

С.Ф. Філоненко, доктор технічних наук, професор,
Т.В. Німченко, асистент (Національний авіаційний університет, Україна)

ПАРАМЕТРИ СИГНАЛІВ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ ПРИ РУЙНУВАННІ ЗРАЗКІВ З КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Наведено методику експериментальних досліджень сигналів акустичної емісії та устаткування для випробування зразків з композиційних матеріалів. Розглянуто експериментальні закономірності зміни параметрів сигналів акустичної емісії. Визначені аналітичні вирази для опису експериментальних закономірностей зміни параметрів сигналів акустичної емісії та показана їх інформативність.

Вступ

Композиційні матеріали (КМ) є багатокомпонентними матеріалами, які складаються, з матриці та зв'язки. Особливості їх будови забезпечують отримання певних фізико-механічних характеристик, що в свою чергу, сприяє більш широкому їх використанню. Тому дослідження процесів руйнування КМ являють собою особливу зацікавленість. Для вивчення поведінки КМ під дією механічного навантаження використовують різні методи, одним з яких є метод акустичної емісії (АЕ) [1-3].

Застосування методу АЕ дозволило дослідити ряд основних закономірностей зміни параметрів сигналів АЕ при руйнуванні КМ та показало його перспективність для діагностики виробів з таких матеріалів. Однак складна структура КМ та проблеми, що пов'язані з дослідженнями процесів їх руйнування, насамперед з кінетикою руйнування, приводять до деяких ускладнень застосування методу АЕ. В першу чергу, це стосується проблеми експериментальних досліджень, які направлені на отримання основних закономірностей поведінки акустичного випромінювання, що формується при руйнуванні КМ. Вирішення подібних задач забезпечить розробку достовірних методів діагностики стану виробів з КМ з урахуванням кінетики процесів, що розвиваються.

Результати експериментальних досліджень

В якості установки для проведення статичних випробувань КМ використовувалася модернізована випробувальна машина FP-10 з електричним приводом. Переміщення активної траверси машини можливо регулювати в діапазоні значень від 0,1мм/хв до 20мм/хв.

При проведенні досліджень були застосовані зразки зі сплаву ВК4. Вони мали форму круглої пластини з розмірами: діаметр – 8мм; товщина – 4мм. На кожній пластині на відстані 2 мм від одного з її країв був зроблений електроіскровий надріз (рис.1, а). Для проведення випробувань таких зразків було виготовлено спеціальне прилаштування, в якому здійснювалось жорстке закріплення зразка на нерухомій опорі (рис.1, б). Навантаження P на зразок забезпечувалось за допомогою пуансону 1, який рухався у вертикальній площині. Навантаження прикладалося до краю меншої площини зразка 2 за надрізом, в межах 1 мм від його краю. Геометричні параметри закріплення зразка та прикладене навантаження вибирались таким чином, щоб в зоні надрізу створювалось максимальне напруження розтягу.

Зразок з КМ 2, що підлягав навантаженню, встановлювався в спеціальний отвір між двома нерухомими пластинами з твердого сплаву 4 та 5. Пластини закріплювались затискаючими болтами 3 з усіх чотирьох сторін. В розробленому прилаштуванні була передбачена спеціальна опора 6. Воно використовувалася для запобігання перекосу зразка, який випробується. На виступаючій частині опори 6, через шар акусто-прозорої змазки, встановлювався датчик АЕ 7 (рис.1, б). Сигнали з виходу датчика, підсилювались попереднім підсилювачем АЕ, а далі реєструвались та оброблювались за допомогою акустико-емісійного діагностичного комплексу (АЕДК). АЕДК побудований на базі персонального комп'ютера (ПК) (рис.2). Програмне забезпечення АЕДК дозволяє проводити введення сигналів АЕ в ПК, зберігати вихідні сигнали, які реєструються в реальному

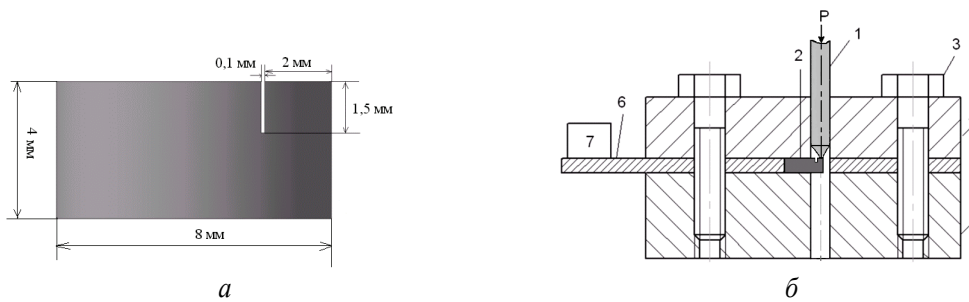


Рисунок 1. Загальний вигляд зразка зі сплаву ВК4 з нанесеним електроіскровим надрізом (а) та схема його навантаження (б): 1 – рухомий ніж (пуансон); 2 – зразок композиційного матеріалу; 3 – затискаючі болти; 4, 5 – нерухомі пластини з твердого сплаву; 6 – пластина для закріплення датчика АЕ, 7 – датчик АЕ.

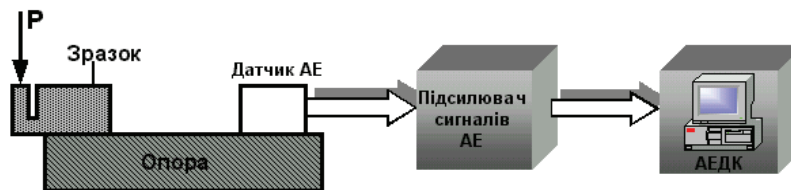


Рисунок 2. Схема реєстрації та обробки сигналів АЕ

масштабі часу, оброблювати та аналізувати основні їх параметри. До таких параметрів відносяться: амплітуда сигналів АЕ; тривалість; енергія; потужність; площу під обвідною сигналу АЕ. Крім того, програмне забезпечення дозволяє транслювати дані в формати математичних додатків, орієнтованих під Windows. Обробка отриманих даних здійснювалась в цифровому та графічному видах. Процес запису сигналів АЕ зупиняли одразу після руйнування зразка.

Випробування зразків на руйнування здійснювали при постійній швидкості введення навантаження, тобто переміщення траверси машини FP-10 здійснювалось за допомогою її рівномірного переміщення у часі ($x = at$, де x – величина переміщення траверси; a – швидкість її переміщення; t – час). Експерименти проводились при значеннях швидкості переміщення траверси від 1мм/хв до 10мм/хв. Для усунення сигналів, що виникають в результаті тертя у спряжених елементах, реєстрація АЕ здійснювалась після попереднього навантаження зразка. Рівень попереднього навантаження зразка складав 200 Н.

Дослідження, які були проведені, у відповідності до розробленої методики, показали, що незалежно від швидкості навантаження руйнування зразків з надрізом відбувалося практично при близьких значеннях прикладеного навантаження. При цьому акустичне випромінювання, що реєструвалось, мало однотипний характер [4 – 7].

В ході проведення експериментів, також було встановлено, що зростання швидкості навантаження зразків з КМ призводить до зростання параметрів реєстрованих сигналів АЕ. На рис. 3 показано експериментальні закономірності зміни параметрів сигналів АЕ в залежності від швидкості навантаження. З отриманих результатів видно, що амплітуда сигналів АЕ збільшується, а їх тривалість зменшується практично лінійно (рис. 3, а, б). Такий результат відповідає теоретичним розрахункам [7], де спостерігаються подібні закономірності зміни аналізованих параметрів. В той же час, енергія та потужність зареєстрованих сигналів АЕ мають нелінійний характер зростання (рис. 3, в, г).

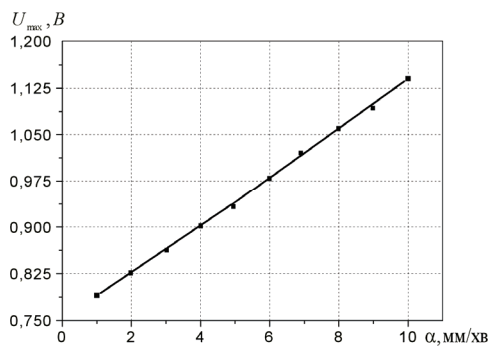
Аналіз отриманих залежностей показав, що зміна енергії та потужності сигналів АЕ від швидкості навантаження описуються експоненціальною функцією виду

$$L = ce^{b\alpha}, \quad (1)$$

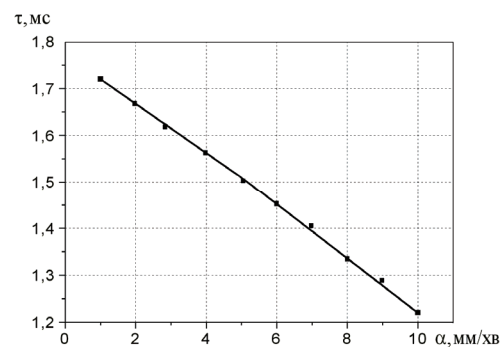
де L – параметр, що обробляється; α – швидкість навантаження зразка з КМ; c, b – коефіцієнти апроксимуючого виразу.

Значення коефіцієнтів c і b для енергії та потужності сигналів АЕ мають наступні величини: для енергії – $c=0,37$, $b=0,06$; для потужності $c=0,20$, $b=0,09$. При цьому дисперсія s^2 при заданій імовірності p складає: для енергії $s^2 = 0,00002$, $p = 0,99932$; для потужності - $s^2 = 0,0001$, $p = 0,99807$.

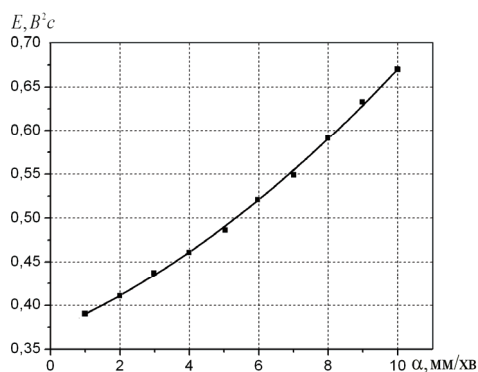
Слід відмітити, що експериментальні закономірності зміни енергії та потужності реєстрованих сигналів АЕ від швидкості навантаження при руйнуванні КМ відрізняються від теоретичних залежностей [7]. Експериментальні залежності зміни енергії та потужності сигналів АЕ (рис.3, в, з), мають яскраво виражений експоненціальний характер зміни.



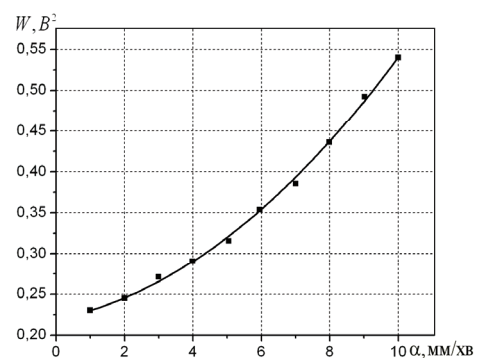
a



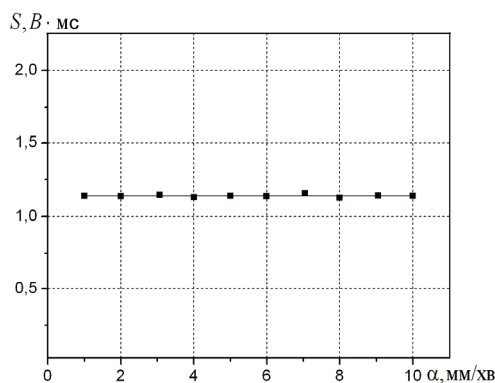
б



в



з



д

Рисунок 3 – Графіки зміни параметрів сигналів акустичної емісії при руйнуванні композиційного матеріалу ВК4 в залежності від швидкості його навантаження: *a* – енергія; *б* – потужність; *в* – площа під обвідною сигналу акустичної емісії

Однак теоретичні закономірності описуються лінійними зростаючими функціями. Подібна відмінність в характері зміни залежностей енергії та потужності сигналів АЕ, імовірно,

зумовлена тим, що крім термоактиваційного механізму руйнування композиційного матеріалу, який покладено в основу теоретичної моделі сигналу АЕ, важливим є і механічний фактор або механічний механізм руйнування. Даний фактор, безумовно, впливає на розвиток процесу руйнування КМ.

Результати експериментальних досліджень також показали, що площа під обвідною зареєстрованих сигналів АЕ не залежить від швидкості навантаження КМ і практично лишається постійною величиною (рис. 3, д). Аналіз залежності, яку наведено на рис. 3, д, показав, що вона добре описується лінійною функцією виду

$$S = A + B\alpha \quad (2)$$

де A та B – коефіцієнти, значення яких дорівнюють: $A = 1,14$; $B = 0,001$. При цьому дисперсія s^2 для імовірності $p = 0,9978$ складає $s^2 = 0,0045$.

Слід відмітити, що отримана залежність (2) добре узгоджується з результатами теоретичних досліджень.

Висновки:

Отримані результати показали, що при збільшенні швидкості навантаження зразків з КМ відбувається зменшення часу до їх руйнування без практичної зміни величини навантаження руйнування. Це узгоджується з уявленнями механіки руйнування. В той же час, спостерігаються зміни в реєстрованих сигналах АЕ. При збільшенні швидкості навантаження відбувається зростання амплітуди та стискання реєстрованих сигналів АЕ в часі.

Аналіз отриманих результатів показав, що амплітуда та тривалість зареєстрованих сигналів АЕ зі збільшенням швидкості навантаження зростають лінійно. Однак енергія та потужність сигналів АЕ мають експоненціальний характер зростання. В той же час, площа під обвідною сигналів АЕ лишається, практично, постійною величиною, що добре узгоджується з результатами теоретичних досліджень. Однак існує різниця теоретичних та експериментальних залежностей зміни енергії та потужності сигналів АЕ. Така зміна зумовлена тим, що окрім термоактиваційного механізму руйнування КМ, важливим є механізм чисто механічного його руйнування.

Список літератури

1. Акустико-эмиссионная диагностика степени поврежденности и прочности полимерных композиционных материалов /Библик И.В., Мелешкин М.Б., Музыка Е.И., Палаткин М.И. // Акустическая эмиссия гетерогенных материалов. Тематический сборник. – 1986-С. 28-33.
2. Ржевский В.Р., Нарауллаев Г.Х. Определение прочностных параметров пучка волокон по данным акустической эмиссии // Акустическая эмиссия гетерогенных материалов. Тематический сборник. – 1986-С. 73-76.
3. Shcherbakov R. On modeling of geophysical problems/ A dissertation for degree of doctor of philosophy (Cornell university).-2002.-209 P.
4. S. Filonenko, T. Nimchenko, A. Kosmach Model of emission signal at the prevailing mechanism of composite material mechanical destruction // AVIATION 2010, vol. 14, no.4. – P.95 – 103.
5. Филоненко С.Ф., Калита В.М., Нимченко Т.В. Закономерности изменения акустической эмиссии при разрушении хрупких композиционных материалов // Технологические системы-2009-№ 3(47).-С.27-33.
6. Филоненко С.Ф., Калита В.М., Нимченко Т.В. Модель формирования сигналов акустической эмиссии при разрушении композиционных материалов // Технологические системы. – 2009. - №2 (46).-С.17-25.
7. Филоненко С.Ф., Т.В. Нимченко, Т.Н. Косицкая Информативность параметров сигналов акустической эмиссии при разрушении композиционных материалов // Технологические системы.- 2009.-№ 4(48).-С.22-28