TRIESKOVÉ A BEZTRIESKOVÉ OBRÁBANIE DREVA, 8(1): 155-159, 2012
Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, ISBN 978-80-228-2385-2

VLIV NEPRAVIDELNÉ ROZTEČE ZUBŮ NA HLUČNOST PILOVÉHO KOTOUČE

Zdeněk Kopecký[1] – Miroslav Rousek[1] – Přemysl Veselý[1] – Ján Svoreň[2] – Paweł Karolczak[3]

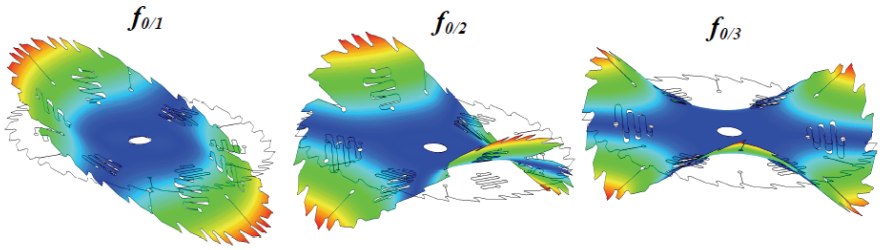
Abstract

Occupational hygiene needs to search among others tools such design that reduces noise levels in woodworking plants. One of the options for circular saw blade is to add noise the irregular tooth pitch. Noise level was measured by the operating procedures at idle and cutting on structurally similar prototype circular saw blades. Lover noise level was established for irregular tooth pitch 3 to 4 dB in comparison with a standard disk without dilatation and noise-elimination grooves. These values represent a relatively good result of the reduction of acoustic pressure by more than 50%.

Key words: *circular saw-blade, irregular tooth pitch, noise-elimination grooves, noise level*

ÚVOD

Emise hluku pilových kotoučů je ovlivněna dvěma faktory. Prvním je stlačování a víření vzduchu v důsledku obíhajících zubů při rotaci kotouče. Tento faktor je možné ovlivnit vhodným vytvořením zubů, zubové mezery nebo snížením obvodové rychlosti kotouče. Druhým faktorem jsou vibrace těla a věnce pilového kotouče, které ovlivňuje zejména konstrukce pilového kotouče, způsob upnutí, rozřezávaný materiál a velikost odstředivé síly. Pilový kotouč v důsledku svého diskovitého tvaru může mít nekonečný počet vlastních statických frekvencí, které jsou charakterizovány určitými tvary kmitů. Vyskytují se středově symetrické kmity s uzlovými kružnicemi a asymetrické kmity podle uzlových průměrů k = 1 až 3 ($f_{0/1}$, $f_{0/2}$, $f_{0/3}$, $f_{0/4}$), viz. obr. 1.



Obr. 1 Model středově asymetrických kmitů

[1] Mendel University of Agriculture and Forestry
[2] Technical University in Zvolen
[3] Wroclaw University of Technology

Pilové kotouče při dosažení rezonančních stavů, emitují někdy vyšší hladiny hluku při běhu naprázdno než při řezání. Tento hluk je silný rezonanční hluk, známý též jako „pískání pilových kotoučů“.

V dřevařském a nábytkářském průmyslu jsou většinou používány kotouče asymetrické, v jejichž těle jsou laserem vypáleny kompenzační a odhlučňovací drážky. Vliv počtu drážek, jejich délky a tvaru byly zkoumány ve vícero výzkumných prací, NISHIO S. – MARUI E. (1996), SIKLIENKA M. – SVOREŇ J. (1997), STAKHIEV Y.M. (1989), ORLOWSKI K. – SANDAK J. – TANAKA CH. (2007), SVOREŇ J. (2006). Odhlučňovací drážky mají poměrně významný vliv na snižování hluku u pilových kotoučů opatřených zuby ze slinutých karbidů (v literatuře je uváděno snížení o 3 až 5 dB). Používají se minimálně v počtu tři a více. Dalšími úpravami je zakončení dilatačních drážek měděnými nýty, použití tlumících desek, teflonových povlaků apod. Poměrně novou běžně nepoužívanou úpravou je provedení věnce kotouče s nepravidelnou roztečí zubů.

MATERIÁL A METODIKA

S rezonančními kmitočty pilového kotouče úzce souvisí zvýšení jeho hlučnosti. Povolené hladiny hluku v České republice řeší v současné době vládní nařízení číslo 148/2006 Sb., které se zabývá „ Akustikou - hluk v pracovním prostředí“. Z tohoto vládního nařízení vyplývá povinnost pokud možno nepřekračovat hladinu hluku 85 dB. Již při těchto hladinách je doporučeno používat ochranné pomůcky. Při překročení hladiny akustického tlaku o 10 dB je vyžadováno používání pomůcek na ochranu sluchu před poškozením zátkové chrániče vkládané do zvukovodu. Při expozici hluku nad 95 dB je nutno bezpodmínečně používat sluchátkové chrániče.

Základním deskriptorem pro popis hluku v pracovním prostředí je hladina akustického tlaku L_p [dB], vztažená k referenčnímu akustickému tlaku p_0=20 μPa, který odpovídá prahu slyšení na kmitočtu 1000 Hz. Vyjádření úrovně hluku v decibelech jednak vystihuje fyziologii slyšení, kdy lineární přírůstek sluchového vjemu odpovídá relativní změně podnětu (Fechner-Weberův zákon), jednak umožňuje přehlednější třídění hlukových údajů, neboť dynamický rozsah od prahu slyšení p = 20 μPa do prahu bolesti p = 200 Pa, tj. 7 řádů, je pokryt rozsahem 140 dB.

Hladinu akustického tlaku (dB) je možné vypočítat podle vztahu

$$L_p = 20 \log \cdot \frac{p}{p_o} \quad \text{[dB]} \tag{1}$$

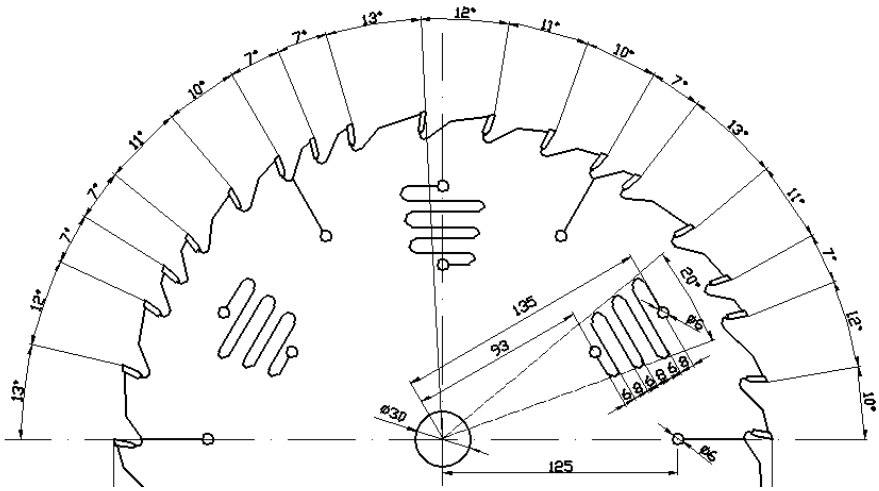
kde: p - akustický tlak
$p_0 = 2.10^{-5}$ Pa – nejnižší hodnota akustického tlaku – práh slyšitelnosti

Z hlediska dynamického rozsahu se slyšitelné pásmo prostírá od prahu slyšitelnosti, jemuž odpovídá hladina akustického tlaku 0 dB, k prahu bolestivosti, t.j. k vyšší úrovni hluku než 130 dB. Práh nepřípustnosti, ve kterém dochází k nenapravitelnému poškození sluchu (ohluchnutí), je na hladině akustického tlaku 140 dB (p = 200 Pa).

Předmětem výzkumu byly tři konstrukčně podobné kotouče pro řezání rostlého dřeva, označené K8, K9 a K10. Jedná se o prototypové kotouče, které byly vyrobeny firmou Pilana Hulín a Stelit Nitra. Všechny tři kotouče mají stejnou tloušťku disku s=2,4mm,

počet zubů z=36, geometrii zubu α=15°, β=65°, γ=10° a úhel sklonu hlavního ostří λ_s=10°. Podstatný rozdíl je u kotouče K8, který je proveden s nepravidelnou roztečí zubů, s předpokládaným cílem snížení hlučnosti. Velikost jednotlivých roztečí a jejich umístění po obvodu pilového kotouče jsou znázorněny na obrázku č. 2.

V disku kotouče jsou vypáleny protihlukové drážky ve tvaru harmoniky, které jsou zakončeny otvory o průměru 6 mm. V 60° rozestupech jsou v těle pilového kotouče dále vypáleny radiální drážky pro kompenzaci tangenciálního napětí, které jsou taktéž zakončeny otvorem o průměru 6 mm. Kotouč K9 má rovnoměrnou rozteč zubů a na těle kotouče jsou provedeny standardní úpravy, včetně úpravy pnutí válcováním, jak je obvyklé u běžně vyráběných kotoučů. Kotouč K10 je vyroben bez odhlučňovacích a dilatačních drážek.



Obr. 2 Kotouč s nepravidelnou roztečí zubů - K8

Hlučnost byla měřena hlukoměrem Chauvin Arnoux CA834 s digitálním záznamem úrovně hladiny hluku s přesností ±1,5% (obr. 3). Hlukoměr byl umístěn 100 cm od měřeného kotouče a 150 cm nad zemí v místě pracovní zóny obsluhy pily. Zkouška hlučnosti byla prováděna při běhu kotoučů naprázdno a při řezání měkké (SM) a tvrdé dřeviny (BK). Rozřezávány byly hranolky o tloušťce 32 mm a délce 700 mm a vlhkosti 11%.

Obr. 3 Hlukoměr Chauvin Arnoux

VÝSLEDKY

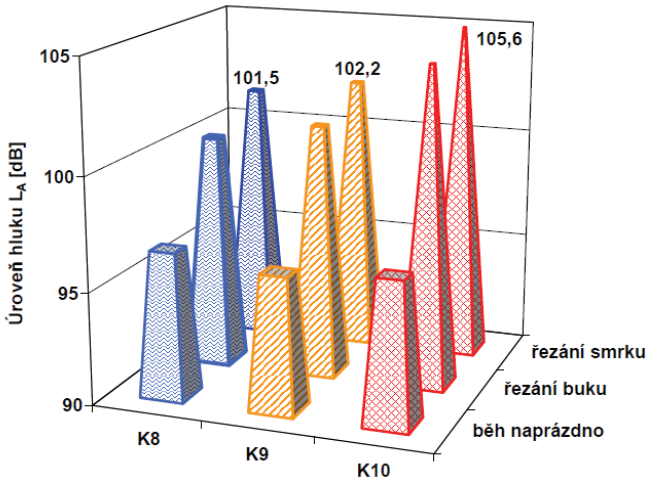
Statické f_{st}, dynamické frekvence f_d vlastních kmitů kotoučů a součinitele odstředivé síly λ byly zjištěny ve spolupráci s TU ve Zvolenu na speciálních zkušebních zařízeních. Vypočtené rezonanční a kritické otáčky testovaných kotoučů jsou uvedeny v tab.1.

Tab. 1 Rezonanční a kritické otáčky testovaných pilových kotoučů

Typ kotouče	Uzlové průměry **k**	První rezonanční otáčky $\mathbf{n_{r1}}$ **(min^{-1})**	Druhé rezonanční otáčky $\mathbf{n_{r2}}$ **(min^{-1})**	Kritické otáčky $\mathbf{n_k}$ **(min^{-1})**
K8	1	3801	2252	-
	2	2973	2085	5807
	3	3036	2347	4398
K9	1	3479	2111	-
	2	3206	2223	6713
	3	3762	2881	5600
K10	1	4414	2416	-
	2	4075	2743	11007
	3	4912	3721	7557

Na základě dříve získaných informací o výskytu rezonančních a kritických otáček byly pro testované kotouče zvoleny otáčky s minimálními vibracemi jak při chodu naprázdno tak při řezání. Řezné podmínky byly nastaveny v pásmu běžně používaných parametrů pro kotouče tohoto typu v_c = 75 m.s^{-1} (n = 4100 min^{-1}), v_f = 10 m.min^{-1}.

Výsledky naměřené hlučnosti při měření naprázdno a při řezání bukových a smrkových hranolů jsou uvedeny v grafu na obr. 4.



Obr. 4 Úroveň hluku pilových kotoučů K8 až K10

DISKUSE A ZÁVĚR

Při chodu naprázdno byly mezi kotouči nevýznamné rozdíly v hlučnosti, viz. obr.4. Je to dáno tím, že v tomto případě je dominantní pouze aerodynamický hluk, kde se vliv dilatačních drážek a odhlučňovacích drážek neuplatňuje.

Konstrukční úpravy, zejména odhlučňovaní drážky mají ovšem pozitivní vliv na snížení hladiny hlučnosti při řezání, kdy rozdíl mezi neupraveným kotoučem K10 a kotoučem s úpravami K9 činil 3,4 dB, tj snížení akustického tlaku až o 50 %. Ještě lepšího výsledku bylo dosaženo u kotouče s nepravidelnou roztečí zubů K8. Zde byl zaznamenán pokles hladiny hluku o 4,1 dB v porovnání s kotoučem bez úprav K10. Z grafu je taktéž patrný mírný nárůst hlučnosti při řezání smrku. Tento jev lze připsat velmi dobrým rezonančně akustickým vlastnostem smrkového dřeva.

K podobným závěrům dospěly i zahraniční výzkumy, kde je uveden pokles hlučnosti podobně upravovaných pilových kotoučů s nerovnoměrnou roztečí zubů o 2 až 4 dB (Svoreň, 2006). Tyto poznatky dobře korespondují s uváděnými údaji v prospektových materiálech některých výrobců pilových kotoučů (Leitz, Freud).

Určitým paradoxem dilatačních a odhlučňovacích drážek je snížení tuhosti disku kotouče a posun rezonančních a kritických otáček do nižších otáčkových hladin, viz. tab. 1. Například rozdíl kritických otáček mezi kotoučem s plným diskem K10 (n_{k3} = 7557 min^{-1}) a kotoučem s nepravidelnou roztečí zubů K8 (n_{k3} = 4398 min^{-1}) činil 3159 min^{-1}. Je třeba si ale uvědomit, že plný disk pilového kotouče, je nadměrně náchylný k vyšším deformacím při rostoucích teplotách. Při rostoucí teplotě kotouče se kritický stav nestability může vyskytnout i při nižších otáčkách.

Acknowledgement: *This paper was prepared in connection with a partial project within the CR MSM 6215648902. Have been included the results of activity and cooperation of authors by project CEEPUS network CII-SK-0310-02. The authors thank for a financial support to deal with the project.*

LITERATURA

1. GOGLIA V. – LUCIC R.B. (1999): Some possibilities of Reducing circular saw idling noise. In.: *Proceedings 14th International Wood Machining Seminar. Paris 1999.*
2. NISHIO S. – MARUI E. (1996): Effects of Slots on the Lateral Vibrafon of Circular Saw Blade. In: Proccedings of tenth Wood Machining Seminar, 1996, s. 159-164.
3. ORLOWSKI K. – SANDAK J. – TANAKA CH. (2007): The critical rotational speed of circular saw: simple measurement method and its practical implementations. In: Journal of Wood Science (2007) 53, ISSN 1435-0211, pp. 388 – 393.
4. SIKLIENKA M. – SVOREŇ J. (1997): Frekvencie vlastných tvarov kmitov pílových kotúčov pri statickom kmitaní. *TU Zvolen. [Scientific studies]*
5. STAKHIEV Y.M. (1989): Rabotosposobnosť ploskich kruglych pil. Moskva: Lesnaja promyšlenost, 1989, 384s.
6. SVOREŇ J. (2006): Vplyv kompenzačních drážok, medených nitov a nerovnoměrného rozstupu zubov pílového kotúča na hladinu hluku v procese rezania. In: Sborník V. mezinárodní vědecké konference Trieskové a beztrieskové obrábanie dreva 2006, s. 271- 276.