



## UNIVERZÁLNA GRAFICKÁ ANALÝZA REZNÉHO PROCESU RÁMOVEJ PÍLY

Milan Banský

### Abstract

*The study deals with the frame sawing machines in a new form. Used universal graphic analysis and AutoCAD program provide a possibility of a detailed kinematic analysis and view of the saw blade movement but of the cutting edge movement in the sawn material as well. It allows a detailed understanding of the cutting process and for a specific case also a determination of optimal parameters of the frame sawing machine. Use of the program for the depiction of the cutting edge position with a high accuracy in any moment gives a precise vision about the cutting process not only from the view of the cutting tool, but from the view of the cut material as well. These possibilities will allow another development of the frame sawing machines and optimization of their parameters.*

**Key words:** *frame sawing machine, cutting process, cutting tool, optimization, feeding mechanism.*

### ÚVOD

Rámové píly svojou konštrukciou patria medzi najzložitejšie strojné zariadenia na rezanie dreva. Pohyb nástroja napodobňuje pohyb nástroja pri ručnom pílení drevných materiálov. V pilarskej výrobe sa používajú rámové píly rôznych konštrukcií. Vývoju rámových píl sa venovala trvalá pozornosť čo potvrdzuje existencia množstva konštrukčných riešení, ktoré sú spojené množstvom teoretických prác. Výsledkom sú rôzne typy mechanizmov, ktoré priniesli zlepšenie a skvalitnenie týchto zariadení až do súčasných podôb. Hoci aplikácia výpočtovej techniky znamenala prudký rozvoj v oblasti konštruovania, zásah do oblasti konštrukcií rámových píl nebol až tak intenzívny. Potvrdzuje to existencia množstva mechanizmov, ktoré sa využívajú v rámových pílach, avšak neexistuje metóda, ktorá by definovala optimálne parametre rezu a porovnávala skutočnosti s teóriou. Je to spôsobené aj tým, že sa dlhodobým vývojom dostali rámové píly na špičkovú úroveň a mnohé slúžia spoľahlivo veľmi dlhú dobu.

Univerzálna grafická analýza rámových píl, ktorou sa zaoberá príspevok, umožňuje pomocou kresliacich programov typu AutoCAD a podobne, podrobnú kinematickú analýzu rámových píl. Spolu s možnosťou zachytenia a zobrazenia pohybu pílových listov, prípadne pohybu reznej hrany v materiáli umožňuje detailné zobrazenie a tým aj názorné zobrazenie rezného procesu a stanovenie optimálnych parametrov rámových píl. Táto analýza nám vďaka veľkej presnosti kresliacich programov poskytuje výsledky, ktoré by

inou metódou nebolo možné dosiahnuť. Jej výhodou je skutočnosť, že umožňuje zobraziť detailne rezný proces, takže máme možnosť sledovať trajektóriu pohybu nielen pílového listu ale aj jednotlivých zubov v procese pílenia, čím sa stáva celý proces názorný. Analýza umožňuje pochopenie rezného procesu názorným jeho názorným zobrazením, a tým aj ďalší rozvoj rámových píl a zlepšovanie ich parametrov s približovaním sa k optimálnym.

Výhodou tejto analýzy je jej jednoduchosť, univerzálnosť a nevyžaduje si veľkú matematickú výbavu. Metóda si len vyžaduje pochopenie vzájomných pohybov pílového listu a rezaného materiálu v čase. Zistenie vzájomnej polohy vo zvolených časových okamihoch, poznanie predchádzajúcich a nasledujúcich polôh a z toho vyplývajúcich poznatkov a súvislosti nám dáva podrobný pohľad na kinematiku a kvalitu rezného procesu. Zmenšovaním časových úsekov môžeme dostať „mikroskopický“ pohľad na proces rezania.

Domnievame sa, že tak ako zavedenie výpočtových metód prinieslo rozvoj mnohých oblastí, použitie tejto metódy umožní rozvoj v oblasti rámových píl. Aplikáciou tejto metódy do vyučovacieho procesu sa odstráni zaužívaný názor na náročnosť a nezáživnosť problematiky rámových píl. Metóda umožní veľmi rýchle pochopenie mechanizmu rezania. Metóda poskytuje možnosti rozvoja v oblasti konštrukcie rámových píl, pričom je možné praktickými meraniami overovať dosiahnutie požadovaných parametrov. Metódu možno použiť na posúdenie vyrobených strojov, strojov v prevádzke a hlavne pri konštrukcii nových rámových píl, ktorých parametre sa budú blížiť k optimálnym.

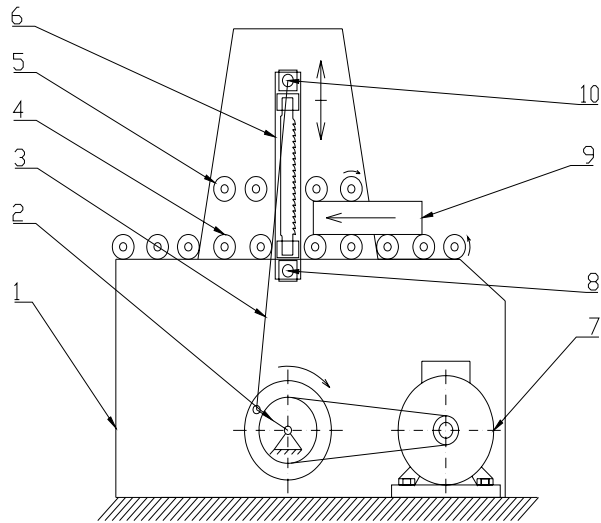
## ZÁKLADNÉ POJMY

Rámová píla je strojné zariadenie v ktorom je pohyb nástroja- pílového listu alebo sústavy pílových listov odvodený od kľukového mechanizmu, čím sa dosiahne jeho požadovaný priamočiary vratný pohyb. Pílový rám sa pohybuje v zvislom smere a materiál sa posúva do rezu vo vodorovnom smere. V rámových píloch sú pílové listy na oboch koncoch upnuté s predpätím do rámu. Píly sú určené na pozdĺžne rezanie výrezov, prízemí a malé rámové píly sa používajú na rezanie lamiel a hranolčekov. Hlavnými parametrami rámovej píly sú svetlosť rámu a zdvih rámu, počet zdvihov rámu za minútu, alebo počet otáčok rámovej píly za minútu a druh a veľkosť posuvu materiálu do rezu.

## ROVNOMERNOSŤ REZU RÁMOVEJ PÍLY

Rozhodujúcim parametrom pre optimálne podmienky pílenia je dosiahnutie rovnomerného rezu. Rovnomernosť rezu (RR) je charakterizovaná veľkosťou úberu materiálu v závislosti od reznej rýchlosti. Čistý rez trvá určitú konkrétnu dobu  $\Delta_R$ , počas ktorej sa kľukový mechanizmus otočí o uhol  $\alpha_R$ . V prípade, že doba čistého rezu je približne zhodná s dobou využiteľného zdvihu, odpovedá tomu rýchlosť pohybu nástroja v intervale od  $v_{\min}$  po  $v_{\max}$ . Rezný proces bude optimálny ak sa dosiahne stav, keď pre menšiu rýchlosť rezu bude menší vzájomný pohyb materiálu voči nástroju a naopak v čase maximálnej rýchlosti bude maximálny vzájomný pohyb. Tieto podmienky sa v píloch vyrábaných v súčasnosti dosahovali prerušovanou a premenlivou rýchlosťou pohybu materiálu odvodenou od kľukového mechanizmu, alebo vhodným kinematickým riešením pohybu rámu voči materiálu. Použitie navrhovanej grafickej analýzy rezného procesu dáva výsledky, ktoré posúvajú pohľad na kvalitu rezného procesu a nastoľujú otázky, ktoré boli

dosiaľ okrajové. Pre vysvetlenie princípu grafickej analýzy malých rámových píl je potrebné pomenovať ich základné časti, ktoré sú znázornené na obr. 1.



Obr. 1 Základné časti malej rámovej píly

1 - rám stroja, 2 - kľuka (zotrvačník), 3 - ojnica, 4 - spodné podávacie valce, 5 - horné podávacie, 6 - pohyblivý rám, 7 - pohon stroja (motor), 8 - spodný bod rámu (SBR), 9 - materiál, 10 - horný bod rámu (HBR)

## METODIKA STANOVENIA PARAMETRA ROVNOMERNOSTI REZU

Stanovenie parametra rovnomernosti rezu je vysvetlené na príklade. Za predpokladu, že rezný proces prebieha v celej oblasti využiteľného zdvihu a počas kontaktu nástroja s materiálom, čo je oblasť, keď sa rám s pilovými listami pohybuje určitou minimálnou rýchlosťou a materiál sa pohybuje konštantnou rýchlosťou bez prerušenia jeho pohybu, dosiahne sa celkový úber napríklad  $U_0 = 6\text{mm}$  za jednu otáčku kľuky.

Doba pootočenia kľuky je rozdelená na 12 časových úsekov s označením  $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_{12}$ . Pre zjednodušenie predpokladáme, že minimálna rezná rýchlosť  $v_{\min}$  sa dosiahne v bode 1 (obr.2) to je po  $30^\circ$  natočení kľukového mechanizmu. Maximálna rezná rýchlosť je v okamihu, keď je kľuka v polohe kolmej na ojnici čo je ešte pred polohou 3. Pre zjednodušenia predpokladáme, že je to v oblasti bodu 3 a potom rýchlosť opäť klesne na  $v_{\min}$  v bode 5. Z toho vyplýva, že predpokladaný využiteľný zdvih je  $120^\circ$ . Po zjednodušení (uvažujeme so sínusovým priebehom), ktoré je v tejto fáze prípustné, sú rezné rýchlosti v sledovaných bodoch pracovného zdvihu 0 až 6 nasledovné:

$v_0 = 0$  v hornej úvrati

$v_1 = 0,5 \cdot v_{\max} = v_{\min}$

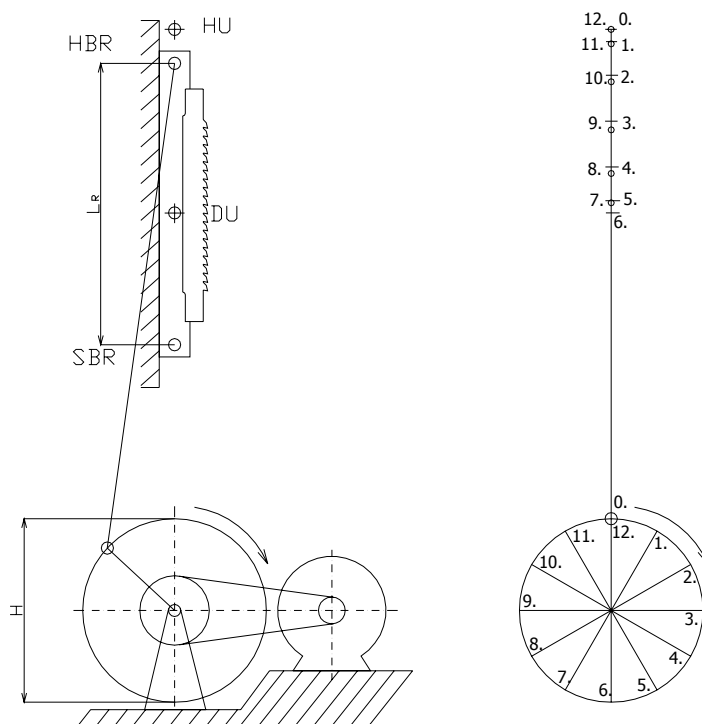
$v_2 = 0,86 \cdot v_{\max}$

$v_3 = v_{\max}$

$v_4 = 0,86 \cdot v_{\max}$

$v_5 = 0,5 \cdot v_{\max} = v_{\min}$

$v_6 = 0$  v dolnej úvrati



Obr. 2 Poloha bodov pohyblivého rámu s pilovými listami

Keďže rýchlosť nie je konštantná uvažujeme so strednou rýchlosťou v daných časových úsekoch, ktorá je braná ako aritmetický priemer rýchlosti v krajných bodoch a pre uvedený prípad je nasledovná:

$v_{s1} = 0$  nakoľko v tomto úseku neprebíha rezný proces

$v_{s2} = 0,5 \cdot (0,5 + 0,86)$ .  $v_{\max} = 0,68$ .  $v_{\max}$

$v_{s3} = 0,5 \cdot (0,86 + 1)$ .  $v_{\max} = 0,93$ .  $v_{\max}$

$v_{s4} = v_{s3} = 0,93$ .  $v_{\max}$

$v_{s5} = v_{s2} = 0,68$ .  $v_{\max}$

$v_{s6} = v_{s1} = 0$  – predpoklad, že v tomto úseku skončil rezný proces

Stredné rýchlosti v zvolených časových intervaloch, v našom prípade  $\Delta_{12}$  charakterizujú pohyb rezného nástroja. Tento parameter budeme považovať za parameter rovnomernosti rezu RR, v danom prípade a za uvedených predpokladov je :

RR 6 = / 0; 0,68; 0,93; 0,93; 0,68; 0 /

Pre zjednodušenie výpočtu je vhodné pomer stredných rýchlosti vyjadriť nasledovne:

RR 6 = / 0; 0,73; 1; 1; 0,73; 0 /

Pre dosiahnutie rovnomernosti rezu aj odoberanie materiálu počas využiteľného zdvihu v úsekoch 2,3,4,5 musí byť pri úbere materiálu  $U_0 = 6$  mm za otáčku v daných úsekoch v takomto pomere:

$$\begin{aligned}U_1 &= 0 \\U_2 &= 0,73 \cdot 6 / 3,46 = 1,27\text{mm} \\U_3 &= 1 \cdot 6 / 3,46 = 1,73\text{mm} \\U_4 &= U_3 = 1,73\text{mm} \\U_5 &= U_2 = 1,27\text{mm} \\U_6 &= U_1 = 0\end{aligned}$$

Takto stanovený teoretický úber materiálu v zvolených úsekoch predstavuje ideálny úber materiálu počas rezu v daných úsekoch. Uvedeným postupom sa stanovujú parametre rovnomernosti rezu RR. Tento postup sa môže podľa potreby modifikovať a ďalej teoreticky rozpracovávať. Bolo by vhodné stanoviť minimálnu reznú rýchlosť, či už teoreticky alebo meraním, od ktorej by sa odvíjal využiteľný zdvih, ktorý má vplyv na dĺžku aktívneho rezného procesu.

Parameter rovnomernosti rezu (RR) je závislý od jemnosti zvoleného delenia na časové úseky  $\Delta$  a môže byť rozpracovaný podrobnejšie podľa potreby. Pre naše potreby ako sa ukázalo postačuje delenie  $\Delta_{12}$  a z toho vyplývajúci parameter RR 6. Rovnomernosť rezného procesu v reálnom prípade určíme tak, že grafickou metódou zistíme skutočný úber materiálu v jednotlivých úsekoch pre zvolené parametre rezu. Dostávame parameter SU – skutočný úber. Je to 6 čísel, ktoré charakterizujú posudzovaný rezný proces a ktorý porovnávame s ideálnym úberom definovaným parametrom RR. Až tento pohľad nám odhalí skutočný rezný proces, jeho kvalitu a cesty vylepšovania zmenou nastavenia parametrov zariadenia.

Tento postup môžeme zvoliť pri posudzovaní vyrobených zariadení a pre ich vzájomné porovnanie. Taktiež tento princíp je možné použiť pri navrhovaní nových zariadení s ohľadom na optimalizáciu rezného procesu a pri posudzovaní vplyvov zmien rezných parametrov na aktuálny rezný proces. Tieto posúdenia a vyšetrenia nám dávajú návod ako voliť rezné parametre, prípadne aké zmeny nastavenia vykonať aby sa rezný proces blížil k optimálnemu.

Vzhľadom k tomu, že uvedená metodika poskytuje priestor na posudzovanie rezného procesu v iných dimenziách, otvára sa priestor na vykonanie série meraní, ktoré by túto metódu potvrdili a rozšírili a tým by poskytli údaje pre ďalšie smerovanie vývoja v oblasti konštrukcie rámových píl.

Reálny rezný proces, ktorý je charakterizovaný hodnotou parametrov skutočného úberu materiálu SU, zohľadňuje fyzikálne vlastnosti zariadenia a to hlavne potrebu odstrániť negatívne vlastnosti ako zadieranie zubov a vtláčanie zuba do materiálu. Z toho dôvodu je potrebné určité posunutie maximálneho úberu do oblasti pred dosiahnutím maximálnej rýchlosti.

## ZÁVER

Cieľom príspevku je podať stručnou formou informácie o možnosti analýzy rezného procesu v rámových pílach. Analýza umožní názornou formou pochopiť vzájomný pohyb nástroja a materiálu a tak získať celkový pohľad na rezný proces. Zároveň je nástrojom na optimalizáciu rezného procesu tým, že nám poskytne požadovanú trajektóriu spodného bodu rámu pri plynulom podávaní materiálu do rezu za podmienky rovnomernosti rezu.

**LITERATÚRA**

- [1] BOLEK, A. – KOCHMAN, J. a kol.: Části strojů. 2. zväzek, SNTL Praha 1990
- [2] LISIČAN, J.: Teória a technika spracovania dreva, Matcentrum Zvolen 1996
- [3] LISIČAN, J. – BANSKÝ, M.: Špecifické problémy spracovania drevnej suroviny na rezivo, Vedecké štúdie 4/2000/A, TU vo Zvolene 2000
- [4] MIKOLÁŠIK, L.: Drevárske stroje a zariadenia I., SNTL Bratislava, 1981