

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta



**CV3: Analýza řezného procesu
kotoučové pily (KP)**

Objemová metoda

doc. Ing. Zdeněk Kopecký, CSc.

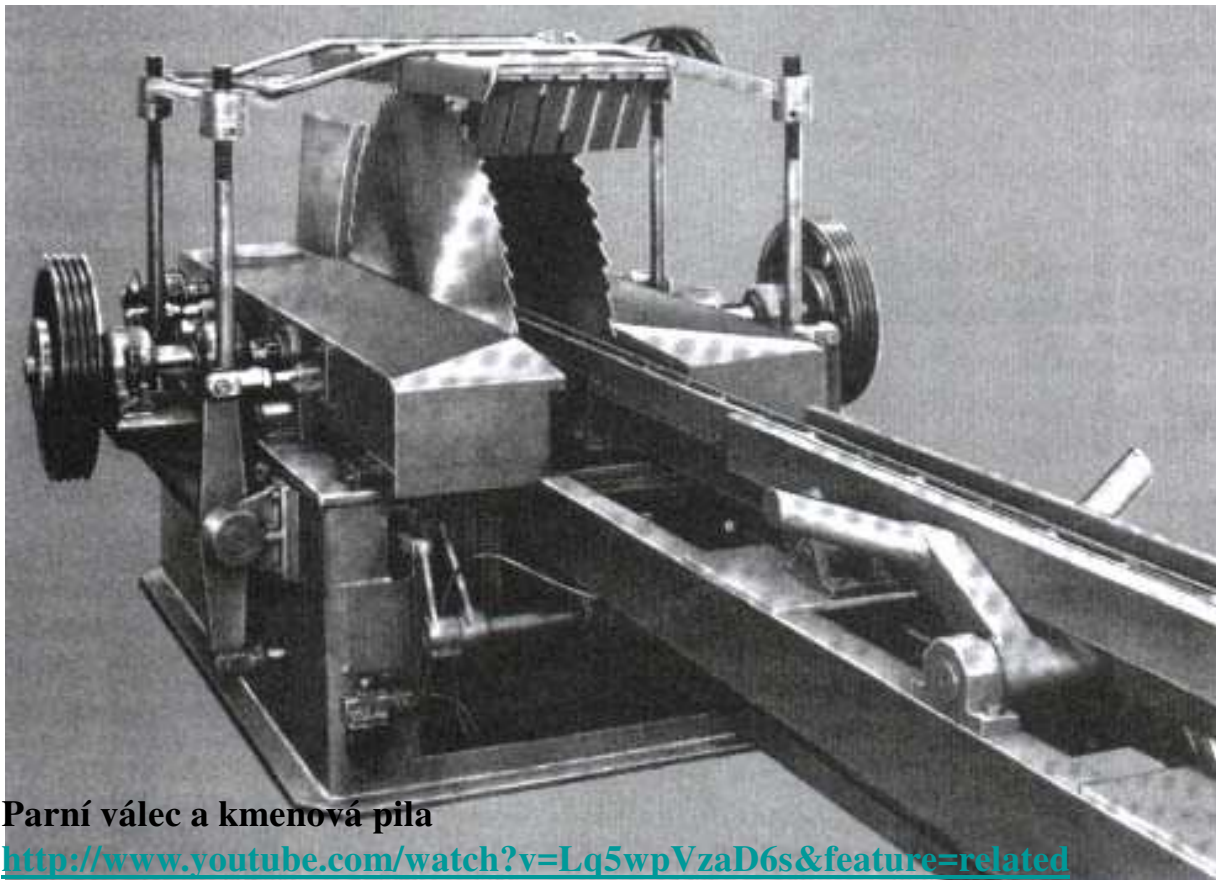
Zadání

Analýza řezného procesu:

1. Nakreslete schéma technologie
2. Nakreslete zvolený nástroj
3. Určete model řezání
4. Určete řeznou sílu a výkon
5. Určete max. posuvnou rychlost pro P_{\max}
- 6.

Kmenová dvoukotoučová pila

Kotoučová pila byla navržena a patentována v roce 1777, zkonstruoval a vyrobil ji však až v roce 1805 anglický konstruktér, projektant a průmyslník M.I. Brunel. V současné době se jedná o nejrozšířenější stroj v rámci dřevařské techniky (existují kmenové, rozmítací, zkracovací, truhlářské a formátovací pily a samozřejmě kotoučové pily na palivové dříví)



Parní válec a kmenová pila

<http://www.youtube.com/watch?v=Lq5wpVzaD6s&feature=related>

<http://www.stream.cz/uservideo/95160-porez-kulatiny>

*Technicko-
technologické parametry
jsou limitovány
konstrukcí stroje:*

průměr pilového kotouče –
600 až 1300 mm

střední řezná rychlost
 v_c do $40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

podávací rychlost
 v_f do $100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

průměr výřezů
12 až 60 cm

délka výřezů
 $L = 1$ až 9 m

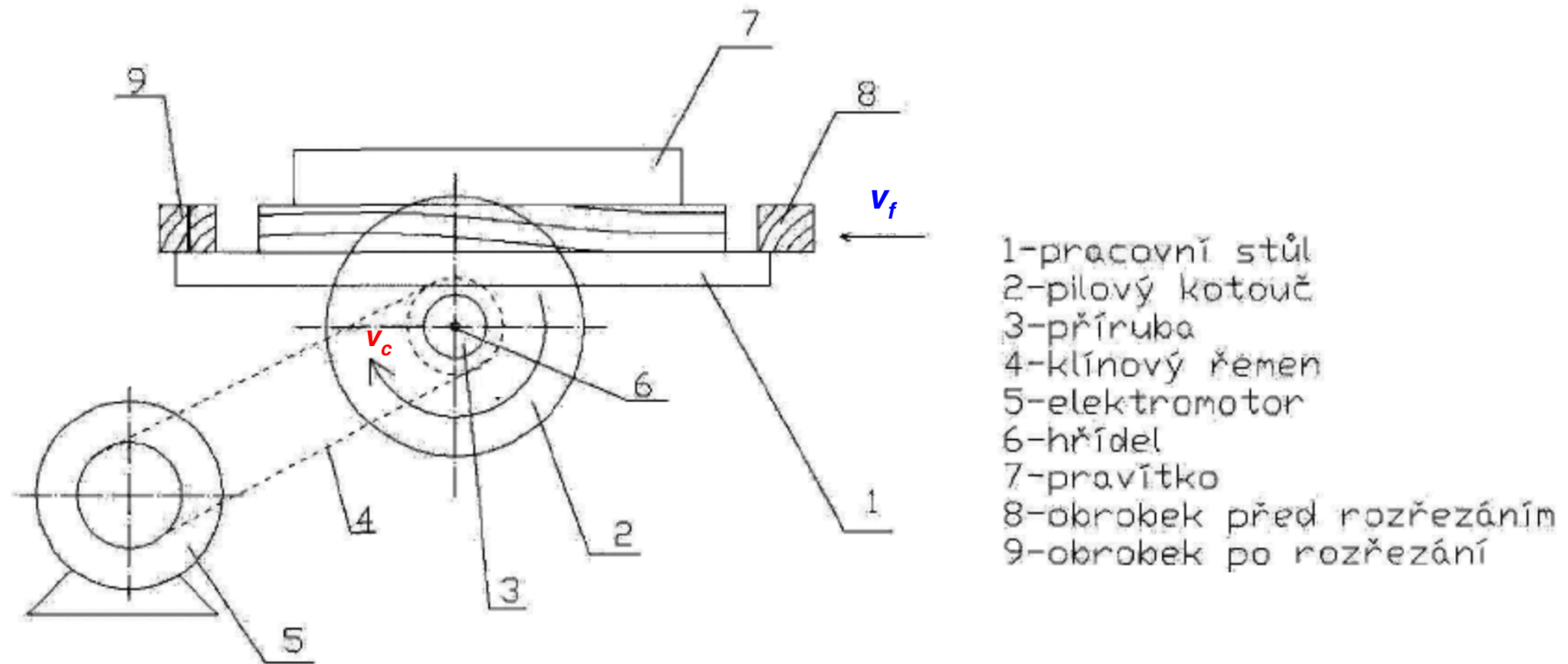
šířka řezné spáry
 $b = 4,5 \div 6,5 \text{ mm}$

Zadání - řezné podmínky, parametry dřeviny a nástroje

ZADÁNÍ			
Dřevina	SM	Nástroj	SK pilový kotouč Pilana 80-50 FZ
Vlhkost	w = 30 %	Průměr kotouče	D = 350 mm
Teplota	T=20 °C	Úhel hřbetu α	$\alpha = 15^\circ$
Výška řezu	e = 80 mm	Úhel břitu β	$\beta = 65^\circ$
Čas řezání	t = 2 h	Tloušťka PK	s₁ = 2,8 mm
Posuv	v_f = 12 mm·min⁻¹	Výška zubu	h_z = 20 mm
Otáčky	n = 3600 min⁻¹	Šířka zubu	s_T = 4 mm
Řezný výkon (max.)	P_{max} = 12 kW	Počet zubů	z = 20

Výška stolu nad osou otáčení kotouče: a = 65 mm
(pokud není zadána pak obecně platí a = D/6)

1. Schéma technologie

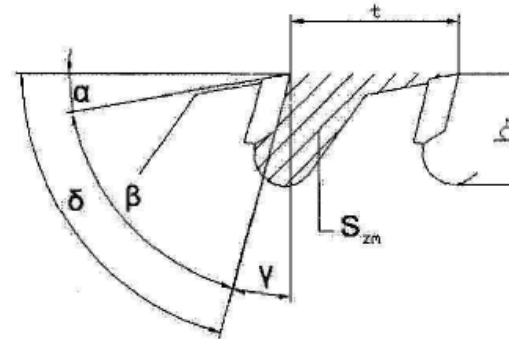
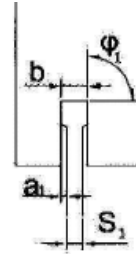


2. Charakteristika nástroje

80-50 FZ

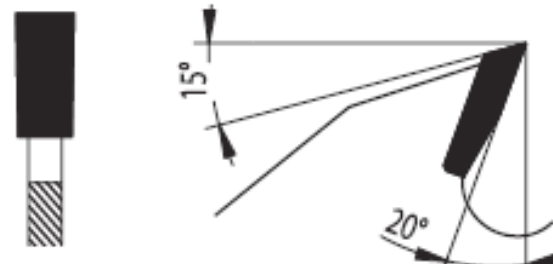
Charakteristika:

- » podélné řezání přírodních masivních dřev silnějších dimenzí
- » vhodné do hranolovacích pil



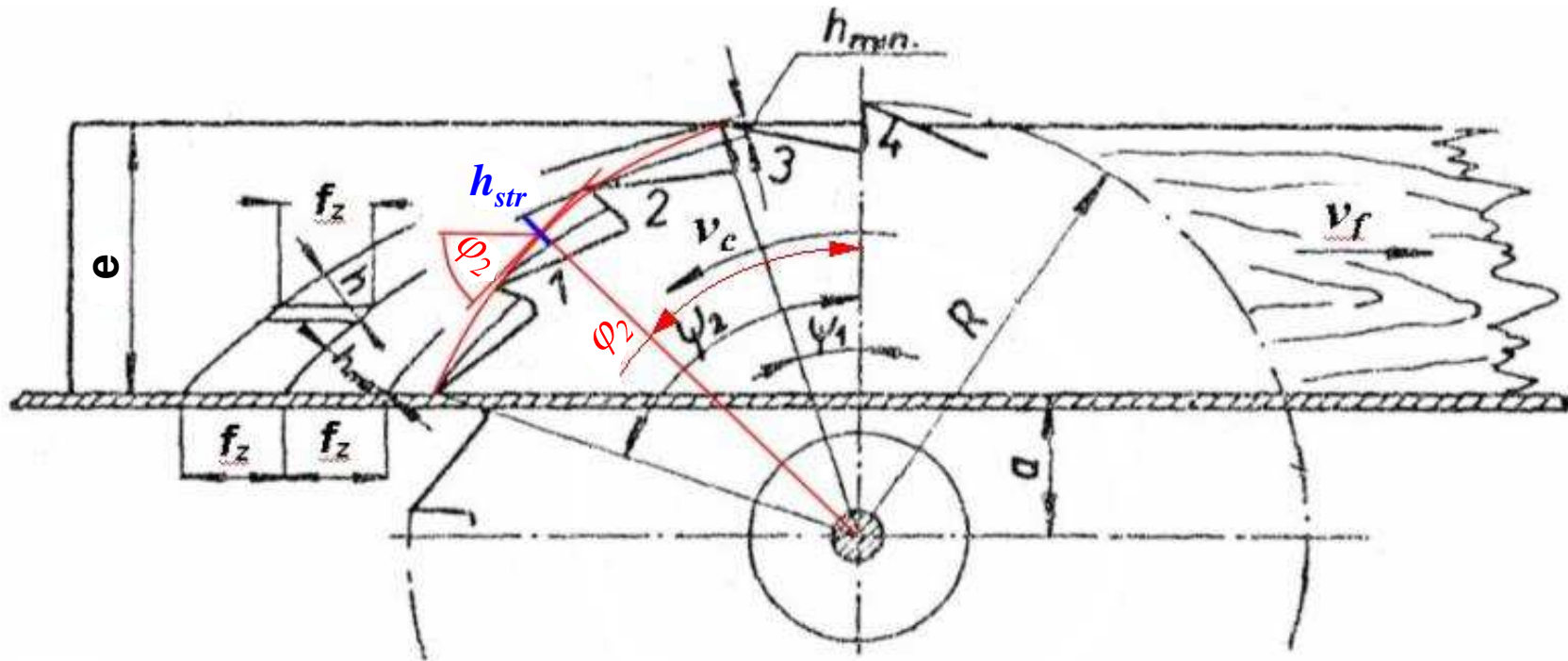
t-rozteč zubu(mm)
h_z-výška zubu(mm)
S_{zm}-plocha zubové
mezery(mm²)
γ-úhel čela
β-úhel břitu
α-úhel hřbetu
δ-úhel řezu

Materiál: přírodní dřevo – měkké, tvrdé, vlhké
Použití: příčné a podélné řezání přírodních dřev



<http://www.pilana.cz/cz/ke-stazeni-pilove-kotouce-pasy-a-listy-na-rezani-dreva>

3. Model řezání



Zuby vlčí s lomeným hřbetem:

vhodné pro měkkou dřevinu

$t_p = 30 \text{ mm}$ – rozteč zubů

$h_z = 0,7t_p \text{ mm}$ – výška zubu

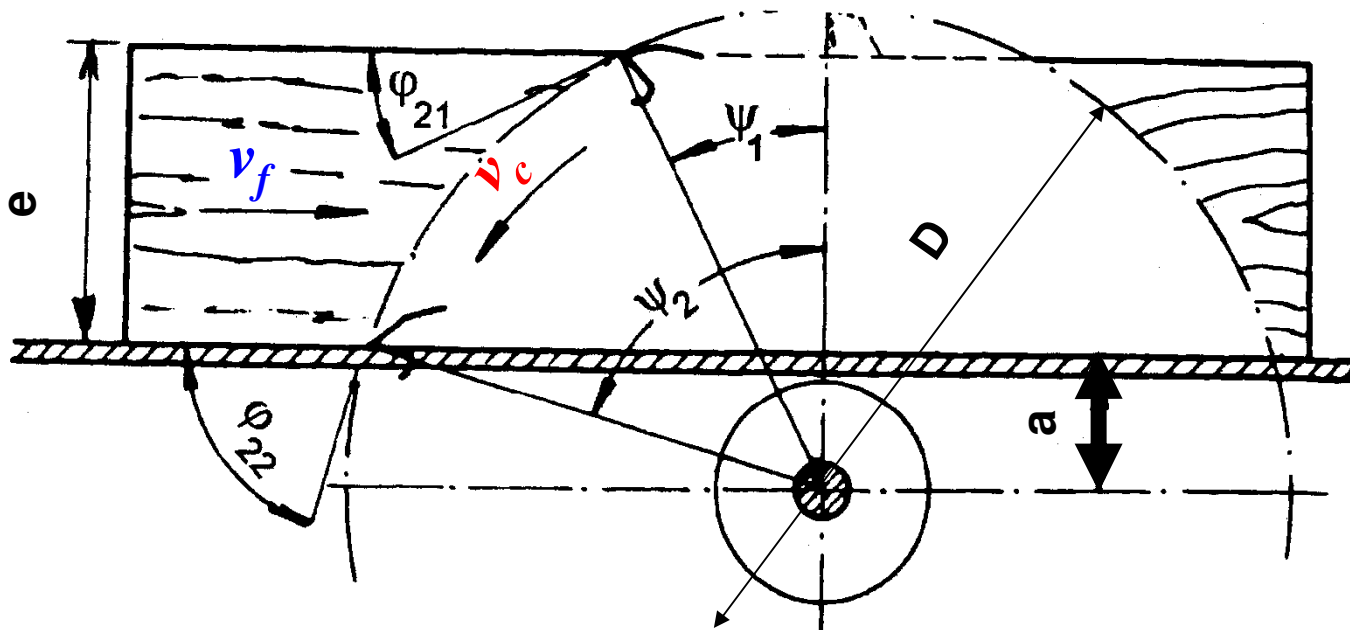
S_z – plocha zubové mezery

s_1 – tl. pilového listu ($s_1 = 2,2 \text{ mm}$)

a_1 – rozpěchování zubu ($a_1 = 0,5 \text{ mm}$)

Při řezání pilovým kotoučem vzniká tříska s nerovnoměrnou tloušťkou třísky a jedná se tedy o složité řezání.

■ Řezná rychlost

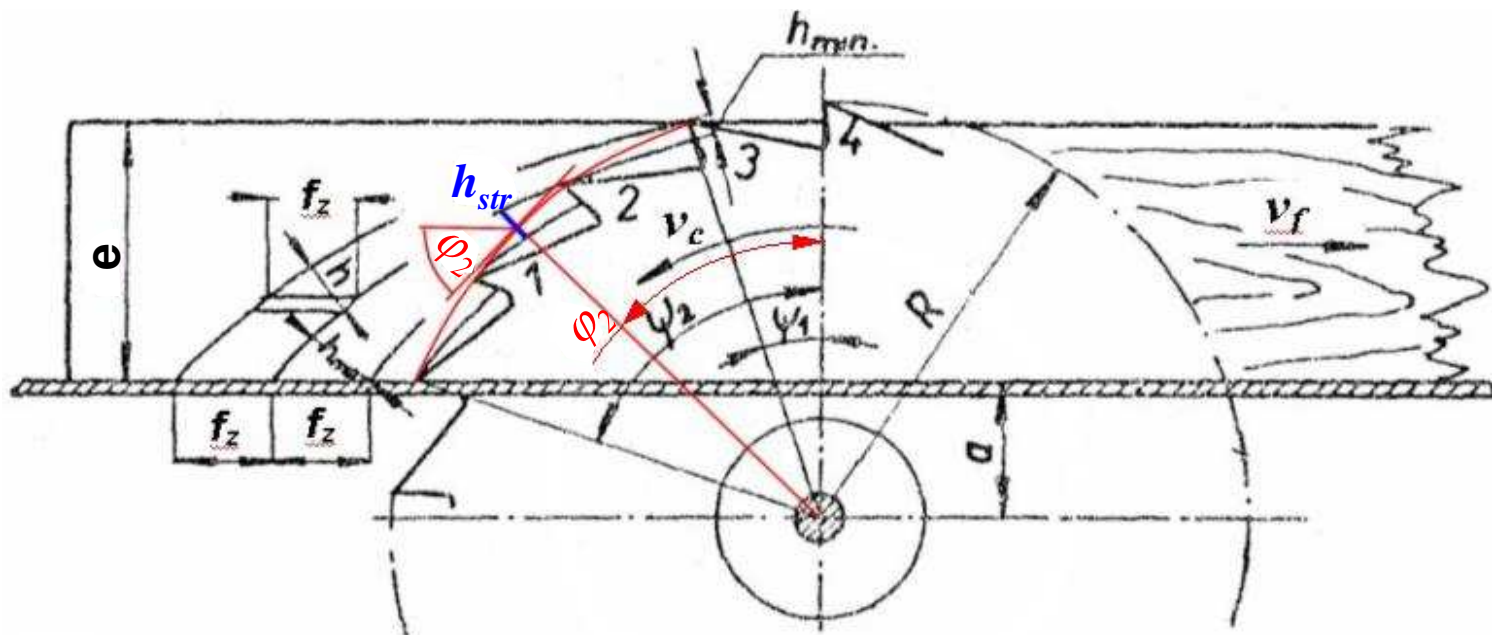


ψ_1 - vstupní úhel pilového kotouče ($^\circ$),
 ψ_2 - výstupní úhel pilového kotouče ($^\circ$),
 ϕ_{21} - úhel přerézávání vláken na vstupu zubu do obrobku ($^\circ$),
 ϕ_{22} - úhel přerézávání vláken na výstupu zubu z obrobku ($^\circ$),
 e - řezná výška (tloušťka obrobku) (m),
 a - vzdálenost obrobku od osy rotace kotouče.

Řezná rychlost:

$$v_c =$$

■ Střední úhel přerézávání vláken



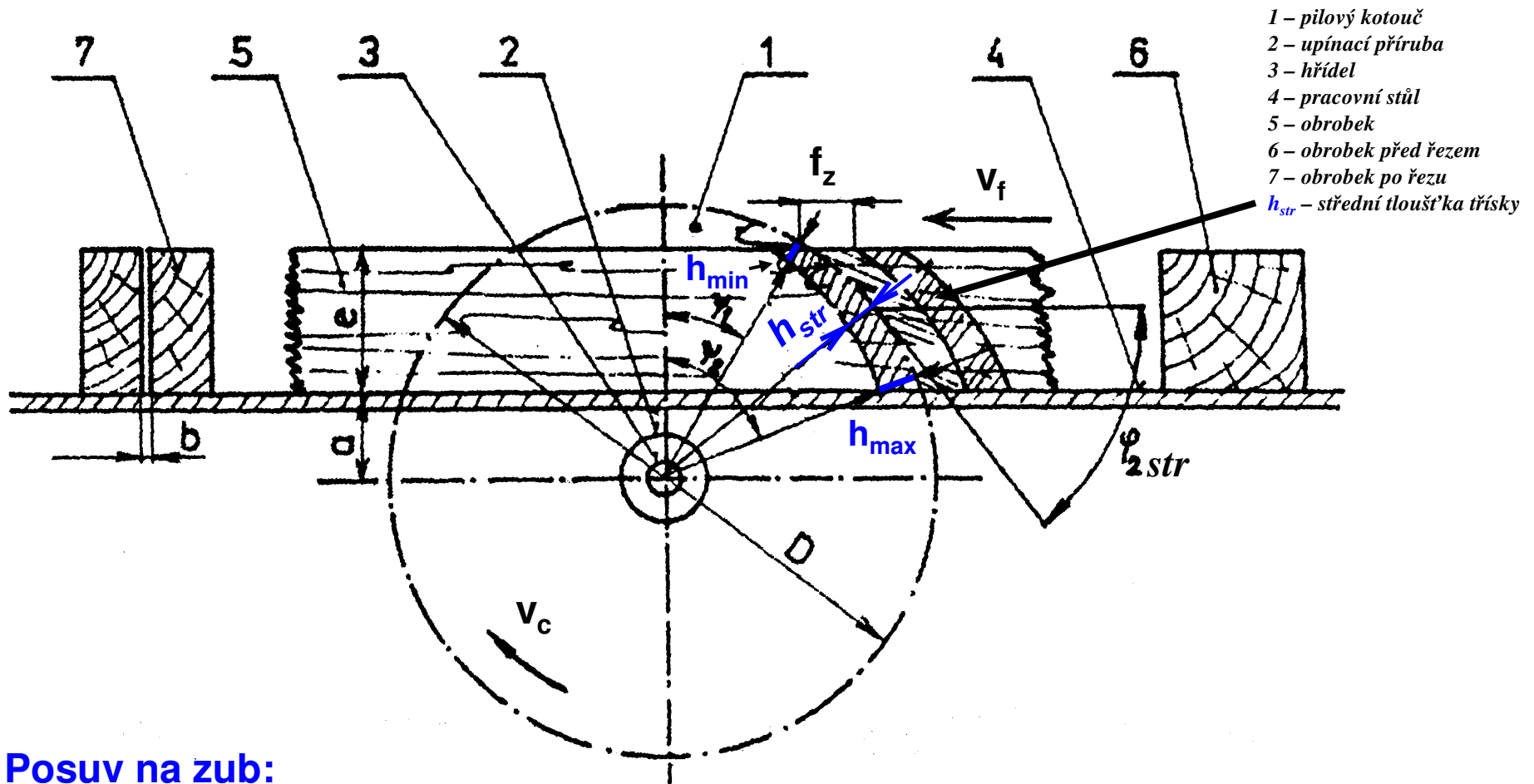
$$\psi_1 =$$

$$\psi_2 =$$

ψ_1 - vstupní úhel pilového kotouče (°),
 ψ_2 - výstupní úhel pilového kotouče (°),
 e - řezná výška (tloušťka obrobku) (m),
 a - vzdálenost obrobku od osy rotace kotouče.

$$\varphi_{2str} = \frac{\psi_1 + \psi_2}{2} =$$

■ *Posuv na zub a střední tloušťka třísky*



Posuv na zub:

$$f_z =$$

Střední tloušťka třísky:

$$h_{str} =$$

4. Výpočet řezného výkonu

Objemová metoda je založena na zjištění měrné řezné práce e_c ($J \cdot cm^{-3}$) vztažené k objemu dřeva V_s ($cm^3 \cdot s^{-1}$) přeměněného na třísky za 1s.

Velikost řezného výkonu a řezné síly se pak vypočítá podle vztahů:

$$P_c = e_c \cdot V_s \quad (W) \qquad F_c = \frac{P_c}{v_c} \quad (N)$$

v_c - řezná rychlost (m/s)

Sekundový objem dřeva přeměněného na třísky:

$$V_s = S \cdot v_f = b \cdot e \cdot v_f \quad (cm^3 \cdot s^{-1})$$

b - šířka řezné spáry (cm),

e - řezná výška (cm)

v_f - podávací rychlost (cm/s)

Měrná řezná práce e_c se vypočítá následovně:

$$e_c = e_c^1 \cdot k_d \cdot k_w \cdot k_v \cdot k_\rho \cdot k_\delta \cdot k_t \cdot k_e = e_c^1 \cdot k_{co} \quad (J \cdot cm^{-3})$$

Poznámka: Jednotlivé technologie obrábění mají rozdílnou skladbu koeficientů, viz. dále.

Celkový opravný součinitel

Celkový opravný součinitel k_{co} lze pro jednotlivé procesy řezání zjednodušeně stanovit :

- řezání rámovou pilou $k_{co} = k_d \cdot k_p$
- řezání pásovou pilou $k_{co} = k_d \cdot k_w \cdot k_p \cdot k_\delta$
- řezání kotoučovou pilou $k_{co} = k_d \cdot k_w \cdot k_p \cdot k_\delta \cdot k_v \cdot k_e$
- frézování otevřené $k_{co} = k_d \cdot k_w \cdot k_p \cdot k_\delta \cdot k_v$
- frézování v drážce $k_{co} = k_d \cdot k_w \cdot k_p \cdot k_\delta \cdot k_v \cdot k_e$

Opravné součinitele

- k_d - opravný součinitel vlivu dřeviny - tab. 4
- k_w - opravný součinitel vlivu vlhkosti - tab. 5
- k_t - opravný součinitel teploty - tab. 6 - 7
- k_v - opravný součinitel vlivu řezné rychlosti - tab. 8
- k_p - opravný součinitel vlivu otupení ostří - tab. 9
- μ - ukazatel intenzity změny K v závislosti na modelu řezání a úhlu φ_2 - tab. 10
- k_h - opravný součinitel vlivu tloušťky třísky - tab. 11
- k_δ - opravný součinitel vlivu řezného úhlu - tab. 13
modelu řezání a úhlu φ_2
- k_e - opravný součinitel vlivu řezné výšky - tab. 15
- k_{co} - celkový opravný součinitel.

Poznámka: Tabelované hodnoty viz. „Holopírek, 2000: Teorie řezných odporů při obrábění dřeva“.

Základní měrná řezná práce- kotoučová pila

Jednotková měrná řezná síla F_c^1 a jednotková měrná řezná práce e_c^1 při podélném řezání kotoučovou pilou (borovice, $w = 10$ až 15% , $\varphi_2 = 60^\circ$, $v_c = 40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $D = 600 \text{ mm}$, ostré zuby)

$h_{\text{str}} [\text{mm}]$	$F_c^1 [\text{Nmm}^{-1}]$	$e_c^1 [\text{Jcm}^{-3}]$	$h_{\text{str}} [\text{mm}]$	$F_c^1 [\text{Nmm}^{-1}]$	$e_c^1 [\text{Jcm}^{-3}]$
0,10	9,5	95,0	0,50	23,8	47,5
0,15	12,0	80,0	0,60	26,4	44,0
0,20	14,2	71,0	0,80	31,2	39,0
0,25	16,0	64,0	1,00	36,0	36,0
0,30	18,0	60,0	1,20	40,8	34,0
0,35	19,3	55,0	1,40	44,8	32,0
0,40	21,0	52,5	1,60	48,8	30,5
0,45	22,5	50,0	2,00	56,0	28,0

Opravné koeficienty a měrná řezná práce

$\varphi_2 =$ ° $h_{str} =$ mm SM $v =$ ms ⁻¹ $w = 30$ % $T = 2$ h $b =$ mm $e = 80$ mm $\delta =$	Celkový opravný koeficient pro kotoučovou pilu $k_{co} = k_d \cdot k_w \cdot k_\rho \cdot k_v \cdot k_\delta \cdot k_e =$	$A_{r1} =$ Jcm ⁻³ $k_d =$ (4) $k_w =$ (5) $k_\rho =$ (9) $k_v =$ (8) $k_\delta =$ (13) $k_e =$ (17) $k_{co} =$
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$k_d =$

$k_{co} =$

$k_w =$

$k_\rho =$

$k_v =$

$k_\delta =$

$k_e =$

Měrná řezná práce e_c :

$e_c =$

Úhel řezu: $\delta = \alpha + \beta =$

Řezná síla a řezný výkon

Řezný výkon:

$$P_c =$$

Řezná síla F_c :

$$F_c =$$

5. Posuv při max. řezném výkonu pily

$$P_{c_{\max}} = 12 \text{ kW}$$

$$e_c =$$

$$b = 0,4 \text{ cm}$$

$$e = 8 \text{ cm}$$

Maximální rychlost posuvu:

$$v_f \text{ max} =$$

Max. posuv na zub:

$$f_z \text{ max} =$$

$$h_{str} =$$

Potřebný výkon pro $v_f =$ je kW

Základní měrná řezná práce roste takže je třeba ještě snížit posuv min na .

$$v_{fnew} =$$

$$f_{zmax} =$$

$$e_c^1 >$$

Děkuji za pozornost