

УДК 621.794.61:669.056.93

Ю.А.Кузнецов, К.В.Кулаков

ФГБОУ ВПО

## ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ ПОКРЫТИЙ, СФОРМИРОВАННЫХ МИКРОДУГОВЫМ ОКСИДИРОВАНИЕМ

В статье представлены результаты исследования микротвердости покрытий, сформированных микродуговым оксидированием на алюминиевых сплавах.

В настоящее время микродуговое оксидирование (МДО) является наиболее перспективным по сравнению с существующими технологиями нанесения покрытий на алюминиевые сплавы и позволяет получать покрытия с высокими механическими, диэлектрическими и термостойкими свойствами. Покрытия на алюминиевых сплавах по износостойкости превышают все существующие материалы, используемые в современной технике.

Одной из важнейших характеристик, определяющих триботехнические свойства покрытий, является их микротвердость.

Микротвердость покрытий измеряли на твердомере ПМТ-3 при нагрузке на индентор 1,96 Н [1, 2].

Исследование микротвердости проводили на поперечных шлифах по толщине сформированных покрытий в зависимости от состава электролита, режима МДО и марок оксидируемых сплавов. Для получения поперечных шлифов образцы с покрытиями (рисунок 1) разрезали на две половины и обрабатывали, согласно рекомендациям [2]. Кроме того, микротвердость определяли вдавливанием алмазной пирамиды перпендикулярно к поверхностному слою покрытия. Перед измерениями образцы шлифовали наждачной бумагой до удаления рыхлого слоя покрытия, а затем полировали. Твердость  $H_u$  определяли по таблицам [2].

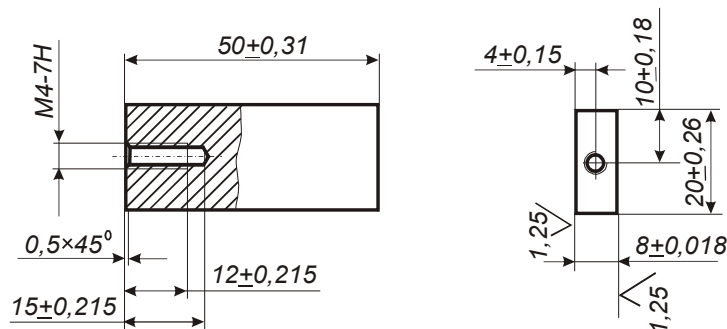


Рис. 1. Общий вид образцов для исследований толщины, микротвердости и маслостойкости покрытий.

Проведённые исследования позволили установить влияние, которое оказывают на изменение микротвердости покрытий, полученных на сплавах АК7ч и АО3-7, концентрация метасиликата натрия в электролите и плотность тока.

Увеличение концентрации метасиликата натрия в электролите при постоянных остальных параметрах процесса приводит к снижению микротвердости покрытий (рисунок 2). Так, например, проведенные измерения микротвердости на поверхности покрытий после их шлифования и полирования показали, что при концентрации  $Na_2SiO_3$  в диапазоне от 5 до 25 г/л в электролите микротвердость покрытий на сплаве АК7ч составила 9...5 ГПа, на сплаве АО3-7 – 10...6 ГПа.

Очевидно, снижение микротвердости покрытий с повышением концентрации  $Na_2SiO_3$  объясняется тем, что в структуре покрытия преобладающей фазой становится фаза муллита –  $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ .

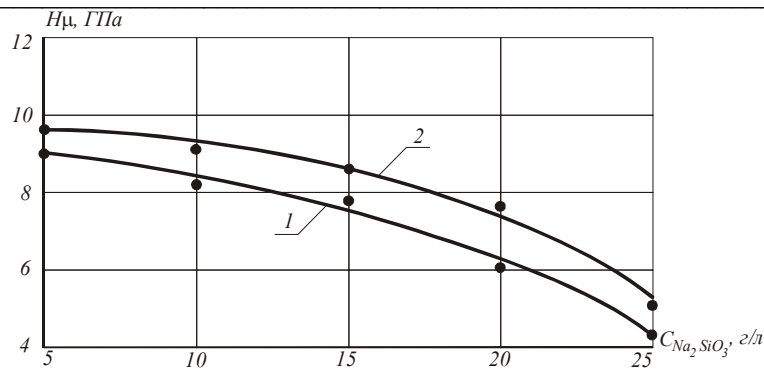


Рис. 2. Влияние концентрации  $Na_2SiO_3$  на микротвердость покрытий, полученных на сплавах.  $T = 90$  мин;  $D_T = 25$  А/дм<sup>2</sup>: 1 – сплав АК7ч; 2 – сплав АО3-7.

В ходе проведенных исследований было установлено, что микротвердость покрытия, полученного МДО, по толщине неоднородна (рисунок 3). Максимальное значение микротвердости вне зависимости от марки сплава приходится на определенный слой покрытия, выше или ниже которого ее значения уменьшаются. При этом область с наивысшими значениями микротвердости находится на расстоянии 10...15 мкм от номинального размера оксидируемого образца. По всей толщине внешнего упрочненного слоя покрытия, начиная от номинального размера, наблюдается снижение микротвердости. Изменение микротвердости по толщине упрочненного слоя следует связывать с механизмом протекания МДО.

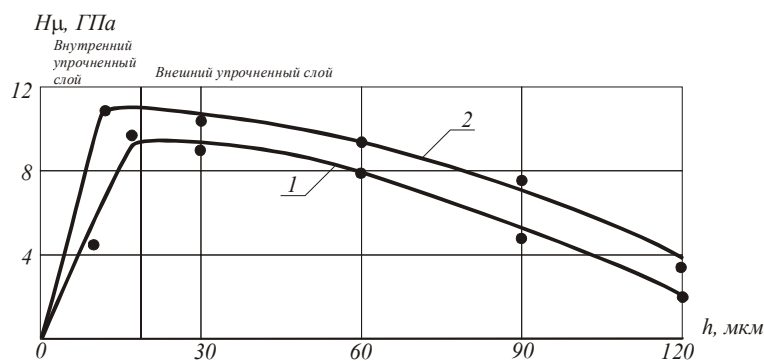


Рис. 3. Изменение микротвердости покрытий по толщине упрочненного слоя на сплавах.  $D_T = 25$  А/дм<sup>2</sup>;  $T = 90$  мин;  $C_{KOH} = 2$  з/л;  $C_{Na_2SiO_3} = 15$  з/л: 1 – сплав АК7ч; 2 – сплав АО3-7.

Следует отметить, что повышенная микротвердость покрытий, полученных микродуговым оксидированием, обуславливается наличием в структуре твердофазных  $\alpha$  и  $\gamma$  оксидов алюминия [3, 4]. Очевидно, что во внутреннем слое данных фаз больше из-за высокой температуры в каналах пробоя покрытия.

Во внешних же слоях из-за интенсивного теплоотвода в электролит и полиморфного превращения с образованием высокотемпературных модификаций оксида алюминия не происходит, а формируются только низкотемпературные фазы, характеризующиеся низкой твердостью.

Оценивая влияние плотности тока на микротвердость формируемых покрытий при постоянных остальных параметрах процесса, необходимо отметить, что с повышением плотности тока микротвердость возрастает (рисунок 4). Так, например, с увеличением плотности тока от 15 А/дм<sup>2</sup> до 35 А/дм<sup>2</sup> при постоянных остальных параметрах микротвердость покрытий на сплаве АК7ч увеличивается с 7 до 8,3 ГПа, на сплаве АО3-7 – с 7,5 до 9,5 ГПа.

Из рисунка 4 видно, что зона рациональных плотностей тока составляет 25...30 А/дм<sup>2</sup>. Увеличение плотности тока свыше 30 А/дм<sup>2</sup> может привести к переходу процесса в дуговой режим. Это связано с разрушением покрытия.

Таким образом, можно отметить, что, варьируя концентрацией метасиликата натрия в электролите и изменением плотности тока, можно изменять в широких пределах микротвердость покрытий, что дает возможность применять их для восстановления деталей, работающих в различных условиях.

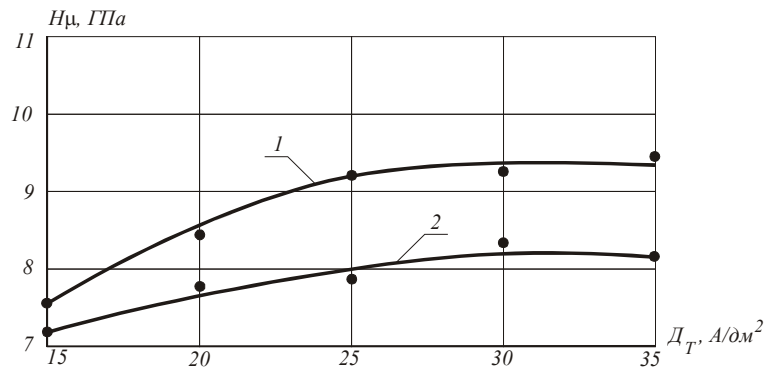


Рис. 4. Влияние плотности тока на микротвердость покрытий, полученных на сплавах.  $T = 90$  мин;  $C_{\text{KOH}} = 2$  г/л;  $C_{\text{Na}_2\text{SiO}_3} = 15$  г/л; 1 – сплав АК7ч; 2 – сплав АО3-7.

1. Коровин А.Я. Технологические основы восстановления и упрочнения деталей из алюминиевых сплавов микродуговым оксидированием. Орел: издательство ОрелГАУ, 2008. – 146 с.
2. Харитонов Л.Г. Определение микротвердости. – Москва: Металлургия. 1967. – 45 с.
3. Новиков А.Н., Батищев А.Н., Кузнецов Ю.А., Коломейченко А.В. Восстановление и упрочнение деталей из алюминиевых сплавов микродуговым оксидированием. – Орел: Орел ГАУ, 2001. – 99 с.
4. Кузнецов Ю.А. Износостойкость покрытий при микродуговом оксидировании алюминиевых сплавов. // Использование научного потенциала вузов в решении проблем научного обеспечения АПК в России. Материалы Международной научно-практической конференции. – ОрелГАУ, 2001. – С. 229–230.