

Obrábanie austenitických ocelí nástrojmi z rýchlorezných ocelí s použitím ozónu ako procesného média STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE PLZEŇ- 2011

Belán, Miroslav, Ing., Katedra výrobných technológií, Fakulta výrobných technológií Technickej univerzity v Košiciach so sídlom v Prešove, miroslav.belan@tuke.sk

Michalík, Peter, Ing. PhD., Katedra výrobných technológií, Fakulta výrobných technológií Technickej univerzity v Košiciach so sídlom v Prešove, peter.michalik@tuke.sk

Tarasovičová, Adriána, Ing., Katedra výrobných technológií, Fakulta výrobných technológií Technickej univerzity v Košiciach so sídlom v Prešove, adriana.tarasovicova@tuke.sk

Kasina, Marek, Ing., Katedra výrobných technológií, Fakulta výrobných technológií Technickej univerzity v Košiciach so sídlom v Prešove, marek.kasina@tuke.sk

Obrábanie je austenitických chróm- niklových ocelí je náročné z niekoľkých dôvodov. Tento materiál spevňuje za studena a má malú tepelnú vodivosť. Pri obrábaní majú tieto ocele sklony k nalepovaniu na nástroj, čo môže spôsobiť lom nástroja a tým stratu jeho reznej schopnosti. Tieto skutočnosti kladú vysoké nároky na rezné nástroje. Jednou z možností obrábania austenitických ocelí, je ich obrábanie nástrojmi z HSS a HSS-PM pri rezných rýchlostiach v intervale od 10m/min. do 35m/min.. Tieto nástroje sa vyznačujú vysokou húževnatosťou a dostatočnou tvrdosťou pri nižších teplotách. Na to, aby bolo možné zabrániť strate tvrdosti nástroja pri vysokých teplotách rezania, bol použitý ionizovaný vzduch (ozón) ako ekologické procesné médium, ktoré sa vyznačuje silnými oxidačnými účinkami a pomerne vysokou tepelnou vodivosťou. Cieľom vykonaných parciálnych skúšok bolo zistiť vplyv aplikácie tohto plynného média na trvanlivosť nástrojov a vplyv zmeny rezných parametrov na kvalitu obrobeného povrchu. Článok vznikol za priamej podpory MŠ SR v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA č. 1/0885/10.

→ Klúčové slová : ozón, austenitická oceľ, HSS, charakter obrobeného povrchu, opotrebenie

1 Obrábaný materiál

Austenitické korózií- vzdorné ocele sú vďaka svojej zvýšenej odolnosti voči korózii využívané vo väčšom množstve ako feritické a martenzitické korózií- vzdorné ocele. Najpoužívanejším druhom austenitickej korózií- vzdornej ocele je oceľ s označením 1.4301 (17-19,5%-Cr, 8-10,5%-Ni, 0,07%>C).[9]

Obyčajne sa tieto ocele dodávajú v stave žíhanom na mätko a v stave žíhanom na mätko a ťahanom za studena. Tento materiál je charakterizovaný vysokým spevňovaním za studena, nízkou tepelnou vodivosťou a sklonmi k nalepovaniu na rezný nástroj. Obrobiteľnosť je preto veľmi komplexnou záležitosťou. Vo všeobecnosti sa tieto ocele obrábajú ťažšie ako ocele legované. Dôvodom spevňovania za studena je premena austenitu na martenzit pri vysokých deformačných rýchlostiach. Efekt spevňovania môže byť tak intenzívny, že na obrobenej ploche môžu vzniknúť miesta s extrémne vysokou tvrdosťou- 400 až 500 HB s hrúbkou 0,1mm. Táto skutočnosť je veľmi dôležitá pri voľbe geometrie rezného nástroja, pričom negatívny uhol čela a opotrebenie rezného nástroja spevnenú vrstvu zväčšujú. Pozitívny uhol čela a ostrá rezná hrana nástroja pôsobia naopak. Čo sa týka rezných podmienok, je vhodné voľiť hĺbku rezu a posuv tak, aby sa nástroj pri obrábaní dostal za spevnenú vrstvu.[2,6]



Obr. 1 Obrábaný materiál 1.4301
Fig. 1 Machined material 1.4301

Nízka tepelná vodivosť je ďalším problémom, ktorý ovplyvňuje voľbu materiálu rezného nástroja. Teplo z primárnej a sekundárnej plastickej deformácie nie je prednostne odvádzané trieskou a taktiež šírenie tepla zo zóny rezania späť do materiálu je obmedzené. Dôvodom je vysoký obsah chrómu, ako legujúceho prvku, ktorý znižuje tepelnú aj elektrickú vodivosť. V zóne rezania tak ostáva väčšie množstvo tepla, ktoré nepriaznivo vplyva na životnosť nástroja.[3,4,12]

2 Rezné prostredie

Ako rezné prostredie bol použitý ozón. V prípade obrábania austenitických korózií- vzdorných ocelí nebolo možné naplno využiť mastiace a zmáčacie účinky rezného prostredia, nakoľko tento materiál je odolný nielen voči korózii, ale aj voči oxidácii. Z teoretického hľadiska sa mohli mastiace účinky silne oxidačného prostredia prejaviť na nástrojoch, nakoľko použité HSS-Co frézy neboli povlakované metódou PVD a obsahujú len približne štvrtinu obsahu chrómu obrábanej austenitickej ocele. Práve metóda povlakovania PVD zabezpečuje odolnosť nástrojov proti oxidácii. Toto rezné prostredie bolo zvolené z dôvodu jeho ekologickosti, lepšej distribúcie do miesta rezania a mernej tepelnej kapacity, ktorá je podobná vzduchu a čistému oxygénu. Na generovanie ozónu bolo použité zariadenie od firmy LifeTech na obrázku 2. [7]



Toto zariadenie sa skladá:

- sušičky vzduchu
- kompresora
- generátora ozónu
- odsávania
- zariadenia slúžiaceho na rozklad odsávaného ozónu (neutralizačnej jednotky)

Intenzitu privádzaného plynného média je možné regulovať pomocou kompresora, ktorý je schopný prepraviť 14 litrov plynu za minútu. Koncentráciu ozónu je možné regulovať otočným spínačom generátora ozónu. Ozón je z miesta obrábania odsávaný a následne neutralizovaný neutralizačnou jednotkou. V priebehu skúšok bolo potrebné priestory dielne odvetrávať z dôvodu vysokej koncentrácie ozónu.

Fyzikálne vlastnosti ozónu:

- Molekulová hmotnosť 48,0 g/mol
- Bod varu (101 kPa) -111,9 °C
- Bod topenia -192,7 °C
- Kritická teplota -12,1 °C
- Kritický tlak 5,53 MPa
- Hustota, plyn (0°C, 101 kPa) 2,144 kg.m⁻³
- Hustota, kvapalina (-112 °C) 1 358 kg.m⁻³
- Povrchové napätie (-183°C) 3,84.10⁻² N.mm⁻¹

Obr. 2 Zariadenie na generovanie ozónu
Fig. 2 Device for ozone production

- Viskozita, kvapalina (-183°C) 1,57.10⁻³ Pa.s
- Merná tepelná kapacita, kvapalina (-183°C až -145° C) 1 884 J.kg⁻¹.K⁻¹
- Merná tepelná kapacita, plyn (25°C) 818 J.kg⁻¹.K⁻¹
- Molárne výparné teplo 15,2 kJ.mol⁻¹[11]

3 Použité nástroje

Na skúšky boli použité rezné nástroje z rýchloreznej ocele (HSS- Co) s daným obsahom legujúcich prvkov:

ISO (AISI) - Normen	C	Cr	W	Mo	V	Co
HS 2-9-1-8 (M42)	1.1	4	1,5	9,5	1.2	8

Obr. 3 Obsah legujúcich prvkov v nástrojoch
Fig. 3 Content of alloy elements in tools [8]



Obr. 4 Fréza HSS- Co, M42, Φ-16mm
Fig.4 Milling tool HSS- Co, M42, Φ-16mm

- vhodné pre materiály do pevnosti 900 MPa
- jeden zub cez stred [10]

3.1 Parametre rezných nástrojov

- priemer čelne valcovej frézy- 16mm
- priemer upínacej časti- [h6]16 mm
- dĺžka reznej časti- 32 mm
- dĺžka frézy- 92mm
- 4 zuby
- rovnomerný rozostup zubov
- bez PVD povlaku
- uhol čela $\gamma=12^\circ$
- typ frézy N- univerzálne použitie,

4 Stroj



Obr. 5 Univerzálna frézka FHV-50P, Proma
Fig. 5 Universal milling machine FHV-50P,
Proma

Rýchlosť posuvu v_f [mm/min.]			
	1	2	3
B	18	35	58
A	100	175	300
Otáčky vretena [ot.min.]			
	1	2	
BC	115	230	
AC	290	580	
BD	360	720	
AD	875	1750	

Tab. 1 Rezné parametre frézky
Tab. 1 Cutting parameter of milling machine

5 Parciálny experiment

V súčasnej dobe sú na obrábanie austenitických korózi- vzdorných ocelí najčastejšie nasadzované rezné nástroje zo spekaných karbidov, ktoré v porovnaní s reznými nástrojmi z klasických rýchlorezných ocelí a rýchlorezných ocelí vyrobených práškovou metalurgiou, si zachovávajú svoju tvrdosť aj pri vyšších rezných rýchlostiach. Spekané karbidy však zaostávajú za nástrojmi z HSS a HSS-PM húževnatosťou, rýchlosťou posuvu a cenou. Nástroje z HSS a HSS-PM je možné po opotrebení odpovlakovať, brúsiť a opäť povlakovať. Rezný výkon je možné u nástrojov z HSS a HSS-PM zvýšiť pomocou zvýšenia axiálnej a radiálnej hĺbky rezu. Pri úprave podmienok je potrebné rešpektovať medzu stability rezného procesu.[1,5]

$$\text{Rezný výkon: } Q = a_p * a_e * v_f * 10^{-3} [\text{cm}^3/\text{min.}] \quad (1)$$

- a_p - axiálna hĺbka rezu
- a_e - radiálna hĺbka rezu
- v_f - rýchlosť posuvu [5]

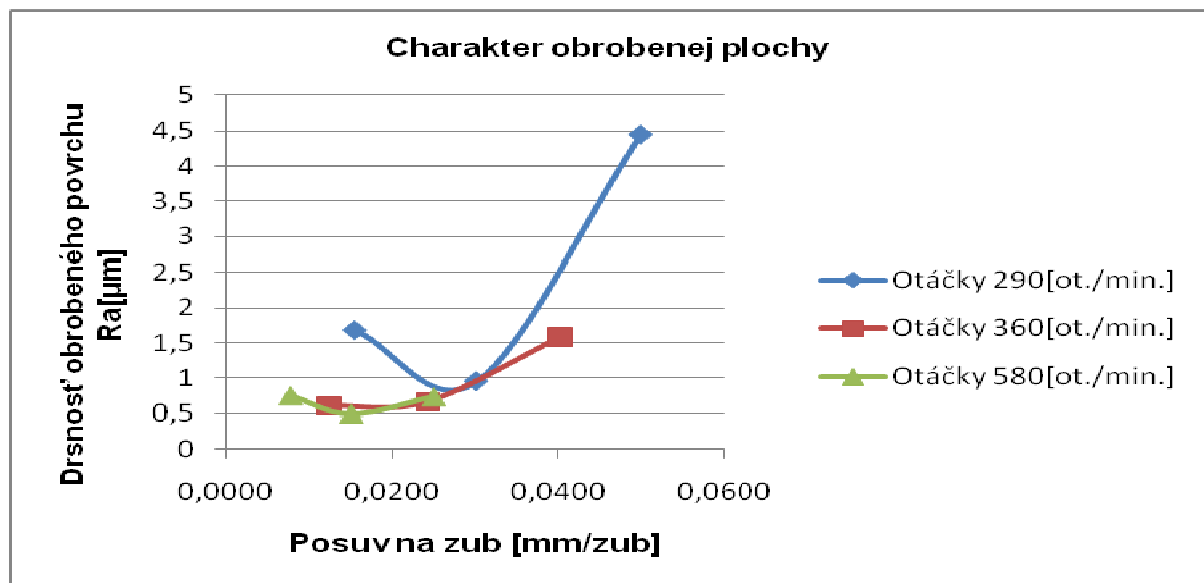
Tento parciálny experiment mal za cieľ zistiť vplyv zmeny rezných parametrov na výsledný charakter obrobenej plochy, zistiť vplyv rezného prostredia na opotrebenie rezných nástrojov a získať výsledky(etalón) pre viackriteriálne hodnotenie rezných vlastností rezných nástrojov z rýchlorezných ocelí vyrobených konvenčnou a práškovou metalurgiou. Podľa literatúry HSS Smart Guide Milling je pre nepovlakované rezné nástroje z HSS- Co stanovená maximálna rezná rýchlosť na hodnotu od 10 do 15 m/min. Počas tohto experimentu bola dosiahnutá rezná rýchlosť 29 m/min. v troch prípadoch, pričom ani v jednom prípade nedošlo k opotrebeniu na hlavnej chrbtovej ploche. Z rezných parametrov boli zmenené otáčky(rezné rýchlosti) a posuvy na zub. Všetky pokusy boli realizované ako súbežné frézovanie. Dĺžka frézovanej plochy bola v každom prípade 100 mm. Hodnoty drsnosti boli namerané pomocou zariadenia Mitutoyo SJ- 400. Každá z obrobenej plôch bola vyhodnotená 3- krát a priemerná hodnota bola zaznamenaná v grafe.

5.1 Rezné podmienky

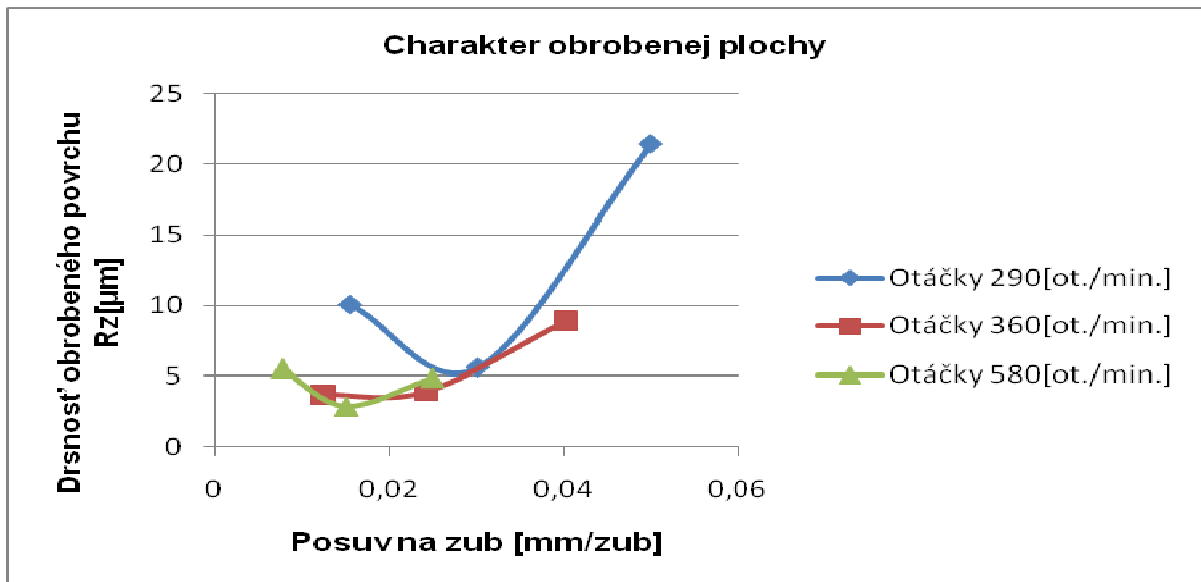
číslo skúšky	otáčky/ rezná rýchlosť v_c [m/min.]	posuv na zub f_z [mm/zub]	radiálna hĺbka rezu a_e [mm]	axiálna hĺbka rezu a_p [mm]
1.	290/ 14,6	0,0155	8	2
2.	290/ 14,6	0,03	8	2
3.	290/ 14,6	0,05	8	2
4.	360/ 18	0,0125	8	2
5.	360/ 18	0,024	8	2
6.	360/ 18	0,04	8	2
7.	580/ 29	0,0078	8	2
8.	580/ 29	0,015	8	2
9.	580/ 29	0,025	8	2

Tab. 2 Rezné podmienky
Tab. 2 Cutting properties

5.2 Dosiahnuté výsledky



Obr. 6 Grafická závislosť zmeny rezných parametrov na R_a
Fig. 6 The graphic relation on change of cutting parameters on R_a

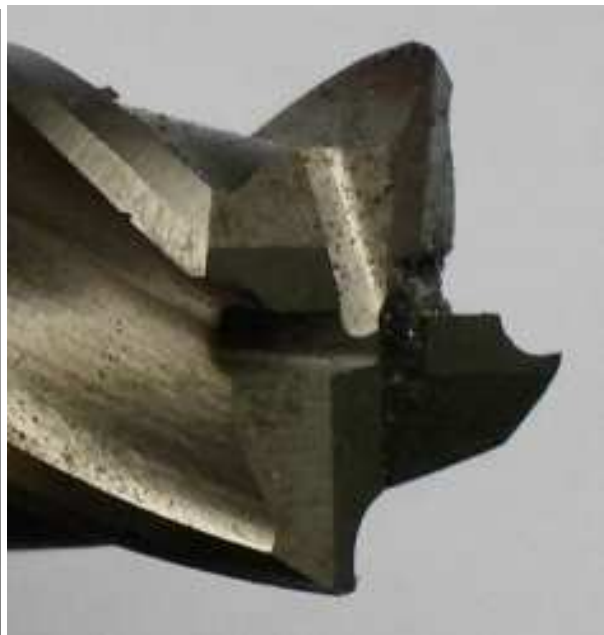


Obr. 7 Grafická závislosť zmeny rezných parametrov na Rz
 Fig. 7 The graphic relation on change of cutting parameters on Rz

5.3 Opatrenie rezných nástrojov



Obr. 8 Pohľad na chrbtové plochy zubov nástroja
 Fig. 8 Look on back surface of milling tool



Obr. 9 Pohľad na chrbtovú a čelnú plochu
 Fig. 9 Look on front and back surface

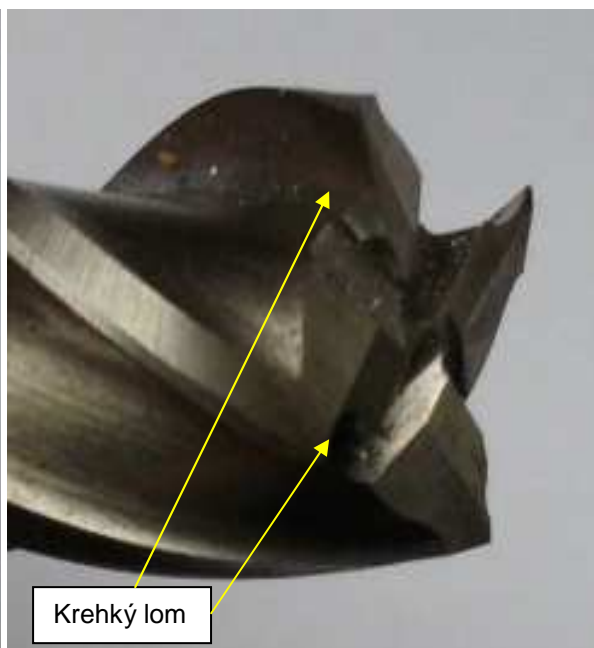
Na obrázkoch 8 a 9 sú detailné fotografie frézy HSS- Co, s ktorou boli vykonané 4 prechody o dĺžke 100 mm. Rezné podmienky aplikované na jednotlivých úsekoch:

- 1. úsek- 290 ot./min., $v_f= 58$ mm/min., čas v zábere- 1,72 min.
- 2. úsek- 580 ot./min., $v_f= 18$ mm/min., čas v zábere- 5,55 min.
- 3. úsek- 580 ot./min., $v_f= 35$ mm/min., čas v zábere- 2,85 min.
- 4. úsek- 580 ot./min., $v_f= 58$ mm/min., čas v zábere- 1,72 min.

Po každom úseku bolo kontrolované opotrebenie VB na chrbtovej ploche jednotlivých zubov. V Prvých troch prípadoch bolo opotrebenie VB=0 mm. Po poslednej kontrole bola na jednom zo zubov stanovená hodnota VB=0,2mm. Na čelných plochách jednotlivých zubov nebolo pozorované opotrebenie. Nástroj si naďalej zachoval schopnosť obrábať.



Obr. 10 Pohľad na chrbtové plochy zubov nástroja
Fig. 10 Look on back surface of milling tool



Obr. 11 Pohľad na chrbtovú a čelnú plochu
Fig. 11 Look on front and back surface

Na obrázkoch 10 a 11 sú detailné fotografie druhej použitej HSS- Co frézy, s ktorou bolo vykonaných 6 prechodov o dĺžke 100 mm. Rezné podmienky aplikované na jednotlivých úsekoch:

- 1. úsek- 360 ot./min., $v_f= 18$ mm/min., čas v zábere- 5,55 min.
- 2. úsek- 360 ot./min., $v_f= 35$ mm/min., čas v zábere- 2,85 min.
- 3. úsek- 360 ot./min., $v_f= 58$ mm/min., čas v zábere- 1,72 min.
- 4. úsek- 290 ot./min., $v_f= 18$ mm/min., čas v zábere- 5,55 min.
- 5. úsek- 290 ot./min., $v_f= 35$ mm/min., čas v zábere- 2,85 min.
- 6. úsek- 290 ot./min., $v_f= 58$ mm/min., čas v zábere- 1,72 min.

Po každom úseku bolo kontrolované opotrebenie VB na chrbtovej ploche jednotlivých zubov. Prvý úsek bol bez opotrebenia VB. Po druhom úseku bolo pozorované opotrebenie vo forme vyštípanej plochy na čelne jedného zo zubov. Toto opotrebenie bolo najpravdepodobnejšie spôsobené prehriatím tejto plochy pri brúsení nástroja. S nástrojom bolo ďalej obrábané, pričom opotrebenie sa nezmenilo. Až počas obrábania na 6. úseku došlo k deštrukcii troch zubov a tým aj k strate reznej schopnosti nástroja.

6 Závěry a definovanie budúcich experimentov

Najlepšie hodnoty drsnosti charakterizovanej výškou nerovnosti profilu z desiatich bodov- Rz boli dosiahnuté pri hodnotách otáčok vretena 580 ot/min. a posuve na zub 0,015 mm. Podobné hodnoty boli dosiahnuté aj pri otáčkach 360 ot./min. a posuvoch na zub 0,0125 a 0,0243 mm. Vlastnosti aplikovaného chladiaceho média nemohli byť využité v plnej miere, nakoľko obrábaný materiál sa vyznačuje vysokou odolnosťou voči oxidácii. Zabránilo sa tak vzniku oxidovanej vrstvy, ktorá by priamo v mieste rezania pôsobila ako mazacia vrstva. Z toho dôvodu nemohlo rezné prostredie pôsobiť na zníženie rezných síl a tvorbu tepla v zóne rezania. Bola využitá iba chladiaca schopnosť plynného média a jeho schopnosť lepšieho preniknutia do miesta rezania. Nižšie rezné rýchlosti zabezpečili, že nedochádzalo k vytvrdzovaniu tenkej vrstvy obrábaného materiálu pred rezným nástrojom, čiže obrábaný materiál nebol vystavený vysokým deformačným rýchlostiam. Pri realizácii ďalších experimentov je možné využiť výhodu HSS nástrojov obrábať s vysokou axiálnou hĺbkou rezu. Zvyšovanie axiálnej hĺbky rezu by zabezpečilo zníženie zaťaženie vedľajšieho ostria na jednotku jeho dĺžky a taktiež by sa zvýšil aj rezný výkon. Na zvýšenie trvanlivosti rezných nástrojov by bolo možné využiť prúd ochladeného vzduchu. Výsledky získané realizáciou tohto parciálneho experimentu budú slúžiť na porovnanie v rámci viackriteriálneho hodnotenia rezných vlastností nástrojov z HSS a HSS- PM.

7 Použitá literatúra

- [1] HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. Praha: MM publishing s.r.o, 2008. 242 s. ISBN 978-80-254-2250-2
- [2] KUDELA, Miroslav. Sandvik. Prekladateľ. Průručka obrábění. Praha: Sandvik CZ, s.r.o. za pomoci nakladatelstva Scientia, s.r.o, 1997. 918 s. ISBN 91-97 22 99-4-6
- [3] VASILKO, Karol. Analytická teória trieskového obrábania. Prešov: Fakulta výrobných technológií TU v Košiciach, so sídlom v Prešove, 2007. 338 s. ISBN: 978-80-8073-759-7
- [4] VASILKO, Karol; HRUBÝ, Jindřich; LIPTÁK, Ján. Technológia obrábania a montáže. Bratislava: Alfa, 1991. 494 s. ISBN 80-05-00807-4
- [5] BACH, Pavel. HSS nástroje z PM ocelí pro výkonné a ekonomické frézování titanových slitin. Machining&Tooling Magazine, 2/2009, 50-54.
- [6] LUKOVICS, I.; BÍLEK, O. High Speed Grinding Process. Manufacturing Technology, 8/ 2008, 12-18. ISSN 1213248-9.
- [7] MATIJA, Rudolf; MIŠÍK, Ladislav; HLOCH, Sergej. Využitie procesných médií. Strojárstvo/Strojářenství, 2/2009, 2-3. ISSN 1335- 2938
- [8] HSS Smart Guide 01 Introduction:[online].
Dostupné na internete:<http://www.hssforum.com/SmartGuideEN.htm>
- [9] Inox spol. s r.o., vlastnosti antikorových materiálů:[online]. Dostupné na internete:<http://www.inoxspol.cz/nerezova-ocel-14301.html>
- [10] Frézovacie nástroje:[online]. Dostupné na internete:<http://www.zps-fn.cz/>
- [11] Vlastnosti ozónu:[online]. Dostupné na internete:<http://encyclopedia.airliquide.com/Encyclopedia.asp?GasID=137>
- [12] Vplyv legujúcich prvkov na vlastnosti ocelí:[online]. Dostupné na internete:http://www.fpt.tnuni.sk/kfim/predmety/rocnik1/nauka_o_materiali/pdf/vplyv_legujucich_prvko_v_na_vlastnosti_oceli.pdf

