

*С.Ф. Філоненко, доктор технічних наук, професор
О.П. Космач, аспірант
(Національний авіаційний університет, Україна)*

ВПЛИВ ЧАСУ УСЕРЕДНЕННЯ НА ПАРАМЕТРИ РЕЗУЛЬТУЮЧОГО СИГНАЛУ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ ПРИ ТЕРТІ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

В статті приведені результати експериментальних досліджень результуючих сигналів акустичної емісії, які формуються при терті поверхонь композиційних матеріалів. Показано зміну основних параметрів результуючого сигналу акустичної емісії при зміні величини інтервалу усереднення.

Вступ

Сучасні технічні системи працюють в умовах активного впливу різних факторів, які істотно знижують їх працездатність і терміни експлуатації. З цієї точки зору методи діагностики таких технічних систем повинні бути чутливими до процесів, що протікають в структурі матеріалів при дії різних факторів (механічне навантаження, температура, швидкість обертання та інші). Одним з таких методів є метод акустичної емісії (АЕ). В основі методу АЕ лежать реєстрація і обробка сигналів, які виникають в результаті випромінювання матеріалом пружних зміщень, спричинених внутрішніми процесами, що протікають в структурі матеріалу не тільки на макро-, але й мікро- і субмікро рівнях. Така чутливість методу дозволяє отримувати значні обсяги інформації, достовірна інтерпретація якої є основою у розробці методів технічної діагностики різних систем. Це повною мірою відноситься і до вузлів тертя.

Кількість робіт, які присвячені дослідженню АЕ в трибосистемах, неперервно зростає. Обробка та аналіз сигналів АЕ при терті направлені на отримання взаємозв'язку параметрів реєстрованого акустичного випромінювання з фізико-хімічними процесами, які розвиваються в поверхневих шарах матеріалів при їх контактній взаємодії. Необхідно зазначити, що проблема інтерпретації та ідентифікації АЕ інформації ускладнюється наявністю ряду впливаючих факторів, таких як навантаження на пару тертя, швидкість обертання, температура, склад мастила та інших. До таких факторів можна віднести й специфіку будови матеріалів, які використовуються в парах тертя – матеріали з традиційною структурою, композиційні матеріали, матеріали з покриттями та інші. Безумовно, що теоретичні та експериментальні дослідження АЕ при терті представляють значний інтерес. У першу чергу, це відноситься до порівняння теоретичних та експериментальних результатів. Одним з напрямків таких досліджень є вивчення АЕ при терті поверхонь композиційних матеріалів, які знаходять все більше використання в різноманітних областях техніки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У вузлах тертя використовується широкий спектр матеріалів, які підбираються виходячи з призначення та умов роботи трибосистем. Процеси, які розвиваються в поверхневих шарах таких трибосистем, визначаються специфікою будови матеріалів. Безумовно, що АЕ, яка реєструється при вивченні даних процесів, обумовлена особливостями руйнування поверхневих шарів таких матеріалів. Це, в повній мірі, відноситься й до композиційних матеріалів.

Результати теоретичних досліджень акустичного випромінювання при терті поверхневих шарів на основі композиційних матеріалів розглянуто в роботі [1]. В основі побудови моделі результуючого сигналу АЕ використовувалася модель імпульсного сигналу АЕ, який формується при руйнуванні композиційного матеріалу під дією поперечної сили [1–4], з врахуванням концепції руйнування FBM [5–7] та кінетичних закономірностей руйнування [8, 9]. Згідно моделі результуючого сигналу АЕ, який формується при

зношуванні поверхонь з композиційного матеріалу, в роботі [10] проведено дослідження закономірностей зміни його параметрів при дії різних факторів. Було показано, що при терті поверхонь композиційних матеріалів формується неперервний сигнал АЕ, який має порізану форму з деяким середнім рівнем амплітуди і певною величиною її розкиду. При постійному експлуатаційному навантаженні і постійній площі контактної взаємодії зростання швидкості обертання пари тертя призводить до зростання середнього рівня амплітуди результуючого сигналу АЕ і збільшення величини її розкиду. Якщо площа руйнування елементів композиційного матеріалу охоплює частину площадки контактної взаємодії, то при зміні її місця положення відбувається зростання середнього рівня амплітуди результуючого сигналу АЕ, а також величини її розкиду.

Задачі дослідження

У роботі буде розглянуто результати експериментальних досліджень результуючих сигналів АЕ, які формуються при терті та зношенні поверхонь вузлів тертя з наплавленням з композиційного матеріалу ВК-6. Буде показано, що результуючі сигнали АЕ є безперервними сигналами з деяким середнім рівнем амплітуди і певною величиною її розкиду. Буде проведена статистична обробка реєстрованих сигналів АЕ і показано, що зміна інтервалу усереднення призводить до суттєвої зміни параметрів результуючого сигналу АЕ.

Методика досліджень

Для дослідження сигналів АЕ при терті використовувалися зразки з алюмінієвого сплаву Д16 з твердосплавним покриттям ВК-6 та сталі 30ХГСА. Зразки представляли собою втулки зі змінною площею поверхні контактної взаємодії. Площа контактної взаємодії для зразків зі сталі 30ХГСА охоплювала всю його торцеву поверхню. Для зразків з алюмінієвого сплаву з покриттям поверхня контактної взаємодії була змінною. Вона характеризувалася коефіцієнтом перекриття K_p (відношення повної площі торцевої поверхні зразка до площі контактуючої торцевої поверхні зразка), величина якого змінювалася в діапазоні від $K_p=0,25$ до $K_p=1,0$.

Випробування зразків на зношення здійснювали з використанням конструктивної схеми взаємодії "диск-диск" на модернізованій випробувальній машині СМТ-1. У відповідності зі схемою випробувань, один зі зразків пари тертя був нерухомим, а інший зразок обертався з постійною швидкістю за допомогою електроприводу. Швидкість обертання рухомого зразка становила 500 хв^{-1} . При проведенні експериментів до пари тертя прикладалося осьове навантаження, яке складало 450 Н. Осьове навантаження було прикладене на нерухомий зразок і задавалося за допомогою спеціального механізму вагового типу. В якості змащувального середовища в парі тертя використовувалося мастило типу М10Г2К [11]. Його витрата становила 1,2 л/год.

Сигнал з виходу датчика АЕ підсилювався в підсилювальному тракті і поступав до акусто-емісійного діагностичного комплексу (АЕДК). Обробка та аналіз реєстрованих сигналів АЕ здійснювалися з використанням спеціального програмного математичного забезпечення. Програмне математичне забезпечення АЕДК дозволяє проводити збереження реєстрованої інформації з аналізом основних параметрів сигналів АЕ: усереднених амплітуд і енергії, сумарної енергії, накопичення усередненої і сумарною енергії та інших.

Результати досліджень

При проведенні експериментів реєстрація сигналів АЕ здійснювалася на стадії нормального зношення після закінчення етапу припрацювання пари тертя. Отримані результати показали, що при заданих значеннях осьового навантаження та швидкості обертання пари тертя реєстрований результуючий сигнал АЕ представляє собою неперервний сигнал з деяким середнім рівнем амплітуди та величини його розкиду (рис. 1, а). Форма результуючого сигналу АЕ є порізаною. Обробка АЕ інформації здійснювалася з

усередненням. Час усереднення склав 10 мс. Введення часу усереднення обумовлено значними об'ємами вихідної інформації, що реєструється в процесі тертя зразків, яку не можливо зберегти у вигляді файлових структур.

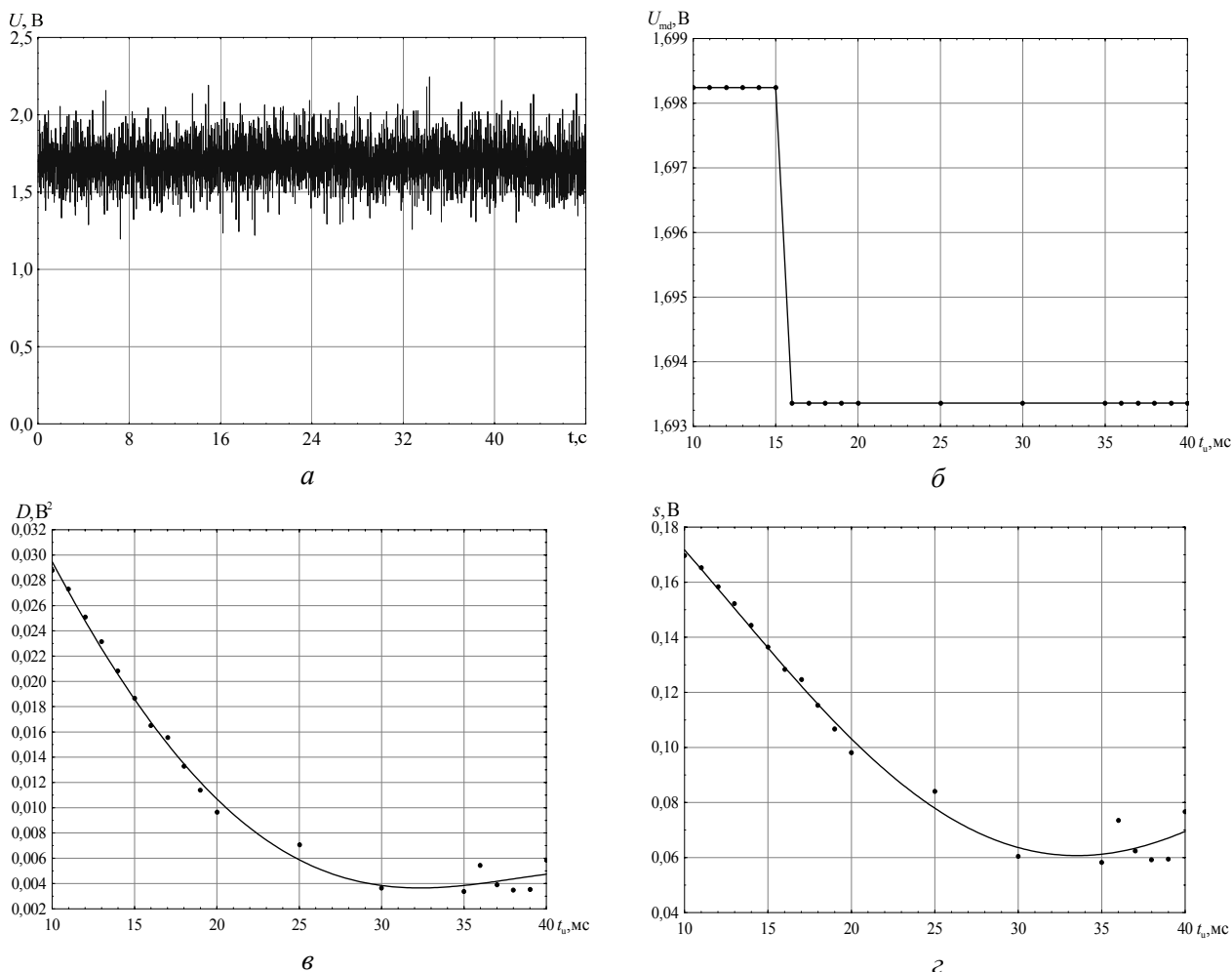


Рис. 1. Результовий сигнал АЕ, який зареєстровано при випробуванні на зношення зразків зі сталі 30ХГСА та сплаву Д16 з покриттям з композиційного матеріалу ВК-6 (швидкість обертання пари тертя 500 хв^{-1} , осьове навантаження 450 Н, час усереднення 10 мс) (а) та графіки зміни середнього рівня результового сигналу АЕ U_{md} (б), дисперсії D (в) та стандартного відхилення s (г) від величини інтервалу усереднення t_u

Оскільки реєстрована АЕ є наслідком внутрішніх фізичних процесів, то усереднення (згладжування даних) не повинно впливати або впливати з мінімальними втратами на вклад складових протікаючих процесів в результовий сигнал. Тому були проведені дослідження впливу інтервалу усереднення на параметри результового сигналу АЕ. При проведенні досліджень інтервал усереднення змінювався в діапазоні величин від 10 мс до 40 мс з кроком прирощення 1 мс. Розглянемо результати досліджень для результового сигналу АЕ, який зареєстровано при швидкості обертання 500 хв^{-1} на протязі 50 с (рис. 1, а).

Статистична обробка даних показала, що для всіх досліджуваних інтервалів усереднення розподіл усереднених амплітуд АЕ з імовірністю 0,95 описується нормальним законом. Аналіз значення медіани \bar{U}_{md} (середнього рівня амплітуди АЕ) в розподілах показав, що зі збільшенням інтервалу усереднення t_u спостерігається стрибок в зміні її величини (рис. 1, б). В той же час, зі збільшенням інтервалу усереднення t_u відбувається зменшення дисперсії D і, відповідно, стандартного відхилення s (рис. 1, в, г). Такий результат є закономірним, що обумовлено збільшенням згладжування результового сигналу АЕ.

З рис.1, б видно, що при значенні $t_u = 16$ мс відбувається стрибок в значенні \bar{U}_{md} ,

величина якого зберігається при подальшому збільшенні значень t_u . Така зміна середнього рівня сигналу АЕ при зростанні величини усереднення, очевидно, обумовлено тим, що при деякому значенні інтервалу усереднення відбувається фільтрація вкладу рівня однієї зі складових процесів, який розвивається в поверхневих шарах пари тертя. Оскільки стрибок в зміні середнього рівня амплітуд не суттєвий (різниця в значеннях медіани складає порядку 0,005 В), то з врахуванням високої чутливості методу АЕ, імовірно, що відбувається згладжування процесів, які дають вклад в результуючий сигнал АЕ на достатньо малому фізичному рівні. В той же час, отриманий результат показує, що з врахуванням необхідності мінімізації втрат від вкладу складових процесів, що протікають, в результуючий сигнал АЕ, обробку реєстрованої інформації необхідно проводити з інтервалом усереднення t_u , значення якого знаходиться в діапазоні величин від 10 мс до 15 мс (рис. 1).

Висновки

При дослідженні АЕ в процесі тертя поверхонь з композиційного матеріалу для порівняння отриманих результатів обробку вхідної інформації необхідно проводити при певному значенні часу усереднення t_u . Вибір інтервалу усереднення t_u є важливим з точки зору інформативності таких параметрів результуючого сигналу АЕ, як середній рівень амплітуди сигналу, його дисперсії і стандартного відхилення. Збільшення значень інтервалу усереднення t_u в певних межах не впливає на середній рівень результуючого сигналу АЕ, однак приводить до зменшення його дисперсії і стандартного відхилення, через що втрачається інформативність даних параметрів.

Список літератури

1. Філоненко С.Ф. Модель сигналу акустичної емісії при разрушении композиционного материала под действием поперечной силы /С.Ф. Філоненко, Т.М. Косицкая, О.П. Космач, // Новітні технології.- 2011.-№ 2 (51).- С.45-53
2. Філоненко С.Ф. Акустична емісія при навантаженні композиційних матеріалів / С.Ф. Філоненко, В.М. Каліта, О.П. Космач //Вісник НАУ.-2010.-№ 1.-С.133-142
3. Філоненко С.Ф. Модель сигнала акустической эмиссии при разрушении композиционного материала под действием поперечной силы /С.Ф. Філоненко, В.М. Каліта, А.П. Космач, Т.Н. Косицкая // Технологические системы.- 2010.-№ 2 (51).- С.45-53.
4. Філоненко С.Ф. Моделирование сигналів акустичної емісії при руйнуванні композиційних матеріалів під дією поперечної сили /С.Ф. Філоненко, О.П. Космач, Т.М. Косицкая//Вісник НАУ.- 2010.-№2.-С.85-93.
5. Shcherbakov R. On modeling of geophysical problems: A dissertation for degree of doctor of philosophy/Robert Shcherbakov. – Cornell university, 2002.–209 P.
6. Raischel F. Simple beam model for the shear failure of interfaces/F. Raischel, F. Kun, H. J. Herrmann // Phys. Rev.E- 2005.-vol.72.- №4.-P.11.
7. Raischel F. Local load sharing fiber bundles with a lower cutoff of strength disorder/ F. Raischel, F. Kun, H. J. Herrmann// Phys. Rev. E.- 2006.- vol.74(2).-№3.- P.4.
8. Маламедов И.М. Физические основы надежности. Л.:Энергия, 1970.-152 с.
9. Ибатуллин И.Д. Кинетика усталостной повреждаемости и разрушения поверхностных слоев/ И.Д. Ибатуллин. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2008. – 387 с.
10. Філоненко С.Ф. Модель сигналу акустичної емісії при терті поверхонь композиційних матеріалів /С.Ф. Філоненко, Т.М. Косицкая, О.П. Космач, // Новітні технології.- 2011.-№3(52).- С.29 – 36.
11. ГОСТ 8581-78. Масла моторные для автотракторных дизелей // Издательство стандартов. –1978. – 7 с.