

В.В. Субботіна, В.В. Білозеров, О.В. Субботін, О.Є. Бармін, С.В. Григор'єва,
Н.В. Писарська

Дослідження впливу складу електроліту на структуру та властивості покриттів, отриманих методом мікродугового оксидування

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, 61002, Харків, Україна,
subbotina.valeri@gmail.com

Алюмінієві сплави, поряд з позитивними властивостями – низька щільність, висока питома міцність, електропровідність, пластичність, в'язкість та інші, володіють недоліками: низькі твердість, модуль пружності, зносостійкість і висока хімічна активність у багатьох неорганічних кислотах.

Усунути ці недоліки може метод мікродугового оксидування (МДО). Перетворення поверхневих шарів оброблюваної деталі у високотемпературні оксиди алюмінію дозволить забезпечити зміцнення поверхні та підвищити її захисні властивості.

Властивості МДО-покриттів залежить від багатьох факторів, одним з них є склад електроліту. Згідно з літературними даними, найбільш широко застосовуються лужно-силікатні електроліти, які показали найбільшу ефективність при мікродуговому оксидуванні алюмінієвих сплавів. Найвні в літературі дані щодо використання багатокомпонентних електролітів, які містять алюмінат натрію NaAlO_2 та гексаметафосфат натрію $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$ не дозволяють з'ясувати їх роль у процесі формування МДО-покриттів.

Дослідження застосування гексаметафосфату до лужно-силікатного електроліту показали, що $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$ сприяє утворенню більш товстішого покриття. Швидкість формування товщини за відсутності гексаметафосфату складає $0,5 \div 0,7$ мкм/хв, а при вмісті гексаметафосфату 10 г/л – $0,9 \div 1,1$ мкм/хв. Що стосується впливу на фазовий складу то впливу не виявлено.

Досліджено, що додавання до лужно-силікатних електролітів алюмінату натрію в кількості до 13 г/л не чинить суттєвого впливу на товщину покриття, але впливає на фазовий склад покриття.

Ключові слова: мікродугове оксидування, морфологія поверхні покриття, фазово-структурний стан, фази $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ і $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, гексаметафосфат натрію, алюмінат натрію, луга, рідке скло.

Подано до редакції 2.01.2022; прийнято до друку 24.06.2022.

Вступ

Алюмінієві сплави, поряд з позитивними властивостями – низька щільність, висока питома міцність, електропровідність, пластичність, в'язкість та інші, володіють недоліками: низькі твердість, модуль пружності, зносостійкість і висока хімічна активність у багатьох неорганічних кислотах [1].

Усунути ці недоліки може метод мікродугового оксидування (МДО). Перетворення поверхневих шарів оброблюваної алюмінієвої деталі у

високотемпературні оксиди алюмінію дозволить забезпечити зміцнення поверхні та підвищити її захисні властивості [2-3].

МДО – це електрохімічний процес, який проводять у електролітах різного складу та за різних електричних параметрах формування [3]. Властивості МДО-покриттів залежить від багатьох факторів, одним з них є склад електроліту. Згідно з літературними даними [4-6], найбільш широко застосовуються лужно-силікатні електроліти, що містять $(1 \div 3)$ г/л KOH + $(3 \div 12)$ г/л Na_2SiO_3 (рідке

Таблиця 1

Хімічний склад в % сплаву АВ.

Матеріал	Al	Cu	Mg	Fe	Si	Mn	Ti	Zn
АВ	95,95- 98,8	0,1-0,5	0,45-0,9	0,5	0,5-1,2	0,15-0,35	0,15	0,2

скло), які показали найбільшу ефективність при мікродуговому оксидуванні алюмінієвих сплавів.

Були спроби застосовувати багатокомпонентні електроліти, що містять алюмінат натрію NaAlO_2 [7] та гексаметафосфат натрію $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$ [8]. Наявні в літературі дані не дозволяють з'ясувати роль цих розчинних неорганічних сполук у процесі формування МДО-покриттів.

I. Мета

Мета роботи полягає у вивченні впливу складу електроліту на кінетику формування товщини покриття, їх фазовий склад і твердість.

II. Методика експерименту

Дослідження проводилось на зразках зі алюмінієвого сплаву АВ. Хімічний склад сплаву представлено в таблиці 1.

Мікродугове оксидування проводилося в анодно-катодному режимі на установці із джерелом живлення конденсаторного типу. Тривалість обробки становила 1 годину при щільності струму 20 А/дм^2 .

Фазовий склад покриття визначався дифрактограмами, отриманими на дифрактометрі ДРОН-3 у випромінюванні $\text{K}\alpha\text{-Cu}$. Зйомка здійснювалася у поточковому режимі з кроком $2\theta = 0,1^\circ$. Кількісний зміст фаз визначалося за методикою кількісного рентгенівського аналізу з використанням попередньо побудованої градувальної кривої за даними еталонних сумішей. Мікротвердість визначалася на приладі ПМТ-3. Товщину покриття визначали за допомогою ВТ-10 НЦ.

III. Результати та їх обговорення

Формування МДО-покриттів призводить до утворення розвиненого рельєфу поверхні, що має значну шорсткість. Рельєф та шорсткість поверхні для всіх досліджених у роботі покриттів завтовшки $\sim 50 \text{ мкм}$ приблизно однаковий. Типова морфологія поверхні наведено на рис.1.

Вивчення поперечних шліфів зразків із покриттям (рис. 2), виявило шарувату будову покриттів – технологічний шар та основний. Практичну цінність має основний шар, який є монолітним, твердим і зносостійким. Технологічний шар – високопористий, з невисокою твердістю, використовується як корозійно- та електрозахисний, а також як підшар при нанесенні додаткових

захисних та декоративних покриттів. Коли від поверхні потрібно висока твердість і зносостійкість, тоді технологічний шар видалається.

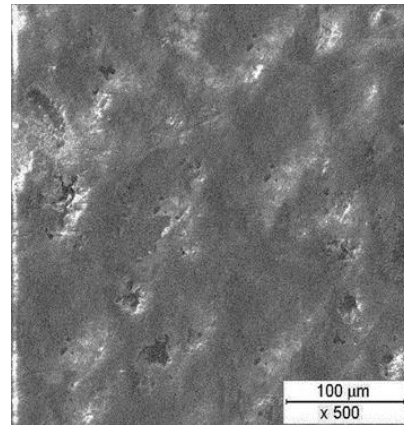


Рис. 1. Морфологія поверхні МДО-покриттів.

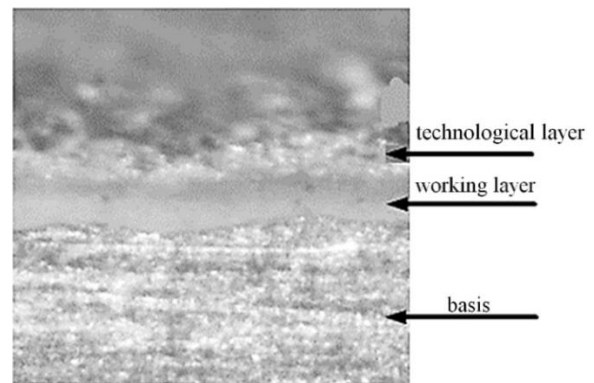


Рис. 2. Поперечний шліф з покриттям (x 200).

Результати які наведені нижче (твердість та фазовий склад) відносяться до основного шару.

Процес мікродугового оксидування проводився в лужно-силікатному електроліті (базовий електроліт) та з додаванням NaAlO_2 (алюмінат натрію) та $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$ (гексаметафосфат натрію).

Результати дослідження покриттів, сформованих у базовому електроліті, наведено у табл. 2 та на рис. 3 – 4.

Кінетика формування товщини покриття та їх мікротвердість приведено на рис.3

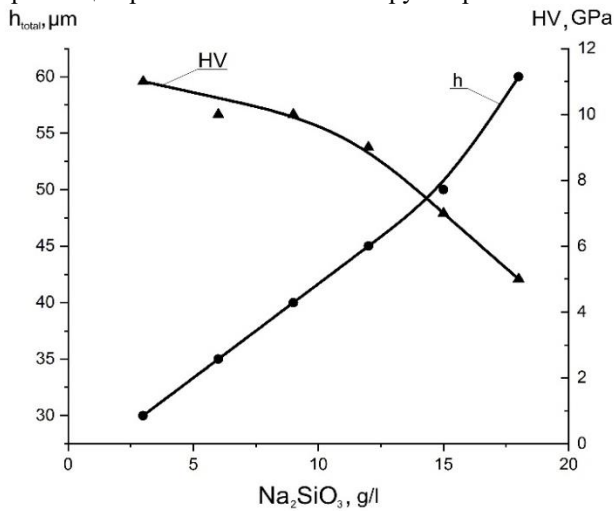
Як видно з наведених даних, підвищення концентрації Na_2SiO_3 сприяє зростанню товщини покриття, проте твердість основного шару покриття зменшується (рис. 3). Цей результат можна пояснити зміною фазового складу покриття.

Таблиця 2

Властивості МДО-покриттів (сплав АВ, $j = 20 \text{ А/дм}^2$, $\tau = 1$ година).

№ зразку	Електролит	$h_{\text{заг}}$, мкм	Фазовий склад, %		HV, ГПа
			$\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	$3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	
1	1 г/л КОН + 3 г/л Na_2SiO_3	30	92	7	11
2	1 г/л КОН + 6 г/л Na_2SiO_3	35	87,5	12,5	10
3	1 г/л КОН + 9 г/л Na_2SiO_3	40	80	20	10
4	1 г/л КОН + 12 г/л Na_2SiO_3	45	58	42	9
5	1 г/л КОН + 15 г/л Na_2SiO_3	50	26	74	7
6	1 г/л КОН + 18 г/л Na_2SiO_3	60	15	85	5

Так, результати розшифрування дифрактограм покриттів основного шару показали, що дифракційні максимуми належать до фаз $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ і мулліту ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) (рис. 4), фаза $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (корунд) відсутня. Наявність чітких дифракційних піків на дифрактограмі вказує на кристалічну будову основного шару покриття. Чітко вираженої текстури виявлених фаз не виявлено, що вказує на хаотичність орієнтації кристалів основного шару покриття.



1 – мікротвердість; 2 – товщина покриття

Рис. 3. Залежність товщини та мікротвердості покриття від концентрації рідкого скла (КОН – 1 г/л, щільність струму $j = 20 \text{ А/дм}^2$, тривалість окисдування $\tau = 1$ год).

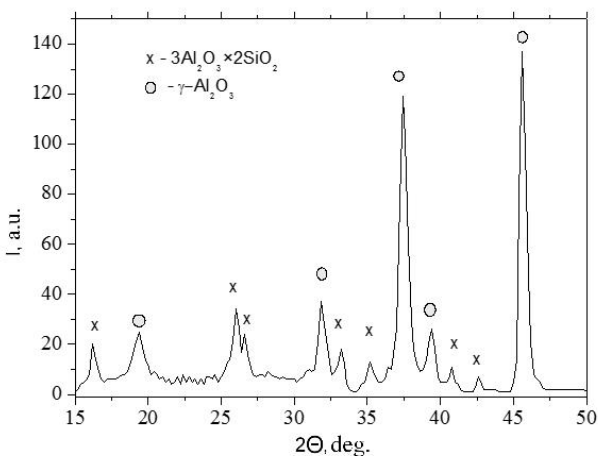
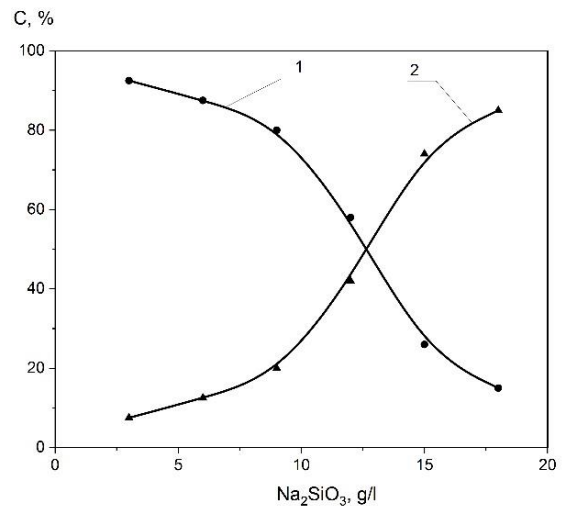


Рис. 4. Фрагмент дифрактограми покриття (зйомка в монохроматичному випромінненні: $\text{K}\alpha\text{-Cu}$).



1 – $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$; 2 – $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (КОН – 1 г/л, $j = 20 \text{ А/дм}^2$, $\tau = 1$ год)

Рис. 5. Вплив вмісту рідкого скла Na_2SiO_3 на фазовий склад покриття.

Утворення фази мулліт $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (рис. 5), яка має відносно низьку твердість, та її збільшення до 85 % знижує твердість покриття. Однак, певні корективи має вносити пористість покриттів.

Отримані дані свідчать про те, що фазоутворення покриття в лужно-силкатному електроліті відбувається з утворення фази $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. У процесі зростання покриття та збільшення потужності мікророзрядів відбувається взаємодія фази $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ з компонентами електроліту. При розчиненні Na_2SiO_3 у воді відбувається гідроліз за реакцією: $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NaOH} + \text{SiO}_2$. Наявна фаза $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ взаємодіє з SiO_2 з утворенням фази мулліту: $3\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{SiO}_2 = 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$.

Таким чином, збільшення в електроліті рідкого скла (Na_2SiO_3) сприяє утворенню мулліту, що не забезпечує формування покриття з високою твердістю. Відповідно до отриманих результатів вміст рідкого скла має становити 3 – 6 г/л (див. рис. 3), що буде забезпечувати максимальну твердість покриття.

Вивчення впливу вмісту гексаметафосфату натрію $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$ проводилось в базових електролітах складу:

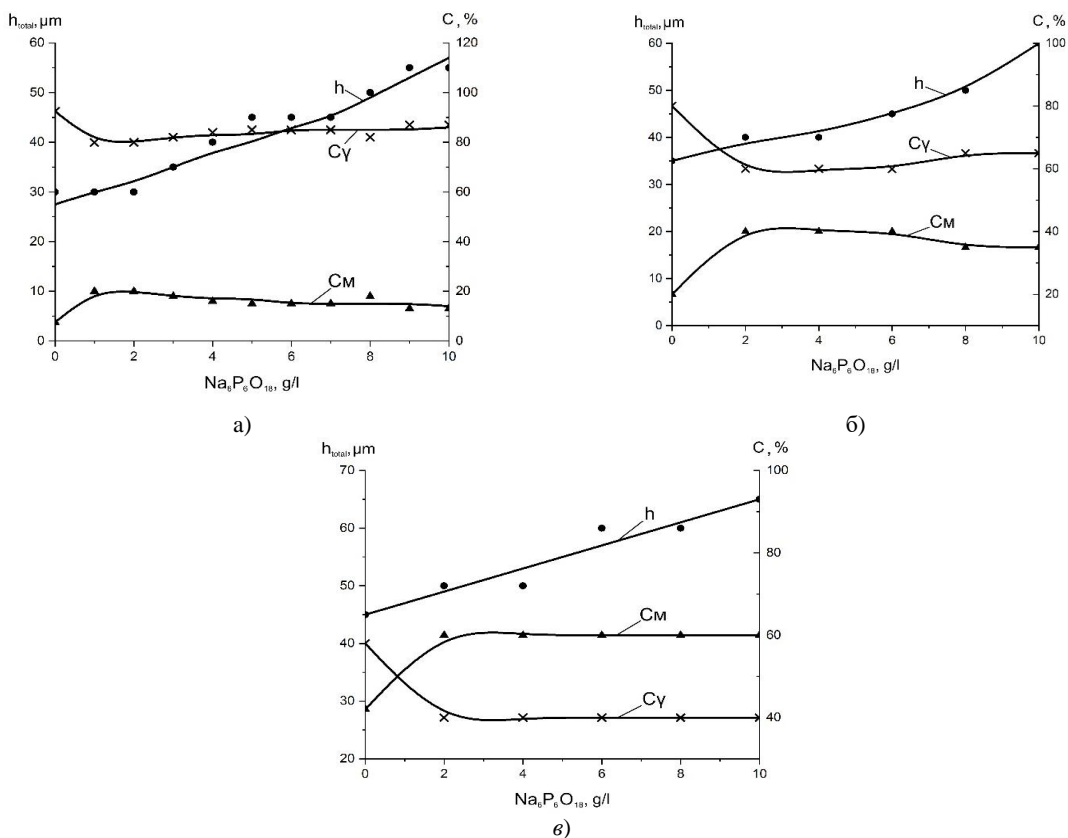
1 г/л КОН + 3 г/л Na_2SiO_3 , 1 г/л КОН + 6 г/л Na_2SiO_3 , 1 г/л КОН + 12 г/л Na_2SiO_3 , куди додавався $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$ в кількості від 1 до 10 г/л.

Результати дослідження товщини та фазового складу наведені в табл.3 та на рис. 6.

Таблиця 3.

Результати дослідження впливу $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$ на властивості покриттів

№ зразку	Електроліт	$h_{\text{зар}}$, мкм	$h_{\text{осн}}$, мкм	Фазовий склад, %	
				$\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	$3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$
1Г	1:3 + 1 % $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$	30	15	80	20
2Г	1:3 + 2 % $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$	30	15	80	20
3Г	1:3 + 3 % $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$	35	15	82	18
4Г	1:3 + 4 % $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$	40	15	84	16
5Г	1:3 + 5 % $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$	45	20	85	15
6Г	1:3 + 6 % $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$	45	20	85	15
7Г	1:3 + 7 % $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$	45	20	85	15
8Г	1:3 + 8 % $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$	50	20	82	18
9Г	1:3 + 9 % $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$	55	20	87	13
10Г	1:3 + 10 % $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$	55	20	87	13
11Г	1:6 + 2 % $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$	40	15	60	40
12Г	1:6 + 4 % $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$	40	15	60	40
13Г	1:6 + 6 % $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$	45	15	60	40
14Г	1:6 + 8 % $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$	50	15	65	35
15Г	1:6 + 10 % $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$	60	15	65	35
16Г	1:12 + 2 % $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$	50	20	40	60
17Г	1:12 + 4 % $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$	50	20	40	60
18Г	1:12 + 6 % $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$	60	20	40	60
19Г	1:12 + 8 % $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$	60	20	40	60
20Г	1:12 + 10 % $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$	65	20	40	60



а – базовий склад 1 г/л КОН + 3 г/л Na_2SiO_3 , б - базовий склад 1 г/л КОН + 6 г/л Na_2SiO_3 , в - базовий склад 1 г/л КОН + 12 г/л Na_2SiO_3

Рис. 6. Вплив гексаметафосфату натрію на товщину і фазовий склад МДО-покриттів (C_{M} – вміст $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, C_{γ} – вміст $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$).

Досліджено, що додавання до базових електролітів гексаметафосфату натрію в кількості до 2 г/л впливає на фазоутворення, при вмісті > 2 г/л фазовий склад практично не змінюється. Збільшення товщини покриття із збільшенням вмісту $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$

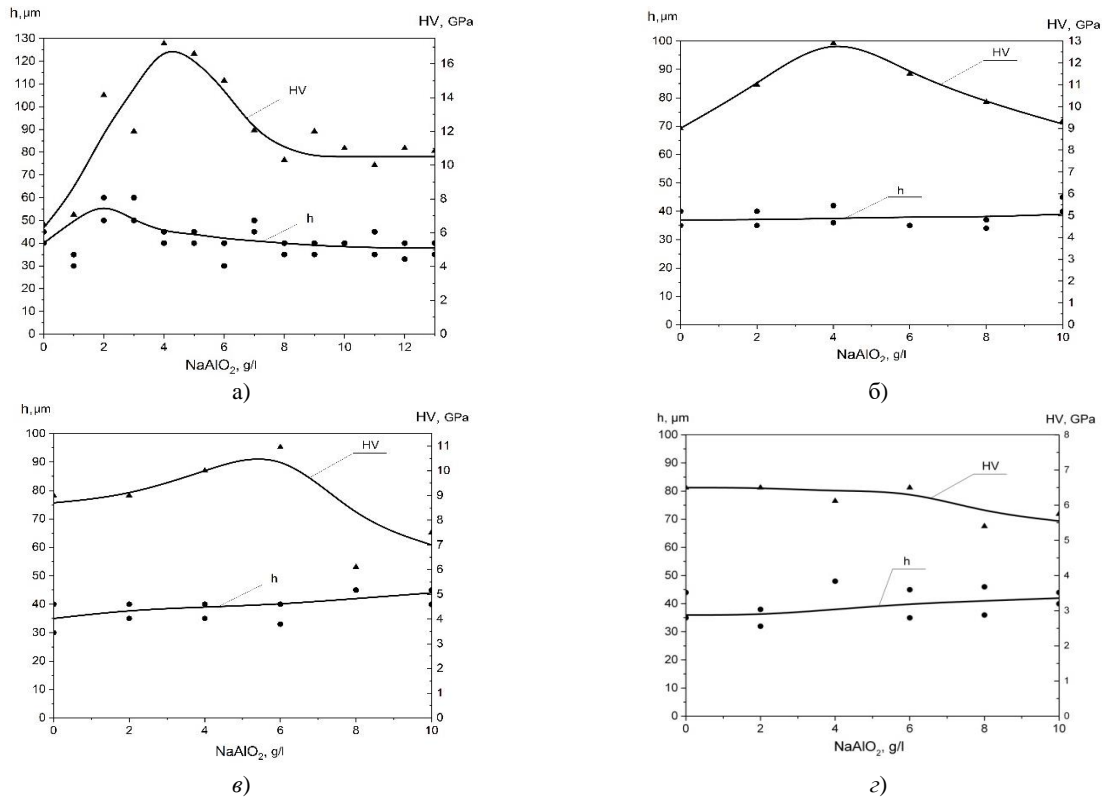
можна пояснити участю компонентів добавки у процесі формування оксидного покриття.

Виявлені залежності однаково проявляються для різного складу базового лужно-силікатного електроліту.

Таблиця 4

Характеристики покриттів, сформованих у лужно-силікатному електроліті з додаванням алюмінату натрію.

№ зразку	Електроліт	h _{зг} , мкм	h _{осн} , мкм	HV, ГПа	Фазовий склад, %		
					α-Al ₂ O ₃	γ-Al ₂ O ₃	3Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂
1A	1:3 + 1 % NaAlO ₂	30÷35	19	7,1	7	93	0
2A	1:3 + 2 % NaAlO ₂	50÷60	42	14,1	7	93	0
3A	1:3 + 3 % NaAlO ₂	50÷70	37	12	8	92	0
4A	1:3 + 4 % NaAlO ₂	40÷45	25	17,2	10	90	0
5A	1:3 + 5 % NaAlO ₂	40÷45	27	16	10	90	0
6A	1:3 + 6 % NaAlO ₂	30÷40	27	15	10	90	0
7A	1:3 + 7 % NaAlO ₂	45÷50	35	12,1	10	90	0
8A	1:3 + 8 % NaAlO ₂	35÷40	33	10,3	10	90	0
9A	1:3 + 9 % NaAlO ₂	35÷40	29	12	10	90	0
10A	1:3 + 10 % NaAlO ₂	40	27	11	10	90	0
11A	1:3 + 11 % NaAlO ₂	35÷45	30	10	10	90	0
12A	1:3 + 12 % NaAlO ₂	35÷40	29	11	10	90	0
13A	1:3 + 13 % NaAlO ₂	35÷40	31	10,9	10	90	0
14A	1:6 + 2 % NaAlO ₂	35÷40	28	11	10	85	5
15A	1:6 + 4 % NaAlO ₂	36÷42	30	12,9	10	80	10
16A	1:6 + 6 % NaAlO ₂	35	20	11,5	12	78	10
17A	1:6 + 8 % NaAlO ₂	34÷37	20	10,2	10	80	10
18A	1:6 + 10 % NaAlO ₂	40÷45	22	9,3	10	80	10
19A	1:9 + 2 % NaAlO ₂	35÷40	23	9	0	80	20
20A	1:9 + 4 % NaAlO ₂	35÷40	20	10	0	75	25
21A	1:9 + 6 % NaAlO ₂	33÷40	14	11	0	75	25
22A	1:9 + 8 % NaAlO ₂	45	20	6,1	0	75	25
23A	1:9 + 10 % NaAlO ₂	40÷45	22	7,5	0	75	25
24A	1:12 + 2 % NaAlO ₂	32÷38	20	6,5	0	58	42
25A	1:12 + 4 % NaAlO ₂	48	28	6,1	0	65	35
26A	1:12 + 6 % NaAlO ₂	35÷45	20	6,5	0	65	35
27A	1:12 + 8 % NaAlO ₂	36÷46	14	5,4	0	65	35
28A	1:12 + 10 % NaAlO ₂	40÷44	21	5,2	0	65	35



а – базовий склад 1 г/л КОН + 3 г/л Na₂SiO₃, б – базовий склад 1 г/л КОН + 6 г/л Na₂SiO₃, в – базовий склад 1 г/л КОН + 9 г/л Na₂SiO₃, г – базовий склад 1 г/л КОН + 12 г/л Na₂SiO₃

Рис. 7. Вплив алюмінату натрію на характеристики МДО-покриттів.

Результати дослідження впливу алюмінату натрію на характеристики покриття наведено в табл. 4 та на рис. 7.

Дослідження впливу NaAlO_2 на формування покриттів виявило (див. табл. 4):

Додавання в лужно-силікатний електроліт NaAlO_2 практично не впливає на товщину покриття;

NaAlO_2 по різному впливає на фазовий склад в залежності від складу Na_2SiO_3 в базовому електроліті:

в електролітах 1 г/л KOH + 3 г/л Na_2SiO_3 , NaAlO_2 стимулює утворення фази α - Al_2O_3 , мулліт не утворюється (зразки 1А – 13А);

в електролітах 1 г/л KOH + 6 г/л Na_2SiO_3 додавання NaAlO_2 забезпечує утворення фази α - Al_2O_3 (~ 10 %), Na_2SiO_3 сприяє утворенню мулліту (зразки 14А – 18А);

в електролітах 1 г/л KOH + 9 г/л Na_2SiO_3 та 1 г/л KOH + 12 г/л Na_2SiO_3 не виявлено впливу додавання NaAlO_2 на фазовий склад покриття (зразки 19А – 23А та 24А – 28А).

Таким чином, вплив додавання алюмінату натрію залежить від складу Na_2SiO_3 в лужно-силікатному електроліті. Для забезпечення максимальної твердості рекомендується використовувати електроліт 1 г/л KOH + (3 ÷ 6)г/л Na_2SiO_3 з додаванням ~ 4 г/л NaAlO_2 .

Висновки

1. Встановлено, що фазоутворення покриття в лужно-силікатному електроліті відбувається з утворення фази γ - Al_2O_3 . Збільшення в електроліті рідкого скла (Na_2SiO_3) сприяє утворенню мулліту, що не забезпечує формування покриття з високою твердістю.

2. Показано, що гексаметафосфат сприяє утворенню більш товстішого покриття, додавання до базових електролітів гексаметафосфату натрію в кількості ~ 2 г/л сприяє утворенню мулліту. При вмісті від 2 до 10 г/л процес утворення мулліту стабілізується;

3. Досліджено, що додавання до базових електролітів алюмінату натрію в кількості до 13 г/л не чинить суттєвого впливу на товщину покриття. Вплив NaAlO_2 по різному впливає на фазовий склад покриття – залежить від складу лужно-силікатного електроліту.

Субботіна В.В. – д.т.н., доцент;

Білозеров В.В. – к.т.н, доцент;

Субботін О.В. – наук. співр.;

Бармін О.Є. – к.т.н, доцент;

Григор'єва С.В. – аспірант;

Писарська Н.В. – к.і.н, доцент.

- [1] F.C. Walsh, C.T.J. Low, R.J.K. Wood, K. Stevens, J. Archer, A.R. Poeton, A. Ryder, Plasma electrolytic oxidation (PEO) for production of anodised coatings on lightweight metal (Al, Mg, Ti) alloys, *Trans. Inst. Met. Finish.* 87, 122 (2009); <https://doi.org/10.1179/174591908X372482>.
- [2] V. Subbotina, U. F. Al-Qawabeha, V. Belozarov, O. Sobol, A. Subbotin, T. A. Tabaza, & S. M. Al-Qawabah Determination of influence of electrolyte composition and impurities on the content of α - Al_2O_3 phase in MAO-coatings on aluminum. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(12) 102, 6–13 (2019); <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.185674>.
- [3] E. Matykina, A. Arrabal, P. Skeldon, G.E. Thompson, Investigation of the growth processes of coatings formed by AC plasma electrolytic oxidation of aluminium, *Electrochem. Acta*, 54, 6767 (2009); <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2009.06.088>.
- [4] V. Belozarov, O. Sobol, A. Mahatilova, V. Subbotina, T.A. Tabaza, U.F. Al-Qawabeha, S.M. Al-Qawabah, *Eastern-european journal of enterprise technologies*, 91, 43 (2018).
- [5] V. Subbotina, U.F. Al-Qawabeha, V. Belozarov, O. Sobol', A. Subbotin, T.A. Tabaza, S.M. Al-Qawabah, Determination of Influence of Electrolyte Composition and Impurities on the Content of α - Al_2O_3 Phase in MAO-coatings on Aluminum, *Eastern-european journal of enterprise technologies* 102, 6 (2019); <https://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.185674>.
- [6] C.S. Dunleavy, J.A. Curran, T.W. Clyne, Self-similar scaling of discharge events through PEO coatings on aluminium, *Surface and coatings technology*, 206, 1051-1061 (2011); <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2011.07.065>.
- [7] F. Jaspard-Mecuson, T. Czerwicz, G. Henrion, T. Belmonte, L. Dujardin, A. Viola, J. Beauvir. Tailored aluminium oxide layers by bipolar current adjustment in the Plasma Electrolytic Oxidation (PEO) process, *Surface and coatings technology* 201(21), 8677–8682 (2007); <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2006.09.005>.
- [8] A.E. Mikheev, T.V. Trushkina, A.V. Girn, D.V. Ravodina, S.S. Ivasev. *Bulletin of SibGAU* 2(48), 212-215 (2013).

V. Subbotina, V. Bilozarov, O. Subbotin, O. Barmin, S. Hryhorieva, N. Pysarska

Investigation of the influence of electrolyte composition on the structure and properties of coatings obtained by microarc oxidation

*National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kirpychova street, 2, 61002, Kharkiv, Ukraine,
subbotina.valeri@gmail.com*

Aluminum alloys, along with positive properties - low density, high specific strength, electrical conductivity, ductility, viscosity and others, have disadvantages: low hardness, modulus of elasticity, wear resistance and high chemical activity in many inorganic acids.

The method of microarc oxidation (MAO) can eliminate these shortcomings. The transformation of the surface layers of the workpiece into high-temperature oxides of aluminum will strengthen the surface and increase its protective properties.

The properties of MAO coatings depend on many factors, one of which is the composition of the electrolyte. According to the literature, the most widely used alkaline-silicate electrolytes, which have shown the greatest efficiency in microarc oxidation of aluminum alloys. The data available in the literature on the use of multicomponent electrolytes containing sodium aluminate NaAlO_2 and sodium hexametaphosphate $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$ do not allow to elucidate their role in the formation of MAO coatings.

Research of the use of hexametaphosphate to alkaline silicate electrolyte have shown that $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$ promotes the formation of a thicker coating. The rate of thickness formation in the absence of hexametaphosphate is $0,5 \div 0,7 \mu\text{m}/\text{min}$, and at a hexametaphosphate content of 10 g/l - $0,9 \div 1,1 \mu\text{m}/\text{min}$. As for the effect on the phase composition, the effect was not detected.

It was investigated that the addition of aluminate-silicate electrolytes of sodium aluminate in the amount of up to 13 g/l does not have a significant effect on the thickness of the coating, but affects the phase composition of the coating.

Keywords: microarc oxidation, morphology of the coating surface, phase-structural state, phases $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ and $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, sodium hexametaphosphate, sodium aluminate, alkali, liquid glass.