

«Розробка методології технічної діагностики об'єктів за сигналами акустичної емісії»

Основні наукові результати

Розроблено моделі сигналів акустичної, що формуються при утворенні в матеріалі тріщини або протіканні пластичної деформації, які засновані на уявленнях механіки руйнування. Показано, що форма і параметри сигналів акустичної емісії в значній ступені визначаються швидкістю розвитку процесів пластиної деформації і утворення тріщини. При цьому результуючий сигнал, в першому випадку, пропорційний швидкості протікання пластичної деформації, а в другому випадку, пропорційний швидкості утворення тріщини в третьому ступені. Моделюванням сигналів встановлено, що сигнал акустичної емісії при утворенні тріщини має більшу амплітуду і більший стиск в часі, ніж сигнал акустичної емісії від пластичної деформації. При цьому зміна крутості фронтів сигналу від тріщини і поява викидів амплітуди визначаються зміною швидкості розвитку тріщини та її підростанням. Встановлено, що існування періодичної складової на сигналі акустичної емісії від пластичної деформації пов'язано з перемінною швидкістю руху дислокацій, що обумовлено періодичністю потенційних бар'єрів Пайерлса. Зі збільшенням швидкості процесів сигнал від пластичної деформації трансформується в сигнал трапецієподібної форми, в той час як, сигнал від тріщини трансформується в сигнал трикутної форми.

Отримані теоретичні результати мають добре узгодження з результатами експериментальних досліджень при деформуванні і руйнуванні різних матеріалів. Розроблено моделі сигналу АЕ від тріщини з урахуванням релаксаційних процесів. Встановлено, що в даному випадку результуючий сигнал має дві компоненти – імпульсну та осцилюючу. Осцилююча складова проявляється тільки на початковій стадії руйнування, коли руйнується мала кількість елементарних осередків або тріщині має достатньо мали розміри, і повинна проявлятися на високих частотах (одиноці і десятки МГц). Однак при подальшому розвитку тріщини переважною є імпульсна складова, яка відповідає розробленим моделям сигналу акустичної емісії від тріщини. Розроблено моделі сигналу акустичної емісії від тріщини з урахуванням самоприскорення процесу її росту за рахунок перерозподілу локальних напружень. Моделюванням сигналів акустичної емісії в наближенні першого порядку теорії збурень встановлено, що існування самоприскорення процесу росту тріщини приводить до збільшення амплітуди сигналу АЕ, його стиску в часі з симетризацією форми і трансформації в сигнал трикутної форми. В наближенні другого порядку теорії збурень, також встановлено, що при самоприскоренні росту тріщини сигнал трансформується в сигнал трикутної форми. В той же час, у випадку виникнення в'язкої тріщини відбувається трансформація сигналу АЕ в сигнал трапецієподібної форми з існуванням двох піків амплітуди. Розроблено модель сигналу акустичної емісії від пластичної деформації з урахуванням температурного фактору.

Встановлено, що в області низьких температур при зростанні температури слід очікувати зростання амплітуд сигналів акустичної емісії. При високих температурах навпаки, зі зростанням температури слід очікувати зменшення амплітуд сигналів АЕ. В той же час, існує область температур, в якій її зростання не супроводжується зміною амплітуд сигналів акустичної емісії, що має добре узгодження з результатами експериментальних досліджень. Встановлено, що інформативними параметрами сигналів акустичної емісії від тріщини і пластичної деформації є параметри, які не залежать від швидкості процесів, що протікають в структурі матеріалу, і вони різняться між собою. Даними параметрами є: для тріщини – площа кривою сигналу акустичної емісії, а для пластичної деформації – амплітуда і потужність сигналу акустичної емісії. При цьому площа тріщини прямо пропорційна площі під кривою формованого сигналу, а об'єм матеріалу, що вступив в пластичну деформацію, прямо пропорційний амплітуді і прямо пропорційний кореню квадратному від потужності сигналу АЕ для пластичної деформації. Експериментальними дослідженнями встановлено, що при розвитку крихкої тріщини залежність зміни площі під кривою сигналу акустичної емісії від площі утвореної тріщини носить лінійний характер зростання, що має добре узгодження з результатами теоретичних досліджень. На основі теоретичних досліджень розроблено критерій руйнування матеріалів за сигналами акустичної емісії, згідно якого повне руйнування відбудеться тоді, коли сума відносних прирощувань на-

копиченої енергії буде дорівнювати одиниці. Виходячи з критерію сумарна (накопичувана) енергія акустичної емісії зі збільшенням навантаження буде зростати, а характер її зміни буде визначатися кінетикою процесів, що розвиваються в структурі матеріалу. При цьому оцінки розвитку процесів руйнування або оцінки небезпеки їх розвитку можна виконувати, якщо проводити слідування за відносним прирощуванням накопиченої енергії сигналів акустичної емісії по мірі її зростання і наближення до одиниці. Згідно кінетиці процесів руйнування визначено умови, які впливають на процеси випромінювання сигналів акустичної емісії.

Встановлено вплив швидкості процесів руйнування на закономірності зміни залежностей накопичення параметрів реєстрованої акустичної емісії, які при постійній швидкості носять лінійно зростаючий характер, а при зростаючій швидкості – визначаються закономірністю її зміни. Отримано, що з урахуванням самоприскорення процесу руйнування закономірності зміни накопиченої енергії сигналів акустичної емісії повинні мати експоненціальне зростаючий характер. Розроблено методику сумісної обробки даних з урахуванням кінетики випробувань матеріалів та виробів. Її використання при обробці акусто-емісійних даних, отриманих при проведенні експериментальних досліджень сигналів акустичної емісії дозволило встановити закономірності акустичного випромінювання та провести математичний опис експериментальних залежностей накопичення параметрів акустичної емісії, триманих при випробуваннях різних матеріалів та виробів, які при невідомій залежності коефіцієнта прискорення процесу руйнування описуються показовими функціями. Встановлено кількісні критерії оцінки стану виробів при їх східчастому навантаженні за показником ступеня апроксимуючого виразу з визначенням безпечного, небезпечного але не критичного і критичного (наближення до граничного) стану матеріалів та виробів, що є основою методології технічної діагностики виробів за сигналами акустичної емісії і має добре узгодження з результатами експериментальних досліджень.

Практична цінність

Визначено теоретичні та експериментальні закономірності зміни параметрів сигналів акустичної емісії та процесів їх випромінювання, які є основою методології технічної діагностики виробів. Отримані результати можуть використовуватися при проведенні наукових досліджень, розробці спеціалізованих методик контролю процесів, що розвиваються в структурі матеріалів, зокрема процесів нанорізання, а також формувати підходи до розробки методик і технологій випробувань виробів.

Перелік основних наукових публікацій, доповідей на конференціях, семінарах

1. Бабак В.П., Байса Д.Ф., Різак В.М., Філоненко С.Ф. Конструкційні і функціональні матеріали: Навчальний посібник. Ч2: Основи фізики твердого тіла. Конструкційні матеріали. К.: Техніка, 2004.-368 с.
2. Бабак В.П., Стадниченко В.М. Непрерывный контроль процессов трения и изнашивания на использовании метода акустической эмиссии. //Технологические системы.-№2(22),2004.-С42-46.
3. Бабак В.П., Стадниченко В.М., Приймаков О.Г. Прогнозування надійності, довговічності та витривалості матеріалів в умовах тертя. //Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы.-№1(13), 2004.-С.163-167
4. Бабак В.П., Стадниченко В.М., Приймаков О.Г., Токарчук В.В. Прогнозування витривалості авіаційних матеріалів. //Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы.-№1(13), 2004.-С.158-162.
5. Бабак В.П., Філоненко С.Ф., Калита В.М. Моделирование динамических характеристик крупногабаритных конструкций //Технологические системы.- № 2 (22), 2004.-С.31-36.
6. Бабак В.П., Філоненко С.Ф., Стадниченко В.Н. Дослідження пар тертя з трибовідновлюючими сумішами методом акустичної емісії //Вісник НАУ.- № 3(21), 2004.-С.8-12.
7. Бабак В.П., Шмаров В.Н., Калита В.М. Восстановление формы поверхностей крупногабаритных объектов лазерными светодальномерами //Технологические системы № 3, 2004.-С.83-88.
8. Бабак В.П., Шмаров В.М., Калита В.М. Дослідження геометричних особливостей поверхонь великогабаритних об'єктів трьохканальною вимірною системою з фазовими

світлодалекомірами//Вісник НАУ.-№2, 2004.-С.36-42.

9. Бабак В.П., Шмаров В.Н. Вплив геометричного фактора на відновлення поверхні великогабаритних виробів з використанням світлодалекомірів//Вісник НАУ.-№1, 2004.-С.60-67.

10. Babak V.P., Stadnichenko V.V. Application of revitalisants for extension of resource and restoring of worn-out friction units of aviation axial-piston hydromachines. //“Aviation”.-Vol.8, №1, 2004 (Vilnius, Litva).-P.8-12.

11. Бабак В.П., Філоненко С.Ф., Куц Ю.В., Дегтярьов В.В. Інформаційні технології в інформаційно-вимірювальних системах. Лабораторний практикум з LabView.-К.: Видавництво НАУ, 2005.- 108 с.

12. Бабак В.П., Філоненко С.Ф., Калита В.М., Корниенко-Мифтахова І.К. Спосіб визначення динамічних характеристик конструкцій/ Заявка на винахід №200503725 від 19.04.2005.

13. Бабак В.П., Філоненко С.Ф., Стадниченко В.М. Спосіб визначення моменту виникнення задиру в фрикційних вузлах /Заявка на винахід №200503724 від 19.04.2005.

14. Babak V.P., Filonenko S.F, Kalita V.M. Model of acoustic emission signal at self-accelerated crack development //Aviation.-v.IX, № 2, 2005.-P.3-8.

15. Бабак В.П., Філоненко С.Ф., Калита В.М. Определение динамических характеристик конструкций по анализу скорости низкочастотных колебаний //Технологические системы.- № 1 (27), 2005.-С.35-40.

16. Бабак В.П., Філоненко С.Ф., Калита В.М., Корниенко-Мифтахова І.К. Информативность параметров сигналов низкочастотных колебаний при использовании индукционных датчиков скорости //Технологические системы.- №2(28).-2005.-С.19-23.

17. Бабак В.П., Філоненко С.Ф., Калита В.М. Моделирование сигналов акустической эмиссии при скачкообразном развитии процессов разрушения //Технологические системы.- № 3(29), 2005.-С.30-37.

18. Babak V.P., Filonenko S.F., Kalita V.M., Kornienko-Miftakhova I.K. Research of Bridge Structure Vibration Characteristics //Вісник НАУ.-№ 2, 2005.-С.5-10.

19. Бабак В.П., Філоненко С.Ф., Стадниченко В.М. Вплив поверхневих властивостей металоке-рамічних шарів на акустичну емісію //Вісник НАУ № 3, 2005.-С.3-6.

20. Бабак В.П., Філоненко С.Ф., Калита В.М., Корниенко-Мифтахова І.К. Спектры колебаний поверхности изделий, регистрируемых пьезоэлектрическими датчиками //Технологические системы.-№ 4 (30), 2005.-С.34-40.

21. Babak V.P., Filonenko S.F., Stadnychenko V.N. The impact of matallic-caramic surface layers characteristics of acoustic emission / Proceedings of the second world congress “Aviation in the XXI-st century” (September 19-21, Kyiv, Ukraine, 2005).-P-2.1-2.5.

22. Filonenko S.F., Kornienko-Miftakhova I.K. Use of inductive transducers in the low-frequency oscillation section of bridge constructions /Proceedings of the second world congress “Aviation in the XXI-st century” (September 19-21, Kyiv, Ukraine, 2005).-P-2.51-2.54.

23. Прохоренко В.Я., Прохоренко С.В., Філоненко С.Ф., Гузек Р., Легутко П. Комплексний контроль процесів пластичної деформації та топлення-кристалізації металів методом акустичної емісії //Збірник наукових праць Фізико-механічного інституту ім. Г.В.Карпенко. НАНУ. Серія Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів. “Електромагнітний, ультразвуковий та оптичний неруйнівний контроль матеріалів.-вип.11, 2006.-С.88-92.

24. Бабак В.П., Корченко А.Г., Тимошенко Н.П., Філоненко С.Ф. Справочное пособие по основам языка VHDL.-К.: МК-Пресс, 2006.- 158 с.

25. Патент України № 75421, кл. G 06K 9/00, G01N 3/00, 29/00. Спосіб ідентифікації об'єктів / Бабак В.П., Філоненко С.Ф., Калита В.М.- Опубл. 17.04.2006, Бюл. № 4

26. Бабак В.П., Байбуз О.Г., Приставка О.П., Разумова Г.Л., Філоненко С.Ф. Російсько-українсько-англійського словника базових термінів з обробки інформації.-К: Книжкове видавництво НАУ, 2006.-252 с.

27. Деклараційний патент України А 65906 кл. G 01N 27/06, 29/06, 29/16. Спосіб визначення швидкості росту тріщин в матеріалах/ Бабак В.П., Філоненко С.Ф., Калита В.М.-Опубл. 15.04.2004, Бюл. № 4.