

УДК:669.056.91

ТРИБОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНОДОВАНИХ ШАРІВ СФОРМОВАНИХ ЗА ІМПУЛЬСНОГО РЕЖИМУ НАКЛАДЕНОЇ НАПРУГИ

Д.О. Яремчук, аспірант,

Національний лісотехнічний університет України

В.М. Гвоздецький, канд. техн. наук, ст. досл, зав. лаб.

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України

О.Б. Гасій, д.т.н, доц.,

Національний лісотехнічний університет України

С.І. Маркович, канд. техн. наук, доц.

Центральноукраїнський національний технічний університет,

Х.Р. Задорожна, стар. наук. співроб.

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України

Постановка проблеми. Алюмінієві сплави широко застосовуються в автомобільній промисловості завдяки малій питомій вазі та високій корозійній стійкості у нейтральних водних середовищах. Однак їм властива низька абразивна зносостійкість, що звужує їх сферу використання. Для підвищення зносостійкості алюмінієвих сплавів в багатьох випадках застосовують метод анодування [1-3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для покращення твердості й абразивної зносостійкості застосовують методи гальванічного хромування, термічного напилення, плазмово-електролітичного оксидування (ПЕО) [1-3] і твердого анодування (НА) [4]. Використання канцерогенних та екологічно шкідливих електролітів під час впровадження методу хромування робить його екологічно небезпечним [5]. Отримання алюмінієвих сплавів дозволяє зберегти поверхневі шари з високою твердістю (до 2000 HV), низьким коефіцієнтом тертя, високою адгезією до металеві основи та низькою екологічною небезпекою. Метод синтезу НАL досить дешевий і технологічно простий. Тому він широко використовується в промисловості. Однак через суттєві недоліки (низька твердість ≤ 500 HV і зносостійкість) його широке застосування для поверхневого зміцнення різних елементів обмежене [6, 7]. Тверде анодування, реалізоване в режимі імпульсних струмів, має суттєві переваги порівняно з твердим анодуванням за постійного струму. Суть методу імпульсного анодування полягає в періодичній зміні густини струму. Впродовж періоду з низькою густиною струму тепло, що утворюється на поверхні анодованого зразка, ефективно розсіюється, тоді як під час періоду високої густини струму інтенсифікується процес утворення оксиду. Тому підвищення міцності та стійкості до стирання анодованих шарів на алюмінієвих сплавах є актуальною проблемою [8, 9]. Формування анодного шару проводиться у розчинах кислот, а найбільш вживаним електролітом вважається 20% водний розчин сульфатної кислоти (20% H_2SO_4) у імпульсному режимі накладеної на зразок напруги рис.1. В процесі формування анодованого шару сульфатна кислота розчиняє зовнішній шар оксидного покриття, що підвищує його поруватість та зменшує мікротвердість.

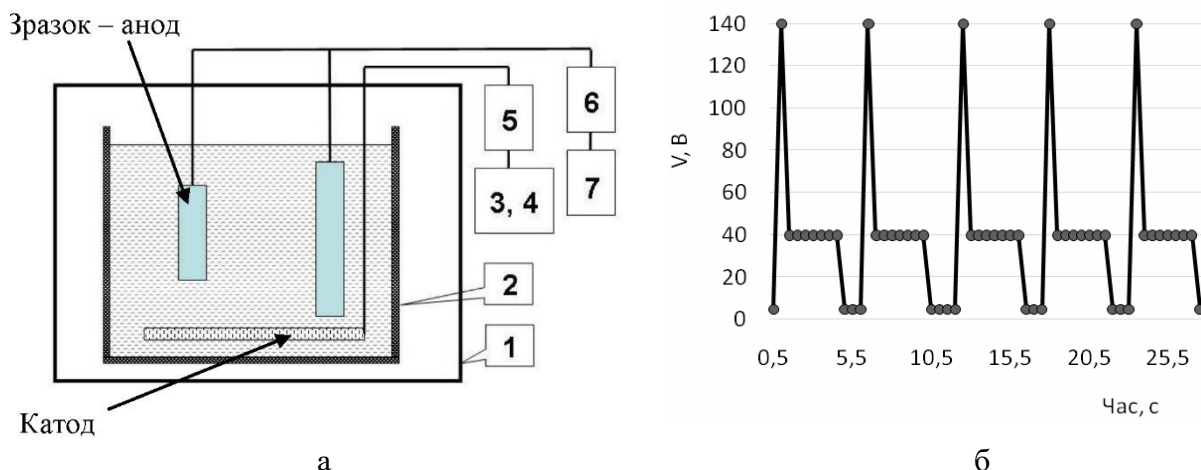


Рисунок 1 - Принципова схема установки для імпульсного твердого анодування – а), режим імпульсного анодування - б)

Постановка завдання. Розробити методику та технологію підвищення трибологічних характеристик деталей із алюмінієвих сплавів для підвищення мікротвердості анодованого шару та зменшення кількості сульфатної кислоти

Виклад основного матеріалу. Для зменшення негативного впливу електроліту на зовнішню сторону анодованого покриття авторами запропоновано метод каскадного імпульсного анодування (КІТА) алюмінієвих сплавів. На першому етапі імпульсне анодування проводять у сульфатному водному електроліті 20% H_2SO_4 , на другому етапі деталі переносять у ванну із електролітом меншої концентрації. Така операція зменшує концентрацію сульфатної кислоти у порах анодного шару. Це зменшує розтравлювання зовнішнього шару покриття та підвищує його мікротвердість від 400 до 500 HV_{01} рис.2.

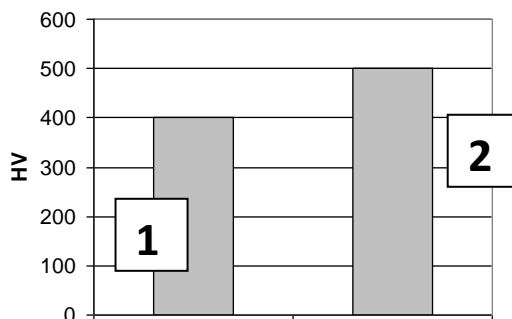


Рис. 2. Мікротвердість анодованих шарів сформованих на технічному алюмінієві АД0, за наступних режимів анодування: температура анодування 0°C: 1 – режим ІТА, тривалість анодування - 60 хвилин – електроліт 20% H_2SO_4 ; 2 - режим КІТА, тривалість 30 хв. електроліт (20% H_2SO_4) + 30 хв. Електроліт (5% H_2SO_4)

Рентгенфазовим аналізом встановлено, що у режимі ІТА анодований шар синтезується у вигляді гідроксиду алюмінію із трьома молекулами води (гібсит $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$) внаслідок інтенсивної взаємодії покриття із електролітом підвищеної концентрації рис. 3а., а у режимі КІТА у вигляді гідроксиду алюмінію з однією молекулою води (гібсит $Al_2O_3 \cdot H_2O$) рис.3б.

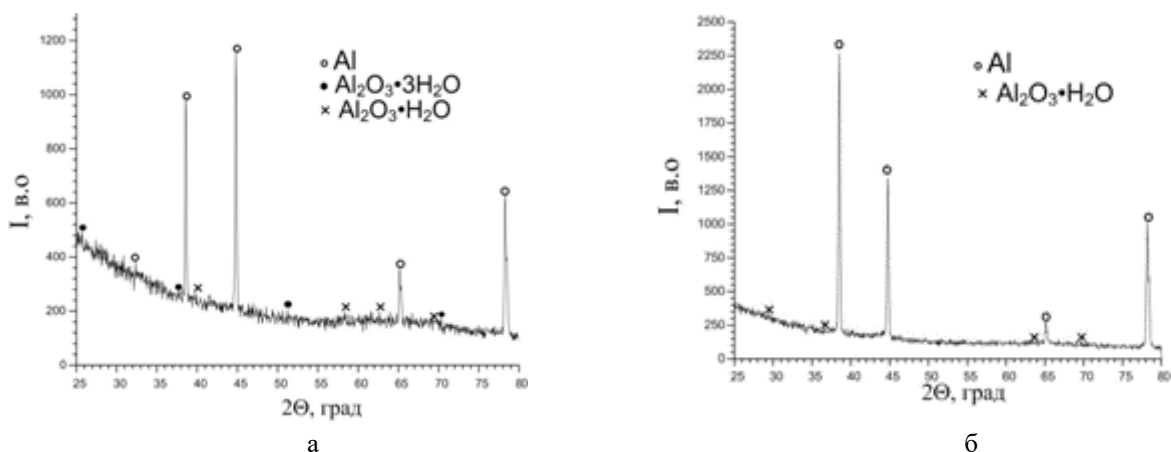


Рис. 3. Фазовий склад анодованих шарів сформованих за режимами: ІТА - а), КІТА – б)

Трибологічними випробуваннями встановлено, що анодованим шарам сформованим за режимом КІТА властиві кращі трибологічні характеристики. Так за фрикційних випробувань в умовах зворотньо - поступального руху сталюї та керамічної кульок за навантаження на кульки 10 МПа на шляху 180м коефіцієнт тертя є менший до 10% як для сталюї так і для керамічної кульок рис 4, рис.5. Об'ємний знос анодованих шарів сформованих за режимом КІТА також є менший до 15% ніж за режимом ІТА рис.5, рис.6.

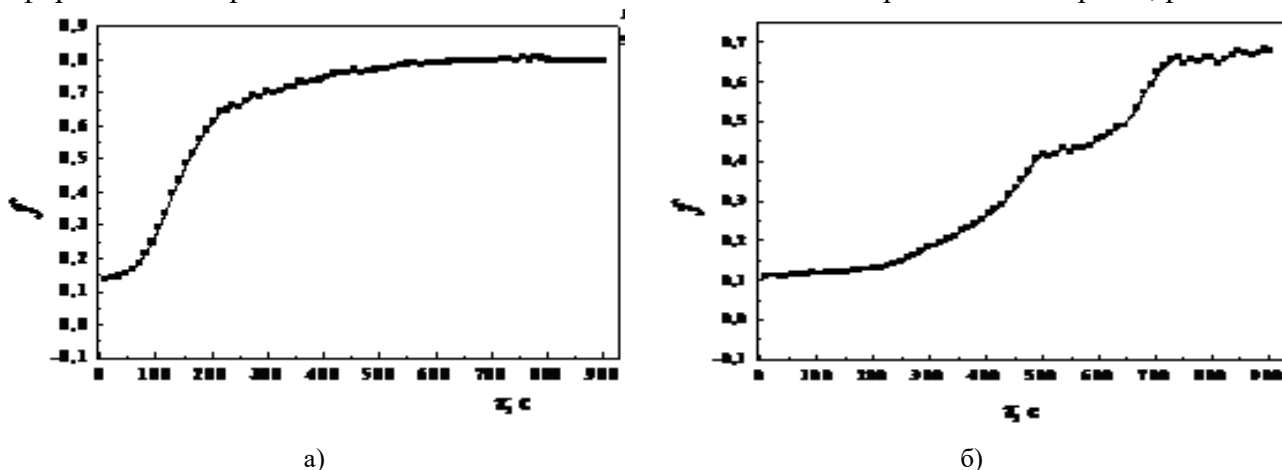


Рисунок 4 - Коефіцієнт тертя фрикційної пари сталюї кулька – анодований шар сформований за режимом ІТА – а), КІТА – б)

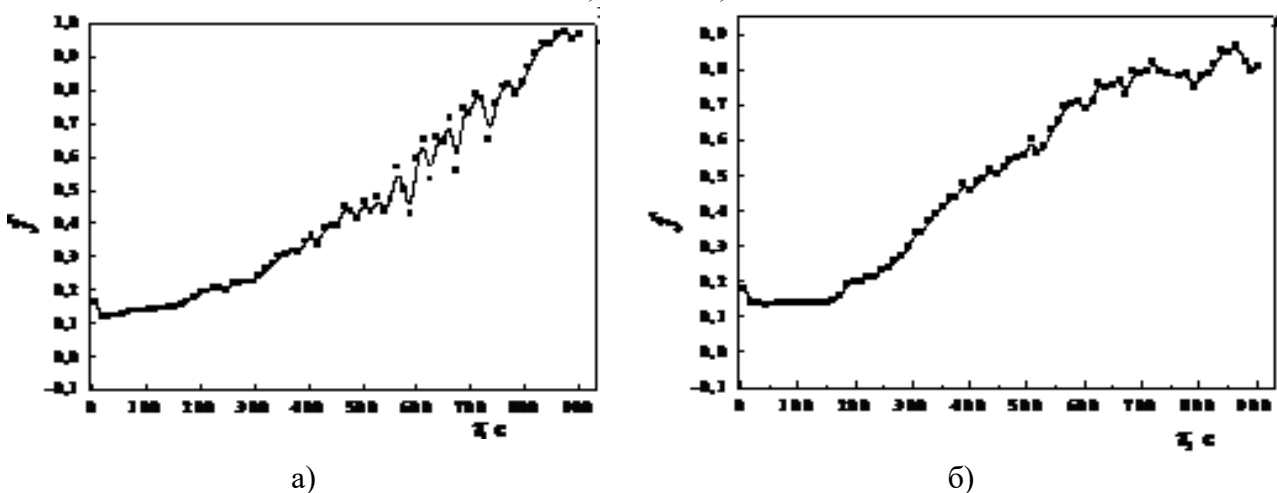


Рисунок 5 - Коефіцієнт тертя фрикційної пари керамічна кулька – анодований шар сформований за режимом ІТА – а), КІТА – б)

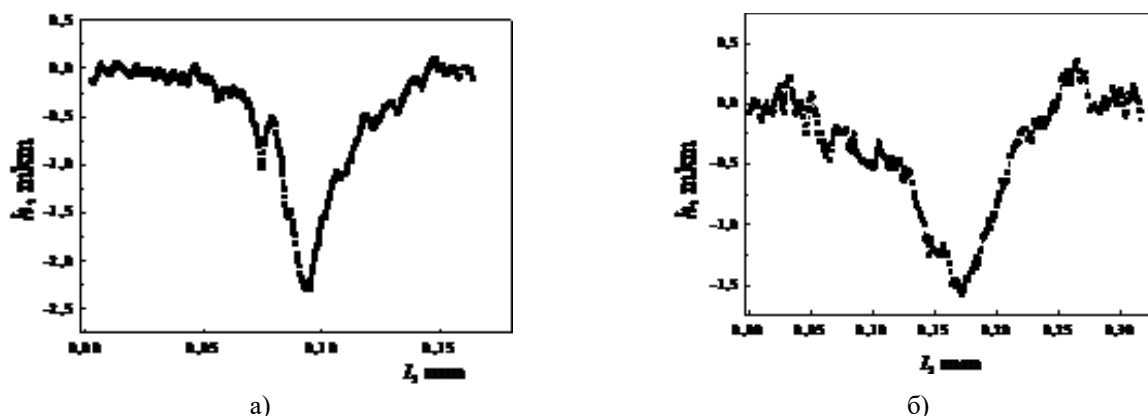


Рисунок 6 – Об’ємний знос фрикційної пари сталевий кулька – анодований шар сформований за режимом ІТА – а), КІТА – б)

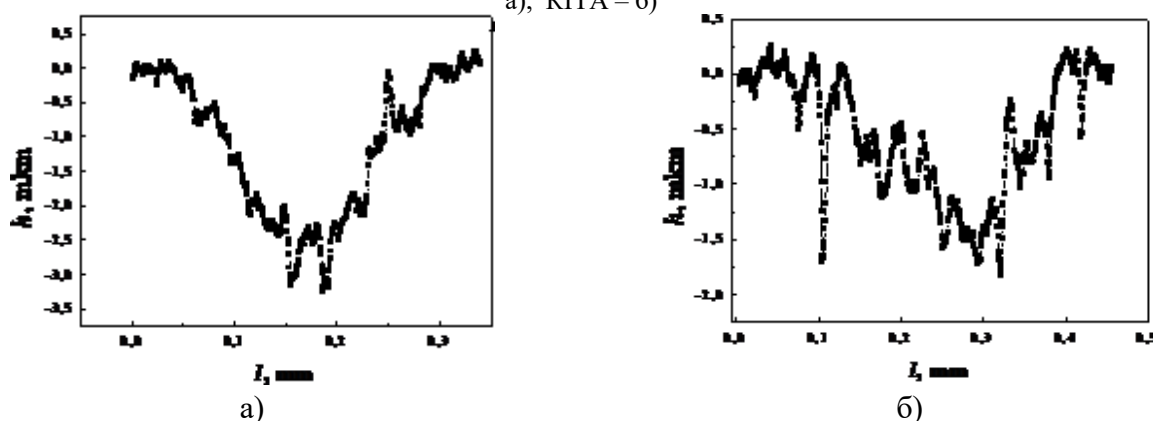


Рисунок 7- Об’ємний знос фрикційної пари керамічна кулька – анодований шар сформований за режимом ІТА – а), КІТА – б)

Висновки:

1. Каскадне імпульсне анодування (КІТА) алюмінієвих сплавів при якому на першому етапі КІТА проводять у сульфатному водному електроліті 20% H_2SO_4 , а на другому етапі деталі переносять у ванну із електролітом меншої концентрації зменшує розтравлювання зовнішнього шару покриття та підвищує його мікротвердість від 400 до 500 HV₀₁
2. Анодованим шарам сформованим за режимом КІТА властиві кращі трибологічні характеристики. Так за фрикційних випробовувань в умовах зворотньо - поступального руху сталевий та керамічний кульок за навантаження на кульки 10 МПа на шляху 180м коефіцієнт тертя є менший до 10% як для сталевий так і для керамічний кульок. Об’ємний знос анодованих шарів сформованих за режимом КІТА також є менший до 15% ніж за режимом ІТА рис.5, рис.6.

Список літератури

1. Mínguez-Bacho, I., Rodríguez-López, S., Asenjo A., Vázquez, M., HernándezVélez, M. Self-correlation Function for Determination of Geometrical Parameters in Nanoporous Anodic Alumina Films. Appl. Phys. 2012. P. 105-112.
2. Student M., Pohrelyuk I., Padgurskas J., Hvozdet's'kyi V., Zadorozna Kh., Chumalo H., Student O., Kovalchuk I. The effect of heat treatment on the structural-phase state and abrasive wear resistance of a hard-anodized layer on aluminum alloy 1011. Coatings. 2023. Vol. 13, Is. 2. P. 391.
3. Student M.M., Pohrelyuk I.M., Hvozdet's'kyi V.M., Veselivska H.H., Zadorozhna Kh.R., Mardarevych R.S., Dzioba Y.V. Influence of the composition of electrolyte for hard anodizing of aluminum on the characteristics of oxide layer. Materials Science. 2021. Vol. 57, № 2. P. 240–247.
4. Cr₂O₃ Sealing of Anodized Aluminium Alloy by Heat Treatment / Junghoon Lee, Yonghwan Kim, Heuiun Jang, Uoochang Jung and Wonsub Chung. Procedia Engineering. 2011. 10. P. 2803–2808
5. Оцінка розподілу включень і дефектів плазмоелектролітичних і лазерно модифікованих покриттів на алюмінієвих сплавах / І.Б. Івасенко, Х.Р.Задорожна, В.М. Посувайло та ін. Міжвузівський збірник “Наукові нотатки” Луцьк, 2019. Випуск №66. С. 135–140.
6. Shih H., Tzou S. Study of anodic oxidation of aluminum in mixed acid using a pulsed current. Surface and Coatings Technology. 2000. 124. P. 278–285.
7. Хімічна корозія та захист металів : навчальний посібник / [П. І. Стоєв, С. В. Литовченко, І. О. Гірка, В. Т. Грищина]. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. – 216 с