

УДК 621.9.08; 621.9.015

ВИЗНАЧЕННЯ ШОРСТКОСТІ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПАКЕТУ POWERGRAPH

В.А. Сторощук, І.М. Грінер, О.О. Паламар, Я.О. Шахбазов

*Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна*

У статті розглянуто визначення шорсткості поверхні після механічної обробки. Вдосконалено метод вимірювання шорсткості профілографом-профілометром із застосуванням аналогового цифрового перетворювача USB3000 та персонального комп'ютера і обробки отриманих результатів за допомогою програмного пакету Power Graph.

Ключові слова: шорсткість поверхні, програмний пакет Power Graph, калібрування сигналів.

Постановка проблеми. Надійність, довговічність і точність роботи машин визначаються якістю обробки поверхонь їх основних деталей. Особливо високі вимоги ставляться до якості поверхні відповідальних деталей, що працюють при високих швидкостях, температурах, а також в агресивних середовищах. Якість поверхні деталей машин визначається сукупністю геометричних і фізико-механічних характеристик поверхні та поверхневого шару.

Реальна поверхня деталей незалежно від методу обробки є поєднанням виступів і впадин порівняно малих розмірів. Сукупність даних нерівностей, що утворюють рельєф поверхні, є одним з головних критеріїв оцінки якості обробки і характеризується шорсткістю поверхні. Шорсткість поверхні надає значний вплив на експлуатаційні властивості деталей: контактну жорсткість, зносостійкість (особливою рухливих сполучень), довговічність, втомну і циклічну міцність деталей працюючих під навантаженням, антикорозійну стійкість, герметичність з'єднань, стабільність і міцність нерухомих (пресових) з'єднань та інші процеси, що виникають при експлуатації машин. Тому контроль шорсткості є одним з найважливіших умов досягнення функціональної взаємозамінності деталей машин [2, 3].

Шорсткість обробленої поверхні визначається як сукупність мікронерівностей з відносно малими кроками, що утворюють рельєф реальних поверхонь. Мікронерівності формуються в процесі механічної обробки внаслідок впливу різального інструменту на оброблюваний матеріал. Профіль і розміри сліду на обробленої поверхні деталі при копіюванні форми вершини і різальних крайок інструментів, обумовлюється певним поєднанням головного руху і руху подачі. По відношенню до напрямку руху різального інструмента прийнято розрізняти два види шорсткості: подовжню і поперечну. Профіль поверхні, вимірний в напрямку робочої подачі, називається поперечною шорсткістю, а в напрямку

головного руху різання – поздовжньою. У зв'язку з тим, що такі фактори, як геометрична форма різального інструменту і величина подачі, відображаються тільки на поперечній шорсткості, розміри поперечної шорсткості зазвичай в два-три рази перевищують поздовжню шорсткість. Тому оцінку величини шорсткості поверхні зазвичай проводять на підставі вимірювання поперечної шорсткості. При деяких методах обробки (торцеве фрезерування, шліфування, доведення і ін.) поздовжня і поперечна шорсткості мають однакові значення і можуть вимірюватися в обох напрямках. При певних умовах обробки, зокрема при виникненні значних вібрацій або високого ступеня пластичної деформації поверхневого шару металу, поздовжня шорсткість може різко зрости і перевищити поперечну шорсткість. Тому в подібних випадках оцінку шорсткості поверхні слід проводити на підставі замірів не поперечної, а поздовжньої шорсткості [4, 5].

Мета досліджень. Провести аналіз технічних можливостей існуючих методів вимірювання шорсткості обробленої поверхні. На підставі проведених досліджень запропонувати метод оцифровки отриманих результатів і подальшої їх обробки за допомогою ПК.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для вимірювання і запису шорсткості обробленої поверхні використовують профілографи-профілометри. В більшості випадків для досліджень використовували профілограф-профілометр мод. 201, який є високочутливий вимірювальний прилад для визначення шорсткості і хвилястості поверхні виробів зі сталі, чавуну, кольорових металів і сплавів, а також неметалевих деталей.

Дія приладу побудована на принципі обмацування досліджуваної поверхні алмазною голкою з дуже малим радіусом заокруглення і перетворення коливань голки в зміну напруги індуктивним методом. Радіус заокруглення голки складає $0,01^{+0,002}$ і $0,002^{+0,002}$ мкм і вибирається в залежності від шорсткості вимірювальної поверхні. Визначення шорсткості поверхні проводиться за допомогою: а) запису в збільшеному масштабі електротермічним способом на електротермічному папері в прямокутних координатах профілю мікронерівностей поверхні в межах $R_a 5 \dots 0,04$ мкм включно ГОСТ 2789-73; б) показами стрілочного приладу по параметру R_a (середнє арифметичне відхилення мікронерівностей від середньої лінії профілю) в межах $5 \dots 0,02$ мкм. Прилад дозволяє проводити перевірку плоских, циліндричних, конічних та інших поверхонь, як зовнішніх, так і внутрішніх, перетин яких в площині вимірювання складає пряму лінію. Прилад дає можливість проводити вимірювання з різними величинами базової довжини, тобто з відсіченням нерівностей з кроками в межах встановлених базових довжин 0,08; 0,25; 0,8 і 2,5 мм при довжині траси інтегрування 1.6; 3.2 і 6 мм. Можливість перевірки з різними довжинами траси інтегрування значно розширює експлуатаційні можливості приладу. Найбільша довжина ходу давача (при запису) може бути встановлена до 40 мм що дозволяє проводити перевірку хвилястості з великим кроком. Крім цього ламповий підсилювач з дуже низьким коефіцієнтом шумів дозволяє забезпечувати вертикальне збільшення в межах 1000, 2000, 4000, 10000, 20000, 40000,

100000 і 200000, а також горизонтальне збільшення від 2 до 4000 (18 ступенів). Недоліком є неможливість оцифрування отриманих результатів і подальшої їх обробки за допомогою ПК.

Нами була здійснена модернізація профілометра-профілографа, що дозволила підключити його до персонального комп'ютера (рис. 1), та проводити обробку отриманих результатів за допомогою програмного забезпечення PowerGraph та аналого-цифрового перетворювача USB3000 (рис. 2).

Програмний пакет PowerGraph [1] призначений для реєстрації, візуалізації, обробки і аналізу сигналів і дозволяє використовувати персональний комп'ютер в якості стандартних вимірювальних і реєструючих приладів - вольтметрів, самописців, осцилографів, спектроаналізаторів.



Рис. 1. Видгляд модернізованого профілометра-профілографа

Для пристрою і програми всі канали рівноцінні, але для користувача кожен канал несе інформацію від певного джерела, отже, потребує індивідуального налаштування. Для налагодження реєстрованих каналів в PowerGraph використовується спеціальне вікно (рис. 3) («Вхідний Підсилювач»), яке викликається відповідною командою в меню «Сервіс». Центральне положення цього вікна займає графічний дисплей, призначений для візуального контролю вхідного сигналу в процесі налаштування параметрів каналу. Для вимірювання шорсткості може бути використаний будь який канал АЦП.

Коефіцієнт підсилення сигналу можна задавати як за допомогою підсилювача профілографа-профілометра, так і апаратним шляхом за допомогою PowerGraph. Це дозволяє широкі можливості щодо підсилення сигналу. Використання максимального підсилення профілографа-профілометра для вимірювання відповідної шорсткості поверхні, дозволяє зменшити вихідні шуми підсилювача і отримати реальну шорсткість вимірювальної поверхні. АЦП вимірює сигнали в вольтах які надходять від різних давачів і реєструвати сигнал в реальних одиницях вимірюваної фізичної величини (градуси, кілограми, метри і т.д.). Для цього в PowerGraph існує можливість перетворення сигналів АЦП в будь-яку одиницю виміру за допомогою опції «Калібрування сигналів» (рис. 4). У більшості випадків сигнали здавачів пропорційні вимірюваним величинам, тому калібрування може здійснюється за лінійним рівнянням: Вимірювана величина = $A * \text{сигнал АЦП} + B$; де A – лінійний

коефіцієнт підсилення, B – лінійний коефіцієнт зміщення. Для визначення лінійних коефіцієнтів A і B було проведено тарування величини сигналу в мкм (рис. 5) шляхом вимірювання різниці товщини точних мірних пластин.



Технічні характеристики аналого-цифрового перетворювача

Кількість каналів	8 диференціальних
Максимальна частота дискретизації	3 МГц
Розрядність АЦП	14 біт
Діапазон вхідного сигналу	-5 В...+5 В
Цифро-аналоговий перетворювач	
Кількість каналів	2
Максимальна частота дискретизації	100 кГц
Розрядність АЦП	12
Діапазон вхідного сигналу	-5 В...+5 В
Цифрові входи/виходи	
Кількість шифрових входів/виходів	18
Частота запису	до 6 МГц
Швидкість передачі даних	100 Мбіт/с

Рис.2. Аналого-цифровий перетворювач USB3000



Рис. 3. Вікно налагодження вхідного підсилювача

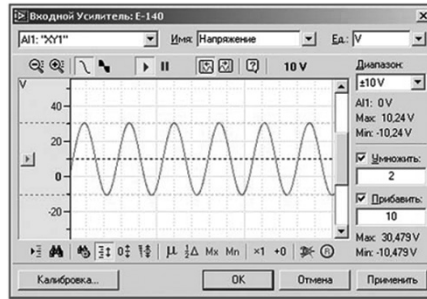


Рис.4. Вікно калібрування вхідних сигналів

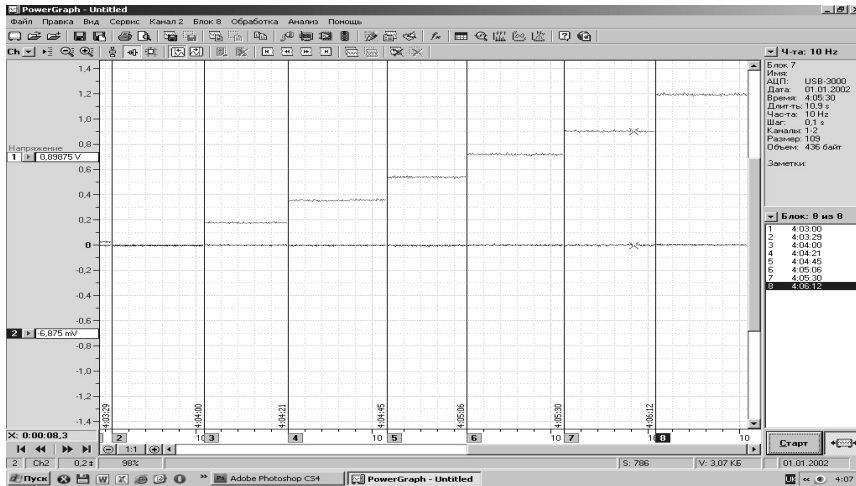


Рис. 5. Тарувальні графіки сигналів

В результаті вимірювання ми отримуємо оцифровану картинку шорсткості поверхні в мкм. Нижче на рисунку 6 приведені вимірювання шорсткості поверхні еталону Ra 2,5...1,25 мкм, отриману шляхом розточування. Вимірювання проводилось для шкали 10 профілографа-профілометра.

Проведення вимірювань дозволяє зафіксувати різні параметри досліджуваних об'єктів і явищ. Однак, отримані за допомогою АЦП дані практично завжди потребують додаткової математичної обробки. По-перше, крім корисного сигналу записані дані часто містять спотворення, що вносяться датчиками і підсилювачами, різні перешкоди і наведення, а також шуми аналогової і цифрової частин вимірювальної установки. По-друге, не завжди доступні прямі вимірювання інформативного параметра і для його реєстрації необхідні додаткові розрахунки.

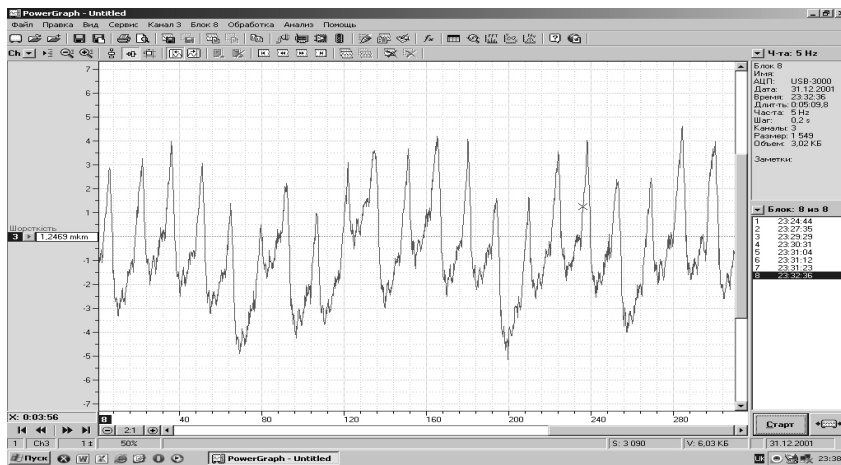


Рис.6. Профілограма шорсткості поверхні еталону Ra 2,5...1,25 мкм, отриману шляхом розточування

Пакет PowerGraph не тільки забезпечує реєстрацію, візуалізацію і редагування даних, а й включає велику бібліотеку функцій математичної і цифрової обробки сигналів: копіювання, калібрування і нормалізація; амплітудна і частотна фільтрація; диференціювання та інтегрування; обробка циклічних і модульованих сигналів; арифметичні і логічні операції; тригонометричні, логарифмічні та інші математичні функції. Для обробки сигналів в PowerGraph застосовують розрахунки за формулами. Кожна формула є вираз, що описує певний набір дій з даними, і містить ім'я математичної функції, номер каналу-джерела і номер каналу-приймача. При проведенні розрахунків копія даних з каналу-джерела обробляється зазначеною математичною функцією і подається в канал приймач.

Команда «Функції» в меню «Обробка» викликає вікно функцій математичної обробки сигналів, що дозволяє створювати формули і проводити розрахунки. Для створення формули необхідно виконати наступні дії:

1. У списках «Категорія» і «Функції» вибрати математичну функцію. PowerGraph включає більше 200 функцій обробки сигналів, об'єднаних в 17 категорій: Data - копіювання, калібрування і нормалізація; Arithmetic's – арифметичні операції; Math - загальні математичні функції; Smoothing - згладжування; Filters - амплітудна фільтрація; і т.д.

2. У списках «Джерело 1» і «Джерело 2» вибрати канали-джерела. Для більшості функцій досить вказати тільки один канал-джерело (*Джерело 1*). Функції категорій Arithmetic's (арифметичні) і Comparison (порівняння) використовують в розрахунках даних двох каналів-джерел (*Джерело 1* і *Джерело 2*).

3. У полях Амплітуда, Частота, Кількість точок і Значення ввести числові аргументи функції. Деякі функції обробки сигналів використовують в розрахунках додаткові чисельні значення, наприклад, рівень амплітуди сигналу або кількість точок.

4. У списку «Приймач» вибрати канал-приймач. Результати обчислень за створеною формулою будуть поміщені в зазначений канал. При виборі функції, каналів або зміні числових аргументів підсумкова формула відображається в полі формули під списком функцій.

Висновки. Проведений аналіз показав, що недоліком вимірювання шорсткості обробленої поверхні профілометром-профілографом є неможливість оцифрування отриманих результатів і подальшої їх обробки за допомогою ПК. Розроблено метод вимірювання шорсткості і обробку отриманих даних за допомогою програмного пакету PowerGraph із використанням персонального комп'ютера та аналогового цифрового перетворювача USB3000.

Список використаних джерел

1. Девин Л.Н., Сулима А.Г. Применение пакета Power Graph для исследования процесса резания// ПиКад. – 2008. –№3. – С.24–26.
2. Суслов А.Г. Выбор, назначение и технологическое обеспечение параметров шероховатости поверхностей деталей машин по ГОСТ 2789-73. – Брянск: Наука и техника, 1983. – 83 с.
3. Суслов А.Г. Нормирование параметров шероховатости поверхностей деталей машин // Вестник машиностроения. – 1984. – С.3-6.
4. Суслов А.Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей. – М.: Машиностроение, 1987. – 208 с.
5. Ящерицын П.И., Еременко М.Л., Фельдштейн Е.Э. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах. – Мн.: Выш. шк., 1990. – 512 с.

REFERENCES

1. Devin L.N., Sulima A.G. (2008). Primenenie pakete Power Graph dlia issledovania processa rezania//P-Cad.—№3.—S.24–26. (in Russian)
2. Suslov A.G. (1983). Vibor, naznachenie I tehnologicheskoe obespechenie parametrov sherohovatosti poverhnosti detalei mashin po GOST 2789–73. –Briansk:Nauka i tehnika.–83 s. (in Russian)

3. Suslov A.G. (1984). Normirovanie parametrov sherohovatosti poverhnostei detalei mashin//Vestnik mashinostroenia.— S. 3–6. (in Russian)
4. Suslov A.G. (1987). Tehnologicheskoe obespechenie parametrov sostoiania poverhnostnogo sloia detalie. – M. Mashinostroenie– 208 s. (in Russian)
5. Iashericin P.I., Eremenko M.L., Feldshtein E.E. (1990). Teoria rezania. Fizicheskie I teplovie processi v tehnologicheskikh sistemah. – Mn.:Vish. shk.,– 512 s. (in Russian)

UDC 621.9.08; 621.9.015

DETERMINATION OF THE REDUCTION OF PROCESSED SURFACE OF MACHINE PARTS USING THE POWERGRAPH PACKAGE

V. Storoshchuk, I.Hriner, O. Palamar, Ja. Shakhbazov

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
storoshchuk2472@gmail.com*

The article considers the determination of surface roughness after machine processing. The method of measuring the roughness by a profilograph-profilometer with the use of the analogue digital converter USB3000 and a personal computer and processing of the obtained results with the help of Power Graph software package has been improved.

Keywords: *surface roughness, Power Graph software, signal calibration.*

Стаття надійшла до редакції 14.02.2017

Received 14.02.2017