



УДК 620.197.5

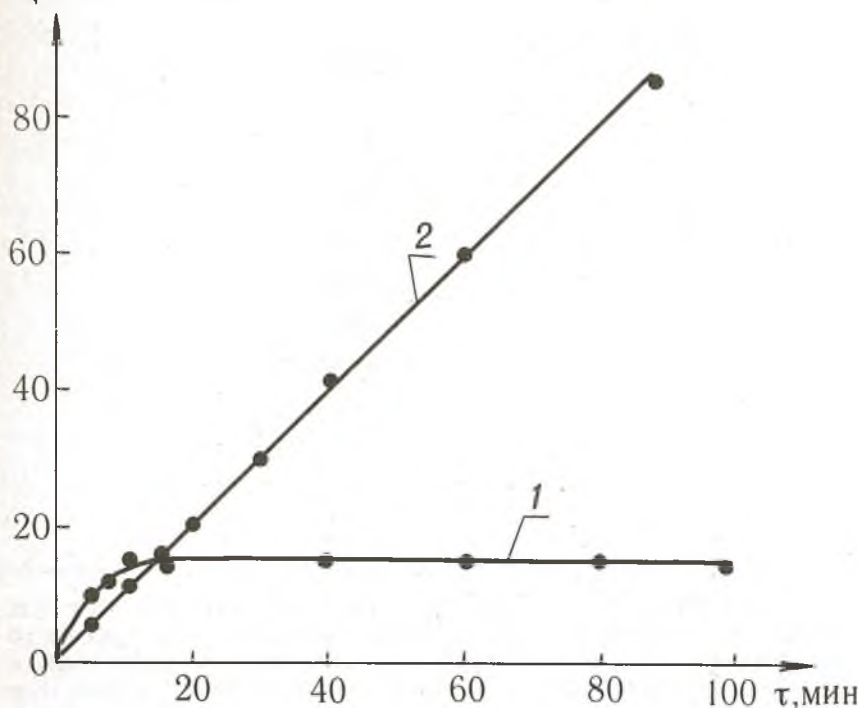
В. П. САВЕНКО, А. Л. БЕЛАНОВИЧ, Г. Л. ЩУКИН

ОСОБЕННОСТИ МИКРОПЛАЗМЕННОГО АНОДИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА, СОДЕРЖАЩЕГО МЕДЬ

— Peculiarities of anodic oxide formation on the surface of aluminium alloy, containing copper, in sodium phosphate solution by anodic spark oxidation have been investigated.

В последнее время интенсивно развивается метод микроплазменного оксидирования алюминия и его сплавов в электролитах различного состава [1–8]. Его осуществляют, используя постоянное, импульсное или переменное напряжение. В процессе микроплазменного оксидирования совмещаются плазменный и электрохимический процессы формирования оксидного слоя. Благодаря высокой температуре, возникающей в плазменных разрядах на поверхности металла, в водных электролитах формируются тугоплавкие оксиды на алюминии и его сплавах без дополнительного отжига.

d , мкм.



Зависимость толщины оксидной пленки от времени микроплазменного оксидирования алюминия (1) и медьсодержащего сплава (2) в водном растворе тринатрийфосфата (20 г/л) при плотности тока 10 А/дм²

В данной статье рассмотрены результаты выполненного нами исследования, свидетельствующие о существенном различии процесса формирования оксидной пленки на поверхности чистого алюминия и алюминия, легированного медью.

Анодирование проводилось на пластинах медьсодержащего сплава алюминия Д-16АТ (3,8 – 4,5 % Cu и 1,2 – 1,8 % Mg) площадью 3 см², без плакирующего слоя, в электролите, содержащем 20 г/л тринатрийфосфата, в гальваностатическом режиме, при температуре 18 – 30 °С. Толщина оксидного слоя определялась на поперечном микрошлифе с помощью микроинтерферометра МИИ-4.

Данные рентгенографического исследования покрытий, сформированных на медьсодержащем сплаве алюминия в фосфатном электролите

θ d, Å	I, %	Индицированная фаза
4,5	3	γ -Al ₂ O ₃
3,48	1	α -Al ₂ O ₃
2,79	8	γ -Al ₂ O ₃
2,58	2	—
2,55	1	α -Al ₂ O ₃
2,45	5	CuAlO ₂
2,38	11	(α + γ)-Al ₂ O ₃ + CuAlO ₂
2,34	60	Al мет.
2,28	6	γ -Al ₂ O ₃
2,24	1	Al мет
2,16	1	—
2,12	1	CuAlO ₂
2,09	2	α -Al ₂ O ₃
2,03	100	Al мет
1,979	20	(α + γ)-Al ₂ O ₃
1,735	1	α -Al ₂ O ₃
1,614	1	CuAlO ₂
1,601	1	α -Al ₂ O ₃
1,520	3	γ -Al ₂ O ₃
1,432	40	Al мет + CuAlO ₂
1,396	20	(α + γ)-Al ₂ O ₃ + CuAlO ₂
1,373	2	α -Al ₂ O ₃
1,221	23	Al мет

Нами установлено, что в электролите, содержащем 20 г/л Na₃PO₄ · 12H₂O, при микроплазменном анодировании нелегированного алюминия в гальваностатическом режиме формируются твердые пленки серо-белого цвета с вкраплениями (0,2 – 2 мм) порошка белого цвета. При плотности тока 10 А/дм² за 10 мин анодирования толщина пленок достигает 15 мкм, и в дальнейшем их рост прекращается (рисунок, кривая I). Процесс микроплазменного анодирования протекает в этих условиях при 300 В. В состав пленок входят кристаллические фазы – γ -Al₂O₃ и

α - Al_2O_3 . Рыхлые вкрапления белого цвета в твердой пленке представляют собой фосфат алюминия, который образуется на поверхности анодированного алюминия до появления искрения в виде глобул рыхлого продукта. В процессе микроплазменного анодирования рентгено-аморфный порошок фосфата алюминия осыпается на дно ванны, а в формируемой твердой пленке остаются его вкрапления, которые не оплавляются в искре ввиду высокой температуры плавления фосфата алюминия ($\approx 2000^\circ\text{C}$).

Иначе происходит рост пленок на медьсодержащем сплаве Д-16АТ. В этом случае при плотности тока 10 А/дм^2 наблюдается линейный рост толщины пленки с увеличением времени анодирования (см. рисунок, кривая 2). При этом толщина пленки достигает 90 мкм и более. Искрение появляется при более низких напряжениях – на 20 В – по сравнению с напряжением, соответствующим появлению искровых разрядов при анодировании нелегированного алюминия. Размеры искровых разрядов увеличиваются по мере повышения напряжения и при 400 В переходят в микродуговые разряды, передвигающиеся по всей поверхности образца. Процесс микроплазменного анодирования в этом случае протекает при 400 В и за 90 мин напряжение повышается лишь до 420 В , что на $100 - 120 \text{ В}$ превышает напряжение протекания процесса анодирования на нелегированном алюминии. Образующиеся пленки прочные, твердые, серо-коричневого цвета.

Различие в кинетических кривых для алюминия и его медьсодержащего сплава можно приписать тому, что последний содержит в своем составе мелкокристаллические интерметаллиды Al_2CuMg и CuAl_2 , которые при микроплазменном анодировании образуют медьсодержащие соединения, внедряющиеся в оксидный слой пленки.

Элементный анализ сплава Д-16АТ с оксидной пленкой с помощью рентгеновского микрозонда MS-46 (на поперечном шлифе) показал, что медь, содержащаяся в сплаве, практически в том же количестве входит в состав оксидной пленки. Рентгенографическое исследование указало на наличие в пленке кристаллических фаз $\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$, $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$ и небольшого количества алюмината меди CuAlO_2 (таблица). В отличие от чистого алюминия, кристаллическая фаза AlPO_4 в этом случае отсутствует.

Известно [1], что микроплазменное анодирование происходит преимущественно на участках, где толщина оксида меньше, или в местах присутствия инородных включений. Можно предположить, что включения алюмината меди, образующиеся в оксидной пленке, оказывают влияние на проводимость формируемого оксида алюминия, что и обеспечивает линейный рост анодной пленки до гораздо большей толщины по сравнению с достигаемой при анодировании нелегированного алюминия.

Таким образом, результаты проведенного исследования указывают на возможность существенного облегчения формирования толстых оксидных пленок на алюминии при его анодно-плазменной обработке за счет легирования алюминия примесями.

Список литературы

1. Черненко В. И., Снежко Л. А., Папанова И. И. Получение покрытий анодно-искровым электролизом. Л., 1991.
2. Баконец В. В., Поляков О. В., Долговесова И. П. Плазменно-электролитическая анодная обработка металлов. Новосибирск, 1991.
3. Гурко А. Ф., Жуков Г. И., Фесенко А. В., Оленко В. М. // Укр. хим. ж. 1991. Т. 57. № 3. С. 304.
4. K u r z e P., K r u s m a n n W., M a r x G. // Wiss. Z. Techn. Hochsch. 1982. Bd. 24. № 6. S. 665.
5. Марков Г. А., Миронова М. К., Потапова О. Г., Татарчук В. В. // Изв. АН СССР. Неорган. мат. 1983. Т. 19. № 7. С. 1110.
6. Белов В. Т., Богоявленский А. Ф., Ишмуратова А. С. // Изв. вузов. Химия и хим. техн. 1971. Т. 14. № 1. С. 72.
7. T a k a h a s h i H., F u j i m o t o K., K o n n o H., N a g a y a m a M. // Electrochem. Soc. 1984. V. 131. № 8. P. 1856.
8. R a n d a l l G. I., B e r n a r d W. G. // Electrochem. Acta. 1975. V. 20. № 9. P. 653.