

## ФІЛЬТРАЦІЯ АПАРАТУРНИХ ШУМІВ ПРИ ВИДІЛЕННІ СИГНАЛІВ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ В ПРОЦЕСІ ТОЧІННЯ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ

Розглянуто методи виділення сигналів акустичної емісії за наявності шумів. Наведено приклади виділення сигналу акустичної емісії на фоні завад у процесі обробки алюмінієвого сплаву. Визначено вплив апаратних шумів на сигнал АЕ при застосуванні стандартного тракту підсилення та підсилювача з диференціальними входами.

The methods of selection of acoustic emission signals in the presence of noises were shortly considered. The example of selection of acoustic emission signals on the background noise during the process of treatment of aluminium alloy was shown. The devices noise influence on the acoustic emission signal with use of the standard amplifying tract and the amplifier with differential entrances was determined.

### Вступ

Одна з головних проблем при дослідженні акустичної емісії (АЕ) — це виділення корисного сигналу на фоні шумів, які виникають в каналі з АЕ і не пов'язані безпосередньо із процесами деформації і руйнування в матеріалах досліджуваних об'єктів [1—3].

У процесі точіння виникає величезна кількість перешкод зумовлених як шумами самої акустико-емісійної апаратури — теплові шуми, нестабільність струмів витоку, флуктуації числа носіїв заряду і т.д., так і зовнішніми — шуми механічних систем токарного верстата, вібрації тощо.

Специфічні особливості виникають у процесі механічної обробки деталі — низький енергетичний рівень, широкий діапазон частот, великий динамічний діапазон зміни параметрів висувають ряд вимог до розробки і застосування акустико-емісійної апаратури. Ця апаратура має вносити мінімальні спотворення до форми досліджуваних сигналів, мати малий рівень власних шумів та високу чутливість і коефіцієнт підсилення. Використання широкопasmової акустико-емісійної апаратури дає можливість реєструвати більшу кількість спектральних складових із зони різання, що є суперпозицією як дискретної так і безперервної АЕ, що надають змогу отримати повнішу інформацію про сигнал АЕ [4].

### Методи боротьби з шумами

Проблема пошуку сигналів на тлі перешкод розглядається в багатьох працях як вітчизняних, так і зарубіжних авторів [1; 3; 6]. Проте для виділення сигналів АЕ в усіх авторів широко застосовані методи амплітудної дискримінації і частотної фільтрації. Амплітудна дискримінація здійснюється відсічкою шуму за амплітудною ознакою за рахунок введення в АЕ-апаратуру порогового пристрою, що пропускає на вхід тільки сигнали, амплітуда яких перевищує деякий заданий рівень. Характерний зв'язок між числом викидів в події  $N$  і піковою амплітудою  $U_{\max}$ :

$$U_{\max} = U_p \exp(kN),$$

де  $k$  — коефіцієнт пропорційності;  $U_p$  — пороговий рівень сигналу.

Окрім фіксованого порогу обмеження, може використовуватися «плаваючий» поріг, як варіант ефективного методу боротьби з шумами, тобто проводиться безперервне стеження за зміною рівня перешкод в каналах підсилювального тракту сигналів АЕ (рис. 1).

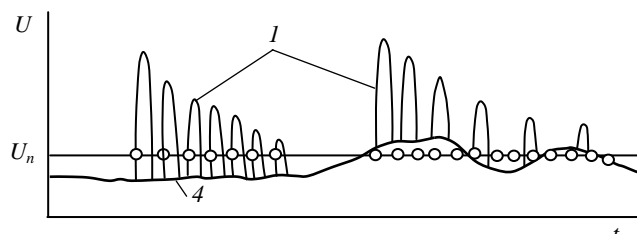
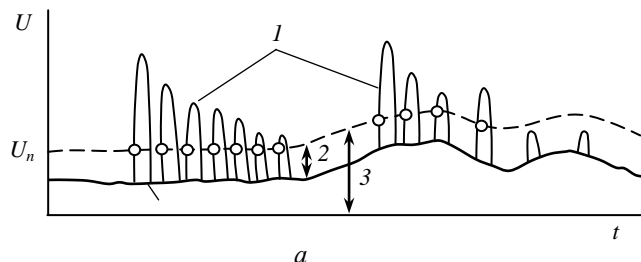


Рис. 1. Збільшення заводо захищеності з використанням «плавного» порогу: *a* — реєстрація викидів при «плавному» порозі; *б* — реєстрація викидів при фіксованому порозі; *1* — викиди АЕ; *2* — фіксована різниця; *3* — «плавний» поріг; *4* — рівень шуму

Частотна фільтрація полягає в обмеженні смуги пропускання підсилювального тракту. Обмеження частотного діапазону в області нижніх частот зумовлене необхідністю відсікання шумів механічного випробувального обладнання, а в області верхніх — значним загасанням сигналів АЕ. Робоча смуга частот, яка вибирається з компромісних міркувань заводо захищеності і мінімального загасання сигналу АЕ в досліджуваному матеріалі, для більшості міститься в межах 0,1—2,5 МГц [1; 5; 6]. Незважаючи на втрати значної частини інформації, цей метод набув великого поширення. Окрім обмеження смуги підсилювального тракту, він використовується для вибору вузької смуги пропускання, яка визначається з розрахунків, що проводяться для конкретних матеріалів, швидкості розповсюдження в них поздовжніх і поперечних хвиль, визначення розмірів утворювальних тріщин.

До більш складних способів належать просторова і часова селекція. Просторова селекція будується на визначенні кореляційних функцій і вимагає застосування багатоканальних систем. Спочатку обчислюється взаємна кореляція функції сигналів, що надійшли на датчик, за якою визначається належність до сигналу АЕ або перешкоди. Часова селекція полягає в замиканні каналу АЕ на час дії перешкод. Виниклий електричний сигнал перешкоди сприймається антеною, розташованою в допоміжному каналі, і подається на схему, що виробляє сигнал, який замикає схему пропускання, відкрити за відсутності блокувальних сигналів. Одночасно з цим в основному каналі посилення сигнали перешкоди затримуються на кілька мікросекунд і надходять на схему пропускання лише після того, як вона розблокована. Крім часової селекції, застосовується параметрична селекція або параметричне стробування, що полягає в пропусканні сигналів АЕ на обробку електричною апаратурою лише за певних умов [1; 6]. Апаратурна база засобів для акустичної емісії відзначається великою кількістю модифікацій приладів. Особливістю апаратури є універсальність її виготовлення та застосування. Однак на сьогодні апаратурні засоби та їх елементна база переважно фізично та морально застаріли.

У праці наведено приклад виділення сигналу акустичної емісії на фоні завод при точінні алюмінію із застосуванням підсилювача з диференційно-струмовими входами та із застосуванням класичного вимірювального тракту, показано вплив апаратурних шумів на сигнал АЕ.

### Методика досліджень

Для проведення досліджень як експериментальний зразок було використано алюмінієву заготовку АК6 діаметром 50 мм. Точіння заготовки виконувалося на базі високоточного токарного верстата ТПК 125 ВМ із системою ЧПК.

У різцетримачі встановлювався різець, оснащений алмазно-твердосплавною пластиною з діаметром 7,5 мм і завтовшки 3,18 мм з геометричними параметрами  $\alpha = 11^\circ$ ,  $\gamma = 0^\circ$ .

Глибина різання, подачі та швидкості різання, що були використані в процесі експерименту при обробці алюмінієвої заготовки, наведено в таблиці.

### ПАРАМЕТРИ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ

Глибина різання $t = 0,2$ мм	Подача						
	6	30	60	90	120	150	мм/хв
Оберти шпинделя $n = 600$ хв <sup>-1</sup>	0,01	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	мм/об

Дослідження сигналу АЕ в процесі точіння алюмінієвої заготовки відбувалось одночасно по двох каналах. По одному з каналів сигнал АЕ сприймався датчиком, вбудованим у різець [7]. Далі сигнал надходив на вхід підсилювача [1; 6], де за стандартною методикою відбувалось попереднє підсилення, фільтрація, кінцеве підсилення та виділення амплітуди імпульсу (пікове детектування).

На вході другого каналу первинне перетворення інформації виконувалося за допомогою широкосмугового датчика АЕ, який був виготовлений на основі п'єзокераміки ЦТС-19 з демпфером на основі суміші карбиду вольфраму WC, нікеліду титину TiNi та епоксидної смоли [8; 9]. Датчик встановлювався під різцем і притискався до нього за допомогою мастила Grease 1—13. Підсилення сигналу з виходу датчика відбувалося завдяки розробленому підсилювачу з диференційно-струмовими входами [10; 11]. На один з входів такого підсилювача підключався безпосередньо датчик АЕ, а на інший вхід — компенсуюча ємність  $S_k$ , що за величині дорівнювала ємності самого датчика. Амплітудне детектування виконувалося за допомогою пікового вольтметра В7-26. Далі сигнали з обох каналів передавалися в ПК через АЦП ADA-1406 з частотою дискретизації 350 кГц, де відбувалось їх зберігання та подальша обробка. Частотний діапазон реєстрованих сигналів АЕ був у межах 100 кГц — 1,2 МГц.



Рис. 2. Розміщення датчиків АЕ: 1 — різцетримач, 2 — широкосмуговий датчик АЕ, 3 — датчик АЕ вбудований в різець

Під час експерименту детальна увага була приділена дослідженню огинаючих та спектрів АЕ, отриманих після обробки інформації в ПК з розглянутих вище вимірювальних каналів (рис. 2).

### Результати досліджень

Сигнал АЕ з зони різання, що надходить на вхід підсилювача першого та другого каналів у нашому випадкові являє собою адитивну суму корисного сигналу, імпульсної електронної завади, та сигналу від вібрації, який є основною завадою та лежить у діапазоні 60—80 кГц. З виходу підсилювача йде підсилений сигнал АЕ, послаблений вібраційний та власні апаратурні шуми підсилювача.

Огинаючі АЕ при різних подачах з двох одночасно ввімкнених вимірювальних каналів наведено на рис. 3.

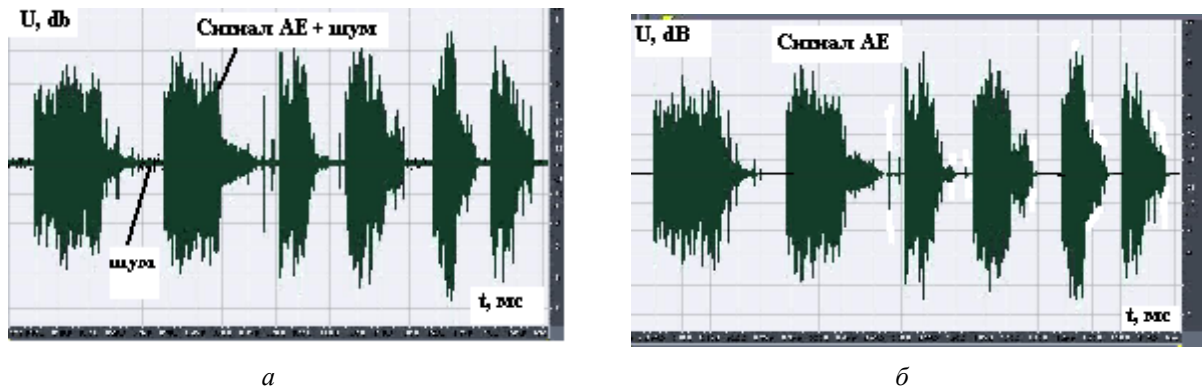


Рис. 3. Огинаючі сигналів АЕ при різноманітних подачах при точінні алюмінію: а — канал 1; б — канал 2

З рис. 3, а видно, що у першому каналі існує шум, який спостерігається протягом усього експерименту незалежно від виду подачі та швидкості різання, це так званий апаратурний шум, що зумовлюється серією використаних у каналі підсилення операційних підсилювачів. У другому каналі практично повністю відсутні апаратурні шуми, що можливо побачити на рис. 3, б. Застосування підсилювача з диференціальними струмовими входами дало змогу знизити чутливість до завад та наводок, які виникають в датчику та з'єднувальних проводах, що було підтверджено експериментально [10]. Як операційні підсилювачі тут було обрано підсилювачі нового покоління на основі мікросхем ОРА 620.

На рис. 4 наведено спектр АЕ при подачі 150 мм/хв, де можливо простежити окремо апаратурний шум, його суміщення із корисним сигналом і сам сигнал АЕ.

Наявність відповідних викидів у спектрі сигналу АЕ засвідчує, що відбувається зношування та руйнування різальної кромки. Частинки оброблюваного матеріалу, багатократно ударяючись об кромку алмазно-твердосплавної пластини розхитують певним чином окремі блоки алмазу, внаслідок чого утворюються мікротріщини, що в подальшому призводить до мікроруйнування.

Дослідження запропонованою апаратурою спектрів АЕ при різноманітних подачах показало, що зі збільшенням швидкості різання середня енергія сигналу АЕ зростала ступінчасто.

З рис. 5 очевидно, що зміна конструкційної побудови підсилювача сигналів АЕ та різниця у застосуванні елементної бази впливає на середню енергію сигналу при однакових швидкостях різання та подачах при обробці алюмінієвої заготівки.

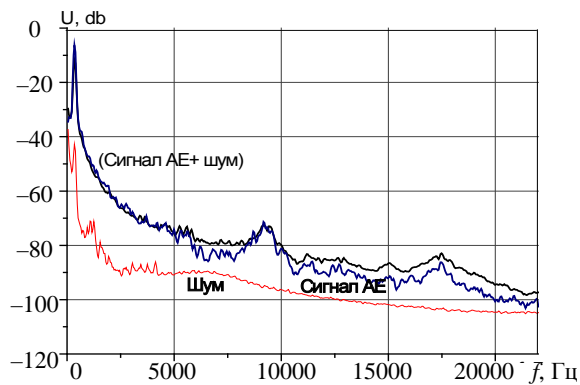


Рис. 4. Спектр АЕ при подачі 150 мм/хв

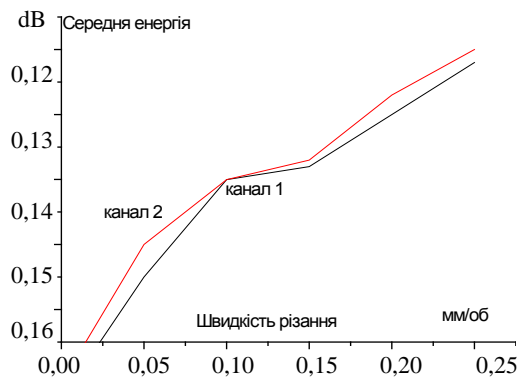


Рис. 5. Залежність зміни середньої енергії АЕ від швидкості різання

## Висновок

У ході експерименту було виявлено, що при реєстрації сигналів акустичної емісії в процесі точіння алюмінієвої заготовки більш доцільним є застосування малошумних підсилювачів, що допоможе зменшити апаратні шуми. До того ж, ураховуючи малий рівень сигналу АЕ, як варіант запропоновано використовувати підсилювачі з диференціальними струмовими входами для зниження чутливості до завад і наводок на датчик та з'єднувальні кабелі.

*Автори висловлюють щире подяку професору Л. М. Девіну за наукові консультації і допомогу у написанні цієї статті.*

## ЛІТЕРАТУРА

1. Акустические и электрические методы в триботехнике / Под ред. В. А. Белого. — Минск : Наука и техника, 1987. — 280 с.
2. Баранов В. М. Акустические измерения в ядерной энергетике. — М. : Энергоатомиздат, 1990. — 320 с.
3. Щавелин В. М., Сарычев Г. А. Акустический контроль узлов трения ЯЭУ. — М. : Энергоатомиздат, 1988. — 176 с.
4. Грешиников В. А. Дробот Ю. В. Акустическая эмиссия. Применение для испытания материалов и изделий. — М. : Изд-во стандартов, 1976. — 272 с.
5. Андрейкив А. Е., Лысак Н. В. Метод акустической эмиссии в исследовании процессов разрушения. — К. : Наук. думка, 1989. — 176 с.
6. Филоненко С. Ф. Акустическая эмиссия. Измерение, контроль, диагностика. — К. : НАУ, 1999. — 304 с.
7. Пат. 69021А Україна, МКІ В 23 В 27/16. Різець з механічним кріпленням різальної пластини / А. Г. Найденко, Л. М. Девін, М. Є. Стахнів. — Заявл. 26.11.2003; Опубл. 16.08.2004, Бюл. № 8.
8. Пат. 23804 Україна, G01 N 29/04. П'єзоелектричний перетворювач / Л. М. Девін, А. Г. Найденко, Т. В. Німченко. — Заявл. 12.01.2007, Опубл. 11.06.2007, Бюл. № 8.
9. Пат. 26259 Україна, G01 N 29/04. Матеріал для демпфера ультразвукового перетворювача сигналів / Л. М. Девін, А. Я. Недосєка, М. Є. Стахнів, М. А. Яременко, Т. В. Німченко. — Заявл. 11.05.2007, Опубл. 10.09.2007, Бюл. № 14.
10. Німченко Т. В. Особенности исследования критического износа резца методом АЭ // Матеріали VI Міжнародної наукової конференції студентів та молодих учених. — К. : НАУ, 2006. — С. 55.
11. Німченко Т. В. Використання диференційного зарядового підсилювача сигналів акустичної емісії при дослідженні металоріжучих інструментів // Інтегровані інформаційні технології та системи. Мат. наук.-практ. конф. молодих учених та аспірантів 21—23 листопада 2005р. — С. 96—98.