

## Kontrola tvaru optických asférických ploch 3D souřadnicovým měřidlem

*Bc. Ondřej Matoušek, Ing. Vít Lédl Ph.D*

### Abstrakt

Cílem práce je vytvoření postupů a softwarových prostředků, které umožní využít souřadnicový měřicí stroj Mitutoyo Legex 774 na kontrolu tvaru asférických ploch. Kontrola rozměrů probíhá mezi procesy broušení a jejím účelem je zajištění dostatečné přesnosti tvaru před finálním procesem leštění. Důvodem je velká časová náročnost dolešťování povrchu do požadovaného tvaru v případě výrazné rozměrové odchylky po procesu broušení.

### Úvod

Asférické plochy se v dnešní době hojně využívají v optice, protože oproti plochám sférickým nezpůsobují v takové míře nežádoucí jevy jako zkreslení, koma či astigmatismus. Jejich výrobou se zabývá centrum speciální optiky TOPTEC v Turnově. Vyrábí se postupným broušením polotovaru do tvaru popsaného rovnicí:

$$Z = \frac{C \cdot r^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)C^2 r^2}} + A_2 r^2 + A_4 r^4 + \dots + A_n r^n \quad (1)$$

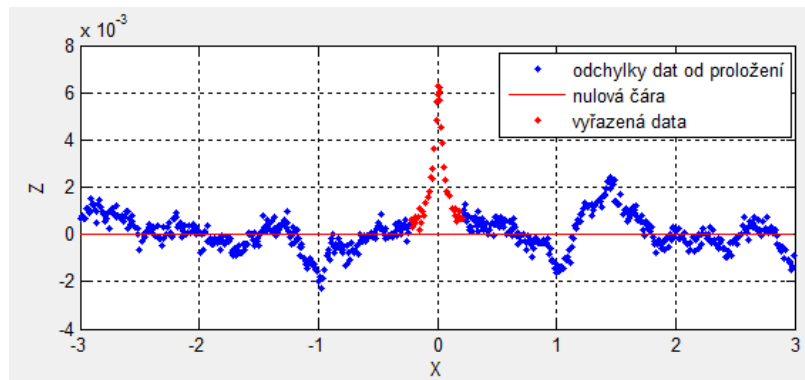
Finální úprava povrchu a odstranění tvarových nepřesností je prováděno leštěním. Proces leštění je však pomalý proces, a proto je požadováno, aby tvar asférické plochy po broušení byl co nejpřesnější. Vhodné tedy je tvar plochy před leštěním zkontrolovat a případné odchylky pomocí brousícího zařízení korigovat. Pro získávání dat byl zvolen souřadnicový měřicí stroj Mitutoyo Legex 774, kterým centrum disponuje. Jedná se o vysoce přesné zařízení, které však není uzpůsobeno pro kontrolu asférických ploch. Proto byl dán požadavek na vytvoření aplikace, která by umožnila využít ke kontrole jejich tvaru Mitutoyo Legex 774.

### Experiment a metody

Měření povrchu asférické plochy je prováděno pomocí souřadnicového měřicího stroje Mitutoyo Legex 774 osazeného měřicí hlavou Renishaw PH10MQ a snímacími nástavci Renishaw SP25M a SM25-2. Maximální chyba tohoto vybavení v režimu skenování, který jsme při měření používali, je 1,4 μm. Data jsou získávána v podobě řady bodů, získaných na linii jdoucí od jednoho okraje plochy přes její střed k druhému okraji. Před proložením je možné data ořezat. Body prokládáme rovnicí 1, nebo také polynomem, Fourierova řadou, Gaussovou funkcí nebo sumou sinusoid. K prokládání jsou k dispozici tři metody: metoda nejmenších čtverců, metoda vážených nejmenších čtverců a metoda absolutních odchylek. Proložením získáme spojitý popis řezu a omezíme vliv šumu způsobeného náhodnými chybami. Protože asférické plochy jsou kolem středu rotačně symetrické, tak funkce získaná proložením řezu popisuje i tvar celé plochy. Získaná funkce je porovnávána s funkcí referenční, která je ve tvaru rovnice 1 a popisuje ideální tvar plochy. Získáme tak odchylky od požadovaného tvaru, které jsou zformátovány do podoby souboru s příponou mod, který je vstupním souborem pro brousící zařízení, jímž jsou odchylky korigovány.

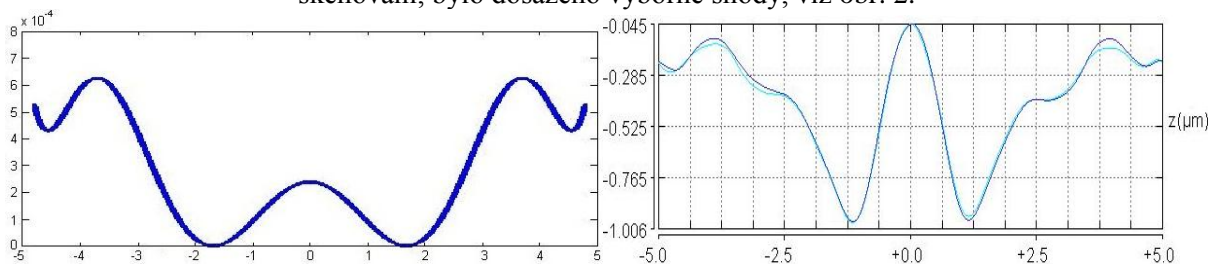
### Výsledky a diskuze

Výsledky prokládání dat jsou zobrazeny v textové formě, kde je vypsána použitá funkce, vypočtené hodnoty koeficientů a několik parametrů hodnotící kvalitu proložení. Ta je patrná také z grafického zobrazení, na kterém jsou zobrazena naměřená data a výsledná funkce, ale především odchylky jednotlivých bodů od získané funkce (viz obr. 1).



obr. 1 – Odchylky jednotlivých bodů od získané funkce reprezentované nulovou linií. Červeně jsou zobrazena data, která byla před prokládáním vyzhiznuta.

Porovnáním získané funkce s požadovaným tvarem daným referenční funkcí, získáme odchylky v uživateli požadovaném počtu bodů. Ty jsou, jak již bylo řečeno, zformátovány do podoby vhodné pro brousící zařízení, ale také jsou zobrazeny graficky. Aby byla potvrzena správnost celé metodiky, byly získané funkce i odchylky porovnány s výsledky získanými interferometrem LophoScan s maximální chybou měření 50nm. I při odchylkách menších než je deklarovaná přesnost v režimu skenování, bylo dosaženo výborné shody, viz obr. 2.



obr. 2 – Vlevo námi získané odchylky, vpravo odchylky od ideálního tvaru získané interferometrem LophoScan.

## Závěr

Hlavním přínosem je vytvořená aplikace, která zpracovává data naměřená souřadnicovým měřicím strojem Mitutoyo a tím rozšiřuje možnost jeho využití na kontrolu tvaru asférických ploch. Pomocí GUIDE toolboxu programu Matlab, bylo také vytvořeno grafické uživatelské rozhraní, které umožňuje snadné a rychlé zpracování dat. Také soubor odchylek od požadovaného tvaru je vytvořen automaticky a je okamžitě připraven k nahrání do brousícího zařízení, které je dle instrukcí koriguje. Díky možnosti využít Mitutoyo Legex 774 pro kontrolu tvaru asférických ploch mezi procesy broušení a uživatelské aplikaci došlo k velké úspoře času při jejich výrobě.

## Poděkování

Chtěl bych poděkovat zaměstnancům centra Toptec, kteří mi vycházeli se vším vstříc a především RNDr. Pavlu Pintrovi za pomoc při měření a testování aplikace.

## Reference

- [1] **HOŠEK, Jan.** Měření kvality asférických optických ploch. In: *Jemná mechanika a optika*. 51. vyd. Praha: Fyzikální ústav Akademie věd ČR, 2007, 33;43. ISBN 0447-6441ISSN 0447-6441.
- [2] **TICHÁ, Šárka.** *Strojírenská metrologie*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006, 86 s. ISBN 978-80-248-1209-0.
- [3] **REKTORYS, Karel.** *Variační metody v inženýrských problémech a v problémech matematické fyziky*. Vyd. 6., opr. české 2. Praha: Academia, 1999, 602 s. ISBN 80-200-0714-8