

УДК 620.1.08

Т.О.Близнюк, Д.К. Шуплецов

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Оцінка ефективності використання верстатів з ЧПК в якості КВМ

З неперервним розвитком машинобудування вимоги до точності та якості оброблюваних деталей та виробів також зростають. В машинобудуванні найчастіше для вимірювання високоточних деталей таких, як прес форми, лопаті турбін і т.ін. використовують координатно-вимірювальні машини (КВМ), які дають змогу отримати усю інформацію про деталь (розміри, шорсткість і т.ін.).

Проте, з розвитком верстатобудування, сучасні верстати з ЧПК стають все точнішими та вже майже не відрізняються від КВМ за точністю позиціонування.

Такі верстати обладнані надсучасними вимірювальними пристроями, такими, як цифрові контактні вимірювальні датчики, різноманітних фірм: Renishaw, Blum, Amikr, тощо, які дозволяють виконувати вимірювання криволінійних поверхонь деталей безпосередньо на столі верстату [1,2].

Найбільш поширені такі типи сприймаючого елемента щупів [3]:

- на основі датчика тиску - комутаційний імпульс генерується шляхом аналізу діючої сили (рис.1). При цьому сили, що виникають при торканні, обробляються електронікою.

- оптичний сенсор - світловий пучок, що генерується світлодіодом (LED) фокусується системою лінз в точку на диференційний фотоелемент (рис.2). При відхиленні стрижня диференційний фотоелемент генерує комутаційний сигнал.

- з механічною системою спрацювання (рис.3) - три стрижня (ролика), розташовані на однаковій відстані один від одного, спираються на шість кульок з карбіду вольфраму, забезпечують шість точок контакту в системі точного базування. За допомогою цих контактів формується електричний ланцюг. При навантаженні пружини створюються плями контакту, через які може текти струм. При контакті з деталлю змінна сила, що впливає на пляму контакту, вимірюється як зміна електричного опору. Коли опір

перевищує деяке порогове значення, на виході датчика подається сигнал про спрацювання

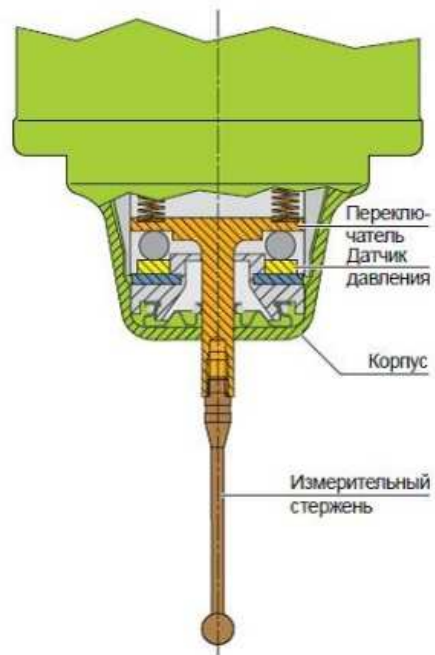


Рис.1. Щуп на основі датчика тиску

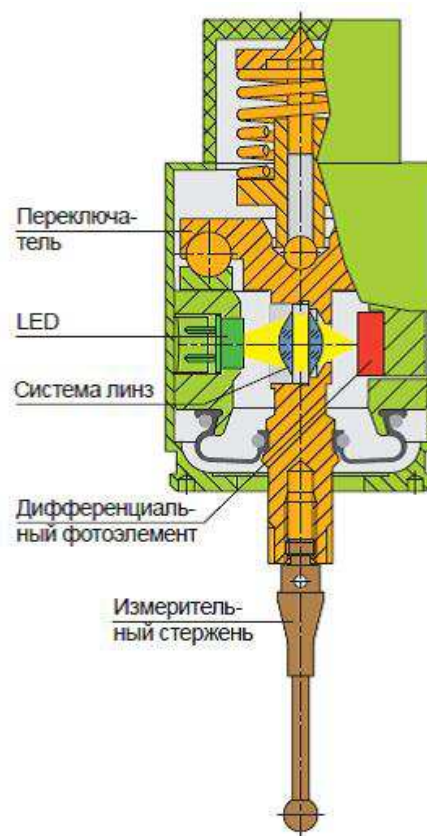


Рис.2. Щуп на основі оптичного сенсору

- тензодатчик (рис.4) - тензометричні датчики розміщуються на ретельно спроектованих елементах, встановлених в конструкції датчика, але окремо від кінематичного механізму. Датчики розташовані таким чином, щоб реєструвати всі зусилля на щупі, які потім додаються.

Найточнішими серед наведених типів контактних вимірювальних датчиків, є щупи з тензодатчиками та оптичним сенсором.

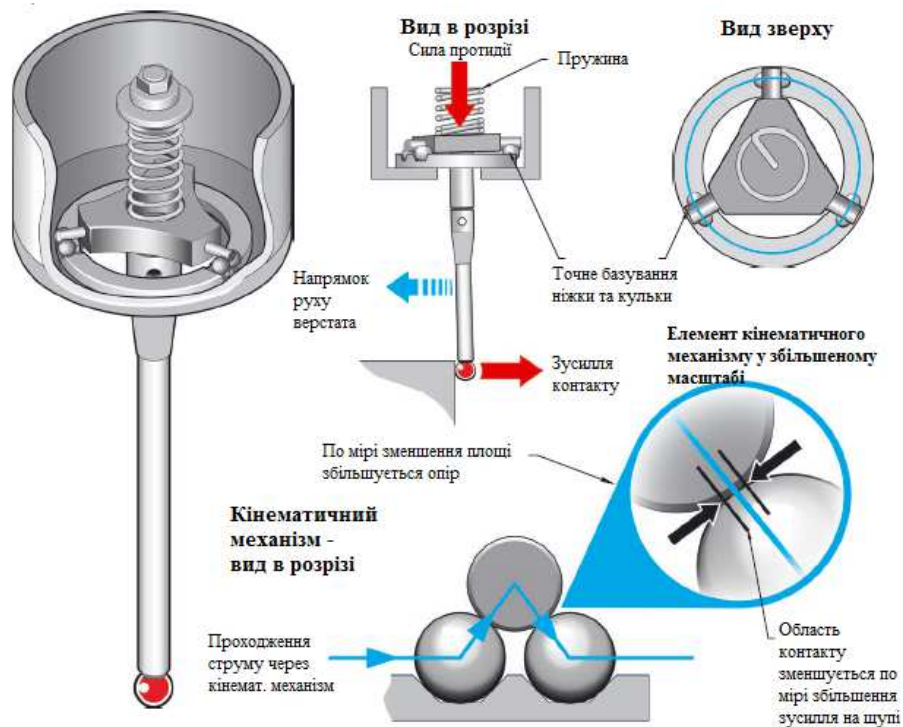


Рис.3. Щуп з механічною системою спрацювання

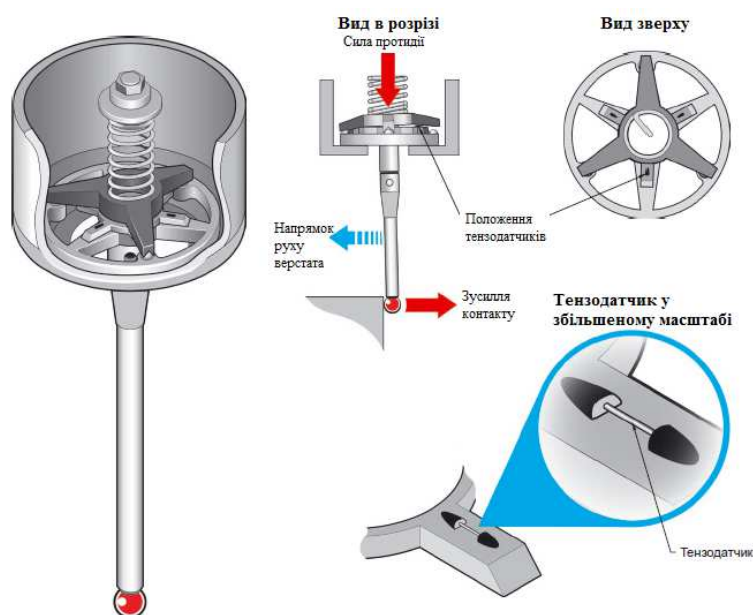


Рис.4. Щуп з тензодатчиком

Можна виконати порівняльний аналіз характеристик обладнання, взявши обладнання різних фірм, з одного рівня (за точністю вимірювання) таблиця 1.

Таблиця 1 – порівняння щупів різних виробників

Вимірювальні щупи	Blum-Novotest GmbH TC64	Hexagon Manufacturing Intelligence IRP25.50	Renishaw OMP400	HEIDENHAIN TS 642
Спосіб передачі сигналу	Радіопередача	Інфрачервоний		
	В межах 360 по осях X,Y,Z	В межах 360 по осях X,Y,Z	В межах 360 по осях X,Y,Z	В межах 360 по осях X,Y,Z
Напрямок замірів	$\pm X, \pm Y, -Z$	$\pm X, \pm Y, -Z$	$\pm X, \pm Y, +Z$	$\pm X, \pm Y, -Z$
Робоча температура	Від $+10^{\circ}\text{C}$ до $+45^{\circ}\text{C}$	Від $+10^{\circ}\text{C}$ до $+50^{\circ}\text{C}$	Від $+5^{\circ}\text{C}$ до $+50^{\circ}\text{C}$	Від $+10^{\circ}\text{C}$ до $+40^{\circ}\text{C}$
Стабільність повторюваність	0,4 мкм 2σ	1 мкм 2σ	1 мкм 2σ	1 мкм 2σ
Маса, кг	0,23	0,92	0,25	1,1
Клас захисту	IP68	IP68	IPX8	IP68
Батарея	2 шт. Saft Lithium LS14250 (1/2 AA, 3,6 В) 1200мАч	1 шт. 9В, 1200мАч, лужна: 550мАч	2 шт. Saft Lithium LS14250 (1/2 AA, 3,6 В) 1200мАч	2 шт. від 1В до 4В, розмір С чи А4В

Порівнюючи найважливіші характеристики вимірювальних щупів маємо такі висновки, що щуп з тензодатчиком має більше переваг при вимірюванні деталей складної форми (поля точок), так як у надкомпактному датчику реалізована запатентована технологія RENGAGE тензодатчиків. Датчик забезпечує унікальний рівень точності в субмікронному діапазоні при вимірюванні складних тривимірних поверхонь і контурів. Додаткові функції включають моніторинг характеристик верстата і перевірку деталей на верстаті. Сумісність з усіма оптичними приймачами компанії Renishaw дозволяє здійснювати модернізацію існуючого обладнання. При об'єднанні цих систем з останньою моделлю інтерфейсу для передачі модульованих сигналів

досягається виключно висока стійкість до світлових перешкод. Висока стійкість до ударів і здатність до роботи при зануренні в рідину забезпечують надійне функціонування цих систем в найнесприятливіших умовах в цеху.

Окрім апаратної частини надважливим є програмування траєкторії руху контактного вимірювального датчика, це можна робити за рахунок використання спеціалізованих САМ систем або з застосуванням ручного програмування.

На світовому та ринку України подібні програмні засоби представлені: Geomagic Studio, TEBIS, PowerINSPECT (DelCAM), Imageware (NX), ScanTo3D (SolidWorks) та ін., а також власним програмним забезпеченням вимірювальних систем.

Для того, щоб отримати модель деталі, вимірної за допомогою контактної датчика, використовуються САМ-системи, які поєднують єдину методологію: отримання даних вимірювань → фільтрація → побудова сітки → апроксимація аналітичними функціями → доопрацювання кривих/поверхонь в shape-design модулях → експорт геометрії в САД систему[4]. Приклади деяких програм:

PowerINSPECT OMV – один з модулів ПО PowerINSPECT для виконання промірів деталі на верстаті з ЧПУ. PowerINSPECT OMV дозволяє на основі створених ліній (лінії, точки, площини, і т.ін.) користувач може контролювати відхилення від форми: прямолінійність, круглість, площинність і т.ін. відхилення від просторового розташування: паралельність, перпендикулярність, і т.ін., також можливе вимірювання випадкових точок на поверхні деталі. [5]

FormControl - програмний пакет фірми BlumNovotest дає можливість вимірювати заготовки(деталі) безпосередньо на верстаті, відповідно буду поле точок, та апроксимує результати в виді поверхні.

Існує можливість програмування трикоординатних вимірювальних датчиків з допомогою спеціальних циклів верстатів з ЧПК та циклів Renishaw. Програмування щупа полягає у використанні вбудованих Макро програм стійки верстату, що обладнана вимірювальною системою Renishaw.

Приклад написання макропрограми для виконання рухів щупа:

%

O4203 (назва програми)

T20 M06 (*Виклик щупа з 20ї комірки барабану*)
G54 (*Перехід до робочої системи координат*)
G1 X26. Y-2. F4000 (*Швидкий перехід до початкової точки вимірювань*)
G43 H20 Z150 (*Виклик коректора на довжину щупа*)
G65 P9832 (*Початок виконання циклу вимірювання*)
G65 P9810 Z-3 F2000 (*Опускання щупа на швидкій подачі в заготовку*)
G65 P9811 X23 S54 (*Виконання вимірювання по осі X першої точки, з занесенням результату у 54 комірку*)
G65 P9833 (*Завершення першого циклу вимірювання*)
G1 X26. F4000 (*Відведення щупа від заготовки на безпечну відстань*)
G1 Y-4. (*Перехід до наступної точки вимірювання*)
G65 P9832 (*Початок нового циклу*)
G65 P9810 Z-3 F2000
G65 P9811 X23 S55
G65 P9833
.....
G28 Z150
M99
%

Висновки

1. Розглянуто різноманітні системи контактних вимірювальних датчиків, що використовуються на верстатах з ЧПК та зроблено висновки стосовно точності та можливостей цих щупів.

2. Порівнюючи найважливіші характеристики вимірювальних щупів маємо такі висновки, що щуп з тензодатчиком має більше переваг при вимірюванні деталей складної форми (поля точок).

3. Розглянуто ПЗ для проектування траєкторій руху щупів, та аналізу отриманих даних.

4. Виходячи з дослідженого матеріалу, можна сказати, що на сьогоднішній день технології вимірювання на верстатах з ЧПК можуть скласти конкуренцію КВМ та мають деякі переваги, такі, як відсутність похибки перебезування, а саме вимірювання безпосередньо на столі верстату та відсутність витрати часу на підготовчо-заклучні операції.

Список використаних джерел

1. Hanmin Z. ERROR IDENTIFICATION AND COMPENSATION OF CNC MACHINING CENTERS USING RENISHAW BALL BAR [J] //Chinese Journal of Mechanical Engineering. – 2002. – Т. 10.
2. Ballbar R. System User Guide. – 2009.
3. McMurtry D. R., Henning B. C. R. Method of and apparatus for scanning the surface of a workpiece: пат. 5189806 США. – 1993.
4. Lei W. T., Hsu Y. Y. Accuracy test of five-axis CNC machine tool with 3D probe–ball. Part I: design and modeling //International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2002. – Т. 42. – №. 10. – С. 1153-1162.
5. Koltsov A. G. et al. Influence assessment of metal-cutting equipment geometrical accuracy on OMV-technologies accuracy //2016 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics). – IEEE, 2016. – С. 1-7.
6. Kawalec A., Magdziak M., Cena I. Measurement of free-form surfaces on CNC milling machine considering tool wear and small changes of its working length and offset radius //Advances in manufacturing science and technology. – 2011. – Т. 35. – №. 1. – С. 25-40.
7. Renishaw - датчики и программное обеспечение для станков Renishaw 2018 [Електронний ресурс] <http://www.renishaw.ru/ru/machine-tool-probes-and-software--6073>
8. HEIDENHAIN – Измерительная техника и системы ЧПУ для задач позиционирования 2018 [Електронний ресурс] <https://www.heidenhain.ua/>