Анализ на контактни и безконтактни методи за измерване и контрол на отклонението на диаметри и повърхнини от зададените стандартни размери

Снежинка Захариева

Analysis of contact and non - contact methods for measuring and control of the deviation of the diameters and surfaces from the correct geometric shape*: The paper makes an overview of contact and non – contact methods for measurement and control of deflection of diameters and surfaces from the correct geometric shape. In this paper are described the various measuring techniques and measurement sensors.*

Key words: Diameter measurement, contact and non – contact measurements

ВЪВЕДЕНИЕ

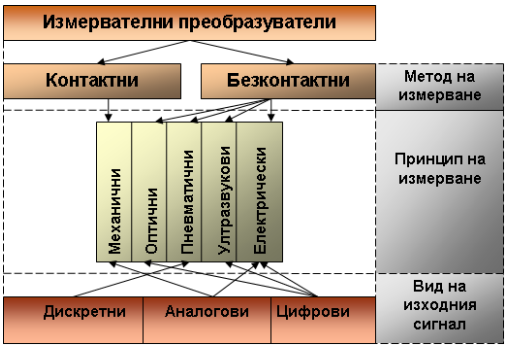
Анализът на контактните и безконтактни методи за измерване и контрол на отклонението на диаметри и повърхнини от зададените стандартни размери показва, че следващото поколение измервателни системи ще изискват преобразуватели с по – добри технически характеристики [10,12,13].

Известно е, че вследствие на механичната обработка на цилиндричните детайли се получават грешки. Тяхното преодоляване обикновенно се осъществява чрез използването на ръчни методи за проверка и статистически модели [1]. Вече може да се установи една тенденция за бърза автоматична компенсация на тези грешки чрез използване на по - точни измервателни преобразуватели, както и контрол върху режима на измервателните системи. Тази тенденция ще повиши метрологичните и технико – икономическите показатели на измервателните системи. Това ще доведе до осигуряването на продукция с високо качество и по-ниска цена. Затова изборът на преобразувател е основен етап в проектирането на дадена измервателна система.

Целта на изследването е да се анализират предимствата и недостатъците на съвременни измервателни преобразуватели за контактното и безконтактно измерване и контрол на отклонението на диаметри и повърхнини от зададените стандартни размери.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Авторите на [10,12,13] класифицират измервателните преобразуватели като контактни и безконтактни, а те от своя страна могат да се разделят на механични, оптични, пневматични, ултразвукови и електрически. Обобщената класификация на измервателните преобразуватели е показана на фиг.1.



Фиг.1 Обобщена класификация на измервателните преобразуватели

Контактен метод (КМ)

При контактното измерване се използва преобразувател, който е в директен контакт с измервания детайл. Като представител на този метод в [15] е разгледан търкалящ се валяк – тип механичен инструмент, чиято точност на измерване за детайли с диаметър от (1...5)m е сравнително малка от (0,1...1)mm. Анализът показва, че точността е ограничена главно от триенето на валяка по повърхността на детайла и характеристиките на превключвателя. Една от причините за получаването на грешки е използваният ротатор, който трябва да бъде почистван от смазката преди процеса на измерване.

Безконтактен метод

Предимствата на безконтактното измерване**,** е че детайлът не се деформира допълнително от допира на преобразувателя по повърхността му и точността на измерване може да достигне 1μm.

Оптичните методи

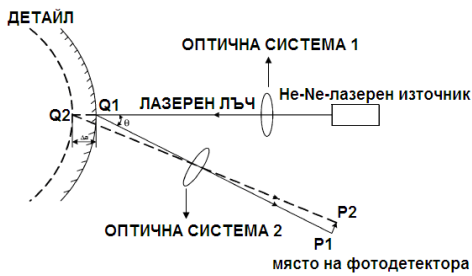
Оптичните методи използват светлинен лъч, който се изпраща от трасмитер към повърхността на измервания детайл. Фотодиоди или CCD камери приемат отразения лъч и обработват информацията за диаметъра на детайла.

- *Лазер, базиран на Доплеровия ефект (МЛДЕ)*

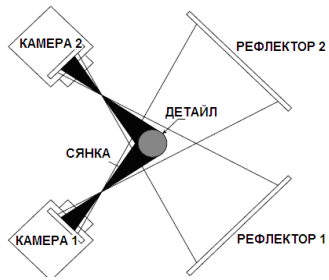
Доплеровата честота се изменя от откриването на разсеяна светлина от повърхността на детайла и периферната скорост по време на неговото въртене, т.е. обиколката му е представена от интегрирането на скоростта и периода от време получен от ъгъла на въртене. Макар и по-сложен и по-скъп при този метод точността е ±20μm за диаметри от (80...100)mm и повтаряемост 0,5μm [14]. Като недостатък е посочено ограничение дължащо се на източниците на грешки, като вибриране на държача и др. Като доказателство за това в [7] е отбелязано, че при измерването на детайли с диаметър до 300mm механичните лостове държащи оптичните части са източник на ъглови грешки.

- *Измерване, базирано на светлинно-точковата детекция (СТД)*

На фиг.2 е показан принципът на измерване, базирано светлинно-точковата детекция. Изходният сигнал от измерваната обиколка на детайла представлява променливо напрежение. То е пропорционално на отклонението на диаметъра на детайла.



Фиг.2 Измерване, базирано на светлинно-точковата детекция



Фиг.3 Безконтактно измерване на горещи прокатни тръби

Постигнатата точност от ±10μm за детайли с диаметър до 72mm е добра [9].

- *Измерване на горещи прокатни тръби (ГПТ)*

При измерването на горещи прокатни тръби (фиг.3) с размер на диаметъра до 66mm, диаметърът се определя от произведението на броя на пикселите. Тук недостатъкът е, че върху точността на измерване оказват влияние вибрации, топлинни въздействия и замърсявания. Анализът показва, че при използването на

лазерен лъч за напречно сканиране на повърхнината на детайла и изображение, фокусирано от CCD сензори, един от източниците на грешки е дифракцията на лазерния лъч в крайната точка на детайла [4].

Авторът на [8] предлага метод за измерване с лазерен лъч със синусоидално интензивно разпределение. Предимството на този метод е, че грешката на измерването е по-малко от 0,3μm. Недостатък се явява диапазона на измерване - 4mm, което ограничава използването на споменатия метод.

- *Измерване в процеса на огъване на тръби (ПОТ)*

Измерването се базира на светлинно разрязващ метод с променлива оптична база и адаптивна система за разстоянието. За обработката на изображението се прилага изчисляване на кривината на радиуса. Тук недостатък е, че точността е по-малка от 1,5mm за детайли с диаметър от (500...2000)mm [5]. Като втори недостатък е посочена грешка, получена в резултат на кръговото приближение на изображението на детайла. Значителното ограничение на безконтактност в процеса на измерване са точността на системата за управление и интензивността на лазерните линии.

Ултразвуков метод (УМ)

Като представител на ултразвуковия метод в [6] е разгледан ултразвуков сензор. Поради астигматичен ефект, цилиндричната акустична леща открива преместването между акустичната обективна леща и повърхността на измервания детайл. Астигматичната фокусна грешка експериментално се оценява от измерването на звуковото налягане разпределено върху детектора. Авторите не дават измервателните характеристики на този сензор, но анализът показва, че в сравнение с [2], тук резолюцията е в диапазон от (2...20)μm.

Пневматичен метод (ПМ)

В [11] е представен пневматичен преобразувател с три дюзи за наблюдение на диаметъра на детайла. Пространствената грешка е измерена чрез наблюдение на всяко отклонение в разстоянието на повърхността на детайла и чувствителната глава. Изходът на преобразувателя, съставен от противоналягането на трите глави за наблюдение, е пропорционален на разстоянието между повърхността на детайла и главата за наблюдение в рамките на линейност от (0,25...0,38)mm. При обхват на измерване в диапазона (30...100)μm, точността е 5μm. Предимството, е че топлинните ефекти слабо влияят на процеса на измерване. Анализът показва, че като недостатък може да се отбележи появата на не отчетена зона поради ограничения диаметър на главата на преобразувателя.

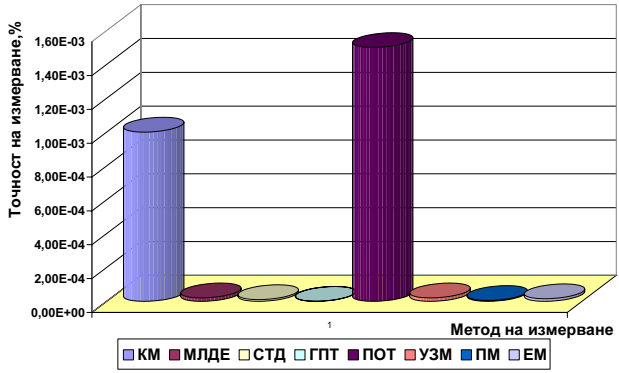
Електрически методи (ЕЛ)

- *Трисондова техника с три спомагателни измерващи елементи*

Авторите на [3] предлагат движеща се трисондова техника, която безконтактно измерва диаметри чрез три спомагателни измерващи елементи.

Особеното тук е, че проксиматорът проверява пространството между сондата и измерваната повърхнина. Ако радиусът на детайла варира над измерващия обхват на сондата, контролиращото носещо устройство ще премести сондата и то така, че тя да остане в рамките на измервания обхват. Тогава индуктивният преобразувател ще запише сумата на това вариращо движение. Може да се установи, че тук точността на измерване е добра - ±15μm за детайли с диаметър в диапазона (32...54)mm.

На база на точността при измерване на цилиндричните детайли е направена сравнителна оценка, която е представена на фиг.4. Анализът показва, че при контактния метод и методът, използван за измерване в процеса на огъване на тръби, точността е много ниска. При оптичните методи се забелязва добра точност. Лазерите са намерили голямо приложение в промишлеността, поради стабилната им работна честота и постоянната амплитуда на трептенията. Техен недостатък е високата им цена.

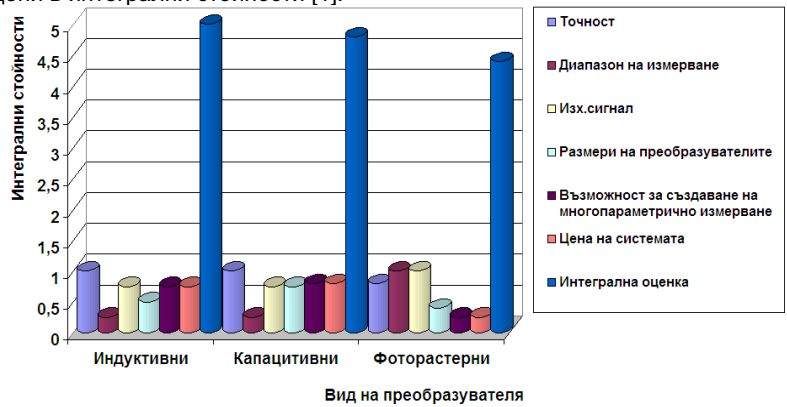


Фиг.4 Точност на измерване на разгледаните методи

Пневматичните, ултразвукови и електрически методи също се характеризират с добра точност. Техният недостатък е, че трябва да сравняват получените резултати с предварително зададени стандартни базови диаметри.

➢ *Измерване с индуктивни, капацитивни и фоторастерни преобразуватели*

В измервателните системи за измерване и контрол на геометричните параметри на цилиндрични детайли широко приложение са намерили индуктивните, капацитивни и фоторастерни преобразуватели. На фиг.5 е показана една сравнителна оценка на тези преобразуватели, чийто метрологични характеристики са дадени в интегрални стойности [1].



Фиг.5 Сравнителна оценка на индуктивните, капацитивни и фоторастерни преобразуватели

От фигурата се вижда, че индуктивните и капацитивни преобразуватели притежават по-добри метрологични характеристики в сравнение с фоторастерните. Това обуславя и по–високата им цена. Недостатък на тези преобразуватели в производствени условия е, че се влияят от температурата на околната среда.

Фоторастерните преобразуватели се характеризират с широк диапазон на измерване и големи максимални скорости на измерваните линейни премествания. Те не се влияят от температурата на околната среда и имат ниска себестойност. С това превъзхождат индуктивните и капацитивни преобразуватели. Въпреки, че интегралната им оценка е най – ниска, те са подходящи за измервателни системи

при активен непосредствен контрол в процеса на производство на цилиндрични детайли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От направения анализ на контактни и безконтактни методи за измерване и контрол на отклонението на диаметри и повърхнини от зададените стандартни размери може да се констатира, че новото поколение измервателни системи и изборът на измервателен преобразувател ще бъдат в следните направления:

- Измервателни системи за активен непосредствен контрол в процеса на производство на цилиндрични детайли;
- Безконтактни сензори с малки размери, чиято работа не зависи от температурата на околната среда.

Постигането на тези две изисквания ще доведе до повишаване на точността измервателните системи, разширяване на областта на тяхното приложение, опростяване конструктивните им възли, използване на прости методи за по-лесното опериране с тях, а с това и намаляване на производствените разходи.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Скидан А.А., В.Я. Копп, А.П. Васютенко, А.В. Скатков, А.В. Углов, Классификация и выбор измерительныx преобразователей автоматизированныx информационныx систем, Збірник наукових праць СНУЯЕтяП, 2008.
[2] Choudhury S. K., V.K. Jain, S., On-line monitoring of tool wear and control of dimensional inaccurac in turning, Journal of Manufacturing Science and Engineering, 2001.
[3] Fan K.C., Y.H. Chao, In-process dimensional control of the workpiece during turning, Precision Engineering 13, 1991.
[4] Harding A., Measurement on the move; non-contact gauging of tube diameter and shape, Mechanical Working and Steel Processing Conference Proceedings, 1998.
[5] Mabberg W., H. Paschen, Non-contact in-process measurement of large cylindrical workpiece with adaptation to changing measuring distances, 1998.
[6] Mitsui K., M. Koike, H. Tsukamoto, M. Yajima, Development of a new displacement-measuring ultrasonic sensor based on astigmatic focus error detection-measuring principle and its demonstration, Precision Engineering 20, 1997.
[7] Novak A., Sensing of workpiece diameter, vibration and out-off-roundness by laser-way to automate quality control, Annals of CIRP 30, 1981.
[8] Sasaki O., K. Hashimoto, Y. Fujimori, T. Suzuki, Measurement of cylinder diameter by using sinusoidally vibrating sinusoidal gratings, Proceedings of SPIE 4416, 2001.
[9] Shiraishi M., In-process control of workpiece dimension in turning, Annals of CIRP 28, 1979.
[10] Shiraishi M., Scope of in-process measurement, monitoring and control techniques in machining processes—Part 2, Precision Engineering11, 1989.
[11] Shiraishi M., A. Yasui, In-process measurement of dimensional error for stepped workpiece profile, Journal of Manufacturing Science and Engineering 120, 1998.
[12] Vacharanukul K., S. Mekid, In-process dimensional inspection sensors, Measurement, Volume 38, Issue 3, October, 2005.
[13] Yandayan T., M. Burdekin, In-process dimensional measurement and control of workpiece accuracy, International Journal of Machine Tools and Manufacture 37, 1997.
[14] Yandayan T., M. Burdekin, Development of a laser Doppler system for in-process evaluation of diameters on K. Vacharanukul, S. Mekid / Measurement 38, 2005.
[15] Yun Z., L. Zhixiang, W. Xianyao, Measurement of the outer diameter of rotator in operation, Proceedings of SPIE 4077, 2000.

За контакти:
докторант инж.Снежинка Захариева, Катедра "Електроника", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 516, e-mail: szaharieva@ecs.ru.acad.bg

Изследванията са подкрепени по договор № **BG051PO001-3.3.04/28**, „Подкрепа за развитие на научните кадри в областта на инженерните научни изследвания и иновациите". **Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси" 2007-2013, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз".**

Докладът е рецензиран.