

## Sledovanie tvorby triesky pri frézovaní STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE PLZEŇ- 2011

Tarasovičová, Adriána, Ing., Technická Univerzita v Košiciach, Fakulta výrobných technológií so sídlom v Prešove, [adriana.tarasovicova@tuke.sk](mailto:adriana.tarasovicova@tuke.sk)

Belán, Miroslav, Ing., Technická Univerzita v Košiciach, Fakulta výrobných technológií so sídlom v Prešove, [miroslav.belan@tuke.sk](mailto:miroslav.belan@tuke.sk)

Kasina, Marek, Ing., Technická Univerzita v Košiciach, Fakulta výrobných technológií so sídlom v Prešove, [marek.kasina@tuke.sk](mailto:marek.kasina@tuke.sk)

Michalik, Peter, Ing. PhD., Technická Univerzita v Košiciach, Fakulta výrobných technológií so sídlom v Prešove, [peter.michalik@tuke.sk](mailto:peter.michalik@tuke.sk)

Šomšáková, Zuzana, Ing., Technická Univerzita v Košiciach, Fakulta výrobných technológií so sídlom v Prešove, [zuzana.somsakova@tuke.sk](mailto:zuzana.somsakova@tuke.sk)

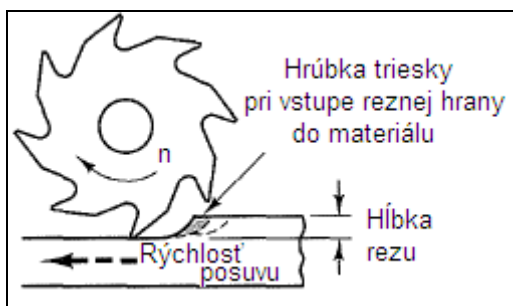
**Príspevok sa zaoberá tvorením a tvarovaním triesky pri frézovaní nízkymi reznými rýchlosťami. Frézovanie bolo realizované použitím krátkej drážkovacej frézy určenej na výrobu drážok pier o priemere 6 mm. Tvorba triesky bola sledovaná pri konštantnej hĺbke rezu a konštantnom posuve. Rezná rýchlosť bola menená na troch úrovniach. Dané podmienky rezného procesu boli aplikované pri frézovaní uhlíkovej ocele, mangano-chrómovej ocele a chróm-niklovej ocele, čiže korózii odolnej. Následne bola sledovaná tvorba triesky pomocou vysokorýchlostnej kamery.**

→ **Kľúčové slová:** frézovanie, tvorba triesky, polomer zakrivenia

### 1 Úvod

Frézovanie je základný obrábací proces, pri ktorom je povrch utváraný progresívnym odstraňovaním triesky. Jedná sa o operáciu s prerušovaným rezom, kde nástroj vykonáva rotačný pohyb a obrobok posuvný pohyb. Rezná hrana rotačným pohybom odstraňuje materiál rôznej hrúbky. Pri každom otočení zuby nástroja vstupujú a vystupujú z obrábaného materiálu [6], pričom každý zub odoberá určité množstvo materiálu.

Poznáme súbežné a protismerné frézovanie, v ktorých je odlišný smer vektora rýchlosti rezného pohybu [3], resp. je odlišný smer posuvu obrobku v oblasti rezania so smerom otáčania frézy. Viac pozornosti v tomto príspevku bude venované súbežnému frézovaniu. O súbežnom frézovaní hovoríme vtedy, keď smer posuvu obrobku v oblasti rezania je zhodný so smerom otáčania frézy (Obr. 1). Hrúbka triesky je najväčšia na začiatku obrábania a smerom ku koncu klesá až na nulu. Rezná hrana v tomto frézovaní prichádza do záberu náhle a obrábanie začína veľkou hrúbkou triesky. Tým dochádza k rázovému namáhaniu reznej hrany, nevzniká však klzný efekt ako pri protismernom frézovaní. Mimo toho sa tiež vyvíja menej tepla a minimálny je aj sklon k spevňovaniu materiálu obrobku za studena. Veľká hrúbka triesky sa prejavuje priaznivo a v priebehu obrábania sa niekedy triesky navaria, alebo prilepia na reznú hranu a zostávajú tak až do okamihu záberu. [2]



**Obr. 1 Schéma súbežného frézovania [1]  
Fig. 1 Scheme of climb milling [1]**

obrábania a trvanlivosti reznej hrany nástroja. [2] Pozorné sledovanie triesky získanej pri frézovaní môže poskytnúť dôležité informácie. Frézovaná trieska má skrutkovitý tvar a dĺžka triesky je limitovaná dĺžkou oblúka rezu v materiáli. Výsledný tvar triesky je možné ovládať ovládaním rezných podmienok frézovacej operácie. Napríklad [6]:

- Šírka triesky závisí na hĺbke rezu a najdlhšia trieska je dosahovaná pre frézovaní drážok.

Súbežné frézovanie je v praxi uprednostňované ak to umožňuje obrábací stroj, upínanie a obrobok. [2] Hlavné výhody sú efektívne rezanie, dlhá životnosť nástroja, lepšia kvalita dokončovacích povrchov špeciálne s nehrdzavejúcimi ocelami, hliníkom alebo titánovými zliatinami. Je tu však aj riziko poškodenia nástroja, keďže dochádza k rázovému namáhaniu reznej hrany. [6]

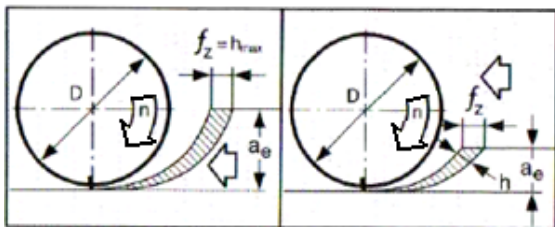
Utváranie triesky má pri frézovaní zvláštny význam. Správne určenie hodnoty hrúbky triesky vedie k dosiahnutiu dobrého výkonu

- Dĺžka závisí na šírke rezu a priemere nástroja – väčší priemer nástroja značí dlhšiu triesku.
- Hrúbka triesky je úmerná posuvu na zub spolu so šírkou rezu.
- Triesky získané pri frézovaní by mali byť pravidelné.
- Triesky získané pri frézovaní by mali disponovať rovnakým sfarbením.
- Pokiaľ je použité chladenie pri frézovaní, nemali by byť pozorované tepelné vplyvy na triesku.

Je dôležité, aby trieska nezostávala v reznej oblasti. Ak je trieska nepravidelná, ak tam sú ihlovité triesky, alebo ak sú triesky rôzne sfarbené, znamená to, že rezné podmienky nie sú vhodne zvolené, chladenie nie je efektívne, že tam sú vibrácie, alebo že rezná hrana nástroja je opotrebovaná. [6]

### 1.1 Stredná hrúbka triesky

Zatiaľ čo v mikro pohľade na frézovanie sa stretávame s pojmom „minimálna hrúbka triesky“ t.j. hĺbka rezu a posuv sú veľmi malé (v hodnotách polomeru zaoblenia reznej hrany alebo menších) a žiadna trieska nie je tvorená [5], tak v makro pohľade na frézovanie sa stretávame s pojmom stredná hrúbka triesky. Maximálna hrúbka triesky  $h_{max}$  by mala byť prekontrolovaná spolu s uhlom nastavenia hlavnej reznej hrany, aby bol zaručený uspokojivý záber nástroja a aby sa zamedzilo preťažovaniu reznej hrany. Hrúbka triesky je pri frézovaní premennou veličinou [4] a stanoví sa veľmi zložito. Z tohto dôvodu je z mnohých hľadísk výhodnejšie, pracovať so strednou hrúbkou triesky  $h_m$  (Obr. 2). [2]



Obr. 2 Hrúbka triesky pri frézovaní [2]  
Fig. 2 Chip thickness in milling [2]

U rovinného frézovania čelnou a valcovou frézo sa stredná hrúbka triesky vypočíta pomocou relatívne jednoduchého vzorca (1) [6]. Podľa použitej metódy obrábania obsahuje tento vzorec hodnoty posuvu na zub, hĺbku rezu a šírku rezu. Určujúcim faktorom je taktiež priemer frézy, pretože ovplyvňuje uhol styku reznej hrany frézy  $\varphi$  s obrábaným materiálom. Hrúbku triesky ovplyvňuje aj uhol nastavenia hlavnej reznej hrany. [2]

$$h_m = \frac{\sqrt{a_e}}{D} \cdot f_z \quad (1)$$

kde  $f_z$  posuv na zub [mm]  
 $a_e$  radiálna hĺbka rezu [mm]  
 $D$  priemer frézy [mm]  
 $h_m$  stredná hrúbka triesky [mm]

### 1.2 Obrábateľnosť podľa tvaru triesky [3]

Súčasný prístup k posudzovaniu obrábateľnosti materiálov sú rôzne a majú značné subjektívne prínosy. Vo všeobecnom zmysle treba obrábateľnosť chápať ako kvalitatívny stav materiálu z hľadiska jeho spôsobilosti poddať sa účinkom rezného klina. Podľa obrábateľnosti je posudzovaná vhodnosť materiálu pre zvolený spôsob výroby pri uplatnení predpísaných kvalitatívnych a ekonomických požiadaviek. Z praktického hľadiska je aktuálne rozlišovať relatívnu obrábateľnosť, vzťahovanú k základnému – referenčnému materiálu. Aby bolo možné poznatky o obrábateľnosti prakticky využiť, je potrebné materiály formálne zaradiť do tried a skupín podľa pomernej obrábateľnosti k referenčným materiálom.

Stupeň obrábateľnosti daného materiálu je daný pomerom nákladov na vyhotovenie tej istej súčiastky z referenčného materiálu, pri rovnakých rezných podmienkach na rovnakom výrobnom zariadení, rovnakými nástrojmi a pri rovnakých požiadavkách na kvalitu a presnosť obrobenej plochy.

Materiál je lepšie obrábateľný, čím je:

- vyššia rezná rýchlosť pri danej trvanlivosti nástroja,
- menšie zaťaženie nástroja reznými silami,
- dosiahnutá menšia hodnota  $R_z$ , resp.  $R_a$  a vyššia presnosť obrobenej plochy,
- viac drobená triesky (menší objemový súčiniteľ triesok  $w$ ),
- nižšia hodnota teploty rezania.

Tieto kritéria sú však často v protirečení. Preto v daných podmienkach uprednostňujeme to, ktoré je dôležité z hľadiska výsledku obrábania. Napr. pri hrubovaní je dôležitá kinetická a dynamická obrábateľnosť, pri dokončovaní mikrogeometrická.

Obrábateľnosť materiálov z hľadiska tvarovania triesky sa používa pri posudzovaní húževnatých materiálov, kde trieska je rozhodujúca pre priebeh technologického procesu. Tvar triesky možno hodnotiť napr. polomerom zakrivenia  $r_t$ , alebo objemovým súčiniteľom triesok  $w$  (2):

$$K_{tt} = \frac{r_{te}}{r_{t1}} \approx \frac{w_e}{w_1} \quad (2)$$

kde  $K_{tt}$  obrábateľnosť podľa tvaru triesky

$r_{te}$  polomer zakrivenia triesky referenčného materiálu [mm]

$r_{t1}$  polomer zakrivenia triesky skúmaného materiálu [mm]

$w_e$  objem triesok získaných pri obrábaní referenčného materiálu [mm<sup>3</sup>]

$w_1$  objem triesok získaných pri obrábaní skúmaného materiálu [mm<sup>3</sup>]

Pritom na obe kritéria vplýva geometria nástroja a použité rezné podmienky.

## 2 Podmienky pozorovania tvorenia a tvarovania triesky

Frézovanie bolo realizované na vertikálnej frézke AVIA (FOP) krátkou čelne valcovou frézou na výrobu drážok. Použitá bola monolitná fréza s hladkou valcovou stopkou o priemere 6 mm s dvoma zubmi vyrobená z HSS Co8 bez povlaku (Obr. 3). Tento rezný materiál je vysoko výkonná oceľ s dobrou húževnatosťou a výbornou teplotnou odolnosťou. Vhodná predovšetkým pre frézovanie vysokopevných materiálov, austenitických ocelí, ocelí pre tvárnenie za tepla atď.



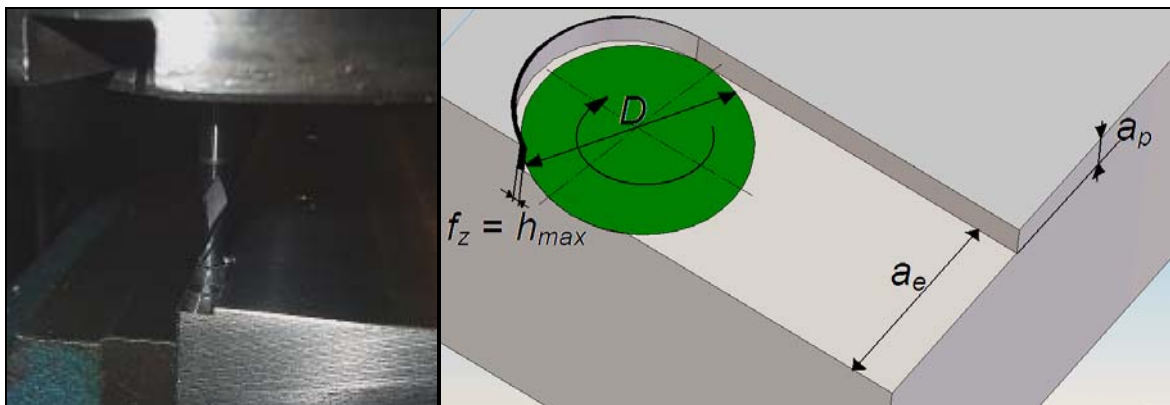
Obr. 3 Fréza  
Fig. 3 Milling cutter

Uhol skrutkovice frézy  $\lambda$  bol 25° a uhol čela  $\gamma$  bol 12°, pričom veľkosť uhla skrutkovice od 25° až 35° je základná voľba pre hrubovanie a dokončovanie u všetkých materiálov. Výhodou je univerzálne použitie s dobrou rovnováhou rezných síl a nevýhodou je, že nie vždy je to najproduktívnejšie. [5]

Tvorba triesky bola pozorovaná na troch rôznych materiáloch. Na uhlíkovej oceli EN C45 resp. STN 12 050 s obsahom uhlíka

C = 0,42 – 0,50%, často používanej ako referenčný materiál. Ďalším materiálom boli manganochrómová oceľ EN 16MnCr5 resp. STN 14 220 s obsahom uhlíka C = 0,14 – 0,19% a chróm – niklovej ocele EN X5CrNi18-10 resp. STN 17 241 s obsahom uhlíka C = 0,029%.

Hĺbka rezu  $a_p$  bola 1 mm a posuv na zub  $f_z$  bol 0,022 mm ako vidno na schéme obrábania (Obr. 4).

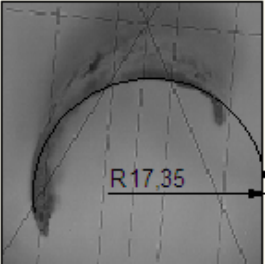
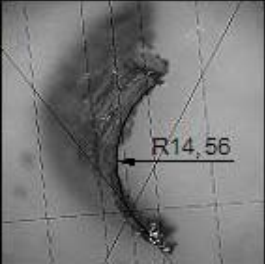



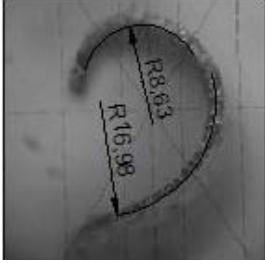
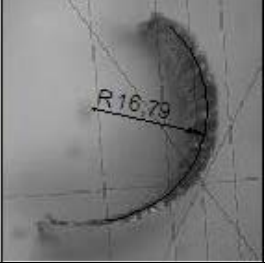
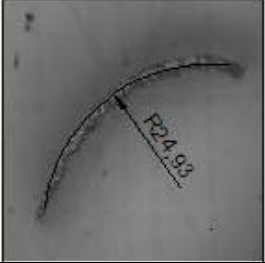
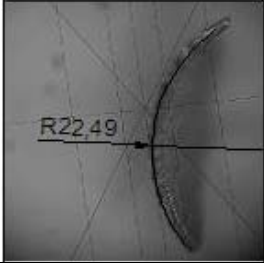


Obr. 4 Schéma obrábania  
Fig. 4 Diagram of machining

## 3 Výsledky

Z frézovania jednotlivých materiálov danými rýchlosťami boli vybrané reprezentačné vzorky vznikajúcej triesky z jednotlivých skupín (Tab. 1). Keďže vo frézovaní dĺžka triesky závisí na šírke rezu a priemere nástroja, a v danom experimente boli jednotlivé materiály obrábané nástrojom s rovnakou geometriou a vyrobeného z rovnakého materiálu, predpokladáme, že dĺžka triesok je rovnaká. Pozornosť bude preto venovaná hrúbke triesky a jej zakriveniu, čiže tvaru.

**Tab. 1 Snímky triesky s 50 násobným zväčšením**  
**Tab. 2 Frames of chips at 50 times magnification**

Označenie materiálu	$n_1 = 224 \text{ ot.min}^{-1}$ $v_{c1} = 4 \text{ m.min}^{-1}$	$n_2 = 450 \text{ ot.min}^{-1}$ $v_{c2} = 8 \text{ m.min}^{-1}$	$n_3 = 900 \text{ ot.min}^{-1}$ $v_{c3} = 16 \text{ m.min}^{-1}$
EN C45 STN 12 050			
EN 16MnCr5 STN 14 220			
EN X5CrNi18-10 STN 17 241			

Ako už bolo vyššie spomenuté, frézovanie je typickou metódou obrábania kde dochádza k zmene prierezu triesky počas obrábania, čiže hrúbka triesky nie je konštantná počas jedného celého záberu. Maximálna hrúbka triesky je rovná posuvu na zub  $h_{max} = f_z = 0,022 \text{ mm}$ . A ďalej je výhodnejšie pracovať so strednou hrúbkou triesky  $h_m$ , ktorá sa rovná  $0,0087 \text{ mm}$  podľa už uvedeného vzťahu (1) viď. Obr. 4:

$$h_m = \frac{\sqrt{a_e}}{D} \cdot f_z = \frac{\sqrt{5,6}}{6} \cdot 0,022 = 0,0087 \text{ mm}$$

Na základe vzťahu (2), čiže porovnaním polomeru zakrivenia triesky u jednotlivých materiálov pri rovnakých podmienkach obrábania je možné posúdiť obrábateľnosť. U špirálovitých triesok možno hodnotiť stredný polomer zakrivenia triesky podľa vzťahu (3):

$$r_{stred} = \frac{r_{max} + r_{min}}{2} \quad (3)$$

Pred dosadením do vzťahu je nutné zvoliť si referenčný materiál, ktorý by vykazoval optimálnu obrábateľnosť na základe polomeru zakrivenia vznikajúcej triesky. Potom by bolo možné zoradiť materiály do skupín obrábateľnosti vzhľadom na zvolený referenčný materiál. V tomto prípade bude pomocou vzťahu (2) porovnaná obrábateľnosť troch materiálov, kde za referenčný materiál bola zvolená uhlíková oceľ STN 12 050.

Pri porovnaní jednotlivých zakrivení pri reznej rýchlosti  $4 \text{ m.min}^{-1}$  je polomer zakrivenia triesok takmer rovnaký. Po dosadení do vzťahu (2):

$$K_{rt} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{17,35}{17,1} = 1,014 \quad , \text{ pre materiál STN 14 220}$$

$$K_{rt} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{17,35}{16,79} = 1,033 \quad , \text{ pre materiál STN 17 241}$$

Ako je zrejmé z výpočtov, obrábateľnosť podľa tvaru triesky pri reznej rýchlosti  $4 \text{ m.min}^{-1}$  je takmer rovnaká a rovná jednej. Z toho vyplýva, že pri danej rýchlosti je obrábateľnosť oboch materiálov dobrá,

pokiaľ zvolený referenčný materiál reálne odpovedá optimálnej obrábateľnosti podľa tvaru triesok. Čiže čím je obrábateľnosť podľa tvaru triesky  $K_{tt}$  bližšia jednej celej tým je obrábateľnosť za daných podmienok obrábania lepšia. Pri zisťovaní obrábateľnosti materiálov podľa tvaru triesky pri reznej rýchlosti  $8 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$  sú pozorované odlišnosti v polomere zakrivenia triesky.

$$K_{tt} = \frac{\eta_a}{\eta_{t1}} = \frac{14,56}{17,35} = 0,839, \text{ pre materiál STN 14 220}$$

$$K_{tt} = \frac{\eta_a}{\eta_{t1}} = \frac{14,56}{24,93} = 0,584, \text{ pre materiál STN 17 241}$$

Z týchto výpočtov už je možné usúdiť, že materiál STN 14 220 je lepšie obrábateľný ako materiál STN 17 241 pri reznej rýchlosti  $8 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ , pretože 0,839 je bližšie k jednej celej. Analogicky bola riešená obrábateľnosť podľa tvaru triesky pri reznej rýchlosti  $16 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ , no najprv bol určený stredný polomer triesok kvôli špirálovitému charakteru vznikajúcich triesok. Pre materiál STN 14 220 je  $K_{tt} = 1,16$  a pre materiál STN 17 241 je  $K_{tt} = 0,66$ . Aj pri reznej rýchlosti  $16 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$  je teda materiál STN 14 220 lepšie obrábateľný ako materiál STN 17 241 na základe obrábateľnosti podľa tvaru triesky.

Toto tvrdenie je možné porovnať aj na základe obsahu chemických prvkov materiálu, ktoré taktiež ovplyvňujú obrábateľnosť materiálu. Chemické prvky v daných materiáloch, ktoré najviac ovplyvňujú obrábateľnosť sú znázornené v tabuľke č.2 (Tab. 2):

**Tab. 3 Chemické prvky materiálov vplyvajúce na obrábateľnosť materiálov**

**Tab. 4 Chemical elements affecting the machinability of materials**

Označenie	C	Mn	P	Cr
STN 12 050	0,42 – 0,50	0,50 – 0,80	0,04	max 0,25
STN 14 220	0,14 – 0,19	1,10 – 1,40	0,035	0,80 – 1,10
STN 17 241	0,029	1,87	0,03	18,26

Tvrdosť ocele stúpa s obsahom uhlíka, podobne obrábateľnosť s rastúcim obsahom uhlíka klesá. Vplyv jednotlivých prvkov v oceli na jej relatívnu obrábateľnosť [3]:

- C – Zvyšovaním obsahu uhlíka sa zhoršuje aj dynamická aj kinetická obrábateľnosť (stúpa pevnosť a tvrdosť ocele). Pri dokončovaní, kde záleží na kvalite obrobenej plochy vyšší obsah uhlíka zlepšuje mikrogeometrickú obrábateľnosť.
- Mn – Pôsobenie mangánu je viazané s obsahom uhlíka. S nárastom obsahu mangánu sa zhoršuje kinetická aj dynamická obrábateľnosť. Mikrogeometrická sa však s obsahom Mn zlepšuje.
- P – Fosfor znižuje plasticosť ocele, už pri obsahu 0,1% významne zlepšuje obrábateľnosť a podporuje lámavosť triesky.
- Cr – Pri väčšom obsahu zvyšuje pevnosť a húževnatosť ocele, čím zhoršuje jej kinetickú a dynamickú obrábateľnosť a zlepšuje mikrogeometrickú.

#### 4 Záver

Frézovanie patrí medzi základné spôsoby obrábania, kde je materiál odstraňovaný prerušovaným rezom. Charakteristickou črtou tejto operácie je, že odstraňovaný materiál nemá konštantný prierez, čiže je pozorovaná hrúbka triesky, ktorá je premennou veličinou. Z tohto dôvodu bola stanovená stredná hrúbka triesky  $h_m$ . Zo skupiny triesok získaných pri frézovaní daných materiálov danými rýchlosťami na reprezentatívnych vzorkách boli zaznačené polomery zakrivenia týchto triesok pod 50 násobným zväčšením. Musí však byť zohľadnená aj nepresnosť tejto metódy, keďže hrúbka triesky nie je konštantná tak dochádza k určitému skresleniu. Pri voľbe referenčného materiálu bolo predpokladané, že materiál STN 12 050 je optimálne obrábateľný a bol zvolený za referenčný materiál. Pri reznej rýchlosti  $4 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$  sa javili všetky tri materiály ako dobre obrábateľné vzhľadom k tvaru tvorenej triesky. Pri postupnom zvyšovaní reznej rýchlosti nastali prvé zmeny a materiál STN 14 220 vykazoval lepšiu obrábateľnosť ako materiál STN 17 241. Obrábateľnosť podľa tvaru triesky bola potvrdená aj obrábateľnosťou podľa obsahu chemických prvkov v danom materiáli. Podľa obsahu uhlíka by sa dalo povedať, že STN 14 220 je najlepšie obrábateľná, no obsah chrómu robí materiál húževnatejším a tak zhoršuje jeho kinetickú a dynamickú obrábateľnosť. Keďže korózii odolná ocel STN 17 241 má najväčší obsah chrómu t.j. je húževnatejšia a preto kineticky a dynamicky horšie obrábateľná ako predchádzajúce materiály. Pokiaľ by bolo cieľom získať dobrú kvalitu povrchu, vtedy by bol materiál STN 17 241 na prvom mieste vďaka najvyššiemu obsahu mangánu. Obrábanie bolo zaznamenané pomocou vysokorýchlostnej kamery Phantom. Na záznamoch bolo pozorované stáčanie triesok a ich odstraňovanie zo zóny rezania. Triesky boli stáčané do určitých polomerov, no pri obrábaní nehrdzavejúcej ocele vyššou reznou rýchlosťou boli zaznamenané najvyššie hodnoty

polomeru zakrivenia triesky. Sledovanie tvorby triesky je rozšírenejšie pri operáciách sústruženia než frézovania. Je však dôležité sledovať črty rôznych technologických operácií, pretože každá je odlišná a prináša hlbšie poznanie zákonitostí technologických procesov.

## Literatúra

- 1 DeGarmo, E. P. et al.: Materials and Processes in Manufacturing, John Wiley & Sons, Inc., New York, 2003, ISBN 0-471-65653-4, s. 1154
- 2 Sandvik Coromant, Příručka obrábění, Scienta Praha, 1977, ISBN 91-97-22-99-4-6, s. 457.
- 3 Vasilko, K.: Teória a prax trieskového obrábania. Cofin Prešov, 2009, ISBN 978-80-553-0152-5, s. 530.
- 4 KUŠNEROVÁ, Milena et al. : Derivation and measurement of the velocity parameters of hydrodynamics oscillating system. In: Strojárstvo : Journal for theory and application in mechanical engineering. vol. 50, no. 6 (2008),p. 375-379. ISSN 0562-1887.
- 5 Ducobu, F., Filippi, E., Rivière-Lorphèvre, E.: Chip Formation and Minimum Chip Thickness in Micro-milling. [cit. 23.12.2010]. Dostupné na internete:  
<<http://www.geniemeca.fpms.ac.be/Recherche/Articles/ducob2009a.pdf>>
- 6 HSS Smart Guide 05 Milling. [cit. 14.3.2010]. Dostupné na internete:  
<<http://www.hssforum.com/SmartGuideEN.htm>>

**Príspevok je vytvorený za podpory Ministerstva školstva SR prostredníctvom grantu VEGA 1/0885/10 a za spolupráce s Polytechnikou Krakovskou na Fakulte strojného inžinierstva v Krakove.**

## The Observed of Chip Formation in Milling STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE PLZEŇ- 2011

Tarasovičová, Adriána, Ing., Technical University in Košice, Faculty of Manufacturing Technologies with a seat in Prešov, [adriana.tarasovicova@tuke.sk](mailto:adriana.tarasovicova@tuke.sk)

Belán, Miroslav, Ing., Technical University in Košice, Faculty of Manufacturing Technologies with a seat in Prešov, [miroslav.belan@tuke.sk](mailto:miroslav.belan@tuke.sk)

Kasina, Marek, Ing., Technical University in Košice, Faculty of Manufacturing Technologies with a seat in Prešov, [marek.kasina@tuke.sk](mailto:marek.kasina@tuke.sk)

Michalik, Peter, Ing. PhD., Technical University in Košice, Faculty of Manufacturing Technologies with a seat in Prešov, [peter.michalik@tuke.sk](mailto:peter.michalik@tuke.sk)

Šomšáková, Zuzana, Ing., Technical University in Košice, Faculty of Manufacturing Technologies with a seat in Prešov, [zuzana.somsakova@tuke.sk](mailto:zuzana.somsakova@tuke.sk)

➡ Keywords: milling, chip formation, radius of curvature

### Abstract

Milling is one of the basic methods of machining where material is removed interrupted cut. A characteristic feature of this operation is that the removed material hasn't a constant section, the chip thickness is observed. It is a variable. Therefore, medium chip thickness  $h_m$  was determined. The experiment was realized by climb milling where the chip during the machining of a lot to say. Uncoated cutting tool was made of speed steel and the cutting speed was changed at three levels. The entire experiment was concentrated at monitoring the formation and shaping of chip at low speeds, as part of other experiments to be carried out at lower speeds. Three kinds of materials were machined, where the machinability has been evaluated on the basis of the chip shaping and it was compared with machinability according to the content of chemical elements in the material. From Groups of chips produced in the milling of the materials were selected representative samples, which were noted of the radius of these chips at 50 times magnification. The inaccuracy of this method mustn't is forgotten, because the chip thickness is not constant and there is some distortion. At the selecting the reference material was assumed that material STN 12 050 is optimal machinability and was chosen as the reference material. All three materials as well cultivated by the shape of chips were appeared at cutting speed  $4\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ . When gradually increasing the cutting speed changes occurred first and STN 14 220 material exhibited better machinability than material STN 17 241. Machinability according of chip shaping was also confirmed by machinability content of chemical elements in the material. According to the carbon content could be said that the STN 14 220 has better machinability, but the chromium content makes the material tougher and so makes worse its kinetic and dynamic machinability. Corrosion resistant steel STN 17 241 has the largest chromium content, it is tough, therefore kinetically and dynamically machinability is worse than previous materials. If the goal was to get a good surface quality material STN 17 241 would be in the first place thanks to the highest manganese content. Machining was recorded using high-speed camera Phantom. For the record it was observed the chip formation and their removal from the cutting zone. Chips were twisted into the radius but in machining stainless steel by higher cutting speeds were recorded the highest values of the chip radius of curvature. Observed of chip formation is more widespread in turning than milling operations. However, it is important to follow the features of various technological operations, because each is different and brings a deeper understanding of patterns of technological processes.

