



ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЕЛЕМЕНТИТЕ НА СИСТЕМАТА МАШИНА – ПРИСПОСОБЛЕНИЕ – ИНСТРУМЕНТ – ДЕТАЙЛ ПРИ ДИАМАНТЕНО СТРУГОВАНЕ НА ОПТИЧНИ ДЕТАЙЛИ

К. Георгиев, И. Шопов, П. Кацарова

***Резюме:** Използването на диамантеното струговане за обработката на оптични детайли със сложна геометрия е все по - често срещан и все още развиващ се метод за генериране на сложни повърхнини. В настоящият доклад са разгледани отделните елементи на системата машина – приспособление – инструмент – детайл при тази обработка. Анализирани са конструкциите на отделните елементи за да се установи откъде могат да възникнат евентуални грешки и неточности при обработката на оптични детайли. Целта на тази процедура е да се насочи вниманието към проблемните елементи на системата, за да се подобри качеството на повърхнините на обработените детайли.*

Ключови думи: Диамантено струговане, оптични детайли, параметри, точност.

1. Въведение

Развитието на технологиите в световен мащаб се отразява и на оптичното производство. След допускането на технологията за диамантено струговане на свободния пазар, технологичния подем и изискванията за по-високо качество на изделията се отразяват и на този процес. Диамантеното струговане навлиза все повече и повече при обработката на оптични детайли, като дава възможност да се обработват оптични детайли с асферични повърхнини, както и повърхнини със сложни геометрични елементи (дифрактивни повърхнини). Използването на монокристален диамантен инструмент със сравнително малки размери на режещия ръб в порядъка от 0,02 до 0,5 mm, точността на машините за диамантено струговане, възможността да се обработват различни типове материали (стомани, оптични кристали, композитни материали и някои типове оптични стъкла), осигуряват голяма точност на завършената повърхнина.

Диамантеното струговане е все още развиващ се процес и представлява интерес да бъде изучаван неговият механизъм на работа с цел да се постигнат още по - високи стойности на качествените показатели на повърхнините. Към системата за диамантено струговане спадат: прецизен струг, приспособление за захващане на детайла, инструмент – монокристален диамантен нож или композитен инструмент за шлифоване и детайл за обработка – оптичен елемент от кристал, оптично стъкло или полимерен материал. Необходимо е да се направи подробен анализ на елементите на системата, с цел да се определят възможностите за влияние върху качеството на повърхнината.

В настоящият доклад са разгледани подробно елементите на системата и техните параметри. Определени са онези елементи, чрез които може да се въздейства върху качеството на повърхнините на оптичните детайли получени чрез диамантено струговане.

2. Анализ на елементи на системата машина – приспособление – инструмент – обработван детайл

- **Машина** – Четири – пет осни прецизни стругове с цифрово програмно управление(CNC) използващи монокристален синтетичен диамант като режещ инструмент. В някои случаи диамантеният нож може да бъде заменен с

композилен инструмент за шлифване, което променя процеса от струговане на шлифване. На фиг.1 е показана машина за диамантено струговане.



Фиг.1 - Машина за диамантено струговане [1]

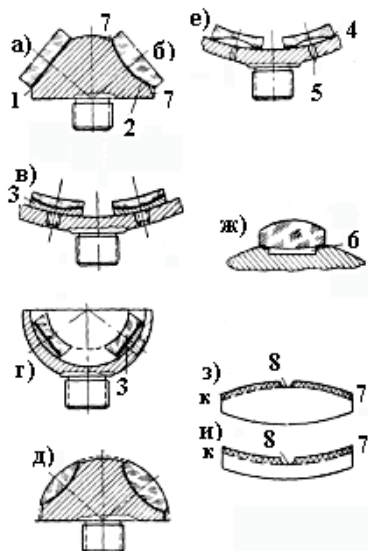
В таблица 1 са сравнени няколко машини от един и същи клас. Машините за диамантено струговане от ново поколение са оборудвани със системи за намаляването на вибрациите и имат възможност за temperиране на детайла и инструмента. С цел елиминирането на вредното въздействие на външните фактори като: температура на околната среда, атмосферно налягане, влажност на въздуха и други, в документацията на машините са предписани препоръчителните им стойности.

Таблица 1. Характеристиките на машините за диамантено струговане

Тип	Характеристики	
	Машини	
	Nanotech 250 UPL v2 [2]	Nanoform X [3]
Брой оси	2 - 4	2 - 4
Размер на обработван детайл	До 300mm диаметър До 150mm дължина	До 250mm диаметър До 100mm дължина
Пределна точност на машината	Грапавост на повърхнината – 2nm Точност на формата(P-V) ≤ 0.1µm	Грапавост на повърхнината – 1nm Точност на формата(P-V) ≤ 0.1µm
Резолуция при програмиране	0.01nm линейно 0.0000001° ротационно	0.01nm линейно 0.0000001° ротационно
Обороти на шпиндела	До 10000rpm	До 10000rpm

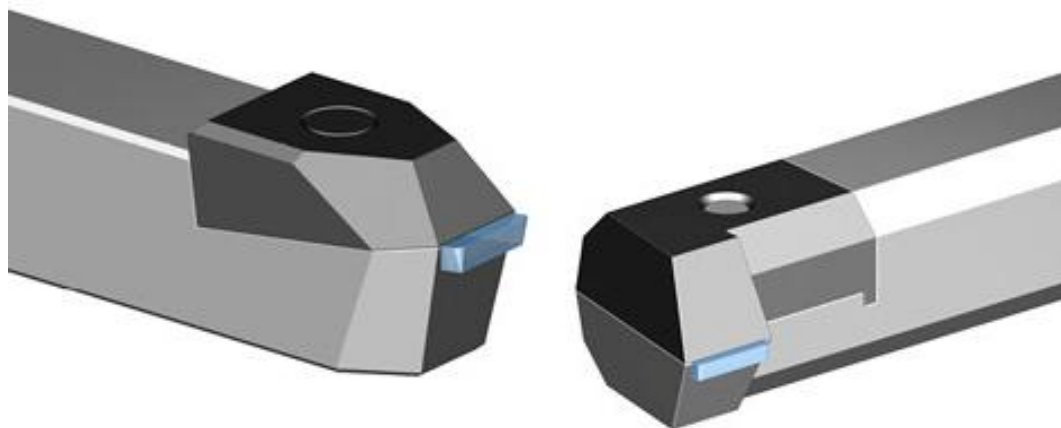
Според показаните в таблица 1 характеристики, машините от този клас са близки по възможности и осигуряват достатъчна точност от гледна точка на грапавост и отклонение от номиналния профил на детайла.

- **Приспособление** – Под приспособление се разбира устройството чрез което обработваният детайл се прикрепва към машината. Закрепването на детайлите към машината в оптичното производство се нарича блокиране. Блокирането може да бъде еластично и твърдо. При диамантеното струговане се използват няколко типа на блокиране според материала, които ще се обработва. Блокирането може да бъде чрез вакуум, еластично (чрез нанасяне на слой смола) и твърдо (чрез съответното приспособление). Тъй като чрез диамантено струговане се изработват асферични и асферични повърхнини с дифрактивни елементи, се налага да се изработват приспособленията според параметрите на детайла. При този тип обработка блокирането е от изключително важно значение, тъй като целта е да се постигнат повърхнини с голяма точност. Един от най – големите проблеми на диамантеното струговане е правилният подбор на типа блокиране. При блокирането чрез вакуум на сравнително тънки детайли може да се получат деформации по заготовката, които да дадат отражение и на завършената повърхнина. При еластичното блокиране трябва адхезивният елемент да се нанася много равномерно, с цел заготовката да се постави точно върху приспособлението и да се избегнат отклонения от формата и повърхнините и дебелината на детайла.



Фиг.2 Приспособления за блокиране на оптични детайли [4]

- **Инструмент** – В процеса на диамантено струговане се използва синтетичен монокристален диамантен инструмент. Радиуса на закръгление на режещия инструмент е от 0.02 до 0.5mm.



Фиг.3 - Инструмент за диамантено струговане [5]



Диамантения нож се състои от режещ елемент – диамантен кристал и държач. Диамантения кристал тежи 0,5 – 1,2 карата и се обработва чрез шлифование с цел да се придадат на кристала необходимите за последващата работа ъгли на неговата режеща част.

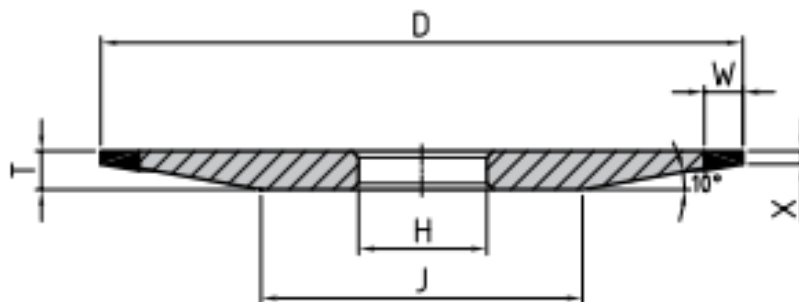
Диамантените ножове за фино струговане се използват за струговане на детайли от твърди материали и топлоустойчиви сплави: германий, силиций, алуминиеви сплави, цветни метали, бронзови заготовки, месингови повърхности, полупроводникови материали, а също керамични и други неметалически детайли и заготовки.

Скоростните режими при обработка с използване на диамантени ножове трябва включват скорост по-голяма от 100 m/min. Подаванията са малки (0,01 - 0,15 mm/об) а дълбочините на рязане са от (0,05 - 0,3 mm) при висока виброустойчивост на технологичната система. Височината на грапавините след диамантената обработка е много ниска, а точността на изпълнението е висока. Това са главните преимущества при използването на метода за диамантено струговане [6].



Фиг.4 Огледални повърхности с високо качество на метални детайли, получени след диамантено струговане [7]

При обработката на свръх твърди материали като волфрамов карбид е по – удачно да се използва приспособление и инструмент за шлифование, които са част от оборудването на машината за диамантено струговане. Инструментът за шлифование е изграден от диамантен прах и смола. Такъв тип състав на инструмента намалява износването на инструмента в сравнение с монокристалния диамантен инструмент. На фиг.5 е показана схема на инструмент за шлифование.



Фиг.5 - Схема на инструмент за шлифование

На схемата:

D – Диаметър на инструмента

T – Дебелина на инструмента

H – Отвор за присъединяване

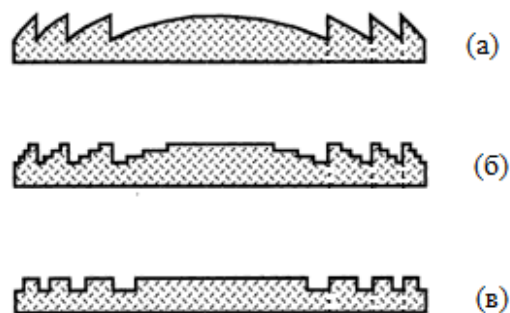
J – Диаметър преди скосяването на инструмента

W – Широчина на композитния слой

X – Дебелина на композитния слой

Правилният подбор на вида на геометрията и вида на инструмента са от изключителна важност за процеса на диамантено струговане, поради високата цена на инструмента и заготовката. Необходимото време за смяна и калибриране на машината и инструмента след смяната му е около четири часа.

- **Обработван детайл** - Поради високата цена за обработката, чрез процеса на диамантено струговане се обработват основно единични бройки или малки серии детайли. Прецизността на процеса дава възможност да се обработват детайли със сложна форма. Обработват се асферични повърхнини и асферични повърхнини с дифрактивни елементи, още наричани дифрактиви. На фиг. 6 са показани примери за видовете дифрактивни повърхнини [8].



Фиг. 6 - Дифрактивни оптични елементи:(а) с непрекъснат профил; (б) многостепенен профил; (в) бинарен профил;[8]

3. Изводи:

- 3.1 Подчертани са значението и перспективите за развитие на диамантеното струговане за производството на оптични детайли.
- 3.2 Направен е анализ на конструктивните изпълнения на отделните елементи на системата МПД при диамантено струговане.
- 3.3 Може да се направи извода, че в производствени условия най –силно въздействие върху системата МПД, респективно върху качеството на обработваните детайли може да се осъществи чрез подходящ избор и изпълнение на приспособленията, тъй като техните конструкции зависят от конкретния обработван детайл. На следващо място влияние оказва подходящия избор на инструменти и правилно подбрани режими на рязане. Сложността на детайлите и технологичността на конструкциите им също имат значение за качествен финал на диамантеното струговане.



Литература:

1. <http://www.nanotechsys.com/NanotechMachines350FG.html>
2. <http://www.nanotechsys.com/wp-content/uploads/2009/02/Nanotech-250UPLv2-Specifications-Rev-1014.pdf>
3. <https://www.precitech.com/product/smallframelathesoverview/nanofom-x>
4. <https://bit.ly/2G2ypHB>
5. http://www.diatec-pforzheim.de/monokristallin_EN.php
6. <https://tdchts.ru/catalog/tokarnyj-instrument/rezcy/almaznye-rezcy>
7. <https://bit.ly/2jNEgIb>
8. Herzig Hans Peter, Micro-Optics: Elements, Systems And Applications, April 26, 1997 by CRC Press.

CHARACTERISTICS OF THE SYSTEM: MACHINE – DEVICE - TOOLS - DETAIL IN DIAMOND TURNING OF OPTICAL COMPONENTS

K. Georgiev, I. Chopov, P. Katsarova

***Abstract:** The use of diamond turning for the processing of optical elements with complex geometry is an increasingly common and increasingly evolving method for generating complex surfaces. This report examines the individual elements of the machine - device - tool - detail system. The individual element designs are analyzed to determine where errors and inaccuracies may occur in the processing of optical details. The purpose of this procedure is to focus attention on the problem elements of the system in order to improve the surface quality of the processed parts.*

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_chopov@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