

ВИСОКОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

УДК 621.941

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ ТА СИЛИ РІЗАННЯ В ПРОЦЕСІ ТОЧІННЯ

¹⁾Осадчий О. А., ¹⁾Козін-Піддубний В. М., ²⁾Девін Л. М.

¹⁾ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна; Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України, м. Київ, Україна

В статті описано розроблену автоматизовану систему дослідження коливань та сили різання в процесі точіння. Розроблена автоматизована система дозволяє контролювати три складові сили різання (P_x , P_y , P_z) та віброприскорення в процесі обробки. Оператор має змогу знімати дані в режимі реального часу, зберігати та проводити обробку отриманих експериментальних даних в програмному пакеті PowerGraph. Система призначена для оптимізації процесу обробки та встановлення оптимальних сфер застосування нових інструментальних матеріалів.

Ключові слова: автоматизована система, коливання, сили різання, аналогово-цифровий перетворювач.

Вступ

На сьогодні жодного складного виробу не виготовити без механічної обробки. Різання є складним процесом взаємодії різального інструменту і оброблюваної заготовки. Продуктивність процесу різання залежить від багатьох параметрів, які необхідно контролювати і підтримувати оптимальними протягом усього часу експлуатації. Серед них сили різання, температура, вібрації і т. п. Ці параметри залежать від багатьох факторів і заздалегідь їх передбачити не можливо. Зміна одного з параметрів може привести до руйнування різця, браку дорогої деталі або поломки верстата [1]. Існуючі датчики (первинні перетворювачі) дозволяють при різанні отримати інформацію про кожен з параметрів у вигляді електричного сигналу, але їх необхідно паралельно записувати й аналізувати, що можливо тільки при використанні засобів автоматизації.

Проблема автоматизації дослідження процесів різання полягає в необхідності запису інформації від декількох датчиків одночасно, як мінімум це три складові сили різання, температура, вібрації, акустична емісія і т. п. Це вимагає використання багатоканальної вимірювальної системи. Крім того, процес різання є швидкоплинним, тобто для запису таких сигналів потрібні швидкодіючі аналого-цифрові перетворювачі (АЦП). Крім того, створювати і працювати на таких вимірювальних системах будуть не програмісти, які можуть написати спеціальне програмне забезпечення для передачі даних з АЦП і запису їх на комп'ютер, а інженери-механіки. Шлях вирішення проблеми полягає у використанні універсального програмного забезпечення, яке підходило б для такої автоматизованої системи.

Одне з таких рішень було реалізовано в програмному продукті PowerGraph.

Автоматизована система контролю процесу різання

Для дослідження процесів різання в лабораторії №18/1 Інституту надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України було розроблено автоматизовану систему [2, 3, 4, 5]. Блок - схему системи представлено на рис. 1.

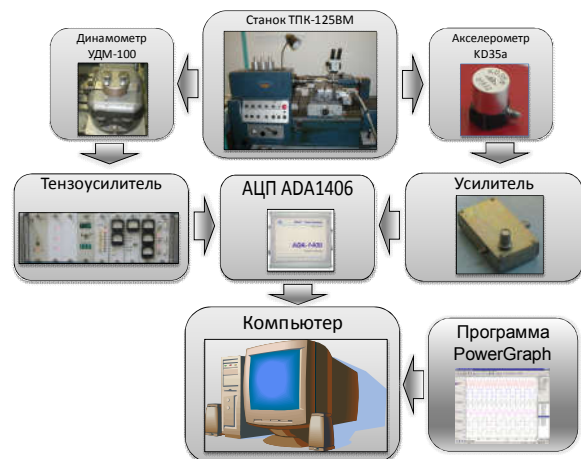


Рис. 1. Блок - схема автоматизованої системи дослідження процесу різання

Система, яка апробована на токарному верстаті підвищеної точності ТПК-125 ВМ, складається з 3-компонентного динамометра УДМ-100 конструкції ВНИИ (м. Москва), тензостанції «Топаз», акселерометра KD 35a німецької фірми Metra Mess und Frequenztechnik, розробленого в лабора-

торії погоджувального підсилювача, АЦП ADA 1406 фірми ООО «ХОЛІТ Дэйта Системс» та персонального комп'ютера. Керування АЦП здійснювали за допомогою програмного пакету PowerGraph 3.3 Professional.

Розроблена автоматизована система призначена для дослідження коливань та силових параметрів при чистовому точінні.

В якості датчиків для контролю складових сили різання використовували універсальний динамометр моделі УДМ-100 або УДМ-300. Динамометр УДМ-100 призначений для вимірювання сил різання при точінні, свердлінні, фрезеруванні та інше. За допомогою динамометра одночасно вимірювали три взаємно перпендикулярні сили P_z , P_y , P_x .

Позначення сил, вимірюваних за допомогою динамометра, збігається з позначенням сил при точінні, тобто вертикальну силу позначали як P_z , дві горизонтальні – як P_y і P_x , які діють в горизонтальній площині.

Показання динамометра по силах P_z , P_y , P_x не залежали від того, у якій точці була прикладена сила різання. Тому при точінні можна використовувати різці, що мають різні конфігурації та виліт.

При використанні УДМ-100 максимальне навантаження на опори не перевищувало 1 кН.

Для вимірювання значень сил різання в Ньютонах показання динамометра множили на перевідний коефіцієнт, який ми визначили внаслідок градування динамометра.

Паралельно з контролем сил різання вимірювали віброприскорення при точінні за допомогою вібродатчика (акселерометра).

В якості вібродатчика використовувався п'єзоелектричний датчик KD 35a фірми Metra Mess und Frequenztechnik Radebeul [6]. Завдяки його високому коефіцієнту передачі холостого ходу (чутливості) та високій внутрішній ємності було можливе підключення дротів довжиною до 50 м.

Даний датчик прискорень є вібратором, що працює в режимі поперечних коливань і виконаний з кераміки титанату-цирконату свинцю. Датчик розміщений в стабільному металічному корпусі. Легкий та гнучкий з'єднувальний кабель є змінним. Поверхня матеріалу ізоляції, що знаходиться під екрануванням кабелю, графітізована з метою відводу побічних напружень. Ізольюючі деталі мініатюрного штепсельного з'єднання датчика та штепселя виготовлені з температуростійкого політетрафторетиліну.

Датчик коливань працює в якості датчика прискорень без опорної точки. Напрямок максимальної чутливості співпадає з напрямом осі. Напряга, що віддається від датчика на середньому дроті кабелю є додатною відносно екрану у тому випадку, якщо на поверхню зв'язку діє додатне прискорення, що направлене всередину датчика.

Для погодження акселерометра з АЦП був розроблений спеціальний погоджувальний підсилювач. Підсилювач складається з двох каскадів, зібраних на сучасних операційних підсилювачах ОРА2604. Електрична принципова схема погоджувального підсилювача приведена на рис. 2.

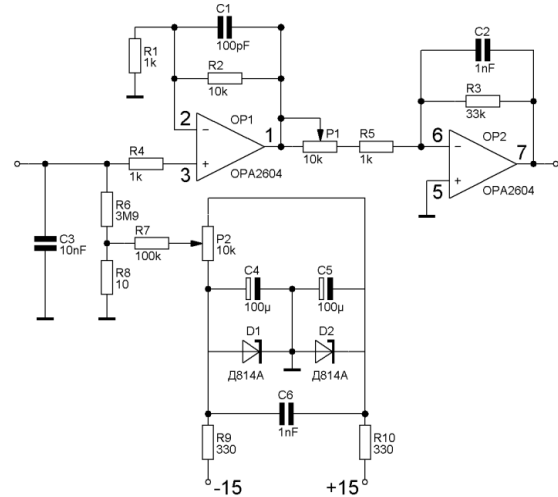


Рис. 2. Електрична схема погоджувального підсилювача

Після підсилювача сигнал подається на АЦП.

З АЦП сигнал за трьома складовими сили різання та вібропереміщенню потрапляв на персональний комп'ютер, де відбувалась його подальша обробка в програмному пакеті PowerGraph 3.3 Professional.

Особливості реєстрації та обробки експериментальних даних сил різання та віброприскорень при точінні

Для керування АЦП ADA 1406 фірми ООО «ХОЛІТ Дэйта Системс» та полегшення подальшої обробки отриманих даних нами був використаний програмний пакет PowerGraph 3.3 Professional. Він дозволяє проводити опитування на частоті від 1 Гц до 350 кГц по восьми диференціальним каналам.

Для реєстрації сигналів складових сили різання P_x , P_y , P_z , а також віброприскорень при точінні ми використовували 4 канали з частотою опитування 85 кГц кожного каналу.

Після реєстрації сигнал мав вигляд, представлений на рис. 3.

Оператор мав можливість спостерігати за процесом різання на екрані комп'ютера в режимі реального часу і після закінчення експерименту записувати на жорсткий диск не тільки результати, але і налаштування каналів.

Попередню обробку результатів також проводили в середовищі програми Power Graph. Експериментальні дані фільтрували від випадкових викидів, видаляли апаратну постійну складову сигналів та тренди. Оскільки розмірність сигналу, отриманого з АЦП, у Вольтах, для того, щоб отримати дійсне значення сил різання в Ньютонах та

віброприскорення в m/s^2 , значення по кожному каналу множили на відповідний градувальний коефіцієнт [7].

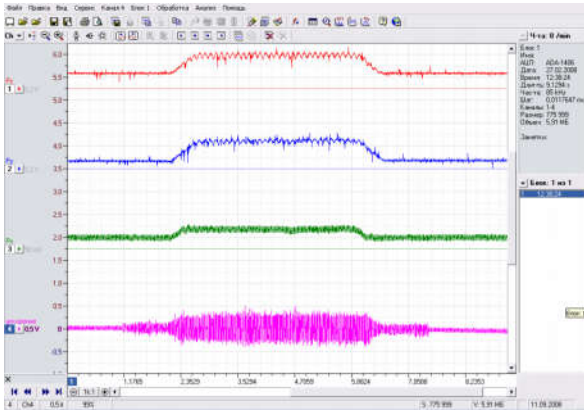


Рис. 3. Графічне відображення сигналу, отриманого з АЦП

Окремим етапом відбувалася обробка сигналу від датчика прискорення (акселерометра). На ділянці без різання визначали амплітудно-частотну характеристику (АЧХ) шумів технологічної системи (рис. 4). Для цього скористалися можливістю аналізу спектру виділеної ділянки в меню «Аналізатор спектра» пакету PowerGraph.

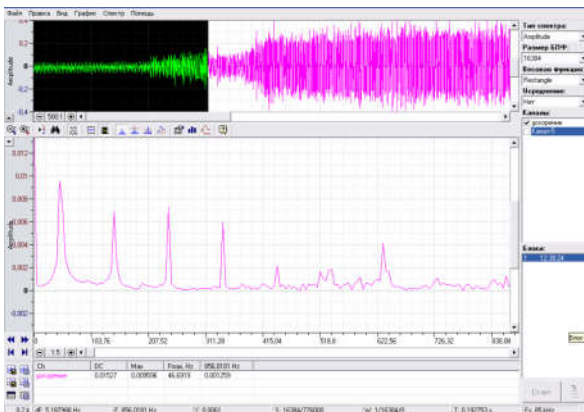


Рис. 4. Амплітудно-частотна характеристика на ділянці без різання

Інформація про шуми, дозволила відфільтрувати отриманий сигнал перед збереженням в текстовому файлі для подальшого чисельного інтегрування. Після подвійного чисельного інтегрування прискорення визначали амплітуду коливань різального інструменту.

Після проведеної попередньої обробки сигналу проводили його подальшу обробку: знаходження мінімумів (максимумів), середнього значення, відхилень. Можливість зберігання даних з PowerGraph в форматі «.txt», дозволила, за необхідністю, працювати з ними в інших програмах (MathCad, Origin, Microsoft Excel та інші).

Практичне застосування системи

Дослідження сил різання та коливань про-

дидилися при точінні силуміну АЛ25 з вмістом кремнію до 12%.

Режими різання: глибина $t = 0,1 - 0,5$ мм, подача $S = 0,1$ мм/об, швидкість $V = 400$ м/хв. Різальна частина АТП.

Вплив глибини різання на складові сили різання та величину коливань вершини різця при точінні силуміну інструментом оснащеним алмазо-твердосплавними пластинами приведено на рис. 5.

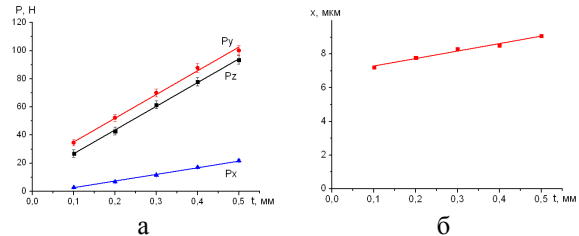


Рис. 5. Вплив глибини різання на складові сили різання (а) та величину коливань вершини різця (б) при точінні силуміну інструментом оснащеним АТП ($S = 0,1$ мм/об, $V = 400$ м/хв)

На графіках приведених на рис. 5 видно, що підвищення глибини різання від 0,1 до 0,5 мм приводило до зростання складових сил різання P_x , P_y та P_z , а також до збільшення амплітуди коливань вершини різця. Таким чином, розроблена автоматизована система дослідження процесу різання дозволяє контролювати силові та вібраційні характеристики процесу точіння та проводити обробку експериментальних даних. Вона пройшла апробацію при проведенні численних дослідних робіт та показала свою ефективність.

Висновки

Розроблена автоматизована система дозволяє контролювати три складові сили різання (P_x , P_y , P_z) та віброприскорення в процесі обробки. Оператор має змогу знімати дані в режимі реального часу, зберігати та проводити обробку отриманих експериментальних даних в програмному пакеті PowerGraph.

Перспектива подальших наукових досліджень полягає у використанні розробленої системи для оптимізації процесу обробки та встановлення оптимальних сфер застосування нових інструментальних матеріалів.

Література

1. Васин С. А. Прогнозирование виброустойчивости инструмента при точении и фрезеровании. Серия «Библиотека инструментальщика». – М.: Машиностроение, 2006. – 384 с.: ил.
2. Новиков Н. В. Влияние демпфирования режущих пластин из поликристаллов КНБ на стойкость резцов / Н. В. Новиков, Л. Н. Девин, А. А. Осадчий, А. Г. Сулима, Н. Н. Деркач // Вісник НТУУ «КПІ». Серія машинобудування. – 2010. – С. 229 – 233.

3. Девин Л. Н. Повышение эксплуатационных характеристик резцов из КНБ путем увеличения их демпфирующих свойств / Л. Н. Девин, А. А. Осадчий // Сверхтвердые материалы. – 2012. - № 5. – С. 62 – 71.
4. Devin L. M., Bondarenko V. P., Osadchy O. A., Nimchenko T. V. Application of acoustic methods for the monitoring of products made of hard alloys (2009) *Materials Science*, 45 (3), pp. 392 – 398.
5. Девин Л.Н. Влияние демпфирующих элементов на стойкость резцов из поликристаллических сверхтвердых материалов при точении закаленных сталей / Л. Н. Девин, А. А. Осадчий, А. Г. Сулима // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сборник научных трудов. – Вып.12. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля, НАН Украины, 2009. – С. 519-524.
6. Метрологические характеристики и эксплуатация вибродатчиков фирмы Metra Meb- und Frequenztechnik Radebeul, 2003. – 10 с.
7. Девин Л. Н. Применение пакета Power Graph для исследования процесса резания / Л. Н. Девин, А. Г. Сулима // «Промышленные измерения контроль, автоматизация диагностика (ПИКАД)», – №3. – 2008. – С. 24 – 26.

УДК 621.941

¹А. А. Осадчий, ¹В. М. Козин-Пиддубный, ²Л. Н. Девин

¹Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», г. Киев, Украина; ²Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев, Украина

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ И СИЛЫ РЕЗАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ТОЧЕНИЯ

В статье описана разработанная автоматизированная система исследования колебаний и силы резания в процессе точения. Разработанная автоматизированная система позволяет контролировать три составляющие силы резания (P_x , P_y , P_z) и виброускорения в процессе обработки. Оператор имеет возможность снимать данные в режиме реального времени, сохранять и проводить обработку полученных экспериментальных данных в программном пакете PowerGraph. Система предназначена для оптимизации процесса обработки и установления оптимальных сфер применения новых инструментальных материалов.

Ключевые слова: автоматизированная система, колебания, силы резания, аналогово-цифровой преобразователь.

¹А. А. Osadchiy, ¹V. M. Kozin-Piddubniy, ²L. N. Devin

¹National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine; ²Institute for Superhard Materials V. N. Bakulya National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

AUTOMATED SYSTEM RESEARCH VIBRATIONS AND CUTTING FORCES IN THE PROCESS OF TURNING

The article describes an automated system designed study vibrations and cutting forces during turning. The developed automated system allows you to control three components of the cutting force (P_x , P_y , P_z) and the acceleration in the process of turning. The operator has the ability to take data in real time, save and carry out the processing of the experimental data obtained in PowerGraph software package. The system is designed to optimize the treatment process and the establishment of optimal applications of new tool materials.

Keywords: automated system, oscillations, cutting forces, an analog-digital converter.

Надійшла до редакції
09 червня 2016 року

Рецензовано
23 червня 2016 року

© Осадчий О. А., Козин-Піддубний В. М., Девин Л. М., 2016