

Korekce při broušení šroubové drážky

Karel Janděčka, Jiří Česánek

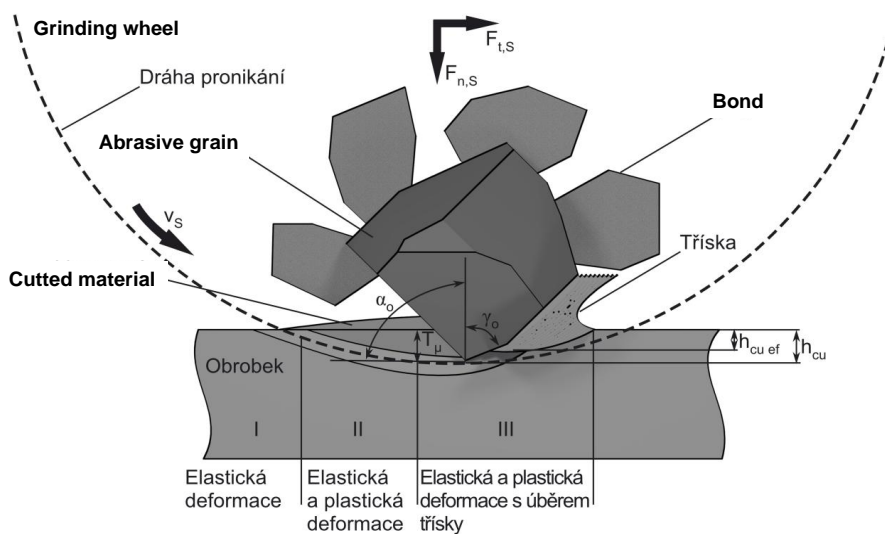
Fakulta strojní, Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 8, 306 14, Plzeň, Česká republika, E-mail: janděčka@kto.zcu.cz, cesanek@kto.zcu.cz

Článek prezentuje další výsledky v řešení této problematiky a navazuje na výsledky získané v rámci projektu GAČR č. 101/07/0751 a také na poznatky a informace získané při zpracování grantového projektu GAČR č. 101/05/2562. Řešená problematika je orientována do oblasti výroby a ostření rotačních nástrojů, především proto, že veškeré know-how je majetkem zahraničních firem. Hlavní kapitola navazuje na problematiku „Řešení závislosti podříznutí (rozvalu) šroubovitě drážky na průměru brusného kotouče, jeho tloušťce a hloubce řezu“ při nulové tloušťce brusného kotouče. Tato metoda je původní analytickou metodu výpočtu podříznutí a je součástí teoretického studia problematiky broušení šroubové drážky. Prezentované informace popisují postupné kroky v zobecnění metody a řešení matematického modelu. Současný stav v řešení není konečným stavem a povede k dalším krokům v aplikaci této metody v praxi. Praktická část je v současnosti řešena v rámci projektu SGS – 2013 – 031.

Klíčová slova: broušení, tvarové plochy, CAD/CAM systém Cimatron, technologický modul, postprocessor, NC program

1 Úvod

Proces broušení je principiálně podobný ostatním obráběcím procesům. Svou podstatou je zvláště blízký frézování. Při broušení však dochází ke kvantitativním i kvalitativním odlišnostem, které souvisí zejména s vlastnostmi broušícího kotouče a řeznými podmínkami. Broušení se používá zejména pro obrábění součástí s vyššími požadavky na přesnost rozměrů a tvarů a jakost povrchu. Dále se broušení uplatňuje při obrábění materiálů, které není možné jinými obráběcími metodami obrobit nebo je broušící metoda hospodárnější než jiné.

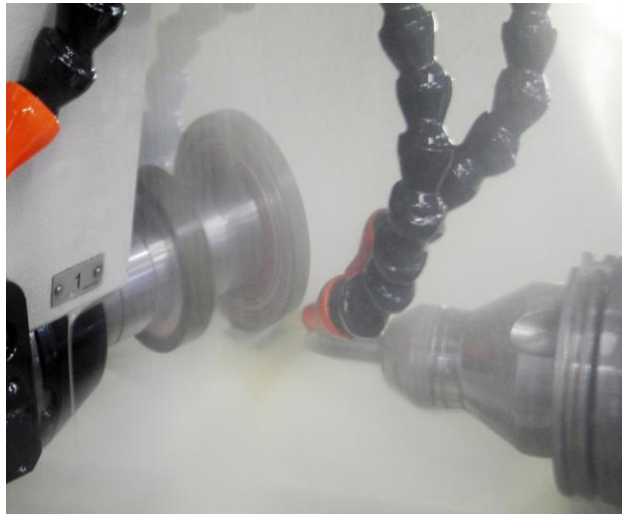


Obr. 1 Proces broušení [4]

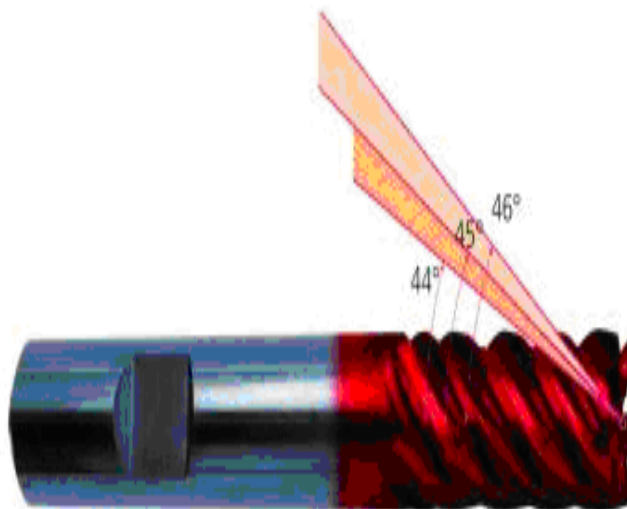
Fig. 1 Grindig process [4]

2 Závislost podříznutí (rozvalu) šroubovitě drážky na průměru brusného kotouče, jeho tloušťce a hloubce řezu

Výsledný tvar při broušení tvarových drážek na nástrojích je ovlivněn jak geometrií a vlastnostmi šroubovice, tak rozměrovými parametry nástroje. Následující pasáže popisují řešení podříznutí analyticky. Vychází z prací navazujících na výsledky získané v rámci projektu GAČR č. 101/07/0751. Následující část této kapitoly formuluje analytickou funkční závislost šířky (rozvalu) šroubovitě drážky vzniklé broušením broušícím kotoučem v závislosti na parametrech šroubovice a rozměrech kotouče. Úvodní fáze řešení uvažuje plochý kotouč diskového tvaru bez zaoblení.



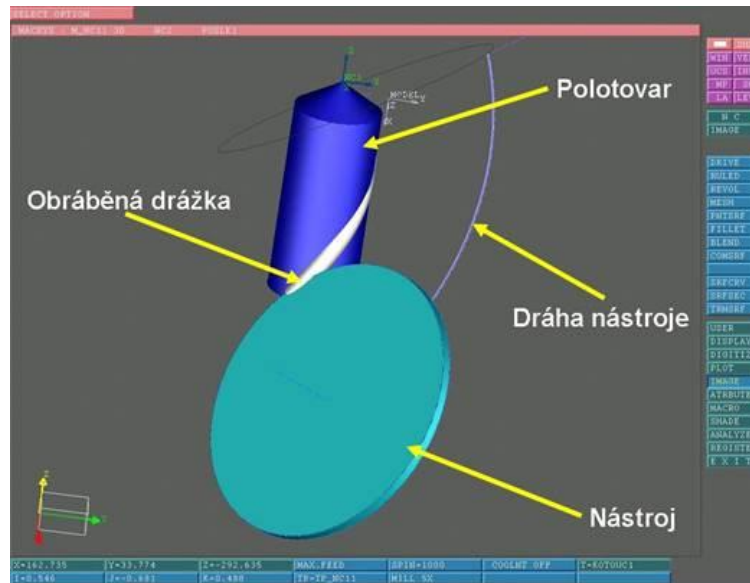
*Obr. 2 Výroba šroubovité drážky
Fig. 2 Helical groove machining*



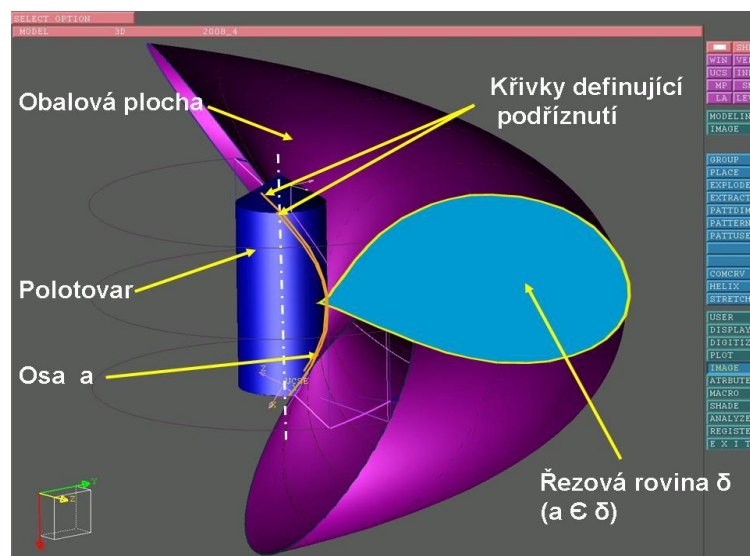
*Obr. 3 Příklad nástroje se šroubovitou drážkou
Fig. 3 Example of the tool with helical groove*

Podříznutí (rozval) šroubovité plochy:

Podříznutí (rozval) šroubovité drážky vzniká zanořením kotouče do obrobku (tvaru broušeného nástroje) v důsledku různých křivosti nosných povrchů a tvarů řídicí a obráběné šroubovice. Tuto prostorovou situaci zachycují následující obrázky.



Obr. 4 Broušení tvarové drážky
Fig. 4 Grinding of the helical groove



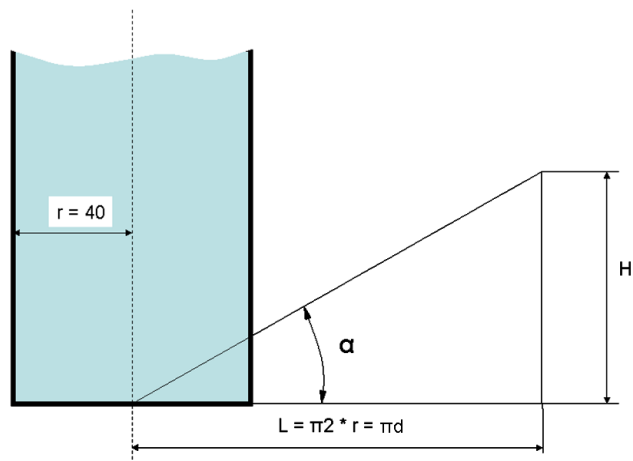
Obr. 5 Prostorová definice podříznutí
Fig. 5 3D definition of the undercutting of the helical groove

Analytické řešení:

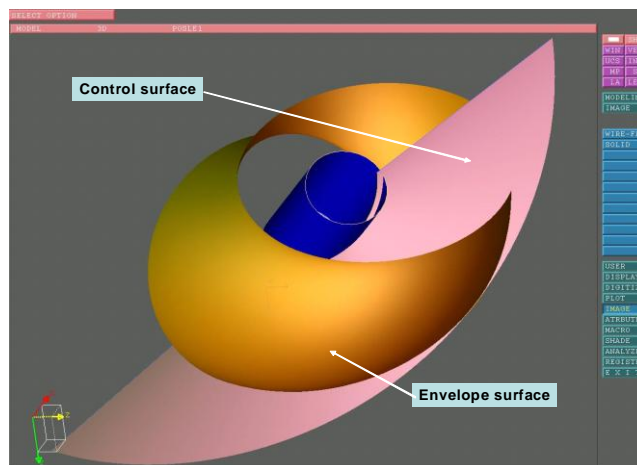
Parametry šroubovice:

r – nosný poloměr šroubovice
(d – průměr šroubovice)

H – výška závitu
 α – úhel stoupání šroubovice
(L – obvod nosného válce)



Obr. 6 Úhel stoupání šroubovice
Fig. 6 Helical groove angle

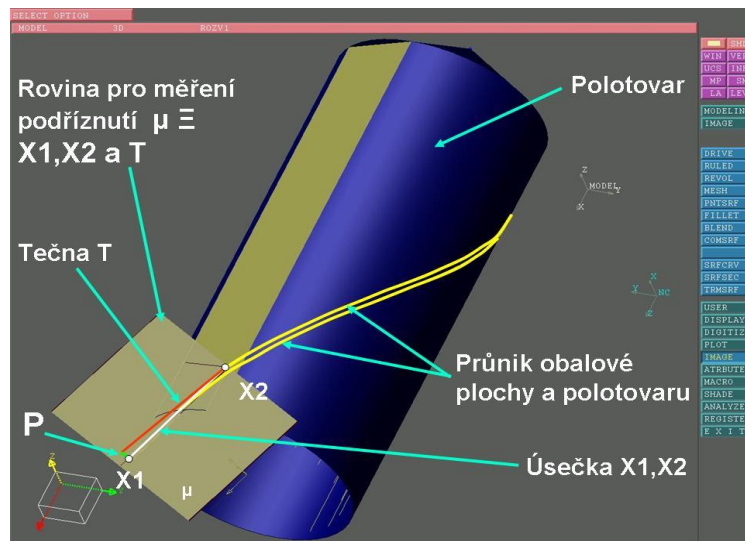


Obr. 7 Vstupní geometrická simulace v CAD/CAM systému
Fig. 7 Geometry simulation in CAD/CAM system

Hodnotu velikosti podříznutí P šroubovice na povrchu polotovaru (měřenou vůči tečně šroubovice (v bodě X2) v rovině tvořené tečnou a úsečkou X1, X2 – sečná rovina) v závislosti na parametrech technologického procesu broušení šroubovice (R , r , s , α) vypočteme dle následujícího vzorce:

$$P = \tan(\Delta\alpha) * (x_2 - x_1)$$

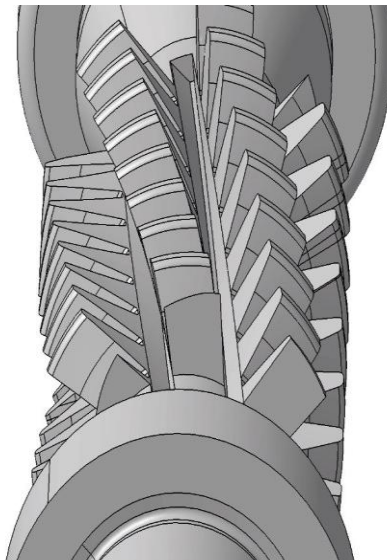
Hodnota byla verifikována vůči numerickému modelu vytvořeném v CAD/CAM systému Cimatron. V současné době se pracuje na úpravě numerického modelu resp. na jeho zpřesnění a zahrnutí dalších vlivů. Popsané řešení shrnuje současné výsledky získané studiem prostorové geometrie a kinematiky při broušení kotoučem konstantní tloušťky v závislosti na parametrech technologického procesu broušení šroubovice (R , r , s , α). Broušená šroubovice slouží k výrobě tvarové plochy (výroba a broušení šroubovitě drážky na vrtáku či fríze) tak, aby bylo dosaženo jejího tvaru pomocí definovaných geometrických parametrů brusného kotouče s jednoduchým tvarem. Metoda směřuje k optimalizaci podříznutí a v dalších krocích k aplikaci v CL datech, při vývoji kvalitnějších postprocesorů pro NC brusku Walter Helitronic a k tvorbě kvalitnějších NC programů. Řešení pojímá problematiku pokud možno komplexně.



Obr. 8 Rovina μ pro měření podříznutí P
 Fig. 8 The plane for measuring of helical the groove undercutting P

3 Praktická aplikace metody

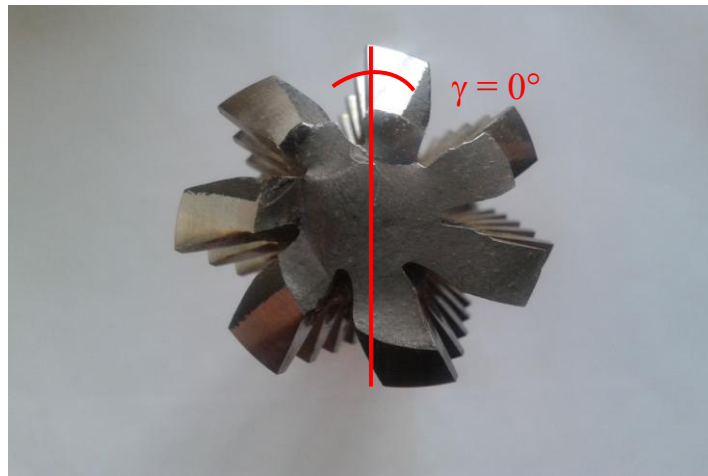
Aplikace vychází z požadavku průmyslu na přesné řešení tvaru brusného kotouče při broušení čela odvalovacích šnekových fréz. Matematický model pro výpočet rozvalu při broušení neodpovídá zatím přesně požadavkům této kinematiky, přesto byla metoda v režimu ladění použita.



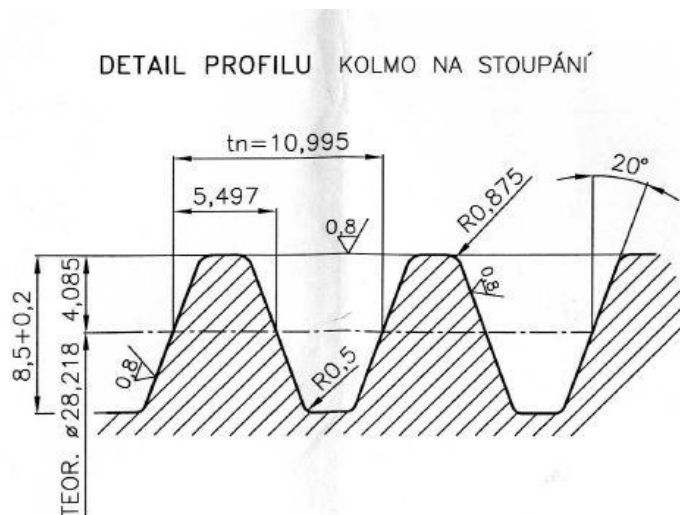
Obr. 9 Detail plochy čel zubů [27]
 Fig. 9 The detail of the head surface of teeth [27]

Výsledky pak byly konfrontovány s praktickými závěry získanými v průmyslu a také s výsledky metody vyřešené v DIPLOMOVÉ PRÁCI – „Návrh řešení orovnávaní tvarové plochy brusného kotouče pro ostříčku „SHÜTTE““ autorky Bc. Aneta Milsimerové zpracované pod vedením doc. Ing. Jiřího Česánka. Především porovnáním s výsledky z průmyslu byla zjištěna **značná tvarová shoda**, která potvrdila možnost aplikovat tuto

analytickou metodu i pro takto složitou kinematiku. S ohledem na zjištěné výsledky bude tato metoda dále zobecňována. Současné výsledky dávají dobrou prognózu pro další vývoj.



Obr. 10 Úhel čela [27]
Fig. 10 The head plane angle [27]



Obr. 11 Profil kolmo na stoupání
Fig. 11 The orthogonal section of the milling tool

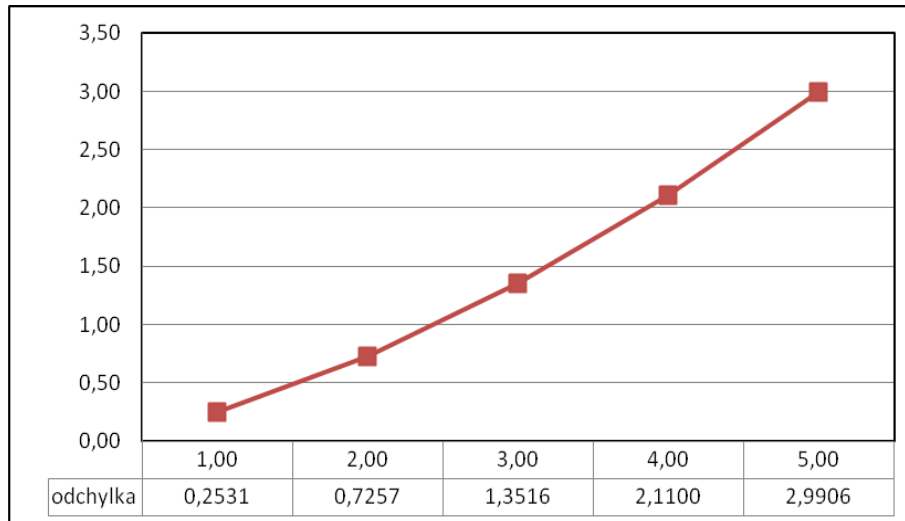
Konkrétní parametry výpočtu:

r – nosný poloměr šroubovice (18.8 mm)
H – výška závitu (711.2 mm)

α – úhel stoupání šroubovice
R – poloměr kotouče (50 mm)

Výsledný tvar brusného kotouče který nebude podřezávat výsledný tvar:

Do zpracované analytické metody byly aplikovány výše definované parametry a zmíněný postup výpočtu byl naprogramován. Získané výsledky byly pak zpracovány do následující tabulky a grafu – viz obr. 12.



Obr. 12 Velikost odchylky od původního tvaru kotouče v závislosti na hloubce
 Fig. 12 Dimensional deviation from original shape of grinding wheel in dependency of depth

4 ZÁVĚR

Broušení tvarových nástrojů úzce souvisí s problematikou tvarových ploch, které je na katedře technologie obrábění ZČU v Plzni již dlouhodobě věnována velká pozornost. Specifikace problematiky broušení spočívá v použití nástrojů s geometricky nedefinovaným tvarem ostří, v práci vysokou řeznou rychlostí a vysokými požadavky na jakost povrchu a geometrickou přesnost vyrobené plochy. Při návrhu kinematiky pohybu nástroje je potřeba velmi přesně nadefinovat trajektorii, po které se má pohybovat střed nástroje, což je z matematického pohledu ve většině případech úloha určení ekvidistanty k obalové ploše vytvářené rotujícím nástrojem. Předložený článek shrnuje výsledky výzkumu výroby složitých prostorových tvarů s aplikací do oblasti broušení. Při řešení této problematiky byly uplatněny zejména letité zkušenosti z programování NC strojů, práce s vyspělými CAD/CAM systémy a v neposlední řadě i zkušenosti získané ze spolupráce s výrobcí nástrojů jako jsou firmy ISCAR, WALTER, Gühring a Hofmeister.

Literatura:

- [1] PŘÍKRYL, Z. "Teorie obrábění". SNTL/ALFA Praha, 1975
- [2] ŠVEC, S. "Řezné nástroje". SNTL Praha, 1968
- [3] JAROMÍR, J.- MAZANEC, H. "Diamantové a CBN nástroje pro průmyslové použití". Plzeň, LAIWA PRESS 1993.
- [4] KÖNIG, W. „Fertigungsverfahren“, Band 2, Düsseldorf, VDI Verlag 1996
- [5] VASILKO, K., MICHEL, D., HRUBEC, J. "Brusenie a ostrenie rezných nástrojov". Bratislava, ALFA 1984.
- [6] KOŽMÍN, P. "Broušení monolitních řezných nástrojů na NC bruskách". ICPM 2001, Ústí nad Labem, ÚTRJ. ISBN 80-7044-358-8.
- [7] SCHIMONYI, J. "NC Programmierung für das Werkzeugschleifen". Berlin Springer Verlag 1991
- [8] JANDEČKA, K., ČESÁNEK, J., HNÁTÍK, J. Výroba tvarově složitých ploch a jejich proměrování pro potřeby měření aerodynamických tvarů. *Strojírenská technologie*, roč. XIX., č. 1, březen 2014. UJEP, Ústí nad Labem, str. 18-23.
- [9] JANDEČKA, K. "Využití moderních CAD/CAM systémů při programování NC strojů, ZČU Plzeň, 1996
- [10] JANDEČKA, K. „Teoretický úvod ke kinematice broušení tvarových ploch pro potřeby NC programování“, Výzkumná zpráva KTO, KTO – 12/2008, FST ZČU v Plzni, Plzeň 2008.
- [11] JANDEČKA, K. „Pětiosý postprocesor WALTER V1 (zpracovaný pro potřeby řešení grantu GAČR 101/07/0751)“, Výzkumná zpráva KTO, KTO – 11/2008, FST ZČU v Plzni, Plzeň 2008.
- [12] Manuál CAD/CAM systému CIMATRON^{IT}

- [13] Manuál CAD/CAM systému CATIA V5R6
- [14] HOLEŠOVSKÝ, F., HRALA M. „Grinding Process and its Influence to Surface Integrity“. Proceedings International Conference AMPT'01, Madrid 2001, Spain, pp.587-596, ISBN 84-95821-05-2
- [15] JERSÁK, J. „Matematický model broušení“, In: II. Mezinárodní nástrojářská konference. Nástroje - Tools 2001, Zlín. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická 2001, s. 141-147.
- [16] LUKOVICS, I., SÝKOROVÁ, L. „Stanovení řezivosti brousících kotoučů pro vysokovýkonné broušení.“, In: Nástroje 99, Zlín, 1999, p. 96-102, ISBN 80-214-1426-X
- [17] JANDEČKA, K., ČESÁNEK, J., KAPINUS, V., DVOŘÁK, P., SOVA, F., „Přehled současného broušení tvarově složitějších nástrojů“. *Výzkumná zpráva KTO -1/05, ZČU v Plzni, Plzeň 2005.* 48 stran.
- [18] VRABEC, M., MÁDL, J. „NC programování v obrábění“, Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 92 s. ISBN 80-01-03045-8.
- [19] Release 11.0 Documentation for ANSYS
- [20] LAŠOVÁ, V., VOJNA, J. „Numerická simulace broušení“. Výzkumná zpráva KTO, KTO – 17/2008, Zpracováno KKS FST ZČU v Plzni, Plzeň 2008.
- [21] SOVA, F., MATĚJKA, J. „Experimentální ověření rozvalu šroubové drážky“, Výzkumná zpráva KTO, KTO – 19/2008, FST ZČU v Plzni, Plzeň 2008.
- [22] TOMICZKOVÁ, S. „Přehled matematických pojmů použitelných při řešení problematiky broušení tvarových ploch“. Část I. Výzkumná zpráva KTO, KTO – 16/2008, Zpracováno KMA FAV ZČU v Plzni, Plzeň 2008.
- [23] MOUREK, D. „Problematika stanovení rozvalu šroubovitých drážek monolitních řezných nástrojů“. *Práce ke SDZ, Školitel Prof. K. Janděčka, ZČU v Plzni, Plzeň 2008.* 33 stran.
- [24] ŠKARDA, J. „Šroubovitý vrták“, Podklad pro cvičení [online]. 2007 [cit. 2009-11-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.ateam.ic.cz/vrtak.pdf>>.]
- [25] SADÍLEK, M. „Sylabus přednášek“, VŠB-TU Ostrava
- [26] MOUREK, D. „Grafické zpracování šroubovitého vrtáku a frézy“, Interní podklady IFQ, Magdeburg, 2009
- [27] MILSIMEROVÁ, A. „Návrh řešení orovnávaní tvarové plochy brusného kotouče pro ostříčku „SHÜTTE“, [diplomová práce]“, ved. práce Jiří Česánek., Plzeň: ZČU. FST, 2014.
- [28] KARPUSCHEWSKI, B., JANDEČKA, K., EMR, T., SCHMIDT, K., ČESÁNEK, J., KUSHNARENKO, O., ČESÁKOVÁ, I., MOUREK, D. Postprocessor development for multi-axis machining: A literature review. /In / ERIN 2010, Plzeň, KTO FST ZČU v Plzni, ZČU Plzeň, 2010, ISBN 978-80-7043-866-4.
- [29] JANDEČKA, K., SOVA, F., ČESÁNEK, J.: Broušení složitých tvarových ploch především v oblasti výroby nástrojů. /In / For Industry 2010, Praha, Praha 2010, ISBN

Abstract

Artilec: Correction by grinding of the helical grooves

Authors: Karel Janděčka
Jiří Česánek

Workplace: West Bohemia University Pilsen, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining Technology

Keywords: grinding, shaped surfaces, CAD/CAM system Cimatron, NC modul, postprocessor, NC program

This abstract describes further results in solving of this issue and builds on the results obtained in the framework of the project GAČR no. 101/07/0751 and also on the knowledge and information obtained during the processing of the grant project GAČR no. 101/05/2562. The topic is oriented to the production and sharpening rotary instruments, mainly because all the know-how is owned by foreign companies. The second chapter builds on the issue calculation of the dependen-

ce undercutting helical groove on the grinding wheel diameter, thickness, and depth of cut of the grinding wheel with zero thickness. This method is an original analytical procedure or function. Analytical method calculates geometry of undercutting helical groove. Is the part of the theoretical problems study grinding helical shapes on the machin-tools. Presented information describes the sequential steps in a generalization of the method and solution of the mathematical model. Research of this method is divide on to individual stages and bids on the analysis of geometrical and kinnematical tasks, wich can be used during helical grooves grinding. Third chapter describes using analytical calculation method of the undercutting helical groove in industry. This chapter is based on the real technical problem in industry. Problem is, how must be defined the shape of grinding wheel wich do not undercut the shape of helical groove on the special machin-tool. The autors used above-mentioned method and prepared calculating algorythm for calculation of the shape grinding wheel. The obtained theoretical result is very precise agree with shape of the grinding wheel wich is used in industry. Described result gives good basis for future research and method will be further developed and generalized. The obtained result was compare with the shape, wich was define by CATIA geometrical simulation. Current stage of the solution is not the final stage and lead to further steps in the application of this method in practice.

