

## «Акусто-емісійна діагностика композиційних матеріалів»

### *Основні наукові результати*

**Розроблено моделі** термоактиваційного і механічного руйнування КМ **розтягом** та формованих сигналів АЕ, в основу яких покладено представлення КМ у вигляді пучка волокон, а також кінетичні термоактиваційна і механічна закономірності розвитку процесу руйнування і зміни швидкості його протікання. Визначено закономірності зміни процесу руйнування КМ і формованих сигналів АЕ в залежності від швидкості навантаження та фізико-механічних характеристик КМ.

**Розроблено модель** накопичення енергії АЕ, яка враховує представлення акустичного випромінювання у вигляді хвильового процесу, обумовленого його не когерентністю. Встановлено, що відсутні принципові розбіжності у сигналах АЕ при не когерентному і когерентному випромінюванні.

**Розроблено модель** сигналу АЕ при руйнуванні КМ **розтягом з неоднорідною структурою**, яка враховує зміну швидкості процесу руйнування. Встановлено, що прискорення або гальмування процесу руйнування приводить до появи викидів на задньому фронті сигналу АЕ, а їх величина і кількість залежать від величини і кількості змін швидкості процесу.

**Встановлено математичні вирази** для зміни амплітуди, енергії, потужності і тривалості сигналів АЕ при зростанні швидкості навантаження КМ. Теоретично та експериментально встановлено, що інформативним параметром сигналів АЕ при руйнуванні КМ є площа під їх обвідною.

**Розроблено модель** результуючого сигналу АЕ при виконанні механічної обробки матеріалів точінням (**динамічному навантаженні**), в основу якої покладено моделі імпульсних сигналів, що виникають при деформуванні і руйнуванні оброблюваного та КМ. Встановлено, що результуючий сигнал АЕ є неперервним з деяким середнім рівнем амплітуди і величиною її розкиду, що узгоджується з експериментальними даними.

**Встановлено**, що при зростанні глибини різання і швидкості обертання деталі відбувається зростання середнього рівня амплітуди результуючого сигналу АЕ і величини її розкиду, що узгоджується з результатами експериментальних даних. При цьому найбільш чутливим параметром АЕ до зміни параметрів механічної обробки матеріалів є дисперсія середнього рівня енергії. **Встановлено**, що для заданих режимів обробки матеріалів точінням швидкість зміни накопиченої енергії є постійною величиною, а миттєве руйнування КМ приводить до появи викиду амплітуди на результуючому сигналі АЕ. Величина викиду залежить від площі руйнування КМ, що узгоджується з експериментальними результатами.

**Визначено**, що неперервне руйнування КМ в процесі механічної обробки, площа руйнування поверхневого шару якого не перевищує 1%...1,5 % від площі руйнування оброблюваного матеріалу, практично не впливає на зміну середніх рівнів амплітуди і енергії АЕ, однак приводить до значного падіння дисперсії середнього рівня енергії АЕ.

### **Значимість отриманих результатів полягає у наступному.**

Отримано нові знання в галузі технічної діагностики виробів з КМ (науковий звіт – 304 с., 127 рис.). Створено теорії акустичного випромінювання при термоактиваційному і механічному руйнуванні КМ в умовах статичного (розтягу) і динамічного (різання матеріалів з кристалічною структурою) навантаження. Створено методи контролю та діагностики площі тріщини у КМ, глибини різання та зносу різального інструменту. Отримані результати дозволять створити теорію акустичного випромінювання при мікроточінні поверхонь КМ інструментом із КМ, визначити технологічні і фізичні чинники та їх вплив на параметри АЕ, встановити і дослідити закономірності їх зміни, провести їх математичний опис з визначенням інформативності параметрів, які можливо використовувати при контролі та діагностиці процесів мікроточіння із створенням відповідних методик.

### **Практична цінність**

**Створено методику та експериментальне устаткування** для дослідження процесів руйнування КМ та механічної обробки матеріалів точінням з використанням реєстрації та обробки

сигналів акустичної емісії.

**Розроблено способи:** визначення площі тріщини, що утворюється у КМ; визначення та контролю глибини різання при механічній обробці матеріалів точінням з використанням КМ; визначення та контролю зносу різального інструменту з КМ при механічній обробці матеріалів точінням.

**Розроблено програми і методики:** діагностики КМ; діагностики і контролю технологічного процесу механічної обробки матеріалів точінням з використанням КМ з реєстрацією та обробкою сигналів АЕ, Розроблені методики є складовими методології комплексної діагностики технологічного процесу механічної обробки матеріалів точінням з використанням КМ. **Розроблені програми і методики діагностики включають:** визначення виникнення тріщини у КМ і її площі за допомогою аналізу площі під обвідною сигналів АЕ; визначення та контроль відхилення глибини різання при виконанні механічної обробки матеріалів точінням з використанням КМ за допомогою обробки та аналізу швидкості зміни накопиченої енергії результуючого сигналу АЕ у часі; визначення та контроль зносу різального інструменту з КМ при механічній обробці матеріалів точінням з використанням КМ за допомогою обробки та аналізу дисперсії усередненої енергії результуючого сигналу АЕ.

Отримані результати можуть бути використані в енергетичній, хімічній, авіаційній та космічній промисловості, транспорті при розробці та оптимізації режимів механічної обробки матеріалів точінням, контролю та діагностики технологічних процесів механічної обробки матеріалів точінням при виготовленні різних виробів.

Отримані результати використовуються при проведенні наукових досліджень у Національному авіаційному університеті (м.Київ), а також впроваджено у ТОВ «Вібросепаратор» (м. Житомир), ТОВ «Український кардан» (м. Чернігів) при діагностиці процесів виготовлення деталей за допомогою механічної обробки матеріалів точінням.

#### **Перелік основних наукових публікацій, доповідей на конференціях, семінарах**

1. Филоненко С.Ф. Моделирование акустической эмиссии при разрушении композиционных материалов растяжением /С.Ф.Филоненко, Т.В. Нимченко, Т.М. Косицкая// Вісник інженерної академії України.-2010.-№1.-С.128-133.
2. Косицька Т.М. Моделювання сигналів акустичної емісії при механічному руйнуванні композиційного матеріалу/Т.М. Косицька// Вісник Чернігівського Державного технологічного університету. Серія Технічні науки.-№45, 2010.-С.214-220.
3. Филоненко С.Ф. Информативность параметров сигналов акустической эмиссии при разрушении композиционных материалов/С.Ф.Филоненко, Т.В. Нимченко, Т.М. Косицкая// Технологические системы.- 2009.-№ 4(48).-С.22-28.
4. Filonenko S.F. Model of acoustic emission signal at the prevailing mechanism of composite material mechanical destruction /S.F. Filonenko, T.V. Nimchenko, A.P. Kosmach //Aviation.-2010.- v.14.-№ 4.- P.95-103.
5. 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.
6. Филоненко С.Ф. Влияние неравномерности процесса разрушения композиционного материала на сигналы акустической эмиссии /С.Ф. Филоненко //Технологические системы.-2011.-№1(54).-С.24-31.
7. Косицька Т.М. Закономірності зміни параметрів сигналів акустичної емісії при механічному руйнуванні композиційних матеріалів/Т.М. Косицька// Вісник інженерної академії України.-2010.-№3-4.-С.184-189.
8. Filonenko S. Two approaches to the description of acoustic emission signals in the kinetic model of composite destruction/S. Filonenko, V.Kalita, T.Nimchenko//Aviation.-2011.-v.15.-No2.-P.31-37.
9. Новиков Н.В. Широкополосные датчики акустической эмиссии /Новиков Н.В., Туркевич В.З., Девин Л.Н., Филоненко С.Ф./ Высокие технологии, образование промышленность: Сборник трудов под редакцией А.П. Кудинова. Т.1.-Санкт-Петербург, 2011.-С.188-189.
10. Філоненко С.Ф. Вплив глибини різання на закономірності зміни параметрів акустич-

ного випромінювання/ С.Ф.Філоненко, Т.В. Німченко// Вісник НАУ.-2012.-№3.-С.101-108.

11. Филоненко С.Ф. Акустическая эмиссия при изменении скорости обработки материалов точением/ С.Ф.Филоненко, Т.В. Немченко, Т.Н. Косицкая // Технологические системы.-2011.-№ 4 (57) .-С.80-88.

12. Филоненко С.Ф. Вклад составляющих акустического излучения в результирующий сигнал при резании материалов/ С.Ф.Филоненко, Т.В. Немченко, Т.Н. Косицкая // Технологические системы.-2012.-№2(59).-С.71-80.

13. Филоненко С.Ф. Акустична емісія при миттевому руйнуванні різального інструменту/ С.Ф.Филоненко, Т.В. Немченко, Т.Н. Косицкая//Наукоємні технології.-2012.-№2(14).-С.52-58.

14. Філоненко С.Ф. Сучасні технології виміральної техніки/С.Ф. Філоненко/ Лабораторний практикум.-К.: Вид-во НАУ, 2010.-56 с.

15. Патент №49295, Україна, МПК G01D 5/26, G01B 17/00. u200911151, Спосіб визначення площі тріщин, що утворюються в матеріалах / С.Ф. Філоненко, Т.В. Німченко, О.П. Космач.- Оpubл. 26.04.2010, Бюл. № 8.-6 с.

16. Патент № 65205, Україна МПК G01N 29/04, 3/56. u201106505, Спосіб визначення та контролю глибини різання при точінні/ С.Ф. Філоненко, Т.В. Німченко.- Оpubл. 25.11.2011, Бюл. №22.-10 с.

17. Патент № 70879, Україна МПК G01N 29/04, 3/56. u201115163, Спосіб визначення зносу різального інструменту у процесі механічної обробки матеріалів точінням / С.Ф. Філоненко, Т.В. Німченко, О.П., Т.М. Косицька.- Оpubл. 25.06.2012, Бюл. №12.-6 с.

18. Филоненко С.Ф. Исследование разрушения композиционного материала на основе вольфрама-кобальта методом акустической эмиссии/С.Ф. Филоненко, Т.В. Немченко/ Интегровані інтелектуальні Робототехнічні комплекси (ІРТК\_2010): Третя міжнародна науково-практична конференція (24-26 травня 2010, Київ, Україна). Збірка тез.-К.:НАУ, 2010.-С.253-255

19. Филоненко С.Ф. Исследование акусто-эмиссионного излучения при разрушении композиционного материала /С.Ф. Филоненко, Т.В. Немченко, Т.Н. Косицкая, Л.Н. Девин/ Современные проблемы производства и ремонта в промышленности и транспорте: Мат. 10-го юбилейного межд. Научно-технического семинара: (22-26 февраля, 2010, Свалява, Украина).-К.:АТМ Украины, 2010.-С.266-270.

20. Филоненко С.Ф. Вплив фізико-механічних властивостей матеріалу на результируючий сигнал акустичної емісії при крихкому руйнуванні поверхневих шарів/С.Ф. Филоненко, А.П. Стахова//Интегровані інтелектуальні Робототехнічні комплекси (ІРТК\_2010): Третя міжнародна науково-практична конференція (24-26 травня 2010, Київ, Україна). Збірка тез.-К.:НАУ, 2010.-С.261-263

21. Filonenko S.F. Acoustic emission with nonlinearity of deformation and threshold change of destruction rate of composite material / S.F. Filonenko, O.P.Kosmach/ Proceedings of the third world congress “Aviation in the XXI-st century” (September 21-23, Kyiv, Ukraine, 2010).-V1.-P-12.27-12.30

22. Филоненко С.Ф. Влияние изменения скорости разрушения композиционного материала на форму сигнала акустической эмиссии / С.Ф. Филоненко, Т.В. Немченко, Т.Н. Косицкая //Современные проблемы производства и ремонта в промышленности и на транспорте: Мат. 11-го межд. Научно-технического семинара: (21-25 февраля, 2011, Свалява, Украина).-К.:АТМ Украины, 2011.-С.307-312

23. Філоненко С.Ф. Параметри сигналів акустичної емісії при руйнуванні зразків з композиційних матеріалів / С.Ф. Філоненко, Т.В. Німченко //Авіа-2011: мат. X міжнародної науково-технічної конференції (19-21 квітня, 2011, Київ).-К.: НАУ, 2011.-Т1.-С.1.23-1.26

24. Філоненко С.Ф. Формування результируючого сигналу акустичної емісії при різанні матеріалів / С.Ф. Філоненко, Т.В. Німченко //Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: Матеріали I міжнародної науково-практичної конференції (17-19 травня, 2011, Чернігів, Україна).-Чернігів:ЧДТУ, 2011.-С.160-161

25. Філоненко С.Ф. Вплив дисперсності властивостей композиційного матеріалу за міцністю на акустичну емісію / С.Ф. Філоненко, Т.В. Німченко, Т.М. Косицька // Интегровані інте-

лект-туальні Робототехнічні комплекси (ІРТК\_2010): Третя міжнародна науково-практична конференція (23-25 травня 2011, Київ, Україна). Збірка тез.-К.:НАУ, 2011.-С.369-370.

26. Філоненко С.Ф. Дослідження сигналів акустичної емісії при різанні матеріалів/ С.Ф. Філоненко, Т.В. Німченко // Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энерго-сбережении: Матер. Научно-техн. Конференции (19-22 сентября 2011 г., г.Одесса).-К.: АТМ України, 2011.-С.199-202.

27. Філоненко С.Ф. Исследование изменения скорости резания материалов методом акустической эмиссии/С.Ф. Філоненко, Т.В. Німченко//Качество, стандартизация, контроль: теория и практика: Матер. 11-й Международной научно-практической конференции (26-30 сентября, 2011 г., Крым, г. Ялта).- К.: АТМ України, 2011.-С.167-169.

28. Філоненко С.Ф. Дослідження закономірностей параметрів акустичної емісії від зміни глибини різання/ С.Ф. Філоненко, Т.В. Німченко // Современные проблемы производства и ремонта в промышленности и на транспорте: Мат. 12-го межд. Научно-технического семинара: (20-24 февраля, 2012, Свалява, Украина).-К.:АТМ України, 2012.-С.279-282

29. Філоненко С.Ф. Дослідження руйнування ріжучого інструменту за сигналами акустичної емісії/ С.Ф. Філоненко, Т.В. Німченко // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: Матеріали І міжнародної науково-практичної конференції (23-25 травня, 2012, Чернігів, Україна).-Чернігів:ЧДТУ, 2012.-С.133-134

30. Філоненко С.Ф. Влияние составляющих акустического излучения на формируемый при точении сигнал акустической эмиссии/ С.Ф. Філоненко, Т.В. Німченко//Інтегровані інтелек-туальні Робототехнічні комплекси (ІРТК\_2012): Третя міжнародна науково-практична конференція (15-16 травня 2012, Київ, Україна). Збірка тез.-К.:НАУ, 2012.-С.276-277.

31. Павленко П.М. «Інформаційні системи і технології»[П.М. Павленко, С.Ф. Філоненко, К.С. Бабіч, О.В. Гавриленко, Є.Г. Логачов]. Навчальний посібник.-324 с. (гриф МОНМСУ, лист №1/11-16830 від 29.10.12 р.).