

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta



**CV1: Analýza řezného procesu
rámové pily (RP)**

Technologicky statistická metoda

doc. Ing. Zdeněk Kopecký, CSc.

Zadání

Analýza řezného procesu:

1. Nakreslete schéma technologie
2. Nakreslete zvolený nástroj
3. Určete model řezání
4. Určete řeznou sílu a výkon
5. Určete posuv při max. výkonu pily
6. Určete posuv z hlediska velikosti zubové mezery

Rámová pila (RP)



<http://www.pilawolf.cz/fotogalerie/>

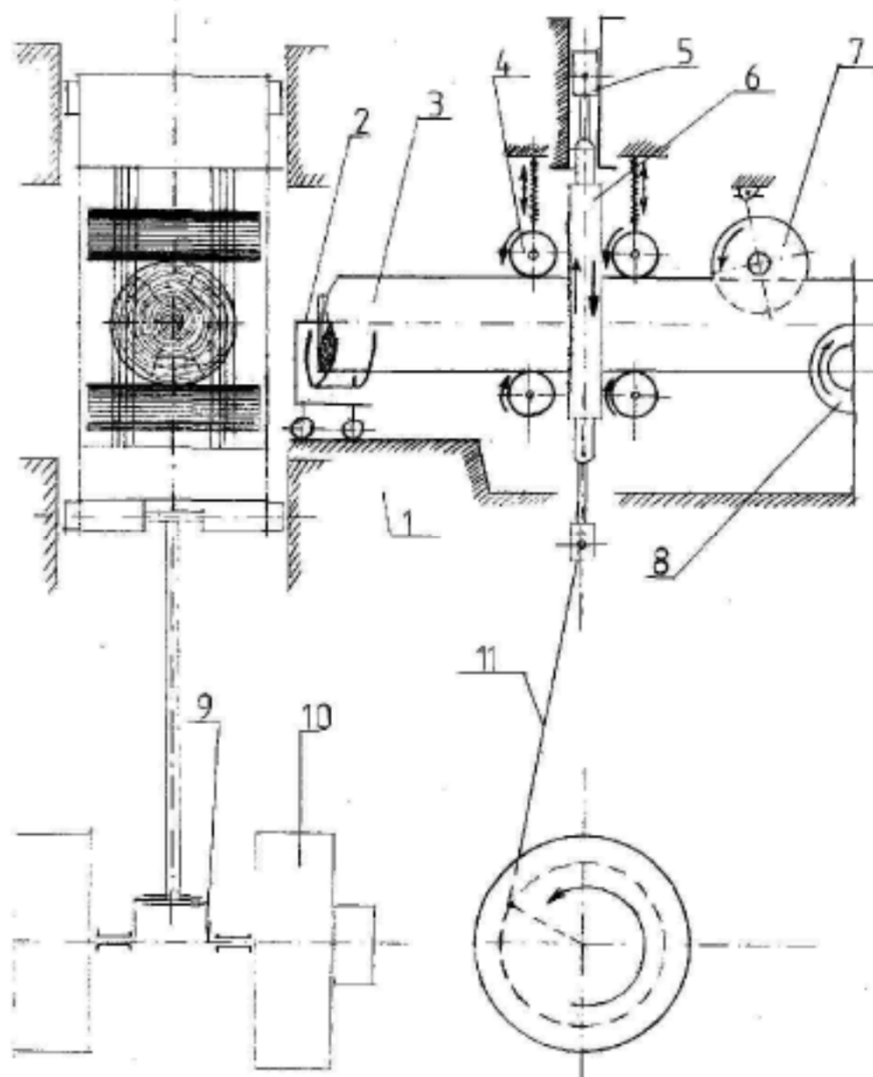
Způsoby pořezu

Nejčastěji smrk, borovice, modřín s průchodem kulatiny do 70 cm. Řezání je prováděno stelitovanými pilovými listy nebo listy s SK plátky. Na RP je prováděno pouze řezání prizmy či pořez na ostro.

Další zpracování prizmy je prováděno na rozmítací pile, kde řezná výška může být až $e = 250$ mm. Pro čistý a hladký řez jsou i zde používány kotoučové pily s SK plátky.

Zpracování bočního řeziva desek je prováděno na omítací pile, kde je prováděno omítání desek na přesné šířky a to převážně na šířky 80,100,120 a 140 mm.

1. Schéma technologie



RAMOVÁ PILA - PLYNULÝ POSUV

LEGENDA K OBRÁZKU

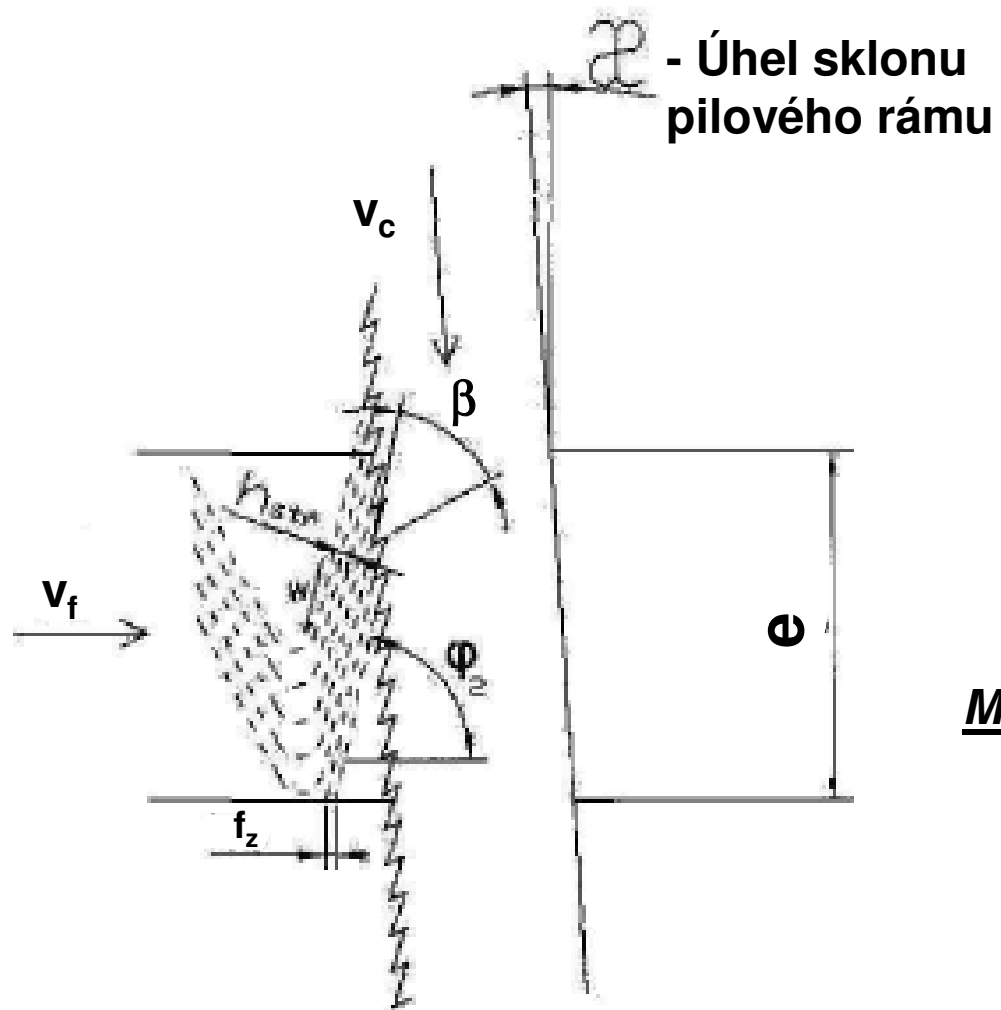
- 1 ZÁKLAD
- 2 PODÁVACÍ VOZÍK
- 3 VÝŘEZ
- 4 PODÁVACÍ VÁLCE
- 5 VODÍTKA RÁMU
- 6 PILOVÉ LISTY
- 7 VÝKLYVNÝ ODDALOVACÍ KRAJIN
- 8 VODÍCÍ KOLEČKA
- 9 KLIKOVÝ HŘÍDEL
- 10 SETRYAČNÍKY

Řešení

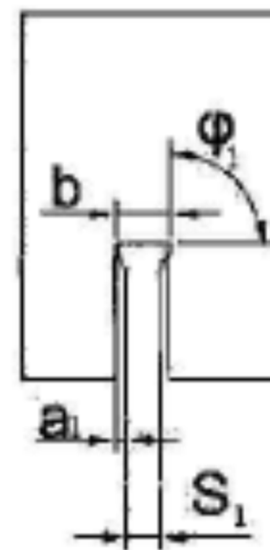
Zadání - řezné podmínky, parametry dřeviny a nástroje

ZADÁNÍ			
Dřevina	SM	<u>NÁSTROJ</u>	
Vlhkost	w =30%	Úhel hřbetu α	$\alpha = 28^\circ$
Průměr kulatiny	d =350 mm	Úhel břitu β	$\beta = 48^\circ$
Čas řezání	t =1,5 h	Výška zubu	$h_z = 21 \text{ mm}$
Posuv na zub	$f_z = 0,7 \text{ mm}$	Pěchvání zubů	$a_1 = 0,5 \text{ mm}$
Otáčky	n =330 min ⁻¹	Rozteč zubů	$t_p = 30 \text{ mm}$
Zdvih	H = 700 mm	Řezný výkon	$P_{\max} = 40 \text{ kW}$
Předklon pilového listu	$\chi = 10^\circ$	Tloušťka řeziva	$h_1 = 50 \text{ mm}$

Model řezání



Model:



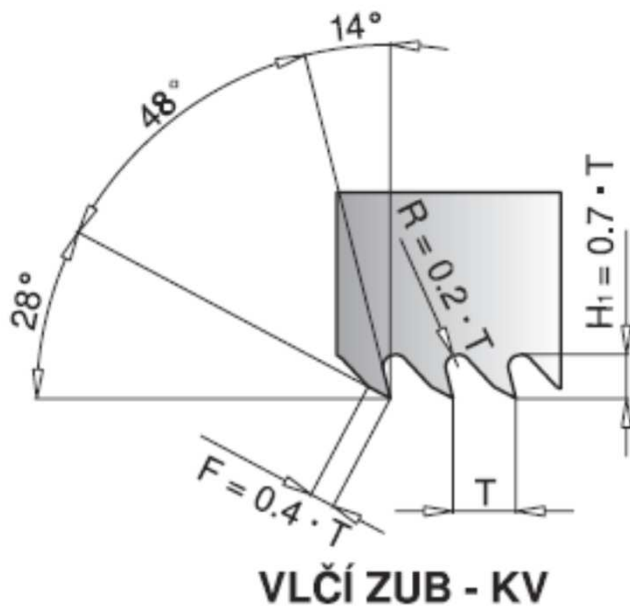
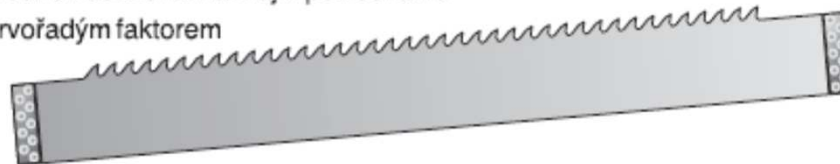
Charakteristika nástroje

STANDARNÍ LISTY PRO PĚCHOVÁNÍ A ROZVÁDĚNÍ ZUBŮ

Klasické listy z materiálu 75Cr1, bez povrchové a tvarové úpravy. Vhodné pro rozvádění (materiál tvrdosti 48 HRc) a pěchování (materiál 44 HRc) zubů. Pevnost v tahu je zaručena až k 1780 MPa. Nejlevnější typ, ovšem podává nejmenší výkony.

Vhodné použití:

- » řezání neodkorněného suchého dřeva
- » řezání dřeva z těžební oblasti s vysokým výskytem kovu v dřevině (nevzniká taková škoda při poškození)
- » při kombinacích s výkonnejšími typy je vhodné nasazovat na krajní pozice rámu
- » pro provozy pro které není výtěž řezání prvořadým faktorem



Zuby vlčí s lomeným hřbetem:

vhodné pro měkkou dřevinu

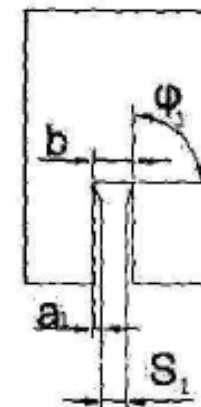
$t_p = 30$ mm – rozteč zubů

$h_z = 0,7 t_p$ mm – výška zubu

S_z – plocha zubové mezery

s_1 – tl. pilového listu ($s_1 = 2,2$ mm)

a_1 – rozpěchování zubu ($a_1 = 0,5$ mm)



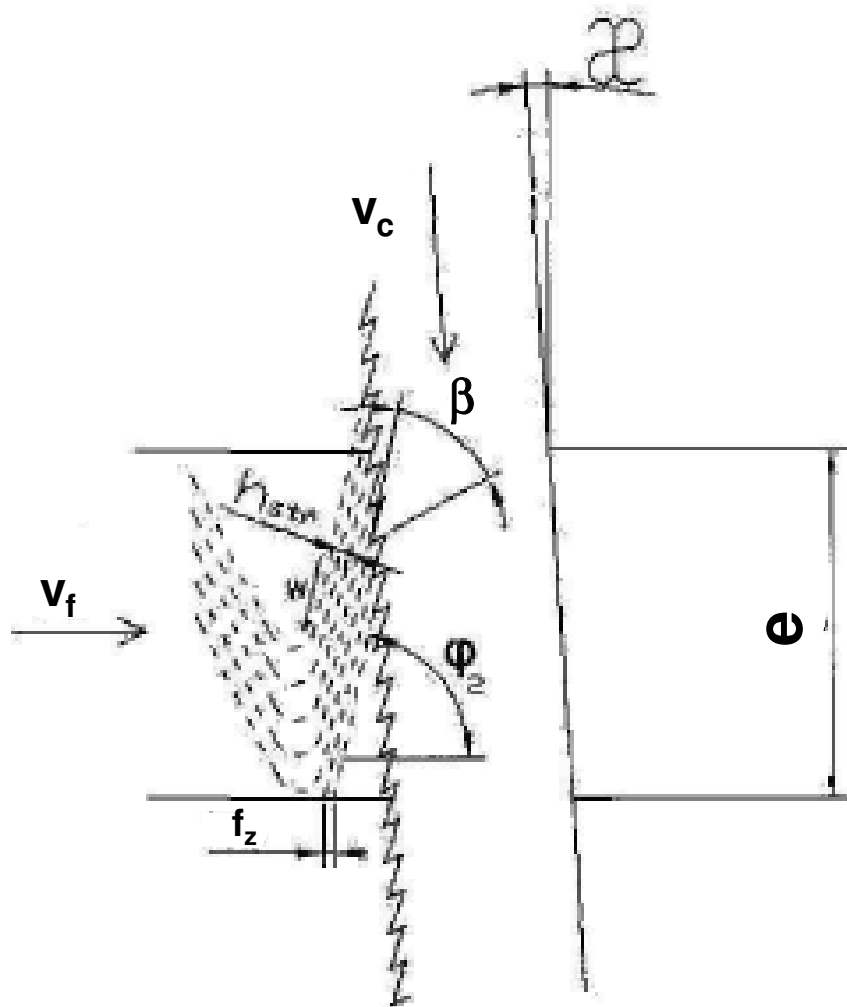
Výpočet kinematických závislostí

H = 700 mm n = 330 min⁻¹	Řezná rychlost $v_{cstr} =$	$v_{cstr} =$ m/s
$v_{cstr} =$ m/s	Rychlost posuvu výřezu $v_f =$	$v_f =$ m/min

φ_2

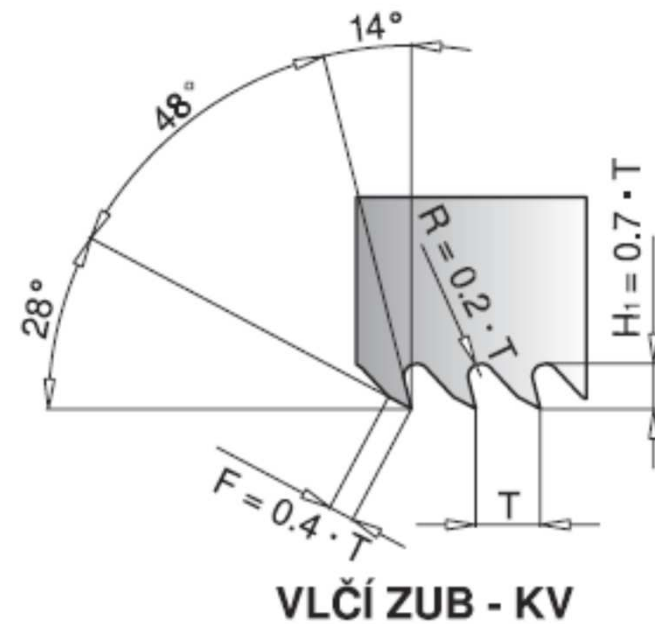
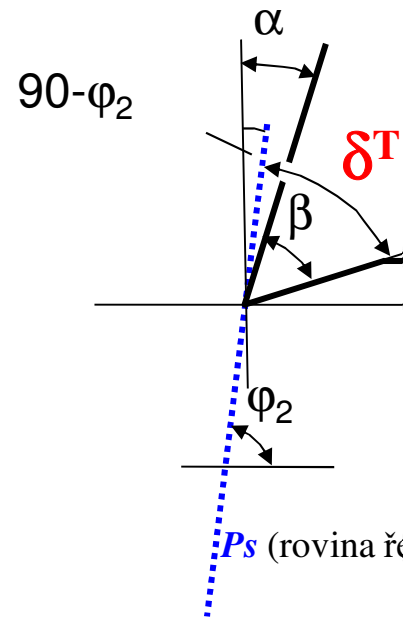
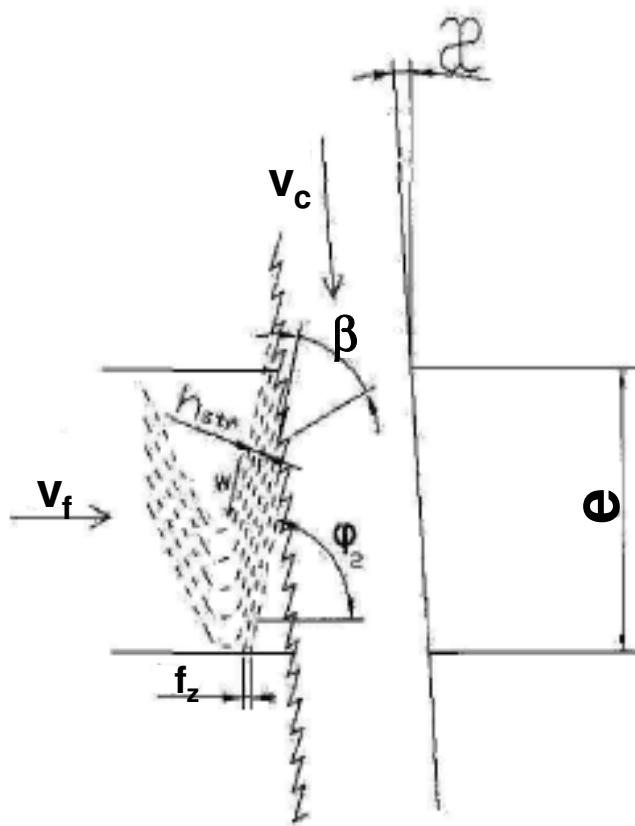
$v_{cstr} =$ m/s $v_f =$ m/min	Úhel přerézávání vláken φ_2 $\varphi_2 = \arctg\left(\frac{v_c}{v_f}\right) = \arctg\left(\frac{31,4}{\frac{6}{60}}\right)$	$\varphi_2 =$
---	--	---------------

Tloušťka třísky



$$h =$$

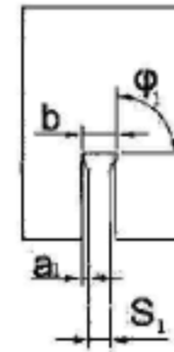
Transformace řezného úhlu δ^T



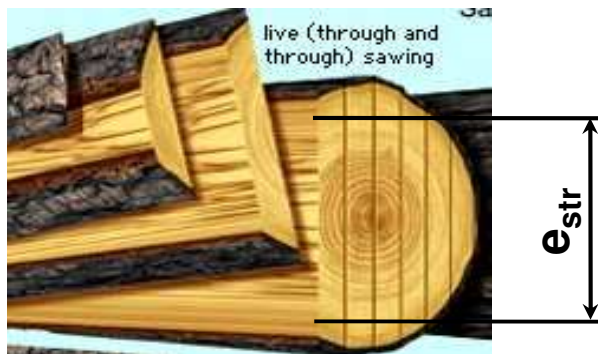
$$\delta^T = \alpha + \beta - \chi - (90 - \varphi_2) =$$

Šířka řezné spáry

$$b = s_1 + 2a_1 =$$



Střední tloušťka řezu



$$e_{str} = 0,8 \cdot d =$$

Výpočet řezné síly

Pro měrný řezný odpor - uzavřené řezání platí vztah:

$$k_c =$$

k_d ... vliv dřeviny

k_w ... vliv vlhkosti

k_v ... vliv řezné rychlosti

k_ρ ... vliv otupení ostří

k_T ... vliv teploty

μ ... součinitel zohledňující vliv tloušťky třísky h v závislosti na modelu řezání a úhlu φ_2

$(1, 1 \div 1, 2)$... konstanta zahrnující vliv zvýšeného tření nástroje v řezné spáře

ξ ... jednotkový měrný řezný odpor potřebný k překonání tření bočního ostří (nástroje) v řezné spáře, současně je zde zahrnut způsob úpravy řezné části nástroje (např. zuby rozvedené $\xi = 0,2$ N/mm², zuby pěchované, stelitované nebo ze slinutých karbidů $\xi = 0,15$ N/mm²)

Jednotkový měrný řezný odpor $k^I_{\varphi 2\delta}$

\parallel $\varphi_1=90^\circ$ $\varphi_2=0^\circ$ $\varphi_3=0^\circ$	Hodnoty $k^I_{\varphi\delta}$ [Nmm ⁻²] BOROVICE <i>Model řezání: podélně - čelní</i>									\perp $\varphi_1=90^\circ$ $\varphi_2=90^\circ$ $\varphi_3=90^\circ$
Úhel	Úhel řezu δ [°]									
φ_2 [°]	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	5,0	6,5	8,5	10,5	13,0	16,5	18,5	22,0	26,0	30,0
5	5,5	7,0	8,5	11,5	13,5	17,0	19,5	23,0	27,0	31,0
10	6,2	8,0	10,0	12,5	15,0	18,2	21,5	24,5	28,5	32,5
15	7,0	9,0	11,5	13,5	16,2	19,5	22,5	26,0	30,0	34,0
20	8,0	10,0	12,5	15,0	17,5	21,0	24,0	28,0	31,5	36,0
25	9,0	11,5	13,5	16,0	19,0	22,5	26,0	30,0	33,0	38,0
30	10,5	12,5	15,0	17,5	21,0	24,0	28,0	31,5	36,0	40,0
35	11,5	13,5	16,0	19,0	22,0	26,0	29,5	33,0	37,5	41,5
40	12,0	14,0	17,5	20,0	23,5	28,5	31,0	35,0	39,0	43,0
45	13,0	15,8	18,0	21,5	24,5	30,0	32,5	36,5	40,8	45,0
50	14,0	16,5	19,5	22,5	26,0	31,5	33,5	38,0	42,0	46,5
55	14,5	17,0	20,8	23,5	27,0	32,5	35,0	39,0	43,5	48,0
60	15,5	18,0	21,2	24,5	28,0	33,5	36,2	41,0	44,5	49,0
65	16,0	19,0	22,0	25,5	29,0	34,2	37,5	42,0	46,0	50,0
70	16,2	19,5	22,5	26,5	30,0	34,2	38,5	42,5	46,5	51,0
75	16,5	20,0	23,0	26,8	30,5	35,0	38,8	43,5	47,5	52,0
80	17,0	20,5	23,5	27,0	31,0	35,5	39,6	44,0	45,0	52,5
90	17,5	21,0	24,0	28,0	32,0	36,0	40,0	44,5	48,5	53,0

Opravný součinitel vlivu dřeviny k_d

Vliv dřeviny je chápán zejména jako vliv hustoty dřeva a platí, že s rostoucí hustotou velikost měrného řezného odporu k_c roste. „Jednotkovou dřevinou“ je v tomto případě **borovice** ($k_d = 1$).

Dřevina	k_d	Dřevina	k_d
Borovice	1,00	Modřín	1,10
Lípa	0,80	Bříza	1,25
Smrk	0,90	Buk	1,40
Osika	0,95	Dub	1,55
Jedle	0,95	Habr	1,60
Olše	1,05	Jasan	1,75

Opravný součinitel vlivu vlhkosti dřeva k_w

Obecně lze říci, že s *rostoucí vlhkostí dřeva klesá* u otevřeného řezání *hodnota opravného součinitele k_w* , a tedy i *řezného odporu*, protože stříhová pevnost dřeva klesá s obsahem vody ve dřevě.

Vlhkostní stav dřeva	vlhkost	Součinitel k_w	
		volné řezání	řezání ve spáře
Velmi suché dřevo	5 - 8	1,10	0,90
Suché	10-15	1,00	1,00
Na vzduchu vyschnuté	20-30	0,95	1,05
Čerstvě poražené	50-70	0,90	1,10
Plavené	nad 70	0,80	1,12

Opravný součinitel vlivu řezné rychlosti k_v

Z teoretického hlediska nelze vliv řezné rychlosti v_c zanedbat.

Po oddělení třísky od materiálu je nutné třísku uvést z klidu do pohybu, což je závislé na:

- hmotnosti třísky,
- čtverci rychlosti,
- geometrii nástroje.

Řezná rychlost:

$v_c =$

v_c [ms ⁻¹]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
k_v	1,00	1,02	1,04	1,07	1,10	1,15	1,20	1,25	1,35	1,40	1,45	1,50

Opravný součinitel vlivu otupení ostří k_p

	Součinitel k_p							
Čas řezání	Řezání				Frézování	Soustružení a vrtání	Dlabání řetězovou dlabačkou	
$t[h^{-1}]$	rámová pila	pásová pila	kotoučová - podélně	kotoučová - příčně			při osovém posuvu	při bočním posuvu
0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1,17	1,20	1,20	1,10	1,20	1,20	1,24	1,30
2	1,32	1,40	1,50	1,15	1,30	1,30	1,40	1,50
3	1,42	1,60	1,80	1,20	1,42	1,35	1,55	1,73
4	1,50	1,80	2,20	1,30	1,50	1,40	1,65	1,88
5	-	2,00	2,50	1,40	1,57	1,45	1,78	2,00
6	-	2,20	2,80	1,50	1,60	1,50	1,86	2,10

Poznámka: V tabulce se jedná o orientační hodnoty k_p (podle L'ubčenka), protože otupení podle doby řezání není příliš přesné, neboť nezohledňuje faktory mající vliv na intenzitu otupování (obráběná dřevina, materiál a geometrie nástroje, řezné podmínky).

Opravný součinitel vlivu teploty dřeva k_T

S rostoucí teplotou klesá stříhová pevnost dřeva, a proto klesá i měrný řezný odpor **k_c** . Toho se využívá v některých technologických procesech (krájení a loupání dýh, ohýbání, apod.).

Teplota dřeviny je $T = 20^\circ\text{C}$.

Opravný součinitel vlivu teploty k_T (podle Manžose)

Teplota T [$^\circ\text{C}$]	10	20	30	40	50	60
Součinitel k_T	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7

***Opravný součinitel μ - zohledňující vliv
tloušťky třísky h v závislosti na modelu řezání
a úhlu φ_2***

Úhel φ_2	Hodnoty μ pro modely řezání		
	$\parallel \perp$	$\parallel - \#$	$\# \perp$
0	$\parallel = 0,55$	$\parallel = 0,55$	$\# = 0,50$
10	0,47	0,54	0,46
20	0,44	0,54	0,43
30	0,42	0,53	0,40
40	0,39	0,53	0,38
50	0,37	0,52	0,36
60	0,36	0,515	0,35
70	0,35	0,51	0,35
80	0,34	0,505	0,34
90	$\perp = 0,33$	$\# = 0,50$	$\perp = 0,33$

Střední řezná síla

BK $\delta^T =$ $\varphi_2 =$ $v_c = \text{ms}^{-1}$ $v_f = \text{mmmin}^{-1}$ $w = 30\%$ $t = 1,5 \text{ h}$ $h = \text{mm}$ $e_{\text{str}} = \text{mm}$ $b = \text{mm}$	<u>Měrný řezný odpor</u> $k_c =$	$k_{\varphi 2 \delta}^I = \text{Nmm}^{-2}$ $k =$ $k^d =$ $k^w =$ $k^v =$ ρ $\mu =$ $\xi =$ $k_c = \text{Nmm}^{-2}$
---	--	---

Střední řezná síla pro jeden pilový list:

$$F_{c \text{ str}} =$$

Střední řezná síla a řezný výkon pro RP

Počet pilových listů pro pořez na ostro při tloušťce řeziva $h_1 = 50$ mm

$$i =$$

Střední řezná síla pro RP

$$F_{cstr} =$$

Řezný výkon

$$P_c =$$

5. Posuv při max. řezném výkonu pily

Řezné podmínky, parametry dřeviny a nástroje:

ZADÁNÍ			
Dřevina	SM	NÁSTROJ	
Vlhkost	w =30%	Úhel hřbetu α	$\alpha = 28^\circ$
Průměr kulatiny	d =350 mm	Úhel břitu β	$\beta = 48^\circ$
Čas řezání	t =1,5 h	Výška zubu	$h_z = 21 \text{ mm}$
Posuv na zub	$f_z = 0,7 \text{ mm}$	Pěchvání zubů	$a_1 = 0,5 \text{ mm}$
Otáčky	n =330 min ⁻¹	Rozteč zubů	$t_p = 30 \text{ mm}$
Zdvih	H = 700 mm	Řezný výkon	$P_{\max} = 32 \text{ kW}$
Předklon pilového listu	$\chi = 10^\circ$	Tloušťka řeziva	$h_1 = 50 \text{ mm}$

$$P_{c_{max}} = 32 \text{ kW}$$

$$k_c = \quad \text{Nmm}^{-2}$$

$$b = \quad \text{mm}$$

$$e_{str} = \quad \text{mm}$$

Maximální rychlost posuvu:

$$v_f \text{ max} =$$

Max. posuv na zub:

$$f_z \text{ max} =$$

Povolený poměr pracovního a maximálního posuvu:

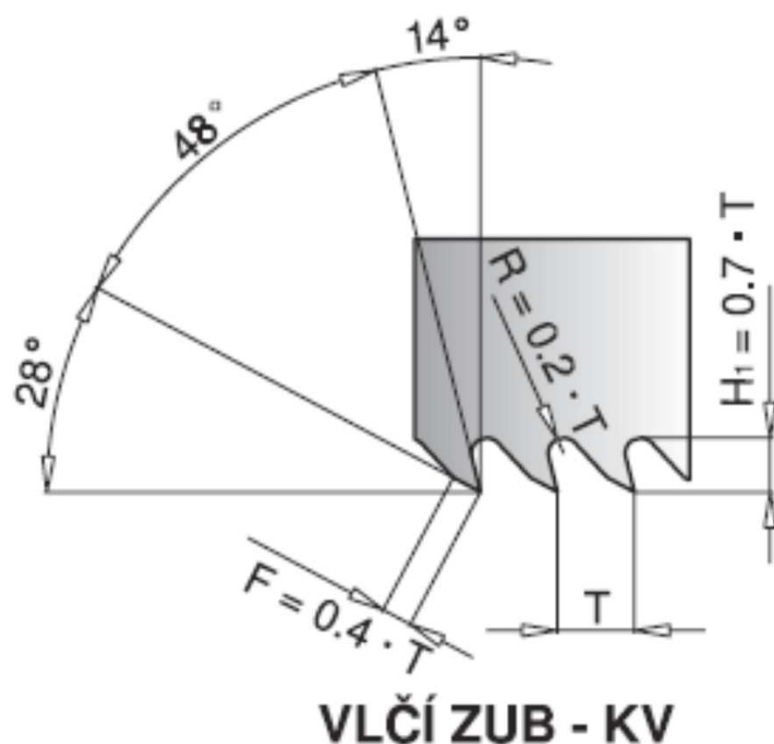
$$\frac{v_f}{v_v \text{ max}} = \quad \in \langle 0,9 - 1,1 \rangle$$

$$v_{fnew} = \text{mmmin}^{-1}$$

$$f_{zmax} = \quad \text{mm}$$

$$h_{max} = \quad \text{mm}$$

6. Určení velikosti posuvu podle velikosti zubové mezery



Plocha zubové mezery (přibližný výpočet)
– je možné použít pouze pro trojúhelníkové
nesouměrné zuby

$$S_z = \frac{h_z \cdot t_p}{2} =$$

Plocha mezery z empirických vztahů

Plocha zubové mezery je určována z geometrického tvaru řezného nástroje výpočtem (rozklad na jednoduché geometrické obrazce) nebo bývá udávána jako jeden z parametrů konkrétního řezného nástroje, popřípadě jinou metodou pro zjišťování nepravidelných ploch (planimetrickou, ...).

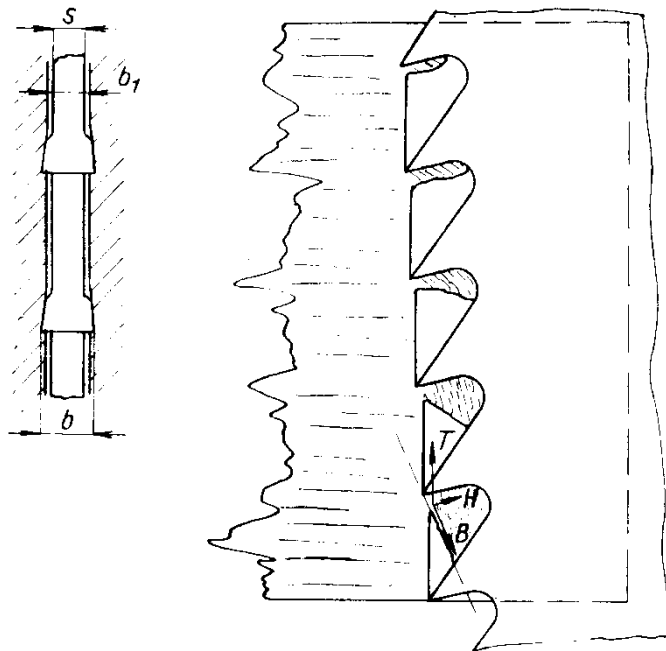
Plocha zubové mezery S_z může být také zjištěna z empirických vztahů (např. podle Beršadského):

$$S_z = \vartheta \cdot t_p^2 =$$

ϑ ... koeficient plochy mezery zubu (charakteristika profilu)- viz. tabulka, vyjadřuje jakou částí je uvažovaná plocha mezery S_z z plochy čtverce nad roztečí t_p

Pilové listy RP s přechovanými zuby	0,4 – 0,5
Pilové listy RP s rozvedenými zuby	0,5
Pilové kotouče pro podélné řezání	0,25 – 0,35
Pásky rozmítacích pil	0,12 – 0,15
Úzké pilové pásky truhlářských pil	0,25 – 0,3

Rychlost posuvu



Každý zub odřeže pilinu o určitém objemu dřevní hmoty, která se ukládá v zubové mezeře. Je zřejmé, že objem dřevní hmoty přeměněné v pilinu je větší než objem rostlé dřevní hmoty. Praktické řezání probíhá nejčastěji se stlačováním piliny v zubové mezeře, předpokládá se:

$$f_z \cdot e = \frac{S_z}{k_z}$$

k_z ... součinitel stlačení piliny (tríscky) v zubové mezeře
 pro měkké dřeviny 1,5
 pro tvrdé dřeviny 2,0 až 2,2

$$v_f = f_z \cdot n \cdot z = \frac{S_z}{k_z \cdot e_{max}} \cdot n \cdot \frac{H}{t_p} =$$

Z hlediska zaplnění zubové mezery je možné požit posuvnou rychlost až $v_f =$ m/min. Prakticky to ale není možné, protože by byl překročen max. instalovaný výkon pily.

Děkuji za pozornost