

Рисунок 3 – График поляризационного сопротивления

Скорость коррозии образца, полученного при 4-х часах обработки, составляет  $2,1 \cdot 10^{-3}$  мм/год при поляризационном сопротивлении 33,4 кОм. Скорость коррозии образца, полученного при 5-х часах обработки, составляет  $1,15 \cdot 10^{-3}$  мм/год при поляризационном сопротивлении 42,8 кОм.

Анализ полученных данных показывает, положительного влияния Zn-Al LDH на коррозионную стойкость алюминиевых сплавов, при гидротермическом синтезе на протяжении не менее 3-х часов. С  $2,4 \cdot 10^{-3}$  мм/год до  $1,15 \cdot 10^{-3}$  мм/год для необработанного сплава в 3,5% растворе хлорида натрия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. A.A. Sertsova, E.N. Subcheva, E.V. Yurtov, Synthesis and study of structure formation of layered double hydroxides based on Mg, Zn, Cu, and Al, Russ. J. Inorg. Chem. 60 (2015) 23–32.
2. K. Abderrazek, N.F. Srasra, E. Srasra, Synthesis and characterization of [Zn-Al] layered double hydroxides: effect of the operating parameters, J. Chin. Chem. Soc. 64 (2017) 346–353.

Делаков М.Н., Макарова И.В., Касач А.А., Черник А.А.  
(Белорусский государственный технологический университет, г. Минск)

### СОНОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ NI-УДА

В настоящее время в промышленности широко применяются композиционные никель-алмазные покрытия. Наиболее качественные никель-алмазные покрытия получают электрохимическим способом.

Во время осаждения взвешенные частицы УДА взаимодействуют с поверхностью растущего покрытия благодаря гидродинамическим, электростатическим и молекулярным силам. Частицы УДА, в отличие от обычных мелкодисперсных порошков, являются не наполнителями, а скорее специфическими структурообразующими элементами.

Целью данной работы является изучение влияния параметров ультразвукового воздействия, а также величины токовой нагрузки на микроструктуру и микротвердость никель-алмазных покрытий полученных из низкотемпературного тартратно-хлоридного электролита.

Электрохимическое осаждение покрытий Ni-УДА проводили из электролита никелирования следующего состава, г/дм<sup>3</sup>: NiSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O – 0.8; NiCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O – 0.2; KNaC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>·4H<sub>2</sub>O – 0.1; УДА – 4. В качестве инертной фазы использовали ультрадисперсные алмазы марки ВК

Электролиз проводили при частоте УЗ 26 кГц и выходной мощности 20–80 Вт/дм<sup>3</sup>. Расстояние между пьезоэлектрическим излучателем и катодом составляло 30 мм. Постоянную температуру электролита поддерживали при помощи термостата ВТЗ–1.

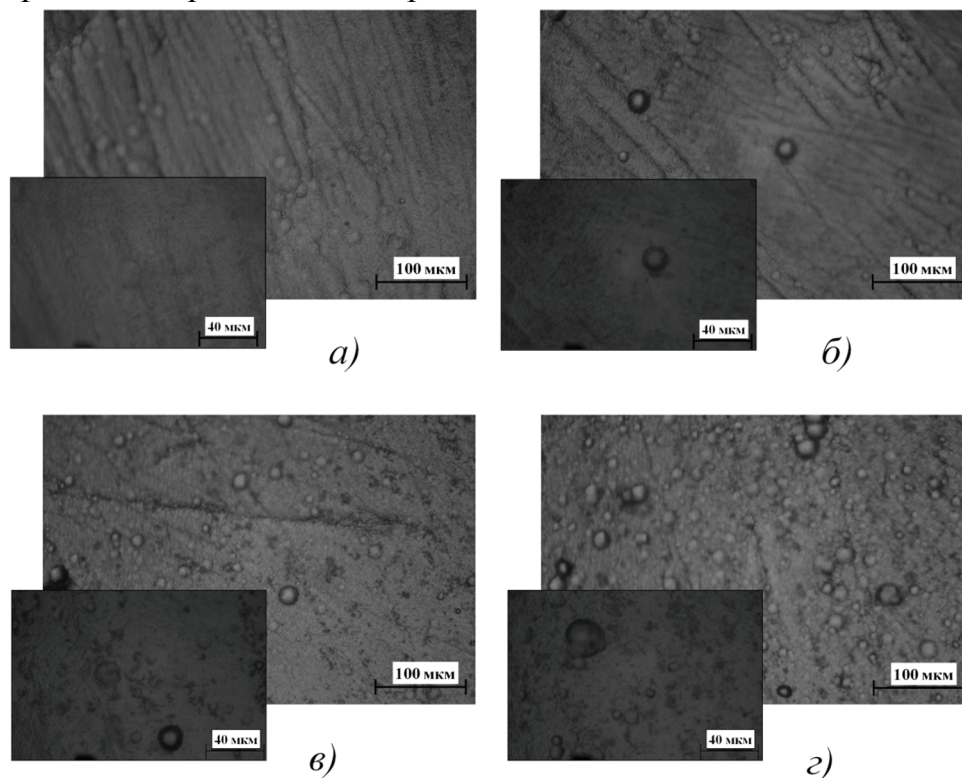
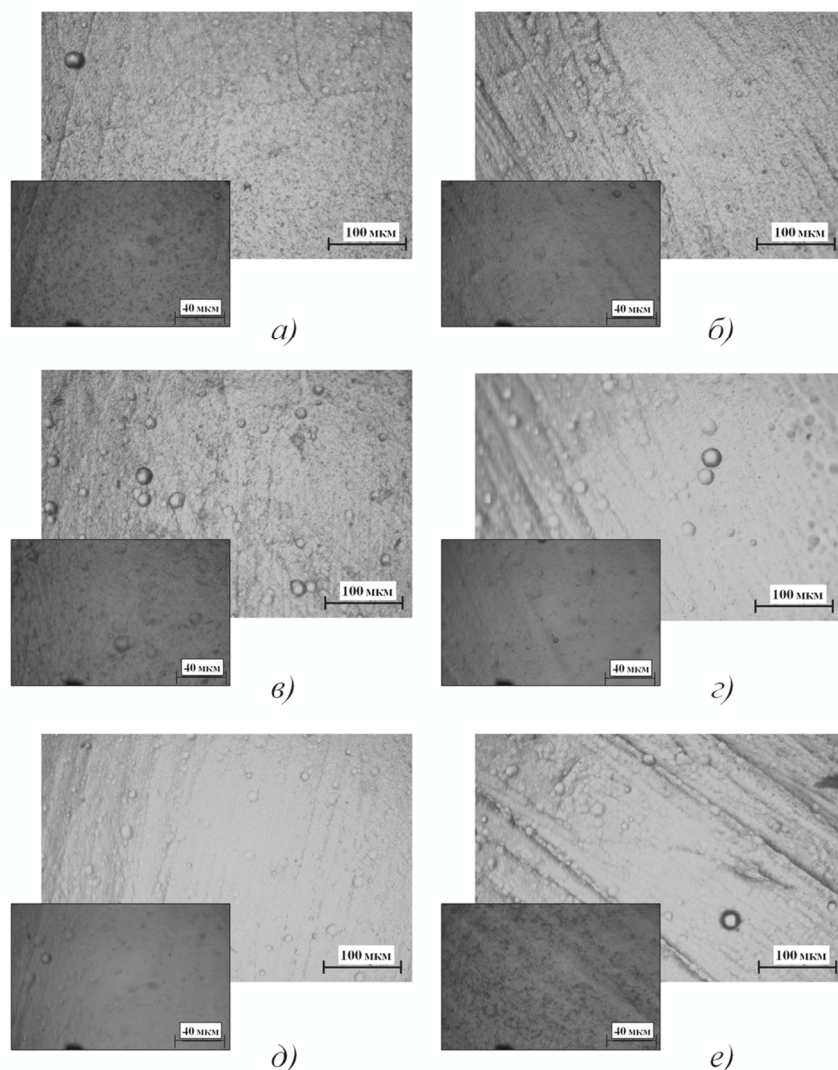


Рисунок 1 – Микрофотографии Ni (а, б) и Ni–УДА (в, з) покрытий полученных при катодных плотностях тока 2(а, в) и 3 (б, з) А/дм<sup>2</sup>

На рисунке 1 представлены микрофотографии Ni ( рисунок 1 а, б), а также Ni–УДА покрытий полученных при токовых нагрузках 2 и

3 А/дм<sup>2</sup>. Из низкотемпературного тартратно-хлоридного электролита никелирования не содержащего УДА при катонных плотностях тока 2–3 А/дм<sup>2</sup> формируются качественные, мелкозернистые покрытия катодным выходом по току 85–90 %. Введение в состав электролита УДА в количестве 4 г/дм<sup>3</sup> способствует формированию более крупнокристаллических покрытий. На поверхности покрытий наблюдаются глобуло-видный рост кристаллитов, размер которых составляет от 10 до 40 мкм.



Мощность УЗ, Вт/дм<sup>3</sup>: а, б – 20; в, г – 40; д, е – 60.

Рисунок 2 – Микрофотографии никель-алмазных покрытий полученных соноэлектрохимическим способом при катодных плотностях тока 2 А/дм<sup>2</sup> (а, в, д) и 3 А/дм<sup>2</sup> (б, г, е)

На рисунке 2 представлены микрофотографии поверхности покрытий Ni-УДА полученных соноэлектрохимическим способом при различных значениях мощности и величине токовой нагрузки. Детальный анализ микрофотографий показал, что с использованием ультразвуковой обработки различной мощности изменяется морфология получаемых композиционных покрытий. Так, при мощности УЗ колебаний 20–60 Вт/дм<sup>3</sup> и при катодных плотностях тока 2–3 А/дм<sup>2</sup> наблюдается формирование более мелкозернистых никель-алмазных покрытий, по сравнению с покрытиями полученными без использования УЗ обработки.

Анализ микрофотографий показал, что увеличение мощности УЗ воздействия от 20 до 60 Вт/дм<sup>3</sup> при токовой нагрузке 2–3 А/дм<sup>2</sup> способствует уменьшению размеров и количества кристаллитов сферической формы (рисунок 2 *a–e*), что может быть обусловлено кавитационной очисткой поверхности электрода от крупных агломератов дисперсной фазы.

Микротвердость никелевых покрытий полученных из электролита не содержащего добавок УДА составила 340 НВ. Введение в электролит УДА в количестве 4 г/дм<sup>3</sup> способствует увеличению микротвердости никеля до 380–390 НВ. Увеличение микротвердости покрытий при введении в электролит УДА, по-видимому, объясняется так называемым эффектом дисперсионного упрочнения. Дисперсионное упрочнение обусловлено распределением в металлической матрице частиц УДА, которые препятствуют движению дислокаций в структуре покрытия, что, в свою очередь, приводит к возрастанию микротвердости никеля. На рисунке 3 представлены зависимости микротвердости никель-алмазных покрытий от мощности УЗ воздействия. При увеличении мощности УЗ колебаний от 0 до 60 Вт наблюдается ее резкий рост микротвердости с максимумом при 60 Вт/дм<sup>3</sup>. Дальнейшее снижение микротвердости при более высоких значениях микротвердости, вероятно обусловлено кавитационной очисткой поверхности электрода от дисперсной фазы.

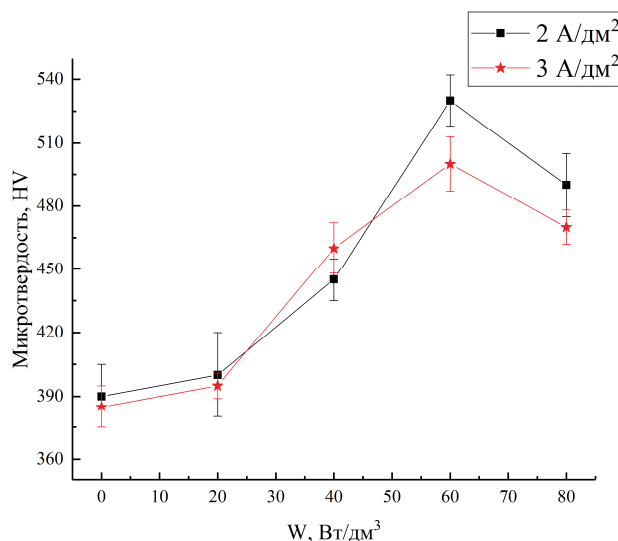


Рисунок 3 – Зависимость микротвердость формируемых никель-алмазных покрытий от мощности УЗ поля

Тот факт, что покрытия Ni-УДА, полученные соноэлектрохимическим способом, обладают более высокими значениями микротвердости по сравнению с покрытиями, полученными в стационарных условиях, вероятно, можно объяснить более равномерным распределением УДА в матрице никеля при наложении УЗ поля.

Таким образом, ультразвуковое воздействие в процессе электролиза способствует формированию более твердых, мелкокристаллических композиционных покрытий Ni-УДА меньшим количеством дефектов по сравнению с образцами, полученными без наложения УЗ.

УДК 685.34.08

А.Н. Радюк, асп., Н.В. Цобанова, маг.  
(УО «ВГТУ», г. Витебск)

## ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВ В МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ НИЗА ОБУВИ

Одной из главных причин, сдерживающих рост производства обуви является отсутствие сырьевой базы, дефицит и высокая стоимость сырья для изготовления деталей низа. В связи с тем, что Республика Беларусь не располагает многими сырьевыми и материальными ресурсами для производства обуви, предприятие вынуждено закупать сырье, материалы и комплектующие в странах ближнего и дальнего зарубежья. Так например, основными производителями полиуретановых