



Vliv metody vyšetřování tvaru brusného kotouče na výslednou přesnost obrobku

Aneta Milsimerová

Fakulta strojní, Západočeská univerzita Plzeň, 306 14 Plzeň, Česká republika. E-mail: anetam@kto.zcu.cz

Hlavním přínosem využití metodiky grafického řešení pomocí řezných rovin pro vyšetření výchozího povrchu nástroje je zobrazení řezného procesu v aktuální rovině a navržení vyhovujícího nástroje dané operaci. Zejména u vyšetřování výchozího povrchu nástroje pro broušení šnekových odvalovacích fréz lze na základě této metodiky popsat takto problematický proces jako je broušení těchto nástrojů. Grafickým řešením byl navržen tvar brusného kotouče pro odvalovací frézu o definovaných parametrech. Simulace broušení s nově vytvořeným modelem kotouče dle navržené křivky potvrdila zvýšení výsledné přesnosti po broušení. V současném stavu je však nutno počítat se zahrnutím určité grafické chyby. Sejmutím bodů křivky profilu kotouče, které byly vyšetřeny předchozím grafickým řešením, byl vytvořen graf průběhu této křivky. Porovnáním s grafem průběhu křivky původního tvaru kotouče je patrná odchylka navržené křivky od původní. Dalším krokem je vytvoření programu pro orovnáání brusného kotouče dle nově navržené křivky profilu a reálné testování za účelem ověření správnosti navrženého řešení. Na základě získaných poznatků lze navrhnout další postup pro zpřesnění řešení.

Klíčová slova: Broušení šnekových odvalovacích fréz, brusný kotouč, křivka profilu brusného kotouče, simulace broušení, orovnáání brusného kotouče

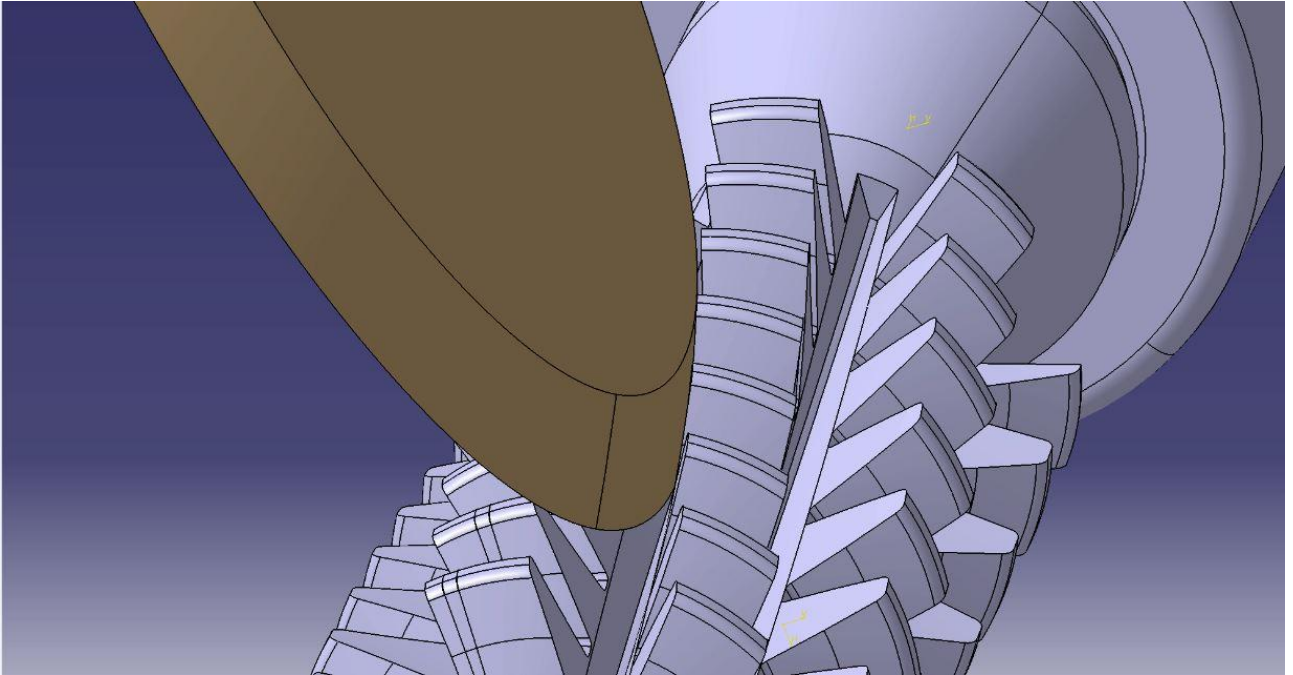
1 Úvod

Přínosy grafických řešení u složitých procesů jsou nenahraditelné z hlediska popsání a zobrazení skutečnosti, nebo se jejímu přiblížení se zahrnutím určitých zjednodušení, která drasticky neovlivní hledaný výsledek. Pomocí grafických metodik lze přímo nahlédnout do procesu v každém bodě a rovině jeho průběhu. Lze takto snadněji pochopit danou problematiku na rozdíl od analytických řešení, která jsou sice funkční a popisují průběh na základě fyzikálních zákonů, ale cesta k jejich nalezení je mnohdy zdlouhavá.

Pro zkoumání problematiky broušení šnekových odvalovacích fréz byla v počátku vybraná grafická metodika z výše uvedených důvodů. Jedná se o poměrně ne zcela do hloubky popsanou činnost a k řešení je třeba přistupovat s určitou opatrností a respektem s ohledem na přesnost výstupních výsledků.

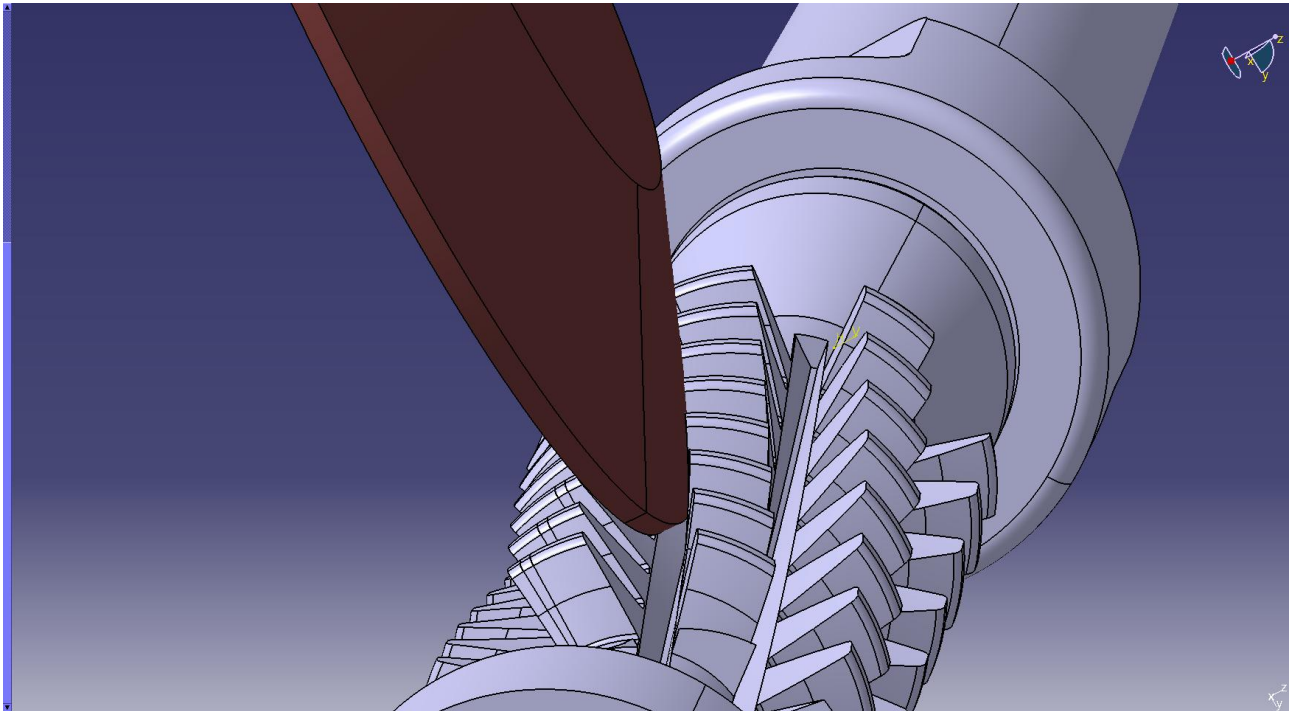
1.1 Současný stav

V současné době je navržený nový tvar brusného kotouče dle výše zmiňované grafické metodiky za použití 3D CAD/CAM systému Catia. Tento tvar by měl být odpovídající broušené drážce, která je tvořena šroubovicí. Při vytváření 3D grafického řešení byl dodržován základní postup metodiky pro navržení výchozího povrchu nástroje vzhledem k obráběnému tvaru. Takto navržený kotouč pokrývá pouze hloubku broušené drážky, jelikož tato místa byla předmětem konstrukce (viz. Obr. 1.: Pohled do drážky s nově navrženým kotoučem).



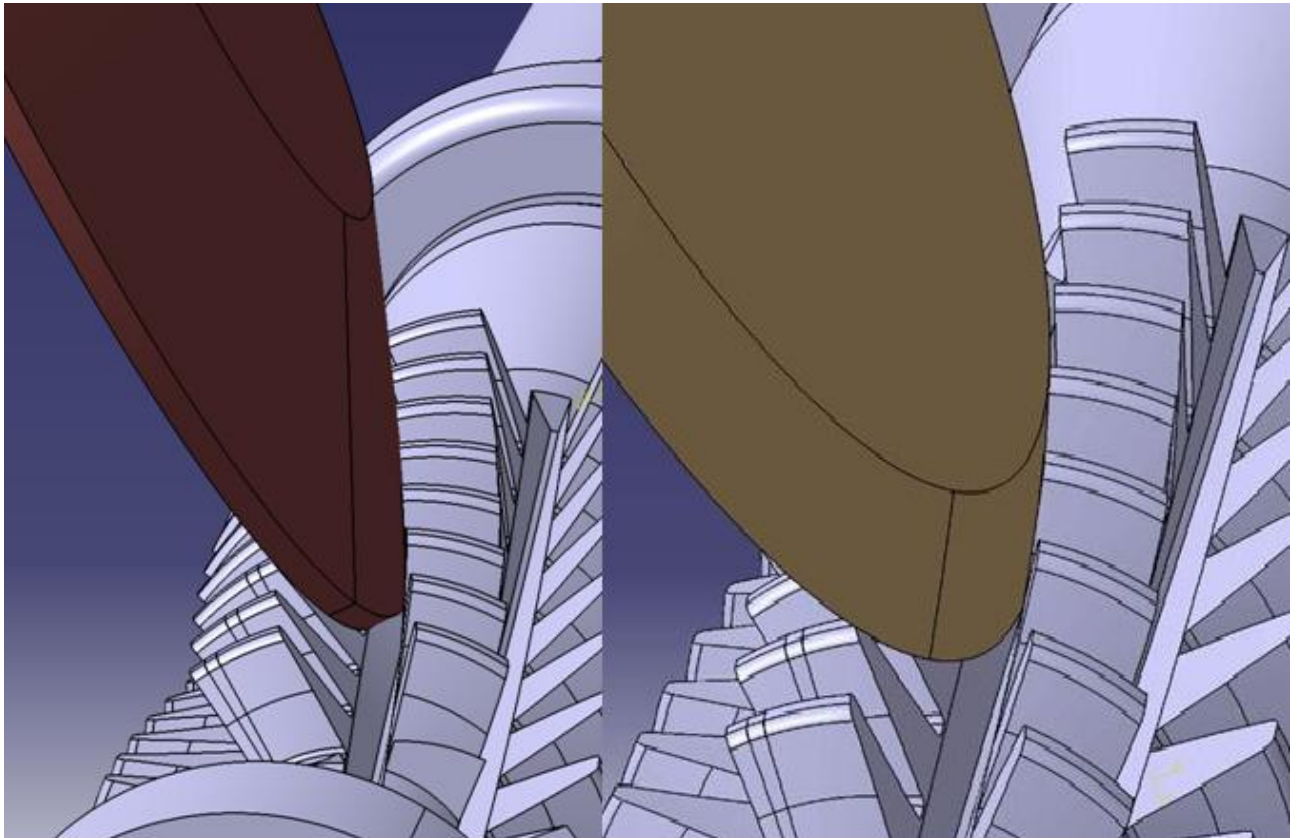
Obr. 1 Pohled do drážky s nově navrženým kotoučem
Fig. 1 View into the groove with new designed grinding wheel

Vzhledem k podstatě metodiky by nově navržený kotouč měl zcela odpovídat svým tvarem a pohybem při broušení tvaru broušených zubů tvořících drážku a nemělo by docházet k nežádoucímu podřezávání jako při použití standardního brusného kotouče s přímkovým profilem řezné části (viz. Obr. 2.: Pohled do drážky se standardně používaným kotoučem).



Obr. 2 Pohled do drážky se standardně používaným kotoučem
Fig. 2 View into the groove with standard use grinding wheel

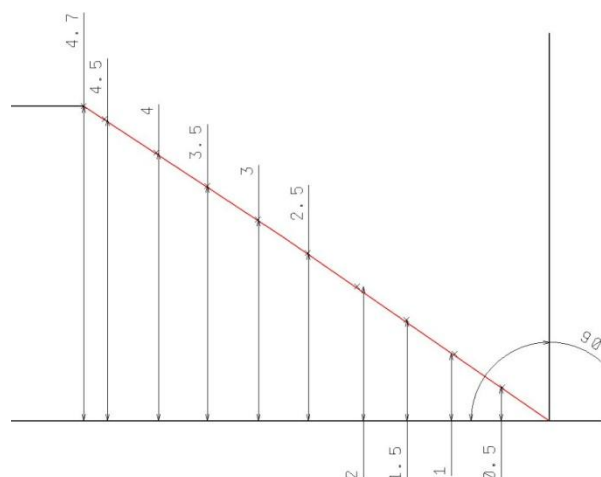
Při porovnání obou pohledů je zcela patrné, že nově navržený tvar kotouče lépe kopíruje zakřivení jednotlivých zubů dle řídicí šroubovice (viz. Obr. 3.: Porovnání pohledů do drážky).



Obr. 3 Porovnání pohledů do drážky
Fig. 3 Comparison of the views into the groove

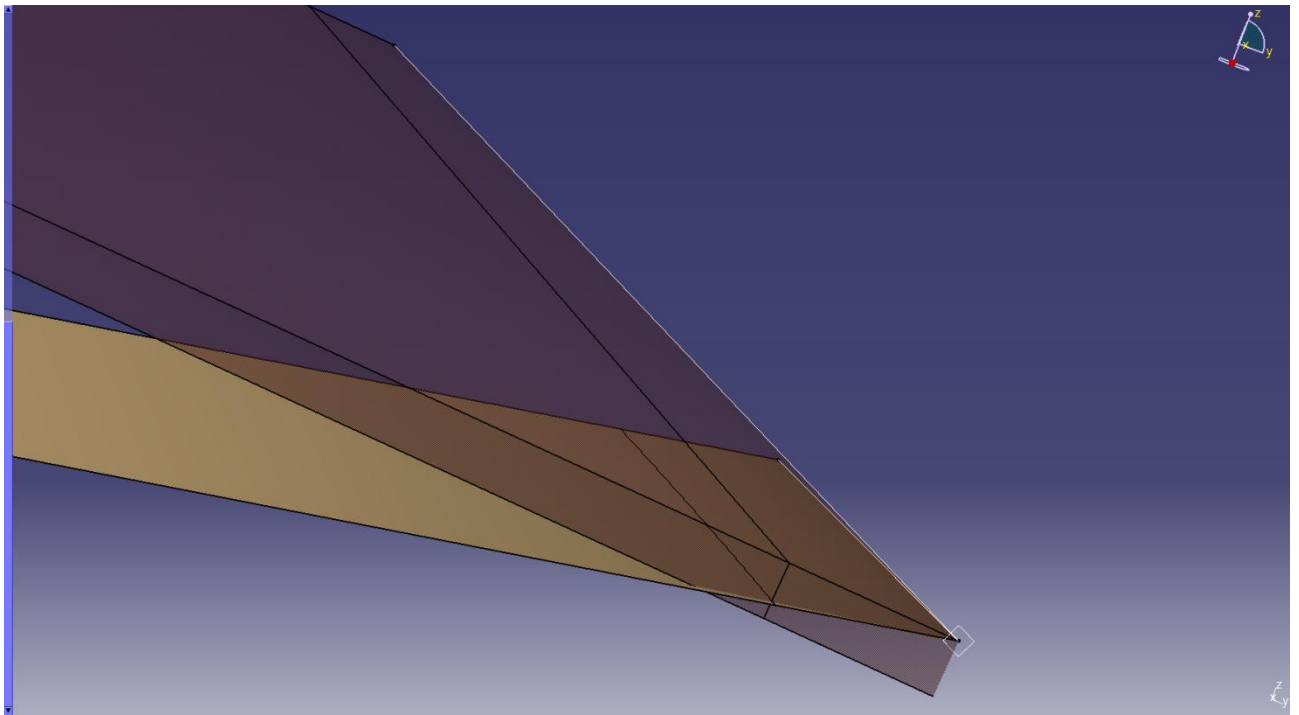
2 Křivka profilu kotouče

Nově navržený profil brusného kotouče je tvořen křivkou, která vznikla propojením jednotlivých bodů získaných výše zmiňovanou grafickou metodikou. Tyto body mají mezi sebou vzdálenosti 0,5mm dle vzdáleností konstrukčních řezných rovin (viz. Obr. 3.: Vzdálenost bodů – pohled do roviny kolmé na stoupání řídicí šroubovice). Body byly vzájemně propojeny pomocí spline křivek a tudíž nejsme momentálně schopni říci, zdali tento průběh mezi jednotlivými body odpovídá skutečnému průběhu křivky vhodné pro stávající geometrii broušené drážky. S uvažováním tohoto faktu je nutno počítat se zahrnutím určité grafické chyby stávajícího řešení a zohlednit tento jev při hodnocení výsledků ze simulace broušení s modelem kotouče, jehož profil tvoří tato křivka.



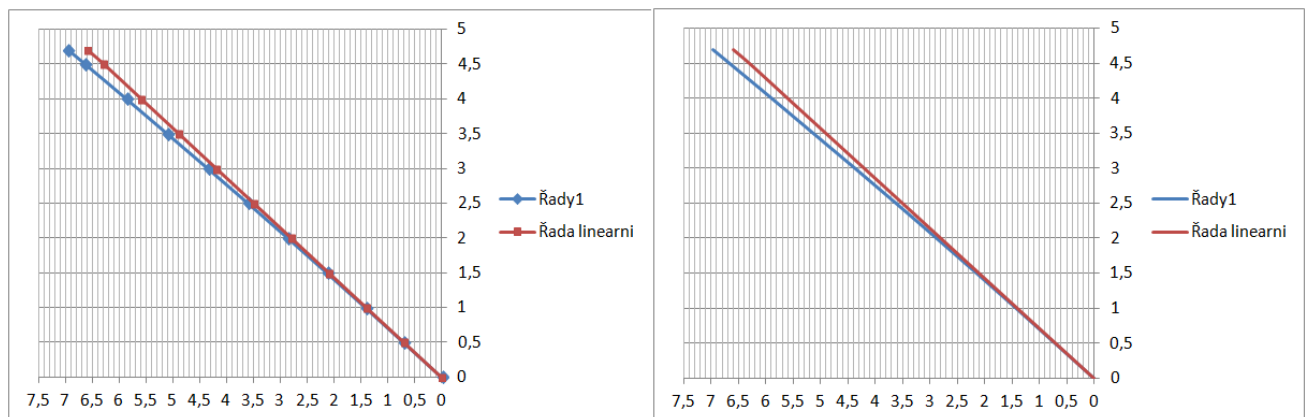
Obr. 4 Vzdálenost bodů – pohled do roviny kolmé na stoupání řídicí šroubovice
Fig. 4 The distance of particular points - view into the perpendicular plane of the managing helix

Při prvním pohledu se zdá, že se jedná o takřka přímkový profil a že nedochází k žádnému zakřivení. Takto vytvořená křivka byla promítnuta na model s geometrií standardně používaného kotouče a z porovnání vyplývá, že skutečně dochází k odchýlení obou křivek (viz. Obr. 5.: Porovnání křivek obou profilů kotouče).



Obr. 5 Porovnání křivek obou profilů kotouče
Fig. 5 Curves comparison of both grinding wheel profiles

Na základě porovnání obou tvarů byly sejmuty vzdálenosti jednotlivých bodů nově vytvořené křivky od kolmice na průměr navrženého kotouče. Z těchto bodů byl vytvořen graf průběhu křivky. Do tohoto grafu byly taktéž vyneseny i hodnoty původního přímkového profilu (viz. Graf 1.: Průběh křivky)



Graf 1 Průběh křivky
Graph 1 The curve running

Vysvětlivky:

Řady1 = křivka navrženého profilu kotouče

Řada linearni = přímka pro porovnání odchylky (přímka původního profilu)

Jednotlivé body, které byly vyneseny do grafu, jsou uvedeny v Tabulce 1 (viz. Tab. 1 Vzdálenost jednotlivých bodů).

Tab. 1 Vzdálenost jednotlivých bodů
 Tabl. 1 Distance of particular points

Bod křivky	X	Z	X'
0	0	0	0
1	0,71	0,5	0,7
2	1,42	1	1,4
3	2,14	1,5	2,1
4	2,87	2	2,8
5	3,61	2,5	3,5
6	4,36	3	4,2
7	5,12	3,5	4,9
8	5,88	4	5,6
9	6,65	4,5	6,3
10	6,96	4,7	6,6

Vysvětlivky:

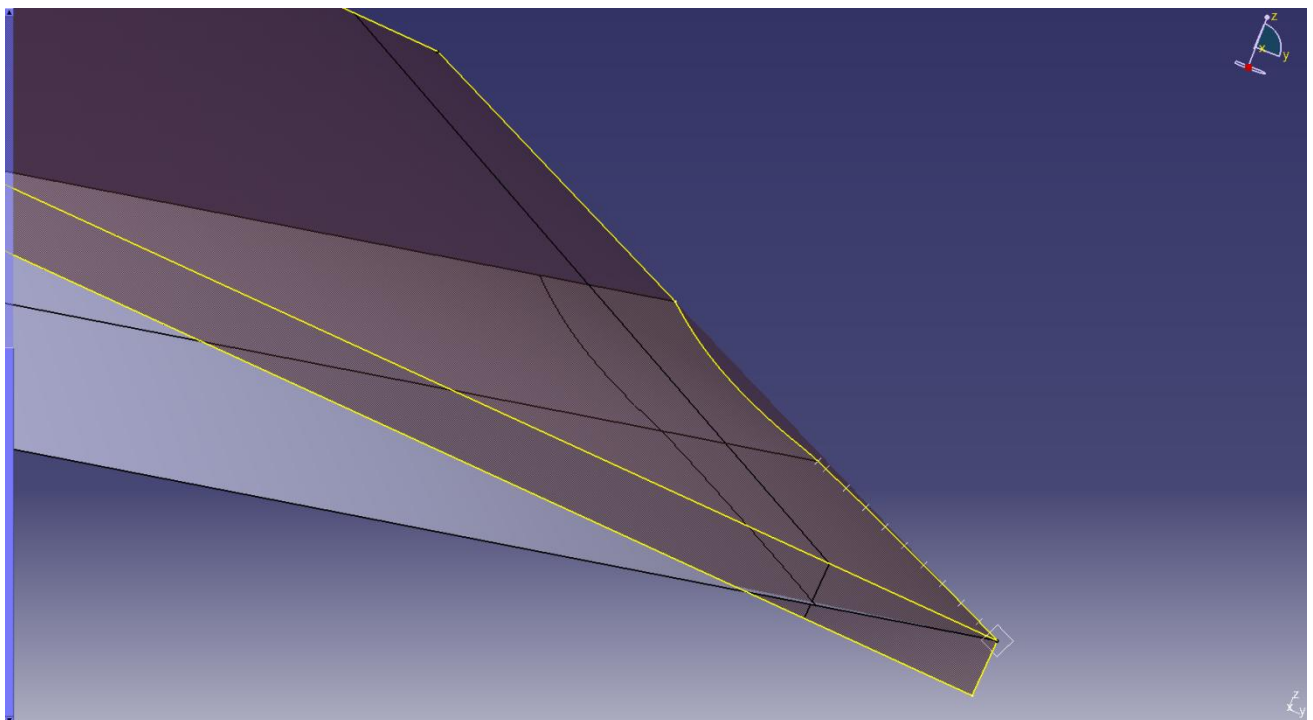
Z = osa y grafu

X = osa x grafu navržené křivky

X' = osa x grafu původní přímky

3 Simulace broušení

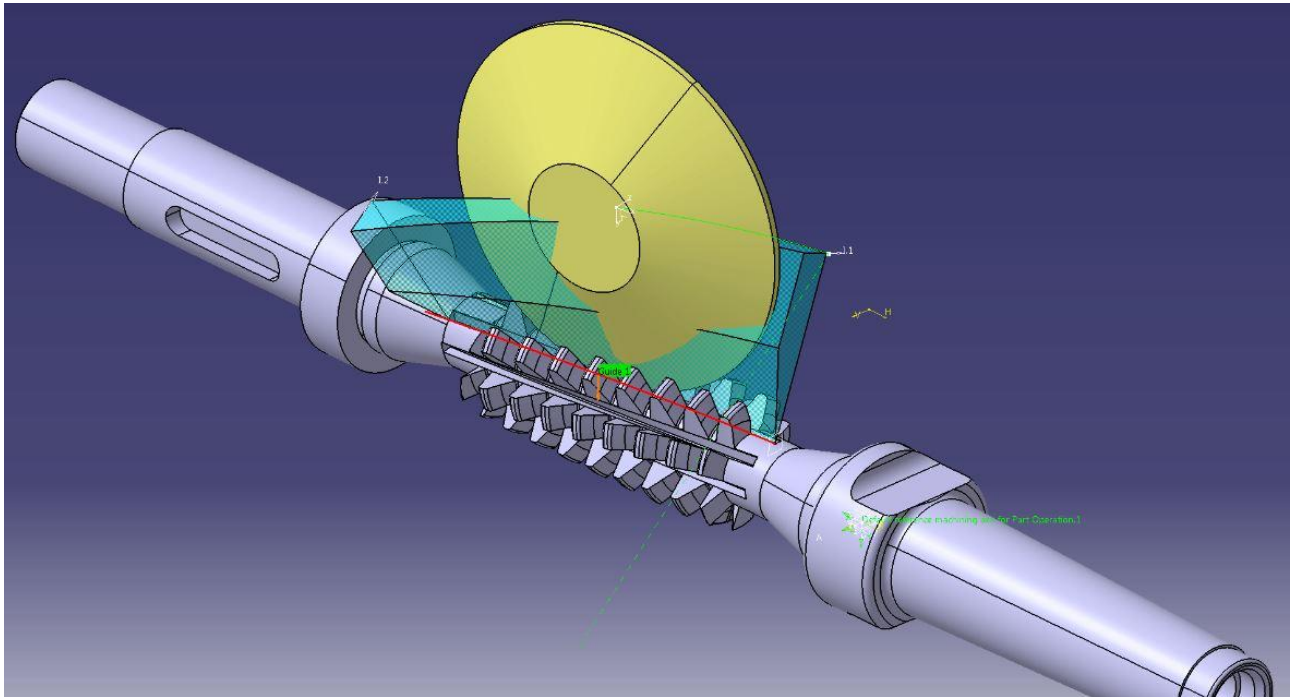
Pro grafické ověření správnosti navrhovaného řešení byla vytvořena simulace broušení jak s původním tvarem kotouče, tak i s navrženým tvarem kotouče. Vytvoření simulace bylo náročnější, jelikož se nejednalo o nástroj se standardními parametry, který používá systém Catia, a z důvodu složitosti operace bylo samotné nastavení průběhu simulace provedeno v modulu pro pěti-osé obrábění s použitím pomocného tělesa, jehož plochy kotouč tečně kopíroval při své dráze ve drážce (na níže uvedených obrázcích je zobrazeno světle modrou barvou). Pro účely simulace byl použit model s původními parametry brusného kotouče a model brusného kotouče s křivkovým profilem v místech, která pokrývají hloubku drážky. Ten byl vytvořen převzetím geometrie původního tvaru a aplikováním navržené křivky do míst, která jsou v řezu. Vznikl tedy propojením původního a nového profilu. Výsledný profil je zvýrazněný žlutým obrysem, místa, která pokrývají hloubku obráběné drážky, jsou zvýrazněna bílými body, které odpovídají bodům z Grafu 1 (viz Obr. 6 Model - propojení).



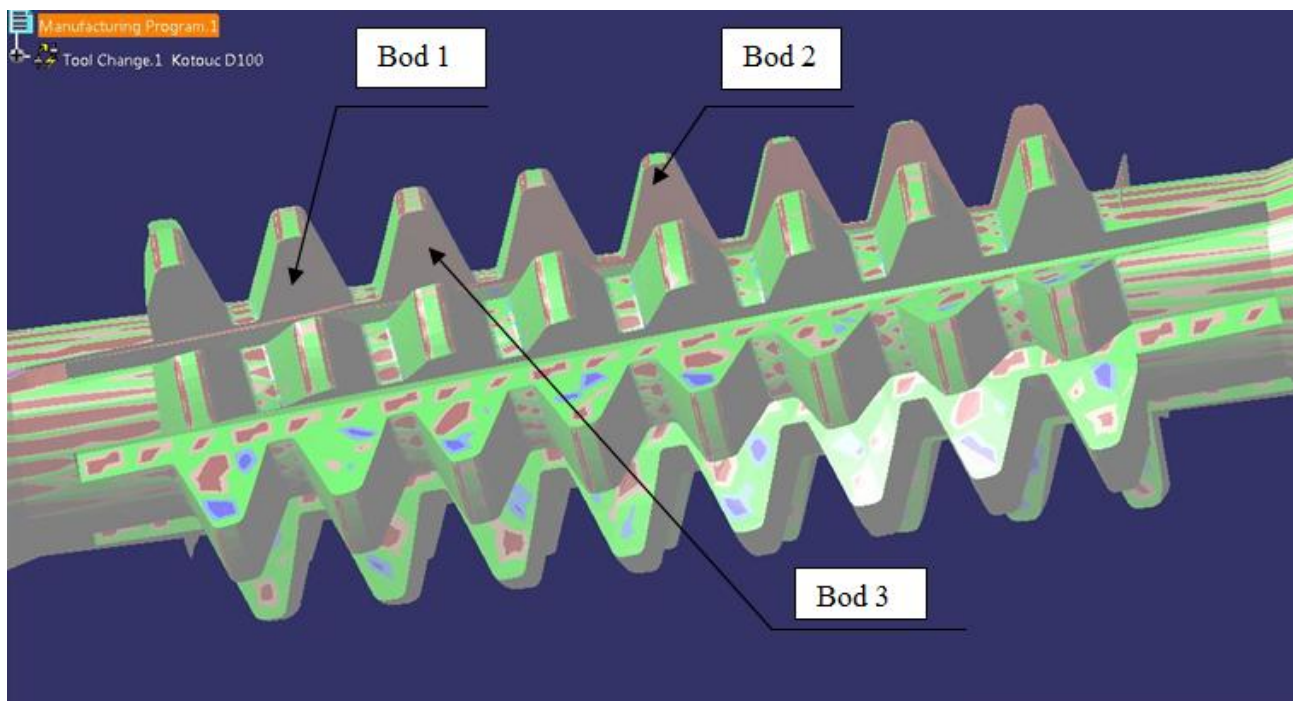
Obr. 6 Model - propojení
 Fig. 6 The model – the interconnection

3.1 Simulace s původním tvarem kotouče

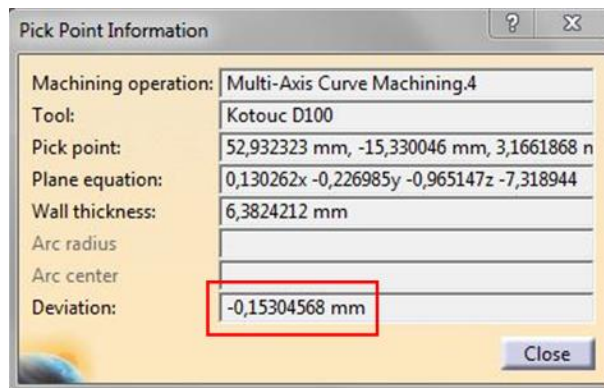
Na obr. 7 je zobrazena probíhající simulace broušení kotoučem s původní geometrií. Dle reálných dat dochází k podřezávání plochy čel zubů, což se potvrdilo i v této simulaci. Na obr. 8 je znázorněná verifikace po dokončení procesu simulace. Plochy jsou zobrazeny hnědě, což značí podřezání. Byly vybrány náhodné body, ve kterých byly změřeny hodnoty podřezání. Tyto hodnoty v jednotlivých bodech jsou znázorněny na obr. 9, 10 a 11.



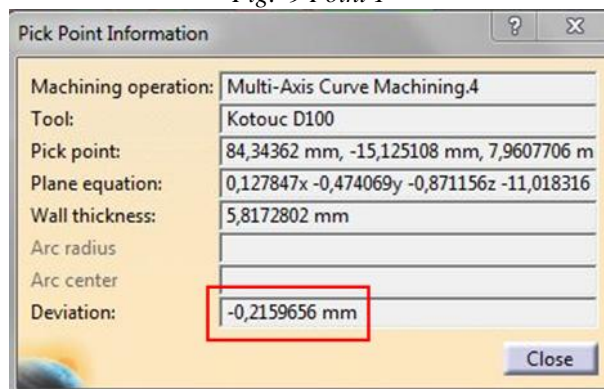
Obr. 7 Simulace s původním tvarem kotouče
Fig. 7 The simulation with common used wheel shape



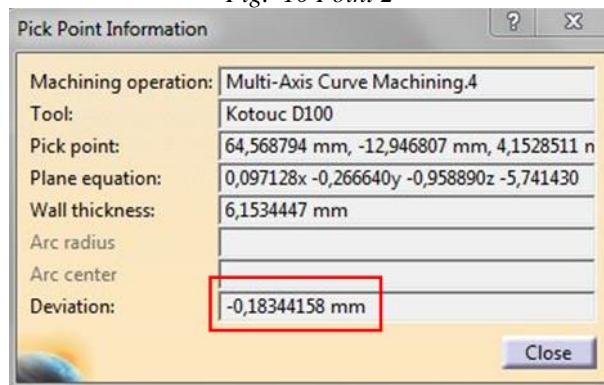
Obr. 8 Verifikace
Fig. 8 The verification



Obr. 9 Bod 1
Fig. 9 Point 1



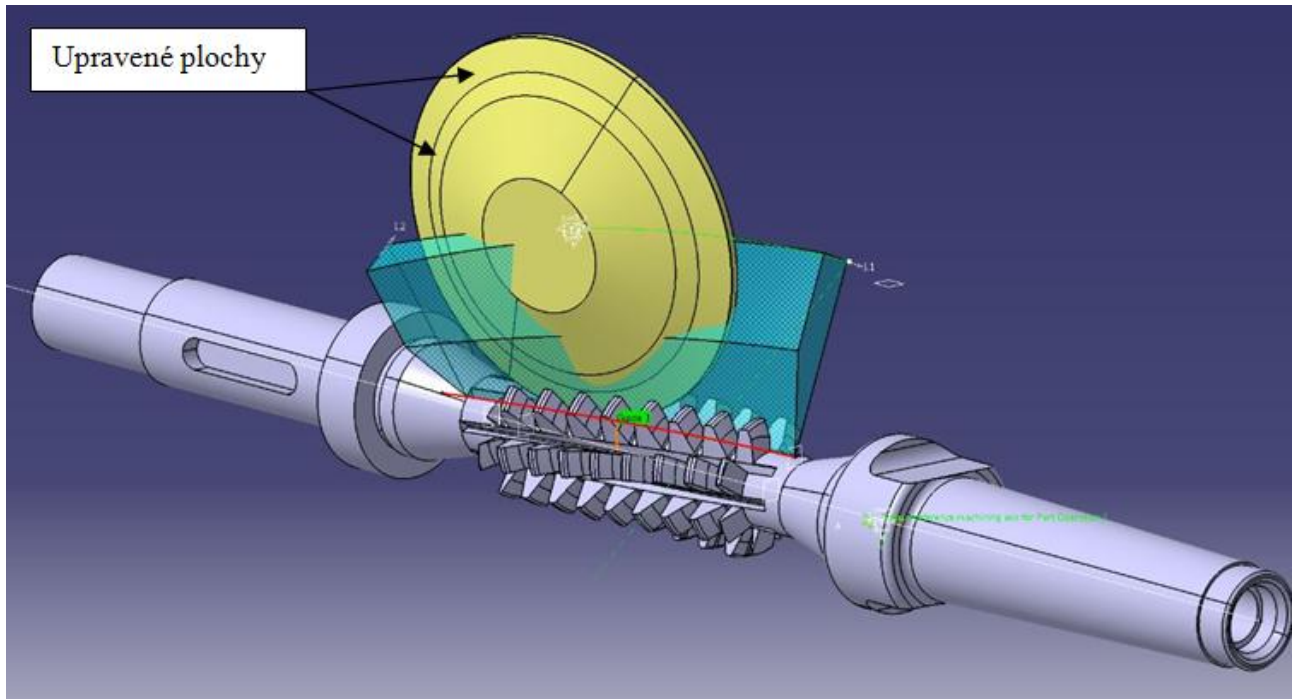
Obr. 10 Bod 2
Fig. 10 Point 2



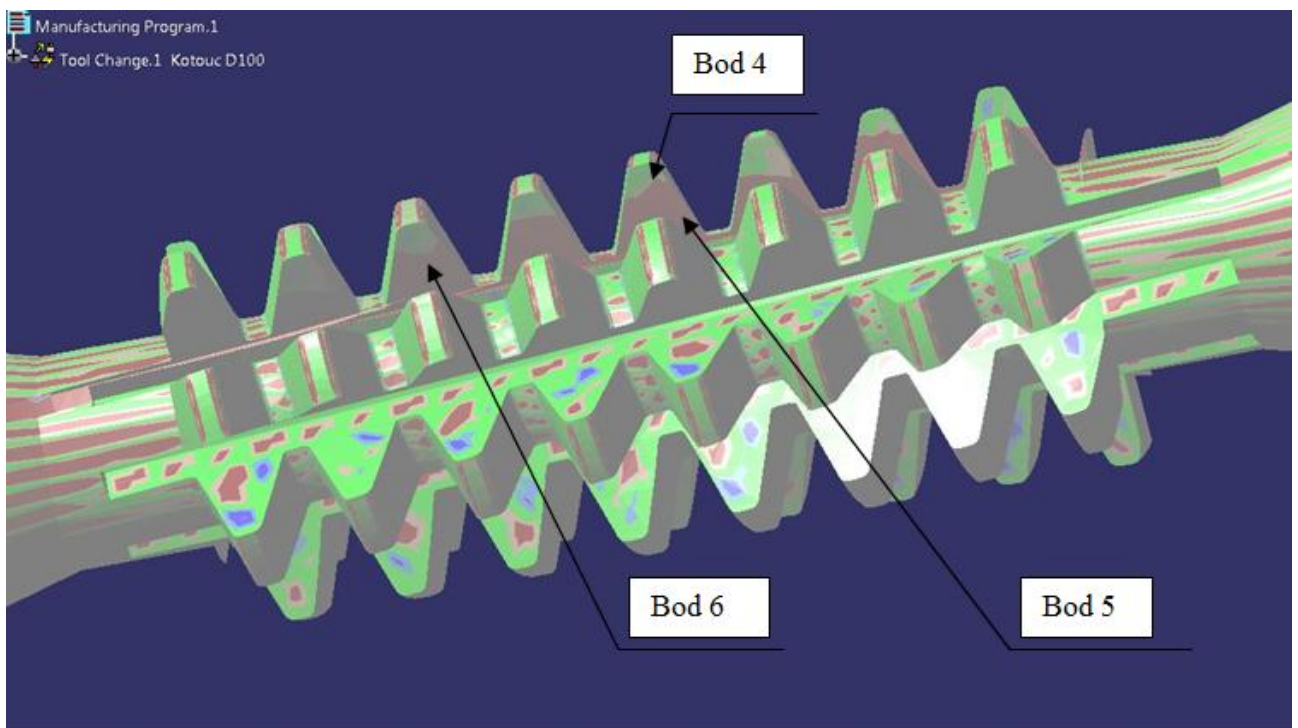
Obr. 11 Bod 3
Fig. 11 Point 3

3.2 Simulace s navrženým tvarem kotouče

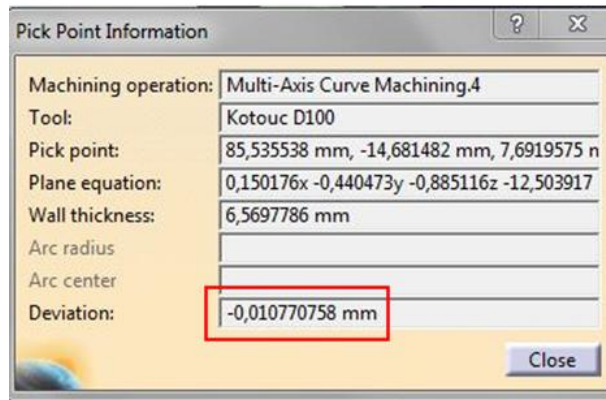
Na obr. 12 je zobrazena probíhající simulace broušení kotoučem s navrženou geometrií. Dle grafické metodiky konstrukčního řešení by mělo dojít ke zvýšení přesnosti povrchu čel zubů a k eliminaci podřezávání šroubové drážky, což se potvrdilo i v této simulaci. Na obr. 13 je znázorněná verifikace po dokončení procesu simulace. Některé plochy jsou zobrazeny zeleně, což značí přesnost povrchu v rozmezí nastavené tolerance, a některé plochy jsou opět zobrazeny hnědě, což značí podřezání. Následně byly vybrány náhodné body, ve kterých byly změřeny hodnoty podřezání, jako v předchozím případě. Tyto hodnoty v jednotlivých bodech jsou znázorněny na obr. 14, 15 a 16.



Obr. 12 Simulace s navrženým tvarem kotouče
Fig. 12 The simulation with designed wheel shape

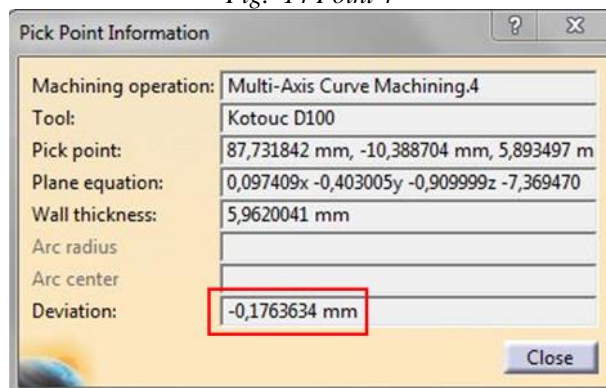


Obr. 13 Verifikace
Fig. 13 The verification



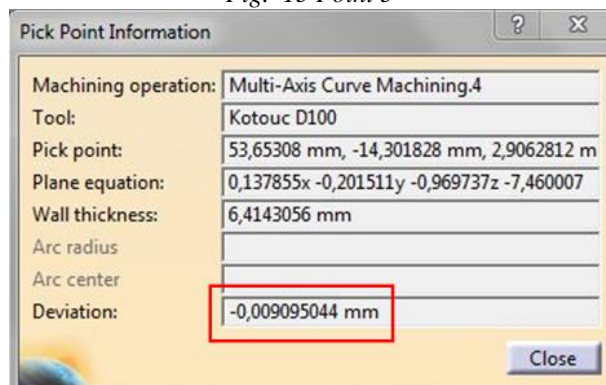
Obr. 14 Bod 4

Fig. 14 Point 4



Obr. 15 Bod 5

Fig. 15 Point 5



Obr. 16 Bod 6

Fig. 16 Point 6

Simulace potvrdila zvýšení přesnosti po operaci v řádech setin až tisícín. Nejedná se o pevně dané hodnoty, jelikož musíme v současném stavu počítat s určitou nepřesností a zahrnutím určité grafické chyby systému, ale jednoznačně se jedná o stupeň inovace v této problematice. V bodě 5 dochází stále k podřezání blížící se hodnotě -0,2mm. Tato hodnota se objevuje u paty zubu. Vzhledem k průběhu křivek, kdy nově navržená křivka se v místech počátku takřka nerozbihala s původní přímkou, byla vysoká pravděpodobnost výskytu tohoto jevu. Dosavadní výsledky vedou k tomu, že použitá konstrukční metodika má značný vliv na výslednou přesnost, avšak pro takto složitý proces s vysokými požadavky na přesnost je v určitých ohledech nedostačující. V současné době probíhá testování broušení s kotoučem, jehož profil je orovnan dle navržené křivky. Na základě výsledků lze dále uvažovat, jak se shodují reálné výsledky s výsledky použité metodiky.

4 Zvěř

Broušení čel odvalovacích fréz je velmi specifická a poměrně složitá záležitost. Hlavními vstupními faktory, které primárně ovlivňují tento proces, jsou geometrie frézy, kinematika použitého stroje a tvar použitého brusného nástroje. Vlivem broušené plochy čel, která je tvořena šroubovicí, a profilem kotouče, dochází v záběru k podřezávání šroubové drážky. Dosavadní navrhované řešení je sice pouze jednocíelové, avšak výše uvedené výsledky značí jistý pokrok v popsání a pochopení této problematiky. I přes akceptování zahrnutí grafických chyb dochází ve většine místech

k nárůstu výsledné přesnosti po broušení. Vytvořením modelů kotouče a odvalovací frézy jsme měli možnost nahlédnout do broušené drážky a takto mohlo vzniknout konstrukční porovnání obou tvarů, kdy u pohledu do drážky u původního tvaru jsou patrná místa zanoření řezné plochy kotouče do čel zubů. Vykreslením grafů navržené křivky profilu kotouče dokazuje, že nový tvar kotouče vhodný pro tuto operaci, by měl být tvořen obecnou křivkou složenou z rádiusů, nikoliv přímkou. Výsledky ze simulace modelem kotouče, jehož profil je tvořen obecnou křivkou, potvrzují zvýšení přesnosti po broušení, avšak až výsledky z reálného testování přinesou další pohled do této problematiky.

5 Literatura

- [1] MILSIMEROVÁ, A. (2014). *Návrh řešení ořovnávání tvarové plochy brusného kotouče pro ostříčku „SHÜTTE“*, ZČU v Plzni, FST, Plzeň, 90 s.

Abstract

Article: **The influence of methods for investigating grinding wheel shape on the final accuracy of the workpiece**

Authors: Aneta Milsimerová

Workplace: Fakulta strojní, Západočeská univerzita Plzeň, 306 14 Plzeň

Keywords: Grinding of worm gear hobs, grinding wheel, the curve of the grinding wheel profile, simulation of the grinding process, dressing of the grinding wheel

The main advantage of graphic solutions using cutting planes for investigating the initial surface of a tool is the visualization of the cutting process in the current plane and design of a suitable tool for a given operation. It is especially useful for investigating the initial surface of a worm gear hob, where complex processes such as describing the grinding of such a machine can be described. Grinding the face of a hob is a very specific and quite complicated task. The main input factors which affect the process are the geometry of the hob, the kinematics of the tool being used, and the shape of the grinding tool. The influence of grinding a face surface which is worm-shaped, and the profile of the disc, leads to undercutting of the worm grooves. A graphic solution was used to design the shape of the grinding disc for a hob with defined parameters. The following grinding simulation using the new design confirmed an increased precision after grinding, but in the current state there are still a few graphic errors. By taking the points from the curve profile of the disc which were investigated in the previous graphic solution, a graph of these points was created. Comparison with the original disc shape shows a clear deviation of the designed curve from the original, which indicates a certain innovation in the solution. The existing design solution is only single-use, but the results indicate definite progress in the description and understanding of this issue. Despite the graphic errors there is in most cases an increased precision after grinding. By creating models of discs and the hob we are able to look into the ground groove and to compare both of these shapes. In this way there are shown places of undercuts at the original used disc shape. The graph of the profile curve of the disc shows that the new shape of the disc suitable for this operation should be created by the general curve made with many radiuses, not a straight line. The results from the simulated model of the disc with a profile formed from general curves confirms the increased precision after polishing, but results from real testing will provide another view of this issue.

