

РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ СИГНАЛІВ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ ПРИБУЙНУВАННІ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ МАТЕРІАЛІВ З ПРОТІКАННЯМ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ

Розглянуті результати моделювання результуючих сигналів акустичної емісії при руйнуванні поверхневих шарів матеріалів. Моделювання здійснювалось при переважачому механізмі нормального зношування поверхневих шарів матеріалів пар тертя. Показано, що форма та параметри результуючих сигналів акустичної емісії залежать від часу початку руйнування вторинних структур I або II типів, що залежить від швидкості обертання пари тертя, а також напружено-деформованого стану поверхневих шарів матеріалів пари тертя.

Ключові слова: сигнал акустичної емісії, моделювання, вузол тертя, поверхні фрикційного контакту, руйнування, пластична деформація.

ANZHELIKA STAKHOVA

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

MODELING RESULTS OF ACOUSTIC EMISSION SIGNALS DURING THE DESTRUCTION OF SURFACE LAYER MATERIALS WITH THE OCCURRENCE PLASTIC DEFORMATION

Abstract. In the work will consider a model of acoustic emission (AE) signals, are generated at the stage of normal wear the friction surfaces at frictional contact interaction. Modeling of resultant acoustic emission signals during the destruction of the surface layers materials will be conducted. Modeling of AE signals will be conducted with the definition of main regularities changes of their parameters.

Modeling was carried at prevailing mechanism of normal wear of the surface layers materials of friction units. It is shown that the form and parameters of the resulting acoustic emission signals depend on the starting time of destruction the secondary structure I or II types, depending on speed of rotation of a friction unit and stress-strain state of the surface layers material of friction unit.

From the results it is seen that for secondary structure I type with sequential destruction, the resulting signal is a continuous signal AE. Explained that change amount of plastic deformation affects the amplitude of the resulting signal AE slightly.

Keywords: acoustic emission signal, modeling, friction unit, the surface of frictional contact, of destruction, plastic deformation.

Постановка задачі

Для проведення діагностики вузлів тертя важливим є встановлення основних закономірностей зміни параметрів сигналів акустичної емісії (АЕ). Тому моделювання для дослідження таких процесів випромінювання сигналів АЕ в умовах статичних і динамічних видів навантаження, є однією з важливих задач діагностики матеріалів і виробів. Такий вид теоретичних досліджень дозволяє встановити вплив фізичних процесів, які розвиваються в структурі матеріалу, а також дає можливість визначити взаємозв'язок АЕ з параметрами і закономірностями протікання даних процесів. Метою таких досліджень є можливість ідентифікувати процеси, що відбуваються в поверхневих шарах матеріалів пар тертя та своєчасно запобігти їх руйнування.

Аналіз досліджень та публікацій

При побудові моделей, що одержують при розгляді процесів нормального зношування пари тертя, в роботі [1] були покладені існуючі уявлення про процеси руйнування поверхневих шарів матеріалів. Вивчення моделей сигналів АЕ при зношуванні поверхневих шарів матеріалів [1,2] та результати їх моделювання [3,4] показали відмінність сигналів АЕ при руйнуванні вторинних структур I і II типу, які пов'язані з розвитком тріщин і протіканням пластичної деформації. Також результати теоретичного моделювання результуючих сигналів АЕ дали хороші дані, що узгоджуються з результатами проведених експериментальних випробувань вузлів тертя [3].

Виклад основного матеріалу дослідження

В роботі [2] була розроблена модель результуючого сигналу АЕ при фрикційній контактній взаємодії. Модель представлена сумою сигналів, що виникають у випадкові моменти часу при руйнуванні вторинних структур I і II типу, і записана виразом

$$U'(t) = \sum_i U_T(t-t_i) + \sum_j U_d(t-t_j), \quad (1)$$

де t_i , t_j - випадкові моменти часу появи сигналів АЕ $U_T(t)$ і $U_d(t)$ при руйнуванні вторинних структур I і II типу, відповідно.

З урахуванням уявлень про фізичні процеси, що відбуваються в структурі матеріалів під час руйнування в роботі [1] були отримані аналітичні вирази для побудови імпульсних сигналів АЕ при руйнуванні вторинних структур I і II типу, зробивши підстановки вираз (1) можна записати у вигляді

$$U'(t) = \sum_i U_0 \delta_0 \sigma_0^3 e^{4z(t-t_i)} e^{-b\sigma_0 e^{z(t-t_i)}} + \sum_j U_{0d} \varepsilon_{0d} e^{r(t-t_j)} e^{-B\varepsilon_{0d} e^{r(t-t_j)}}. \quad (2)$$

Моделювання сигналів АЕ, згідно (2), було проведено в [3,4]. Результати показали, що імпульсні сигнали АЕ, які формуються за умови окремого руйнування структур I та II типу, трансформуються в безперервний сигнал АЕ, який виникає за умови послідовного руйнування вторинних структур I та II типу з довільними початковими часами руйнування.

Результуючий сигнал АЕ має складну форму, зміна і трансформація якої обумовлена відмінностями в параметрах імпульсних сигналів АЕ, що формуються при руйнуванні структур I та II типу. Встановлено, що при постійному значенні початкових напружень і деформацій на етапі нормального зношування зменшення часу між початком руйнування вторинних структур I та II типу призводить до стиснення сигналу АЕ в часі і його трансформації в сигнал гребінцевої форми. Однак, при постійній швидкості обертання пари тертя збільшення початкових напружень і деформацій на етапі нормального зношування призводить до збільшення середнього рівня результуючого сигналу АЕ, а також до збільшення розкиду його амплітуди.

У реальних умовах роботи пари тертя, що було розглянуто авторами в [3,4], відбувається послідовна зміна площадок контакту вздовж твірної поверхні зразків, що призводить до послідовного руйнування вторинних структур в майданчиках контакту, що послідовно змінюються. Проте в парах тертя можуть використовуватися такі матеріали, при руйнуванні поверхневих шарів в процесі тертя яких переважаючим є один з механізмів руйнування вторинних структур. Інакше кажучи, переважаючим механізмом руйнування поверхневих шарів може бути, як руйнування вторинних структур I типу, так і вторинних структур II типу.

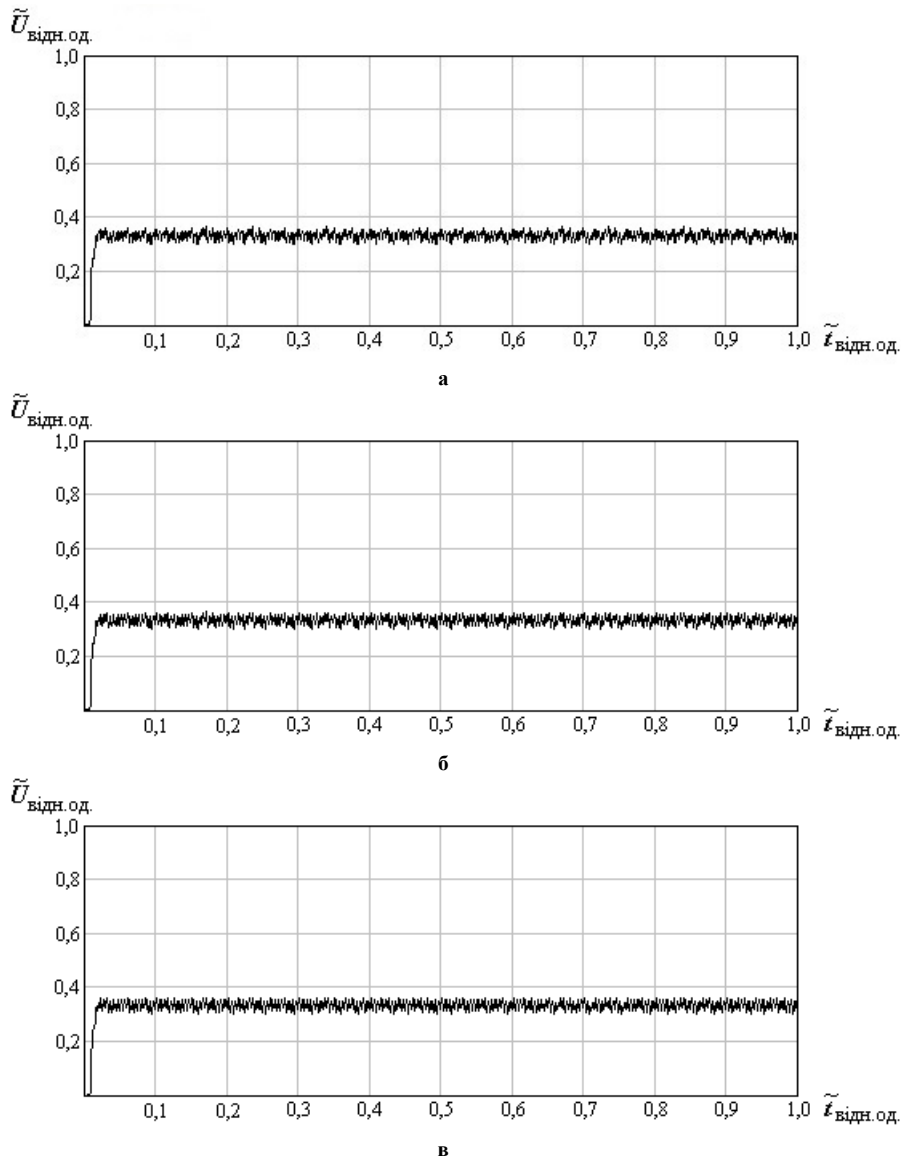


Рис.1. Сигнали АЕ на етапі нормального зношування пари тертя з переважаючим механізмом пластичної деформації при різних значеннях деформацій: а - $\varepsilon_{0d} = 11$, б - $\varepsilon_{0d} = 15$, в - $\varepsilon_{0d} = 19$

Розглянемо випадок при якому переважаючим механізмом руйнування поверхневих шарів матеріалів вузла тертя буде механізм руйнування вторинних структур I типу, тобто при зміні величини пластичної деформації. Результуючий сигнал АЕ буде мати вигляд

$$U_d(t) = U_{0d} \varepsilon_{0d} e^{rt} e^{-B\varepsilon_{0d} e^{rt}}, \quad (3)$$

де $U_{0d} = a_0 M \frac{v_d}{\ell_0} \delta_d$ - амплітуда зміщення, яка залежить від фізико-механічних характеристик

матеріалу; ε_{0d} - початкова відносна деформація; a_0 - амплітуда імпульсу одиночного збурення при русі дислокації (постійна і не залежить від деформації); v_d - середня швидкість руху дислокацій (вважається постійною); ℓ_0 - відстань між двома актами випромінювання одиночної дислокації; $\delta_0 = \int_{t-\delta/2}^{t+\delta/2} a(\tau) d\tau$ -

середня тривалість імпульсу збурення; $a(\tau)$ - функція, яка визначає форму імпульсу збурення (є незмінною); M, B, r - постійні (залежать від фізико-механічних характеристик матеріалів).

Проведено моделювання результуючих сигналів АЕ, відповідно з виразом (3), на стадії нормального зношування поверхневих шарів матеріалів пари тертя за умови зміни деформованого стану, тобто зміни параметра ε_{0d} , результати представлено на рис.1 у вигляді графіків зміни $\tilde{U}(t) = U'(t)/U_{\max}$ в відносних одиницях. При побудові графіків час нормований на час дії навантаження на пару тертя, яке становить величину t_{\max} . Параметр B приведений до безрозмірних величин. Моделювання здійснювалось за деякого заданого сценарію руйнування з визначеним і незмінним часовим проміжком.

При проведенні моделювання процесу руйнування вторинних структур I типу було прийнято, що час початку руйнування кожної наступної структури у відносних одиницях був незмінним і становив 0,004, а значення $B = 15$. Здійснювалося збільшення значення пластичної деформації і змінювалося від $\varepsilon_{0d} = 11$ до $\varepsilon_{0d} = 19$ (в безрозмірних величинах) з кроком приросту, рівним 4.

Результати проведеного моделювання процесу руйнування показали, що при послідовному руйнуванні вторинних структур I типу результуючий сигнал являє собою безперервний сигнал АЕ. Також з результатів видно, що при збільшенні значення пластичної деформації значення амплітуди і її розкиду не змінюються. Це пояснюється тим, що амплітуда сигналу АЕ при розвитку пластичної деформації залежить від кількості рухомих дислокацій. Чим більше рухливих дислокацій, тим більше амплітуда сигналу АЕ. При цьому кількість рухомих дислокацій визначається величиною об'єму матеріалу, який вступає в пластичну деформацію. При моделюванні передбачалося, що об'єм матеріалу який вступає в пластичну деформацію є незмінним при руйнуванні кожної наступної структури I типу, а змінюється лише величина пластичної деформації. Так як амплітуда результуючих сигналів АЕ при руйнуванні вторинних структур I типу не залежить від пластичної деформації, то при зміні значення пластичної деформації амплітуда результуючого сигналу АЕ повинна бути незмінною, що і спостерігається в результатах проведеного моделювання.

Висновки

З отриманих результатів можна зробити висновок, що в процесі роботи пари тертя можливо здійснювати контроль процесів, що розвиваються в поверхневих шарах матеріалів, а також проводити оцінки переважаючих механізмів зношування. Як показали дослідження для випадку з переважаючим механізмом руйнування вторинних структур I типу поверхневих шарів матеріалів вузла тертя, тобто при умові лише зміни величини пластичної деформації, зроблено висновок, що результуючий сигнал АЕ на етапі нормального зношування, не залежить від величини пластичної деформації. А тому можна зробити висновок, що кількість дислокацій, які вступають в пластичну деформацію, тобто величина об'єму матеріалу, який деформується може впливати на результуючий сигнал АЕ. Для підтвердження цього потрібні подальші дослідження.

Література

1. Бабак В.П. Моделі сигналів акустичної емісії при руйнуванні поверхневих шарів матеріалів / В.П. Бабак, С.Ф. Філоненко, В.М. Стадніченко, А.П. Стахова // Проблеми тертя та зношування. - 2007. - № 47. - С. 5-18.
2. Бабак В.П. Модели формирования сигналов акустической эмиссии при деформировании и разрушении материалов / В.П. Бабак, С.Ф. Філоненко, В.М. Калита // Технологические системы. - 2002. - №1(12). - С. 26-34.
3. Filonenko S.F. Modelling of acoustic emission signals at friction of materials' surface layers / S.F. Filonenko, V.N. Stadnychenko, A.P. Stakhova // Aviation. - 2008. - V.12, №3. - P. 87-94.
4. Filonenko S.F. Definition of contact stress in friction units on the basis of the acoustic emission method / S.F. Filonenko, V.N. Stadnychenko, A.P. Stakhova // Aviation. - 2009. - V.13, №3. - P. 72-77.

References

1. Babak V.P., Filonenko S.F., Stadnychenko V.M., Stakhova A.P. Modeli signaliv akustichnoi yemissii pri ruynuvanni poverkhnevikh shariv materialiv, *Problemi tertya ta znoshuvannya*, 2007, No. 47, pp. 5-18.
2. Babak V.P., Filonenko S.F., Kalita V.M. Modeli formirovaniya signalov akusticheskoy emissii pri deformirovani i razrushenii materialov, *Tekhnologicheskyye sistemy*, 2002, No.1(12), pp. 26-34.
3. Filonenko S.F., Stadnychenko V.M., Stakhova A.P. Modelling of acoustic emission signals at friction of materials' surface layers, *Aviation*, 2008, Vol.12, No.3, pp. 87-94.
4. Filonenko S.F., Stadnychenko V.M., Stakhova A.P. Definition of contact stress in friction units on the basis of the acoustic emission method, *Aviation*, 2009, Vol.13, No. 3, pp. 72-77.