

RESEARCH OF THE POSSIBILITIES OF A METHOD FOR TOUCH PROBE COORDINATE MEASUREMENTS³

Assoc. Prof. Dimitar Dimitrov, PhD

Department of Mechanical and Manufacturing Engineering,
“Angel Kanchev” University of Ruse, Ruse, Bulgariya
Phone: 082-888 653
E-mail: ddimitrov@uni-ruse.bg

Master Eng. Valentin Mihov, PhD student

Department Mechanical and Manufacturing Engineering,
University of Ruse “Angel Kanchev”, Ruse, Bulgariya
E-mail: vmihrov@uni-ruse.bg

Abstract: The application of a touch probe coordinate measurements in CNC machines is a proven approach for solving various problems. For this purpose, special primary transducers are used - the so-called three-coordinate contact measuring heads. At such coordinate measurements the accuracy is influenced by the cumulative error. A part in this cumulative error is due to the three-dimensional measuring head. The contribution is significant for measuring heads that use an internal lever electro-contact system to generate a measurement signal. For these types of measuring heads, the principle of operation is known as the kinematic-resistance system. A specific feature of these is the formation of a large systematic error, which is a zone of insensitivity during measurement. The authors present in this publication their research on one of the possibilities of reducing this systematic error. It is suggested to use an electrical signal as a result of the contact of the measuring tip with the measured object. For this purpose, it is necessary to make minimal changes to the existing design of the measuring head. It is required that the measuring tip and the measuring object are electrically conductive and connected in an open electrical circuit which will close upon contact between them. The measuring head's internal electrical contact system is maintained and the head can be operated individually or together in both ways to generate a measuring signal.

Keywords: Accuracy, 3D Touch probe, Efficiency, Zone of insensitivity

JEL Codes: L10, L11

ВЪВЕДЕНИЕ

Счита се, че конкурентността на съвременното машиностроително производство и в частност на българското е в пряка зависимост от развитието на науката, изследванията, новостите и разработките с приложен характер (Георгиев 2017, Ivanov A., Ivanov K.2018, Петров 2018, Сакакушев 2018, Тодоров 2018, Тонев 2013, Stankov 2018). Стремелът към повишаване на ефективността на производството е причина множество изследвания и разработки да бъдат насочени към точността, себестойността и производителността на технологичните процеси (Димитров 2007-2017, Иванов 2018, Колева 2015-2018, Николов 2017,2018, Йорданова 2018, Костадинов 2015). Известно е, че в машиностроителното производство технологичният контрол на точността е една от задачите с особена значимост. Това е и причина да е обект на изследвания и разработки на различни нови и подобряване на съществуващи методи и технически средства. Сред тях са и тези за осъществяване на контактни координатни измервания върху обработващите центри. (Димитров 2007-2017, Михов 2017,2018).

Още в годините на изминалия XX век се е наложило и станало практика с помощта на контактни координатни измервания на обработващи машини с ЦПУ да бъдат решавани все повече различни технологични задачи. Сред тях са настройване и поднастройване на елементи

³ Докладът е представен в секция Механика и машиностроителни технологии на 25 октомври 2019 с оригинално заглавие на български език: ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ НА МЕТОД ЗА КОНТАКТНИ КООРДИНАТНИ ИЗМЕРВАНИЯ

от технологичната система, технологичен контрол за определяне на точността на обработване, диагностика на елементи от геометричната точност на машината и др. Най-голямо приложение този подход намира на обработващите центри (ОЦ). За целта се използват т. нар. контактни трикоординатни измервателни глави (ТИГ), които се поставят във вретеното или на работната маса на ОЦ, а той чрез следящите си преводи работи като координатно-измервателна машина. Известно е, че при такива координатни измервания върху точността им оказва влияние формиращата се сумарна грешка. В тази сумарна грешка дял има и трикоординатната измервателна глава. Този дял е значителен за измервателни глави, които използват като първичен преобразувател вътрешна лостова електроконтактна система за генериране на сигнал за измерване. За такъв тип измервателни глави принципът на работа е известен като електроконтактна кинематично-съпротивителна система. Характерна особеност при тях е наличието на значителна и същевременно с непостоянна големина систематична грешка, която формира праг и съответно зона на нечувствителност при измерване. В настоящата публикация са представени изследвания на една от възможностите за намаляването на тази систематична грешка. Предлага се при измерването да се използва възникването на електрически сигнал в резултат на затварянето на нормално отворена електрическа верига при контакта на измервателния накрайник с измервания обект. За постигане на целта не се изисква специална конструкция на ТИГ, а е достатъчно да се направят минимални промени в съществуващата конструкция на измервателната глава. Необходимо е измервателният накрайник и измерваният обект да са електропроводими и да бъдат свързани в отворена електрическа верига, която да се затвора при контакт между тях. Вътрешната базираща и електроконтактна система се запазва и измервателната глава може да работи поотделно или съвместно по двата начина за генериране на измервателен сигнал. Въвеждането в практиката на сигнал от „докосване“ за координатни измервания при технологичен контрол на ММ с ЦПУ изисква да се определят възможностите и ограниченията, които би следвало да се имат предвид.

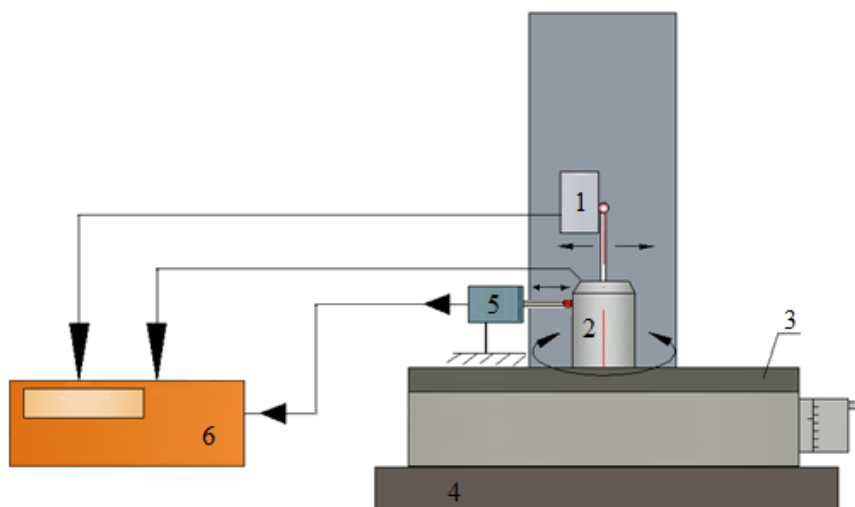
В публикацията са представени направените изследвания по този проблем в лабораторията по Технология на машиностроенето и обработване на детайли върху машини с ЦПУ към кат. ТММРМ на Машинно-технологичния факултет при Русенския университет.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Основното условие за прилагане на контактно измерване чрез „докосване“ е изискването за електропроводимост на измервания обект. Това поставя въпроса за изследване на влиянието на материала на измервания обект върху точността на измерване чрез докосване. По тази причина изследването е насочено към определяне на полето на случайната грешка при най-често използваните материали за машиностроителни детайли - желязните, медните и алуминиевите сплави.

Експериментите са проведени с помощта на специално изградена опитна установка (фиг.1) за възпроизвеждане на условия, близки до статичните. Тя е изградена на базата на инструментален микроскоп 4 - Carl Zeiss Jena. Поради недостатъчната разделителна способност на измервателната система на използвания микроскоп е добавена измервателна микрометрична система на фирмата HEIDENHAIN. Последната е съставена от фоторастерен линеен преобразувател 5 - устройство за измерване на дължина (сонда) HEIDENHAIN MT25 с константа $0.1\mu\text{m}$, грешка $0.03\mu\text{m}$, повтораемост (Repeatability) $\bar{x} + 2\sigma < 0.09\mu\text{m}$ и отчитащо устройство 6 (HEIDENHAIN ND287). Върху подвижната маса 3, с която, чрез ръчно управлявано задвижване, може да се изпълняват две взаимно перпендикулярни транслационни движения в хоризонталната равнина и ротационно движение спрямо вертикалната ос, е установена изследваната ТИГ – 2, модел MP3 на марката RENISHAW. Накрайникът на измервателната глава (с дължина 50 mm. и метален сферичен връх сачма) е електрически изолиран спрямо корпуса 4 и масата 3 на микроскопа. Металният упор 1, който служи за измерван обект, е закрепен към вертикалната колона и е електрически свързан с корпуса. Измервателните премествания на ТИГ се осъществяват чрез завъртане на ръкохватката (маховика), управляваща микрометричния винт на подавателния механизъм за съответното

линейно преместване на масата 3. С помощта на въртящата маса 3 и завъртане през еднакви ъглови стъпки е осигурена промяна на посоката на измерване за да бъде изследван целия работен диапазон на ТИГ в равнината XY. Работното напрежение във веригата по „докосване“ е 3-5V. За изследване влиянието на материала на измервания обект са използвани три метални



Фиг.1 Принципно схема на опитната уредба за изследване на точността при измерване с ТИГ по сигнал от „докосване“

образца от въглеродна стомана, бронз и дуралуминий. Контактните повърхности на образците са предварително обработени чрез шлифоване до постигане на еднаква грапавост. Опитната уредба е температурно стабилизирана, измерванията са относителни, в 3 серии с по 50 повторения и 15-минутни паузи между тях за да се избегне евентуалното възникване и въздействие на температурни деформации в превода. За да се постигне плавност (без тласъци и големи ускорения) и ниска скорост на измервателното движение същото е ограничено до 0,3-0,4mm. и се осъществява, като се осигури стабилна и удобна опора за ръката при завъртането на маховика. В устройството 6 постъпват сигналите от измерване със сондата 5, сигналът от прекъсване на веригата на електроконтактната система в ТИГ и сигналът при „докосване“. Веригите за последните два сигнала са включени към управляващите входове на устройството 6 и служат за задаване на момента за запис на текущата позиция, отчетена със сондата 5.

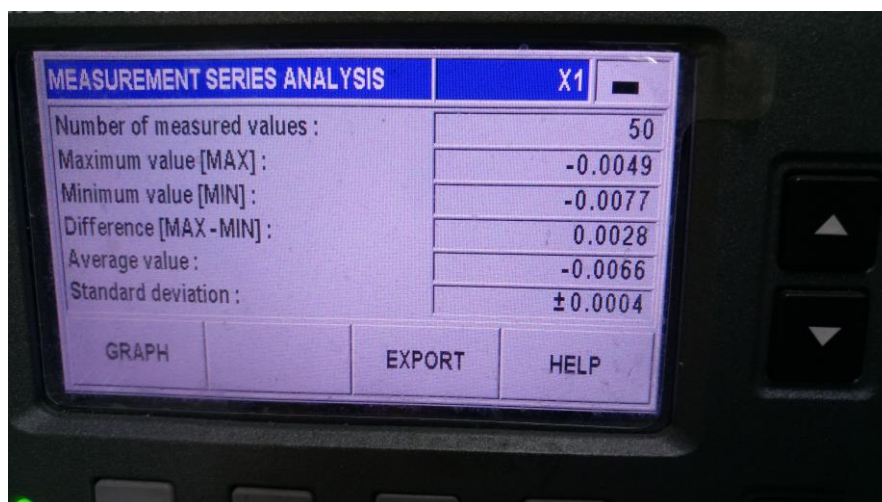
Разположението на съставните елементи на опитната уредба може да се види на фиг.2.



Фиг.2 “Поглед” към опитната уредба, съгласно фиг.1

Разликата в средните стойности на позициите, получени от двата сигнала може да се използва за определяне на прага и зоната на нечувствителност за съответната посока и направление на измерване. Тъй като устройството 6 не разполага с функция за гупиране на данните от двата вида измервателни сигнали е необходимо те да бъдат получени и натрупани поотделно. За целта за разграничаване на моментите на генериране на сигналите при докосване и от електроконтактната система на ТИГ е използвано обозначаване чрез светлинна индикация с два броя светодиоди (зелен и червен). Светлинната индикация е необходима за да се проведат две групи от експерименти. При първата целта е да се регистрира позицията само докосването и да се прекрати преместването, без да се допусне нарушаване на базирането във вътрешната електроконтактна система на ТИГ. Така се изключва влиянието върху резултата на случайната грешка от установяване на подвижната част от ТИГ към пръстена с неподвижните базови елементи. Моментът се указва от светването на единия светодиод. При втората група експерименти измервателното движение продължава до задействане на електроконтактната система, при което подвижната част на ТИГ се извежда от базираното си състояние. Моментът се указва с другия светодиод. Влиянието на възникващите преходни електроконтактни процеси, характерни при затваряне на ел. верига се „филтрира“ чрез използване на т. нар. релеен вход в устройството 6, който регистрира само първия сигнал с ниво, над определен праг.

Освен за натрупване на данните с устройството HEIDENHAIN ND287 има възможност да се направи първична статистическа обработка и онагледяване чрез графично представяне, а част от получените резултати се виждат на фиг. 3.



ИЗВОДИ
С

Фиг. 3 Резултати от статистическата обработка

разгледаната опитна уредба е възможно да бъдат направени измервания с дискретност $0,1\mu\text{m}$, което осигурява необходимата за целта чувствителност.

Получените стойности за стандартното отклонение при двата експеримента показват, че разсейването при сигнал от докосване е не по-голямо от съответното, получено при прекъсване на вътрешната електроконтактна система на ТИГ.

REFERENCES

Dimitrov D., (2013). Experimental study of the influence of thermal deformation on the accuracy of the ISO40 conical tool holder mounting in the spindle, Scientific Conference - RU&US'13, Bulgaria, Mechanics and mechanical engineering, Ruse, pp.57-60 (**Оригинално заглавие:** Димитров Д., (2013) *Експериментално изследване влиянието на топлинните деформации върху точността на установяване на конусен инструментален държач ISO40 във вретеното*, Научна конфер. - РУ&СУ'13 в България, Механика и машиностроителни технологии, 57-60)

Dimitrov D., (2013). Experimental detection of the static error of tracking translations with indirect feedback in the plane. Science Conference - RU&US'13 in Bulgaria, Mechanics and Mechanical Engineering, pp.52-56 (**Оригинално заглавие:**Димитров Д., (2013). *Експериментално установяване на статичната грешка на следящи преводи с индиректна обратна връзка в равнината.* Научна конференция - РУ&СУ'13 в България, Механика и машиностроителни технологии, стр.52-56)

Dimitrov D., (2011). Static force analysis of a three-dimensional measuring head., Mechanical Engineering and Mechanical Engineering, Issue 13. pp. 49-51, ISSN 1312-8612 (**Оригинално заглавие:** Димитров Д., (2011). *Статичен силов анализ на трикоординатна измервателна глава.*, Машиностроене и машинознание, брой 13, 49-51, ISSN 1312-8612)

Dimitrov, D., (2007) Three-coordinate measuring head, International Scientific Conference AMTECH-07, Gabrovo, 223-226 (**Оригинално заглавие:** Димитров, Д., (2007). *Трикоординатна измервателна глава*, AMTECH-07, Габрово, 223-226)

Dimitrov D.,V. Karachorova. (2012). Low-budget system for control of parameters of accuracy and reliability in processing centers, SC na RU & US - 2012, Ruse, Mechanics and machine-building technology, pp. 93-98 (**Оригинално заглавие:** Димитров Д.,В. Карачорова. (2012). *Нискобюджетна система за управление на параметри от точността и надеждността при обработващи центри*, НК на РУ и СУ-2012, Русе, Механика и машиностроит. технологии, 93-98)

Dimitrov D.,V. Karachorova. (2012) Investigation of random error in one- and two-dimensional positioning of a machining center, SC na RU & US -2012,Ruse, Mechanics and machine-building technology, pp. 109-113 (**Оригинално заглавие:** Димитров Д. ,В. Карачорова. (2012). *Изследване на случайната грешка при едномерно и двумерно позициониране на обработващ център*, НК на РУ и СУ - 2012, Русе , Механика и машиностроителни технологии,109-113)

Dimitrov D., T. Szecsi. (2015) *Machining accuracy on CNC lathes under the lack of unity of the process and design data.* IN: Proceedings of the 48th CIRP Conference on Manufacturing Systems, Ischia, Italy, Procedia CIRP41 CMS 2015, 2016, pp. 824-828

Dimitrov D. (2016) Compensation of systematic errors of 3D touch probe using a touch signal. International Journal - Institute of Knowledge Management, 2016, No 13.1,349-354, ISSN 1857-92

Dimitrov D. (2016)Analysis of coordnate measurements with 3D touch probe of machining centers,International Journal-Institute of Knowledge Management,N13.1,321-326,ISSN1857-92.

Dimitrov, D., Karachorova, V., Szecsi, T.(2014). *Accuracy and reliability control of machining operations on machining centres.*Key Engineering Materials, 2014, No 615,32-38, ISSN 1013-9826

Dimitrov D. (2016). *AUTOMATIC SELECTION OF PROCESING WITH LESS ERROR IN THE POSITIONING OF MACHNINIG CENTERS.*// International Journal - Institute of Knowledge Management, 2016, No 13.1, pp. 327-332, ISSN 1857-92.

Dimitrov D., Karachorova V., Nenov G., (2017) *Research the possibilities of the method for determining the Tolerances in geometric precision of machining center*, International journal for sciense, technics and innovations for the industrtry, 2017, брой 3, 118-120, ISSN WEB 1314-507X.

Dimitrov D., Geotgiev I.,Karachorova V., (2017) *Method for technology process control of alignment to machining center with two spindles*, International journal for sciense, technics and innovations for the industrtry, 2017, брой 4, стр. 174-177, ISSN WEB 1314-507X

Gueorguiev Tz., N. Dimitrova. The Latest Trends in the Standardization of Automotive Quality Management Systems.International Journal 'Knowledge,2017,No16.1,pp. 443-449, ISSN 1857-923X.

Iliev S., Minev R., Ferdinandov N., Possibilities and Limitations of Modern Technologies and Equipment for Welding in a Protective Gas Environment, Bulgarian Society for NDT International Journal "NDT Days", ISSN: 2603-4018 eISSN: 2603-4646

Jordanova S. Koleva. (2018) *DEFINING THE GEOMETRICAL ACCURASY OF INSTRUMENTAL DATUM SURFACES OF CNC LATHES.*// Current Science, International Journal of Science, 2018, No. 10 (15), pp. 30-35, ISSN 2587-9022.

Koleva S., Enchev M., Beliov E. (2018) About the information assurance of technological processes by machining parts. IN: 57 scientific conference of the University of Rousse "Angel Kanchev" and the Union of Scientists - Rousse "New Industries, Digital Economy, Society - Projections of the Future", Rousse, 2018 стр.45-50, FRI-1.417-1-MEMBT-07, ISSN 2603-4123

Koleva S., M. Enchev, T. Szecsi. (2015) Automatic dimension measurement on CNC lathes using the cutting tool.// Procedia CIRP, 9th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering - CIRP ICME '14, 2015, No 33, pp. 568-575

Koleva S. M. Enchev T. Szecsi. (2015) Analysis of the Mechanical Deformations of Boring Tools.// MESIC Manufacturing Engineering Society International Conference 2015., 2015, No 132, pp. 529-536, ISSN 1877-7058.

Koleva S. M. Enchev T. Szecsi. (2015) The Influence of the Mechanical Deformations on the Machining Accuracy of Complex Profiles on CNC Lathes.// MESIC Manufacturing Engineering Society International Conference 2015., 2015, No 132, pp. 521-528, ISSN 1877-7058.

Kostadinov Ch, P. Zlatev, I. Peeva. (2015) Automated system for analysis and management of energy efficiency. In: NTS of NTS in Mechanical Engineering, year 23, issue 9/172, ADP - 2015, Sozopol, 2015, Sofia, Technical University - Sofia, 2015, pp. 372-377, ISBN 1310-3946

Stankov N., Al. Ivanov, N. Denev, R. Milkov. (2016) Development of Technology and Devices for Assembling Six Section Crane Boom. // XIII International Scientific Congress - Summer Session, "Machines Technologies Materials", Section "Machines" and Section "Industrial Design Engineering & Ergonomics, Varna, Bulgaria, 2016, Issue 3, Pages 14-17, ISSN 1310-3946

Mihov V., (2018) Experimental Research Facility for Preliminary Research of Measurement Method with 3D Touch Probe by Touch Signal, рр Pyce, 2018, стр.61-65 FRI-1.417-1-MEMBT-10, ISSN 2603-4123

Mihov. V, St. Dermenji, T. Georgieva, B. Bekirova, (2018) Development of an Experimental Test Facility for a 3D Contact Measuring Head by Using a Touch Signal, pp.37-40, FRI-SSS-MEMBT-05, ISSN 1311-3321

Mihov V., Cr. Ilieva, G. Dudev, P. K., (2017) Investigation of the Precision Characteristics of Contact Three-Coordinate Measuring Heads, SSS of RU'17, Ruse, 2017, pp.13-19, ISSN 1311-3321

Nikolov N., (2018) Examination of Crane Booms about their Propensity for Vibration in Mechanical Machining, рр. Pyce, 2018, стр.61-65 FRI-1.417-1-MEMBT-09, ISSN 2603-4123

Nikolov N., R. Stoyanova, Ant. Boseva, (2018) Opportunities for a Theoretical Modal Analysis of Type Construction "Crane Boom", pp.33-36, FRI-SSS-MEMBT-04, ISSN 1311-3321

Nikolov N., Cr. Ilieva, G. Dudev, P. Kotseva, (2017) Investigation of Methods for Vibration Reduction in Machining of Machine Cutting Machines, SNA of RU'17, Ruse, 2017, p. 6-12, ISSN 1311-3321

Petrov Ml., (2018) Application of the Taguchi–Metodology for Data Analysis from Marketing Survey, (**Оригинално заглавие:** Петров Мл., „Приложение на методологията на Тагучи за анализ на данни от маркетингово проучване“), 57th Science Conference of Ruse University - SSS, Bulgaria, 2018, рр Pyce, 2018, стр.78-82, FRI-1.417-1-MEMBT-13, ISSN 2603-4123

Todorov T., Deniz Ch. (2018) Problems with high-performance complex object grading 57th Science Conference of Ruse University - SSS, Bulgaria, 2018, рр Ruse, 2018, p.p .51-54, FRI-1.417-7-MEMBT-08, ISSN 2603-4123.

Tonev, D.H., Sotirov, B. S., Gueorguiev, Tz. K. (2013) Using the Possibilities of the Vibratory Surface Plastic Deformation Process as a Method for Machining Surfaces Which are Suitable for Bearing Fits.// Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference, 2013, No. 10, pp. 49-56, ISSN 978-5-91891-349-9.

This publication has been developed in conjunction with the FTM 03 2019 project from the University of Rousse "A. Kanchev " research fund.