

Изследване на приложимостта на фотограметричния метод за измерване на много малки размери

Георги Георгиев, Борис Сакакушев, Красимира Георгиева

Abstract: *The report examined experimentally study the applicability of the method implemented with standard hardware tools and the use of universal software. As reference values for the measurements use the 3D measuring machine and Universal length measuring machine which work with a contactless method.*

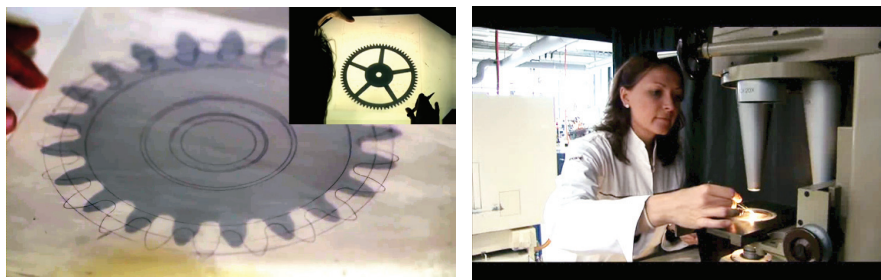
Key words: *photogrammetric measurement method, holes with very small diameters, 3D measuring machine.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Измерването на много малки размери /около и по-малки от 2mm/, особено за вътрешни повърхнини /отвори/, представлява определено предизвикателство дори и за съвременното равнище на измервателната техника. Този тип размери и повърхнини са основни в производството на електромеханични прибори с малки размери в медицината и научно-изследователската дейност, производството на часовници – механични и електромеханични, производството на механични и електромеханични средства за измерване /измервателни глави, фоторастерови преобразуватели и др./, прибори за авиационната и космическата техника и много други.

При такива малки размери на отвори, за използване на контактни методи на измерване не е резонно да се говори. Индикаторните вътрешни измерватели във варианта за малки отвори или т.н „дюзомери“ не предлагат необходимата точност и имат съществения недостатък, че не са подходящи за измерване на отвори с фаски, а на практика почти всички отвори от този тип са с фаски. Това основно са плъзгащи лагери изработени в метални или неметални детайли или от благородни камъни – рубин, сапфир, диамант и др. за намаляване на триенето и износването и фаските имат предназначение да задържат маслото в зоната на триене /т.н. маслен резервоар/.

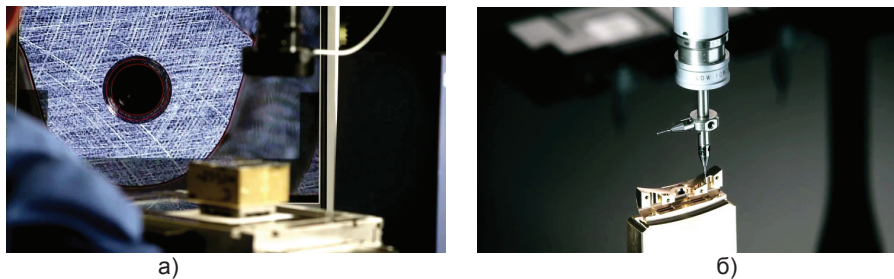
Тогава на помощ идват безконтактните методи на измерване с използване на микроскопи /инструментални или универсални/, дължиномири и проектори – фиг.1.



Фиг.1. Използване на проектор за измерване и контрол на параметрите на зъбни колела в часовникарската индустрия

В съвременното се използват и трикоординатни измервателни машини /3D/ за контактни измервания за отвори или повърхнини, по-големи от 2-3mm – фиг.2.а. За много малките отвори се използва същата трикоординатна машина но във вариант на безконтактно измерване с помощта на специална камера, закрепена на мястото

на измервателната глава и съответния софтуер, който е част от софтуера на машината – фиг.2.а.



а)

б)

Фиг.2. Използване на 3D измервателна машина:

а) за безконтактно измерване с камера; б) за контактно измерване

Реализирането на тези методи на измерване е свързано със скъпо специализирано оборудване и скъп специализиран софтуер, което по-малките фирми не могат да си позволят, както и с изискването за висока квалификация на операторите на това оборудване. Не на последно място е и ниската производителност на тези методи, реализирани на универсални или инструментални микроскопи и проектори [1, 2].

За избягването на тези недостатъци се предлага използването на фотограметричния метод, който може да се реализира с универсално оборудване и свободен софтуер [3]. За тази цел ще бъде проведено изследване на приложимостта и точностните характеристики на метода за измерване на много малки отвори – по-малки от 2mm.

ИЗЛОЖЕНИЕ

За да бъде достоверно и издържано от метрологична гледна точка едно такова изследване е необходимо да се разполага с достоверни и метрологично издържани референтни стойности за сравнение. За тази цел в качеството на референтни стойности ще се използват стойности на размерите, измерени по безконтактен метод на 3D измервателна машина „ABERLINK” и на Универсален дължиномер модел „Carl Zeiss Jena - 3296..”. Измерванията са извършени от двама оператори, по един за всяка от машините. Измерваните стойности не са известни на операторите. Всяко измерване е повторено трикратно и е представена средната стойност.

Избраният за измерване детайл е плата от часовников механизъм – ETA 2824-2, швейцарско производство, на който има монтирани рубинови лагери и свредловани отвори с много малки диаметри (фиг.3). Обект на измерване са шесте отвора, означени на фигурата, който лежат в различни повърхнини и са изработени от различни материали.

Реализирането на измерването по предлагания метод се извършва от трети оператор, на когото също не са предварително известни измерваните стойности на диаметрите на отворите. Заснемането е извършено със серийно произвеждан цифров фотоапарат FUJIFILM FinePix S9500 с матрица – SONY Super CCD VHR (9,2 Мрх), с размер 1/1,6” (6,01/8,08mm). Заснемането е извършено през окулярната система на Универсалния дължиномер, при отстранен окуляр и в режим „Супермакро” при резолюция 5 Мрх, от ръка без специално закрепване на камерата. Целта е експериментът да се „замърси” по възможност максимално, за да може да се оцени обективно най-лошият вариант за приложимостта на метода.

Обработването на снимките е извършено с два софтуерни продукта - PhotoM1.21 и Photoshop CS 5, като е извършено предварително калибриране с два калибъра с размери 4mm и 0,5mm.



Фиг.3. Детайл за експеримента, заснет с камерата на 3D машината

При извършване на реалните измервания, беше установено, че на практика размера за калиброване не е съществен фактор, влияещ върху точността на измерването.

Усреднените от трикратните измервания за всеки отвор резултати са представени в табл.1.

Таблица 1. Резултати от проведеното експериментално изследване

№ отвор	Aberlink	Универсален дължиномер	Photo M 1.21 калибър – 4mm	Photo M 1.21 калибър – 0,5mm	Photoshop CS калибър – 4mm	Photoshop CS калибър – 0,5mm	Диапазон на разсейване на измервания размер, mm
1	0,707	0,705	0,707	0,700	0,699	0,696	0,011
2	0,751	0,748	0,747	0,748	0,749	0,748	0,004
3	0,201	0,201	0,202	0,200	0,202	0,196	0,006
4	0,299	0,296	0,303	0,300	0,303	0,304	0,008
5	0,201	0,202	0,202	0,201	0,202	0,199	0,003
6	1,372	1,369	1,370	-	1,367	-	0,005

От приведените данни е очевидно, че независимо от използвания метод на измерване получаваните резултати са от един порядък, като най-голямо разсейване на размера се е получило при отвор 1.

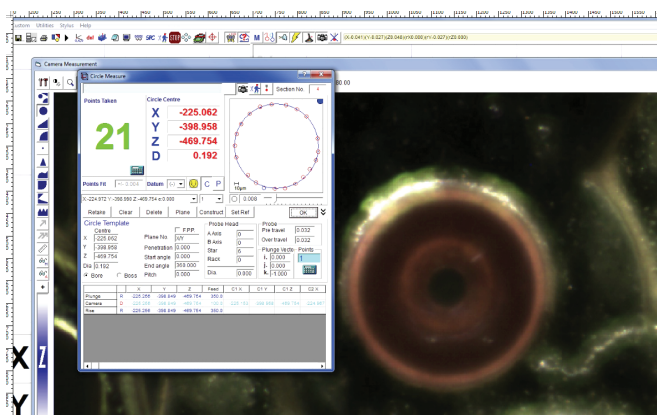
При всички използвани методи за измерване основният проблем беше получаването на добре фокусирано изображение на контура на измервания отвор. Избраният за експеримента детайл притежава няколко различни повърхнини на различни нива, което съществено смущава системите за фокусиране на 3D измервателна машина „ABERLINK”.

От фиг.3 се вижда, че тук е на лице първият основен недостатък – горната вградена подсветка на машината не върши работа за конкретния случай. Не си личи

къде са рубиновите лагери и не са ясни границите на контурите на отворите. Необходимо е допълнително засилване на горната подсветка – показано на фиг.4 или реализирането на долна подсветка. Засилената горна подсветка при съответното увеличение създаде проблем с фокусирането на повърхнината, което ясно се вижда на фиг.4., която е в цвят. Софтуера по никакъв начин не желаше да фокусира ясно контура на отвора на рубиновия лагер, поради наличието на няколко повърхнини, разположени в няколко успоредни равнини и с различни коефициенти на отражение и пречупване, поради различните материали от който са изработени.

Доказателство за това е същият измерен диаметър на отвора 5, но при недобро фокусиране и без долна подсветка, което затруднява автоматичното идентифициране на контура на измервания отвор на рубиновия лагер, в резултат на което грешката се увеличава няколко пъти – над 10 μ m (фиг.4).

При това положение, за случая на експеримента бе избран втория вариант – реализиране на допълнителна долна подсветка, която обаче не е включена в екипировката на машината.



Фиг.4. Измерване на отвор 5 с 3D машината „ABERLINK” – при недобро фокусиране на контура на отвора в цвят, забелязано от оператора и в резултат измерена стойност – 0,192mm /0,201mm/

И докато при 3D измервателната машина контурите се откриват автоматично от софтуера на машината, то при използването на софтуерните продукти това се извършва ръчно, т.е. точността на измерването зависи от субективния фактор.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От извършеното изследване може да се формулират следните заключения:

- Фотограметричния метод е приложим при измерване на много малки размери (около и по-малки от 2mm), като получаваната точност е от порядъка на традиционните но скъпи и трудоемки, безконтактни методи за измерване;
- Основен фактор, който влияе върху точността на отчитане при всички използвани методи е доброто фокусиране на контурите на измерваните повърхнини;
- При измерването чрез използване на софтуерни продукти големината на калибъра, използван за калибриране на измерването не оказва съществено влияние върху точността на измерването.
- Системата за автоматично фокусиране на 3D измервателната машина е изключително чувствителна към детайли със сложни повърхнини, разположени в няколко успоредни равнини, изработени от различни материали, с различни коефициенти на отражение и пречупване на светлината.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Сакакушев Б., М. Кършаков, Т. Тодоров. Приложение на фотограметричния метод за измерване в машиностроенето. Сп. „Известия на Съюза на учените – Русе”, серия 1 Технически науки, том 6, 2009г., ISSN 1311 – 106X, стр. 20-23.

[2] Сакакушев Б., В. Григоров, Т. Тодоров. Коефициент на трансформация и анализ на грешката на измерване по фотограметричния метод в машиностроенето.

[3] Станчев Т., Б. Сакакушев. Аprobация на фотограметричен метод за измерване в машиностроенето. Сп. „Известия на Съюза на учените – Русе”, серия 1 Технически науки, том 7, 2010г., ISSN 1311 – 106X, стр. 18-22.

[4] http://euromarket.bg/js/tiny_mce/plugins/ajaxfilemanager/upload/Tools/Mitotoyo/Spring_Promotion_Small_Tools_2014_online_BULGARIAN_small.pdf

За контакти:

Ас.инж.Георги Георгиев, Катедра „Машинно инженерство“, Факултет „Техника и технологии“ – Ямбол, Тракийски университет – Стара Загора, тел.:0887185869, e-mail: georgi.georgiev@trakia-uni.bg

Доц. д-р инж. Борис Сакакушев, “Технология на машиностроенето и металорежещите машини”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082 888 237, e-mail: bsak@uni-ruse.bg

Доц. д-р инж.Красимира Георгиева, Катедра „Машинно инженерство“, Факултет „Техника и технологии“ – Ямбол, Тракийски университет – Стара Загора, тел.:0887956375, e-mail: kr.g.georgieva@gmail.com

Докладът е рецензиран.