

УДК 544.653.2

**КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ
МИКРОТВЕРДОСТИ И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОРИСТЫХ
АЛЮМООКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ ОТ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ
РЕЖИМОВ АНОДИРОВАНИЯ**

Шиманович Д. Л.

*Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники
e-mail: ShDL@tut.by*

Summary. The effect of electrochemical and temperature regimes under potentiostatic and galvanostatic anodizing conditions in oxalic and sulfuric acids solutions on the microhardness and mechanical wear resistance characteristics of functional thick-layer alumina coatings with a thickness of ~10–50 μm has been studied. An improvement in the microhardness and wear resistance of Al_2O_3 with a decrease in current density, voltage, and electrolytes temperature has been shown. A comparative analysis of the structural and morphological parameters influence of porous Al_2O_3 formed on aluminum alloy AMG-2M and Al (99.95 %) plates on the microhardness and resistance to abrasive wear parameters has been carried out. Improved values of microhardness (~5.5 GPa) and wear resistance (~0.73 $\mu\text{m}/\text{h}$) of Al_2O_3 layers grown using optimized technological methods have been obtained.

Анализ литературных данных и предварительные исследования [1] свидетельствуют о существенном влиянии условий электрохимического анодирования и структурно-морфологических параметров анодного Al_2O_3 на функциональные характеристики и качество формируемых покрытий.

В качестве исходного материала для экспериментальных исследований использовались пластины размером 48×60 мм из Al (99,95 %) и алюминиевого сплава АМГ-2М толщиной ~2 мм с анодными Al_2O_3 -покрытиями различной толщины (~10–50 мкм), сформированными при различных технологических режимах.

Электрохимическое анодирование Al-пластин проводилось в 3; 5; 7 %-ных водных растворах щавелевой кислоты ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) и в 15; 20 %-ных водных растворах серной кислоты (H_2SO_4) в гальваностатических режимах при постоянных плотностях тока j ~15; 20; 25; 30 mA/cm^2 и в потенциостатических режимах при постоянных напряжениях формовки U ~50; 60; 70 В (для $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) и при U ~15; 20 В (для H_2SO_4) соответственно.

Было показано, что наблюдается тенденция к ухудшению микротвердости и износостойкости Al_2O_3 на сплаве АМГ-2М с увеличением плотности тока, напряжения формовки и температуры электролитов. Так, например, увеличение плотности тока от ~15 до ~30 mA/cm^2 при анодировании в 7 %-ном растворе $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ и в 20 %-ном растворе H_2SO_4 при одинаковой температуре T ~15–16 °С приводит к снижению микротвердости

Al₂O₃ (толщиной ~20 мкм) соответственно от ~4,15 до ~3,5 ГПа и от ~3,6 до ~3,0 ГПа и к ухудшению износостойкости соответственно от ~0,82 до ~0,92 мкм/ч и от ~0,91 до ~0,98 мкм/ч. А, например, повышение температуры 5 %-ого раствора H₂C₂O₄ от ~15–16 °С до ~22–23 °С при плотности тока ~20 мА/см² приводит к снижению микротвердости Al₂O₃ (толщиной ~20 мкм) от ~4,5 до ~3,2 ГПа и падению износостойкости от ~0,78 до ~0,95 мкм/ч.

Было установлено, что с увеличением диаметра пор и пористости Al₂O₃, выращенного при различных электрохимических режимах анодирования на сплаве АМГ-2М и на Al (99,95 %), наблюдается снижение параметров микротвердости и износостойкости в рамках применения одного типа электролитов. Однако сравнительный анализ Al₂O₃-покрытий, сформированных в растворах 3–7 %-ной H₂C₂O₄ и 15–20 %-ной H₂SO₄, показал, что в растворах H₂C₂O₄ показатели микротвердости и износостойкости больше за счет меньшей пористости, чем в растворах H₂SO₄, хотя диаметр пор в последнем случае меньше. В электролитах на основе серной кислоты наблюдается усиление электропроводности и их травящей способности с повышением количества пор по объему и пористости. Было замечено, что значения микротвердости и износостойкости Al₂O₃ для сплава АМГ-2М выше, чем для Al (99,95 %).

Было выявлено, что ход кривых изменения микротвердости и скорости абразивного износа Al₂O₃-покрытий (на сплаве АМГ-2М) в зависимости от их толщины имеет два участка: при увеличении толщины от ~10 до ~20 мкм микротвердость и износостойкость повышаются, а при увеличении толщины от ~20 до ~50 мкм – уменьшаются, поскольку сказывается увеличение пористости покрытий за счет химического травления при длительном анодировании. Максимальные значения микротвердости (~5,5 ГПа) и лучшие параметры износостойкости (~0,73 мкм/ч) характерны для Al₂O₃ толщиной ~20 мкм, выращенного на алюминиевом сплаве АМГ-2М в 3 %-ном растворе H₂C₂O₄ при U = 50 В или j = 15 мА/см² при T = 15–16 °С.

Таким образом, было показано, что наблюдается тенденция к повышению микротвердости и механической износостойкости алюмооксидных покрытий с уменьшением плотности тока, напряжения формовки, температуры электролитов анодирования, с уменьшением диаметра пор и пористости Al₂O₃, выращенного при различных электрохимических режимах анодирования.

Список использованной литературы

1. Шиманович Д. Л., Яковцева В. А. Электрохимическая алюмооксидная технология для приборов силовой электроники // Доклады БГУИР. – 2019. – № 3 (121). – С. 5–11.