

VPLYV KONŠTRUKCIE PÍLOVÉHO KOTÚČA NA KVALITU VYTVORENÉHO POVRCHU PRI PRIEČNOM PÍLENÍ SMREKOVÉHO REZIVA NA KAPOVACEJ POKOSOVEJ PÍLE

EFFECT OF THE SAW BLADE CONSTRUCTION ON THE SURFACE QUALITY WHEN TRANSVERSE SAWING SPRUCE LUMBER ON CROSSCUT MITER SAW

Richard Kminiak

ABSTRACT

The article deals with problematic of spruce wood cross-cutting. It focuses on the impact of the saw blades teeth number and use of chip limiting device saw blade on the surface quality during cross-cutting. Article is based on an experiment in which was used four saw blades with SK plates with uniform diameter ($D = 250$ mm) and uniform angular geometry ($\alpha = 15^\circ$, $\beta = 60^\circ$, $\gamma = 15^\circ$). Three saw blades were characterized by different numbers of teeth ($z = 24, 40$ a 60) and one saw blade was chip limiting device saw blade. For the experiment were used tangentially sawn spruce samples with absolute humidity $w_a = 12 \pm 1\%$, and 50 mm of thickness. Cutting the spruce test samples was conducted to crosscut miter saw BOSCH GCM 10 S PROFESIONAL with the movement of the saw blade on a circular arc at a constant cutting speed ($v_c = 62 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) and at a sliding force ($F_p = 15 \text{ N}$).

The experiment showed that the surface quality - the arithmetic mean deviation of the roughness profile depending on the used saw blade varies from 4 to 18 μm . The experiment demonstrated that the increase in the number of teeth of the saw blade increases the surface quality and that the use of chip limiting device greatly improves the quality of the surface.

Keywords: cross-cut mitter saw, saw blade, number of teeth of the saw blade, chip limiting device, surface quality.

ÚVOD

Kotúčová píla je jedným z najpoužívanějších drevodeliacich strojov určených na priečne a pozdĺžne pílenie dreva (KOCH 1985, BARCÍK 2009). V práci DETVAJ (2003) sa uvádza, že kotúčové píly majú nezastupiteľné miesto pri pozdĺžnej aj priečnej manipulácii reziva na prírezy. Operácie priečného pílenia, SVOREŇ (2002) rozdeľuje na dva druhy: predbežné priečne rezanie s nadmierou a konečné priečne rezanie na požadované rozmery.

Základnú úlohu pri pílení zohráva rotujúci rezný nástroj - pílový kotúč kolmý na smer vlákien dreva. Pri priečnom pílení vedľajšie rezné hrany zubov pílového kotúča

prerezávajú vlákna a formujú steny reznej škáry. Hlavné rezné hrany pri zatvorenom rezaní formujú dno zubovej drážky (LISIČAN 1982).

Najčastejšie používanými materiálmi rezných hrán pílových kotúčov sú v súčasnosti platničky zo spekaných karbidov, tzv. SK plátky a nástrojová oceľ (BANSKI 2000, SIKLIENKA *et al.* 2012). Vo svojej práci PROKEŠ (1982) uvádza, že pílové kotúče s SK-platničkami majú pri pílení dreva v porovnaní s nástrojovou oceľou 20 až 30 násobne vyššiu trvanlivosť reznej hrany.

Parametre procesu delenia dreva (energetickú náročnosť, prašnosť, hlučnosť, ...), parametre vznikajúceho produktu (rozmerová presnosť, kvalitu vytvoreného povrchu, ...), i parametre produkovanej triesky (rozmer, granulometrické zloženie, ...) sú závislé tak od fyzikálno-mechanických vlastností obrábaného materiálu ako i od tvaru, rozmerov, počtu zubov, geometrie, ostrosti rezného nástroja a technicko-technologických podmienok realizácie procesu pílenia (GOGLIA 1994, SCHAJER a WANG 2002, SIKLIENKA a MIŠURA 2005, KOPECKÝ a ROUSEK 2007, DZURENDA 2009, OČKAJOVÁ *et al.* 2006, OČKAJOVÁ *et al.* 2010).

Podľa prác WASIELEWSKI *et al.* (1999) a BARCÍK *et al.* (2008), vhodným výberom nástroja, jeho geometrie a rezných podmienok je možné znížiť náklady pri rezaní drevnej suroviny a to zvýšením porezovej výkonnosti stroja (píly).

Každá technologická operácia, pri ktorej dochádza k narušeniu pôvodných vlastností a celistvosti obrobku zanecháva na obrobenom povrchu charakteristické nerovnosti. Tieto sa prejavujú mikroskopickými zmenami ako drsnosť obrobenej plochy, aj makroskopickými zmenami ako vlnitosť, ryhy, priehlbiny, vytrhané vlákna a pod (NOVAK *et al.* 2011). Ako uvádza SIKLIENKA (2005), charakteristickým znakom povrchu obrobeného pílením kotúčovými píliami sú polmesiacovité ryhy.

Súčasný normalizovaný systém hodnotí jednotlivé zložky komplexu nerovnosti tvaru – vlnitosť – drsnosť oddelene (BEKÉŠ *et al.* 1999). Ak má byť drsnosť povrchu hodnotená samostatne, musí byť zložka drsnosti separovaná pomocou filtrácie (DUBOVSKÁ 2000). Celkové možnosti hodnotenia povrchu rozširuje norma STN EN ISO 4287 (1999) tak, že všetky parametre v nej definované je možné aplikovať na primárny profil, profil drsnosti a profil vlnitosti. Kvalitu vytvoreného povrchu pri produktoch drevospracujúceho priemyslu sa najčastejšie hodnotí jej parametrom stredná aritmetická odchýlka profilu drsnosti (R_a).

Cieľom tohto článku je sledovanie zmeny drsnosti povrchu v procese priečného pílenia smrekových vzoriek v závislosti od vybraných premenných, počtu zubov pílových kotúčov a modelu delenia.

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Charakteristika použitého reziva:

Pre experimentálne meranie bolo zvolené rezivo dreviny: **smrek obyčajný** (*Picea abies* L.), rozmerov: hrúbka $h = 50$ mm, šírka $š = 150$ mm, dĺžka $l = 1000$ mm a relatívnej vlhkosti: $w = 12 \pm 1$ %.

Charakteristika strojového zariadenia:

Experimentálny porez smrekového reziva bol prevedený na pokosovej kapovacej pile **BOSCH GCM 10S PROFESIONAL** (obrázok 1). Technické parametre pokosovej kapovacej píly poskytuje tabuľka 1.

Tab. 1 Parametre pokosovej kapovacej píly BOSCH GCM 10S PROFESIONAL.
Tab.1 Parameters of crosscut miter saw BOSCH GCM 10S PROFESIONAL.

Príkion (W)	1800
Počet otáčok vo voľnobehu (min-1)	4700
Kapacita rezov pri 45° úkose (mm)	87x216
Kapacita rezov pri 45° sklone (mm)	53x305
Nastaviteľný uhol úkosu vľavo/vpravo (°)	52/62
Nastaviteľný uhol sklonu vľavo (°)	47
Celková hmotnosť (kg)	21,5
Hlučnosť pracujúceho stroja (dB)	94
Max. priemer pílového kotúča (mm)	254
Otvor - priemer (mm)	30
Celková dĺžka (mm)	780
Celková šírka (mm)	680
Celková výška (mm)	540



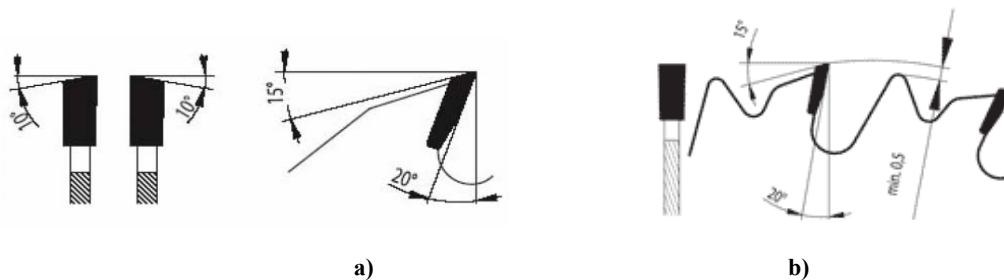
Obr. 1 Pokosová kapovacia píla BOSCH GCM 10S PROFESIONAL.
Fig.1 Crosscut miter saw BOSCH GCM 10S PROFESIONAL.

Charakteristika pílových kotúčov:

Pre experiment boli zvolené štyri pílové kotúče s SK platničkami (obrázok 2 , obrázok 3). Pílové kotúče disponujú totožným priemerom ($D = 250 \text{ mm}$), rovnakou hrúbkou nástroja ($b = 3,2 \text{ mm}$), zhodnou geometriou reznej hrany (uhol chrpta $\alpha = 15^\circ$, uhol rezného klinu $\beta = 60^\circ$, uhol čela $\gamma = 15^\circ$), striedavými zubmi (WZ)(s uhlom podbrúsenia bočnej hrany $\xi = 15^\circ$ a uhlom radiálneho sklonu čelných hrán $\lambda = 7^\circ$). Tri sú značky EXTOL-PREMIUM a vyznačujú sa rozdielnym počtom zubov ($z = 24/ 40/ 60$) (obrázok 3/a) a jeden je značky BOSCH SPEEDLINE-WOOD s počtom zubov $z = 24$ a **obmedzovačom triesky** (obrázok 3/b).



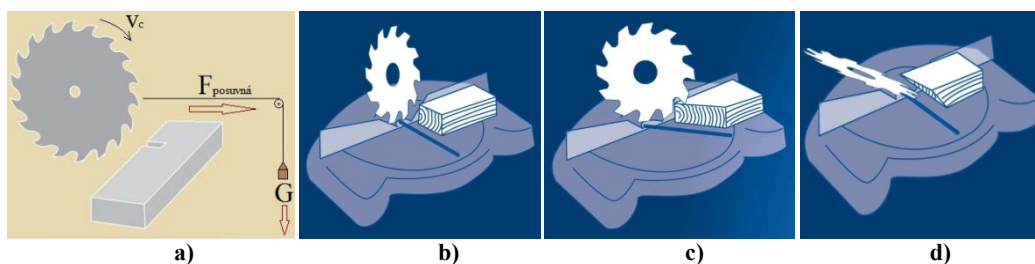
Obr. 2 Pílové kotúče použité v experimente.
Fig.2 Used saw blades.



Obr. 3 Gemoetria rezného klinu pilových kotúčov a) BOSCH, b) EXTOL.
Fig.3 Saw blades Angular geometry a) BOSCH, b) EXTOL.

Charakteristika experimentu:

Pri experimente sa priamočiarym pohybom pilového kotúča oddeľovali s pripraveného reziva 10 mm hrubé skúšobné telieska. Experiment prebiehal pri posuvnej sile v lane $F_p = 15 \text{ N}$ (sila bola vyvedená 1,5 kg závažím pripevneným o rukoväť skracovacej píly) a konštantnej reznej rýchlosti pilového kotúča $v_c = 62 \text{ m.s}^{-1}$ (obrázok 4/a). Pri poreze boli využívané tri základne modely priečného pílenia na kapovacej pokosovej píle **čelné rezanie** (M1) (obrázok 4/b), **pozdĺžno čelné rezanie k ploche** (rezanie na pokos) (M2) (obrázok 4/c) a **pozdĺžno čelné rezanie** (M3) (obrázok 4/d).



Obr.4 Schéma experimentu a) model procesu, b) čelné rezanie (M1), c) pozdĺžno čelné rezanie k ploche (rezanie na pokos) (M2), d) pozdĺžno čelné rezanie (M3).

Fig.4 Scheme of the experiment a) model of the process, b) face cutting model (M1), c) rip-face cutting model (miter cut) (M2) d) rip-face cutting model (M3).

Postup merania nerovnosti povrchu skúšobných vzoriek:

Nerovnosť povrchu skúšobných teliesok bola meraná **laserovým profilomerom LPM-4**, ktorý bol zostavený na Katedre obrábania dreva TU vo Zvolene (profilometer využíva triangulačný princíp laserovej profilometrie. Obraz laserovej čiary je snímaný pod uhlom digitálnou kamerou. Zo zosnímaného obrazu je následne vyhodnotený profil objektu v priereze. Získané údaje sú matematicky filtrované a sú stanovené jednotlivé ukazovatele primárneho profilu, profilu vlnitosti a profilu drsnosti). Pri meraní nerovnosti povrchu bola zohľadnená norma STN EN ISO 4287. Na každom skúšobnom teliesku bolo vykonané meranie v troch stopách rovnomerne rozložených po šírke vzorky (5, 25 a 45 mm od kraja vzorky), dĺžka stopy bola 60 mm a stopa bola orientovaná v smere posuvu obrobku v procese pílenia. Nerovnosť povrchu bola vyhodnotená pomocou parametra stredná aritmetická odchýlka profilu drsnosti R_a .

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Namerané hodnoty strednej aritmetickej odchýlky profilu drsnosti boli vyhodnotené štatistickým programom STATISTICA 7.0. Viacfaktorová analýza rozptylu

(tabuľka 2) preukázala, že vplyv skúmaných faktorov je štatisticky významný. Vykonaný Fisherov F- test (tabuľka 2) preukázal že vplyv modelu delenia je štatisticky významnejší ako vplyv typu pílového kotúča.

Tab. 2 Sumárne výsledky viacfaktorovej analýzy rozptylu pre kvalitu vytvoreného povrchu.
Tab. 2 Summary results of multifactor analysis of variance for the quality of the surface.

Parameter	SS	SV	MS	F	p
		22517,46	1	22517,46	2403,276
Typ pílového kotúča	1009,09	3	336,36	35,900	0,000000
Model delenia	1847,11	2	923,56	98,571	0,000000
Typ pílového kotúča*Model delenia	213,10	6	35,52	3,791	0,001258
Error	2248,68	240	9,37		

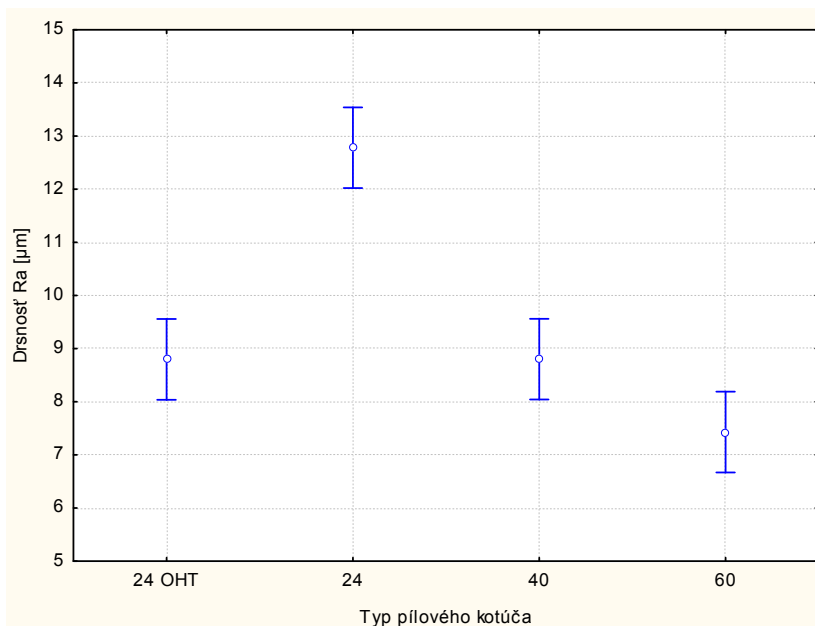
Priemerné hodnoty strednej aritmetickej odchýlky profilu drsnosti (R_a) pre všetky kombinácie skúmaných faktorov prezentuje tabuľka 3.

Tab. 3 Priemerné hodnoty strednej aritmetickej odchýlky profilu drsnosti (R_a) pre všetky kombinácie skúmaných faktorov.
Tab. 3 The average value of the arithmetic mean deviation of the roughness profile (R_a) for all combinations examined factors.

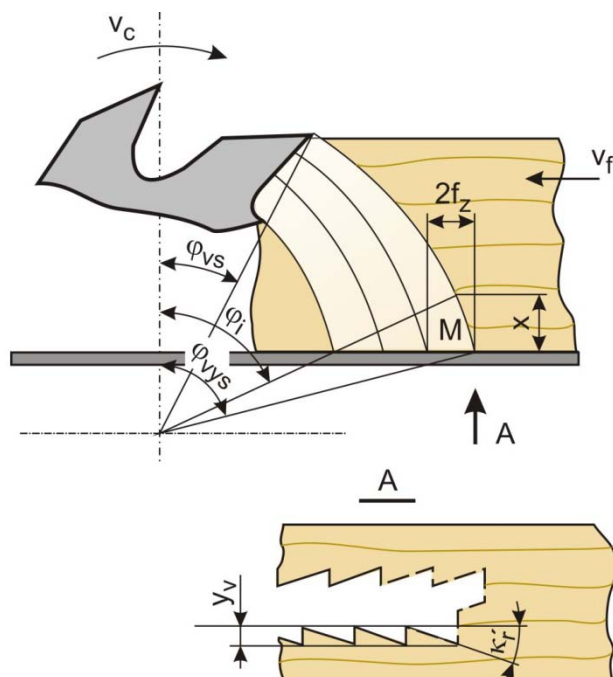
Typ pílového kotúča	Model delenia	Drsnosť R_a [μm] priemer	Drsnosť R_a [μm] štandarsná chyba	Drsnosť R_a [μm] -95,00%	Drsnosť R_a [μm] 95,00%	N
24 OHT	M1	5,92733	0,667957	4,61153	7,24314	21
24 OHT	M2	6,59033	0,667957	5,27453	7,90614	21
24OHT	M3	13,87300	0,667957	12,55719	15,18881	21
24	M1	8,70333	0,667957	7,38753	10,01914	21
24	M2	12,36967	0,667957	11,05386	13,68547	21
24	M3	17,26900	0,667957	15,95319	18,58481	21
40	M1	6,89033	0,667957	5,57453	8,20614	21
40	M2	8,01500	0,667957	6,69919	9,33081	21
40	M3	11,50433	0,667957	10,18853	12,82014	21
60	M1	5,31233	0,667957	3,99653	6,62814	21
60	M2	7,07667	0,667957	5,76086	8,39247	21
60	M3	9,90200	0,667957	8,58619	11,21781	21

Obrázok 5 poskytuje grafické znázornenie vplyvu typu pílového kotúča na kvalitu vytvoreného povrchu.

Vyššie uvedený graf jednoznačne poukazuje na skutočnosť, že s nárastom počtu zubov pílového kotúča kvalita povrchu stúpa. Podstata daného javu spočíva v mechanizme tvorenia povrchov pri pílení kotúčovými píliami. Vytvorený povrch je tvorený ryhami po jednotlivých zuboch – rezných klinoch (obrázok 6).



Obr. 5 Vplyv typu pílového kotúča na profil drsnosti.
Fig. 5 Impact of the type of the blade on the roughness profile.



Obr.6 Mechanizmus tvorby rezných povrchov pri pílení kotúčovými pilami (φ_{vs} – uhol posuvného pohybu pri vstupe reznej hrany do obrobku, φ_{vys} – uhol posuvného pohybu pri výstupe reznej hrany z obrobku, φ_i – miestny uhol posuvného pohybu odpovedajúci sledovanému bodu M, κ'_r – uhol sklonu vedľajšej reznej hrany, y_v – hĺbka rýh).

Fig.6 Mechanism of making the cut surfaces when sawing with Circular saws (φ_{vs} – angle of slide movement when entering the cutting edge to the workpiece, φ_{vys} – angle of slide movement when leaving the cutting edge the workpiece, φ_i – local angle of slide movement corresponding the pursued point M, κ'_r – angle of the minor cutting edge, y_v – engraving depth).

Zvýšenie počtu zubov pílového kotúča pri nemennosti ostatných parametrov procesu znamená zníženie relatívneho posuvu na zub (f_z) čo sa prejaví znížením hĺbky rýh (y_v) a tým aj kvality - strednej aritmetickej odchýlky profilu drsnosti (R_a). Priemerná hodnota strednej aritmetickej odchýlky profilu drsnosti pre pílový kotúč s počtom zubov $z = 24$ je **12,8 μm** , pre pílový kotúč s počtom zubov $z = 40$ je **8,8 μm** a pre pílový kotúč s počtom zubov $z = 60$ je **7,4 μm** . Vplyv počtu zubov pílového kotúča na kvalitu vytvoreného povrchu - strednú aritmetickú odchýlku profilu drsnosti (R_a) možno vyjadriť nasledovnou lineárnou rovnicou:

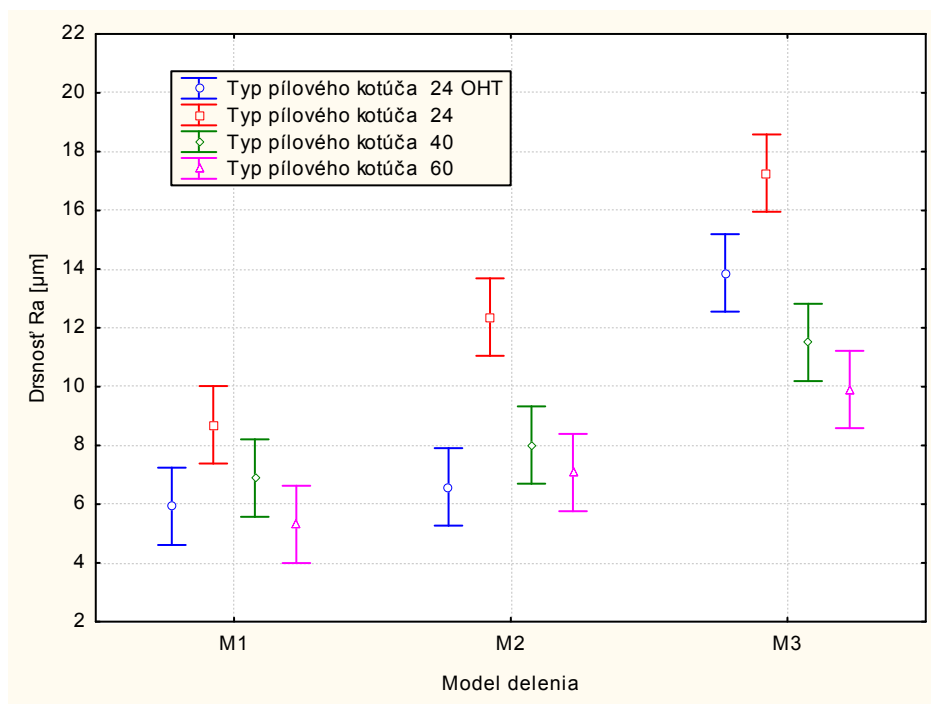
$$R_a = (-0,1453 * z) + 15,679 \quad (R^2 = 0,89)$$

R_a – stredná aritmetická odchýlka profilu drsnosti [μm]

z – počet zubov pílového kotúča [-]

V prípade pílového kotúča s počtom zubov $z = 24$ je možné použiť obmedzovač triesky. Použitie obmedzovača triesky pri pílových kotúčoch s vyšším počtom zubov nie je z konštrukčného hľadiska možné. Predpokladaný efekt zvýšenia kvality pri použití obmedzovača triesky bol štatistickým vyhodnotením naplno potvrdený. Kvalita povrchu pílového pílovým kotúčom s počtom zubov $z = 24$ a obmedzovačom triesky je rovnaká ako kvalita povrchu vytvoreného pílovým kotúčom s počtom zubov $z = 40$ a to v konkrétnom vyjadrení **8,8 μm** . Zdôvodnenie daného javu možno nájsť v maximálnej nominálnej hrúbke triesky ($h_{D(max)}$) ktorá je v prípade pílového kotúča s obmedzovačom triesky obmedzená na hodnotu $h_{D(max)} = 0,45$ mm. V prípade pílového kotúča s počtom zubov $z = 40$ je obdobná maximálna nominálna hrúbka triesky $h_{D(max)} = 0,44$ mm, len s tým rozdielom že rezný proces bude prebiehať rýchlejšie - pri väčšej posuvnej rýchlosti. Použitím obmedzovača triesky pri nemennosti zvyšných parametrov znížime hodnotu strednej aritmetickej odchýlky profilu drsnosti až o 40%.

Vplyv modelu delenia pre všetky uvažované pílové kotúče prezentuje obrázok 7.



Obr. 7 Vplyv modelu delenia na profil drsnosti pri použití rôznych typov pílových kotúčov M1 čelné rezanie, M2 pozdĺžne čelné rezanie k ploche (rezanie na pokos), M3 pozdĺžne čelné rezanie.

Fig. 7 Impact of cutting model on the roughness profile using different types of saw blades a) face cutting model (M1), b) rip-face cutting model (miter cut) (M2), c) rip-face cutting model (M3).

V prípade pílových kotúčov narastá drsnosť v rade model M1 – čelné rezanie, M2 - pozdĺžno čelné rezanie k ploche (rezanie na pokos) M3 – pozdĺžno čelné rezanie. Zmena modelu z M1 na M2 znamená priemerné zvýšenie drsnosti o 21% a z modelu M2 na model M3 o 66%.

Celý jav sa dá vysvetliť na základe prirodzenej drsnosti dreva. Najkvalitnejší povrch pri modeli delenia M1 pripisujeme orientácii drevných elementov, ktoré sú pri tomto modeli delenia primárne prerezávané pod 90° uhlom voči svojej dĺžkovej orientácii. V prípade modelu M2 dochádza k väčšiemu obnažovaniu štruktúry experimentálnej vzorky v dôsledku zmeny prerezávania vlákien na 45°. Pri modeli M3 dochádza ešte k väčšiemu obnažovaniu drevných elementov oproti predchádzajúcim modelom, čo sa prejaví ešte zvýšenom náraste profilu drsnosti.

Článok potvrdzuje závery vyvedené MIKLEŠ *et al.* (2010), SIKLIENKA *et al.* (2012), KRILEK *et al.* (2014) či ARGAY (2014) o pozitívnom vplyve počtu zubov pílového kotúča na kvalitu vytvoreného povrchu. Rovnako ako SIKLIENKA a JANDA (2013) či NOVAK *et al.* (2011) sa zhoduje v požiadavke na kvalitu konečného opracovania povrchu na úrovni pod 20 µm. Článok zároveň potvrdzuje teórie vyslovené v prácach GURAU (2004) či GAFF a GÁBORÍK (2009) o ovplyvnení hodnôt parametrov kvality vytvoreného povrchu anatomickou stavbou materiálu – prirodzenou drsnosťou dreva.

ZÁVER

Kvalita vytvoreného povrchu – jej ukazovateľ stredná aritmetická odchýlka profilu drsnosti sa pri priečnom pílení na kotúčovej kapovacej píle pohybuje v rozmedzí od 4 do 18 µm.

Vykonaný experiment preukázal že so zvyšovaním počtu zubov sa zvyšuje aj kvalita vytvoreného povrchu. Vplyv počtu zubov na kvalitu vytvoreného povrchu je možné vyjadriť lineárnou rovnicou $Ra = (-0,1453 * z) + 15679$.

Zároveň sa potvrdil aj predpoklad pozitívneho vplyvu použitia obmedzovača triesky. Hodnotu strednej aritmetickej odchýlky profilu drsnosti jeho použitím možno ovplyvniť až o 40%.

Špecificky model priečného delenia materiálu ovplyvňuje hodnotu strednej aritmetickej odchýlky profilu drsnosti v priemere o 2µm a narastá v rade čelné rezanie, pozdĺžno čelné rezanie k ploche (rezanie na pokos) a pozdĺžno čelné rezanie.

O kvalite vytvoreného povrchu v podmienkach publikovaného experimentu možno konštatovať že je na úrovni rovinného frézovania a takto vytvorený povrch svojou kvalitou vyhovuje podmienkam konečného opracovania – nie su už potrebné ďalšie technologické operácie frézovanie alebo brúsenie.

LITERATÚRA

- ARGAY, F. 2014. Vplyv počtu zubov pílového kotúča na hlučnosť procesu priečného pílenia bukoveho dreva. Acta Facultatis Technicae, 56(1): 77–85. ISSN 1336-4472.
- BANSKI, A., 2000. Údržba pílového kotúča so spekanými karbidmi. In Drevorezné nástroje, Starostlivosť a bezpečnosť pri práci. Zvolen : TU vo Zvolene, 2000, s. 76–85.
- BARCÍK, Š. 2009. Technika pre výrobu nábytku. Vydanie I. Zvolen : TU vo Zvolene, 2009. 263 s. ISBN 978-80-228-2055-4.
- BARCÍK, Š., PIVOLUSKOVÁ, E., KMINIAK, R. 2008. Effect of technological parameters and wood properties on cutting power in plane milling of juvenile poplar wood. Drvna Industrija, 59(3): 34–41. ISSN 0012-6772.

- BEKÉŠ, J., HRUBEC, J., KICKO, J., LIPA, Z. 1999. Teória obrábania. Bratislava : STU, 1999, ISBN 80–227–1261–2, s. 272, [cit. 10.11.2009] (<http://www.kvs.sjf.stuba.sk>)
- DETVAJ, J. 2003. Technológia piliarskej výroby. Zvolen : TU vo Zvolene, 2003, s. 112–115.
- DZURENDA, L. 2009. Štruktúra zrnitosti a podiel izometrických triesok v mokrej piline z procesov pílenia dreva na hlavných piliarskych strojoch. Acta Facultatis Xylogiae Zvolen, 51(1): 55–66. ISSN 1336-3824.
- DUBOVSKÁ, R. 2000. Niektoré poznatky o kvantifikácii drsnosti pri obrábaní dreva. In Procesy trieskového a beztrieskového obrábania dreva 2000.
- GOGLIA, V. 1994. Strojevi i alati za obradu dreva I. Zagreb : GRAFA, 1994, 235 s.
- GAFF M., GÁBORÍK J. 2009. Vlastnosti povrchu dreva modifikovaného reliéfováním. Monografia. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 81 s. ISBN 978-80-228-2035-6.
- GURAU L. 2004. Study of the roughness of sander wood surface. In: Free press release center 2007. [<http://fprc.com.uk/PDF/Lidiaweb0704.pdf>]
- KOCH, P. 1985. Utilization of Hardwoods Growing on southern Pine Sites, Volume II – Processing, U.S. Department of Agriculture, Forest service. 1985, 2542 s.
- KOPECKÝ, Z., ROUSEK, M. 2007. Dustiness in high – speed milling. 2007, Wood research, 52(2): 65–76.
- NOVAK V., ROUSEK M., KOPECKY Z. 2011. Assessment of Wood Surface Quality Obtained During High Speed Milling by Use of Non-Contact Method. DRVNA INDUSTRIJA 62(2): 103–115. ISSN 0012-6772.
- KRILEK, J., KOVAČ, J., KUČERA, M. 2014. Wood crosscutting process analysis for curcular saws. BioResources 9(1): 1417–1429. ISSN: 1930-2126.
- LISIČAN, J. 1982. Základy obrábania a delenia drevných materiálov. Zvolen : VŠLD, 1982, 386 s. ISBN 84-0644-85.
- Manuál firmy BOSCH – Pokosová kapovacia píla BOSCH GCM 10S Professional, s.20
- MIKLEŠ, M., KOVÁČ, J., KRILEK, J. 2010. Výskum rezných podmienok priečného pílenia dreva. Vydanie I. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2010. 69 s. ISBN 978-80-228-2147-6.
- OČKAJOVÁ, A., BELJAKOVÁ, A., SIKLIENKA, M. 2010. Morphology of dust particles from the sanding process of chosen tree species. Wood research 2010, 55(2): 89–98 ISSN 1336- 4561.
- OČKAJOVÁ, A., BELJO LUČIČ, R., ČAVLOVIČ, A., TEREŇOVÁ, J. 2006. Reduction of dustiness in sawing wood by universal circular saw. Drvna industrija 57(3): 119–126. ISSN 0012-6772.
- PABIŠ, V. 1999. Pílové kotúče FREUD. Priateľ dreva. 2(3): 27–30.
- PROKEŠ, S. 1982. Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva. Vydanie III. Praha : STNL. 1982. 584 s. 04-833-82.
- SCHAJER G. S., WANG S. A. 2002: Effect of workpiece interaction on circular saw cutting stability II. Holz als Roh und Werkstoff 60: 48–54.
- SIKLIENKA, M., ARGAY, F., KMINIAK, R. 2012. Vplyv uhlovej geometrie pílového kotúča na kvalitu povrchu při priečnom pílení rostlého dreva. In Trieskové a beztrieskové obrábanie dreva 2012. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, s. 325–333. ISBN 978-80-228-2385-2.
- SIKLIENKA, M., MIŠURA, Ľ. 2005 Vplyv presahu pílového kotúča a rýchlosti posuvu na rezný výkon. In Transfer 2005 využívanie nových poznatkov v strojárskej praxi. Trenčín : GC-TECH, 2005. s. 464, ISBN 80-8075-070-X.
- SIKLIENKA, M., JANDA., P. 2013. Effect of method of clamping milling head to the quality of the surface during milling on the four-sided milling machine. In Annals of Warsaw University of Life Sciences. Forestry and wood technology. ISSN 1898-5912. No. 81, p. 130–136.
- SVOREŇ, J. 2002. Drevárske stroje. Časť I. Vydanie I. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 169 s. ISBN 80-228-1188-2.
- WASIELEWSKI R., ORLOWSKI K., BLACHARSKI W. 1999. Frame sawing machines – kinematics and cutting force, Proceedings of the International Wood Machining Seminar. IWMS 14. Technical University in Zvolen, 2002, p. 819–825.
- STN EN ISO 4287 – 1999. Geometrické špecifikácie výrobkov (GPS). Charakter povrchu: profilová metóda – termíny, definície a parametre charakteru povrchu. SÚTN Bratislava. 28 s.

Pod'akovanie

Publikácia vznikla v rámci grantovej úlohy s názvom „Delenie a obrábanie dreva“. 018TU Z-4/2013, KEGA SR.

Adresa autora

Ing. Richard Kminiak, PhD.
Technická univerzita vo Zvolene
Drevárska fakulta
Katedra obrábania dreva
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Slovenská republika
richard.kminiak@tuzvo.sk