

УДК 681.586.4

Л. Н. Девин, д-р техн. наук, **А. А. Осадчий**, **О. О. Пасичный**,
кандидаты технических наук

Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ШЛИФОВАНИЯ НОВЫМИ КРУГАМИ ИЗ СТМ

Представлена автоматизированная система исследования обработки и диагностики шлифования методом акустической эмиссии. Применены принципиально новые широкополосные датчики акустической эмиссии с демпфированием тыльной стороны пьезопластины. Разработанная система применена для диагностики шлифования инструментом из СТМ.

Ключевые слова: акустическая эмиссия, широкополосный датчик, пьезокерамика, неразрушающий контроль, шлифование, сверхтвердые материалы.

Акустическая эмиссия, т. е. излучение упругих волн напряжений, содержит информацию о тонких физических процессах, происходящих при трении, деформировании или разрушении материалов. Этот метод широко применяют при ранней диагностике землетрясений, анализе состояния сложных объектов в атомной энергетике, в ракетной и космической технике. В этой области наиболее известны работы ученых США, в частности профессоров Оно из Калифорнийского университета (Лос-Анджелес) и Дэвида Дорнфельда с учениками из Беркли (Калифорния). Последний исследовал применение акустической эмиссии для диагностики процессов резания.

Широким фронтом работы в области акустической эмиссии выполняются в Японии под руководством профессора Т. Мориваки (Токийское общество неразрушающего контроля). В Украине подобные исследования проводят в Институте электросварки им. Е. О. Патона под руководством профессора А. Я. Недасеки, Физико-механическом институте им. Карпенко, Национальной академии наук Украины, Национальном авиационном университете под руководством профессора С.Ф. Филоненко.

Широкое использование акустической эмиссии во многом сдерживается узкой полосой пропускания и неравномерной амплитудно-частотной характеристикой датчиков акустической эмиссии. Пьезоэлектрические датчики относятся к основным элементам систем диагностики состояния и контроля работоспособности ответственных изделий на основе метода акустической эмиссии, акустического течеискания, вибродиагностики и пр. В настоящее время с появлением новых материалов и конструкций датчиков акустической эмиссии расширяется область применения неразрушающих методов контроля, в частности, акустической эмиссии.

Разрабатывают и создают датчики акустической эмиссии ученые под руководством профессора Марвина Хэмстадта Национального института стандартов США, г. Боулдер. В России работы по созданию датчиков активно выполняют в Лаборатории пьезопреобразователей под руководством В. М. Шихмана в НИИ механики и прикладной математики Ростовского государственного университета.

В Институте сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины (ИСМ) и Национальном авиационном университете разработали широкополосные датчики акустической эмиссии, по характеристикам не уступающие зарубежным аналогам, а в некоторых случаях превосходящие их.

Цель настоящей работы – исследовать возможность применения метода акустической эмиссии для диагностики шлифования новыми кругами из СТМ.

В ИСМ создали мобильную автоматизированную систему для исследования сигнала АЭ при механической обработке [1].

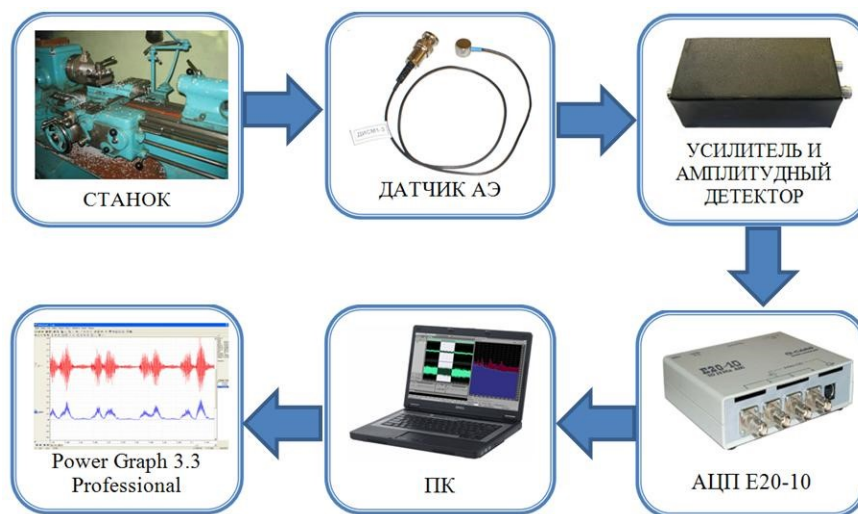


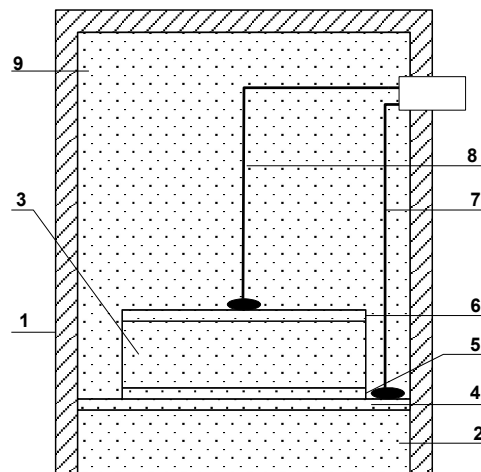
Рис. 1. Блок-схема автоматизированной системы для исследования сигнала АЭ при механической обработке

Основным новым элементом рассматриваемой системы является широкополосный датчик АЭ.

В ИСМ разработали принципиально новую конструкцию датчиков акустической эмиссии [2] за счет демпфирования тыльной стороны пьезопластины, выбора оптимальной схемы включения датчика и выбора материала демпфера (рис. 2).



а



б

Рис. 2. Внешний вид (а) и конструкция (б) широкополосного датчика АЭ: 1 – корпус; 2, 3 – пьезоэлементы; 4 – нерабочий электрод; 5, 6 – рабочие электроды; 7, 8 – провода; 9 – тело демпфера (композит из карбида вольфрама, нитрида титана и эпоксидной смолы)

Для исследования использовали новую систему градуировки датчиков АЭ, выполнили стыковку системы градуировки с персональным компьютером, разработали специальное программное обеспечение, позволяющее в полуавтоматическом режиме получать амплитудно-частотную характеристику каждого датчика. Исследовали

амплитудно-частотные характеристики датчиков различных конструкций и выбрали оптимальный вариант датчика акустической эмиссии с линейной амплитудно-частотной характеристикой – 200–1200 кГц.

Ранее разработанные датчики опробовали при изучении трения и изнашивания режущих инструментов на станках с ЧПУ.

В качестве демпфера использовали оригинальный материал (защищен патентом Украины), состоящий из частиц WC и TiNi, скрепленных эпоксидной смолой с отвердителем. Состав демпфера подобран так, что его акустический импеданс равен импедансу пьезокерамики, а демпфирующие свойства максимальны благодаря использованию мартенситного превращения TiNi с поглощением энергии. За счет этого удалось улучшить демпфирующие свойства демпфера в 1,5–2 раза. В совокупности это позволило значительно уменьшить резонансные пики, исключить паразитные отраженные сигналы с тыльной стороны пластины и от корпуса датчика, уменьшить неравномерность амплитудно-частотной характеристики с 23 до 8,5 дБ.

Искажения формы сигналов АЭ связаны с нелинейностью АЧХ пьезоэлемента датчика АЭ. Уменьшить нелинейность АЧХ можно путем механического демпфирования пьезоэлемента, а именно использования для этого наполнителя с характеристическим импедансом, близким к импедансу пьезоэлемента. Введение карбида вольфрама как наполнителя в состав материала демпфера позволило получить материал с высокими демпфирующими свойствами. Частички карбида вольфрама размером 1–10 мкм, хаотично размещенные в композиционном материале, хорошо поглощали акустические волны в рабочей полосе частот, за счет чего выровнялась АЧХ датчика АЭ. Конструкция широкополосного датчика АЭ позволила уменьшить нелинейность АЧХ на 20% в диапазоне рабочих частот приемоусилительного тракта (0,1–2,0 МГц) по сравнению с традиционными датчиками [3].

Для соединения датчика АЭ с АЦП применяли предварительный усилитель с большим входным сопротивлением и малым выходным (рис. 3). Для записи на компьютер сигнала АЭ необходимо использовать АЦП с частотой опроса не менее 2 МГц. Такие АЦП дорогие, а размеры файлов с данными эксперимента достигают сотни мегабайт. В этой связи для регистрации широкополосного сигнала АЭ применяли амплитудный детектор и анализировали огибающую этого сигнала. Сигнал АЭ с датчика (см. рис. 1) поступал на блок предварительного усилителя и амплитудного детектора, где из высокочастотного первичного сигнала АЭ в диапазоне частоты 100 кГц – 2 МГц выделяли низкочастотную (100 Гц – 22 кГц) огибающую.

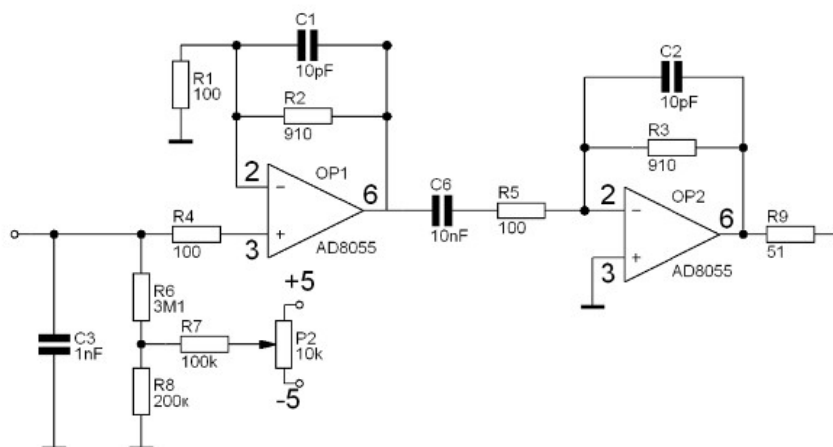


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема усилителя

Далее выходной и детектированный сигналы подавали на быстродействующий аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и мобильный компьютер. Управление АЦП реализовывалось программой «PowerGraph». Эта программа позволяет осуществлять статистическую обработку полученных данных (корреляционный и спектральный анализы).

В целях определения возможности применения разработанной автоматизированной системы для исследования сигнала АЭ при шлифовании инструментом из СТМ провели серию экспериментов с применением кругов трех модификаций: АС6 125/100 100% М1-10; КР 400/315 В2-08 100%; ВОК71 800/630 М1-10.

Изготовленные экспериментальные шлифовальные круги имели форму 12А2-45 125×5×3×32. В первом случае использовали традиционный алмазный круг зернистостью 125/100. Во втором в качестве структурирующего наполнителя абразивного слоя использовали порошок дробленого киборита зернистостью 400/315 на полимерной связке В2-08. В третьем случае использовали ВОК зернистостью 800/630.

Для исследования особенностей обработки кругами со структурирующим наполнителем шлифовали образцы из быстрорежущей стали Р6М5 при продольной подаче 100, 200 и 500 мм/мин., поперечной подаче 0,05 мм/дв. ход. Обработку производили без охлаждения.

На рис. 4 показаны сигнал АЭ (1) и детектированный сигнал АЭ (2), полученные при шлифовании стали Р6М5.

Как следует из данных рис. 4, при неизменных режимах резания каждый круг имеет характерный вид сигнала акустической эмиссии, что позволяет применять рассматриваемый метод для диагностики шлифования кругами из СТМ и изучения особенностей работы новых модификаций шлифовальных кругов.

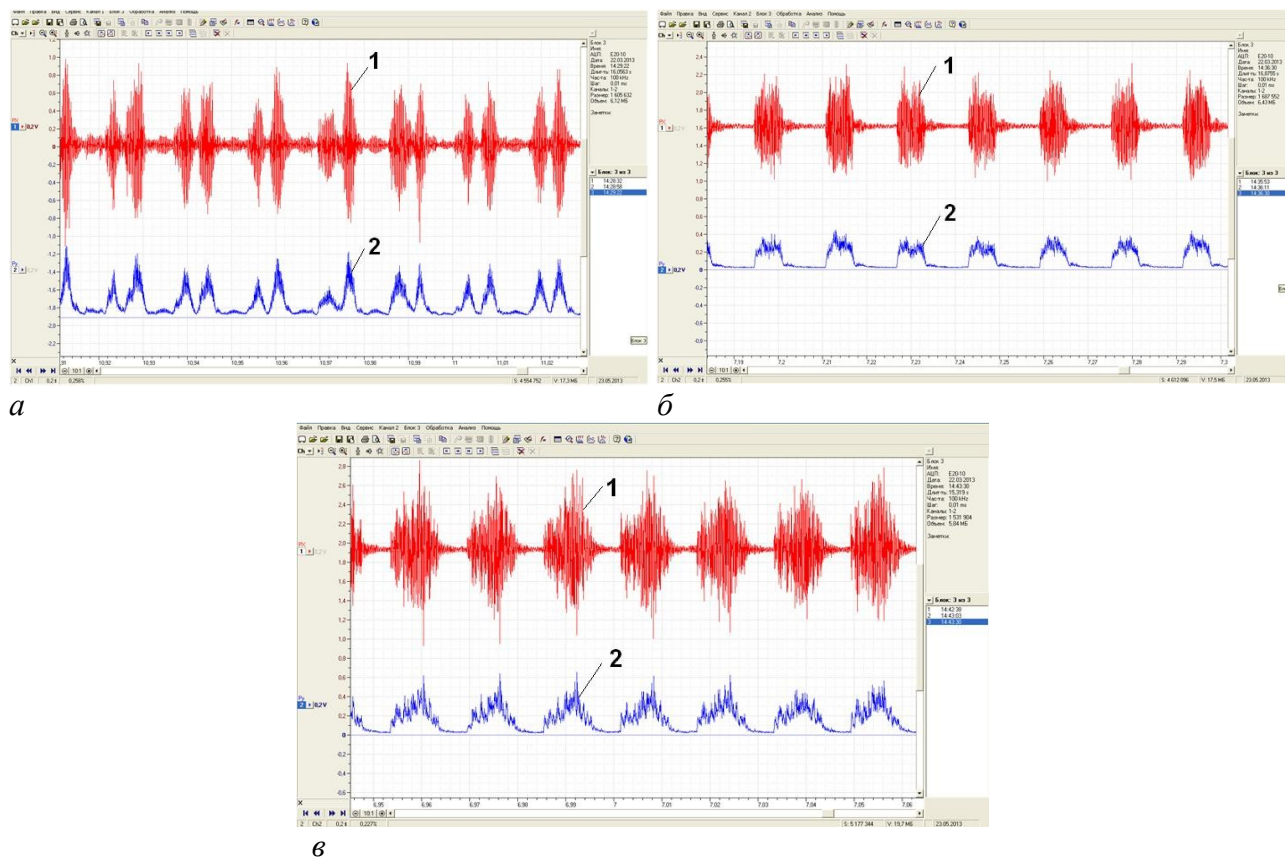


Рис. 4. Сигнал АЭ (1) и детектированный сигнал АЭ (2) при шлифовании кругами: а – АС6 125/100; б – КР 400/315; в – ВОК71 800/630

Выводы

1. Созданная мобильная автоматизированная система для исследования сигнала АЭ позволяет изучать особенности механообработки.
2. Разработана принципиально новая конструкция широкополосных датчиков акустической эмиссии за счет научно обоснованного метода демпфирования тыльной стороны пьезопластины с рабочей полосой частоты от 200–1200 кГц.
3. Установлено, что разработанную систему можно применять для диагностики шлифования и изучения особенностей шлифовальных кругов из СТМ.

Наведено автоматизовану систему дослідження оброблення і діагностики шліфування методом акустичної емісії. Застосовано принципово нові широкопasmові датчики акустичної емісії з демпфуванням зворотного боку п'єзопластини. Розроблену систему застосовано для діагностики шліфування інструментом з НТМ.

Ключові слова: акустична емісія, широкопasmовий датчик, п'єзокераміка, неруйнівний контроль, шліфування, надтверді матеріали.

Automated system for the study of the processing and diagnosis of the state of the cutting tool by the acoustic emission method is presented. Principally new design of broadband acoustic emission sensors through science-based method of damping the back of the piezoceramic plates was established. The developed system has been applied for the diagnostics of grinding by the SHM tool.

Key words: acoustic emission, wide-band sensor, piezoceramic, non-destructive control, grinding, superhard materials.

Литература

1. Девин Л. Н., Нимченко Т. В., Осадчий А. А. Акустико-эмиссионная измерительная система для контроля за состоянием режущих инструментов // Високі технології в машинобудуванні: зб. наук. пр. НТУ «ХПІ». – Х., 2008. – Вип. 2(17). – 508 с.
2. Пат. на винахід № 86818 від 25.05.2009. П'єзоелектричний перетворювач / Л. М. Девін, А. Г. Найдено, Т. В. Нимченко.
3. Девин Л. Н., Новиков Н. В. Широкополосные датчики акустической эмиссии для диагностики состояния режущих инструментов // Техн. диагностика и неразрушающий контроль. – 2008. – № 4. – С. 81–85.

Поступила 24.05.2013

УДК 621.371

А. Ю. Филатов, канд. техн. наук, **С. В. Ковалев**, канд. техн. наук;
А. Г. Ветров¹; **Ю. Д. Филатов**, др. техн. наук; **М. А. Данильченко**²

¹*Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев*

²*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»*

АЛМАЗНОЕ ПОЛИРОВАНИЕ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ ИЗ КВАРЦА

Описана обобщенная модель образования и удаления частиц шлама с обрабатываемой поверхности, позволившая рассчитать производительность полирования кристаллического кварца с помощью суспензии алмазных микропорошков. Приведены результаты экспериментов, подтверждающие данные расчета.

Ключевые слова: полирование, алмазные микропорошки, кварц.