



# ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗРУШЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С ОКСИДНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Башков О. В., Бао Ф.

Комсомольский-на-Амуре государственный университет, Комсомольск-на-Амуре, Российская Федерация,

## Аннотация

Исследованы особенности разрушения алюминиевых сплавов с оксидными покрытиями, нанесенными методом микродугового оксидирования (МДО), и характер регистрации сигналов акустической эмиссии (АЭ) при механическом испытании образцов. Различная толщина оксидного покрытия, полученного при различном времени оксидирования, определила основные закономерности изменения активности АЭ на стадийном характере накопления повреждений в процессе деформации растяжением образцов алюминиевых сплавов.

## Введение

Наиболее распространенными металлами, на которые наносятся покрытия методом МДО, являются алюминий, титан, магний и их сплавы. Высокая адгезия и структурная неоднородность покрытий, наносимых при МДО, затрудняют использование стандартных способов определения качества покрытий. В работе предлагается использование метода АЭ при деформации образцов с оксидными покрытиями, нанесенными МДО, для определения режимов нанесения и характеристик оксидных покрытий. С целью исследования параметров оксидных покрытий, последние были нанесены на образцы, которые были подвергнуты механическим испытаниям на растяжение с одновременной регистрацией АЭ.

## Методы и материалы

Микродуговое оксидирование выполнялось на образцах алюминиевого сплава Al-10Fe-7Mn-1Si, изготовленных для механического испытания растяжением.

Образцы изготавливались из листового материала толщиной 3 мм по форме двойной лопатки с размером рабочей части 3 мм × 3 мм × 20 мм. Амплитуда импульсов напряжения оксидирования составляла 400 В. Образцы подвергались микродуговому воздействию в течение 10, 20, 30 и 40 минут в растворе электролита. Преобразователь АЭ устанавливался на гладкую широкую поверхность образца вне его рабочей части (Рис.1). Регистрация АЭ выполнялась на программно-аппаратном комплексе АЕ-Pro2.0 в течение всего периода испытания. Скорость деформации составляла 1 мм/мин.

Для испытания на растяжения подготовлены образцы алюминиевого сплава с различным временем микродугового воздействия : 1 – 10 мин; 2 – 20 мин; 3 – 30 мин; 4 – 40 мин.

## Контакты

Башков О. В.  
КнАГУ,  
Комсомольск-на-Амуре,  
Российская Федерация

E-mail: bashkov@knastu.ru  
Вебсайт: <https://knastu.ru/page/559>  
Тел.: +79141840778

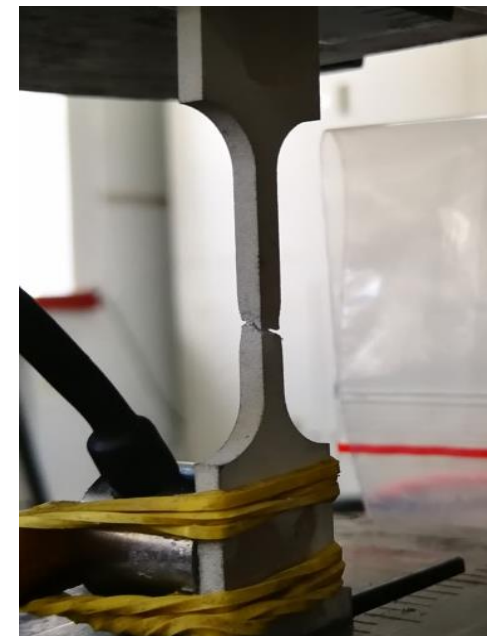


Рис.1. Образцы с МДО покрытием при механическом испытании

## Результаты и их обсуждение

Для оценки особенности повреждений покрытий МДО с различными времени микродугового воздействия в ходе разрушения выполнялся набор параметрического анализа, включая медианную частоту, амплитуду, энергию и активность зарегистрированных сигналов АЭ.



# ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗРУШЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С ОКСИДНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Башков О. В., Бао Ф.

Комсомольский-на-Амуре государственный университет, Комсомольск-на-Амуре, Российская Федерация,

## Результаты и их обсуждение

На рисунке 2 приведена диаграмма деформации с графиками накопления сигналов АЭ во времени, зарегистрированными для образцов с различным временем микродугового воздействия. Можно видеть увеличение суммарного накопления сигналов АЭ, последовательно возрастающее на стадии пластической деформации (стадия II) по мере увеличения времени оксидирования для образцов 1-3. Повторное повышение активности для образца 3 наблюдается на стадии образования шейки (стадия IV). Однако, для образца с временем оксидирования 40 мин (образец 4) активный рост суммарной АЭ наблюдался лишь на стадии деформационного упрочнения (стадия III) с переходом на стадию локализации деформации (стадия IV), сопровождающейся образованием шейки. Объясняются представленные зависимости тем, что до достижения определенной толщины покрытия (образцы 1 и 2), на стадии II происходит множественное растрескивание покрытия при несовместимости деформации пластичной подложки и твердого покрытия. На стадии IV происходит снижение энергии сигналов АЭ, связанное с преимущественной пластической деформацией на вновь образованных после растрескивания поверхностях.

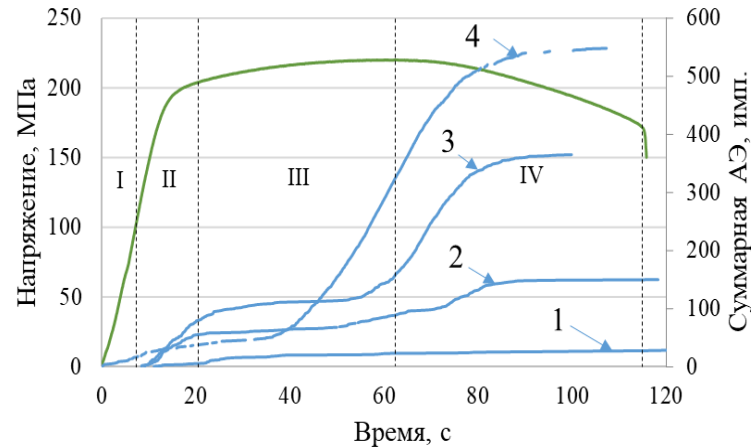


Рис.2 Диаграмма деформации с графиками накопления сигналов АЭ во времени (а), зарегистрированными для образцов с различным временем микродугового воздействия: 1 – 10 мин; 2 – 20 мин; 3 – 30 мин; 4 – 40 мин.

Образцы с повышенной толщиной покрытия (образцы 3 и 4) испытывают в локальных зонах образовавшихся трещин повышение скорости локальной деформации, что приводит к повышению активности на завершающих стадиях деформации.

## Контакты

Башков О. В.  
КнАГУ,  
Комсомольск-на-Амуре,  
Российская Федерация

E-mail: bashkov@knastu.ru  
Вебсайт: <https://knastu.ru/page/559>  
Тел.: +79141840778

## Заключение

Анализ параметров АЭ дает возможность оценить характер образования и разрушения покрытий, сформированных методом МДО.

Толщина покрытий, характеризующихся повышенной твердостью существенным образом, влияет на характер генерации АЭ. По активности АЭ на различных стадиях деформации можно судить о механизмах эволюции дефектной структуры материалов с покрытиями в приповерхностных слоях.

## Библиографический список

- Беспалова Ж.И., Паненко И.Н., Дубовсков В.В., Козаченко П.Н., Кудрявцев Ю.Д. (2012), "Исследование процесса формирования оптически черных оксидно-керамических покрытий на поверхности алюминиевого сплава 1160", Известия вузов. Естественные науки., No.5, pp. 63-66.
- Михеев А.Е., Трушкина Т.В., Гирн А.В., Раводина Д.В., Ивасев С.С. (2013), "Химические процессы при микродуговом оксидировании", Вестник СибГАУ, No. 2(48), pp.212-215.
- Bashkov O., Li X., Bao F., Kim V.A., Zhou C. Acoustic emission that occurs during the destruction of coatings applied by microarc oxidation on an aluminum alloy// Materials Today: Proceedings 19. 2019. P. 2522–2525
- Башков, О.В. Исследование влияния электрических режимов микродугового оксидирования на морфологию оксидного покрытия на алюминиевом сплаве 1163 / О.В. Башков, Ф. Бао// Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. 2020. Ч. 1.С. 14-18.