



КЛАСИФИКАЦИЯ НА ФАКТОРИТЕ, ВЛИЯЕЩИ НА КАЧЕСТВОТО НА ПОВЪРХНИНТЕ НА ОПТИЧНИ ДЕТАЙЛИ, ОБРАБОТЕНИ ЧРЕЗ ДИАМАНТЕНО СТРУГОВАНЕ

И. Шопов, К. Георгиев, П. Кацарова

Резюме: В настоящата статия е направен анализ на процеса на диамантено струговане с цел да се определят и подредят факторите, влияещи върху качествените показатели. Оценено е влиянието върху процеса на всеки от тях. Определена е голяма съвкупност от влияещи фактори, която затруднява правилният подбор при провеждане на изследвания. С цел да се улесни избора на фактори, които да бъдат променяни в хода на експеримента е представена класификация на факторите, влияещи на качеството на повърхнините на оптични детайли, обработени чрез диамантено струговане.

Ключови думи: класификация, фактори, анализ, изследване, диамантено струговане.

1. Въведение

Диамантеното струговане с монокристал на диамант (SPDT) е една от най-важните и успешни технологии в областта на прецизното инженерство през последните няколко десетилетия. Това е така защото SPDT интегрира голям брой от най-съвременните технологии за прецизно инженерство, като дизайн на ултрапрецизни машинни инструменти, висока скорост на обработка и ултрапрецизен въздушен шпиндел, висока здравина и ултра прецизни хидростатични плъзгачи, многоосно серво компютърно програмно управление (CNC), монокристален диамантен режещ инструмент, прецизна метрология. Чисто информативно SPDT технологията вече е приложена в широк спектър от области на наука и технологии: за отбрана, енергетика, потребителски продукти [1]. Най-ранните сведения за диамантено струговане започват още в началото на 20 век, а по-късно и във Втората световна война от Frank Cook от Cook Optical и няколко други компании [2; 3; 4]. Най-важните години в развитието на диамантеното струговане са 60-те години на миналия век с нарастващите изисквания за части с висока точност, използвани в енергетиката, компютрите, електрониката и отбраната [3; 5; 6]. Основната работа по развитието е извършена от Y-12 (Union Carbide Nuclear Division, Oak Ridge, Тенеси) и от Националната лаборатория "Лорънс Ливърмор" (Lawrence Livermore National Laboratory, L.L.N.L. (Л.Л.Н.Л.)) и тези изследвания стават основата на ултрапрецизната технология на диамантеното струговане с монокристален диамант. От 60-те до 70-те, ултрапрецизната технология на диамантеното струговане е разработвана най-вече в националните лаборатории и няколко компании, а продуктите са използвани за напредъка на науки и технологии, като оптичните компоненти за космически телескопи на НАСА [7].

През 80-те години на миналия век, когато диамантеното струговане е било достъпно за комерсиални цели и все повече и по-сложни технологии са използвани за този процес, SPDT започва да се внедрява все по-често за индустриални и търговски цели. Въпреки, че теоретичният дизайн на това устройство се появява за пръв път през 1976 г. [9], първият доклад за реализацията му е през 1983 г. от Douglass [10], а по-късно устройството е реализирано от Patterson [11]. В тази епоха добре познатите продукти, произведени от SPDT, включват диск за компютърна памет (твърд диск), частите за скенера във фото копирните машини, както и много други сложни компоненти.



Фиг. 1 Свръхпрецизна специална стругова машина с ЦПУ СС013 за диамантно струговане на алуминиеви дискове за магнитни памети - България[8]



Фиг.2 - Машини за диамантено струговане [12]
А) – Nanoform 700 ultra; Б) – Nanotech 350 UPL

В последните 20 години технологията на SPDT се развива ускорено. Технологията SPDT бе бързо приета както в индустрията, така и в академичните среди. SPDT е скъп процес, който в началото на появата си е подходящ за производство на единични или малки количества. Когато се комбинира с масов производствен процес като шприцоване и формоване чрез компресия, SPDT става подходящ за висококачествени потребителски продукти с ниска цена и бързо се популяризира сред свързаните с тях индустрии. Понастоящем сложната многоосна контролна система осигурява на SPDT възможност за обработка на сложни форми, а не само на сферични и асферични повърхности, като и двете са осово симетрични. Въпреки бързото си развитие диамантеното струговане се влияе от множество фактори.

Факторите влияещи на процеса на диамантено струговане са разпределени в две групи: външни фактори и технологични фактори.

- Външни фактори - Към тази графа се отнасят: температура на въздуха, атмосферно налягане, температура на оператора, защита от вибрация, влажност и други. Поради високите изисквания за точност предявявани към оптичните детайли условията за оптимална обработка е необходимо външните фактори да бъдат поддържани в съответните



граници. В началото преди да започне работа, оператора е трябало да премине през специално стая за темперирание; предявявани са изисквания към сградите да са с антивибрационни основи и покрития; предварително темперирание на детайлите преди да започне механичната обработка; поддържане на определени температура, влага и налягане в помещението. С напредването на технологията темеперирането на детайлите, антивибрационните изисквания са интегрирани в машините, което съкращава времето за подготовка преди обработката на детайла. Голяма част от гореспоменатите външи фактори с напредването на технологията са сведени до незначителни стойности или се поддържат в предписаните граници и могат да се пренебрегват в хода на изследването.

- Технологични фактори - В графата технологични фактори попадат : дълбочина на рязане, подаване и скорост на рязане, охлаждане на режещ инструмент и детайл[13].
- Дълбочина на рязане – това е разстоянието между обработената и обработваната повърхнини, измерено нормално към обработената повърхнина. В зависимост от направлението на измерване дълбочината на рязане бива радиална и тангенциална[13].
- Скорост на рязане – това е моментната скорост на разглеждана точка от режещия ръб на инструмента в направлението на рязане. При въртеливо движение на рязане е резултатна от периферната скорост на обработвания детайл или инструмента и скоростта на подаването. Приема се, че скоростта на рязане е равна на периферната скорост, тъй като скоростта на подаването е много малка и се определя по пътя който изминава инструмента или заготовката за единица време при реализиране на движението на рязане[13].
- Подаване – това е пътя изминат от инструмента или заготовката за едно пълно завъртане или един ход на движението на рязане[13].

Съвкупността от данни е много голяма, неподредена. В този си вид тя затруднява набелязването на перспективна посока за изследвания. Решението на проблема е в създаването на класификация на факторите, влияещи върху качеството на повърхнината при диамантено струговане.

2. Методът на класифицирането. Формулиране на задачата за класифициране на факторите.

Класификация се нарича методът или процесът на организиране на обекти или концепции в категории [14]. Процесът се извършва съгласно свойствата на обектите / концепциите и някакъв метод (схема) на класификация. Крайният резултат, т.е. създаденото изображение на обекти в категории, също се нарича класификация. Когато се ползва термина класификация, най-често се има предвид таксономична класификация, в която категориите са подредени в йерархия, която може да се представи с (едно или повече) дървета[14].

- Таксономията е наука за класификация и номенклатура, включваща правилата, теорията, методите и приложението им. Под класификация се разбира подреждането на изследваните обекти по групи въз основата на определени признаци и критерии и обясняването на това подреждане. Всяка група, която е получена от приложението на определен метод, се нарича таксономична. Съществуват молекулна, йерархична, числена и други групи. Терминът често се използва като дял от биологията във връзка с класификацията на организмите, но почти всичко – одушевени и неодушевени предмети, места и събития – може да бъде класифицирано по някаква таксономична система[15].
- Йерархията е система от взаимни връзки и зависимости за ръководство (управление), и изпълнение (подчинение) на различни задачи, процеси, и функции. Йерархия съществува както в живата, така и в неживата природа. Йерархично организираните системи имат вертикална структура – едно или повече звена имат ръководни функции и се намират на по-висок порядък (ранг) в системата, а друго или повече звена имат изпълнителски функции и се намират на



по-нисък порядък (ранг). Науката, която изследва взаимовръзките между процесите за ръководство и изпълнение се нарича кибернетика.[16]

От представените данни за диамантеното струговане и факторите влияещи на процеса, проличава необходимостта от създаването на класификация на факторите, влияещи върху качеството на повърхнините, обработени чрез диамантено струговане.

3. Представяне на класификация

С цел да се определят ключовите проблеми, съпътстващи процеса на диамантено струговане са изработени класификация и оценка на технологичните фактори според произхода и влиянието им върху качествените показатели и систематизация на знанията за този процес.

На фиг. 3 е показана класификация на технологичните фактори, влияещи върху качествените показатели при диамантено струговане, като всеки технологичен фактор е оценен според влиянието му върху тези показатели. Представената класификация е от йерархичен тип, като влияещите на процеса на диамантено струговане фактори са разпределени по различни групи в зависимост от произхода си: машинни, от приспособленията, инструментални, от типа на детайла и външни фактори. Разпределението на технологичните фактори според тяхното влияние върху качествените показатели е направен на база на: изследвания от други учени, препоръчителните режими на рязане според вида на детайла и на база на опита на екипа на „Оптикс АД, гр. Панагюрище”. Като се има пред вид гореизложеното, факторите са подредени още по следния начин: от този с най-високо влияние към този с незначително влияние.

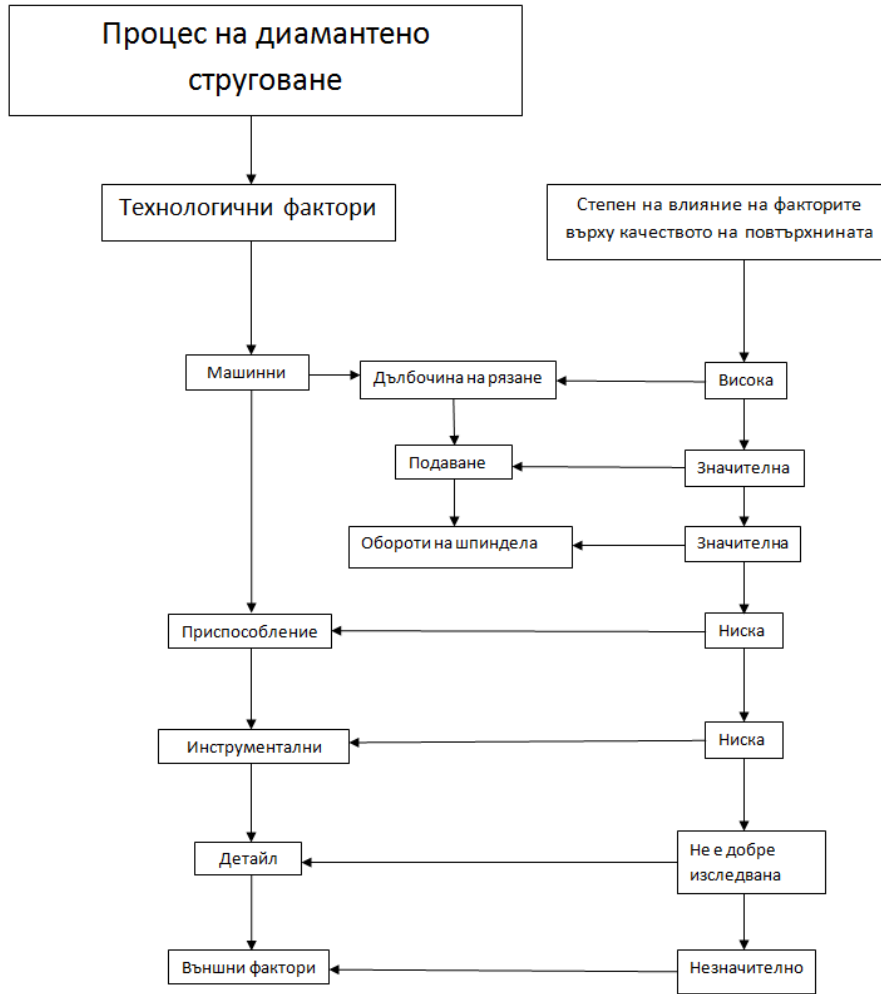
Според направените проучвания технологичните фактори с най-голямо влияние върху качествените показатели са машинните фактори. Към тях спадат: дълбочина на рязане(mm), подаване(mm/min) и обороти на вретеното (rev/min). Групата на машинните фактори се състои от три фактора, като всеки от тях има различно по значение влияние върху качеството на обработваната повърхнина. От машинните фактори, този с най – голямо значение за качествените показатели е дълбочината на рязане (mm), следващият фактор според влиянието му върху качествените показатели е подаването(mm/min). Факторът с най – малко влияние върху качеството на повърхнината е обороти на вретеното (rev/min).

Втората група фактори влияещи върху качествени показатели е групата на приспособленията. В тази категория влизат всички приспособления за базиране и закрепване (блокиране) на заготовката към шпиндела на машината. Приспособленията за блокиране са прецизно изработени и тяхното влияние върху качествените показатели е слабо.

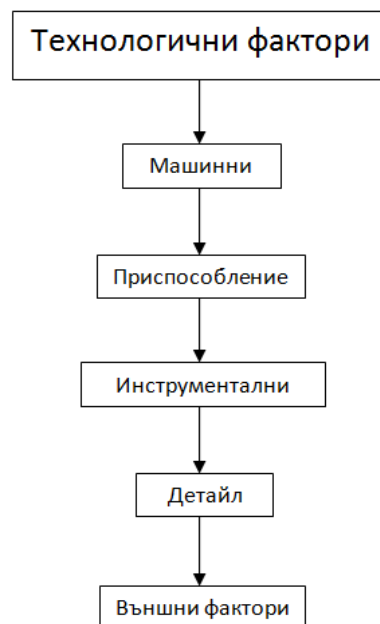
Инструментални фактори – към тази група спадат диамантените обработващи инструменти, които се подбират според типа заготовка и геометричните особености на обработвания детайл. Диамантеното струговане е процес, който позволява всички преходи (грубо струговане, чисто струговане и довършителна обработка) да се извършват с един и същи инструмент, поради тази причина влиянието им е оценено като „слабо”.

Детайл – в представената класификация тази група фактори е оценена като: „не добре изследвана”. За да се оцени адекватно влиянието на кристалната решетка на обработвания детайл върху качествените показатели е необходимо да се изследва съответната кристална решетка и влиянието и върху завършената повърхнина.

Външни фактори – към тази група фактори спадат: атмосферно налягане, температура на околната среда, температура на оператора, температура в работната зона, предварително темперирание на заготовка и режещ инструмент, антивибрационни покрития и други. Развитието на технологиите в последното десетилетие свежда влиянието на тези фактори до незначително.



Фиг. 3 Класификация на технологичните фактори според влиянието им върху качествените показатели при диамантено струговане



Фиг.4 Йерархично разпределение на технологичните фактори, според степента на влияние върху качествените показатели



4. Изводи:

- Анализирани са факторите влияещи върху процеса на диамантено струговане.
- Представена е теория за извършване на класификация и е поставена задача за изпълнение.
- Изработена е класификация на факторите влияещи върху диамантеното струговане на оптични детайли, която подрежда и изяснява факторите и степента им на влияние.
- Представената класификация спомага за правилния подбор на фактори, които да бъдат променени в процес на изследвания с цел достигане на оптимални резултати.

Литература:

1. Lei Li, M.S. Graduate Program in Industrial and Systems Engineering, The Ohio State University, 2009, Investigation of the Optical Effects of Single Point Diamond Machined Surfaces and the Applications of Micro Machining
2. Application of precision diamond machining to the manufacture of micro-photonics components. Davies, M. A., et al. 2003, Proc. of SPIE 5183: Lithographic and Micromachining Techniques for Optical Component Fabrication II, pp. 94-108.
3. Machining of optics: an introduction. Saito, T. T. 8, 1975, Vol. 14, pp. 1773-1776.
4. Schaefer, J. P. Fundamentals of Single Point Diamond Turning. 2005. ASPE annual conference tutorial
5. Development of ultra-precision machining technology. Chiu, W.M. and Lee, W.B. 1997. Fifth International Conference on FACTORY 2000. pp. 486-490
6. Ultraprecision metal cutting - the past, the present and the future. Ikawa, N., et al. 1991, Annals of the CIRP, Vol. 40, pp. 587-594
7. L.L.N.L. The Large Optics Diamond Turning Machine. s.l. : Lawrence Livermore National Laboratory, 1983. 193195
8. <http://www.ugrinov.com/BGrazvitie/razvitie2.pdf>
9. Theoretical Tool Movement Required to Diamond Turn an Off-Axis Paraboloid on axis. Thompson, D. C. 1976. Advances in the Precision Machining of Optics, Proceedings of the SPIE. Vol. 93, pp. 23-29
10. Douglass, S. A machining system for turning nonaxis-symmetric surfaces. PhD dissertation. s.l., Knoxville : the University of Tennessee, 1983
11. Design and testing of a fast tool servo for diamond turning. Patterson, S. R. and Magrab, E. B. 1985, Precision Engineering, Vol. 7, pp. 123-126
12. XQ Zhang and KS Woon, Singapore Institute of Manufacturing Technology, Singapore M Rahman, National University of Singapore, Singapore, Diamond Turning
13. Т. Кузманов; Хр. Метев; Технология на машиностроенето; Основи на машиностроителните технологии, част 1
14. <https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F>
15. <https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%8F>
16. <https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%99%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%8F>



**CLASSIFICATION OF FACTORS INFLUENCING THE QUALITY OF SURFACE
OPTICAL PARTS PROCESSED BY DIAMOND TURNING**

I. Shopov, K. Georgiev, P. Katsarova

***Abstract:** This article analyzes the diamond turning process in order to determine and rank the factors influencing the quality indicators. The impact on the process of each of them is assessed. A large set of influencing factors has been identified, making it difficult to make the right choice when conducting research. In order to facilitate the selection of factors to be changed in the course of the experiment, a classification of the factors influencing the quality of the surfaces of optical parts machined by diamond turning is presented*

Данни за авторите:

Климент Крумов Георгиев, маг. инж., докторант към катедра „Машиностроене и уредостроене” при ТУ – София, филиал Пловдив, Р. България, Пловдив, ул. "Цанко Дюстабанов" 25, тел.: 0888 53 57 47, e – mail: klimment_plovdiv@abv.bg

Иван Николов Шопов, доцент доктор инж., катедра „Машиностроене и уредостроене” при ТУ – София, филиал Пловдив, Р. България, Пловдив, ул. "Цанко Дюстабанов" 25, тел.: (+359 32)659659 , e – mail: ivan_chorov@abv.bg

Павлина Цанова Кацарова, доцент доктор инж., катедра „Машиностроене и уредостроене” при ТУ – София, филиал Пловдив, Р. България, Пловдив, ул. "Цанко Дюстабанов" 25, тел.: (+359 32) 659636 , e – mail: p_katsarova@abv.bg