

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta



**CV1: Analýza řezného procesu
kmenové pásové pily (KPP)**

Technologicky statistická metoda

doc. Ing. Zdeněk Kopecký, CSc.

Zadání

Analýza řezného procesu:

1. Nakreslete schéma vertikální kmenové PP
2. Nakreslete zvolený nástroj
3. Určete model řezání
4. Určete řezný výkon
5. Určete posuv při max. výkonu pily

Pásové pily (PP)



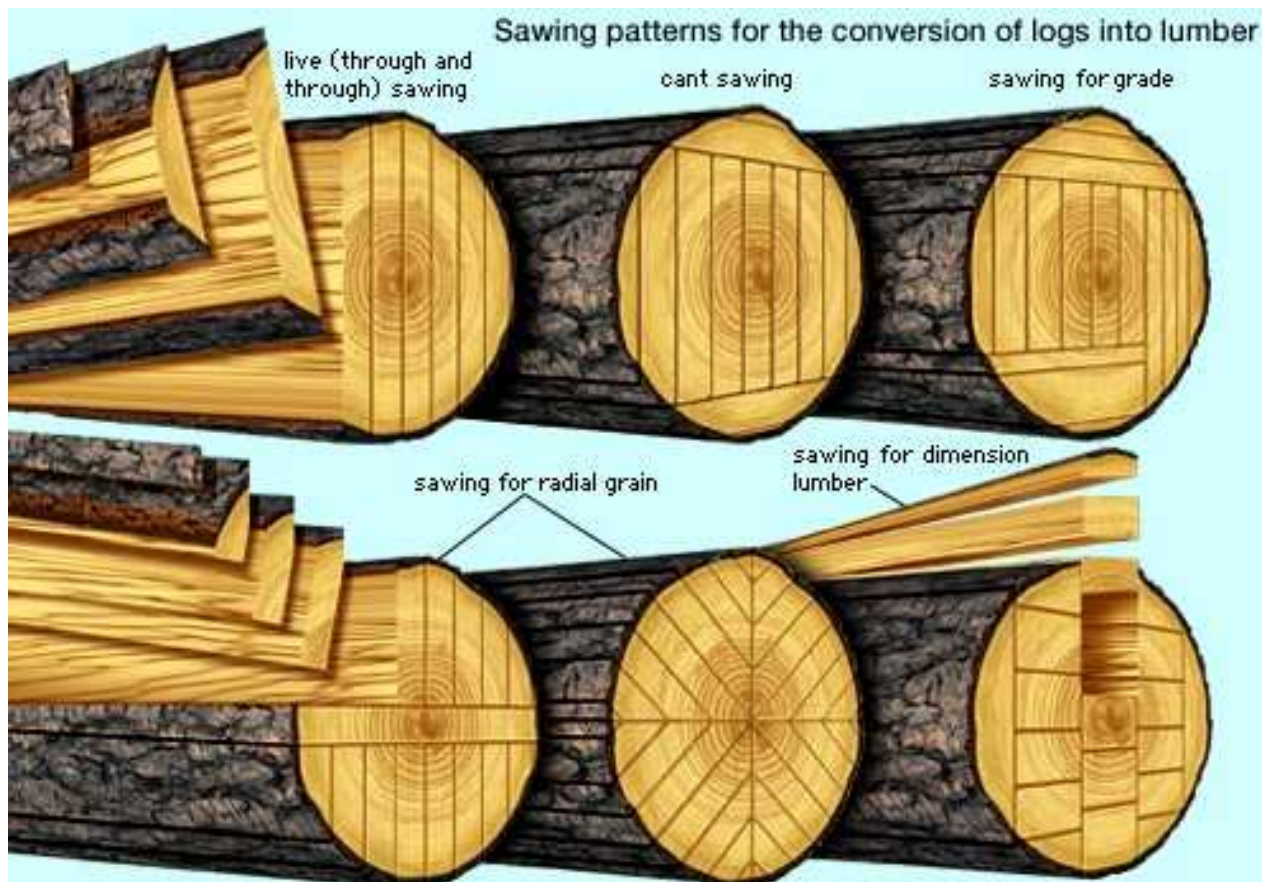
truhlářská

horizontální
kmenová

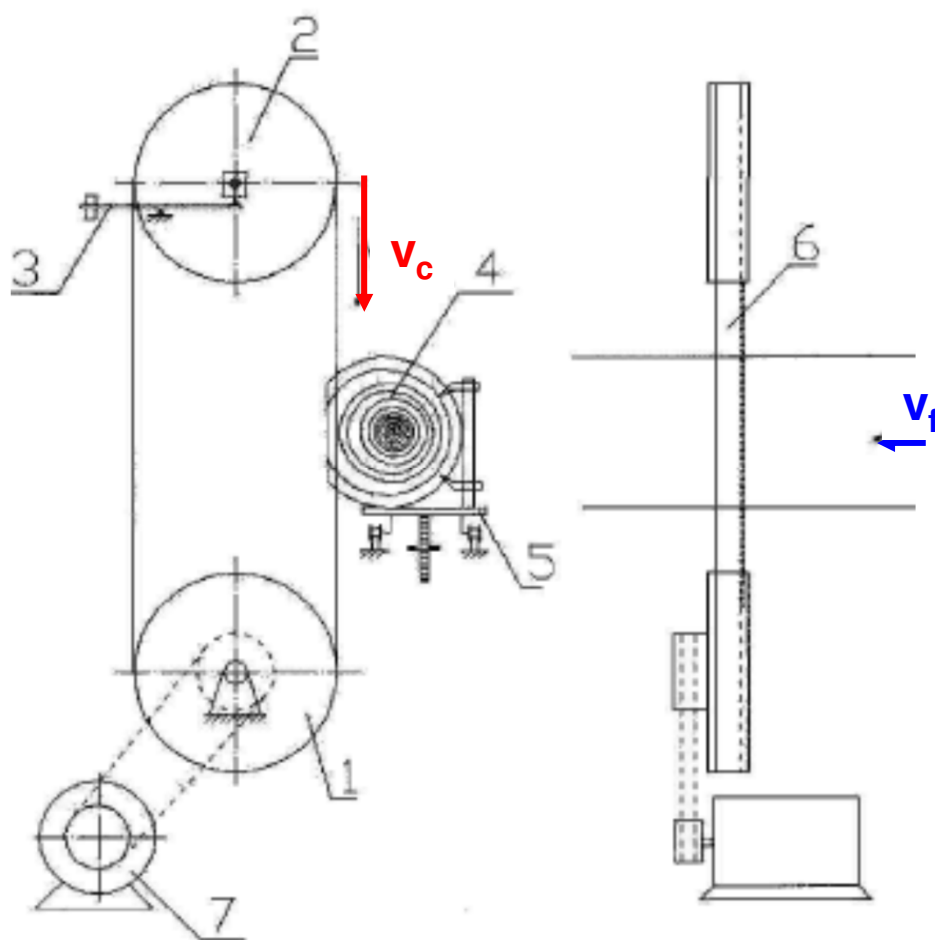


vertikální
kmenová

Způsoby pořezu



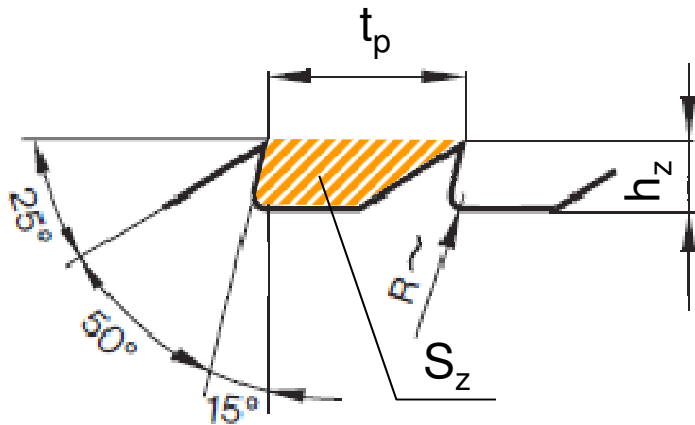
1. Schéma pily



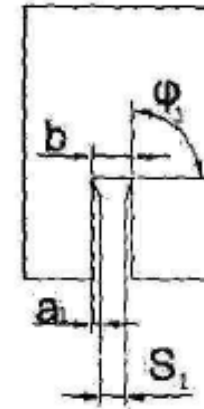
- 1-hnací pásnice
- 2-hnaná a napínací pásnice
- 3-napínací zařízení
- 4-výřez
- 5-podávací zařízení
- 6-pilový pás
- 7-elektromotor

2. Charakteristika nástroje

Pilový pás Pilana 5344 (KV)



Zuby trojúhelníkové nesouměrné
s prodlouženou zubovou mezerou
 $t_p = 50 \text{ mm}$ – rozteč zubů
 $h_z = 14 \text{ mm}$ – výška zubu
 S_z – plocha zubové mezery
 s_1 – tl. pilového listu ($s_1 = 1,4 \text{ mm}$)
 a_1 – rozpěchování zubu ($a_1 = 0,5 \text{ mm}$)
 α – úhel hřbetu
 β – úhel břitu
 γ – úhel čela
 δ – úhel řezu

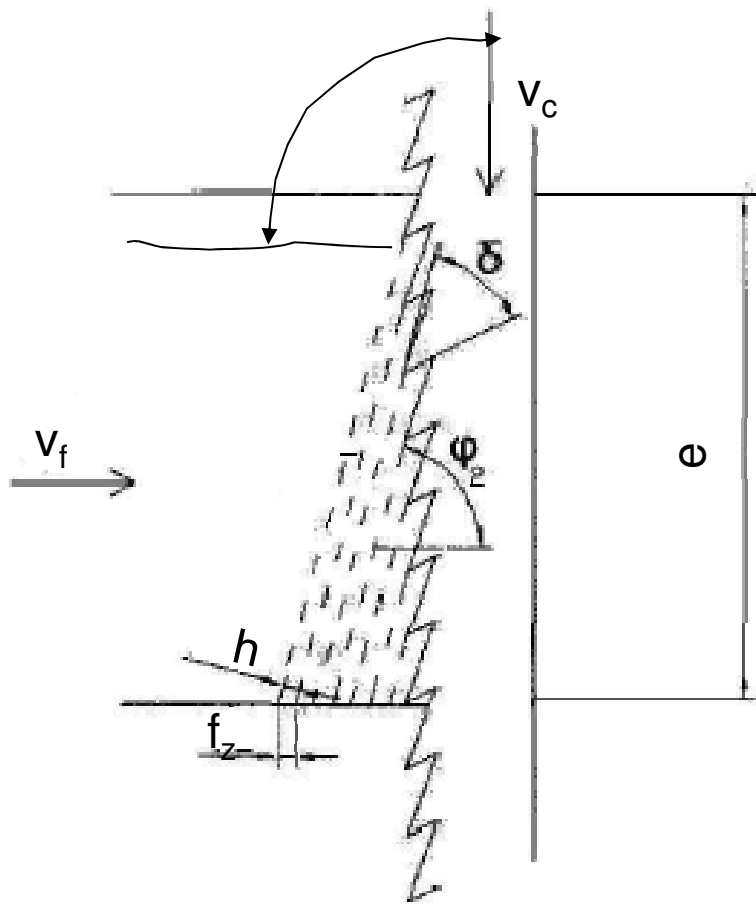


Materiál pilových pásů

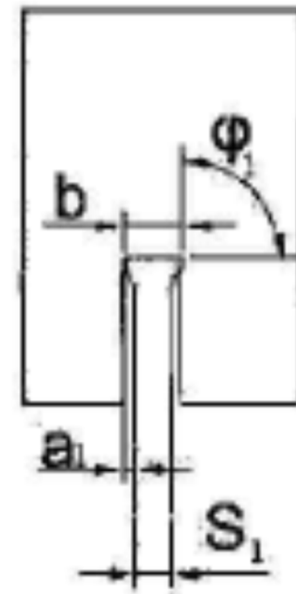
Standard - kalená páska z materiálu 80NiCr11 (DIN 1.2705)

- » materiál speciálně vyvinutý pro výrobu pásových pil
- » tvrdost tohoto materiálu je $43 \pm 2 \text{ HRC}$, pevnost v tahu $1430 \pm 80 \text{ MPa}$
- » výborné mechanické a tepelné vlastnosti, tvarová stálost a dobré řezné vlastnosti
- » zaoblená zadní hrana - výrazně snižuje možnost vzniku trhlin na hřebetu pásu

3. Model řezání



Šířka řezné spáry:



4. Výpočet řezného výkonu

Řezné podmínky, parametry dřeviny a nástroje:

Dřevina	SM	<u>NÁSTROJ</u>	
Vlhkost	$w = 30\%$	Úhel hřbetu α	$\alpha = 25^\circ$
Výška řezu	$e = 300 \text{ mm}$	Úhel břitu β	$\beta = 50^\circ$
Čas řezání	$t = 1,5 \text{ h}$	Tloušťka pilového pásu	$s_1 = 1,4 \text{ mm}$
Posuv	$v_f = 6 \text{ mm min}^{-1}$	Rozpěchování zubu	$a_1 = 0,5 \text{ mm}$
Otáčky	$n = 600 \text{ min}^{-1}$	Rozteč zubů	$t_p = 50 \text{ mm}$
Průměr pásnice	$D = 1000 \text{ mm}$	Max. výkon pily	$P_{\max} = 30 \text{ kW}$

Řešení

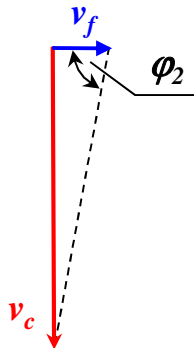
A. Výpočet kinematických závislostí

v_c

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}$$

D= 1 m n= 600 min ⁻¹	Řezná rychlost $v_c = \pi \cdot D \cdot n = \pi \cdot 1 \cdot \frac{600}{60}$	$v_c = 31,4 \text{ ms}^{-1}$
------------------------------------	--	------------------------------

φ_2



v=31,4ms ⁻¹ u= 6 mmin ⁻¹	Úhel přerézávání vláken φ_2 $\varphi_2 = \arctg\left(\frac{v_c}{v_f}\right) = \arctg\left(\frac{31,4}{\frac{6}{60}}\right)$	$\varphi_2 = 89,8^\circ$
---	--	--------------------------

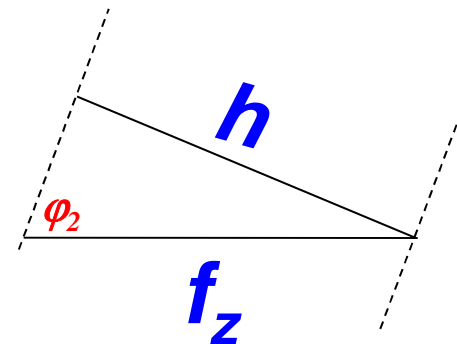
f_z

$$f_z = \frac{v_f}{n \cdot z} = \frac{v_f}{n \cdot \frac{\pi \cdot D}{t_p}}$$

v_f = 6 mmmin ⁻¹ D= 1 m n = 600 min ⁻¹ t_p = 50 mm	Posuv na zub f_z = $\frac{v_f}{n \cdot \frac{\pi \cdot D}{t_p}} = \frac{6}{600 \cdot \frac{\pi \cdot 1}{50}}$	f_z = 0,16 mm
---	---	-----------------------------------

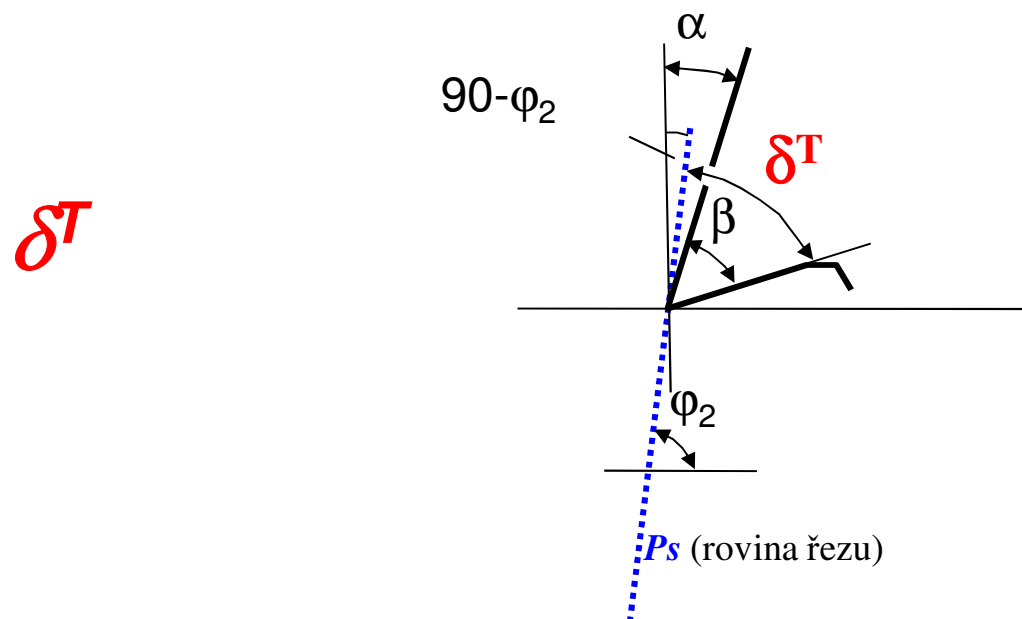
h

$$h = f_z \cdot \sin \varphi_2$$



f_z = 0,16 mm φ_2 = 89,8°	Tloušťka třísky h = f_z · sin φ_2 = 0,16 · sin 89,8	h_{str} = 0,16 mm
--	---	---------------------------------------

Transformace řezného úhlu



$\alpha = 25^\circ$ $\beta = 50^\circ$	Řezný úhel $\delta^T = \alpha + \beta - (90 - \varphi_2) = 25 + 50 - (90 - 89,8)$	$\delta^T = 75^\circ$
---	---	-----------------------

B. Výpočet řezné síly a výkonu

**Pro měrný řezný odpor - uzavřené řezání
platí vztah:**

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 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:

$$v_c = 31,4 \text{ ms}^{-1}$$

$v_c \text{ [ms}^{-1}\text{]}$	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** . Toho se využívá v některých technologických procesech (krájení a loupání dýh, ohýbání, apod.).

Opravný součinitel vlivu teploty k_T (podle Manžose)

Teplota T [°C]	10	20	30	40	50	60
Součinitel k_T	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6

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	$\perp = 0,33$	$\# = 0,50$	$\perp = 0,33$

Řezná síla a výkon

$$F_c =$$

$$P_c =$$

5. Posuv při max. řezném výkonu pily

Řezné podmínky, parametry dřeviny a nástroje:

Dřevina	SM	<u>NÁSTROJ</u>	
Vlhkost	w =30%	Úhel hřbetu α	$\alpha = 25^\circ$
Výška řezu	e=300 mm	Úhel břitu β	$\beta = 50^\circ$
Čas řezání	t =1,5 h	Tloušťka pilového pásu	s ₁ = 1,4 mm
Posuv	v _f = 6 mm·min ⁻¹	Rozpěchování zubu	a ₁ 0,5mm
Otáčky	n=600 min ⁻¹	Rozteč zubů	t _p = 50 mm
Průměr pásnice	D=1000 mm	Max. výkon pily	Pc _{max} = 30 kW

$$P_{c_{\max}} = 30 \text{ kW}$$

$$k_c = \quad \text{N/mm}^2$$

$$b = 2,4 \text{ mm}$$

$$e = 300 \text{ mm}$$

$$\varphi_2 \text{ pro}$$

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

$$\varphi_2 =$$

$$v_f =$$

$$v_f =$$

Posuv na zub

$$f_z =$$

$$f_z =$$

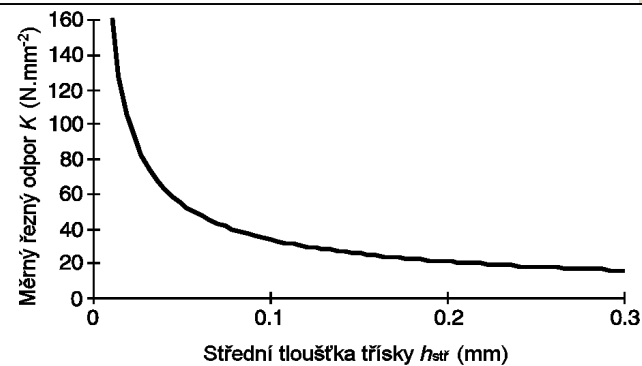
S rostoucím posuvem na zub roste tloušťka třísky

$$h_{\max} =$$

$$h_{\max} =$$

Experimentálně je dokázáno, že s rostoucí tloušťkou třísky klesá měrný řezný odpor

Z tohoto poznatku vyplývá, že v rámci daného výkonu bude možné ještě zvýšit posuv.



$$P_{c_{\max}} = 30 \text{ kW}$$

$$v_{f_{\max}} = \text{m/min}$$

$$b = 2,4 \text{ mm}$$

$$e = 300 \text{ mm}$$

$$\varphi_2 =$$

$$k^I \varphi_2 \delta = \text{Nmm}^{-2}$$

$$\mu =$$

Pokles řezného odporu

$$k_c =$$

Ze vztahu pro řezný výkon, lze vypočítat max. podávací rychlost

$$v_{f_{\max}} =$$

Poznámka: Zvyšování posuvné rychlosti je limitováno zmenšováním úhlu hřbetu α , dochází ke zvýšenému tření břitu o obrobek a zvyšování řezné síly.

Pro praktické potřeby je stanoven poměr mezi podávací a řeznou rychlostí:

Pásové pily $\lambda = 0,009$ až $0,03$

Rámové pily $\lambda = 0,005$ až $0,006$

Okružní pily $\lambda = 0,008$

Frézky $\lambda = 0,0035$ až $0,012$

$$\lambda = \frac{v_f}{v_c} =$$

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

$$P_c = K \cdot b \cdot e \cdot v_f$$

$$v_{f_{\max}} = \text{mmin}^{-1}$$

← **vyhovuje**

Děkuji za pozornost