



VPLYV KOMPENZAČNÝCH DRÁŽOK, MEDENÝCH NITOV A NEROVNOVERNÉHO ROZSTUPU ZUBOV PÍLOVÉHO KOTÚČA NA HLADINU HLUKU V PROCESSE REZANIA

Ján Svoreň

Abstract

In the majority of cases, wood is cut at a high feed rate and a high rotation speed by circular saw blades. The tool – circular saw blade rotates in material medium and therefore is a source of noise, which unfavourably influences working environment.

In this article the measurement results of the noise level of differently designed circular saw blades are presented. The sound measurement was carried out at cutting, using the standard equipment. In this research three blade samples were used (without slots, with six compensation slots and with unidentical pitch and with six compensation slots, copper corks and with unidentical pitch). Diameters circular saw blades were 350 mm. The circular saw with compensation slots, copper corks and with unidentical pitch have emitted a high cutting noise and his noise level was $(1,5 \div 2,5)$ dB (A) lower than the noise level of the circular saw without slots.

Key words: circular saw, compensation slots, natural frequency, cutting noise level

ÚVOD

V drevárskom priemysle je najviac používaný proces rezania dreva a drevných materiálov kotúčovými pilami, kde rezným nástrojom sú pílové kotúče. Kmitanie a hluk pílových kotúčov sú základné problémy nestability nástroja v procese rezania. Zníženie amplitúdy kmitov je nevyhnutné pre zlepšenie kvality povrchu, presnosti rezania, zvýšenie výťažnosti materiálu, predĺženie životnosti nástroja, ale aj pre redukciu hluku. Zvlášť emisiu hluku môžeme priamo ovplyvniť tvarom pílového kotúča. Hladina hluku vyžarovaná pílovým kotúčom závisí predovšetkým od nárastu reznej (obvodovej) rýchlosti a tiež na tom, či sa jedná o chod naprázdno, alebo rezanie. Pílové kotúče emitujú niekedy vyššie hladiny hluku pri chode naprázdno ako pri rezaní. Tento hluk je silný rezonančný hluk, poznaný tiež ako „pískanie pílových kotúčov“. Veľmi dôležité je zistiť a odstrániť tento jav hlavne pri kotúčových pilách pre priečne rezanie. V tomto prípade je podiel času pri chode naprázdno podstatne vyšší ako podiel času pri rezaní z celkového času pracovnej smeny.

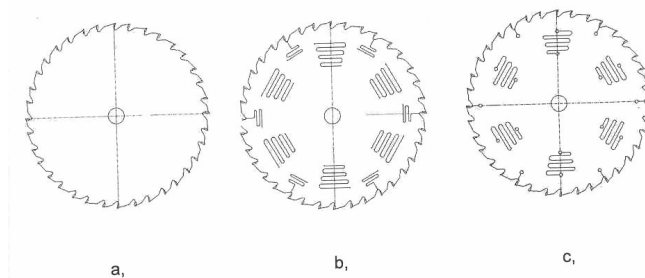
V súčasnom drevárskom priemysle je najčastejšie používaný asymetrický pílový kotúč, v tele ktorého sú vyrobené viaceré kompenzačné drážky. Vplyvy dĺžky, počtu drážok a medených nitov na hladinu hluku pílových kotúčov boli skúmané vo viacerých výskumných prácach. Niektoré z týchto prác môžeme uviesť (Leu a Mote, 1979; Dugdale, 1977; Plester, 1985; Miklaszewski a Grobelny, 1995; Svoreň a Naščák, 1999; Gogliá, 1999; Svoreň, 2004; Orłowski, 2005). Výrobcovia pílových kotúčov využívajú pre

zníženie emisie hluku rozličné tlmiace metódy. Tieto metódy môžeme rozdeliť do troch skupín:

1. *Lepené pílové kotúče* - podľa (Westkämper, 1990) je zníženie hladiny hluku pri chode naprázdno o 10 dB (A), pri rezaní o $(6 \div 8)$ dB (A).
2. *Telo pílového kotúča vyrobené z vysoko tlmiacich materiálov* – podľa (Hattori, 1987; 2001) je zníženie hladiny hluku pri chode naprázdno o 11 dB (A).
3. *Laserové rezanie kompenzačných drážok do tela pílového kotúča* – podľa (Westkämper, 1994) je zníženie hladiny hluku pri chode naprázdno a pri rezaní od $(2 \div 8)$ dB (A). Laserové rezanie prináša so sebou rad výhod ako je presnosť, rýchlosť a schopnosť robiť individuálne aplikácie.

METODIKA

Pri experimentálnych meraniach boli použité tri pílové kotúče. Prvý pílový kotúč (PK1) mal neupravené telo a rovnomerný rozstup zubov (obr.1a). Druhý pílový kotúč (PK2) mal v tele pomocou laseru vypálené kompenzačné drážky a nerovnomerný rozstup zubov (obr.1b). Tretí pílový kotúč (PK3) mal v tele kompenzačné drážky ako druhý, medené nity a nerovnomerný rozstup zubov (obr.1c). Zuby pílových kotúčov sú osadené doštičkami zo spekaného karbidu a sú striedavo šikmo brúsené. Použité upínacie príruby mali vonkajší priemer $d_p = 110$ mm. Konštrukčné rozdiely použitých pílových kotúčov sú znázornené na obr.1.



Obr. 1 Použité pílové kotúče

Základné parametre použitých pílových kotúčov sú uvedené v tabuľke č.1.

Tabuľka 1

Parametre	PK1	PK2	PK3
Priemer pílového kotúča, mm	350	350	350
Priemer upínacej diery, mm	30	30	30
Počet zubov	36	36	36
Hrúbka pílového kotúča, mm	2,5	2,5	2,5
Šírka reznej hrany, mm	4,5	4,5	4,5
Výška zuba, mm	13	13	13
Rozstup zubov, mm	30,52	27,47 (33,58)	27,47 (33,58)
Geometria zuba	$\alpha_r = 15^\circ$		
	$\beta_r = 65^\circ$		
	$\gamma_f = 10^\circ$		
Typ zuba	WZ		

Pracovné otáčky pílových kotúčov sa určili na základe výpočtu rezonančných (kritických) frekvencií otáčania podľa rovnice:

$$n_{r,k} = \frac{60 \cdot f_{(n=0)}}{\sqrt{(k+Z)^2 - \lambda}} \quad [\text{min}^{-1}] \quad (1)$$

kde: $f_{(n=0)}$ – vlastná uhlová frekvencia kmitov neotáčajúceho sa pílového kotúča, [Hz]

k – počet uzlových priemerov, [-]

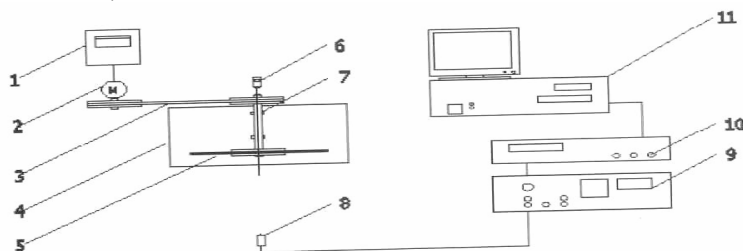
Z – harmonické číslo, ($Z = 0; 1; 2; 3; 4; \dots$) [-]

λ - koeficient odstredivej sily. [-]

Vlastné uhlové frekvencie kmitov neotáčajúcich sa pílových kotúčov boli pre $k = 1; 2; 3$ experimentálne určené na meracej aparatúre, ktorá je popísaná v práci (Svoreň, 2000). Koeficienty odstredivej sily λ boli experimentálne určené na meracej aparatúre v laboratóriu KDSZ TU vo Zvolene, ktorá je popísaná v práci (Svoreň a Danko, 2004). Na základe analýzy vypočítaných rezonančných (kritických) otáčok boli vybrané pracovné otáčky pre experimentálne merania: $n_1 = 3300 \text{ min}^{-1}$; $n_2 = 3350 \text{ min}^{-1}$; $n_3 = 3400 \text{ min}^{-1}$; $n_4 = 3450 \text{ min}^{-1}$; $n_5 = 3500 \text{ min}^{-1}$.

Ako rezaný materiál boli pri experimentálnych meraniach hladiny hluku použité bukové dosky s rozmermi 1350mm x 250 mm. Hrúbka dosiek bola 25 mm a 40 mm. Vlhkosť dosiek $w = 12\%$. Posuvné rýchlosti rezaného materiálu boli $v_{f1} = 12 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a $v_{f2} = 17 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

Meranie hladín hluku kotúčovej píly pri experimentálnych rezoch sa realizovalo na meracej aparatúre, ktorej bloková schéma je znázornená na obr.2. Mikrofón bol pri meraniach umiestnený v osi pílového kotúča, vo vzdialenosti 1m od stojana stroja a vo výške 1,5m nad podlahou. Hlukomer bol nastavený na frekvenčný – váhový filter „A“ a časový – váhový filter „F“ v rozsahu (70 ÷ 110)dB. Celý merací reťazec bol kalibrovaný pomocou kalibračného zariadenia, ktoré emituje pri frekvencii $f = 1000 \text{ Hz} \pm 5\%$ hladinu hluku $L = 94 \text{ dB} \pm 0,8 \text{ dB}$.



Obr.2 Bloková schéma zapojenia prístrojov pre meranie hladiny hluku kotúčovej píly

1 – frekvenčný menič, 2 – elektromotor, 3 – klinovo remeňový prevod,

4 – stojan kotúčovej píly, 5 – pílový kotúč, 6 – bezkontaktný otáčkomer,

7 – hriadeľ kotúčovej píly, 8 – kondenzátorový mikrofón, 9 – laboratórny hlukomer,

10 – multimeter M1T 380, 11 – osobný počítač (PC).

VÝSLEDKY MERANIA A DISKUSIA

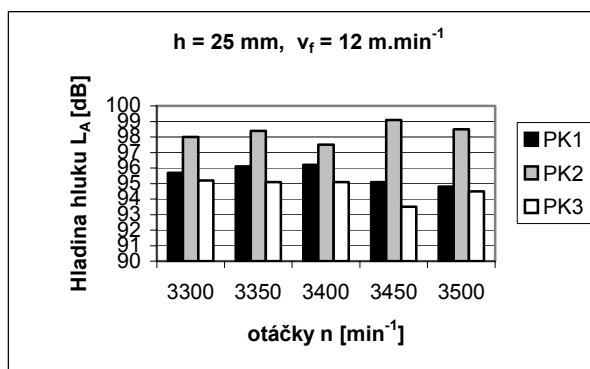
Hodnoty hluku jednotlivých experimentálnych rezov boli zaznamenané pomocou programu „METRA“ v PC v milivoltoch. V programe EXCEL“97“ boli tieto hodnoty prepočítané na hodnoty v decibeloch podľa rovnice:

$$L_A = 70 + \frac{U}{25} \quad [\text{dB}] \quad (2)$$

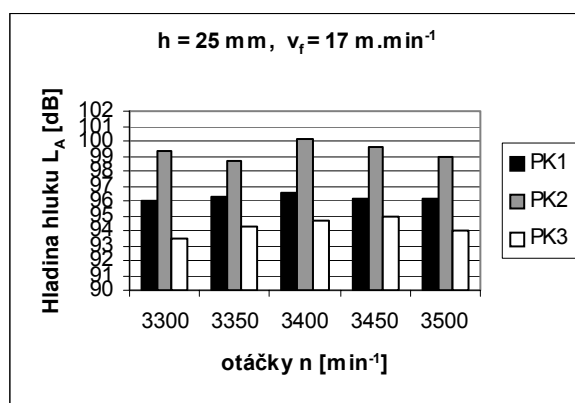
kde: 70 – konštanta nastavená na zosilňovači, [dB]
 U – zaznamenané hodnoty hladiny hluku. [mV]

Grafické znázornenie výsledkov meraní je na obr.3, obr.4, obr.5, obr.6, z ktorých sme zistili nasledujúce poznatky:

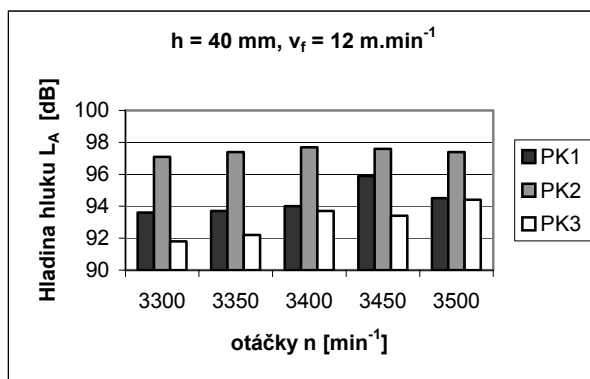
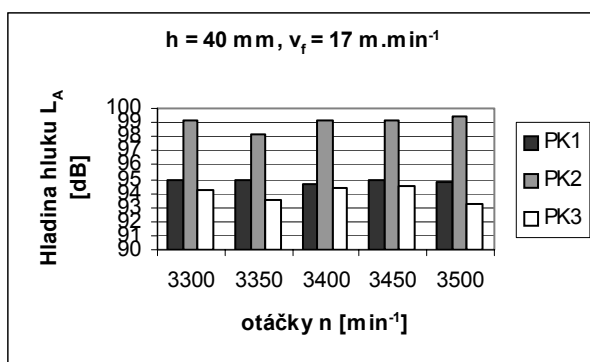
- potvrdila sa známa závislosť, že so zvyšujúcimi sa otáčkami narastá hladina hluku kotúčovej píly pri ďalších rovnakých parametroch (obr.5),
- potvrdila sa známa závislosť, že s rastúcou posuvnou rýchlosťou v_f narastá hladina hluku kotúčovej píly pri ďalších rovnakých parametroch (obr.5 a obr.6)
- pri porovnaní neupraveného pilového kotúča (PK1) s upraveným pilovým kotúčom (PK2) boli jeho priemerné hladiny hluku nižšie o (2 ÷ 4) dB(A) takmer pri všetkých podmienkach rezania,
- upravený pilový kotúč (PK3) vykazoval priemerné hladiny hluku o (1,5 ÷ 2,5) dB (A) nižšie ako neupravený pilový kotúč (PK1) takmer pri všetkých podmienkach rezania,
- pri všetkých podmienkach rezania sa výrazne prejavil rezonančný hluk pri pilovom kotúči (PK2), čo spôsobilo nárast priemerných hladín hluku voči pilovým kotúčom (PK1 a PK3).



Obr.3 Závislosť hladiny hluku L_A kotúčovej píly na otáčkach



Obr.4 Závislosť hladiny hluku L_A kotúčovej píly na otáčkach

Obr.5 Závislosť hladiny hluku L_A kotúčovej píly na otáčkachObr.6 Závislosť hladiny hluku L_A kotúčovej píly na otáčkach

ZÁVER

Konštrukčnými úpravami tela PK3 (laserom vyrezané kompenzačné drážky, medené nity a nerovnomerný rozstup zubov) sa znížila hladina hluku kotúčovej píly v procese rezania. Kompenzačné drážky v tele a nerovnomerný rozstup zubov (PK2) nezabezpečujú zníženie hladiny hluku kotúčovej píly v celom rozsahu pracovných otáčok, čo potvrdili aj experimentálne merania. Tieto poznatky dobre korešpondujú s uvádzanými poznatkami v prospektových materiáloch niektorých výrobcov pílových kotúčov (LEITZ, FREUD, OMAS a iní). Výroba takto upravených pílových kotúčov by mala predstavovať bežný štandard pre každého výrobcu. V tomto prípade ide hlavne o zvýšenie kvality pracovného prostredia a ochranu zdravia ľudí pri práci.

LITERATÚRA

DUGDALE, D. S.: Practical analysis of saw noise. Proceedings of a conference held at the University of California, Forest Product Laboratory, Richmond, Marec 28 – 30, 1977, s.198 – 206.

- GOGLIA, V.: Some possibilities of reducing circular saw idling noise. In: Proceedings of the 14th International Wood Machining Seminar. Volume 2. Paris, Epinal, Cluny – France, September 12 – 19, 1999, s.345 – 353.
- HATTORI, N. – IZUMI, S. – NOGUCHI, M.: Suppression of the Whistling Noise in Tungsten Carbide – Tipped Circular Saws Using a High – Damping Alloy. J.Jap. Wood Res. Soc., 33, 1987, č.4, s.268 – 273.
- HATTORI, N. a kol.: Suppression of the whistling noise in circular saws using commercially – available damping metal. Holz als Roh – und Werkstoff, 59, 2001, s. 394 – 398.
- LEU, M. C. – MOTE, C. D.: Noise generation by circular saws. Wood machining seminar, University of California, Forest Product Laboratory, Richmond, Október 15 – 17, 1979, s. 169 – 188.
- MIKLASZEWSKI, S. – GROBELNY, T.: Sound power determination of two circular saws with different constructions of the blades. In: Zborník I. Medzinárodná konferencia „Stroj – nástroj – obrobok“, 4. – 6. Október 1995, Nitra s.83 – 88.
- ORLOWSKI, K. A.: Identification of critical speeds of clamped circular saws. Drvna Industrija, 56, č.3, 2005, s. 103 – 106.
- PLESTER, J.: Origin of noise and noise reduction in circular sawing. Proceedings Circular Sawblade Technology, 17. – 18. Jún 1985, Oslo, s. 178 – 188.
- SVOREŇ, J. – NAŠČÁK, Ľ.: Vplyv počtu drážok tela pílových kotúčov na emisiu hluku pri chode naprázdno a pri rezaní. Acta Facultatis Technicae, 3, č.1, 1999, s. 103 – 108, ISBN 80- 228-0899-7.
- SVOREŇ, J.: Určenie vlastných statických frekvencií kmitov pílových kotúčov s kompenzačnými drážkami rôznymi metódami. In: Zborník prednášok II. Medzinárodná vedecká konferencia „Trieskové a beztrieskové obrábanie dreva 2000, 19. – 21. Október 2000, Starý Smokovec – Tatry, s.177 – 182, ISBN 80-228-0952-7.
- SVOREŇ, J.: Vplyv kompenzačných drážok a nerovnomerného rozstupu zubov pílového kotúča na hladinu hluku v procese rezania. In: Zborník prednášok IV. Medzinárodná vedecká konferencia „Trieskové a beztrieskové obrábanie dreva 2004, 14. – 16.10.2004, Starý Smokovec – Tatry, s.237 – 242, ISBN 80-228-1385-0.
- SVOREŇ, J. – DANKO, P.: Vplyv drážok tela na kritické otáčky pílových kotúčov. Acta Facultatis Technicae, 8, č.1, 2004, s.13 – 19, ISBN 80-228-1517-9.
- WESTKÄMPER, E. – LICHER, E. – PREKWINKEL, F.: Sägen von Holz – und Holzwerkstoffen. Holzbearbeitung, 1990, č.1/2, s. 38 – 45.
- WESTKÄMPER, E. – FUS, M.: Stand der Technik beim Kreissägen. Holzbearbeitung, 1994, č.4, s. 56 – 64.

Výsledky boli získané v rámci riešenia grantového projektu KDSZ VGP - č.1/1334/04 (4023).