

УДК 620.179:534.6

Т.В. Нимченко, к.т.н.

АНАЛИЗ АМПЛИТУДНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ТРЕНИИ КОМПОЗИТОВ

Национальный авиационный университет, г. Киев
e-mail: fiona54@ukr.net

Рассмотрены результаты обработки амплитудных и энергетических параметров реального результирующего сигнала акустической эмиссии при трении поверхностей из композиционного материала. Определено, что информативным параметром акустической эмиссии является процентный прирост дисперсии среднего уровня энергии результирующего сигнала.

Ключевые слова: акустическая эмиссия, сигнал, параметры, композит, амплитуда, энергия, износ, разрушение

Постановка проблемы

При разработке методов контроля и диагностики узлов трения из композиционных материалов (КМ) проводят комплексные исследования с использованием традиционных и не традиционных методов. Однако, как показывает экспериментальная практика, традиционные методы (момент трения, коэффициент трения и другие характеристики) не обладают достаточной чувствительностью к микропроцессам развивающимся в поверхностных слоях КМ при трении и износе.

Одним из наиболее чувствительных методов, который находит все большее применение при исследовании узлов трения из КМ, является метод акустической эмиссии (АЭ). Как показывают результаты опубликованных исследований, метод АЭ имеет высокую реакцию на изменение механизмов трения и износа и позволяет получать значительные объемы информации о протекающих процессах.

Значительное количество анализируемых параметров АЭ (амплитудных и энергетических, их статистические характеристики) требует определения их информативности или чувствительности к изменению процессов, развивающихся в поверхностных слоях КМ. Безусловно, что, с данной точки зрения, значение приобретают исследования, направленные на анализ акустического излучения с получением ожидаемых закономерностей изменения его параметров при изменении условий трения и износа в зоне фрикционного контакта.

Анализ последних исследований и публикаций

Исследования процессов трения и износа поверхностных слоев с использованием метода АЭ охватывают широкий круг материалов – материалов с традиционной структурой и КМ [1 – 3]. Большинство работ имеют экспериментальный характер. Результаты экспериментальных работ, как правило, при анализе акустического излучения носят описательный характер с проведением сравнительной оценки чувствительности регистрируемой информации по отношению к традиционным характеристикам. Например, среднего уровня амплитуды регистрируемого сигнала АЭ и коэффициента трения. При этом подчеркивается не только чувствительность метода, но и сложный характер его видоизменения на протяжении всего процесса трения и износа исследуемых образцов. В тоже время, практически отсутствуют данные о взаимосвязи параметров АЭ с эксплуатационными характеристиками работы узлов трения.

Задачи исследования

В работе будут рассмотрены результаты исследования сигнала АЭ, формируемого на всех стадиях трения и износа поверхностей фрикционного контакта из КМ. Будут показаны закономерности скорости изменения амплитудных и энергетических параметров результирующего сигнала АЭ. Так же будет показано, что при переходе со стадии нормального износа к стадии, предшествующей катастрофическому износу, происходит возрастание скоростей изменения среднего уровня амплитуды и энергии результирующего сигнала АЭ, скоростей изменения их стандартных отклонений и дисперсий.

Экспериментальные результаты

Для проведения исследований АЭ при трении поверхностей из КМ были изготовлены образцы в виде втулок из стали 30ХГСА и алюминиевого сплава Д16 с твердосплавным покрытием ВК6. Размеры образцов составляли: внешний диаметр 28 мм; внутренний диаметр 20 мм; высота 22 мм. Испытания образцов осуществлялось с использованием конструктивной схемы “диск-диск” [3]. Контактное взаимодействие образцов осуществлялось по торцевым поверхностям с твердосплавным покрытием. Испытания проводили на испытательной машине СМТ-1 с использованием компьютерного управления режимами ее работы. Для используемой схемы испытаний один из образцов был неподвижным, а другой вращался в шпинделе испытательной машины. Величина поверхности контактного взаимодействия образцов задавалась с использованием прорезей на торцевых поверхностях образцов. Прорези были глубиной 5 мм и располагались равномерно по торцевой поверхности образцов. Скорость вращения приводного вала машины трения СМТ-1 составляла 500 об/мин. Величина осевой нагрузки на пару трения задавалась с использованием устройства задания осевой нагрузки и составляла 450 Н. В качестве смазывающей среды использовалось масло М10Г2К. Расход масла составлял 1,2 л/час.

Для исследования сигналов АЭ использовался акусто-эмиссионный диагностический комплекс [4]. По результатам обработки параметров регистрируемых сигналов АЭ формировались данные, которые сохранялись в виде логических массивов. Результаты обработки выводились на экран монитора в виде графических зависимостей (амплитуда или энергия сигналов АЭ во времени), а так же преобразовывались в форматы для математических приложений под Windows. Математические приложения под Windows использовались для проведения статистической обработки параметров регистрируемых сигналов АЭ.

При проведении испытаний сигнал АЭ регистрировался на всех стадиях трения и износа образцов, включая и стадию катастрофического износа. Зависимости изменения амплитуды и энергии зарегистрированного результирующего сигнала АЭ показаны на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что для заданных условий испытаний на всех стадиях износа результирующий сигнал АЭ представляют собой непрерывный сигнал. Такой сигнал АЭ можно характеризовать некоторым средним уровнем амплитуды или энергии и величинами их разброса. На стадии нормального износа образцов (стадия 1, рис. 1) наблюдается постепенное возрастание среднего уровня амплитуды (\bar{U}) и энергии (\bar{E}) результирующего сигнала АЭ. Время усреднения амплитуды и энергии результирующего сигнала АЭ при построении кривых \bar{U} и \bar{E} (рис. 1) составляло 15 с. Увеличение среднего уровня амплитуды и энергии АЭ наблюдается и на стадиях 2 и 3 (рис. 1). Однако ее прирост выше, чем на стадии 1.

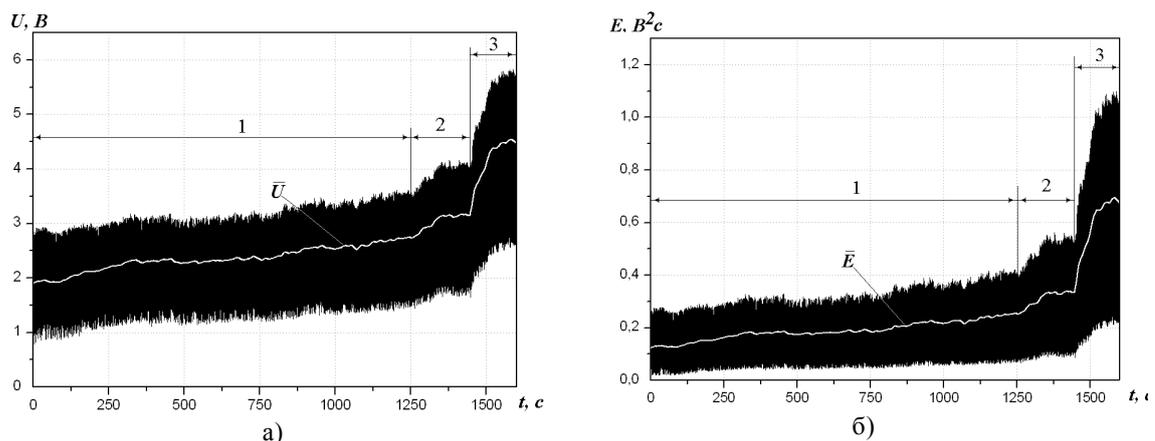


Рисунок 1 – Графики зависимости изменения амплитуды (а) и энергии (б) результирующего сигнала АЭ во времени в относительных единицах при трении поверхностей образцов с покрытием ВК6: 1 – стадия нормального износа; 2 – стадия, которая предшествует катастрофическому разрушению поверхностей; 3 – стадия катастрофического износа (разрушения) поверхностей; \bar{U} , \bar{E} – соответственно, средний уровень амплитуды и энергии результирующего сигнала АЭ

В тоже время, существует и некоторая особенность в характере изменения акустического излучения при переходе к стадии 2 и 3. Происходит увеличение не только среднего уровня амплитудно-энергетических параметров результирующего сигнала АЭ, но и величин их

разброса. Это хорошо наблюдается на зависимости изменения энергии результирующего сигнала АЭ (рис. 1, б).

Результаты статистической обработки параметров АЭ на всех рассматриваемых стадиях в виде графиков скорости изменения среднего уровня амплитуды и энергии результирующего сигнала АЭ, а так же скорости изменения их стандартных отклонений и дисперсий во времени показаны на рис. 2. Графики рис. 2 представлены в нормированных единицах. При построении графиков рис. 2 длина выборки для статистической обработки данных с определением скорости изменения среднего уровня амплитуды и энергии результирующего сигнала АЭ, а так же скорости изменения их стандартных отклонений и дисперсий на стадии 1 (рис. 1) составляла 100 с. На стадии 2 и 3 (рис. 1) длина выборки составляла 50 с. Количество измеренных точек, соответственно, составляло: 10000 и 5000.

Из рис. 2 видно, что на стадии стабильного износа (стадия 1) скорости изменения как амплитудных, так и энергетических параметров результирующего сигнала АЭ практически являются неизменными. При переходе к стадии 2, т.е. стадии, которая предшествует стадии катастрофического износа, наблюдается возрастание скорости изменения всех анализируемых параметров АЭ. В дальнейшем происходит возрастание скорости изменения амплитудных и энергетических параметров АЭ. Однако рост скорости изменения дисперсий среднего уровня амплитуды и среднего уровня энергии результирующего сигнала АЭ опережает рост скоростей изменения среднего уровня амплитуды и энергии, а так же скоростей изменения их стандартных отклонений (рис. 2). При переходе к стадии 3 рост скорости изменения дисперсий среднего уровня амплитуды и среднего уровня энергии результирующего сигнала АЭ замедляется, по отношению к остальным анализируемым параметрам. Такие изменения параметров результирующего сигнала АЭ хорошо наблюдаются на зависимостях процентного прироста амплитудных и энергетических параметров результирующего сигнала АЭ во времени (рис. 3).

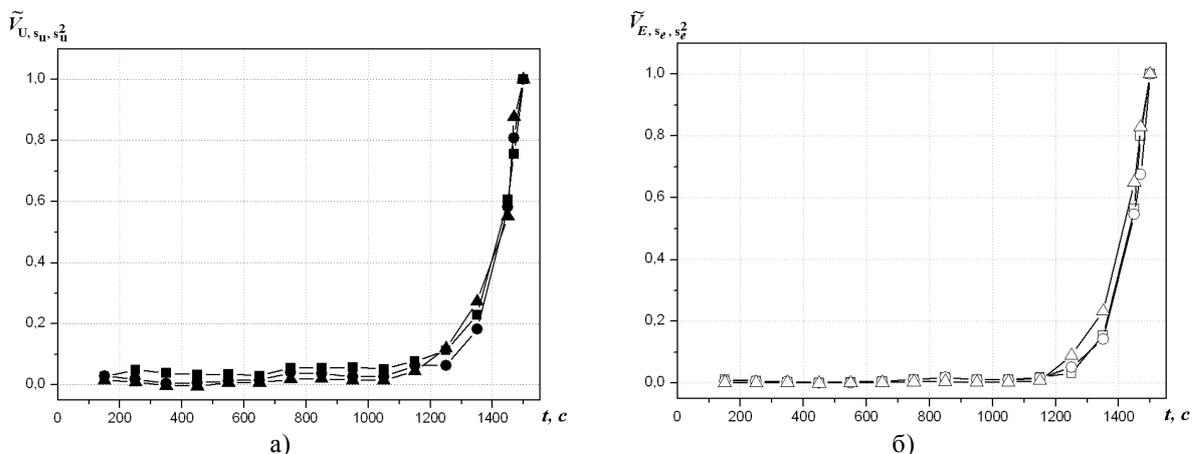


Рисунок 2 – Графики скорости изменения амплитудных (а) и энергетических (б) параметров результирующего сигнала АЭ (рис. 4) на стадиях 1, 2 и начальному этапе стадии 3 во времени в нормированных единицах при трении образцов с покрытием ВК6: ■ – скорость изменения среднего уровня амплитуды $\tilde{V}_{\bar{U}}$; ● – скорость изменения стандартного отклонения среднего уровня амплитуды $\tilde{V}_{S_{\bar{U}}}$; ▲ – скорость изменения дисперсии среднего уровня амплитуды $\tilde{V}_{S_{\bar{U}}^2}$; □ – скорость изменения среднего уровня энергии $\tilde{V}_{\bar{E}}$; ○ – скорость изменения стандартного отклонения среднего уровня энергии $\tilde{V}_{S_{\bar{E}}}$; △ – скорость изменения дисперсии среднего уровня энергии $\tilde{V}_{S_{\bar{E}}^2}$

Из рис. 3 видно, что в процессе трения и износа образцов с покрытием ВК6 наблюдается возрастание амплитудных и энергетических параметров результирующего сигнала АЭ. С переходом к стадии, предшествующей стадии катастрофического износа (стадии 2, рис. 1) происходит большой процентный прирост анализируемых параметров. При этом процентный

прирост дисперсий среднего уровня амплитуды и среднего уровня энергии результирующего сигнала АЭ опережает процентный прирост средних уровней амплитуды и энергии, а так же процентный прирост их стандартных отклонений.

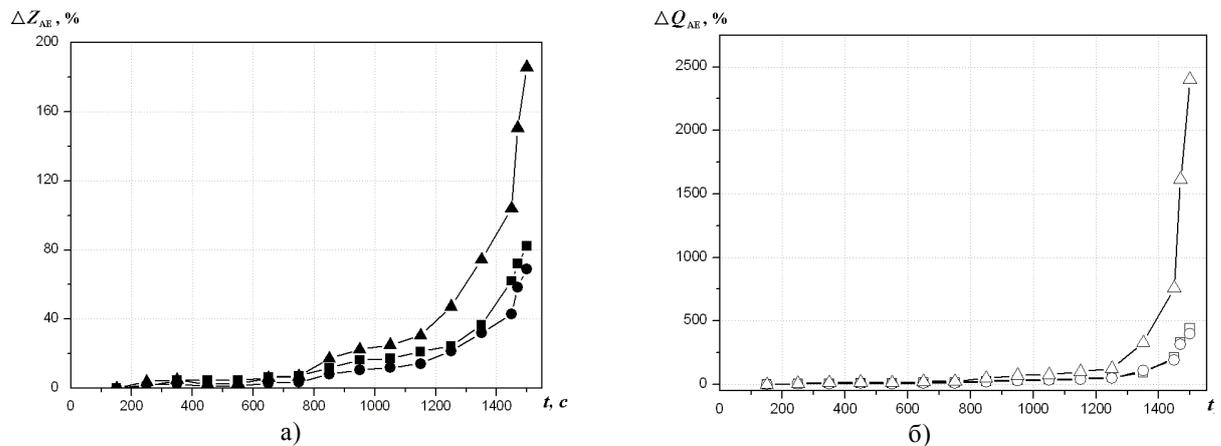


Рисунок 3 – Графики процентного прироста амплитудных (а) и энергетических (б) параметров результирующего сигнала АЭ (рис. 4) на стадиях 1, 2 и начальному этапе стадии 3 во времени при трении образцов с покрытием ВК6: ■ – процентный прирост среднего уровня амплитуды (\bar{U}), его стандартного отклонения ● ($s_{\bar{U}}$) и дисперсии ▲ ($s_{\bar{U}}^2$); □ – процентный прирост среднего уровня энергии (\bar{E}), его стандартного отклонения ○ ($s_{\bar{E}}$) и дисперсии △ ($s_{\bar{E}}^2$)

В тоже время, как видно из рис. 3, процентный прирост дисперсии среднего уровня энергии результирующего сигнала АЭ при переходе и на стадии 2 является наибольшим, что можно использовать в качестве АЭ параметра для контроля узлов трения из КМ.

Выводы

Были проведены экспериментальные исследования АЭ при трении поверхностей из КМ. При этом определено, что на стадии нормального износа узла трения скорость изменения амплитудных и энергетических параметров АЭ практически является неизменной. Однако, как показали экспериментальные данные, переход узла трения к стадии, которая предшествует стадии катастрофического износа, приводит к возрастанию скорости роста параметров акустического излучения. При этом процентный прирост дисперсии среднего уровня энергии является максимальным. В тоже время, интерес представляет взаимосвязь АЭ с параметрами трения и износа поверхностей из КМ.

Список использованной литературы

1. Mechefske C.K. Using acoustic emission to monitor sliding wear /C.K. Mechefske, G. Sun, J. Sheasby// Insight.-2002.-V.44.-No 8.-P.1 – 8.
2. Hase A. Acoustic emission in elementary processes of friction and wear: In-situ observation of friction surface and AE signals/ A. Hase, M. Wada, H. Mishina// J. of advanced mechanical desing, items and manufacturing.-2009.-v.3.-No 4.-P.333 – 344.
3. Филоненко С.Ф. Закономерности скорости изменения энергетических параметров акустической эмиссии при трении композиционных материалов / С.ф. Филоненко, Т.В. Нимченко, Т.Н. Косицкая // Вісник інженерної академії україни. – 2014. – №1. – С.185 – 191.
4. Филоненко С.Ф. Энергия акустического излучения при трении поверхностей из композиционных материалов/ С.Ф. Филоненко, Т.В. Нимченко, Т.Н. Косицкая // Технологические системы.-2013.- №4 (65).-С.84-92.