

STUDYING THE POSSIBILITIES OF AN APPROACH FOR LIMITING VIBRATIONS WHEN MACHINING THIN-WALLED BEAMS²

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. Nikolay Nikolov, PhD student

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

Abstract: When machining under conditions of insufficient stability of the technical system, significant risk for vibrations occur. One typical example of the real life practice is machining of thin-walled beams with a rotary tool - mill. In this case, the thin-walled beam is characterized with insufficient stability and is the unit of the technical system in which vibrations are most likely to occur. In the production of series of parts CNC machine centers are mostly used. Special fixtures are used as extra equipment for mounting parts to the work table. The existing methodologies for designing special equipment aims at providing two conditions. The first is the specific orientation of the beam relative to the working table (coordinate system) of the machine. This is achieved by removing the required number of axis of motion through appropriately positioned anchor points. The second condition is the sturdiness of the already achieved orientation. In the real life engineering practice solutions for improving the vibration resistance of the beam through the design of the fixture are not yet widely popular. This publication presents the study done by the authors and the results achieved on the development of a module to the existing methodology for the design of fixture type equipment in order to increase the vibration resistance of thin-walled beams.

Keywords: Metal cutting, vibrations

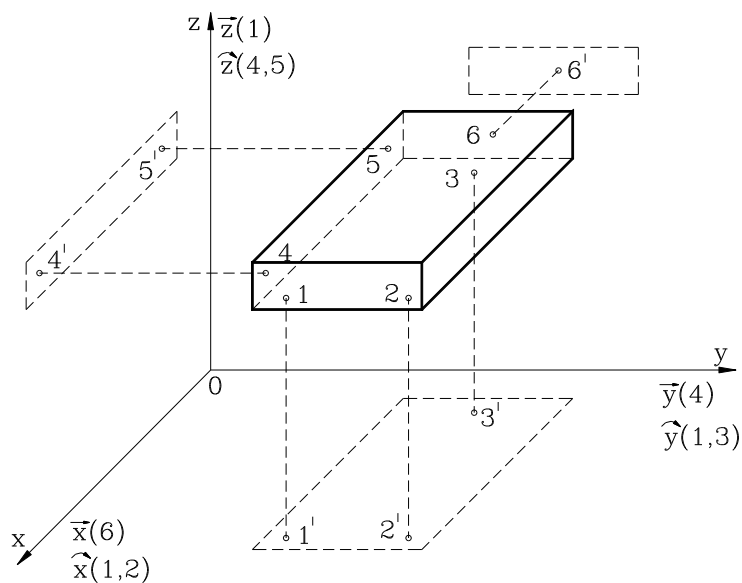
ВЪВЕДЕНИЕ

Известно е, че развитието на машиностроенето през изминалите десетилетия е резултат от връзката на науката с индустрията и прилагането на изследователски подход в производството. Този подход от една страна служи като катализатор и ускорява научните изследвания, а от друга постигнатите резултати получават реализация в практиката. Това е в основата на множество разработки, сред които: (Георгиев 2017, Петров 2018, Сакакушев 2018, Тодоров 2018, Тонев 2013, Stankov 2018). Известно е, че механичното обработване на детайли формира съществен дял в производствените разходи. Това определя и вниманието към ефективността на процесите (Димитров 2007-2017, Иванов 2018, Колева 2018, Михов 2017, 2018). Факт е, че при обработване в условия на ниска стабилност има предпоставки за възникване на вибрации, които са проблем, водещ до намаляване на ефективността. Затова, в такива случаи, се търсят подходящи решения, които да намалят интензитета на вибрациите. За целта е необходимо изследване на поведението на технологичната система като цяло и на отделните ѝ елементи при конкретни условия за да се потърсят най-подходящите решения. Известни са множество теоретични изследвания (Боздуганова 1993, Стоянов 2011, 2014, 2017, Велчев 2003) и научно обосновани практичеки решения (Николов 2017, 2018), насочени към режещите инструменти, съответно към техните държачи и към металорежещите машини и значително по-малко такива, които се прилагат спрямо заготовките и приспособленията за установяването им.

² Докладът е представен в секция Механика и машиностроителни технологии на 25 октомври 2019 с оригинално заглавие на български език: ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ НА ПОДХОД ЗА ОГРАНИЧАВАНЕ НА ВИБРАЦИИТЕ ПРИ ОБРАБОТВАНЕ НА ТЪНКОВИ ГРЕДИ

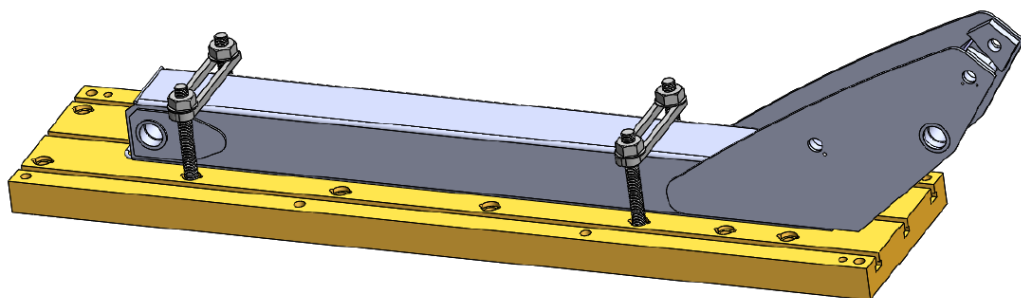
ИЗЛОЖЕНИЕ

При механично обработване в условия на недостатъчна стабилност на технологичната система съществуват значителни предпоставки за възникване на вибрации. Такъв типичен пример от практиката е обработването на тънкостенни греди с въртящ се инструмент. В случая тънкостенната греда се характеризира с недостатъчна стабилност и е звено от технологичната система, в което има голяма вероятност за възникване на вибрации. При серийно производство за механичното обработване на тънкостенните греди се използват обработващи центри и специални приспособления за установяването им към работната маса. Съществуващата методика за конструиране на приспособления цели осигуряването на две условия. Първото е за еднозначна определеност (ориентация) на гредата спрямо масата (координатната система) на машината. Това се постига с отнемане на необходимия брой степени на свобода на гредата чрез подходящо разположени опорни точки.



Фиг.1 Схема за базиране на призматично тяло

Второто условие - за неизменност на вече постигнатата ориентация се постига чрез закрепването.



Фиг.2 Установяване на реална греда (кранова стрела) при механично обработване

В инженерната практика все още не са достатъчно популярни решения за подобряването на виброустойчивостта на гредата чрез конструкцията на приспособлението, които още на етапа проектиране да предполагат постигане на значим реален ефект. Обикновено мерките, които се вземат се свеждат до повишаване на стабилността на технологичната система (припососблението и детайла) чрез добавяне на регулируеми опори и допълнителни закрепвания срещу тях. Местата на тези опори обаче не са резултат на обоснован избор, а се разполагат на удобни, най-често кратни или симетрични места. Естествено е, че ефектът, който

се постига в такива случаи не винаги е достатъчно удовлетворяващ и за да се избегне негативното въздействие на вибрациите върху качеството на обработване и трайността на режещите инструменти се налага промяна на режими на рязане, т.е. работа с режими, различни от оптималните.

В случая се предполага, че най-голям ефект би се постигнал, ако допълнителните опори и закрепвания на обработвания детайл се разположат в местата, където биха възникнали най-големи амплитудни отклонения, съвпадащи със собствените форми на детайла. Следователно за целта е необходимо предварително да се определят собствените форми. Подходящ инструмент е модалният анализ чрез метода на крайните елементи, който за една реална конструкция изисква прилагането на значителен обем пресмятания за определяне на собствени форми и честоти на обработвания детайл като елемент на технологичната система. Производителността на въпросните пресмятания може значително да се увеличи, ако се използват възможностите на някои от системите за инженерно графично 3D-моделиране, напр. SolidWorks.

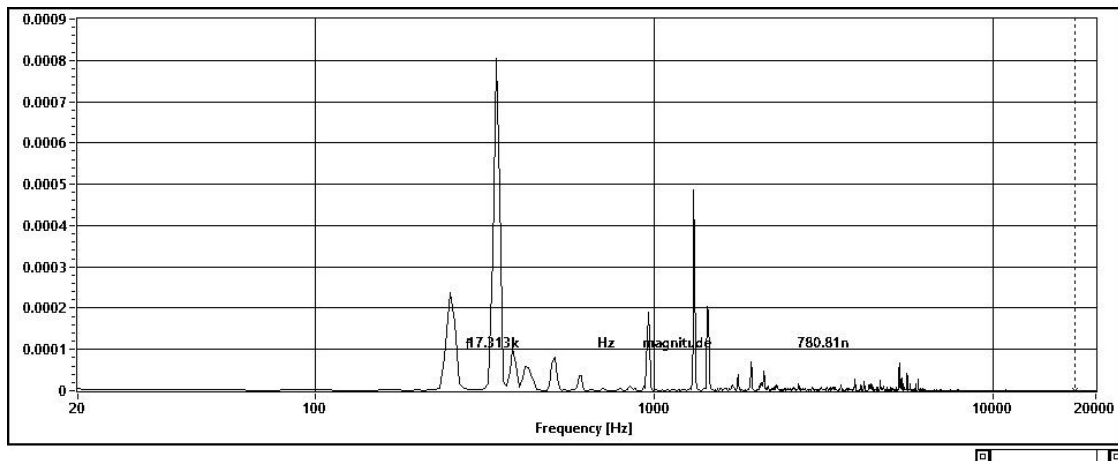
Разгледани са четири образца на кухи греди с различни размери. За всеки от тях с помощта на SolidWorks е направен анализ за определяне на собствените форми и честоти. При анализа е възпроизведена типичната схема за установяване на гредата – на две плоски опори в краищата им и прилагане на закрепване срещу опорите чрез планки и винтови закрепващи устройства. Като резултат се получава списък с ред от собствени честоти и онагледяващи фигури на деформациите (амплитудите) на гредата. В случая не е необходимо да се разглеждат всички резултати или тези с най-голяма амплитуда. От множеството собствени честоти за практиката смисъл имат само тези, които могат да доведат до резонанс, т.е. онези, които биха съвпаднали с честотата на евентуалната смущаваща периодична сила, породена в процеса на рязане. Доколкото е известно за сега аналитично е възможно да се определи единствено честотата на смущаващата сила, възникваща при последователното връзване на режещите ръбове на фрезови инструмент. С оглед възможните режими на рязане, размери и брой зъби на режещите инструменти има смисъл да се вземат предвид честотите до 1000Hz.

За аналогичните физически образци на гредите е направен експеримент за установяване на техните собствени честоти с помощта на опитната уредба, описана в (Николов 2018). Кухата гредка (изследваният обект) има зададена ориентация в пространството чрез три отнети степени на свобода, като е базирана (контактува с опорите) на планки в двата си края. Срещу зоните на базиране на гредата е приложено закрепване към масата на обработващ център. Повторяемостта на внасяната импулсна смущаваща сила се постига с помощта на стоманено конусообразно (физическо) махало, предварително издигнато на определен ъгъл α . С помощта на акселерометър се получават данни за ускорението в определени точки по гредата. Със съответния софтуер за регистриране и обработване на данните се получава информация за действителните собствени честоти и форми на гредата.

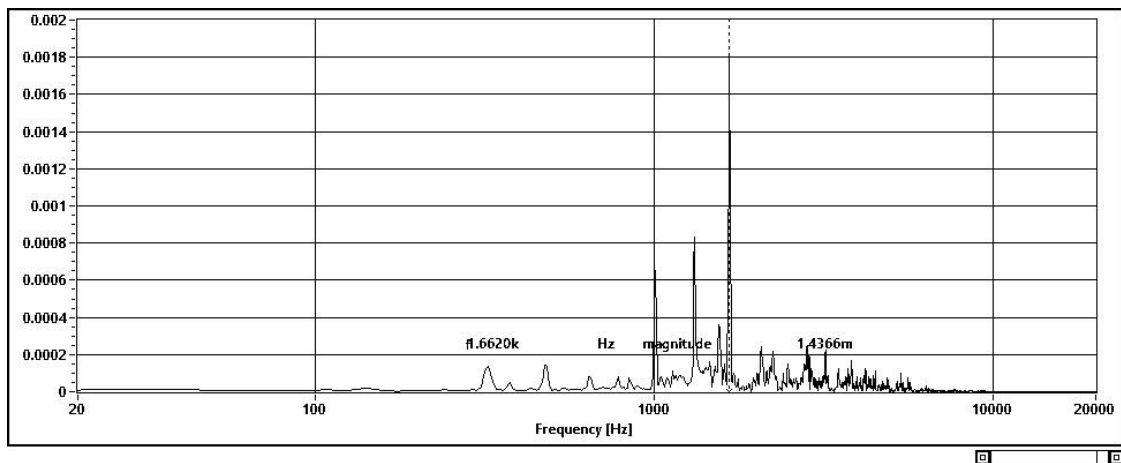
На фиг. 3 се вижда спектрограмата (честоти и амплитуди), получена при класическо установяване на гредата върху две опори.

На фиг. 4 спектрограмата е получена при добавяне на допълнителна опора в средата на гредата и закрепване срещу опората.

Сравняването на двете графики показва, че с допълнителното закрепване е постигнато значително (за някои над 50-кратно) намаляване на амплитудите на трептенията с честоти до 1000Hz.



Фиг.3 Спектрограма при класичко установяване



Фиг. 4 Спектрограма при една допълнителна опора и закрепване

ИЗВОДИ

С помощта на модален анализ в среда на SolidWorks е възможно определянето на собствените честоти на обработвания детайл, като елемент на технологичната система.

Теоретично обосноваият избор на място на допълнителната опора и закрепване осигурява многократно намаляване на амплитудите на избраните честоти.

REFERENCES

Bozduganova, V., M. Todorov. (1993) Numerical study of longitudinal impact of an elastic rod using the finite element method., Scientific Laboratories of the Higher School of Higher Education in Bulgaria, T.27, Higher Military General School in V. Tarnovo - Tarnovo, 1993, pp. 34-39

Dimitrov D., I. Georgiev. (2015) Development of the concept of a metal-cutting machine for processing of thin-walled large-size details, Scientific Conference - RU&SU'15 Balgariya, Ruse, 171-174 (**Оригинално заглавие:** Димитров Д., И. Георгиев. (2015) *Разработване на концепция на металоуреждаща машина за обработване на тънкостенни едрогабаритни детайли*, Научна конференция - РУ&СУ'15, 2015, 171-174)

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., (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&SU'13, Balaria, 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. (2016) *Analysis of coordnate measurements with 3D touch probe of machining centers*, International Journal-Institute of Knowledge Management, N13.1, 321-326, ISSN 1857-92.

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., Karachorova V., Nenov G., (2017) *Research the possibilities of the method for determining the Tolerances in geometric precision of machining center*, International journal for science, technics and innovations for the industry, 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 science, technics and innovations for the industry, 2017, брой 4, стр. 174-177, ISSN WEB 1314-507X

Dimitrov D., V.Karachorova, V.Mihov, T.Szecsi. (2017) Investigating the possibilities of compensating systematic errors of three-coordinate touch probes using contact signal.// Elsevier, Procedia Manufacturing, 2017, No Volume 13, pp. 450-457, ISSN: 2351-9789.

Gueorguiev Tz., N. Dimitrova. The Latest Trends in the Standardization of Automotive Quality Management Systems. International Journal 'Knowledge, 2017, No 16.1, pp. 443-449, ISSN 1857-923X.

Ivanov K., Tonkovski B., (2018) Energy consumption and energy efficiency of machine tools – an overview. IN: 57 научна конференция на Русенски университет „Ангел Кънчев“ и Съюз на учените – Русе, 2018, стр. 78-82, FRI-1.417-1-MEMBT-13, ISSN 2603-4123

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", Ruse, 2018 pp. 45-50, FRI-1.417-1-MEMBT-07, ISSN 2603-4123

Mihov V., Experimental research facility for preliminary research of measurement method with 3D touch probe by touch signal, Ruse, 2018, p. 61-65 FRI-1.417-1-MEMBT-10, ISSN 2603-4123

Mihov V., St. Dermenji, T. Georg., B. B., 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., Investigation of the accuracy characteristics of contact three-dimensional measuring heads, SSS of RU'17, Ruse, 2017, pp. 13-19, ISSN 1311-3321

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

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

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

Petrov Ml., *Application of the Taguchi–Methodology for Data Analysis from Marketing Survey*, 57th Science Conference of Ruse University - SSS, Bulgaria, 2018, Ruse, p. 78-82, FRI-1.417-1-MEMBT-13, ISSN 2603-4123

Sakakushev B., M. Kokalarov, S. Parvanov. Perspectives for the application of the photogrammetric method for large-scale details and structures. IN: 28 th International scientific symposium September 10-14 Metrology and Metrology Assurance 2018, Sozopol, Bulgaria, Publishing house of the Technical University of Sofia, Prepress Softtrade, 2018, pp. 160 - 163, ISBN ISSN 1313 - 9126

Stoyanov Sv., St. Stoyanov. *Experimental oscillating system*. C: Scientific Works of the University Angel Kunchev, Rousse, 2011, ISBN 1311-3321

Stoyanov, S. *Sensors mass influence on the natural frequency of a cantilever beam*.// JOURNAL OF THE TECHNICAL UNIVERSITY - SOFIA, PLOVDIV BRANCH, BULGARIA, "Fundamental Sciences and Applications", 2017, No 23, pp. 147-150, ISSN 1310-8271.

Stoyanov, S. *Vibration isolation experimental setup*. Part II: Theoretical investigation. IN: Scientific papers of the University of Ruse, Ruse, 2014, pp. 33-37 ISSN 1311-3321

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

Tonev, D.H., Sotirov, B. S., Gueorguiev, Tz. K. Using the Possibilities of the Vibratory Surface Plastic Deformation Process as a Method for Machining Surfaces Which are Suitable for Bearing Fits.// Materials of the X international scientific-practical conference, 2013, No 10, pp. 49-56, ISSN 978-5-91891-349-9.

Velchev, D. *Application of the finite element method for calculating a non-bearing skeletal facade wall*. In: АМТЕН, Varna, 2003 (**Оригинално заглавие:** Велчев, Д., 2003) *Приложение на метода на крайните елементи за изчисляване на неносеща скелетна фасадна стена*. В: АМТЕХ, Варна, 2003

Dynamich vibration technology <http://www.vibrationmountsindia.com/CNC-vibration-isolation.html>

VERTICAL MC HAAS <http://www.haascnc.com/DOCLIB/brochures/PDF/VMC.pdf?0629>

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