концентрации частиц в электролите (г/ л)					
	0,0	0,1	1,0	5,0	10,0	15,0
2 А/дм ² / 20 °С	90,5	91,5	90,5	90,6	91,7	90,6

Как можно видеть из приведенных данных, на выход хрома по току, независимо от концентрации продуктов электроразрядного разрушения алюминия в электролите, наибольшее влияние оказывает изменение катодной плотности тока и температуры. Добавка ультрадисперсных частиц в количестве до 15 г/л влияния на выход металла по току при хромировании практически не оказывает.

Установлено, что добавление в электролит цинкования продуктов электроразрядного разрушения алюминия в концентрации не превышающей 15 г/л оказывает незначительное влияние на выход цинка по току в сторону его увеличения. Наибольшее влияние зафиксировано при концентрации добавки 10 г/л. Однако, даже максимальное увеличение выхода цинка по току не выходит за пределы доверительного интервала измерений.

Полученные результаты позволяют утверждать, что применение наноразмерных частиц, синтезированных при электроразрядном разрушении алюминия не потребуют корректировки технологических режимов таких процессов как хромирование и цинкование. Используемые нами частицы могут представлять интерес как модификаторы самих покрытий. Это обусловлено тем, что различные ультрадисперсные добавки к электролитам в целом зарекомендовали себя с положительной стороны в плане формирования композиционных покрытий с

улучшенными эксплуатационными характеристиками [1, 2]. Влияние же частиц, синтезированных при электроразрядном разрушении алюминия, на характеристики покрытий требует дальнейшего изучения.

Заключение. Установлено, что электролиты хромирования и цинкования, приготовленные с добавлением водных наносuspензий, полученных при электроразрядном разрушении алюминия не отличаются по выходу металла по току от стандартных.

Литература

1. Сайфуллин, Р. С. Композиционные покрытия и материалы / Р. С. Сайфуллин – М. : «Химия», 1977. – 272 с.

2. Лещик, С. Д. Электроосаждение хрома из нанозлектролитов, 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.

3. Лобанов, С. А. Практические советы гальванику / С. А. Лобанов // – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ие. 1983. – 248 с.

4. Лещик, С. Д. Процессы и установки для получения наночастиц методами, использующими плазменное состояние вещества. Электроимпульсное разрушение материалов / С. Д. Лещик [и др.] // 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.

С. Т. Тарасевич, М. С. Лещик, А. С. Гончаров
(ГрГУ имени Я. Купалы, Гродно)

Науч. рук. С. Д. Лещик, канд. техн. наук, доцент

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РАЗМЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДУКТОВ ИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ МОЛИБДЕНА В ЭТАНОЛЕ

Введение. Приготовление наносuspензий из сухих нанопорошков из-за их слеживания зачастую характеризуется наличием в жидкости