

АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫЙ КОНТРОЛЬ В ПРОЦЕССЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ

Ю. Г. БЕЗЫМЯННЫЙ¹, Д. В. ГАЛАНЕНКО², Е. А. КОЗИРАЦКИЙ¹

¹*Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАНУ
ул. Кржижановского, 3, Киев, 03142, Украина.*

²*НПФ "Ультракон-сервис", г. Киев.*

Проведена экспериментальная оценка возможностей использования метода акустической эмиссии для контроля процесса накопления усталостных повреждений при высокочастотном деформировании материала. В качестве объекта исследований выбраны материалы, имеющие различный характер усталостного разрушения: пластичная сталь и хрупкая керамика. В результате показано, что метод акустической эмиссии может быть использован для контроля за процессом накопления усталостных повреждений при высокочастотном нагружении материалов начиная со стадии непосредственно предшествующей появлению макротрещины в материале. Даны рекомендации по повышению помехоустойчивости метода с целью перспективы его использования на более ранних стадиях накопления усталостных повреждений.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важных эксплуатационных характеристик материала является его циклическая прочность. Для определения предела выносливости материала на больших базах нагружения используют высокочастотное деформирование в мощных акустических полях. При изучении и контроле процесса накопления повреждений в материале при статическом нагружении и при малоциклового усталости широко применяется метод акустической эмиссии (АЭ) [1]. Недостатки этого метода связаны с трудностями выделения сигналов АЭ из помех и интерпретации сигналов, получаемых в процессе контроля. Поэтому при высокочастотном деформировании материалов метод не нашёл широкого применения. Причиной этого является высокий уровень собственных шумов испытательных машин [2]. Современное состояние аппаратуры акустико-эмиссионного контроля позволяет по новому оценить возможности метода АЭ применительно к исследованию процесса многоциклового усталости материала.

В настоящей работе проведены исследования возможностей современной АЭ-аппаратуры для регистрации процесса накопления повреждений в материалах при высокочастотном нагружении.

1 МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами для исследований служили образцы трёх материалов: керамики Al_2O_3 (рис. 1,а), керамики Si_3N_4 (рис. 1,а) и стали 3 (рис. 1,б).

Усталостные испытания проводились на электродинамическом вибростенде ВЭДС-200 по методикам [1] с использованием симметричных изгибных резонансных колебаний образцов. Выбор электродинамического вибростенда в качестве испытательной машины обусловлен стремлением минимизировать посторонние шумы, возникающие при движении подвижных частей машин и осложняющие применение

метода АЭ. В вібростенді має одна подвижна частина – катушка, з'єднана з корпусом за допомогою еластичних мембран, зміщення яких не генерують значительних шумів в діапазоні частот, використовуємому звичайно для прийому сигналів АЭ.

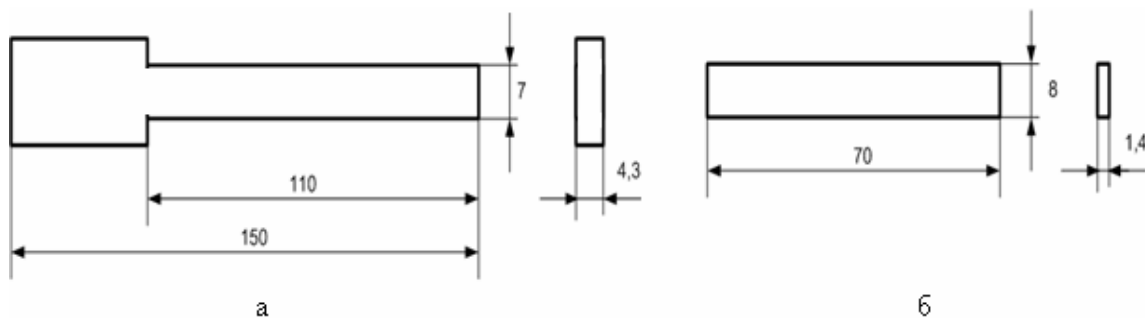


Рис. 1.

Структурна схема експеримента показана на рис. 2. Вибраний вид коливань передбачає консольне кріплення зразка 1 до концентратора 6 вібростенді за допомогою накладки 3.

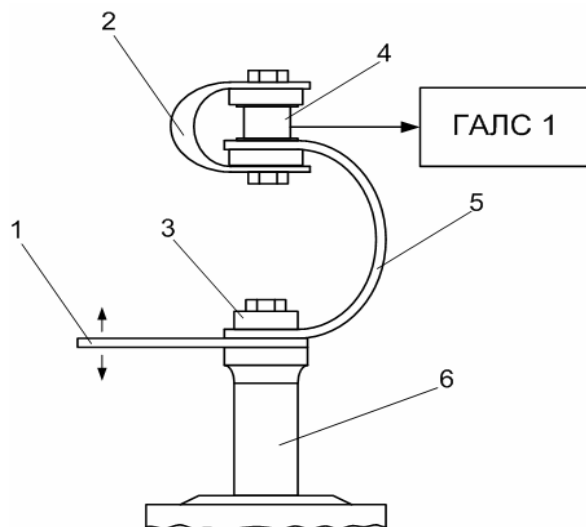


Рис. 2.

Отличительной особенностью разработанной методики приема сигналов АЭ в процессе высокочастотных испытаний являлось применение акустического волновода 5. Он представлял собой изогнутую пластину из алюминиевого сплава, предназначенную для обеспечения акустической связи испытываемого образца с приёмником сигналов АЭ 4 при малых (неразрушающих) уровнях колебаний, а также для механической развязки приёмника АЭ и концентратора при больших (разрушающих) уровнях колебаний образца. Волновод одним концом жёстко крепился к образцу накладной 3. К свободному концу волновода с помощью трубки 2 крепился приёмник АЭ. Для предотвращения трения в системе приёмник АЭ – трубка – образец использовались прокладки из полиуретановой резины.

Для приема и обработки сигналов АЭ использовался прибор ГАЛС-1 разработки НПФ "Ультракон-сервис". Полоса пропускания приёмника составляла 0,3..0,8 МГц. Программное обеспечение ГАЛС-1 позволяло изменять параметры приёмника (усиление, порог срабатывания, время срабатывания, полоса частот и др.) и тем самым повышать его помехоустойчивость.

Для тестирования аппаратуры применяли стержни грифеля толщиной 0,5 мм.

2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Основной проблемой испытаний было подавление шумов.

Собственные шумы испытательной машины в исследуемом диапазоне частот представляли собой практически равномерный по уровню хаотический шумовой сигнал. Его удалось подавить путём повышения порога срабатывания приёмника по амплитуде.

Другой вид помех представлял собой случайным образом возникающие импульсные сигналы (рис. 3), имеющие электромагнитную (не акустическую) природу. Частично их удалось подавить путём увеличения задержки времени срабатывания приёмника. В процессе испытаний эта помеха иногда появлялась, искажая результаты обработки полезного сигнала.

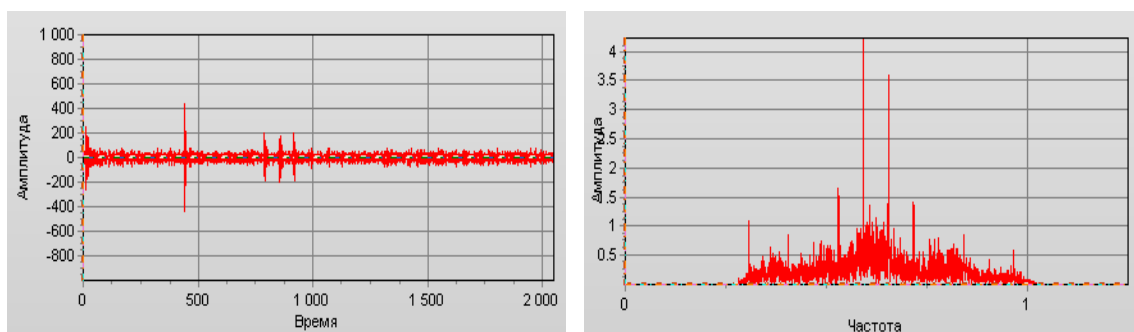
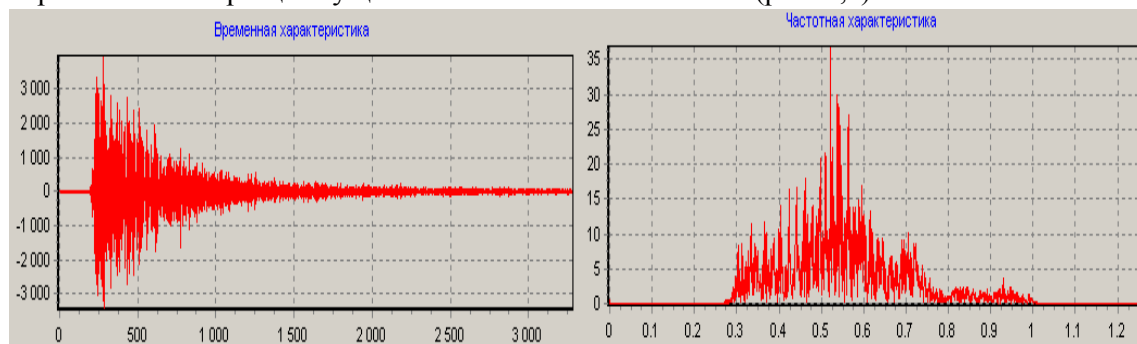


Рис. 3.

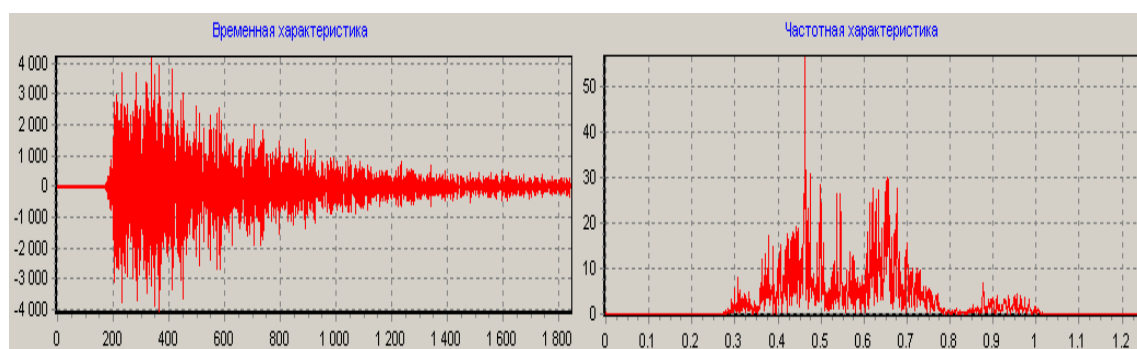
На рис. 4 представлены сигналы на выходе настроенного для испытаний прибора ГАЛС-1, сопровождающие разлом грифеля: а – на стальном образце, б – на керамическом.

На рис. 5,а и 6,а представлены сигналы, регистрируемые прибором ГАЛС 1 в процессе испытаний стального образца (частота нагружения 5,12 кГц) до появления макротрещины. При увеличении уровня нагрузки образец разрушился с сопровождающимся нарастанием активности сигналов АЭ (рис. 6,б). При этом резонансная частота уменьшилась до 5,11 кГц. После появления макротрещины сигналы АЭ были обусловлены, преимущественно трением краёв трещины при колебаниях образца.

При испытаниях обоих видов керамических материалов (частота нагружения около 0,5 кГц) сигналов АЭ не наблюдалось вплоть до разрушения образцов. Последнее сопровождалось актами АЭ (рис. 5,б), энергетически многократно превышающими акты АЭ при разрушении металлических образцов. В то же время активности АЭ в керамических образцах существенно более локализовано (рис. 6,в).



а



б

Рис. 4.

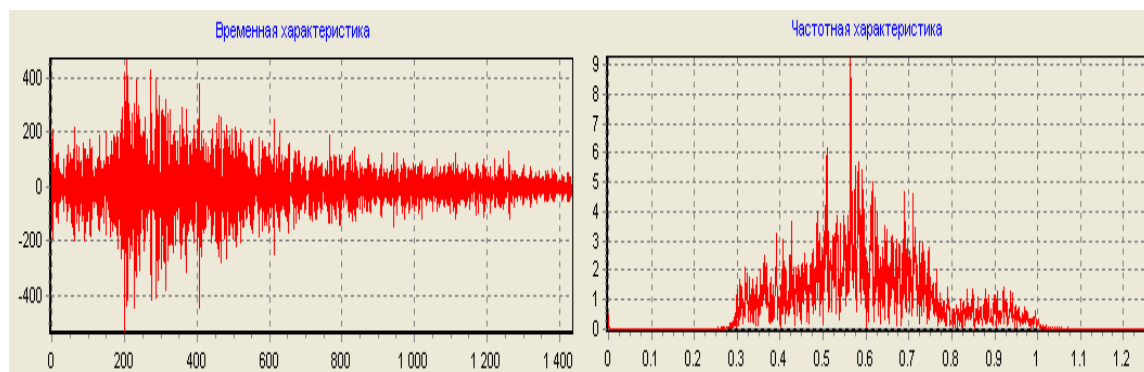
Фрактограммы разрушений металлического (а) и керамического (б) образцов показаны на рис. 7. Первый имеет характерные зоны пластического деформирования при циклическом нагружении в условиях наличия усталостных трещин различной величины. Для второго характерно хрупкое разрушение от локального источника.

3 ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

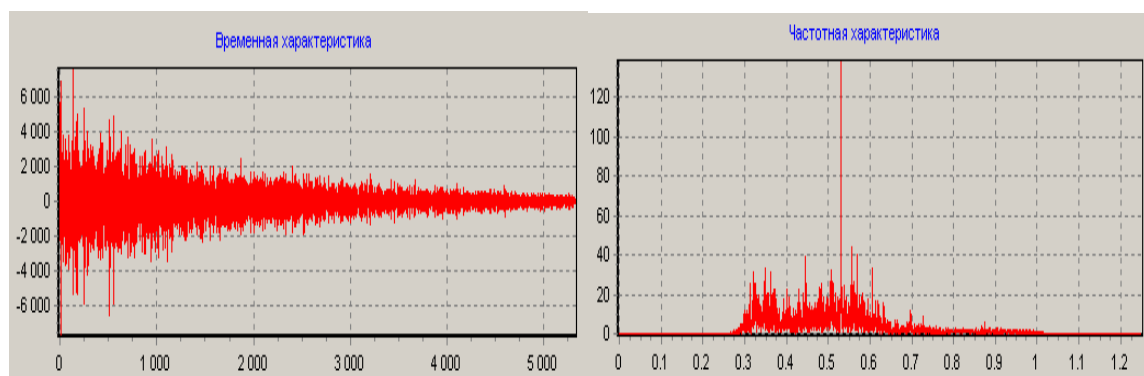
Несмотря на появление в отдельные моменты времени импульсной помехи, в результате исследований наблюдались закономерности появления сигналов АЭ, характерные как для накопления усталостных повреждений в пластичных материалах (стальной образец), так и для хрупкого разрушения (керамические образцы). Сигналы АЭ, сопровождающие появления макротрещины, многократно превышают по уровню помеху. Поэтому они, без сомнения могут быть однозначно идентифицированы.

На ранних стадиях усталостной поврежденности материала уровни полезного сигнала и помехи сопоставимы. Поэтому помеха, воспринимаемая прибором как полезный сигнал, вносит существенные искажения в интерпретацию процесса накопления поврежденности материала. Особенно существенно это для хрупких

материалов, у которых наблюдается небольшое время накопления повреждений и большое рассеивание результатов циклических испытаний. Поэтому такие материалы, с одной стороны, более сложны, по сравнению с пластичными, с точки зрения применения метода АЭ, а, с другой, – потребность своевременного выявления (на ранних стадиях повреждаемости) развивающихся дефектов в таких материалах более актуальна.



a



б

Рис. 5.

Сопоставительный анализ характеристик (временных и частотных) полезного сигнала и помехи показывает, что они имеют ряд существенных отличий (например, по длительности, распределению спектральных составляющих), и позволяет считать перспективным для повышения помехоустойчивости системы использование корреляционного анализа и согласованной фильтрации полезного сигнала.

ВЫВОДЫ

Результаты работы показали, что использование прибора ГАЛС-1 для исследования процесса накопления усталостных повреждений при высокочастотном деформировании материалов позволяет уверенно выявлять повреждаемость в момент возникновения макротрещины или непосредственно предшествующий ему. Более ранняя диагностика многоциклового усталостного повреждения в условиях помех может стать

доступной при условии использования корреляционной обработки принимаемых сигналов.

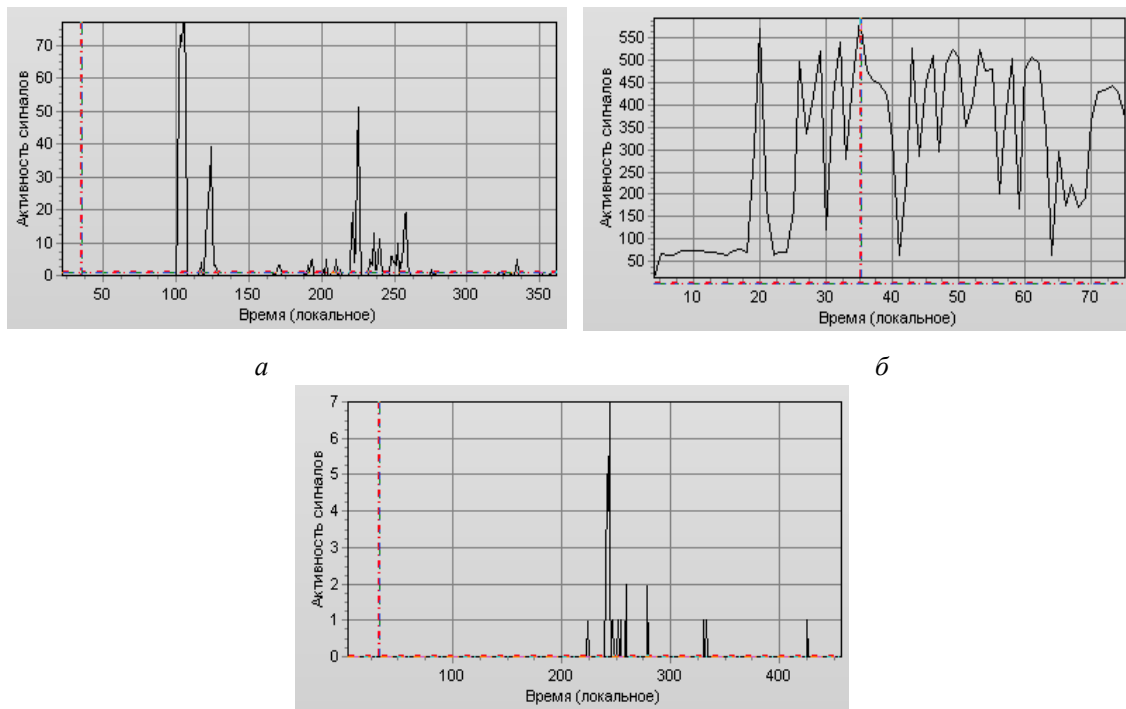


Рис. 6.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / Под ред. В.В.Клюева. – М.: Машиностроение, 2003. – 656 с.
2. Безымянный Ю.Г., Гришаков С.В., Дробинский В.С., Шевчук А.Д. Исследование процесса высокочастотной усталости конструкционной керамики методом акустической эмиссии / Докл. III Всесоюз. семинара "прочность материалов и элементов конструкций при звуковых и ультразвуковых частотах нагружения". – Киев: Наук. думка, 1983 - с.76-79.
3. Усталостные испытания на высоких частотах нагружения / Под ред. В.А.Кузьменко. – К.: Наук. думка, 1979. 336 с.

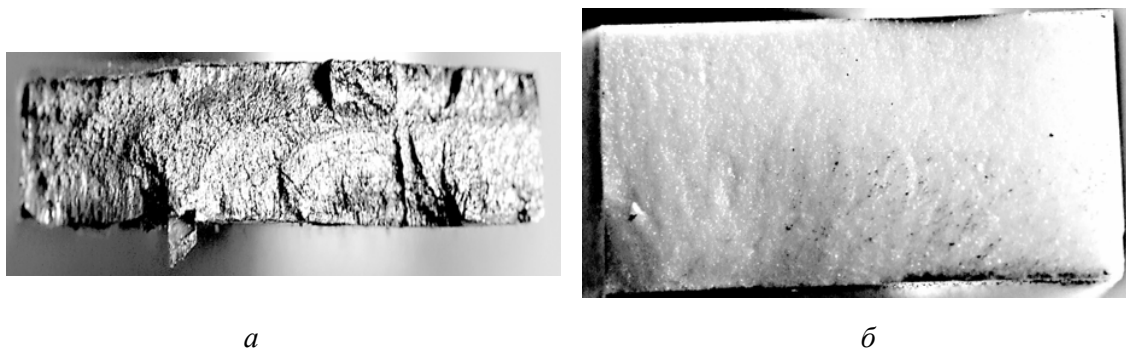


Рис. 7.