



HODNOCENÍ KVALITY POVRCHU DŘEVA PO FRÉZOVÁNÍ

Miroslav Rousek¹ – Zdeněk Kopecký¹ – Vít Novák¹ – Maciej Kowalski²

Abstract

Article discusses the basic types of dependencies using machine technology on the quality of the surface of most common woods. Research was conducted to test Stand milling using different feeding rates and ratios. Evaluation of surface quality beech, oak, pine and spruce took place at the top multisensor device Taylor Hobson Talysurf CLI-1000 noncontact method using confocal sensor. The software provides powerful PC software program Talymap platinumm.

Key words: *milling, surface quality, roughness, waviness*

ÚVOD

V důsledku navyšování kapacit výroby v dřevařském i v nábytkářském průmyslu se stále zvyšují nároky na provozní a technické vlastnosti dřevoobráběcích strojů i nástrojů jimi vybavených (Koch, P. 1964). 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 (Kowalski, M., Rousek, M., Cichosz, P., Karolczak, P. 2008). Donedávna byla kvalita povrchu hodnocena pouze subjektivním posouzením zrakem a hmatem. Ve velké míře bylo vše ovlivněno osobou, která hodnocení prováděla. Postupným zvyšováním úrovní kontroly vzrostly i nároky na zvýšení kontroly kvality.

Kvalita opracovaného povrchu v dřevařském a nábytkářském průmyslu musí mít odpovídající vlastnosti, které jsou rozhodující pro další použití konkrétního výrobku. K rozšiřování hodnocení textury povrchu přispívá zásadním způsobem rozvoj měřicí techniky a programového vybavení celého vyhodnocovacího procesu. V nových měřících postupech se začínají nejvíce uplatňovat bezdotykové způsoby snímání povrchu, které jsou oproti dotykovým metodám šetrnější ke snímanému povrchu, přesnější, výkonnější a rychlejší. Dalším již zmíněným přínosem v hodnocení kvality povrchu je neustálý vývoj programového vybavení (Kopecký, Z., Rousek, M., Novák, V. 2008). Zaměřuje se nejen na ovládání samotného procesu vyhodnocování, ale především na zpracování získaných dat. Jde zejména o to, že dokáže zpracovat obrovské množství vyhodnocených dat, které popisují skutečný prostorový profil povrchu. Také mohou disponovat funkcemi reálného grafického zobrazení zkoumaného povrchu pomocí axonometrického pohledu, topografické mapy nebo záznamu rozdělení souřadnic. Pomocí většiny charakteristik povrchu můžeme nejen zvýšit objektivitu hodnocení, ale zároveň je lze využít pro další

¹ Mendel University of Agriculture and Forestry, Faculty of Forestry and Wood Technology

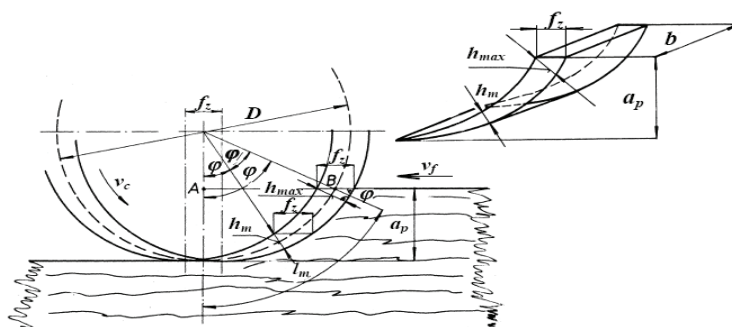
² Wrocław University of Technology, Institute of Machine Technology and Automatization

předpověď chování povrchu v průběhu užívání a provozu (Škaljič, N.; Beljo Lučič, R.; Čavlovič, A.; Obučina, M. 2009), např. dostatečnou připravenost pro následné povrchové úpravy, atd.

MATERIÁL A METODIKA

Frézování

Technologickou operaci frézování definujeme jako obrábění materiálu frézovacím nástrojem (frézou), který se otáčí a odebrává třísku s měnící se tloušťkou od nuly do maxima (s_{max}), posuv je ve směru kolmém k ose otáčení (Lisičan, J., 1996). Kinematiku rovinného frézování můžeme vidět na obr. 2.

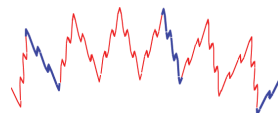


Obr. 1 – Kinematické schéma rovinného frézování

Základní pojmy hodnocení kvality

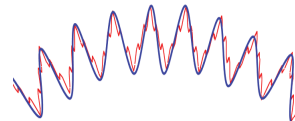
- Drsnost - nejmenší nerovnosti vznikající v procesu výroby. Drsnost je spíše důsledkem metody dokončování než působením obráběcího stroje. Řezný nástroj zanechává na povrchu stopy; uspořádání stop má periodický nebo náhodný charakter. Parametr drsnosti se značí písmenem R.

Obr. 2 – Rozlišení drsnosti povrchu



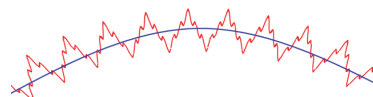
- Vlnitost – představuje rozměrnější nerovnosti, na které je superponována drsnost; většinou jsou způsobeny kmitáním nebo deformací obrobku. Vlnitost je přisuzována především vlastnostem obráběcího stroje. Parametr vlnitosti se značí písmenem W

Obr. 3 – Rozlišení vlnitosti povrchu



- Tvar – je charakterizován největšími nerovnostmi profilu povrchu, které vznikají bez ohledu na drsnost a vlnitost. Úchyly tvaru povrchu nejčastěji způsobuje nedostatečně tuhé upnutí obráběné součásti nebo úchyly (nepřímoty) vodicích ploch strojů. Parametr tvaru se značí písmenem P.

Obr. 4 – Rozlišení tvaru povrchu



- 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.

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

- Největší výška profilu P_z , R_z , W_z – součet výšky Z_p nejvyššího výstupku profilu (R_p) a hloubky Z_v nejnižší prohlubně profilu (R_v) v rozsahu základní délky.
- Průměrná kvadratická úchylka profilu P_q , R_q , W_q – kvadratický průměr pořadnic $Z(x)$ 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.

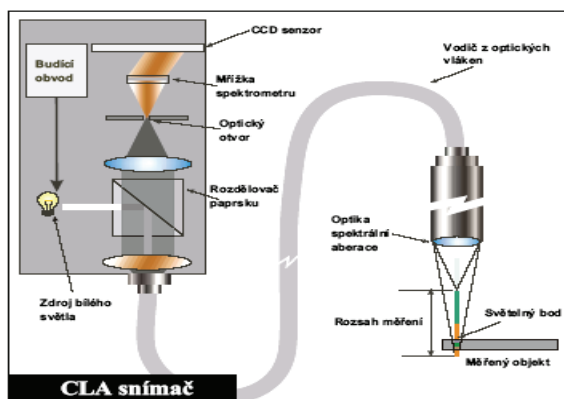
$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l_r} \cdot \int_0^{l_r} |Z^2(x)| dx}$$

- Průměrná šířka prvků profilu P_{Sm} , R_{Sm} , W_{Sm} – základní charakteristika drsnosti povrchu v podélném směru získaná jako aritmetický průměr šířek X_{S_i} prvků profilu v rozsahu základní délky

$$R_{Sm} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m X_{S_i}$$

Konfokální snímač (CLA)

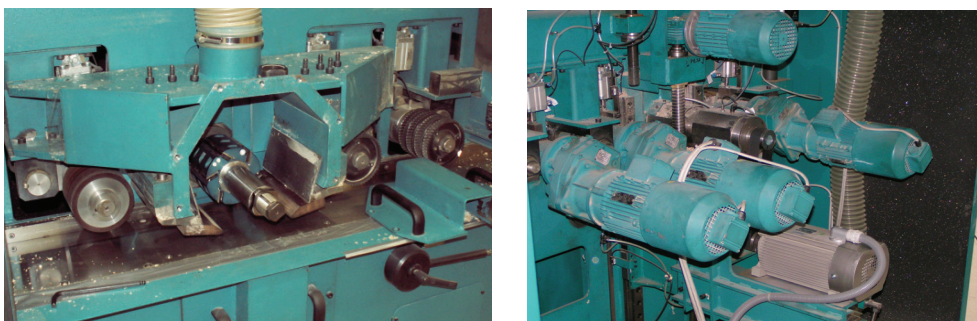
Princip činnosti konfokálního snímače spočívá v rozkladu bílého světla. Pak pomocí optiky se spektrální aberací je směřováno na kontrolovaný povrch. Optika rozloží světlo podle vlnových délek a v každém bodě povrchu je zaostřena jen určitá vlnová délka. Světlo odražené z povrchu prochází otvorem, který propustí jen světlo zaostřené vlnové délky. Spektrometr vychýlí světlo na CCD senzor, kde je každému bodu přiřazena prostorová poloha (souřadnice bodu X , Y a výška v dané poloze Z). Mezi výhody tohoto snímače patří rychlé snímání ve vysokém rozlišení a vysoká přesnost.



Obr. 5 – Schéma činnosti konfokálního snímače

Zkušební frézovací stand

Další částí experimentu bylo opracování povrchu vybraných dřev na zkušební frézovacím standu za předem zvolených parametrů metodou nesousledného frézování. Hodnoty posuvu na zub f_z byly voleny 0,3 mm a 0,6 mm. Otáčky frézovací hlavy byly nastaveny nejdříve na 6000 min⁻¹ a následně na 9000 min⁻¹ (tab. 3). Použita byl frézovací hlava firmy BENMET s.r.o. Praha o průměru 125 mm osazena 6 břity.



Obr. 6. Zkušební stand – pohled do pracovního prostoru motoru

Tab. 1: Parametry frézování:

Otáčky n [min^{-1}]	Posuv na zub f_z [mm]	Posuvová rychlost v_f [m.min^{-1}]
6000	0,3	10,8
	0,6	21,6
9000	0,3	16,2
	0,6	32,4

Vyhodnocení vzorků

Poslední částí experimentu bylo vyhodnocení všech vzorků na multisenzorovém přístroji Taylor Hobson-Talysurf CLI 1000 s využitím konfokálního snímače a softwarového vybavení Talymap Platinum. Podmínky měření a postup vyhodnocování je uveden v tabulkách 4 a 5. Povrch byl hodnocen podle norem EN ISO 4287 a ISO 12178-2 a byly zjišťovány výše uvedené parametry.

Tab.2 – Podmínky měření pro Talysurf CLI 1000

Snímač			Plocha	Krok	Rychlost měření
Typ	Rozsah/citlivost	Frekvence	X x Y		vpřed/vzad
Konfokální	800 μm / 30 nm	200 – 500 Hz	12,5 x 12,5 mm	20 x 20 μm	4mm.s-1/30 mm.s-1

Tab. 3 – Postup vyhodnocování

Operace	Popis
Vyrovnání plochy	vyrovnání plochy podle zvolené oblasti
Zoom	výběr plochy z naměřeného povrchu pro další úpravy a analýzy – eliminace okrajových nedostatků
Form removal	oddělení geometrického tvaru při měření reálných povrchů
Thresholding	zahrnutí odpovídajícího spektra dat do analýz – získání základní plochy
Filtrace	získání plochy vlnitosti a drsnosti
Zobrazení plochy 3D	
Stanovení 2D a 3D parametrů	

VÝSLEDKY

Pro experiment bylo použito bukové, dubové, smrkové a borové dřevo. Systém tvorby výsledků je takový, že na každém vzorovém špalíku byla vybrána plocha o velikosti dle normy 12,5 x 12,5 mm. Po nasnímání této plochy byly zvoleny 3 řezy, na kterých proběhlo vyhodnocení vybraných parametrů. Hodnota Guassova filtru byla nastavena na 0,8 mm.

Z důvodu velkého množství výsledků byl postupně provedeno statistické vyhodnocení (průměr) a tyto hodnoty byly sepsány do přehledných tabulek, které se následně posloužily po tvorbu grafů, ze kterých bylo provedeno vyhodnocení.

Tab. 6 – Průměrné hodnoty frézování buku

	$f_z = 0,3 \text{ mm}$		$f_z = 0,6 \text{ mm}$	
	6000 min^{-1}	9000 min^{-1}	6000 min^{-1}	9000 min^{-1}
Ra [μm]	1,993	1,347	1,490	1,447
Rq [μm]	2,513	1,680	1,880	1,803
Rt [μm]	22,467	12,367	13,867	15,933
Rz [μm]	10,500	6,930	7,693	7,393
RSm [mm]	0,263	0,258	0,257	0,261
Wa [μm]	3,410	2,237	5,160	6,240
Wq [μm]	3,753	2,483	5,717	6,697
Wt [μm]	20,333	13,023	23,033	27,967
Wz [μm]	6,343	4,380	9,053	8,530
WSm [mm]	2,223	1,431	2,640	3,090

Tab. 7 – Průměrné hodnoty frézování dubu

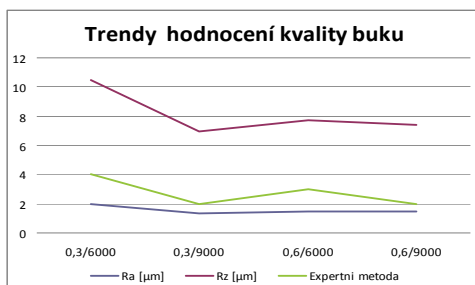
	$f_z = 0,3 \text{ mm}$		$f_z = 0,6 \text{ mm}$	
	6000 min^{-1}	9000 min^{-1}	6000 min^{-1}	9000 min^{-1}
Ra [μm]	1,190	1,353	1,247	1,099
Rq [μm]	1,477	1,687	1,567	1,390
Rt [μm]	11,350	13,333	11,280	11,773
Rz [μm]	6,330	7,107	6,473	5,877
RSm [mm]	0,236	0,242	0,229	0,230
Wa [μm]	1,603	1,500	3,337	5,487
Wq [μm]	1,817	1,693	3,690	5,987
Wt [μm]	9,500	8,593	14,700	25,200
Wz [μm]	3,563	3,293	5,797	8,040
WSm [mm]	1,690	1,753	2,360	3,237

Tab. 8 – Průměrné hodnoty frézování borovice

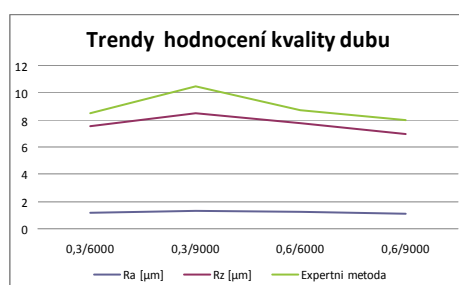
	$f_z = 0,3 \text{ mm}$		$f_z = 0,6 \text{ mm}$	
	6000 min^{-1}	9000 min^{-1}	6000 min^{-1}	9000 min^{-1}
Ra [μm]	2,293	2,203	2,373	2,627
Rq [μm]	2,893	2,737	2,983	3,317
Rt [μm]	21,533	17,967	22,000	31,433
Rz [μm]	12,100	11,200	12,133	13,433
RSm [mm]	0,237	0,265	0,286	0,290
Wa [μm]	1,537	2,750	3,537	5,113
Wq [μm]	1,750	3,113	3,940	5,793
Wt [μm]	8,537	16,963	19,933	28,033
Wz [μm]	3,510	5,920	6,767	10,280
WSm [mm]	1,417	1,660	2,263	2,153

Tab. 9 – Průměrné hodnoty frézování smrku

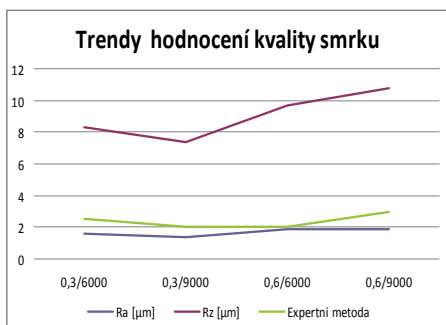
	$f_z = 0,3 \text{ mm}$		$f_z = 0,6 \text{ mm}$	
	6000 min^{-1}	9000 min^{-1}	6000 min^{-1}	9000 min^{-1}
Ra [μm]	1,583	1,390	1,863	1,907
Rq [μm]	1,980	1,767	2,360	2,440
Rt [μm]	15,533	13,133	17,383	22,800
Rz [μm]	8,310	7,370	9,653	10,770
RSm [mm]	0,264	0,251	0,252	0,237
Wa [μm]	2,267	1,807	3,187	3,953
Wq [μm]	2,547	2,030	3,497	4,307
Wt [μm]	12,200	10,183	15,933	17,433
Wz [μm]	5,003	4,210	6,273	6,437
WSm [mm]	1,953	1,697	2,053	2,360



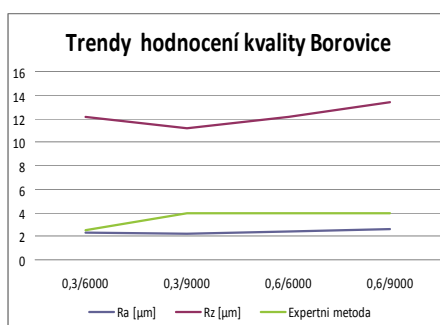
Obr. 7 Buk



Obr. 8 Dub



Obr. 9 Smrk



Obr. 10 Borovice

DISKUSE A ZÁVĚR

Při posouzení výsledků se dostaneme k závěru, že v praktickém provozu nelze hodnotit drsnost a vlnitost odděleně. Vždy se nám na povrchu objevují v určité kombinaci a lidské oko většinou neodvede rozlišit co je vlnitost a co drsnost. Proto je tedy i důležité zhodnotit jednotlivé dřeviny celkově z pohledu drsnosti a vlnitosti dohromady. V této části je uveden pokus o provedení tohoto zhodnocení ze dvou hledisek. Jedním z hledisek je výběr nejlepší technologie pro konkrétní dřevo a druhé hledisko bude v opačném smyslu, tzn. výběr nejlepší dřeviny pro konkrétní použitou technologii.

Jednotlivé závislosti dřev a technologií asi nejlépe vystihne tabulkové hodnocení s číselnou stupnicí. Číselné expertní hodnocení vzniklo čistě na základě grafů vytvořených z výše uvedených tabulek a vzhledových vlastností vytvořených vzorků jednotlivými druhy obráběcích technologií.

Tab. 10 – Vliv technologie obrábění na kvalitu povrchu dřeva

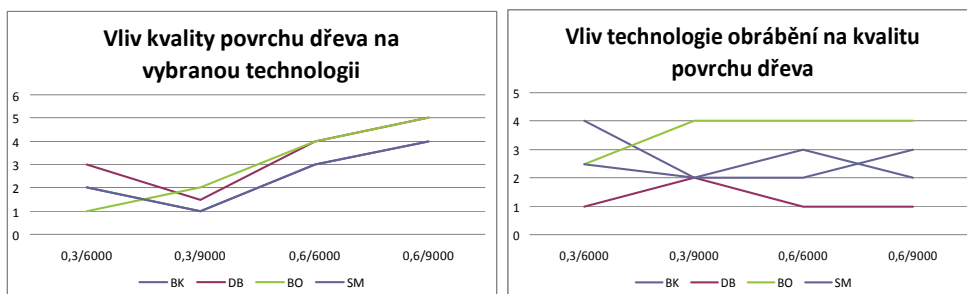
	0,3/6000	0,3/9000	0,6/6000	0,6/9000
BK	4	2	3	2
DB	1	2	1	1
BO	2,5	4	4	4
SM	2,5	2	2	3

(1–nejlepší kvalita, 4–nejhorší kvalita, BK=Buk, DB=Dub, BO=Borovice, SM=Smrk)

Tab. 11 – Vliv kvality povrchu dřeva na vybranou technologii

	0,3/6000	0,3/9000	0,6/6000	0,6/9000
BK	2	1	3	4
DB	3	1,5	4	5
BO	1	2	4	5
SM	2	1	3	4

(1–nejlepší kvalita, 5–nejhorší kvalita, BK=Buk, DB=Dub, BO=Borovice, SM=Smrk)



Obr. 11 Vliv kvality na vybranou technologii Obr. 12 Vliv technologie na kvalitu

Grafy vytvořené z tabulek 10 a 11 jsou v korelaci z grafy drsnosti a vlnitosti vzniklými z tabulek 3 až 6 a přesvědčivě dokazují následující tvrzení, že nejlepší kvality obrábění se dosáhne při otáčkách 6000 až 9000 min⁻¹ a posuvu na zub $f_z = 0,3$ mm.

Na všech výsledcích se ovšem velkou měrou podílí jednak samotná anatomická stavba dřeva, jeho fyzikálně-mechanické vlastnosti a vliv konstrukce stroje, tuhost hřídele, otupení nástroje a další. Tyto vlivy nelze eliminovat, na povrchu se objeví vždy. Pro nás je tedy důležité vždy určit takové parametry obrábění, kterými 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. Obdobně dřevina reaguje jiným povrchem na použítou technologii obrábění. Je tedy potřeba pečlivě vybírat obráběcí nástroje a zabývat se určováním technologických podmínek v technologickém procesu. Hodnocení struktury povrchu plochy může přispět k vysvětlení a řešení řady problému ve výrobní technologii. Umožňuje kvantitativní studium geometrických a rozměrových změn profilu povrchu v různých etapách výrobních procesů po jejich dokončení i v průběhu jejich funkčního využití.

PODĚKOVÁNÍ

Príspevek byl vypracován v souvislosti s řešením dílčího projektu v rámci programu CEEPUS 2012, CII-SK-0310-03. 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. *Chiepl and Chipless Woodworking Processes*, Štúrovo, pp. 143-148.
2. Kopecký, Z., Rousek, M., Novák, V., 2008, Hodnocení kvality obrobeného povrchu dřeva pomocí počítačových metod. In: DZURENDA, L. Vplyv techniky na kvalitu deleného a obrábaného dřeva. 1. vyd. Vedecká štúdie 2/2008/B. Technická univerzita vo Zvolene: Vydavateľstvo TU vo Zvolene. s. 55--91. ISBN 978-80-228-1923-7.
3. 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.
4. ČSN EN ISO 4287 (1999). Standard – Geometrical demands on products (GPS) – Surface structure: Profile method- Terms, definitions and parameters of the surface structure