



VPLYV NETRADIČNÝCH SPÔSOBOV MECHANICKÉHO OPRACOVANIA NA MORFOLÓGIU POVRCHU SMREKOVÉHO DREVA

Jozef Kúdela¹ – Pavel Šmíra² – Andrea Nasswettrová² – Leoš Mrenica¹

Abstract

This work evaluates the roughness parameters Ra and Rz for wood treated mechanically by milling, dry ice jetting, abrading and brushing.

The results indicate that the occurrence of rough unevennesses seems to be typical for wood surface. The wood surface treatment method and the anatomical direction in which the roughness was measured have been revealed as significant factors influencing the wood surface roughness. The surface roughness of spruce wood manifested a high variability for each anatomical direction and for each treatment method. The lowest roughness was observed in the case of plane milling, followed by the dry ice treatment, treatment using an abrasive and ending with the brushed wood surface.

The choice of the appropriate way of mechanical surface treatment is not only dependent on the wood surface roughness but it also considers the prospect of the final product and its use.

Key words: *roughness, spruce wood, mechanical treatment, milling, dry ice, abrading, brushing*

ÚVOD

Morfológia povrchu dreva zohráva významnú úlohu pri lepení a povrchovej úprave, pretože významne ovplyvňuje zmáčanie dreva kvapalinami a tým aj ich adhéziu k drevu. Konečná morfológia povrchu dreva závisí od heterogénnej anatomickej stavby dreva na úrovni makro-, mikro- a submikro-štruktúry a spôsobu opracovania.

Anatomické elementy dreva svojim rozmanitým tvarom a usporiadaním vytvárajú heterogénny pórovitý systém. Pritom je potrebné mať na zreteli, že každá drevina má svoje špecifiká, najmä čo sa týka tvaru pórov, ich veľkosti, miery vzájomnej prepojenosti a ich rozmiestnenia (Kúdela 2010). Vzhľadom na tieto skutočnosti nie je možné u reálnych povrchov dreva dosiahnuť vo fyzikálnom ponímaní absolútne hladký povrch. Morfológia povrchu dreva sa z fyzikálneho hľadiska hodnotí cez parametre drsnosti a vlnitosti.

Vlnitosť, označovaná tiež ako sekundárna textúra povrchu, vzniká v dôsledku interakcie rezného nástroja s drevom a predstavuje pravidelne sa opakujúce zložky

¹ Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

e-mail: kudela@tuzvo.sk

² Thermo Sanace, s.r.o., Chamrádová 475/23, 718 00 Ostrava – Kunčičky, Česká republika

e-mail: info@thermosanace.eu

nerovností, ktoré majú dĺžku vlny väčšiu ako je dĺžka meraného úseku pre drsnosť. Je to typické najmä pre frézované povrchy. Vlnitosť v tomto prípade závisí od parametrov pracovného nástroja, od parametrov jeho rotačného pohybu, posuvného pohybu obrobku, ako aj od zmien v kvalite dreva (jarné a letné drevo), atď. (Aichouh 2003).

Drsnosť, označovaná aj ako primárna textúra, je zákonným dôsledkom interakcie vnútornej stavby dreva a mechanického opracovania povrchu. Teda v prípade reálnych povrchov dreva je potrebné v prípade drsnosti ešte vždy počítať s vplyvom pracovného nástroja (Liptáková *et al.* 1995, Kúdela *et al.* 2004, Gurau *et al.* 2006, Magoss 2008). Rôzne mechanické opracovanie dreva neovplyvňuje len na samotnú morfológiu povrchu, ale ovplyvňuje aj jeho chemické zloženie a tým aj zmäčanie dreva a jeho termodynamické charakteristiky (Gardner *et al.* 1991, Liptáková *et al.* 1995, 1997, Kúdela a Liptáková 2005, Santoni a Pizzo 2011).

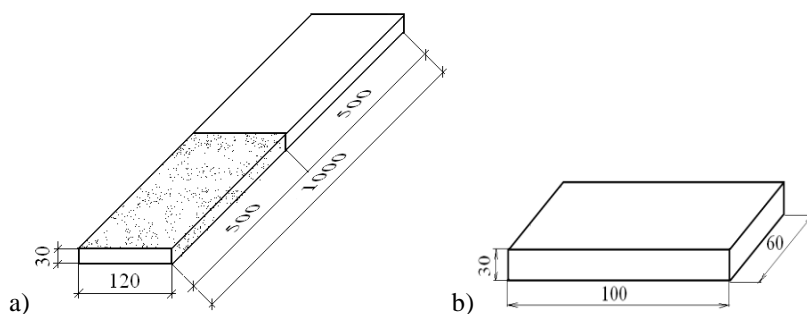
Cieľom tejto práce bolo vyhodnotenie geometrie povrchu smrekového dreva na základe parametrov drsnosti R_a a R_z po mechanickom opracovaní frézovaním, suchým ľadom, abrazívom a kartáčovaním.

MATERIÁL A METODIKA

Zmeny povrchu dreva po rôznych spôsoboch mechanického opracovania boli sledované na radiálnych a tangenciálnych plochách smrekového dreva. Za týmto účelom boli pripravené vzorky (dosky) dlhé 1000 mm, široké 120 mm a hrubé 30 mm (obr. 1a). Povrch všetkých vzoriek bol opracovaný klasickým rovinným frézovaním. Tento spôsob opracovania slúžil ako štandard, voči ktorému sa porovnávali parametre drsnosti iným spôsobom opracovaných povrchov.

Päť vzoriek bolo následne do polovice dĺžky opracovaných suchým ľadom (zmrznutý CO_2) a po dve dosky podobným postupom boli opracované abrazívom (kremičitý piesok) a kartáčovaním.

Z každej časti doky, s rôzne opracovaným povrchom, bolo pripravené po 10 skúšobných telies rozmerov $60 \times 100 \times 30$ (š \times l \times h) mm (obr. 1b), na ktorých bola zisťovaná drsnosť. Vlhkosť telies bola cca 12 %.



Obr. 1 Tvar a rozmery vzorky (a) a skúšobného telesa (b).

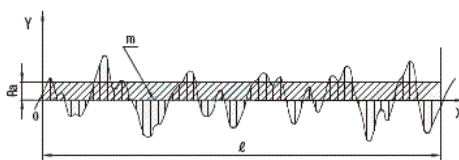
Drsnosť povrchu sa merala dotykovým profilometrom Surfcom 130A, ktorý umožňoval merať drsnosť pri dostatočnom vertikálnom a horizontálnom zväčšení. Toto meranie sa uskutočnilo na radiálnych a tangenciálnych plochách smrekového dreva pri všetkých spôsoboch mechanického opracovania. Meranie drsnosti sa robilo v smere vlákien a kolmo na priebeh

vlákien. Výsledky boli spracovávané pomocou softwarových programov, ktoré sú súčasťou prístrojového vybavenia.

Pre každú meranú dĺžku sa stanovila základná dĺžka, na ktorej sa zisťovali základné parametre drsnosti – stredná aritmetická odchýlka posudzovaného profilu (Ra) a najvyššia výška nerovností profilu (Rz). Stredná aritmetická odchýlka profilu drsnosti je stredná aritmetická hodnota absolútnych odchýlok profilu $Z(x)$ v rozsahu základnej dĺžky, t. j.

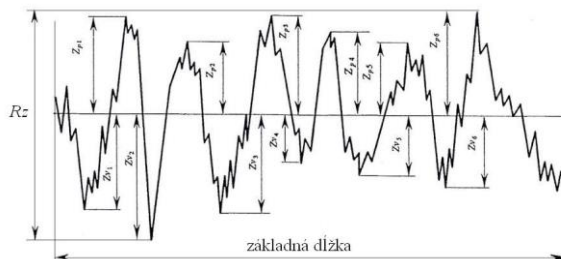
$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx \quad (1)$$

kde l je základná dĺžka a Z je vzdialenosť načítaného bodu od strednej čiary profilu vo vzdialenosti x_i na základnej dĺžke (obr. 2).



Obr. 2 Schematické znázornenie strednej aritmetickej odchýlky Ra .

Najvyššia výška nerovností profilu (Rz) sa stanovila ako súčet najvyššej výšky profilu Z_p a najväčšej priehlbiny profilu Z_v v rozsahu základnej dĺžky (obr. 3).



Obr. 3 Schematické znázornenie najvyššej výšky nerovností profilu Rz .

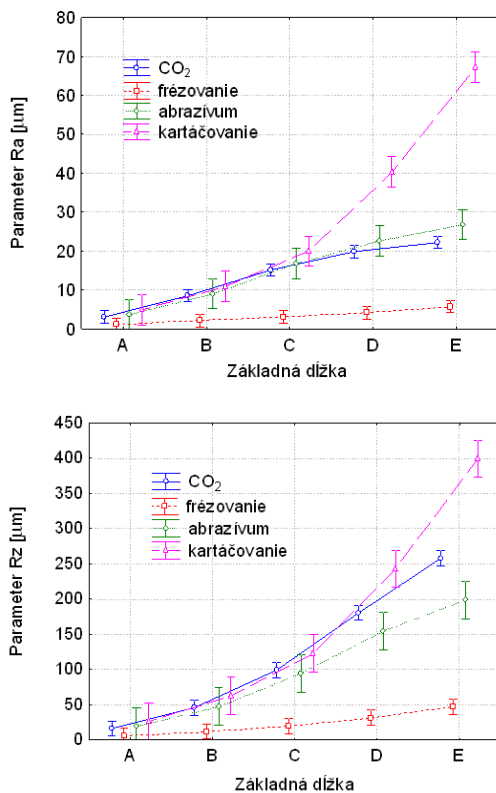
VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledky drsnosti meranej v smere vlákien a kolmo na priebeh vlákien pri štyroch spôsoboch mechanického opracovania povrchu smrekového dreva sú uvedené na obr. 4 a 5. Z experimentálnych výsledkov vyplýva, že pre povrch dreva je charakteristický výskyt hrubých nerovností. Spôsob opracovania povrchu dreva a anatomický smer, v ktorom bola meraná drsnosť, sa ukázali ako významné faktory ovplyvňujúce drsnosť jeho povrchu. Ako vyplýva z výsledkov, tieto sa vyznačujú vysokou variabilitou a to v každom anatomickom smere, ako aj pri každom spôsobe opracovania. Na rôzne hodnoty parametrov drsnosti a ich variabilitu mala vplyv heterogénna anatomická stavba smrekového dreva na úrovni makro-, mikro- a submikro-štruktúry ako aj vplyv spôsobu opracovania jeho povrchu.

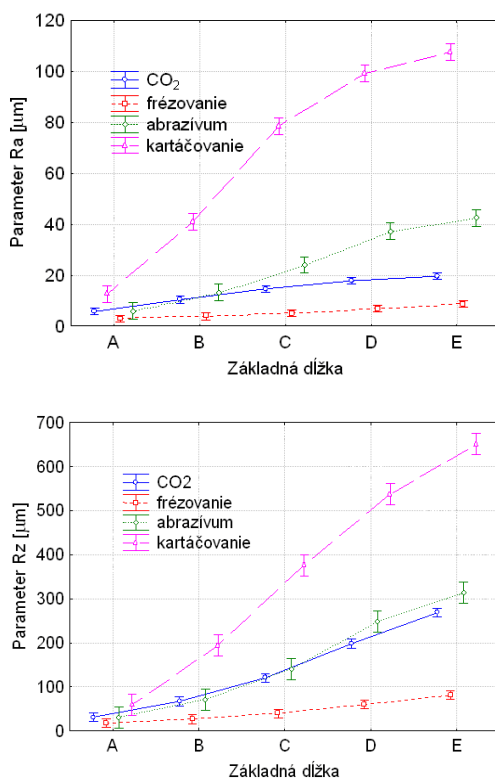
V prípade smrekového dreva je povrch tvorený pozdĺžne prerezanými tracheidami jarného a letného dreva a priečne prerezanými parenchymatickými bunkami stržňových lúčov.

Drsnosť meraná naprieč vlákien bola vo všetkých prípadoch významne vyššia ako rovnobežne s vláknami, čo je dané hlavne orientáciou bunkových elementov (tracheid). Nepresnostiam merania pripisujeme sekundárny význam.

Pri hodnotení vplyvu opracovania na drsnosť, sme za základ zobrali výsledky drsnosti namerané na povrchu dreva opracovaného rovinným frézovaním. Pri tomto spôsobe opracovania sa dosiahli najnižšie hodnoty parametrov drsnosti R_a a R_z .



Obr. 4 Parametre drsnosti v smere vlákien rôzne opracovaného smrekového dreva. Základné dĺžky: A – 0,25 mm, B – 0,8 mm, C – 2,5 mm, D – 8 mm, E – 25 mm.



Obr. 5 Parametre drsnosti naprieč vlákien rôzne opracovaného smrekového dreva
Základné dĺžky: A – 0,25 mm, B – 0,8 mm, C – 2,5 mm, D – 8 mm, E – 25 mm.

Pri rovinnom frézovaní dochádza k deformovaniu bunkových stien, ich stláčaniu a nedokonalému prerezávaniu (Kúdela *et al.* 2004). Následne dochádza k vytrhávaniu drevných vlákien. Vplyvom otupenia ostria u bežných nástrojových ocelí sú tieto javy výraznejšie. V mieste dotyku rezného nástroja s podkladom vzniká vysoká teplota (Prokeš 1982). Aj keď pôsobenie tejto teploty je veľmi krátkodobé, v povrchovej vrstve dreva môže dochádzať k taveniu termoplastických polymérov (najmä lignínu). Bunkové steny sú viac zdeformované a často pokryté roztaveným lignínom (Liptáková *et al.* 1995). To má dopad aj na zhoršené zmáčanie frézovaného povrchu dreva kvapalinami a na zníženie polárnej zložky voľnej povrchovej energie v porovnaní s inými spôsobmi mechanického opracovania (Liptáková *et al.* 1995, 1997, Kúdela *et al.* 2013).

Ako vidieť z obr. 4 a 5, hodnoty parametrov drsnosti závisia aj od voľby základnej dĺžky. S rastúcou základnou dĺžkou parametre drsnosti sa zväčšovali. V prípade frézovaného povrchu sa to významne prejavilo od základnej dĺžky 2,5 mm.

Podobný trend bol pozorovaný aj v prípade ostatných spôsobov opracovania (suchým ľadom, abrazívum a kartáčovaním), ale parametre drsnosti boli významne vyššie v porovnaní s frézovaným povrchom. Ako vidieť z obr. 4 a 5, z ostatných uvedených spôsobov mechanického opracovania najnižšie parametre drsnosti sa dosahovali v prípade opracovania povrchu smrekového dreva suchým ľadom a najvyššie pri opracovaní kartáčovaním. Rozdiely v drsnosti medzi danými spôsobmi opracovania narastali s rastúcou

základnou dĺžkou. Najviac to môžeme pozorovať v prípade kartáčovaného povrchu. Makroštruktúru rôzne opracovaných povrchov vidieť na obr. 6.



Obr. 6 Povrch smrekového dreva opracovaný a) frézovaním, b) suchým ľadom, c) abrazívom, d) kartáčovaním.

Zvýšená drsnosť povrchu smrekového dreva opracovaného suchým ľadom bola spôsobená drobnými priehlbunami hlavne v jarnom dreve, ktoré po sebe zanechávali úlomky suchého ľadu po ich dopade pod tlakom na povrch dreva (obr. 6b). Tieto boli pomerne rovnomerne rozptýlené po jeho povrchu. Vzniknuté drobné priehlbiny stierali aj rozdiely v drsnosti rovnobežne a naprieč vlákien. Pozorované vizuálne zmeny v porovnaní s frézovaným povrchom boli nepatrné. Pri opracovaní povrchu dreva suchým ľadom vzniká opačný termický efekt ako pri frézovaní, čo má lepší dopad na jeho zmáčanie (Šmíra *et al.* 2014)

V prípade opracovania povrchu smrekového dreva abrazívom zvýšená drsnosť, podobne ako v predchádzajúcom prípade, je spôsobená zvýšenou drsnosťou jarného dreva časticami abrazíva (obr. 6c). Otvory na povrchu dreva, spôsobené abrazívom, mali na jeho povrchu väčšiu frekvenciu výskytu. To spôsobilo zvýšenie drsnosti oproti predchádzajúcemu spôsobu opracovania, čo môžeme v pozdĺžnom smere pozorovať pri vyšších základných dĺžkach (od $l = 8$ mm) – obr. 4. Tieto rozdiely sú ešte výraznejšie pri drsnosti kolmo na vlákna (obr. 5).

Negatívom tohto spôsobu opracovania, okrem iného je, že mikročastice abrazíva ostávajú vryté v povrchu dreva.

Najvyššia drsnosť bola pozorovaná v prípade kartáčovaného povrchu, kedy sa vytrhávajú vlákna jarného dreva a dostávame povrch s novou textúrou. Tieto zmeny v textúre povrchu dreva sú pozorovateľné aj vizuálne (obr. 6d).

Pri opracovaní povrchu dreva kartáčovaním dochádza k iným zmenám morfológie povrchu ako je to pri frézovaní. Pri kartáčovaní dochádza k vytrhávaniu drevných vlákien a ďalších bunkových elementov, predovšetkým v jarnom dreve. Pri tomto spôsobe opracovania sa dosahovalo najlepšie zmáčanie povrchu dreva (Kúdela *et al.* 2013).

ZÁVER

Praktická aplikácia testovaných mechanických predúprav povrchu smrekového dreva suchým ľadom potvrdila, že pre povrch smrekového dreva je charakteristický výskyt hrubých nerovností. Spôsob opracovania povrchu dreva a anatomický smer, v ktorom bola meraná drsnosť, sa ukázali ako významné faktory ovplyvňujúce drsnosť jeho povrchu. Drsnosť povrchu smrekového dreva sa vyznačovala vysokou variabilitou a to v každom anatomickom smere, ako aj pri každom spôsobe opracovania. Najnižšia drsnosť bola zistená v prípade rovinného frézovania, vyššia v prípade opracovania povrchu suchým ľadom, potom abrazívom a najvyššia drsnosť bola dosiahnutá v prípade karáčovaného povrchu.

Ktorý spôsob predúpravy povrchu je vhodné použiť, nezávisí len od jeho drsnosti, ale závisí aj od ostatných povrchových vlastností a najmä od toho na aké výrobky sa mechanická predúprava povrchu robí a za akým účelom.

Pod'akovanie: Táto publikácia vznikla vďaka podpore Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR a Slovenskej akadémie vied (Grant No. 1/0893/13 „Povrchové vlastnosti a interakcie na fázovom rozhraní drevo – kvapalina“).

LITERATÚRA

- Aichouh, P. 2003: Determination of the chip geometry, cutting force and roughness in free form surfaces finishing milling, with ball end tools. *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 43: 499–514.
- Gardner, D. J., Ostmeyer, J. G., Elder, T. J. 1991: Bonding surface activated hardwood flake board with phenol- formaldehyde resin II. Flake surface chemistry. *Holzforschung*, 45(3): 215–222.
- Gurau, L., Williams, H. M., Irle, M. 2006: Filtering the roughness of a sanded wood surface. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 64: 363–371.
- Kúdela, J. 2010a: Povrchové vlastnosti dreva. In: *Trendy v nábytkárstvi a bydlení 2010*. Brno: Mendelova univerzita v Brne, s. 33–44.
- Kúdela, J., Liptáková, E. 2005: Evaluation of various ways of mechanical wood surface treatment. *Acta Mechanica Slovaca*, 9(3-A): 135–142.
- Kúdela, J., Liptáková, E., Gindl, M. 2004: On the wetting behaviour of different treated beech wood surfaces. In: *2nd International Symposium on Wood Machining*. Viena, BOKU – Institute of Physics and Materials Science, s. 467–473.

- Liptáková, E., Kúdela, J., Bastl, Z. 1997: Thermodynamics and chemistry of real wood surfaces. In: Wood structure, properties and quality '96. Moscow – Mytishi: Moscow State Forestry University, s. 323–327.
- Liptáková, E., Kúdela, J., Bastl, Z., Spirovová, I. 1995: Influence of mechanical surface treatment of wood the wetting process. *Holzforschung*, 49(4): 369–375.
- Magoss, E. 2008: General Regularities of Wood Surface Roughness. *Acta Silv. Lign. Hung.*, 4: 81–93.
- Prokeš, S. 1982: Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva. Praha: SNTL, 1982. 584 s.
- Santoni, I., Pizzo, B. 2011: Effect of surface conditions related to machining and air exposure on wettability of different Mediterranean wood species. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 31: 743–753.
- Šmíra, P., Ihracký, P., Mrenica, L., Nasswetrová, A., Kúdela, J. 2014: Pre-treatment of surface of old wood structural elements with dry ice. In: Proceedings of the 57th International Convention of Society of Wood Science and Technology (Eds.: Barnes, H. M. and Herian, V. L.), SWST, Monona, W, US, p. 727–736.
- Kúdela, J., Ihracký, P., Mrenica, L. 2013: Zmena povrchových vlastností smrekového dreva po rôznom mechanickom opracovaní. Závěrečná správa, Drevárska fakulta Technickej univerzity vo Zvolene, Zvolen, 29 s.