

# Kontrola tvaru optických asférických ploch 3D souřadnicovým měřidlem



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta mechatroniky, informatiky  
a mezioborových studií

Bc. Ondřej Matoušek  
Ing. Vít Léděl, Ph.D.  
FM, ústav MTI

## ABSTRAKT

The main goal of the diploma thesis is to create procedures and software tools, which allow the usage of a coordination measure machine Mitutoyo Legex 774 for checking a shape of aspherical surfaces. A dimension check takes place between grinding processes and its purpose is to ensure a sufficient accuracy of the shape before the final polishing process. The main reason is the big time demand for an additional surface polishing into required shape in case of a strong dimensional deviation after the grinding process.

## CÍL

Cílem diplomové 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.

## VSTUP DO PROBLEMATIKY

Asférické plochy se v dnešní době hojně využívají v optice, protože oproti plochým sférickým nezpůsobují v takové míře nežádoucí jevy jako zkresení, komači astigmatismus. Jejich výrobou se zabývá centrum speciální optiky TOPTEC v Turnově. 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 jsem vytvořil aplikaci, která umožňuje využít ke kontrole jejich tvaru Mitutoyo Legex 774.



Obrázek 1 - Souřadnicový měřicí stroj Mitutoyo Legex 774.

## METODIKA

Přehled hlavních funkcí aplikace:

- Načtení a zpracování dat – Data naměřená souřadnicovým strojem Mitutoyo Legex 774, jsou načítána ze souboru gws. Je možné načíst buď jeden soubor, nebo více souborů, které jsou poté zprůměrovány. Načtená data je možné ořezat.
- Proložení dat – Zpracovaná data jsou proložena rovnicí asférické plochy ve tvaru, jaký se používá při její výrobě:

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

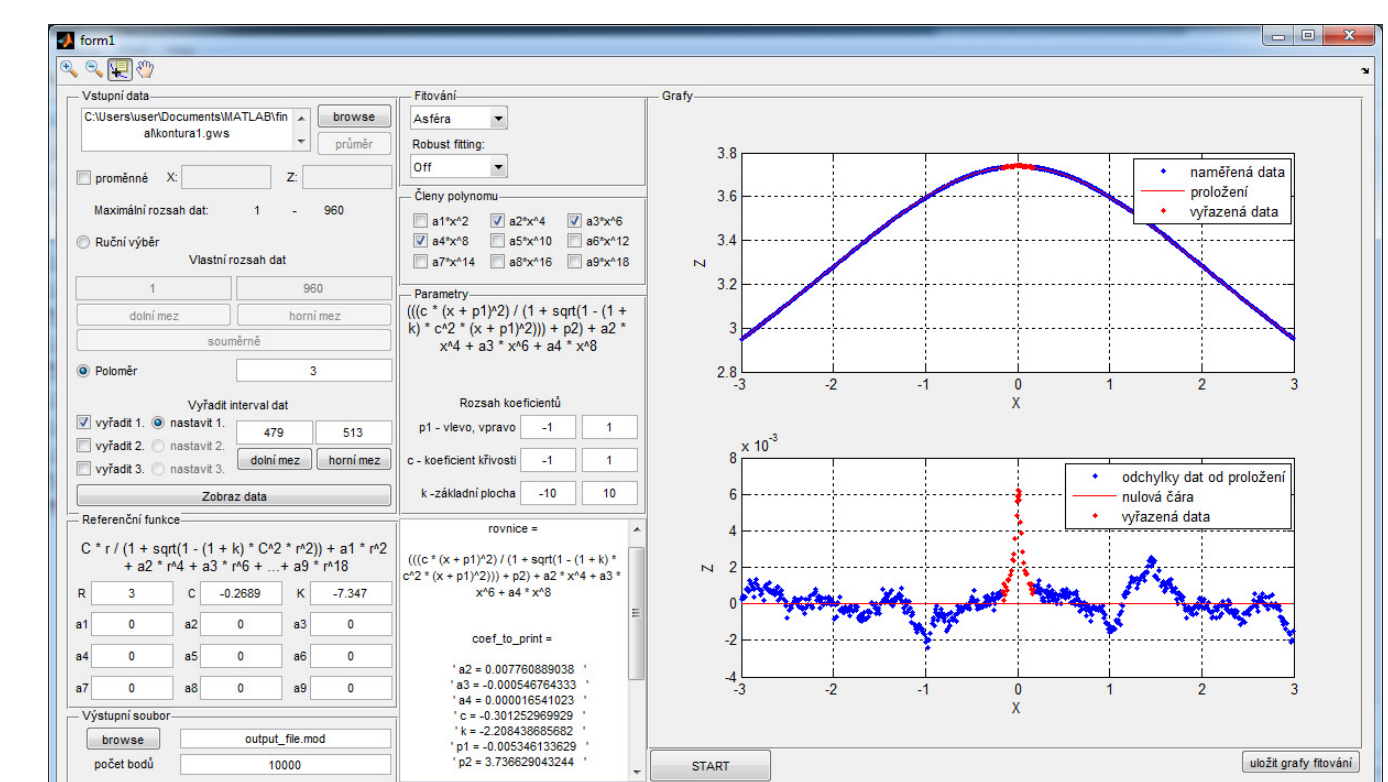
C – Křivost, což je převrácená hodnota R, tedy  $C=1/R$ , kde R je vzdálenost od vrcholu plochy (vrchol je v ose Z) do středu křivosti základní plochy vyjádřené v rovnici zlomkem. r – Radiální vzdálenost od osy symetrie (osy Z). k – Hodnota tohoto parametru modifikuje charakter základní plochy vyjádřené v rovnici zlomkem.  $A_4, \dots, A_n$  – koeficienty polynomu.

Nebo jsou data proložena jednou z předdefinovaných funkcí kterými jsou polynom, Fourierova řada, Gaussova funkce nebo suma sinusoid. Mohou být také proložena funkcí, kterou uživatel sám napíše. K prokládání je možné využít metodu nejmenších čtverců, metodu vážených nejmenších čtverců, nebo metodu nejmenších absolutních odchylek.

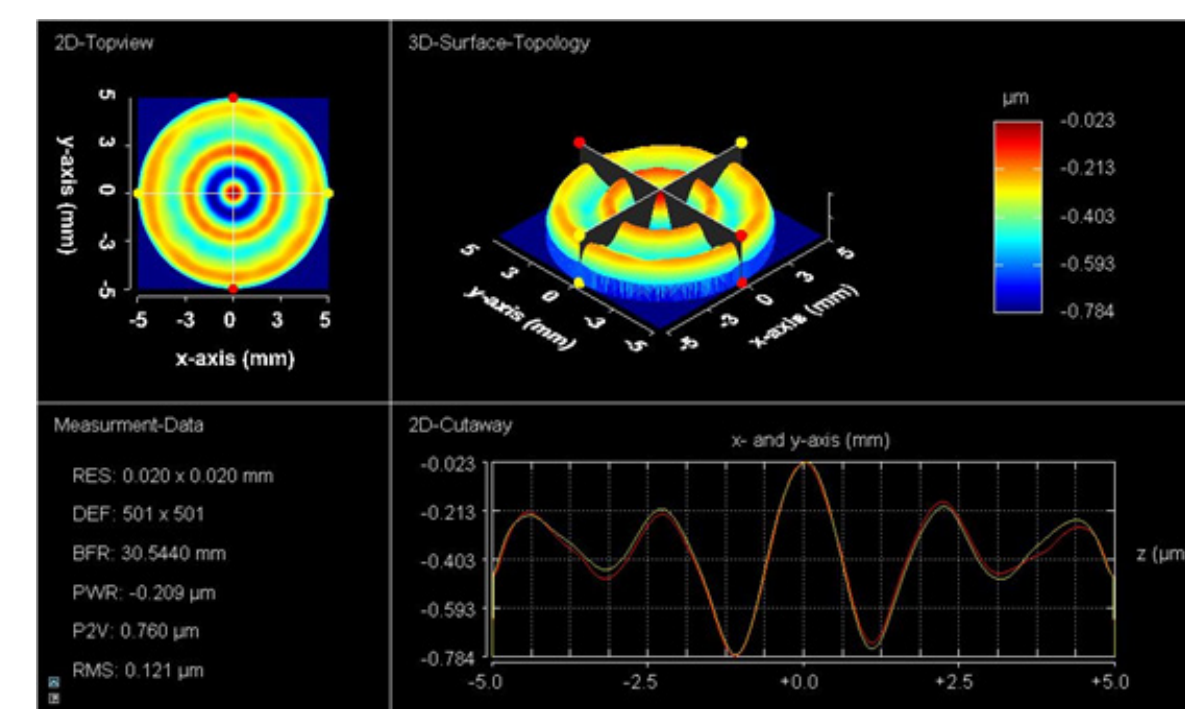
- Odchylky od referenční funkce – Funkce získaná proložení dat je porovnána s referenční funkcí, která popisuje požadovaný tvar plochy. Porovnání je provedeno v pravidelných intervalech na uživateli definované množině bodů.
- Soubor odchylek – Množina odchylek, společně s referenční funkcí, je v příslušném formátu uložena do souboru s příponou mod. Formátování je přizpůsobeno požadavkům výrobního zařízení, které následně koriguje odchylky.

## VÝSLEDKY

Výsledkem práce je aplikace, která sdružuje všechny funkce potřebné k porovnání naměřených dat s požadovaným tvarem daným zadáním a vytvoření vstupního souboru pro výrobní zařízení, které odchylky od zadání zkoriguje. Díky grafickému rozhraní (Obrázek 2) není nutné pracovat v příkazové řádce programu Matlab, což přináší výrazné zvýšení uživatelské přívětivosti.



Obrázek 2 - Výsledná aplikace



Obrázek 3 - Výsledky porovnání z multi-vlnového interferometru LuphoScan.

K prokázání správné funkčnosti aplikace i celé metody, byly získané výsledky měření porovnány s výsledky z multi-vlnového interferometru LuphoScan. Maximální odchylka při měření asférických ploch měla hodnotu 1,1 μm. V praxi je požadováno odhalit nepřesnosti ve tvaru plochy po broušení o velikosti alespoň 5 μm, proto je verifikací určena nepřesnost zanedbatelná.

## ZÁVĚRY, DISKUSE

### Závěry:

- Hlavním přínosem aplikace je výrazné zkrácení času kontroly tvaru plochy. Té bylo docíleno především zautomatizováním procesů načítání dat, prokládání dat a procesu vytvoření vstupního souboru pro výrobní zařízení.
- Verifikace ukázala maximální odchylku našeho výsledku od výsledků získaných interferometrem do 1,1 μm, což je hodnota, která prokazuje výbornou funkci aplikace i správnost celého konceptu.

### Diskuse:

- Oproti metodám optickým, přináší kontaktní metoda měření možnost kontroly tvaru asférické plochy již po procesu broušení, kdy je povrch ještě matný.

## REFERENCE

- HOŠEK, Jan. Měření kvality asférických optických ploch. In: Jemná mechanika a optika. 51. vyd. Praha: Fyzikální ústav Akademie věd ČR, 2007, 33;43. ISBN 0447-6441/ISSN 0447-6441.
- TICHÁ, Šárka. Strojírenská metrologie. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006, 86 s. ISBN 978-80-248-1209-0.
- 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

## KONTAKT



Bc. Ondřej Matoušek  
E-mail: [ondrej.matousek@gmail.com](mailto:ondrej.matousek@gmail.com)