

**М.Д. САХНЕНКО**, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХП»,  
**О.І. ЛЬЇНСЬКИЙ**, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХП»,  
**С.І. ЛЯБУК**, канд. техн. наук, доцент, НТУ «ХП»,  
**О.В. БОГОЯВЛЕНСЬКА**, канд. техн. наук, наук. співроб., НТУ «ХП»,  
**Г.О. ДАНИЛЕНКО**, магістр, НТУ «ХП»

## **ЕЛЕКТРОСИНТЕЗ КОМПОЗИТНОЇ ПЛІВКИ НА ОСНОВІ МІДІ ТА ЇЇ МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ**

Наведено результати дослідження електросинтезу композиційних плівок на основі міді з кислого електроліту з варійованим вмістом дисперсної фази. Для усунення агрегації частинок проводили обробку суспензій з використанням диспергатора. Встановлено, що включення ультрадисперсної фази в мідну матрицю сприяє формуванню плівок, механічні характеристики яких значно перевищують показники мідної фольги, отриманої за аналогічних режимів.

Приведены результаты исследования электросинтеза композиционных пленок на основе меди из кислого электролита с варьированным содержанием дисперсной фазы. Для устранения агрегации частиц проводили обработку суспензий с использованием диспергатора. Определено, что включение ультрадисперсной фазы в медную матрицу способствует формированию пленок, механические характеристики которых значительно превышают показатели для медной фольги, полученной при аналогичных режимах.

The investigations results of composite foiling cooper films with ultrasmall aluminium oxide powder particles various concentration in acid electrolyte were present. The preliminary suspension processing was carry out for amalgamation prevent. The ultrasmall aluminium oxide powder particles including further to films forming with mechanical properties considerable exceed such values for cooper foil exceeded by analogy regime.

Особливий інтерес до композиційних матеріалів і покриттів з'явився в останні десятиліття у зв'язку з ростом вимог до рівня експлуатаційних властивостей матеріалів, що працюють в умовах агресивних середовищ, тертя й зношування. Усе більш активно досліджуються композиційні електрохімічні покриття (КЕП), модифіковані ультрадисперсними частинками, включення яких у металеву матрицю дозволяє отримувати матеріали, що перевершують за функціональними властивостями існуючі аналоги [1].

Електрокінетичні явища широко використовують в техніці й наукових дослідженнях. Одна з найважливіших областей їх застосування – нанесення покриттів на різні поверхні електрофоретичним методом. Отже розробка

ефективних і економічних способів одержання КЕП, вивчення процесів електроосадження, дослідження впливу мікроструктури на властивості плівок є однією з актуальних проблем сучасної електрометалургії водних розчинів і матеріалознавства.

Як об'єкт досліджень обрано композиційні плівки на основі міді. Згідно з літературними даними [2, 3], позитивні результати співосадження міді з дисперсними частками спостерігають в розчинах сульфату міді. Для усунення агрегації проводили подрібнення ультрадисперсної речовини з використанням диспергатора УЗД-22/44 при частоті 22 кГц. Час обробки – 15 хв.

Фольговані плівки отримували електрофоретичним методом з суспензії на основі сульфату міді концентрацією 220 г/л з варійованим вмістом частинок корунду розміром  $\leq 1$  мкм на зразках з промислової полірованої нержавіючої сталі марки Х18Н10Т.

Можливість утворення покриттів заданого складу залежить від багатьох умов, та визначальними є взаємодія між частинками, складовими електроліту, поверхнею зростаючого осаду. Для спрямованого отримання КЕП необхідно враховувати заряди частинок і поверхні катода, їх взаємну адгезію, змочуваність частинок електролітом і можливі хімічні реакції між останніми. Проявлення цих властивостей визначається природою електроліту (іонний склад, рН, наявність поповерхнево-активних речовин та ін.), умовами електролізу (густина струму, градієнт потенціалу, температура, швидкість руху суспензії тощо), а також природою металу і частинок.

У дисперсних системах подвійний електричний шар виникає на поверхні частинок. При накладенні зовнішньої різниці потенціалів на седиментаційно стійку дисперсну систему частинки одержують певний заряд і переміщуються до відповідного електрода. Відомо [2], що в подвійному електричному шарі на поверхні оксидів у контакті з розчинами роль потенціал визначальних залежно від кислотності середовища виконують гідроксид- або гідроксоній-іони. У результаті переважної адсорбції одного із іонів ( $H^+$  або  $OH^-$ ) поверхня оксиду набуває відповідного заряду, причому знак заряду поверхні в тій або іншій області рН визначається кислотно-основними властивостями оксидів. Особливо помітно позначається вплив рН середовища на знак і величину заряду поверхні амфотерних оксидів, зокрема, поверхня оксиду алюмінію в кислому середовищі має позитивний заряд.

Механізм електроосадження металу в присутності другої фази полягає в тому, що при перемішуванні електроліту, а також за рахунок електрофорети-

чних явищ частинки другої фази попадають на катод, налипають на нього або затримуються за рахунок електростатичного тяжіння. Частинки заростають металом, що осаджується, і закріплюються в покритті.

Для порівняння впливу розміру частинок корунду на механічні властивості мідної фольги методом гальванопластики отримані композитні плівки з базового електроліту з концентрацією корунду 50 – 200 г/л. Визначено, що збільшення концентрації дисперсної фази сприяє зростанню товщини фольги та її мікротвердості (рис. 1). Водночас це призводить до збільшення шорхуватості поверхні внаслідок зростання розмірів зерна та частинок (5 – 7 мкм) (рис. 2а). Фольга має дефекти на поверхні, значну поруватість і є нерівномірною за товщиною.

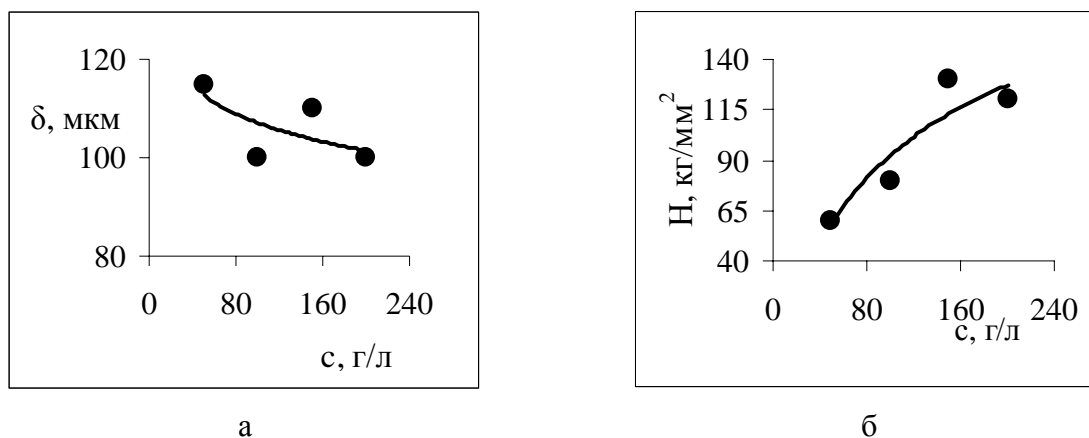


Рис. 1. Залежність товщини (а) та мікротвердості (б) композитних плівок від концентрації дисперсної фази в електроліті



Рис. 2. Поверхня композитних плівок, електросинтезованих з електроліту з концентрацією дисперсної фази 100 г/л без обробки на диспергаторі (а) та після обробки на диспергаторі (б).

Фоторграфії отримано при збільшенні 1200 разів з використанням мікроскопу МИМ 7.

При подрібненні дисперсної фази з використанням диспергатора з суспензії з концентрацією корунду 50 г/л отримано плівки для яких спостері-

гають величини мікротвердості тотожні значенням, отриманим для плівок синтезованим з електроліту з концентрацією оксиду алюмінію 200 г/л без попереднього диспергування (рис. 3б). В той же час товщина таких плівок майже втричі менша (рис. 3а), вони є дрібнозернистими, а розмір частинок складає 1 – 2 мкм (рис. 2а).

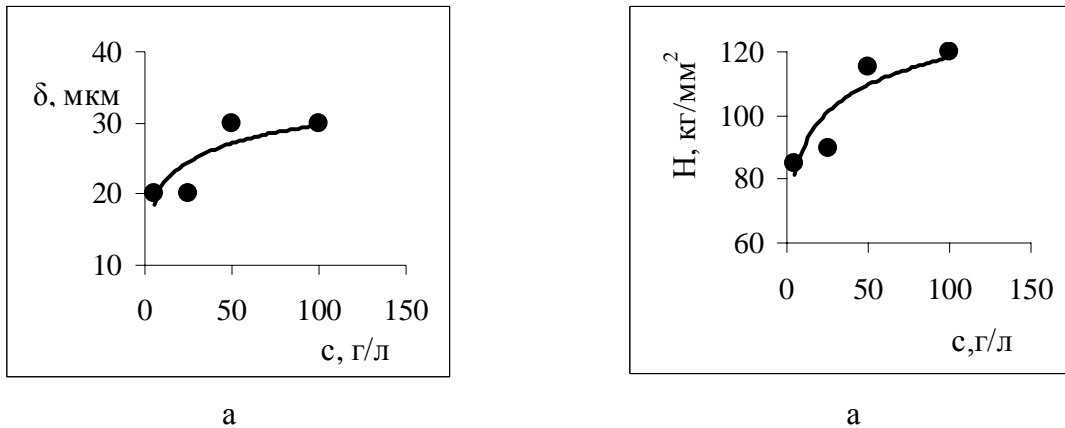


Рис. 3. Залежність товщини (а) та мікротвердості (б) композитних плівок від концентрації дисперсної фази в електроліті після обробки на диспергаторі

В порівнянні з мідною фольгою, синтезовані з суспензій із вмістом дисперсної фази 100 г/л плівки більш ніж в 2 рази перевищують її за показниками мікротвердості. Ще одним результатом включення частинок корунду у мідний осад є зростання межі текучості та відносної глибини релаксації напруг майже втричі в порівнянні з мідною плівкою.

### Висновки.

Отримано композитні плівки на основі міді з рівномірним розподілом твердої фази по товщині. Встановлено, що використання диспергатора сприяє підвищенню значення критеріїв, за якими оцінювали механічні властивості синтезованих плівок: мікротвердість, пластичність, межа текучості, відносна глибина релаксації напруг в порівнянні з плівками електролітичної міді, отриманої за аналогічних режимів.

**Список літератури. 1.** *Rajković V.* Properties of Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> powder and compact composites of various starting particle size obtained by highenergy milling / [V. Rajković, D. Božić, M. Popović, M. Jovanović] // *Metalurgija-Journal of Metallurgy.* – 2009. – Vol. 15(1). – P. 45 – 52. **2.** *Сайфуллин Р.С.* Комбинированные электрохимические покрытия и материалы / Р.С. Сайфуллин. – М.: Химия, 1972. – 167 с. **3.** *Садаков Г.А.* Гальванопластика / Г.А. Садаков. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.

Надійшла до редколегії 10.05.12