

## VPLYV HRÚBKY TRIESKY NA ZRÝCHLENIE MECHANICKÉHO KMITANIA PRI OBRÁBANÍ MDF NA VRCHNEJ CNC FRÉZKE

Štefan Barcík – Ján Šustek – Monika Kvietková – Petra Sedileková

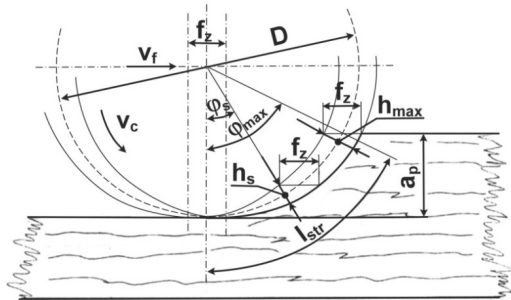
### Abstract

The main topic of the paper is observation of mechanical vibrations at working on the CNC overhead routing machine. The thesis in its first part gives a detail analysis of the current state of problems with milling of wood and wood composite materials. The goal of the experiments was to determine the influence of changing technical and technological factors on mechanical vibrations of the CNC overhead routing machine at the parameters of cutting speed  $v_c$ , and the feeding speed  $v_f$ . The chosen material used at experiment was a MDF board 22mm thick.

**Key words:** shank cutters, CNC routing machines, mechanical vibrations

### ÚVOD

Frézovanie je veľmi rozšírenou metódou trieskového obrábania dreva a drevných materiálov. Účelom frézovania je opracovanie dielca (trieskotvorným procesom) na požadovaný rozmer, tvar a povrchovú kvalitu. Frézovaním je podľa Lisičana (1996) proces rezania dreva s reznými hranami na obvode rotujúceho nástroja, s posuvom dielca v smere kolmom alebo približne kolmom na os rotácie nástroja pri reznej výške (t.j. hĺbke úberu) menšej, než je hrúbka dielca a polomer nástroja, s cykloidálnym indikovaným rezným pohybom a hrúbkou triesky v medziach  $0 < h < h_{\max}$  (obr. 1)



Obr. 1 Prvky teoretického výpočtu hrúbky a dĺžky ofrézovanej triesky valcového frézovania s priamou reznou hranou

**Minimálna hrúbka triesky  $h_{\min}$  [mm]:**

$$h_{\min} = f_{z1} \cdot \sin 0 = 0 \quad (1)$$

Kde:  $f_{z1}$  - bočný posuv na reznú hranu [mm]

**Maximálna hrúbka triesky  $h_{\max}$  [mm]:**

$$h_{\max} = f_{z1} \cdot \sin \frac{\pi}{2} = f_{z1} \quad (2)$$

**Stredná hrúbka triesky  $h_{\text{str}}$  [mm]:**

$$h_{\text{str}} = f_{z1} \cdot \sin \varphi_{\text{str}} \quad (3)$$

Kde:  $\varphi_{\text{str}}$  – stredný uhol posuvného pohybu [°]

### Charakteristika kmitov v technologickej sústave

Pri obrábaní dreva vznikajú zložité procesy kmitania v sústave stroj-obrobok-nástroj. Kmitanie, ktoré vzniká v sústave stroj-obrobok-nástroj, je niekedy také malé, že nemá nijaký nepriaznivý účinok. Sú však aj také prípady, keď je kmitanie pri rezaní dreva veľmi intenzívne. Z hľadiska fyzikálnej podstaty môžu sa v technologickej sústave vyskytovať tieto druhy kmitov (Buda et al., 1988, Teoret 2003):

- a) vlastné kmity
- b) vynútené kmity
- c) samobudené kmity

**Vlastné kmity** v sústave stroj-obrobok-nástroj, prípadne v niektorých uzloch tejto sústavy sú vyvolané nárazom (napr. pri zapnutí zubovej spojky, pri zábere nástroja a pod.).

**Vynútené kmity** podľa Buda et al. (1988) a tiež Tlustý (1955), ktoré vznikajú v systéme stroj-obrobok-nástroj, možno rozdeliť na dve skupiny:

- a) kmity, ktoré nie sú vyvolané a spojené s procesom rezania materiálu,
- b) kmity, ktoré závisia od procesu rezania materiálu.

Do skupiny kmitov ktoré nie sú vyvolané a spojené s procesom rezania patria vynútené kmity, ktoré sú vyvolané prenosom kmitov zvonku cez základ, a to pôsobením kmitania susedných strojov. Ďalej sem patria kmity spôsobené nevyvážením otáčajúcich sa súčiastok stroja, obrábaného predmetu alebo otáčajúceho sa nástroja. Silou ktorá vyvoláva vynútené kmity, je v danom prípade odstredivá sila meniacia smer. Frekvencia týchto kmitov sa rovná počtu otáčok nevyvázenej súčiastky za časovú jednotku.

Do druhej skupiny patria kmity vynútené procesom rezania. Sú to najmä vynútené kmity, ktoré vznikajú v spojitosti s meniacim sa prierezom odrezávanej vrstvy. Toto kmitanie vyvoláva hlavná rezná sila, ktorá mení svoj smer. Podľa Buda et al. (1988) sú zmeny prierezu triesky počas rezania sú charakteristické pre niektoré spôsoby obrábania. Tak napríklad pri frézovaní sa ustavične mení prierez triesky čím sa mení aj hlavná rezná sila. Vynútené kmity najčastejšie vznikajú pri frézovaní, a to pri všetkých prípadoch práce s valcovými a čelnými frézami.

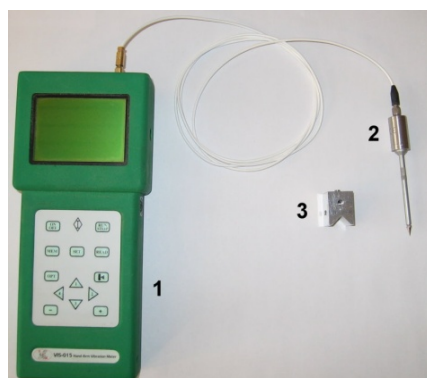
Vynútené kmity pri frézovaní majú frekvenciu priamo úmernú počtu otáčok frézy a v podstate sa skladajú z dvoch druhov kmitov a to (Buda et al., 1988):

1. Z kmitov, ktorých frekvencia sa rovná frekvencii otáčania frézy  $n_{tech}$  zdrojom týchto kmitov je hádzanie frézy.
2. Z kmitov, ktorých frekvencia sa rovná súčinu frekvencii otáčania frézy  $n_{tech}$  a počtu zubov  $z$ . Tieto kmity sú vyvolané zmenou okamžitého prierezu triesky odoberanej každým zubom a zmenou počtu zubov v zábere.

Oba kmity vzájomným zložením dávajú kmity, pri ktorých prevláda buď prvá (nižšia) alebo druhá (vyššia) frekvencia (Teoret 2003). Amplitúda vynútených kmitov závisí od konštrukcie a hádzania frézy a od rezných podmienok. So zväčšením prierezu triesky (hlĺky rezu a posuvu) nepretržite rastie aj amplitúda kmitov. Amplitúdu kmitov podstatne ovplyvňuje aj šírka rezu. Rezná rýchlosť nevyplýva bezprostredne na amplitúdu. Pri určitých otáčkach frézy však možno pozorovať podstatný nárast amplitúdy kmitov s frekvenciou (Hz).

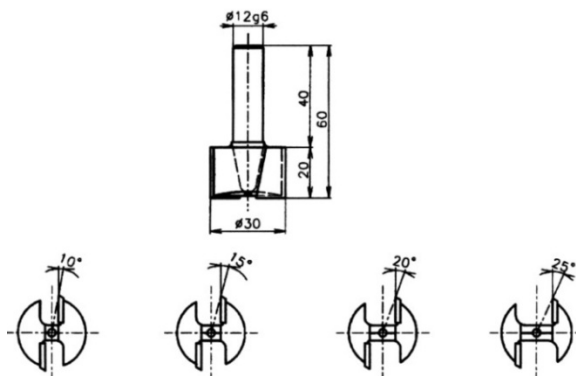
## 1. METODIKA A MATERIÁL

Pre sledovanie zrýchlenia mechanického kmitania bol použitý H-A vibration meter VIS 015 od firmy EPM Ltd. Zostava tohto zariadenia je na obr. 2 a pozostáva zo záznamovo vyhodnocovacej jednotky, ku ktorej je kontaktným vodičom pripojená piezoelektrická sonda. Zariadenie je schopné sledovať mechanické vibrácie vo viacerých smeroch, podľa počtu pripojených piezoelektrických sond. Samotná konštrukcia a princíp merania vibrometra dodržiava normu ISO 5349-1 (2001) pojednávajúcu o sledovaní a vplyve mechanických vibrácií. Záznamovo vyhodnocovacia jednotka poskytuje na LCD display o rozmeroch 128x64 pixelov zobraziť úroveň zrýchlenia  $A_{max}$ - $A_{leq}$ - $A_{min}$  v jednotkách  $m.s^{-2}$  alebo dB. Pracovný rozsah zariadenia je 0,01-30  $m.s^{-2}$  alebo 80-150 dB. Dôležitým parametrom je rýchlosť sledovania zmeny hodnoty zrýchlenia vibrácie. Zariadenie VIS 015 dokáže zaznamenať hodnotu v 0,5s intervale. Záznamová jednotka je schopná do internej pamäte uložiť až 100 meraní potom je potrebné údaje presunúť do PC a pamäť vymazať.



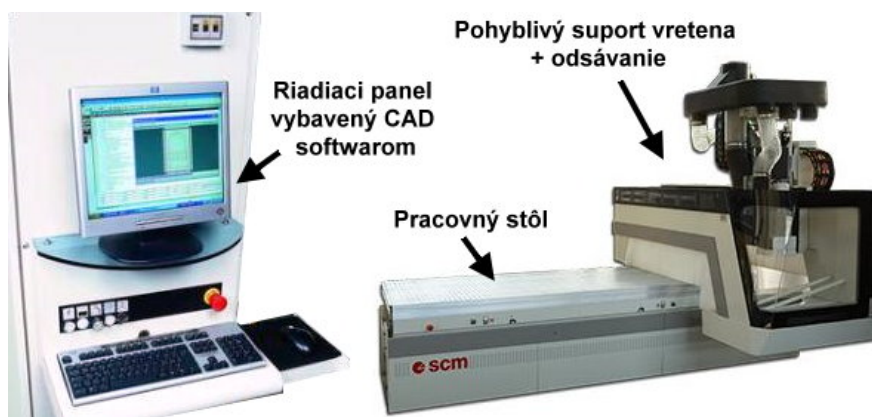
Obr. 2 H-A vibration meter VIS 015: 1 – Záznamovo vyhodnocovacia jednotka, 2 – Piezoelektrická mikrosonda, 3 – Konzola pre uchytanie sondy

Frézovanie skúšobných vzoriek z MDF dosky bolo uskutočnené v smere kolmom na rovinu dosky. Pri sledovaní mechanických vibrácií stroja bolo do jednej skúšobnej vzorky o rozmeroch 900 x 900 mm vyfrézovaných 14 pozdĺžnych navzájom rovnobežných žliabkov o hĺbke 5. Sledované faktory sa menili v troch hodnotách a to: rezná rýchlosť  $v_c$  [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ] – 13, 16, 19, rýchlosť posuvu  $v_f$  [ $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ ] – 2, 4, 6 a geometria nástroja vplyvom meniaceho sa uhla čela v hodnotách  $\gamma$  [°] – 10, 15, 20, 25 (obr. 3).



Obr. 3 Charakteristika použitých stopkových fréz

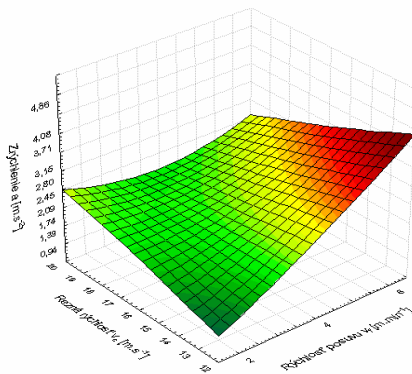
Skúšobné experimenty boli realizované v prevádzke spoločnosti Trium v.o.s. Budča na vrchnej CNC frézke SCM Record 110 NT (obr. 4). Skúšobné vzorky z MDF o rozmeroch 900x900x22 mm boli pomocou uchyťavacích segmentov upevnené na pracovnú dosku stola frézky. Pred meraním bola vždy vykonaná kontrola vodorovnosti s cieľom zabezpečiť čo najpresnejšie meranie vzhľadom na hĺbku frézovanej drážky. Do riadiaceho počítača frézky bol vložený vykonávací program. Pred začatím merania vibrácií počas procesu frézovania boli vykonané kontrolné merania pri chode na prázdno pri otáčkach vretena frézy  $n_{\min}$ ,  $n_{\text{str}}$ ,  $n_{\max}$  a rýchlosti posuvu  $v_{f\min}$ ,  $v_{f\text{str}}$ ,  $v_{f\max}$ .



Obr. 4 Zostava vrchnej CNC frézky typu SCM Record 110 NT

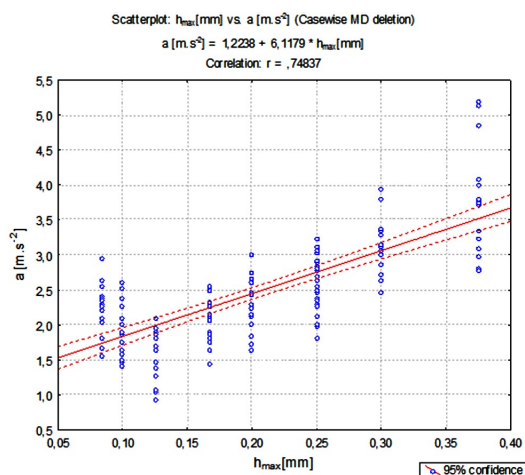
## 2. VÝSLEDKY EXPERIMENTU

Výsledky experimentálnych meraní sú predstavené prostredníctvom grafov obr. 5 a 6.



Obr. 5 Graf závislosti hodnoty zrýchlenia mechanického kmitania na hodnoty reznej rýchlosti a rýchlosti posuvu

Graf obr. 5 reprezentuje závislosť zrýchlenia mechanického kmitania od reznej rýchlosti a rýchlosti posuvu. Zo získaných výsledkov môžeme konštatovať, že najnepriaznivejšie podmienky vzhľadom na hodnotu zrýchlenia nastanú pri najvyššej hodnote posuvnej rýchlosti a najmenšej hodnote reznej rýchlosti. Optimálne hodnoty reznej a posuvnej rýchlosti vzhľadom na optimalizáciu procesu frézovania z pohľadu zrýchlenia mechanického kmitania môžeme považovať ich hodnoty na úrovni  $v_c=19\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  a  $v_f=4\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ .



Obr. 6 Graf závislostí vplyvu hrúbky triesky na zrýchlenie mechanických kmitov

Graf reprezentuje výsledok regresno-korelačnej analýzy závislosti zrýchlenia mechanického kmitania od nominálnej hrúbky triesky vyjadrenej hodnotou  $h_{\max}[\text{mm}]$ . Pre výpočet bol použitý modul Basic v programe Statistica v.6. Z výsledkov môžeme jednoznačne povedať, že medzi hodnotou zrýchlenia mechanického kmitania a nominálnou hrúbkou triesky existuje lineárna závislosť, ktorá je významná v oblasti samobudeného kmitania, kde  $h_{\max} > 0,10\text{ mm}$ .

### 3. ZÁVER

Z analýzy experimentálne získaných výsledkov vplyvu  $h_{\max}$  na  $a$  z pohľadu optimalizácie procesu frézovania na vrchnej CNC frézke SCM Record 110 NT je nutné konštatovať, že najnevýhodnejšou kombináciou sledovaných parametrov sa jednoznačne potvrdila kombinácia  $v_{c \min}$  (13 m.s-1) s  $v_{f \max}$  (6.m.min-1). Z pohľadu analýzy závislosti zrýchlenia mechanických kmitov na hrúbke odfrézovanej triesky sa potvrdil fakt rastu hodnôt zrýchlenia mechanických kmitov so stúpajúcou nominálnou hrúbkou triesky.

### POUŽITÁ LITERATÚRA

1. BARCÍK, Š., ŠUSTEK, J.,: Laserový vibrometer ako experimentálne zariadenie a didaktická pomôcka. In. Technické vzdelávanie ako súčasť všeobecného vzdelávania 2005. Zborník prednášok z MVK. Veľká Lomnica 6-7.9.2005, str.55 – 58, ISBN 80 – 8083 – 151 – 3, EAN 9788080831516
2. ŠUSTEK, J.: Vplyv stability a tuhosti nástrojov na kvalitu opracovania. In. Drevorezné nástroje 2002. Zborník referátov z odborného seminára. Zvolen, 28. november 2002. s. 107-111 ISBN 80-228-1199-8
3. LISIČAN, J. et al. 1996. Teória a technika spracovania dreva. Zvolen: Mat - centrum, 1996, s.102-104, ISBN 80-967315-6-4.
4. BUDA J., SOUČEK J., VASILKO K., 1988. Bratislava: teória obrábania. Praha: Štátní nakladatelství technické literatury, 1988, s.356, ISBN – 7789-14-6.
5. Teoret 2003. [online]. [s.a.] [Cit. 2008-2-6]. Dostupné na: <<http://www.prometheus.sk/teoret/index.htm>>.
6. TLUSTÝ, J. 1955. Samobuzené kmity v obrábacích strojích. Praha, 1955.
7. StatSoft, Inc. 2004: STATISTICA data analysis software system, version 6. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

*Článok vznikol v rámci grantovej úlohy s názvom „Výskum fyzikálnych a mechanických javov v špecifických podmienkach prvotného a druhotného spracovania dreva a drevných materiálov. S číslom 1/4387/07, VEGA SR.*