

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИГНАЛІВ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТА КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСАМИ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

В статті розглянуто використання сигналів акустичної емісії в якості інформаційних для контролю та керування технологічними процесами. Розглянуто суть утворення та розповсюдження хвиль акустичної емісії. Наведені основні напрями використання сигналів акустичної емісії в технологічній операції шліфування. Встановлено, що параметри сигналу акустичної емісії досить тісно корелюють з показниками процесу шліфування. Акустична емісія, з досить ефективно використовується не тільки для контролю процесу шліфування, а і для процесу правки шліфувального круга. Зокрема наведені приклади застосування акустично-емісійного контролю та керування для операції шліфування. Встановлено, що можливе скорочення тривалості обробки за рахунок зменшення часу, який затрачається на так зване «повітряне» шліфування. Наведено приклад використання AE-сигналів, які отримуються методом акустичної емісії від датчика встановленого на шпиндель круга, під час протікання і закінчення процесу правки шліфувального круга. Зокрема, встановлено, що переходний цикл функції правки необхідно продовжувати, до тих пір поки сигнал AE не буде знаходитися всередині огинаючої кривої.

Ключові слова: інформаційний сигнал, акустична емісія, шліфування, правка круга.

В промисловості для виготовлення необхідних деталей використовуються різноманітні технологічні процеси. Під час роботи на налагодження обладнання потрібні системи контролю та вимірювання технологічних параметрів. В сучасній промисловості в якості вимірювальних параметрів для контролю та вимірювання процесів застосовуються різноманітні інформаційні сигнали (акустична емісія, вібраційні хвилі, тощо). За останні десятиліття досить якісно розвинулася вимірювальна техніка, яка використовує сигнал акустичної емісії виробничого процесу.

Акустична емісія (AE) у виробничому середовищі – це процес різання, який створює вібрації в точці контакту між інструментом і заготовкою [1]. Ці вібрації проявляють себе як звук. Звукові хвилі складаються з кінетичної енергії перенесення що змінює напруження в матеріалі і, в свою чергу, призводить до короткочасних пластичних деформацій, зміщення і зміщення в нанометровому діапазоні. Динамічні зміщення генерують високочастотні коливання відомі як акустичні викиди (акустична емісія), які можуть бути виявлені за межами прямого контакту між інструментом і заготовки за допомогою п'езоэффекту і вимірюються як зміни електричного потенціалу.

Акустичні випромінювання (також відомі як структурні шуми, в залежності від середовища, в якій вони поширяються) є нечутними, ультразвуковими сигналами (рис. 1).

Для операцій різання характерні звукове супроводження з відповідною частотою і амплітудою. Електричні сигнали, які видають датчики акустичної емісії, можна використовувати для контролювання процесу обробки.



Рис. 1. Частотний діапазон звукових коливань

При видаленні матеріалу з заготовки під час шліфування в зоні різання елементами, які беруть участь в процесі, генерується шумова акустична емісія - випромінювання, що складається з вимірюваних частот, в основному в ультразвуковому діапазоні. Принцип виникнення такого випромінювання відбувається в результаті контактів абразивних зерен з оброблюваним матеріалом в зоні контакту шліфувального круга з заготовкою. Локальні впливи абразивних зерен є процесами мікрорізання, пластичного деформування мікрооб'ємів металу, пружного деформування з втомним руйнуванням. Акустична емісія є відображенням

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

комплексу цих процесів, що виникають під дією мікроударних навантажень з боку абразивних зерен на оброблюваний матеріал. Частота таких навантажень досить висока, якщо врахувати кількість зерен і частоту обертання шліфувального круга.

Ці частоти виявляються датчиками АЕ (рис. 2.). Сигнали з датчиків можна аналізувати, оцінювати і візуалізувати системами моніторингу і діагностування для визначення поточного стану якості заготовки, зносу інструменту і самого верстата. Як працює обладнання, можливі несправності, ступінь зношення інструменту та інші показники роботи в значній мірі залежить від розуміння сигналів акустичної емісії.

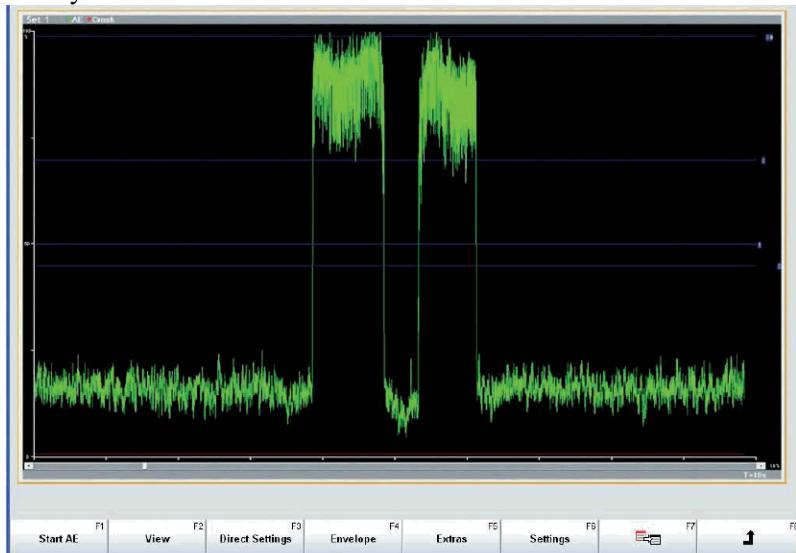


Рис. 2. Сигнали АЕ, що виникають під час обробки, виявлені через датчик акустичної емісії.

Тому датчики, які використовуються системою, яка контролює повинні відповідати дуже високим стандартам. Статичні або обертові датчики повинні бути високочутливі (з безконтактною передачею сигналу), які можуть виявляти навіть найменше відхилення сигналу, що дозволить використовувати повний технологічний потенціал верстатів і систематично знижувати витрати на процес виготовлення деталей [2, 3].

Оптимальне співвідношення сигнал / шум для датчиків АЕ гарантує, що виробничі процеси будуть якомога стабільними.

Дослідження технологічного обладнання під час роботи за допомогою датчиків акустичної емісії показали, що існує взаємозв'язок потужності шпинделя верстата і акустичної емісії в зоні обробки (рис. 3.).

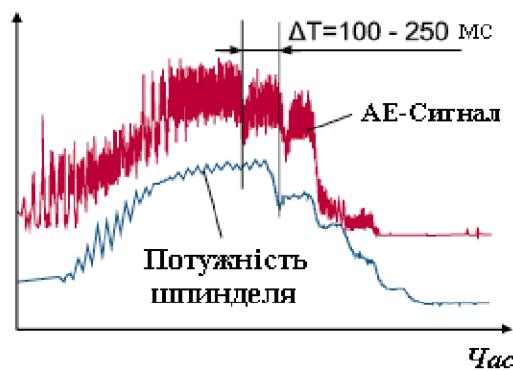


Рис. 3. Порівняння сигналу акустичної емісії і потужності шпинделя верстата.

Використання сигналів акустичної емісії для технологічних операцій обробки різноманітне:

1) Моніторинг зіткнень (CrashControl) – контакт заготовки з інструментом виявляється так швидко, як тільки можливо, що допомагає уникнути або мінімізувати можливе ушкодження обладнання;

2) Перше виявлення – оцінюючи сигнал АЕ, можна виявити контакту інструменту і деталі з точністю до мікрометра, що зменшує непродуктивне «повітряне шліфування»;

3) Візуалізація процесу – коли процес відображується на дисплеї, технологи підприємства можуть спостерігати за перебігом обробки і в результаті зробити висновки про хід процесу, на основі цього можуть проводити аналіз процесів і помилок;

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

4) Оптимізація процесів – використовуючи сучасне програмне забезпечення та інструменти аналізу можна оптимізувати технологічні процеси і мінімізувати час обробки при збереженні такого ж рівня якості.

У роботах закордонних вчених [4, 5] показано, що акустична емісія використовується для контролю як процесу шліфування (рис. 4), так і процесу правки шліфувального круга (рис. 5, 6).

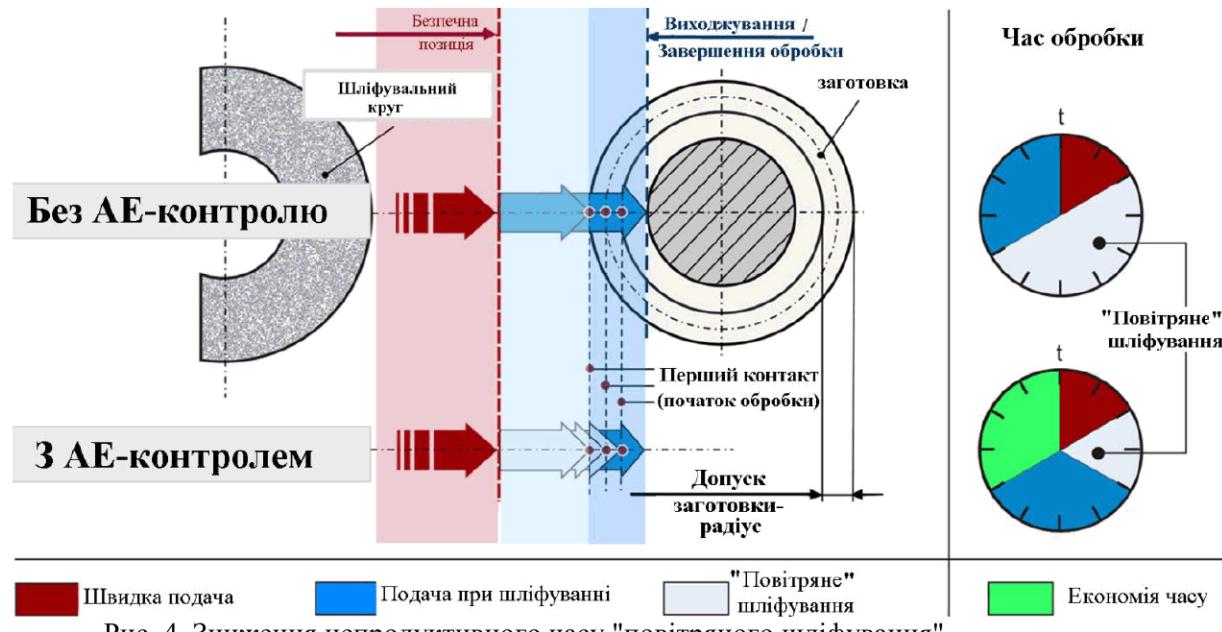


Рис. 4. Зниження непродуктивного часу "повітряного шліфування"

Моніторинг сигналів акустичної емісії під час шліфування дозволяє скоротити тривалість обробки за рахунок зменшення часу, який затрачається на так зване «повітряне» шліфування (форсована подача).

Шліфувальні круги в процесі обробки з часом змінюють свій профіль. З метою усунення зазначеного недоліку виконують згладжування профілю робочого шару за допомогою алмазного інструменту – «правки».

Сутність цього процесу полягає (рис. 5) в послідовному зніманні тонких шарів ($\sim 1 \text{ мкм}$) і загальному зніманні $5 \dots 10 \text{ мкм}$. Сигнал про протікання і закінчення процесу отримується методом акустичної емісії від датчика, встановленого на шпиндель круга. Перехідний цикл функції правки буде продовжуватися, до тих пір поки сигнал АЕ знаходиться всередині огинаючої кривої (рис. 6).

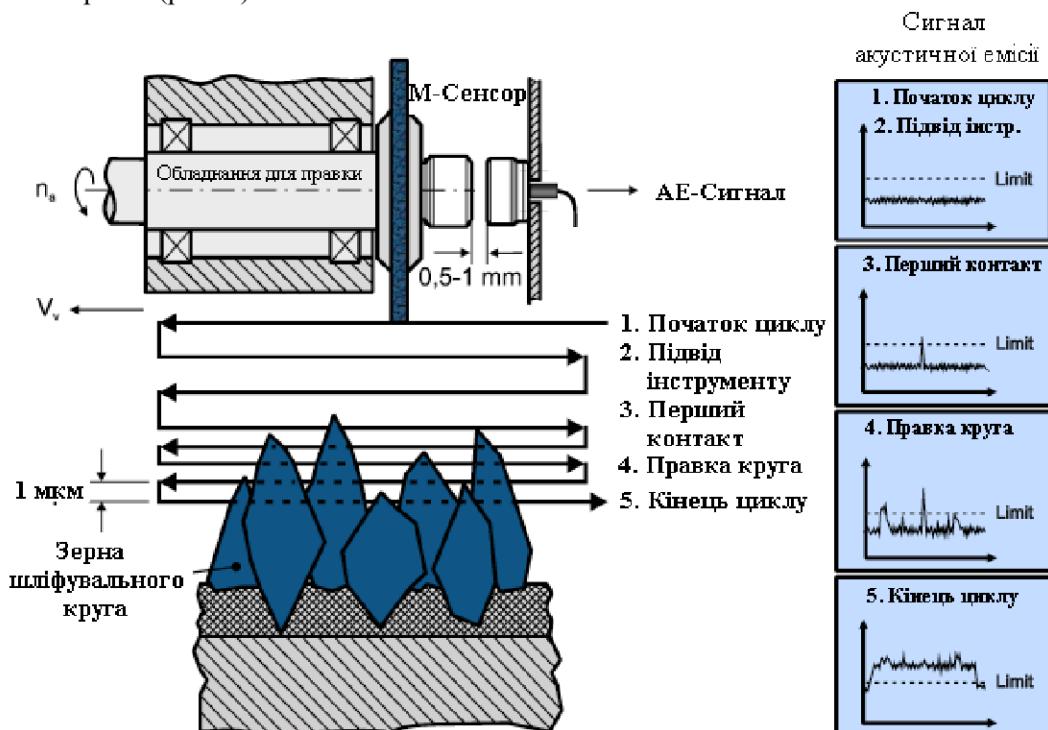


Рис. 5. Схема правки шліфувального круга і сигнали АЕ, які виникають під час правки.

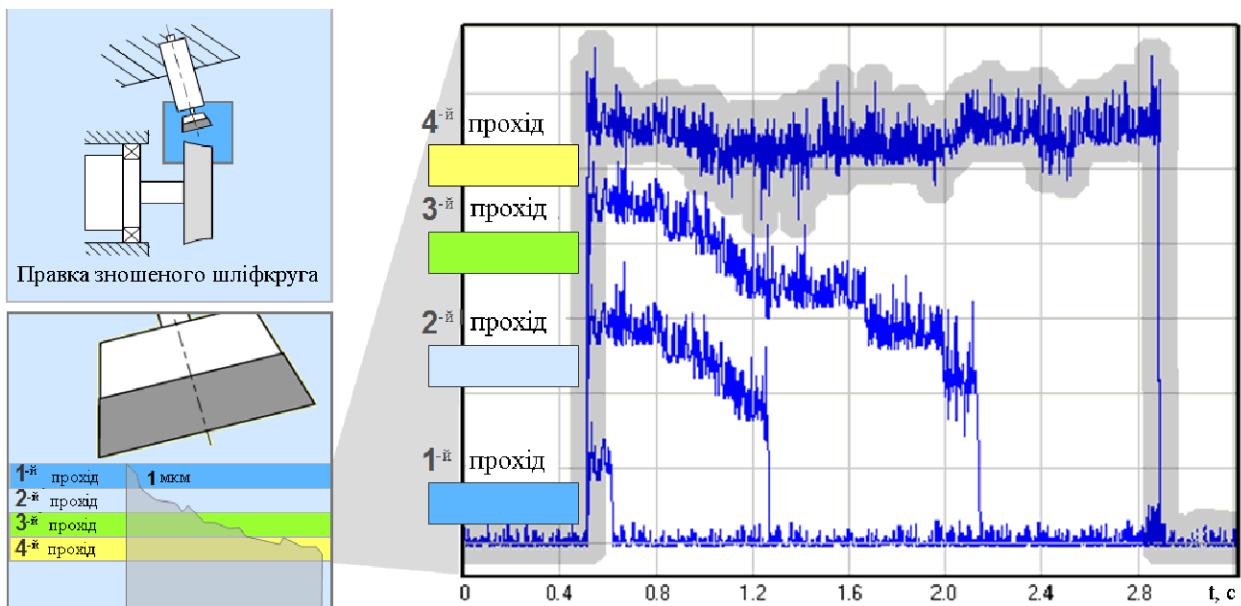


Рис. 6. Контроль правки шліфувального круга за сигналами АЕ.

Результати досліджень показують, що параметри акустичної емісії ефективно використовуються для моніторингу та діагностики технологічних процесів обробки деталей. Однак, застосування сигналів акустичної емісії у виробничому процесі незважаючи на вказані досягнення не є всеосяжним. З одного боку присутні проблеми технічного характеру, такі як виділення корисного сигналу серед шумових сигналів виробничого обладнання; проектування спеціальних датчиків для реєстрації сигналів акустичної емісії, тощо. З іншого боку, для повноцінного використання потенціалу акустичної емісії необхідні детальні наукові дослідження щодо ідентифікації різноманітних АЕ-сигналів при різних видах та режимах обробки і різних матеріалах заготовки, визначення місць встановлення датчиків на виробничому обладнанні для найбільш ефективного сприйняття інформаційного сигналу.

Інформаційні джерела

1. Грешников В.А. Акустическая эмиссия / В. Грешников, Ю. Дробот - М.: Изд-во стандартов, 1976. - 276.
2. Кремень З. И. Технология шлифования в машиностроении/ [Кремень З. И., Юрьев В. Г., Бабошкин А. Ф.] - СПб.: Политехника, 2015. - 424 с.: ил.
3. Мороз С.А., Петрук И.В., Петрук О.В. Акустична емісія як відображення мікродинамічних процесів під час шліфування // “Перспективні технології та прилади”. Збірник наукових праць. Випуск 10(1). м. Луцьк, червень 2017 р. – Луцьк: Луцький НТУ, 2017. – С. 149–153.
4. Неразрушающий контроль: Справочник: в 7 т. Под общ. ред. Клюева В.В. Т.7: в 2 кн. Кн.1: Иванов В.И., Власов И.Э. Метод акустической эмиссии. – М.: Машиностроение, 2005. - 829 с.
5. Sotirios J. Vahaviolos (1999). Acoustic Emission: Standards and Technology Update. STP-1353. Philadelphia, PA: ASTM International (publishing).
6. Acoustic emission/ microseismic activity. Volume 1. Principles, Techniques, and Geotechnical Applications H. Reginald Hardy, Jr. The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, USA

Мороз С.А., к.т.н., Петрук О.В., Петрук И.В.
Луцкий национальный технический университет

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

В статье рассмотрено использование сигналов акустической эмиссии в качестве информационных для контроля и управления технологическими процессами. Рассмотрена сущность образования и распространения волн акустической эмиссии. Приведены основные направления использования сигналов акустической эмиссии в технологической операции шлифования. Установлено, что параметры сигнала акустической эмиссии достаточно тесно

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

коррелируют с показателями процесса шлифования. Акустическая эмиссия, с достаточной эффективностью используется не только для контроля процесса шлифования, но и для процесса правки шлифовального круга. В частности приведены примеры применения акустико-эмиссионного контроля и управления для операции шлифования. Установлено, что возможное сокращение продолжительности обработки за счет уменьшения времени, затрачиваемого на так называемое «воздушное» шлифование. Приведен пример использования АЭ-сигналов, получаемых методом акустической эмиссии от датчика установленного на шпиндель круга, во время протекания и окончания процесса правки шлифовального круга. В частности, установлено, что переходный цикл функции правки необходимо продолжать до тех пор пока сигнал не будет находиться внутри огибающей кривой.

Ключевые слова: информационный сигнал, акустическая эмиссия, шлифовка, правка круга.

S. Moroz, O. Petruk, I. Petruk

Lutsk National Technical University

SPECIFICS OF THE USE OF ACOUSTIC EMISSIONS SIGNALS FOR CONTROL AND MANAGEMENT BY MANUFACTURE OF DETAILS

The article discusses the use of acoustic emission signals as information for control and control of technological processes. The essence of the formation and propagation of acoustic emission waves is considered. The main directions of use of signals acoustic emission in the technological operation of grinding are given. It has been established that the parameters of the acoustic emission signal are closely correlated with the parameters of the grinding process. Acoustic emission is effectively used to control the grinding process and for the grinding wheel's process. Examples of acoustic emission control and control for grinding operation are given. It is established that a possible reduction of the processing time by reducing the time spent on so-called "air" grinding. An example of the use of AE signals obtained by the method of acoustic emission from a sensor mounted on a spindle of a circle, during the course and completion of the grinding wheel's process is given. In particular, it has been established that the transition function of the edit function should be continued, until the AE signal lies within the envelope curve.

Key words: information signal, acoustic emission, grinding, circle correction.