



## VLIV OTUPENÍ NOŽŮ NA DRSNOST POVRCHU DŘEVA PŘI ČELNÍM FRÉZOVÁNÍ

Miroslav Rousek<sup>1</sup> – Jacek Wilkowski<sup>2</sup> – Vít Novák<sup>1</sup> – Karel Kronťorád<sup>1</sup>

### Abstract

*The paper presents the effects of machining conditions on surface roughness parameters of selected woods. Machining was performed on the test milling CNC router – Busellato Jet 130 SGGW Warszawa when setting selected parameters milling ( $VB_{max}$  - mm, feed speed  $v_f$  -  $m \cdot min^{-1}$ , feed per tooth  $f_z$  - mm/tooth). Evaluation of surface quality poplar and obeche was carried out on an excellent multisensor devices Taylor-Hobson Talysurf CLI 1000 using a non-contact method of confocal sensor.*

**Key words:** wood, face milling, surface roughness

### ÚVOD

V důsledku zvyšování kapacit výroby v dřevařském i v nábytkářském průmyslu stále rostou nároky na provozní a technické vlastnosti dřevoobráběcích strojů a nástrojů. Z výše uvedeného hlediska patří mezi nejdůležitější parametry strojů otáčky nástrojových hřídelů a rychlost posuvu materiálu. Vlastnosti nástroje určuje jeho geometrie a materiál, ze kterého je vyroben. Uvedené aspekty výrazně ovlivňují kvalitu obrobeneho povrchu, kterou je nutné kontrolovat pro zachování úrovně kvality výroby [1]. Dosud byla kvalita povrchu hodnocena pouze subjektivním posouzením zrakem a hmatem. Hodnocení ve velké míře záviselo na subjektivních schopnostech a zkušenostech osoby, která hodnocení prováděla.

Ke změně v hodnocení struktury povrchu přispívá zásadním způsobem rozvoj měřicí techniky a programového vybavení celého vyhodnocovacího procesu. V nových měřicích postupech se začínají nejvíce uplatňovat bezdotykové způsoby snímání povrchu, které jsou oproti dotykovým metodám šetrnější ke snímanému povrchu, výkonnější a rychlejší. Dalším již zmíněným přínosem v hodnocení kvality povrchu je neustálý vývoj programového vybavení [2]. Zaměřuje se nejen na ovládání samotného procesu vyhodnocování, ale především na zpracování získaných dat. Jde zejména o to, že je nutno zpracovat velké množství dat, které popisují skutečný prostorový obraz povrchu. Také mohou disponovat funkcemi reálného grafického zobrazení zkoumaného povrchu pomocí axonometrického pohledu nebo topografické mapy. Pomocí většiny charakteristik povrchu můžeme nejen zvýšit objektivitu hodnocení, ale zároveň je lze využít pro další předpověď chování povrchu

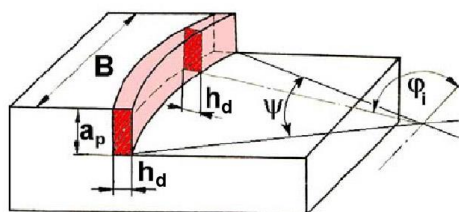
<sup>1</sup> Mendel University of Agriculture and Forestry, Czech Republic  
e-mail: rousek@mendelu.cz, vit.novak@mendelu.cz, kronkar@mendelu.cz

<sup>2</sup> Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Poland  
e-mail: jacek\_wilkowski@sggw.pl

v průběhu užívání a provozu [3], např. dostatečnou připravenost pro následné povrchové úpravy.

## MATERIAL A METODY

Technologickou operaci frézování definujeme jako obrábění materiálu frézovacím nástrojem (frézou), který se otáčí a odebrává třísku s měnící se tloušťkou od minima přes maximum ( $s_{\max}$ ) do minima, posuv je ve směru kolmém k ose otáčení. V maximum se mění nesousledné frézování na sousledné frézování. Kinematika čelního frézování je uvedena na obr. 1.



$$v_f = \frac{n \cdot z \cdot f_z}{1000}$$

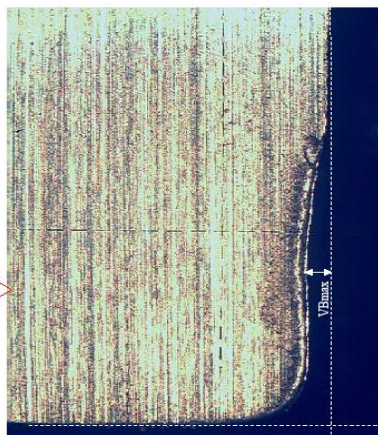
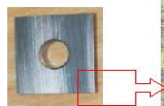
Obr. 1 Kinematické schéma čelního frézování

Osa nástroje je kolmá k obráběné ploše. Materiál je odřezáván nejen břity na obvodu, ale také břity na čelní ploše frézy. Tloušťka třísky se mění od minima do maxima podle velikosti průměru frézy a šířky obráběné plochy. Tento způsob frézování je výkonnější, protože při obrábění zabírá více zubů současně.

Frézování proběhlo na CNC frézka Busellato Jet 130. Při použití čelní frézy firmy Leitz (ID 041552, D=180mm, Z=5) bylo provedeno frézování povrchu vybraných dřev, to je topolu a oboche na zkušebním frézovacím standu za předem zvolených parametrů metodou čelního frézování (Obr. 2). Hodnoty posuvu na zub  $f_z$  byly voleny 0,05 mm, 0,15 a 0,25 mm. Otáčky frézovací hlavy byly nastaveny na  $10\,600\text{ min}^{-1}$ ,  $8\,000\text{ min}^{-1}$ ,  $5\,300\text{ min}^{-1}$ . (Tab. 1). Parametry byly nastaveny při daném otupení nástroje  $VB_{\max}$ , to je ustoupení břitu frézovací destičky dle Obr. 2.



1. Tool – planing cutter Leitz (ID 041552, D=180mm, Z=5)
2. CNC router – Busellato Jet 130 (2004)
3. Workpiece – wood (300x170x25mm)
4.  $VB_{\max}$



Obr. 2 Princip frézování

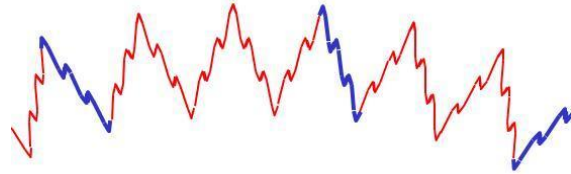
Obrobená plocha

Tab. 1 Parametry frézování

$VB_{max}$ [mm]	$V_c$ [m/s]	$f_z$ [mm/zub]	$n$ (min-1)	$v_f$ (m/ min <sup>-1</sup> )
0	75	0,15	8000	6
0,1	100	0,05	10600	2,65
0,2	50	0,25	5300	6,625

### Základní koncepce hodnocení kvality

**Drsnost** - nejmenší nerovnosti vznikající v procesu výroby. Řezný nástroj zanechává na povrchu stopy; uspořádání stop má periodický nebo náhodný charakter. Drsnost je důsledkem metody dokončování. Parametry drsnosti povrchu se značí písmenem R [7,8].



Obr. 3 Identifikace drsnosti povrchu

$$R_a = \frac{1}{l_r} \cdot \int_0^{l_r} |Z(x)| dx$$

Průměrná aritmetická úchylka profilu  $P_a$ ,  $R_a$ ,  $W_a$  – výškový parametr, který je získáván jako aritmetický průměr absolutních hodnot pořadnic  $Z(x)$  od střední čáry v rozsahu základní délky.

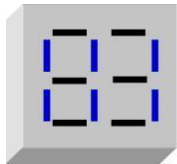
$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l_r} \cdot \int_0^{l_r} Z^2(x) dx}$$

Největší výška profilu  $P_z$ ,  $R_z$ ,  $W_z$  – součet výšky  $Z_p$  nejvyššího výstupku profilu (Rp) a hloubky  $Z_v$  nejnižší prohlubně profilu (Rv) v rozsahu základní délky. Celková výška profilu  $P_t$ ,  $R_t$ ,  $W_t$  – součet výšky  $Z_p$  nejvyššího výstupku profilu a hloubky  $Z_v$  nejnižší prohlubně profilu v rozsahu vyhodnocované délky. Průměrná kvadratická úchylka profilu  $P_q$ ,  $R_q$ ,  $W_q$  – kvadratický průměr pořadnic  $Z(x)$  v rozsahu základní délky.

$$RSm = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m Xs_i$$

Průměrná šířka prvků profilu  $PSm$ ,  $RSm$ ,  $WSm$  – základní charakteristika drsnosti povrchu v podélném směru získaná jako aritmetický průměr šířek  $Xs$  prvků profilu v rozsahu základní délky

**Hodnocení povrchu** všech vzorků bylo prováděno na 3D profilometru Talysurf CLI 1000 konfokálním snímačem a programem Talymap Platinum. Podmínky měření jsou uvedeny v tabulce 2. Struktury povrchu byla hodnocena podle norem EN ISO 4287 a ISO 12178-2 a byly zjišťovány výše uvedené parametry:  $R_a$ ,  $R_y$ ,  $R_z$ ,  $R_q$ ,  $R_t$ ,  $R_p$ ,  $RP_c$ ,  $Rmr(c)$ ,  $R3z$ ,  $RS$ ,  $RSm$ ,  $Rpk$ ,  $Rvk$ ,  $Rk$ ,  $Mr1$ ,  $Mr2$ ,  $A1$ ,  $A2$ ,  $Vo$  Standard DIN, ISO.



— Longitudinally - longitudinal roughness

— Transversally - transversal roughness

Obr. 4 Systém výběru měřených míst

Tab. 2 Podmínky pro měření drsnosti povrchu

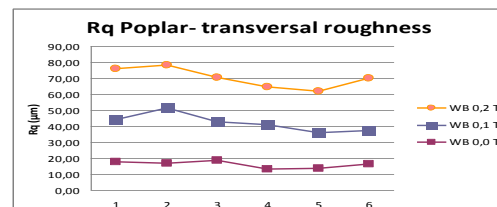
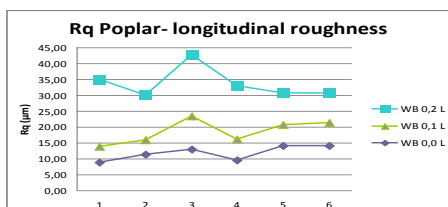
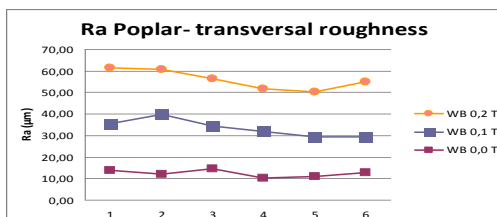
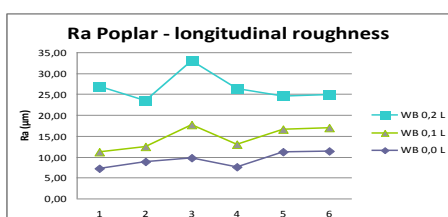
Gauge			Area X x Y [mm]	Step [μm]	Measurement velocity [mm.s <sup>-1</sup> ]
Type	Range/sensitivity [μm/nm]	Frequency [Hz]			
Confocal	800 / 30	200 – 500	12,5 x 12,5	20 x 20	4

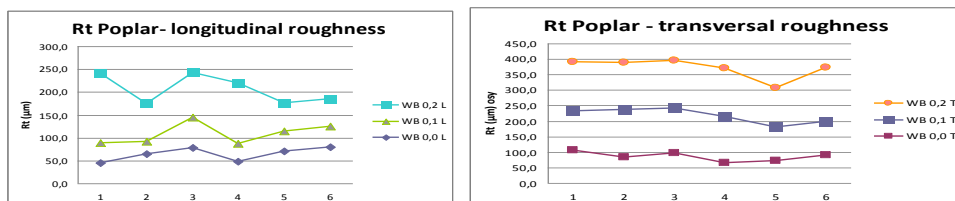
## VÝSLEDKY

Pro experiment byly použity evropská dřevina topol a dřevina tropická obeche. Postup při získání výsledků je takový, že na každém vzorovém špalíku (3 kusy) byla vybrána plocha a provedena měření dle obr. 4. Plocha má rozměr velikosti dle normy 12,5 x 12,5 mm. Seznam vzorků dřev je uveden. Vzorky byly číslovány (viz tab. 3). Zadání parametrů pro měření je uvedeno v tab. 3. Po nasnímání této plochy byly zvoleny 3 řezy podélné a 3 řezy kolmé, na kterých proběhlo vyhodnocení vybraných parametrů. Hodnota Gaussova filtru byla nastavena na 0,8 mm. Z důvodu velkého množství výsledků bylo postupně provedeno statistické vyhodnocení (průměr) a tyto hodnoty byly sepsány do přehledných tabulek, které následně posloužily po tvorbu grafů, ze kterých bylo provedeno vyhodnocení. Grafy jsou uvedeny na obr. 5 a obr. 6.

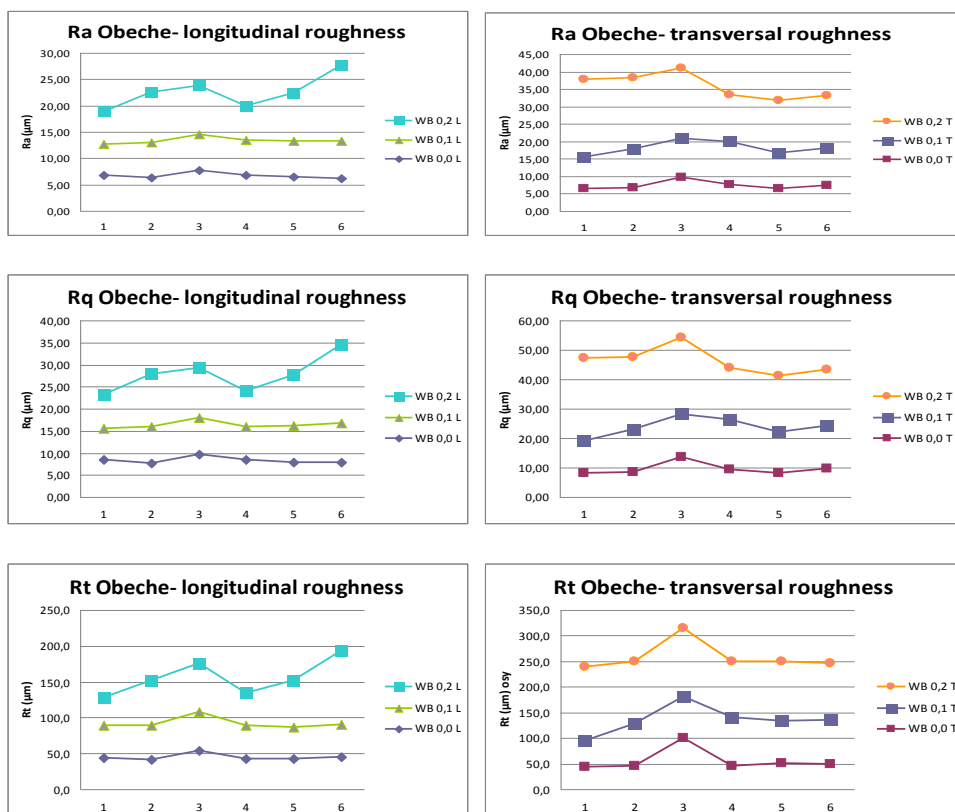
Tab. 3 Měření topolu a obeche

31	Poplar - topol	Populus alba	0,0	75	0,15
32	Poplar - topol	Populus alba	0,1	100	0,05
33	Poplar - topol	Populus alba	0,2	50	0,25
34	Obeche	Triplochiton scleroxylon	0,0	75	0,15
35	Obeche	Triplochiton scleroxylon	0,1	100	0,05
36	Obeche	Triplochiton scleroxylon	0,2	0,25	





Obr. 5 Grafy závislosti Ra, Rq, Rt na opotřebení nástroje WB v longitudiálním a transversálním směru u poplu



Obr. 6 Grafy závislosti Ra, Rq, Rt na opotřebení nástroje WB v longitudiálním a transversálním směru u obeche

## DISKUSE

Jednotlivé závislosti parametrů drsnosti Ra, Rt dřevin v závislosti na opotřebení nožů a zvolené technologii obrábění asi nejlépe vystihne tabulkové hodnocení s číselnou stupnicí. Z důvodu značného rozsahu tabulky nejsou v článku uvedeny. Z tabulek bylo zpracováno hodnocení pomocí grafů, které vznikly na základě použití tří vybraných parametrů pro každé dřevo. Jasně dokumentují kvalitu povrchu v podélném směru, u všech hodnocených dřev je drsnost  $R_a$  řádově v jednotkách  $\mu\text{m}$  a příčném směru v řádu několika málo desítek

µm. Parametry obou dřevin jsou dobré. Horší parametry vykazuje pouze smrk, z tropických dřevin merbau a tatajuba, které byly naměřeny v [6]. Změna otupení řezných destiček se projevuje skokovým nárůstem hodnot, je však možno konstatovat, že kvalita je i při největším otupení velmi dobrá. Drsnost posuzovaná parametrem Rt je pak zhruba pěti násobně větší. To vše je v souladu s teorií měření drsnosti.

## ZÁVĚR

Lze učinit závěr, že v praktickém provozu lze hodnotit drsnost v závislosti na opotřebení frézovacích nožů při nastavených parametrech.

Na všech výsledcích se velkou měrou podílí jednak samotná anatomická stavba dřeva, jeho fyzikálně-mechanické vlastnosti a jednak vliv konstrukce stroje, tuhost hřídele, otupení nástroje a mnoho dalších. Tyto vlivy nelze eliminovat. Pro nás je tedy důležité vždy určit nebo vybrat takové parametry obrábění, při kterých dosáhneme nejlepší kvality povrchu.

Podle zjištěných výsledků lze konstatovat, že každý nástroj se chová úplně jinak při obrábění různých druhů dřeva i při nastavení různých parametrů. A také každá dřevina reaguje jiným povrchem na použitou technologii obrábění. K obdobným závěrům došli autoři článků [4] a [5], kteří použili na rozdíl od naší bezkontaktní metody metodu kontaktního měření drsnosti povrchu. Závěrem lze říci, že existuje objektivní potřeba pečlivě vybírat obráběcí nástroje a zabývat se určováním vhodných řezných podmínek při frézování.

### Poděkování

Příspěvek byl vypracován v souvislosti s řešením dílčího projektu v rámci programu CEEPUS 2013, CII-SK-0310-03 a Projektu INWOOD. Autoři tímto děkují za poskytnutí finančních prostředků k řešení úkolu.

## LITERATURA

- [1] KOWALSKI, M.; ROUSEK, M.; CICHOSZ, P.; KAROLCZAK, P. 2008: Modelling the geometrical structure of surface originating in the process of wood milling. *Chiep and Chipless Woodworking Processes*, Štúrovo, pp. 143-148.
- [2] KOPECKÝ, Z., ROUSEK, M., NOVÁK, V., Hodnocení kvality obrobeného povrchu dřeva pomocí počítačových metod. In: DZURENDA, L. *Vplyv techniky na kvalitu deleného a obrábaného dreva*. 1. vyd. *Vedecká štúdie 2/2008/B*. Technická univerzita vo Zvolene: Vydavateľstvo TU vo Zvolene. 2008, s. 55-91. ISBN 978-80-228-1923-7.
- [3] LISIČAN, J., 1996, *Teória a technika spracovania dreva* vyd. Zvolen: Matcentrum, 625 s. ISBN 80-967315-6-4
- [4] ŠKALJIČ, N.; BELJO LUČIČ, R.; ČAVLOVIČ, A.; OBUČINA, M. 2009: Effect of Feed Speed and Wood Species on Roughness of Machined Surface. *Drvna Industrija*, vol. 60, No 4. pp. 229-234.
- [5] JAVOREK, L.; PAULÍNY, D.; WILKOWSKI, J. (2011): Evaluation of surface roughness due milling process. In *Wood science and engineering in the third millenium - ICWSE 2011 : proceedings from international conference : November 3-5, 2011 Transilvania university, Braşov. Braşov, Romania : Transilvania university of Braşov, 2011. ISSN 1843-2689. P. 217-224.*

- 
- [6] ROUSEK, M. -- WILKOWSKI, J. -- SVOBODA, E. -- NOVÁK, V. -- KOPECKÝ, Z. Experimental study of milling wood surface properties (roughness). *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology*. 2013. č. 81, s. 217--222. ISSN 1898-5912.
- [7] ČSN EN ISO 4287 (1999). Standard – Geometrical demands on products (GPS) – Surface structure: Profile method- Terms, definitions and parameters of the surface structure
- [8] ČSN EN ISO 4288 (1999). Standard - Geometrical demands on products (GPS) – Surface structure: Profile method - Rules and procedures to assess the surface structure