

УДК 620.179.17

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛА С ИНДИКАТОРНЫМ
ТЕНЗОПОКРЫТИЕМ НА ОСНОВЕ МИКРОМЕХАНИЧЕСКОЙ
МОДЕЛИ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Д. В. ЧЕРНОВ, В. А. БАРАТ, *С. В. ЕЛИЗАРОВ
ФГБОУ ВПО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»
*ООО «ИНТЕРЮНИС»
Москва, Россия

В настоящее время основные детали летательных аппаратов изготавливают из композиционных материалов. Композиционные материалы обладают высокими прочностными характеристиками, низкой плотностью и технологичностью при изготовлении конструкций сложной аэродинамической формы. Для оперативного наблюдения за состоянием авиационных композитных материалов применяют индикаторные тензопокрывтия.

Индикаторные тензопокрывтия позволяют выявлять зоны с высоким уровнем напряжений. Тензопокрывтие представляет собой анодированную алюминиевую фольгу с толщиной оксидной пленки 10–40 мкм, наклеенную на исследуемый элемент конструкции. Разработка тензопокрывтий осуществляется таким образом, чтобы предел прочности покывтия не превышал предела упругости основного материала. При превышении допустимого уровня механических напряжений тензопокывтие начинает разрушаться задолго до начала разрушения основного композитного материала.

Для автоматизации процесса слежения за состоянием тензопокывтия и основного композиционного материала используется акустико-эмиссионный (АЭ) мониторинг. Использование АЭ мониторинга позволяет оперативно следить за состоянием объекта, определять местоположение дефектов, а также на основании АЭ параметров различать сигналы от разрушения тензопокывтия и от основного композитного материала.

В данной работе описана методика, позволяющая оценивать состояние многослойного материала, состоящего из композитного основания, на которое наносится хрупкая оксидная пленка. Методика основана на аппроксимации зависимости суммарного счета АЭ аналитической микромеханической моделью акустической эмиссии (ММАЭ). Изменение параметров модели с течением времени позволяет судить о процессе разрушения многослойного гетерогенного материала.

При разработке методики проводились экспериментальные исследования - испытания образцов на разрыв. При испытаниях использовалась установка INOV АИК-6033, АЭ мониторинг проводился при помощи системы A-Line 32D компании «ИНТЕРЮНИС».

Для определения состояния основного материала была исследована и применена микромеханическая модель акустической эмиссии (ММАЭ), основанная на кинетической концепции прочности С.Н. Журкова. Модель связывает суммарный счет АЭ – $N_{\Sigma}(t)$ и концентрацию микротрещин $C(t)$, которые в соответствии с теорией Журкова, представляют собой разрушенные структурные элементы (1)

$$N_{\Sigma}(t) = k_{AE} C(t), \quad (1)$$

где k_{AE} – акустико-эмиссионный коэффициент пропорциональный объему деформации.

$$N_{\Sigma}(t) = k_{AE} \cdot C_0 \int_q^{q1(\varepsilon(t))} \Psi_{\gamma}(\gamma, \varepsilon(t)) \left(1 - \exp \left(- \int_0^t \frac{d\bar{t}}{\tau_0 \exp \left(\frac{U_0 - \gamma \sigma(\bar{t})}{RT} \right)} \right) \right) d\gamma. \quad (2)$$

ММАЭ задается выражением (2), где $\Psi_{\gamma}(\gamma, \varepsilon(t))$ – распределение структурно-чувствительного параметра γ ; $q1(\varepsilon(t))$ – предельное значение $\Psi_{\gamma}(\gamma, \varepsilon(t))$; R – газовая постоянная; T – температура; $\sigma(\bar{t})$ – напряжение, приложенное к объекту.

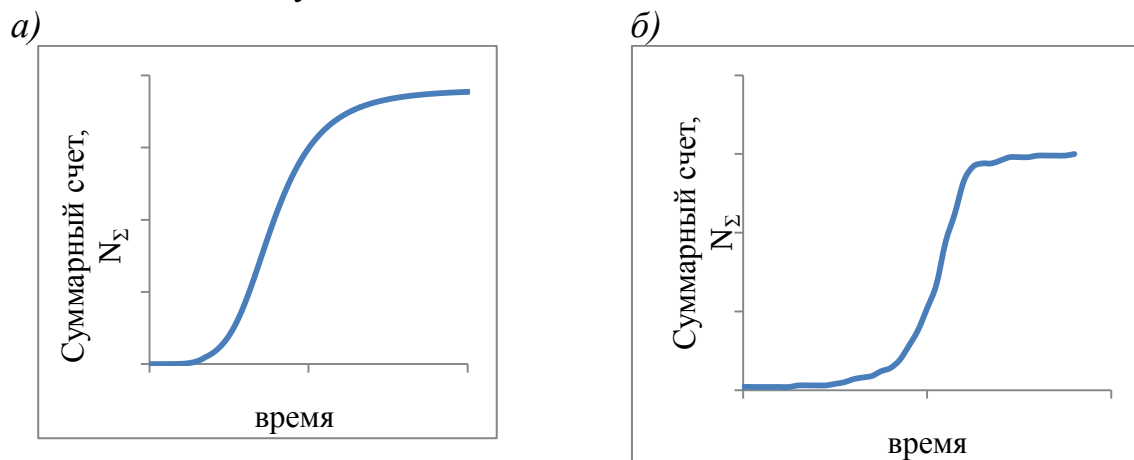


Рис. 1. Суммарный счет акустической эмиссии, полученный при помощи ММАЭ (а), в экспериментах по разрушению композиционного материала (б)

На рис. 1 показан суммарный счет АЭ, полученный теоретически, при помощи ММАЭ и экспериментально, при разрыве композитного образца. Идентичный вид зависимостей доказывает состоятельность исследуемой модели.

При переходе определенного уровня приложенной нагрузки, в соответствии с ММАЭ, происходит активация процесса разрушения структурных элементов. Вначале разрушаются элементы с большим значением структурно-чувствительного параметра γ . Оценкой текущего состояния объекта контроля может быть предельное значение структурно-чувствительного параметра $q1$ [3].

На рис. 2 показана зависимость величины $q1$ от времени при разрушении многослойного образца. Начальный участок зависимости, на котором значение $q1$ остается неизменным, соответствует разрушению тензопокрывтия, уменьшение значения $q1$ свидетельствует об ограничении распределения параметра γ и разрушении основного композитного материала образца.

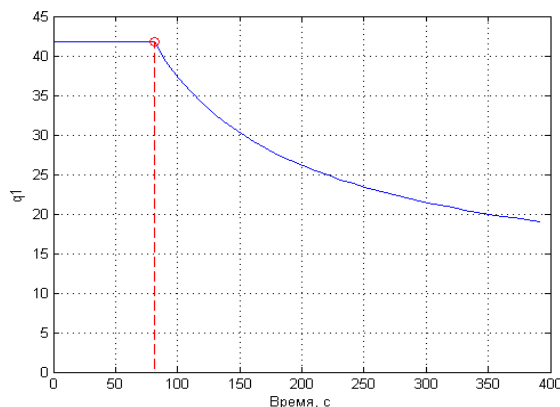


Рис. 2. Определение начала пластической деформации с помощью ММАЭ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комплексная диагностика процессов деформирования и разрушения элементов конструкций с использованием хрупких тензопокрывтий и акустической эмиссии / С. В. Елизаров [и др.] // XX Всероссийская научно-техническая конференция по неразрушающему контролю и технической диагностике: тез. докл. Москва, 3–6 марта 2014 г. – М. : Издательский дом «Спектр», 2014. – С. 397–399.
2. **Носов, В. В.** Диагностика машин и оборудования: учеб. пособие / В. В. Носов. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Издательство «Лань», 2012. – 384 с.
3. **Лахова, Е. Н.** Методика прогнозирования работоспособности критически нагруженных объектов машиностроения: дис. ... канд. техн. наук : 05.02.02 : защищена 20.11.12. – СПб., 2012. – 165 с.

E-mail: chernovdv@inbox.ru
vera.barat@mail.ru
serg@interunis.ru