

## Работен калибър за проверка на геометричната точност на обработващи центри

Георги Ненов, Димитър Димитров, Виктория Карачорова

**Machine Tool Calibrator for checking the geometric accuracy of machining centres:** requirements and design of the Machine Tool Calibrator for automatic diagnosis of the main parameters of machining centres geometric accuracy are proposed. The proposed configuration of the Machine Tool Calibrator has manufacturability constriction and low cost.

**Key words:** geometric accuracy, automatic diagnosis, Machine Tool Calibrator, machining centres.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Геометричната точност (ГТ) на обработващите центри (ОЦ) е една от най-важните им характеристики. По принцип тя се постига на етапа на производството на отделните възли на машината и сглобяването им в завода производител, където се предполага че са на разположение необходимите измервателни средства за атестиране на точността. При правилен монтаж се очаква, че дълго време машината ще съхрани своята точност. За съжаление при неправилен монтаж или при колизии при експлоатация възникват съмнения за геометричната точност. В условията на малки и средни фирми се оказва, че е нецелесъобразно да се закупуват скъпи измервателни средства и да се обучава човек за работа с тях. Една икономически обоснована възможност е прилагане на автоматична самодиагностика на ОЦ чрез контактни координатни измервания с трикоординатна измервателна глава (ТИГ).

### ИЗЛОЖЕНИЕ Конструирание на работен калибър за проверка на геометричната точност на обработващи центри

Автоматична самодиагностика на ОЦ в някои случаи би могла да бъде осъществена с ТИГ и чрез контрол по определени (базови) повърхнини от работната маса на машината. Това обаче ограничава съществено броя на възможните контролни параметри от ГТ на машината. В такъв случай възниква необходимостта от използване на подходящ работен калибър. Калибърът е твърдо тяло, имащо подходящи контролни повърхнини с предварително определени чрез атестиране геометрични параметри.

*Предназначение на калибъра:* Използва се като мярка за сравняване. Принципът е чрез подходящи измервания по калибъра да се получат резултати, които да се сравнят с очакваните стойности, а възникналите разлики са показател за установени отклонения в ГТ. Разгледаният по-долу калибър дава възможност за бърза проверка на някои от основните геометрични параметри на различни по конструкция машини с 3 и повече оси. При конструирането на калибъра следва да се предвидят по него две групи повърхнини. Едните повърхнини са необходими да осигурят възможности за базирането му към машината, а другата група повърхнини са за осъществяване на контролните измервания.

*Изисквания към калибъра:*

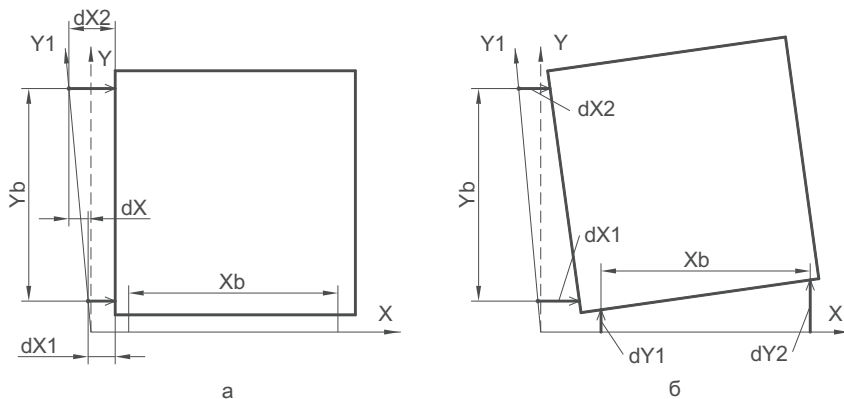
- Да дава възможност за проверка на основните геометрични характеристики на машината;
- Да могат да се диференцират източниците на грешки;
- Да позволява автоматизиране на проверките;
- Да се постигнат използват минимални допълнителни разходи капиталовложения.

При разработване конфигурацията на калибъра се преминава през няколко етапа, които се съобразяват с поставените изисквания. По долу е разгледана последователността при конструиране на калибъра за две от тях:

### 1. Установяване на отклонение от взаимна перпендикулярност на направленията на преместванията по трите линейни работни оси X, Y и Z.

Като база за сравнение е подходящо използването на калибър - ъгъл.

1.1 Установяване на неперпендикулярност на осите в една равнина (фиг.1а).



Фиг. 1. Измерване на неперпендикулярност на оси в една равнина с калибър

Приемаме, че сечението на калибъра е с форма на квадрат, разположен в равнината XOY, така че едната му страна да е успоредна на оста X. Чрез измервателно устройство, придвижвано по ос Y се измерва положението на другата страна на калибъра, при което се получават стойности  $dX1$  и  $dX2$ . Тяхната разлика  $dX=dX2-dX1$ , отнесена към базовата дължина на измерване  $Yb$  дава тангенсът на отклонението от перпендикулярност на реалната ос  $Y1$  спрямо X.

Ако страната на калибъра не е успоредна на ос X, фиг. 1б, чрез допълнително измерване на базова дължина  $Xb$  се получават стойностите  $dY1$  и  $dY2$ , чрез които може да се установи завъртането на калибъра и да се вземе предвид при изчисляването на неперпендикулярността на Y.

1.2 Установяване на неперпендикулярност по 3 оси (фиг.2).

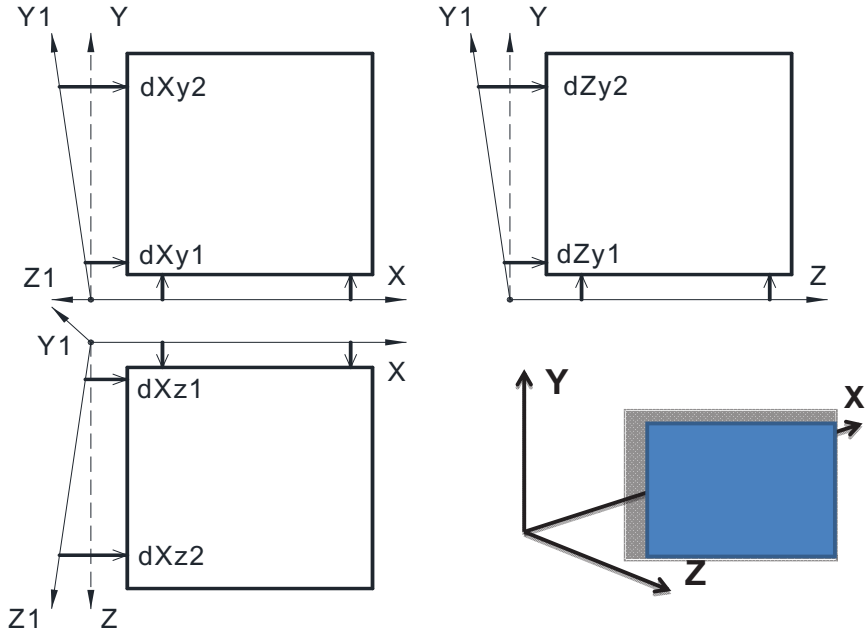
Ако калибърът се оформи като куб, разгледаните измервания могат да се проведат в трите равнини, при което в равнината XOY чрез стойностите  $dXy1$  и  $dXy2$  може да се установи отклонението на  $Y1$  спрямо X, в равнина YOZ – отклонението на  $Y1$  спрямо Z и в XOZ – отклонението на  $Z1$  спрямо X.

### 2. Точност на ротационните движения.

При наличност на ротации A, B или C, точността на изпълнение на ротацията може да се установи чрез задаване на позициониране на определен ъгъл и чрез измервания в равнината на ротация по методиката, описана в т.1 да се изчисли действителният ъгъл на ротация.

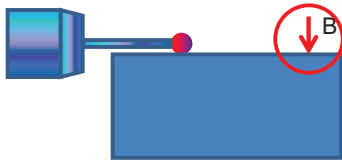
Описаните проверки могат да се автоматизират чрез използване на трикоординатна измервателна глава ТИГ и подходяща макропрограма.

Тъй като ТИГ се установява във вретеното на машината, измерванията чрез преместване по Z създават проблеми, например измерване в т.В, фиг. 3.



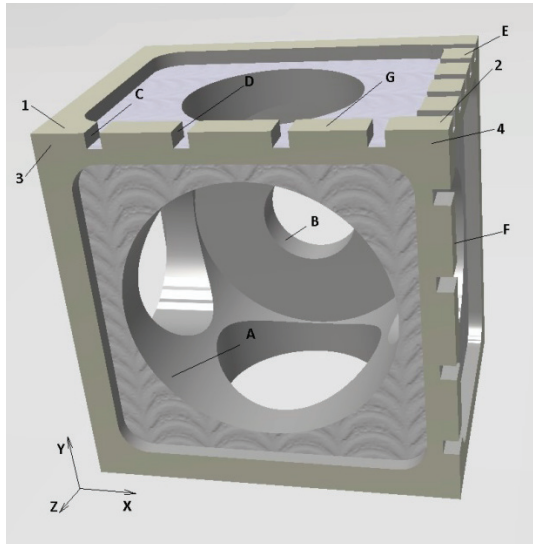
Фиг.2. Установяване на неперпендикулярност в пространствена КС

Този проблем е решен чрез вграждане в калибъра на стъпални цилиндрични повърхнини с разлика между техните радиуси по-голяма от радиуса на измервателната глава.



Фиг. 3. Проблемна зона, т.А при измерване с ТИГ

Цялостен вид на калибъра и показан на фиг.4. Той представлява куб с шлифовани пояси, по които се извършват измерванията, съответно по осите X и Y. За измерване по ос Z са предвидени повърхнините A и B, като разликите в диаметрите са такива, че при опирание на крайника до повърхнината B, тялото на ТИГ да не опира в A. За



Фиг.4. Калибър за проверка на геометричната точност на обработващ център

да се отстрани влиянието на грешка на ходовия винт по X са предвидени контролните повърхнините C, съответстваща на диаметралния размер на A в хоризонтално направление и съответно D – на B. Преди измерване на перпендикулярност на Z спрямо X се извършва контролно измерване на C и D.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Разработената конструкция на работен калибър дава възможност да се:

- Проверяват основните геометрични характеристики на машината;
  - Диференцират източниците на геометрични грешки;
  - Автоматизират проверките;
  - Реализира с минимални допълнителни разходи.
- За потвърждаване на горните характеристики предстои експериментална проверка.

### **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Димитров Д., И. Замфиров и др. Разработване и изследване на система за трикоординатни измервания върху машини с ЦПУ, Отчет на ПРОЕКТ ФНИ 2009 – ФМТ – 04 на РУ “А. Кънчев”
- [2] Димитров Д. Трикоординатна измервателна глава. В: Международна научна конференция AMTECH-07, Габрово, 2007
- [3] Димитров Д. Анализ на възможностите за оптимизация на координатните измервания. В: IV Междун. конгрес по машиностроителни технологии, Варна, 2004
- [4] Димитров Д., Г. Ненов и М. Енчев. Система за координатни измервания. В: Изв. съюза на учените - Русе “Техн. науки” т.4, №1, с. 35-40, Русе, 2002
- [5] Димитров Д., Св. Колева, М. Енчев, В. Карачорова. Компенсиране на систематичните грешки на трикоординатна измервателна глава чрез тариране – В: НК на РУ и СУ, Русе, 2011
- [6] Енчев, М., Д. Димитров и Г. Ненов. Система за автоматизирана проверка на точността на позициониране на МРМ с ЦПУ. В: Advanced Mechanical Engineering & Technology -AMTECH '99 Пловдив 1999г.
- [7] Енчев, М., и Д. Димитров. Система за автоматизирана проверка на основни параметри на геометричната точност на металорежещите машини с ЦПУ. В: V международна конф. по машиностроителна техника и технологии - AMTECH' 01, 03-05 Октомври, Созопол, 2001
- [8] Карачорова В., Д. Димитров” Възможности за автоматична самодиагностика на обработващи центри”, НК на РУ и СУ-2011г
- [9] Dimitrov, D., Karachorova, V., Szecsi, T., (2013), “System for Controlling the Accuracy and Reliability of Machining Operations on Machining Centres”, Procedia Engineering, Vol. 63, pp. 108-114
- [10] Sokovic M.,M. Cedilnik, J. Copac Identifikation of scannig errors using touch trigger probe head Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering Volume 20, ISSUES 1-2 January-February 2007
- [11] Woźniak A., Dobosz M.: Research on hysteresis of triggering probes applied in coordinate'e measuringmachines. Metrology and Measurement Systems, vol. XII, no. 4, 2005, pp. 393-413.

### **За контакти:**

Д-р Д. Димитров, Катедра ТММРМ, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 653, e-mail: [ddimitrov@uni-ruse.bg](mailto:ddimitrov@uni-ruse.bg)

**Докладът е рецензиран**