

FRI-ONLINE-1-MEMBT-10

**INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL
CONDITIONS AND ENVIRONMENT ON THE ACCURACY OF
MEASUREMENT WITH 3D TOUCH TRIGGER PROBE ON A TOUCH
SIGNAL¹⁰**

Assoc. Prof. Dimitar Dimitrov, PhD

Department of Manufacturing engineering

“Angel Kanchev” University of Ruse

Phone: 082-888 653

E-mail: ddimitrov@uni-ruse.bg

Abstract: *The use of a touch signal in coordinate measurements of machining centers provides measurements with less or zero systematic error than the three-coordinate measuring head. When closing the electrical circuit in the area of contact between the measuring tip and the measured object (detail) it is possible to influence the condition of its surface. Some of the possible parameters are the material of the part, the presence of lubricating and cooling liquid, the speed of the feed movement, etc. The publication presents the experiments performed and the experimental results obtained in the study of the listed factors.*

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

ВЪВЕДЕНИЕ

Характерен белег на съвременното машиностроително производство е масовото приложение на цифрови технологии, металорежещи машини с ЦПУ и автоматизация (Костадинов, Пеева 2015,2017,2018) на всички етапи. Известно е, че технологичният контрол на точността е една от задачите с особена значимост. Освен точността автоматизацията на контрола е сред основните цели на модерното машиностроене. 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 2013,2015,2016, Колева 2015,2018).

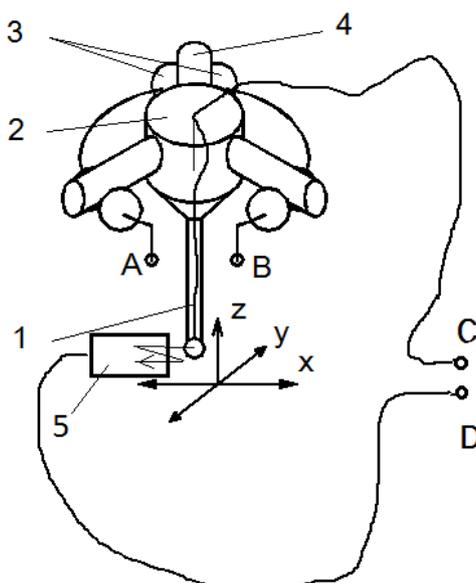
Използването на металорежещите машини с ЦПУ и особено на обработващите центри за осъществяване на различни контролно-измервателни технологични задачи чрез контактни координатни измервания е утвърдена производствена практика. Най-често използваните за целта контактни трикоординатни измервателни глави имат измервателен преобразувател, представляващ 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. Една от възможностите за намаляването на тази систематична грешка е, ако при измерването се използва възникването на електрически сигнал в резултат на затварянето на нормално отворена електрическа верига при контакта на измервателния накрайник с измервания обект.

Начинът на работа на такава измервателна глава може да се изясни с помощта на принципната схема, показана на фиг.1.

С 1 е означен електропроводим накрайник на измервателната глава, а с 5 – измервания електропроводим обект. Те са част от електрическата верига С-D с нормално отворен

¹⁰ Докладът е представен в секция „Механика и машиностроителни технологии“ на 13 ноември 2020 с оригинално заглавие на български език: ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗДЕЙСТВИЕТО НА ТЕХНОЛОГИЧНИТЕ УСЛОВИЯ И РАБОТНАТА СРЕДА НА ТОЧНОСТТА НА ИЗМЕРВАНЕТО С 3D КОНТАКТНА ИЗМЕРВАТЕЛНА ГЛАВА ПО СИГНАЛ ОТ ДОКОСВАНЕ

контакт, който се затваря при допир на сферичния връх на измервателния накрайник с контролна точка от повърхнината на измервания обект.



Фиг. 1. Схема на измерване чрез генериране на измервателен сигнал при докосване

Елементите 3 и 4 са част от стандартната вътрешна електроконтактна и базираща система на измервателната глава.

Предполага се, че при предложената схема, поради липсата на необходимост от сила при контакта, на точността на измерване влияние ще оказват всички фактори, съпътстващи процеса на затваряне на измервателната електрическа верига, като интерес представляват онези, които генерират случайна грешка при измерване.

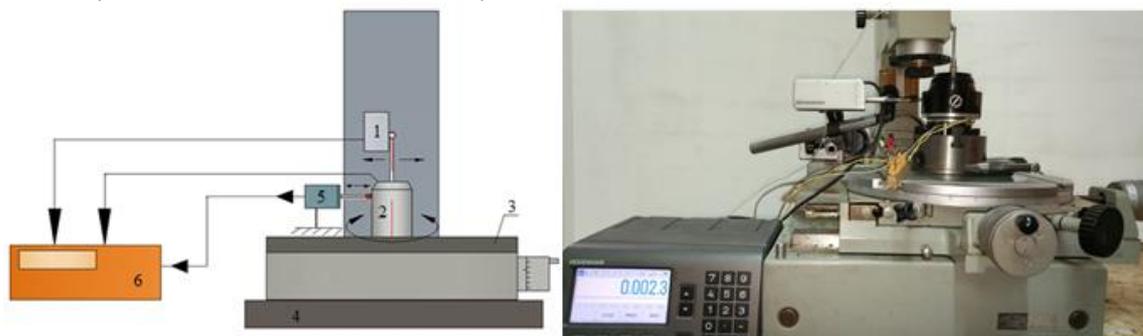
В публикацията са представени направените изследвания по този проблем в лабораторията по Технология на машиностроенето и обработване на детайли върху машини с ЦПУ към кат. ТММРМ на Машинно-технологичния факултет при Русенския университет.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Тъй като прилагането на контактно измерване чрез затваряне на електрическа верига при докосването между измервателния накрайник и измервания обект е необходимо да са налице условия за надеждно осигуряване на достатъчно висока електропроводимост на контактните повърхности. Както е известно върху качеството на електроконтактната връзка влияние оказва електропроводимостта на материалите на контактите и състоянието на повърхностите им. По тази причина изследването е насочено към определяне на полето на разсейване на позицията при докосване на образци с грапавост Ra 0,16 от най-използваните електропроводими материали за машиностроителни детайли - железните, медните и алуминиевите сплави.

За провеждане на експериментите е използвана опитна уредба, чиято принципна схема и общ вид са показани на фиг. 1 и е представена в „Research of the possibilities of a method for touch probe coordinate measurements“ (D. Dimitrov, Mihov V., 2019). С помощта на опитната уредба могат да се осъществяват микропремествания с ниска скорост и да се отчита позицията при възникване на докосване (затворена електрическа верига) чрез измервателна система HEIDENHAIN ND287 с прецизен линеен преобразувател за измерване на дължина HEIDENHAIN MT25 с константа $0.1\mu\text{m}$, грешка $0.03\mu\text{m}$ и повторяемост (Repeatability) $\bar{x} + 2\sigma < 0.09\mu\text{m}$. Измервателната глава е модел MP3 на марката RENISHAW, а използваният измервателен накрайник е с дължина 50 mm. и със сферичен стоманен връх. Измервателното усилие е настроено на по-голяма стойност (6N) за да не се получи нарушаване на базирането между елементите 3 и 4 (фиг.1). Проведените измервания 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 върху резултатите, а останалите условия на експеримента са описани в Research of the possibilities of a method for touch probe coordinate measurements (D. Dimitrov, Mihov V., 2019).



Фиг.2 Принципна схема и общ вид на опитната уредба.

Данните от експеримента са обработени статистически с устройството HEIDENHAIN ND287. Получени са следните характеристики:

- За центъра на групиране е пресметната средно аритметичната стойност (Average value)
- За разсейването (неопределеността) са пресметнати:
 - Размах (Difference MAX-MIN):
 - Стандартно отклонение (Standard deviation)

Допълнително, извън възможностите на устройството ND287 е направена проверка за изключване на груби грешки с вариационните критерии на Райт и на Диксон.

На фиг. 3 е представен статистически анализ на данните, получени при една от сериите, изпълнени с образец от медна сплав (бронз).



Фиг.3 Статистически анализ при образец медна сплав (числени и графични резултати)



Фиг.4 Статистически анализ при образец алуминиева сплав (числени и графични резултати)

На фиг. 4 е представен статистически анализ на данните, получени при една от сериите, изпълнени с образец от алуминиева сплав (дуралуминий).



Фиг.5 Статистически анализ при образец желязна сплав (числени и графични резултати)

На фиг. 5 е представен статистически анализ на данните, получени при една от сериите, изпълнени с образец от желязна сплав (конструкционна стомана).

Следващият експеримент е изпълнен със същите образци, но след като са третирани с използвана универсална (за желязни, медни и алуминиеви сплави) мажещо-охлаждаща течност.



Фиг.6 Статистически анализ при образец желязна сплав с мажещо-охлаждаща течност

На фиг. 6 е представен статистически анализ на данните, получени при една от сериите, изпълнени с образец от желязна сплав (конструкционна стомана). В сравнение с резултатите, получени без мажещо-охлаждаща течност (фиг. 5) се отчита неколкократно нарастване на големината на стандартното отклонение. Прави впечатление и по-високата честота на стойности, близки до граничните.

На фиг. 7 е представен статистически анализ на данните, получени при една от сериите, изпълнени с образец от медна сплав (бронз). В сравнение с резултатите, получени без мажещо-охлаждаща течност (фиг. 3) също се отчита неколкократно нарастване на големината на стандартното отклонение. Прави впечатление е по-високата честота на стойности, близки до граничните.



Фиг.7 Статистически анализ при образец медна сплав с мажещо-охлаждаща течност

Анализ на резултатите:

Получените при обработване на данните от експериментите стойности за стандартното отклонение са в границите от $\pm 0,2$ до $\pm 0,9 \mu\text{m}$. при трите изследвани материала

на образците и чисти контактни повърхности. Следователно те са съпоставими и по-малки при сравняване с публикуваните данни от производители (RENISHAW, BLUM, HEIDENHAIN и др.) за стандартното отклонение на измервателни глави, използващи електроконтактна кинематично-съпротивителна система.

Измерванията, след третиране на контактните повърхности на изследваните образци с употребявана универсална мажещо-охлаждаща течност показват значително (2÷4 пъти) нарастване на стандартното отклонение. Това се обяснява със силните адхезионни свойства на течността, в резултат на които по повърхностите се получава тънко, но вероятно с нееднаква дебелина, проводимо покритие. Така при доближаване на сферата на измервателния крайник към повърхността на образце възникват непостоянни условия за по-ранно затваряне на електрическата верига още преди да е настъпил механичен контакт.

Това е фактор, който внася по-голяма неопределеност на резултата и за да се ограничи влиянието му е необходимо предварително почистване на повърхностите, чрез обдухване със съгъстен въздух или забърсване/попиване с кърпа. Направените експерименти, след такова почистване показват резултати за стандартното отклонение, припокриващи се с резултатите, преди третирането с мажещо-охлаждаща течност.

ИЗВОДИ

Прилагането на измервания с използване на система за докосване може да се използва като равностойно на тези с електроконтактна кинематично-съпротивителна система тъй като осигурява съпоставима и по-висока точност.

Методът на измерване чрез система за докосване е приложим с точност от съпоставим порядък за повърхнини от медна, алуминиева или желязна сплав. Промяната на материала на изследваните образци не оказва съществено влияние върху стандартното отклонение.

Преди измерване чрез докосване е необходимо повърхностите да бъдат почиствани от мажещо-охлаждащата течност. Адхезионните свойства на мажещо-охлаждащата течност и наличието на такава по контактните повърхности води до неколkokратно (2÷4 пъти) увеличаване на стандартното отклонение..

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 времето*, Научна конфер. - RU&CY'13 в България, Механика и машиностроителни технологии, 57-60)

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., V. Mihov (2019), "Research of the possibilities of a method for touch probe coordinate measurements" 2019 PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE - 2019, volume 58, book 2.1 - 27 - FRI-1.417-1-MEMBT-03, pp.23-29, ISSN 2603-4123

Kostadinov Ch., I. Peeva. (2017) Influence of the scenario of service of technological machines in RTM of parallel action. International scientific journal "Actual Science" 3/2017, Volgograd, 2017, pp.:39-42, ISSN 2587-9022. (**Оригинално заглавие:** Костадинов Ч., И. Пеева. Влияние сценария обслуживания технологических машин в РТМ параллельного

действия. Международный научный журнал „Актуальная наука” 3/ 2017, Волгоград, 2017, стр.: 39-42, ISSN 2587-9022.)

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

Kostadinov Ch., I. Peeva. (2017) Regarding the dependence of RTM productivity on the service equipment maintenance scenario. Scientific notices of NTS in mechanical engineering, XXV year, issue 2/217, XXVI ISTC "ADP-2017", Sozopol, 2017, pp. 150-154. (**Оригинално заглавие:** Костадинов Ч., И. Пеева. Относно зависимостта на производителността на РТМ от сценария на обслужване на технологичното оборудване. Научни известия на НТС по машиностроене, XXV год, брой 2/217, XXVI МНТК “АДП-2017”, Созопол, 2017, стр.: 150-154.)

Kostadinov Ch., I. Peeva. (2017) Comparative analysis of models for analytical forecasting of the performance of robotic technological modules. Scientific notices of NTS in mechanical engineering, XXV year, issue 2/217, XXVI ISTC "ADP-2017", Sozopol, 2017, pp. 144-149.) (**Оригинално заглавие:** Костадинов Ч., И. Пеева. Сравнителен анализ на модели за аналитично прогнозиране на производителността на роботизирани технологични модули. Научни известия на НТС по машиностроене, XXV год, брой 2/217, XXVI МНТК “АДП-2017”, Созопол, 2017, стр.: 144-149.)

Jordanova S. Koleva. (2018) DEFINING THE GEOMETRICAL ACCURACY 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 Rouse "Angel Kanchev" and the Union of Scientists - Rouse "New Industries, Digital Economy, Society - Projections of the Future", Rouse, 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.

This publication has been developed in conjunction with the FTM 03 2020 project from the University of Rouse "A. Kanchev " research fund.