

## Possibilities of Enhancement of Cutting Surface Quality at Virtual Environment of CAM System

### Možnosti ovplyvnenia kvality obrábanej plochy vo virtuálnom prostredí CAM systému

FABIAN, Michal<sup>1</sup>, SPIŠÁK, Emil<sup>2</sup>, DOVICA Miroslav<sup>3</sup>, DRAGANOVSKÁ, Dagmar<sup>4</sup> & ŠEMINSKÝ, Jaroslav<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Ing., ✉ CI Sjf TU v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice 🖨 michal.fabian@tuke.sk,  
🌐 <http://www.sjf.tuke.sk/ci/index.php>

<sup>2</sup> prof. Ing., CSc., ✉ KTaM, Sjf TU v Košiciach, Mäsiarska 74, 040 01 Košice,  
🖨 Emil.Spisak@tuke.sk

<sup>3</sup> doc. Ing., CSc., ✉ KPaBI Sjf TU v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice,  
🖨 miroslav.dovica@tuke.sk

<sup>4</sup> Ing., PhD., ✉ KTaM, Sjf TU v Košiciach, Mäsiarska 74, 040 01 Košice,  
🖨 dagmar.draganovska@tuke.sk

<sup>5</sup> doc. Ing., PhD., ✉ Sjf TU v Košiciach, Park Komenského 9, 042 00 Košice KAaR Sjf TU  
v Košiciach, 🖨 jaroslav.seminsky@tuke.sk

**Abstrakt:** *Súčasný vývoj výroby tvarových častí v automobilovom a spotrebnom priemysle kladie vysoké nároky na technológie výroby nástrojov, za pomoci ktorých sa tieto časti budú vyrábať. Mnohé z tvarov vložiek lisovacích nástrojov nie je možné vyrobiť klasickou cestou: model – kopírovacia frézovačka. Použitie CAD systémov v procese návrhu a následné využitie CAM modulov generujúcich dáta pre výrobu na moderných numericky riadených 3-5 osích frézovacích centrách, nám umožňuje splniť požiadavky výrobcov a spotrebiteľov na kvalitu povrchu a tvaru finálneho výrobku.*

**KLúčové slová:** *automatizácia, FMS, CAD/CAM*

## 1 Vplyv obrábania na kvalitu povrchu a tvaru činných častí lisovacích nástrojov

Oceľový plech predstavuje aj v súčasnej výrobe progresívny materiál. Možno z neho vyrábať tvarovo zložitú, dostatočne tuhú súčiastku s nízkou hmotnosťou. Produkcia takýchto súčiastok sa robí prevažne ťahaním. Proces ťahania predstavuje premenu plochého polovýrobku (plechu) na duté, tvarovo symetrické alebo nesymetrické telesá. Proces ťahania prebieha v ťažnom nástroji. Jedným nástrojom je možné vyrobiť iba súčiastku konkrétneho tvaru a rozmerov. Veľmi podobné je to aj pri výrobkoch spotrebného priemyslu, ktoré vznikajú procesom vstrekovania plastov. U plastov tento proces prebieha vo forme na vstrekovanie plastov. Tvarová časť nástroja, kvalita jej povrchu má veľký vplyv na kvalitu tvaru a povrchu výrobku vzniknutého jedným alebo druhým z vyššie opísaných procesov. Zjednodušene povedané, presnosť a kvalita povrchu výrobku závisí od presnosti a kvality činnej časti nástroja, za pomoci ktorej sa výrobok vyrobí.

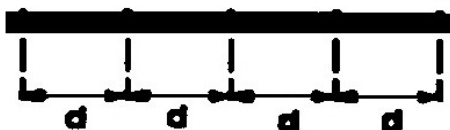
Pomocou CAD systémov vieme navrhnuť tvar činnej časti formy. Jednotlivé nastavenia parametrov CAM a vhodná voľba stratégií dráhy nástroja nám umožňujú vplyvať na kvalitu povrchu tvaru. Nemalou mierou na výslednej kvalite povrchu sa podieľa presnosť s akou kopírujeme požadovaný tvar povrchu, čo vieme ovplyvniť rôznymi charakteristikami nastavení presnosti v CAM module systému.

Kvalita povrchov strojárskych výrobkov je často diskutovanou otázkou, ktorá súvisí jednak s ich funkčnými vlastnosťami, ako aj s dosahovanou presnosťou rozmerov. Neustále zvyšovanie požiadaviek na presnosť hotových dielcov zvyšuje kritériá na vlastnosti tvoreného povrchu. V ideálnom prípade možno povedať, že v procese tvorenia povrchu dochádza k prenosu profilu nástroja na obrábaný povrch. Z toho všetkého vyplýva skúmanie vplyvu presnosti kopírovania CAD modelu nástrojom na kvalitu povrchu obrobeneho tvaru.

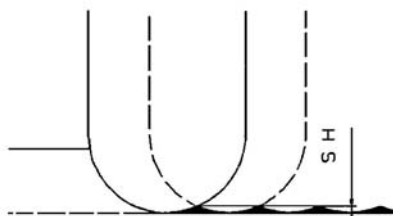
Kvalita nástrojov je dôležitá aj vo vzťahu k automatizácii v rámci automatizovaných výrobných systémov [KOŠTURIÁK, J. ai.2000, ZAJAC, J., ai. 1993.] a integrácie technickej prípravy výroby s výrobou samotnou [ŠEMINSKÝ, J. 2005, PETERKA, J. – JANÁČ, A.. 1996]

## 2 Vplyv presnosti kopírovania na počet riadkov programu, čas obrábania a kvalitu povrchu

Presnosť kopírovania plochy nástrojom má následný vplyv na počet riadkov programu a čas obrábania (obr.5 a obr.6). Túto presnosť je možné ovplyvniť veličinami, ktoré sa nastavujú v CAM module pri zadávaní charakteristík dráhy nástroja. *Ide o hodnotu vzdialenosti medzi dvoma nasledujúcimi dráhami nástroja.* Tento parameter sa zadá buď priamo *hodnotou maximálnej vzdialenosti dvoch nasledujúcich dráh (MD-Maximum Distance-obr.1)* alebo sa zadáva *maximálna výška vrúbkovania, ktorá môže zostať medzi dvoma nasledujúcimi dráhami nástroja (MSH-Maximum Scallop Height-obr.2).* Na základe zadania jedného alebo druhého parametra program prepočíta vzdialenosť dvoch po sebe nasledujúcich dráh [FABIAN, M. 2004].

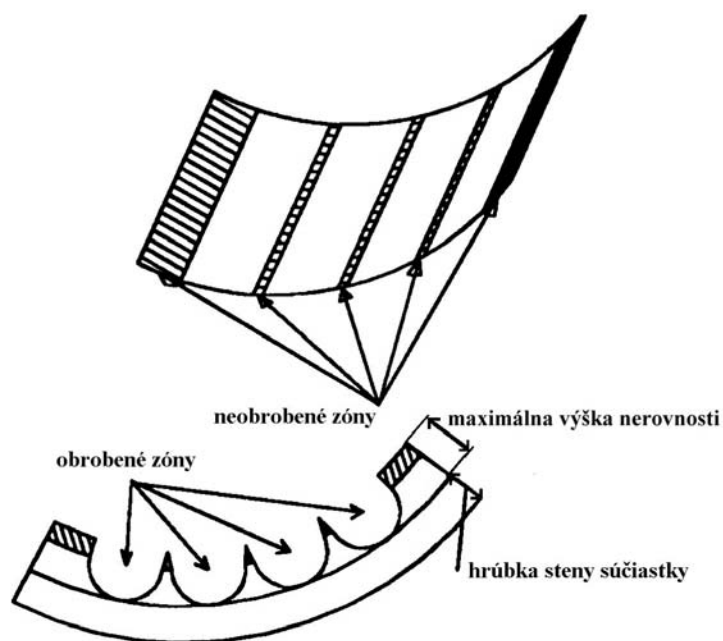


Obr. 1 d-maximálna vzdialenosť (MD-Maximum Distance) dvoch po sebe nasledujúcich dráh nástroja



Obr. 2 SH (Scallop Height) – výška vrúbkovania závislá od vzdialenosti dvoch po sebe nasledujúcich dráh nástroja

Tieto nastavenia majú vplyv na obrobene a neobrobene zóny povrchu (obr. 3).



Obr. 3 Obrobené a neobrobené zóny povrchu

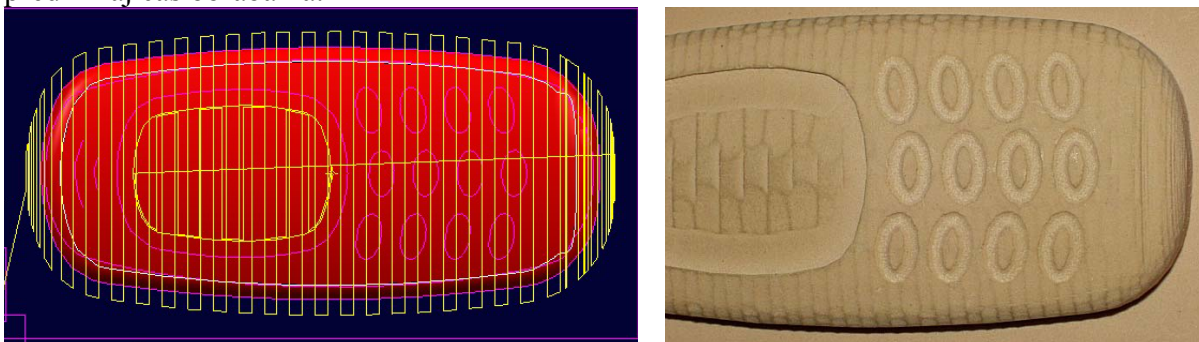
Vplyv nastavenia týchto parametrov na výslednú kvalitu obrobenej plochy bude ukázaný na príklade obrobenej tvary krytu mobilného telefónu ľahko obrobiteľnej polyuretánovej hmoty [FABIAN, M. 2004].



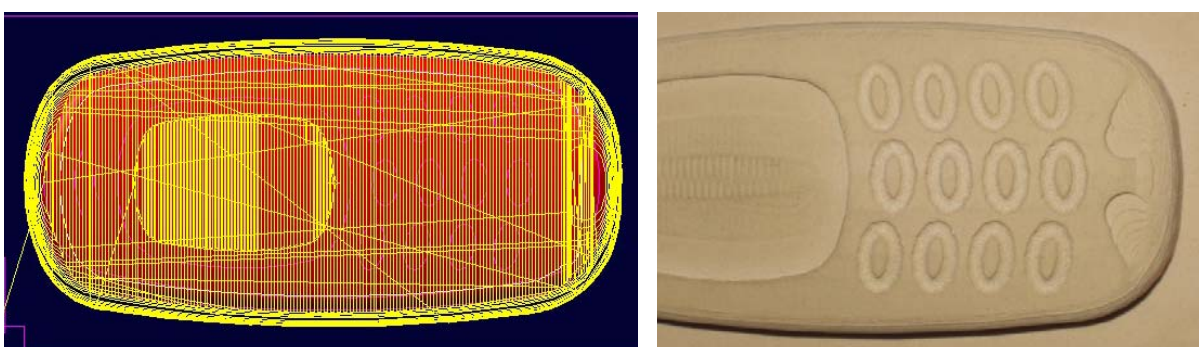
Obr.4 Vizualizácia krytu mobilného telefónu

Na obr.5 a 6 sú príklady obrobených vzoriek pri dvoch rôznych nastaveniach parametrov ovplyvňujúcich kvalitu obrobenej plochy. Je na nich možné vidieť „odtlačok“ dráhy nástroja ako aj výslednú kvalitu povrchu pri parametroch, ktoré sú uvedené pod obrázkami. V oboch prípadoch bola obrábaná polyuretánová hmota pri relatívne vysokých rýchlostiach posuvu  $f=300$  mm/min a otáčkach  $n=1750$  ot/min. V tomto prípade rozdiel 45 minút pri obrábaní sa nezdá byť veľký, ale keď si uvedomíme, že je to 2,5 násobok času

obrábania pri prvom nastavení parametrov, stojí za uváženie, do akej miery presnosti je nevyhnutné obrábať trieskovo a čo by sa dalo dokončiť ďalšími finálnymi operáciami. Pri obrábaní rýchlorezných ocelí by sa rýchlosť posuvu násobne znížila a s ňou by sa násobne predĺžil aj čas obrábania.



Obr. 5 MSH=0,2mm, 1120 riadkov, čas: 30 min.



Obr. 6 MD=0,5 mm, 3053 riadkov, čas: 1 hod. 15 min.

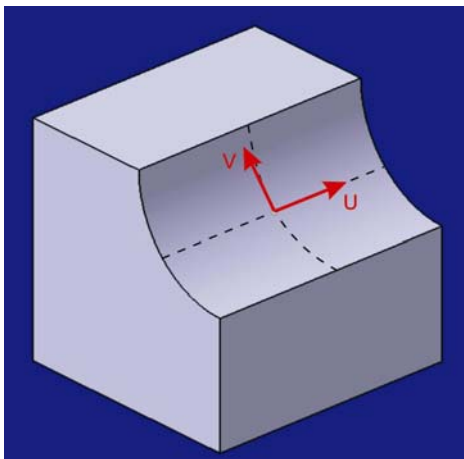


Obr.7 Vizuálne porovnanie kvality obrobenej plochy

### 3 Vplyv stratégie dráhy nástroja a jeho tvaru na čas obrábania a kvalitu povrchu

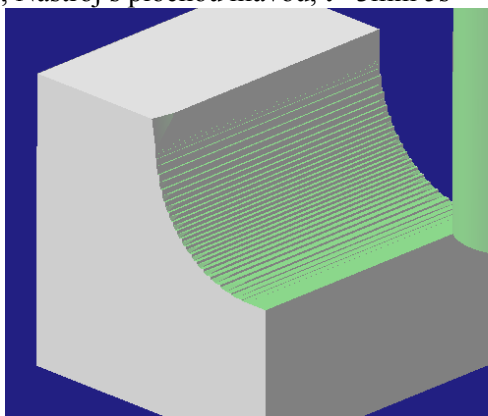
Na obr. 9 sú ukážky vzoriek obrábania konkávnej plochy kde jasne vidieť aký vplyv na obrobenej plochu má zvolená stratégia dráhy nástroja, ako aj vhodnosť výberu tvaru nástroja pre obrobenej daného tvaru. Vo všetkých prípadoch bola obrábaná konkávna plocha o

polomere 10 mm. Vzorky boli obrobené operáciou *Isoparametric Machining*, kedy nástroj je vedený v smere izoparametry plochy (obr.8). V prípade na obr. 9 a.,c., bol pracovný pohyb nástroja v smere U izoparametry plochy. Vzorky boli obrábané stopkovou frézou s priemerom  $D=10$  mm s plochou (obr.9 a.,b.) a guľovou hlavou (obr.9 c.,d.). V prípade na obr. 9 b.,d., boli vzorky obrábané tak, že nástroj bol vedený v smere V izoparametry plochy. Vo všetkých prípadoch bol nastavený parameter vrúbkovania na 0,2 mm.

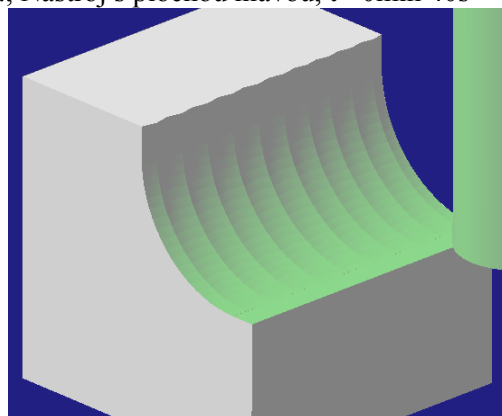


Obr. 8 Smery izoparametier plochy

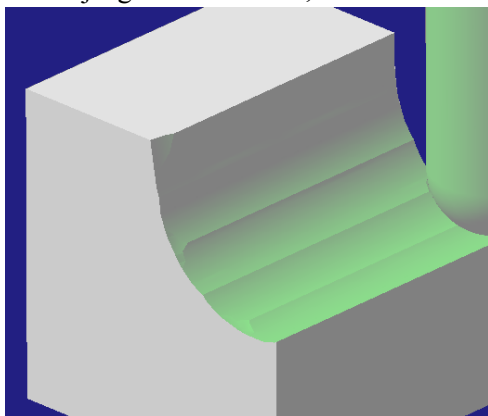
a., Nástroj s plochou hlavou,  $t=3\text{min } 5\text{s}$



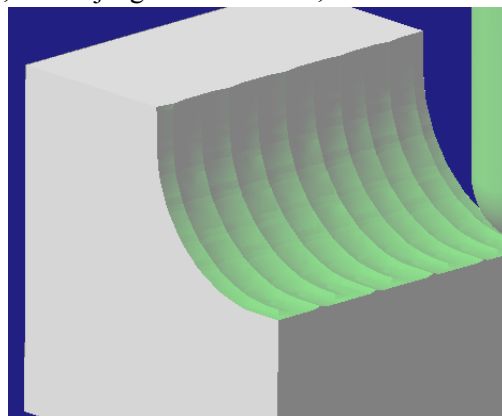
b., Nástroj s plochou hlavou,  $t=0\text{min } 40\text{s}$



c., Nástroj s guľovou hlavou,  $t=0\text{min } 25\text{s}$



d., Nástroj s guľovou hlavou,  $t=0\text{min } 27\text{s}$



Obr.9 Vizualizácia vplyvu tvaru nástroja a stratégie dráhy na reliéf povrchu a čas obrábania

## 4 Porovnanie dvoch rôznych nastavení hodnoty vrúbkovania na kvalitu konkávnej plochy

V nasledujúcom prípade bola obrábaná konkávna plocha nástrojom  $D=5$  mm s plochou hlavou pri dvoch rôznych nastaveniach maximálnej výšky vrúbkovania. Pracovný pohyb nástroja bol v smere V izoparmetry plochy. V prvom prípade bola vzorka obrobená s nastavením výšky vrúbkovania na hodnotu 0,05 mm a v druhom prípade na 0,1 mm. Pri zvolenej vyššej presnosti bol čas  $t=1$  min 45 s, pri nižšej presnosti bol čas  $t=1$  min 16 s. Ukážky obrobených vzoriek sú na obr.10. Následne bola meraná drsnosť povrchu takto obrobených vzoriek. Meranie bolo uskutočnené za pomoci digitálneho drsnomeru. Snímací hrot sa pohyboval v smere kolmom na dráhu pracovného pohybu nástroja (obr.10). Pri normálnych podmienkach bola pre obrobené plochy nameraná stredná aritmetická odchýlka profilu  $R_a$ . Namerané hodnoty sú na obr. 11. Hodnota výšky vrúbkovania by mala „približne“ odpovedať nameranej hodnote  $R_z$  – maximálna výška nerovnosti.



Obr.10 Definovanie smeru merania drsnosti, porovnanie kvality povrchu vzoriek

## 5 Záver

Parametre presnosti kopírovania plochy nástrojom vplývajú ako na počet riadkov programu, čas obrábania, tak aj na kvalitu povrchu. Je dôležité optimalizovať tieto parametre tak, aby sme pri minimalizácii času obrábania dosiahli požadovanú kvalitu povrchu. Mnohokrát je postačujúce frézovaním preniesť do nástroja (formy) „informáciu“ o tvare. Vtedy sa nepožaduje finálna kvalita povrchu obrobeného tvaru. Táto kvalita sa následne dosiahne použitím ďalších dokončovacích operácií ako je napríklad brúsenie a leštenie.

Príspevok bol vypracovaný s grantovou podporou projektov: VEGA 1/2202/05 Výskum a modelovanie vplyvu parametrov procesu lisovania plastov na finálne vlastnosti výliskov, KEGA 3/4244/06 Virtuálne laboratórium metrológie v študijnom odbore Mechatronika, VEGA 1/3145/06 Riešenie konštruktívneho problému – klasický verzus evolučný prístup.



STANDARD ISO1997  
 PROFILE R  
 FILTER GAUSS  
 $\lambda_c$  2.5mm  
 N 5  
 RANGE AUTO  
 ESC  
 SPEED 0.5mm/s  
 PRE/POST ON

PARAMETER  
 R<sub>Pc</sub>, R<sub>Sm</sub>  
 C.LEVEL 10%

**R-PROFILE**

$\lambda_c$  2.5mm  
 N 5

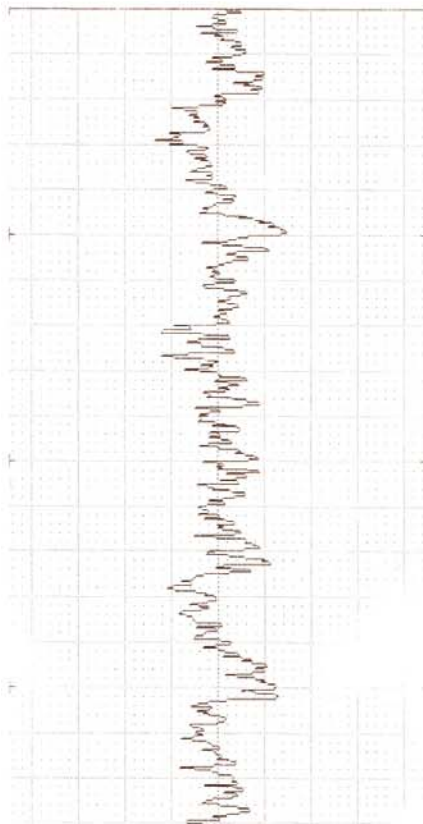
R<sub>a</sub> 10.69μm  
 R<sub>z</sub> 66.45μm  
 R<sub>Sm</sub> ( 10% ) 353μm

**R-PROFILE**

$\lambda_c=2.5\text{mm}\times 5$

→ × 200  
 ↓ × 10

Ver. : 50.0μm/cm  
 Hor. : 1.0mm/cm



STANDARD ISO1997  
 PROFILE R  
 FILTER GAUSS  
 $\lambda_c$  2.5mm  
 N 5  
 RANGE AUTO  
 ESC  
 SPEED 0.5mm/s  
 PRE/POST ON

PARAMETER  
 R<sub>Pc</sub>, R<sub>Sm</sub>  
 C.LEVEL 10%

**R-PROFILE**

$\lambda_c$  2.5mm  
 N 5

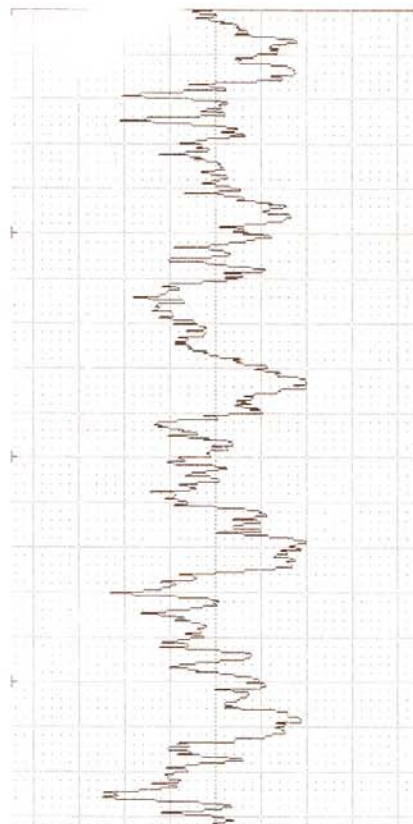
R<sub>a</sub> 18.96μm  
 R<sub>z</sub> 100.1μm  
 R<sub>Sm</sub> ( 10% ) 721μm

**R-PROFILE**

$\lambda_c=2.5\text{mm}\times 5$

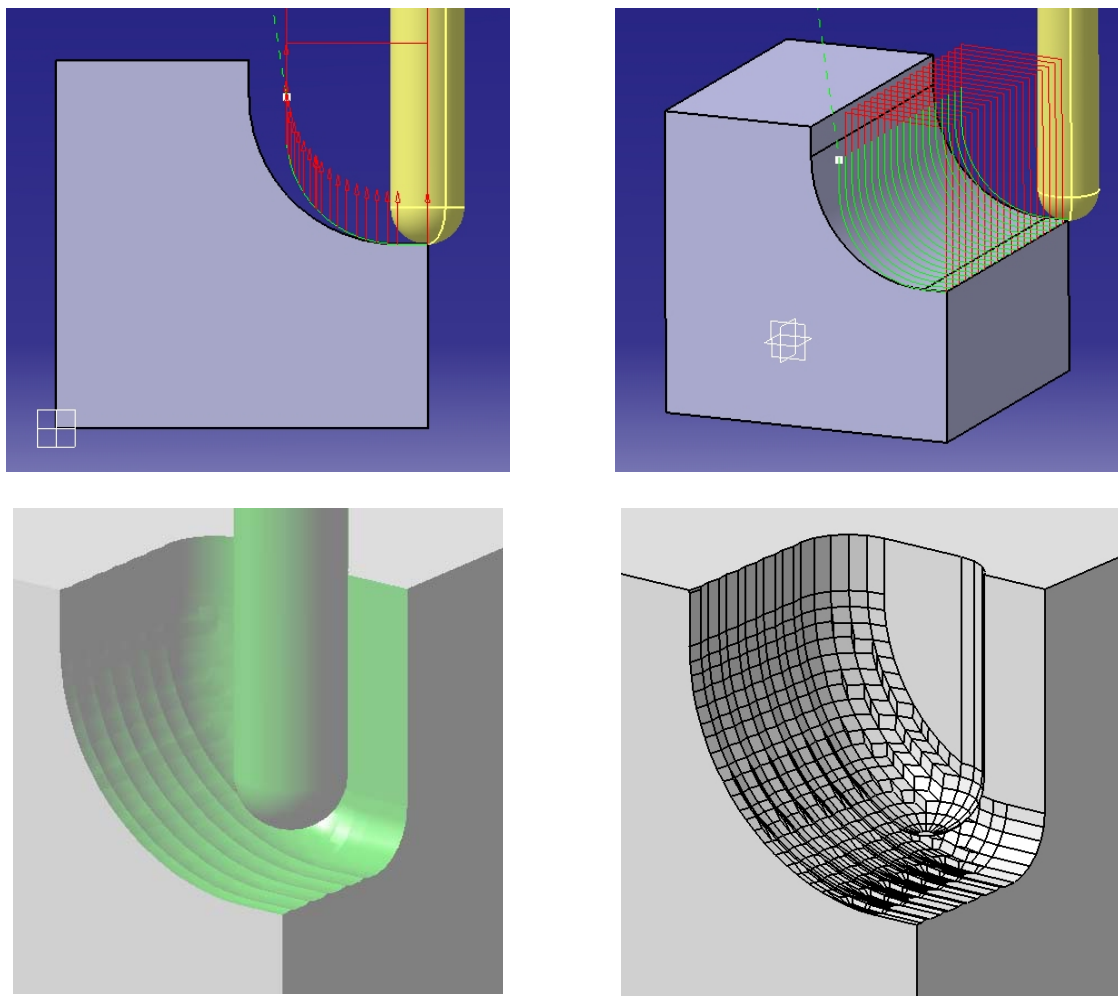
→ × 200  
 ↓ × 10

Ver. : 50.0μm/cm  
 Hor. : 1.0mm/cm



Obr.11 Výstupy z digitálneho meracieho prístroja

Na obr. 12 je vizualizácia dráhy nástroja pri obrábaní konkávnej plochy.



Obr.12 Zobrazenie dráhy nástroja s guľovou hlavou pri obrábaní konkávnej plochy v smere izoparametry v a odtlačok nástroja do obrábanej plochy počas procesu obrábania

## 6 Použitá literatúra

- KOŠTURIAK, J. ai. 2000. *Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie*. 1. vyd. - Žilina: Žilinská univerzita, 2000. 397 s., ISBN 80-7100-675-0
- ZAJAC, J., ai. 1993. The laser surface hardening of cutting tools. In: *Proceedings of the V symposium naukowe Przemiany strukturalne w stopach odlewniczych*. Rzeszów: WSP, 1993, pp. 289-294.
- ŠEMINSKÝ, J. 2005. Vývoj v teórii projektovania. Košice. In.: *Acta Mechanica Slovaca – časopis Strojníckej fakulty TU v Košiciach*, 2005, roč. 9, č. 2-B, str. 201-206, ISSN 13352393.
- PETERKA, J. - JANÁČ. A. 1996. *CAD/CAM systémy : Návod na cvičenia*. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 1996. ISBN 80-227-0911-5
- FABIAN, M. 2004. *Analýza vplyvu výrobných činiteľov na kvalitu povrchu a tvaru činných častí lisovacích nástrojov. Písomná práca k dizertačnej skúške*. Košice: TU v Košiciach, 2004.
- CAD/CAM – modelovanie, NC obrábanie: Electronic documents or parts thereof* [online]. Centrum informatiky Sjf TU v Košiciach, 2005 [cited 24.02.2007]. Available from www: <URL: <http://www.sjf.tuke.sk/ci/catia/index.htm>>