

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav dřevařských technologií



PÉČE O PILOVÉ KOTOUČE

Předmět: Komplexní péče o výrobní techniku

doc. Ing. Zdeněk Kopecký, CSc.

BRNO

2. 7. 2018

Obsah přednášky

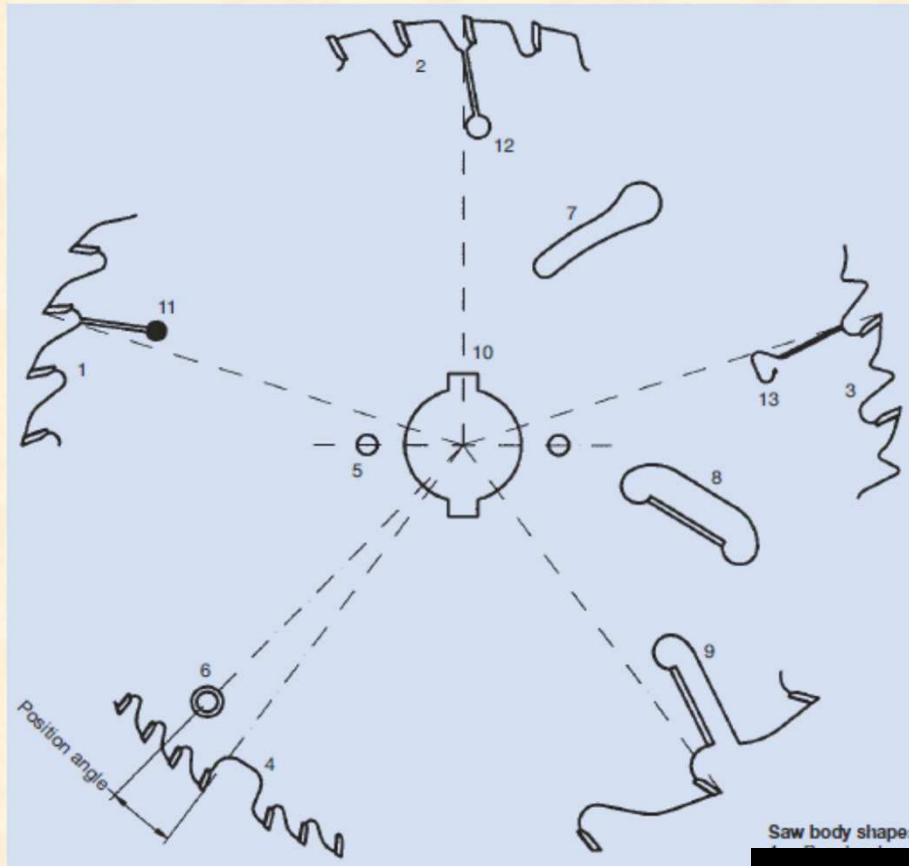
Úvod

- 1. Kmitání pilových kotoučů**
- 2. Péče o PK**
- 3. Kvalita řezné spáry**

Charakteristika nástroje

- ✓ Pilové kotouče jsou nástroje s ozubením na obvodě.
- ✓ Používají se na příčné a podélné dělení masivního dřeva a veškerých materiálů na bázi dřeva.
- ✓ Vzájemně se odlišují průměrem, tvarem a materiálem zubů, materiálem disku a konstrukčními úpravami v řezné části a na ploše disku. Obvykle jsou vypalovány z ocelového plechu na laserových centrech.

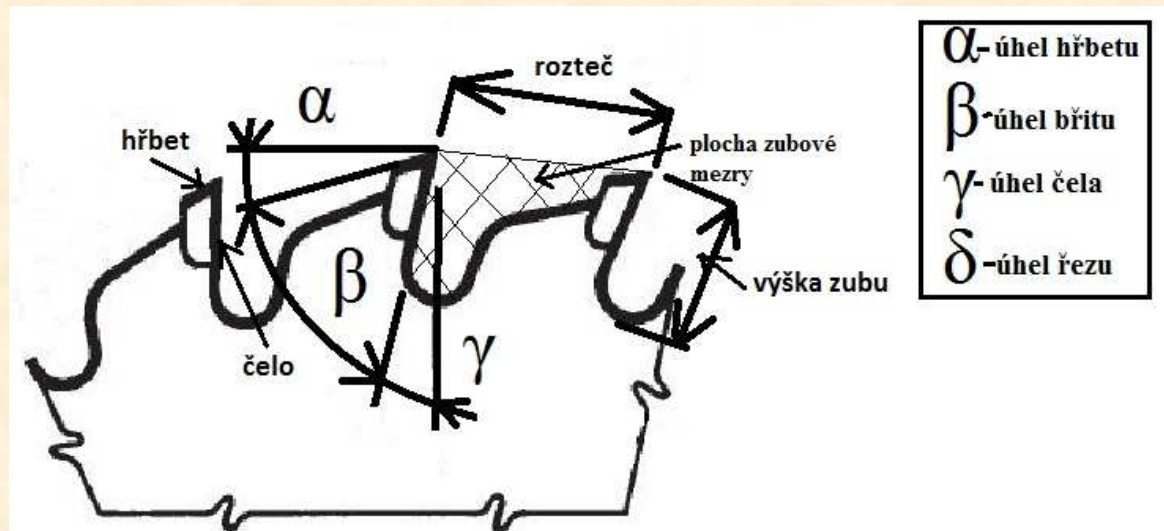
Popis částí pilového kotouče



- 1 - vlčí ozubení se zaobleným hřbetem,
- 2 - vlčí ozubení se zalomeným hřbetem,
- 3 – zuby s omezovačem třísky,
- 4 – skupinové ozubení – např. PK typu HANIBAL pro podélné řezání nativního dřeva větších dimenzí,
- 5,6 – vyvažovací a stabilizační otvory,
- 7 – otvor pro chlazení,
- 8 – čistící a stabilizační otvor s plátkem ze SK (slnutých karbidů),
- 9 – čistící a stabilizační drážka s plátkem ze SK,
- 10 – upínací otvor s drážkami na pera,
- 11 – dilatační drážka s měděným nýtem,
- 12 – dilatační drážka s otvorem,
- 13 – dilatační drážka s protihlukovou úpravou

http://www.leitz.org/?cat_id=447

Průměr pilového kotouče



$$D_{min} = 2(h + a + p)$$

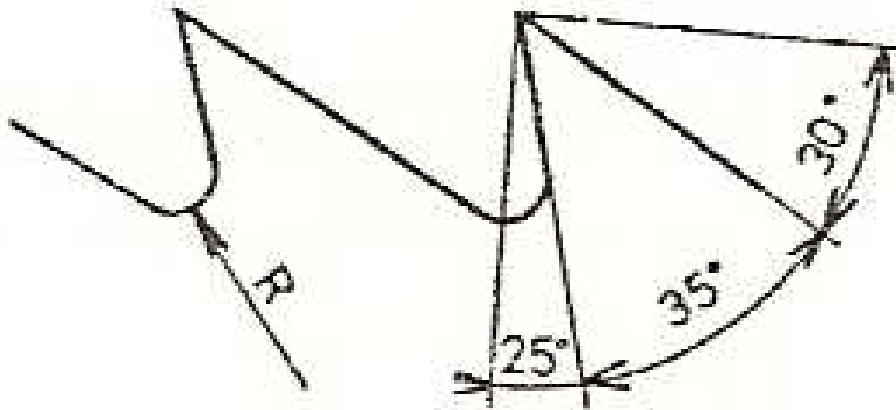
Kde: h - je řezná výška [mm]
 a - je vzdálenost stolu od osy hřídele [mm]
 p - je minimální přesah kotouče nad obrobkem [mm]

D volíme co nejmenší z důvodu:

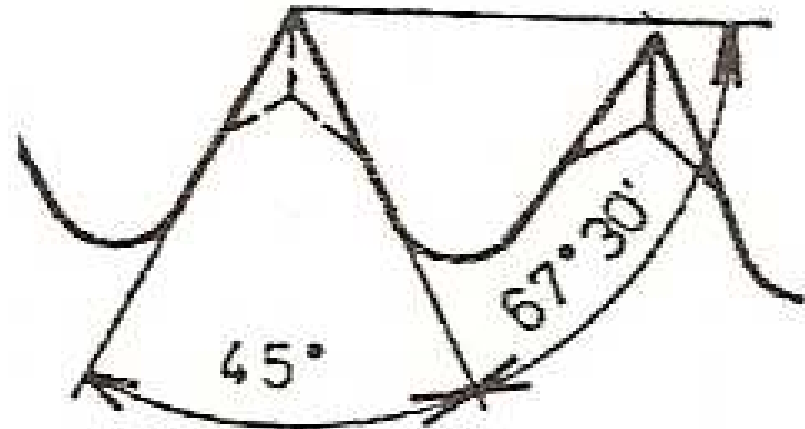
- zmenší se úhel přezávání vláken $\varphi_{stř}$, břit odebrá třísku více ve směru rovnoběžném s dřevními vlákny (při podélném řezání), z čehož plyne, že se sníží výkon potřebný k řezání,
- zmenší se tloušťka odebírané třísky, takže selepší jakost řezné spáry,
- kotouče menšího průměru z hlediska jejich geometrie mohou být tenčí, pak se i zmenší šířka řezné spáry a potřebný výkon,
- kotouče s menším průměrem jsou stabilnější,
- čím menší je průměr kotouče, tím vyšší jsou dynamické rezonanční kmitočty a kritické otáčky kotouče,
- kotouče menšího průměru se snadněji ostří.

Typické tvary zubů

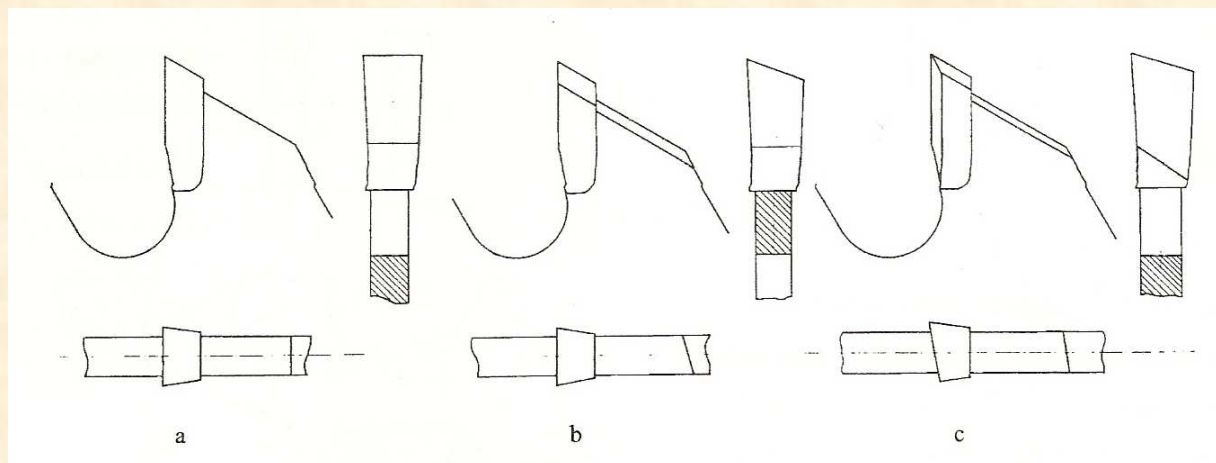
nesymetrické zuby trojúhelníkové (pro podélné řezání)



symetrické trojúhelníkové zuby (pro příčné řezání)

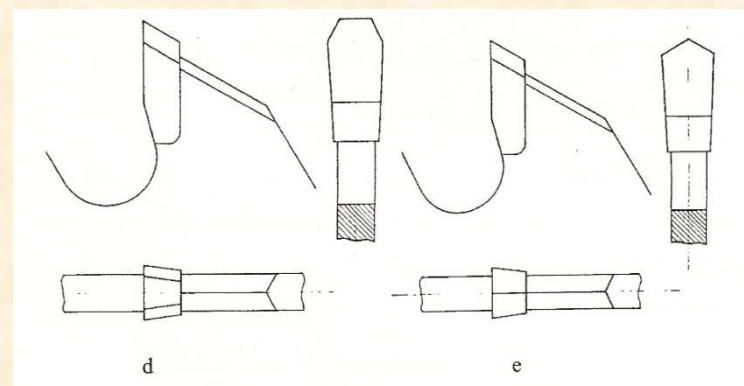


Tvary zubů ze slinutých karbidů



a – přímý, b,c – střídavý, d – trapézový, e – střechovitý

Tvary zubů jsou velmi rozličné a často závislé na konkrétním použití pilového kotouče. Jako nejčastější tvar zubu pilového kotouče můžeme označit přímý (a) nebo střídavý (b, c). Používají se pro podélné řezání měkkého i tvrdého dřeva, dřevotřískových a dřevovláknitých desek, překližek a plastických hmot. Další varianty zubů jsou trapézový a střechovitý (obr. d,e), které se používají zejména na laminované dřevotřískové desky. Existují i další varianty a různé kombinace tvarů zubů.



1. Kmitání pilových kotoučů

Provozní problémy způsobené kmitáním PK

- ztráta stability a podřezávání,
- nadměrné zahřívání disku kotouče,
- vysoká hlučnost,
- snížená trvanlivost ostří zubů kotouče,
- špatná kvalita řezné spáry.

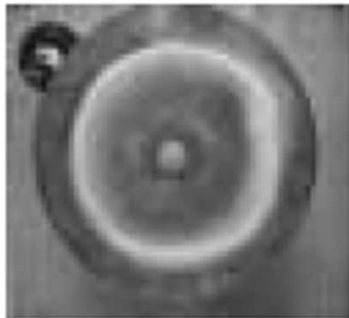
Příčiny:

- nerovnoměrná tloušťka – prohnutí (vydutí) disku kotouče,
- nevhodně provedené konstrukční úpravy, (válcování, dilatační a odhlučňovací drážky),
- nesprávná velikost přírub a uložení vřetena,
- nadměrné vibrace pohonu a rámu pily.

1.1 Experimentální zjišťování kmitů stojícího kotouče

Každá frekvence kmitání pilového kotouče odpovídá specifickým vibracím, jejíž obrazec vytváří charakteristický tvar (tzv. Chladného obrazec). Obrazce vibrujících kotoučů, zjišťované experimentálně jsou kombinací kruhového a uzlového průměru.

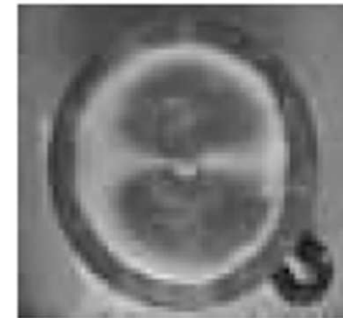
**Charakteristické tvary vibrujících pilových kotoučů
(Sébastien Berger, Congrès Français de Mécanique 2001)**



Mode (1,0)

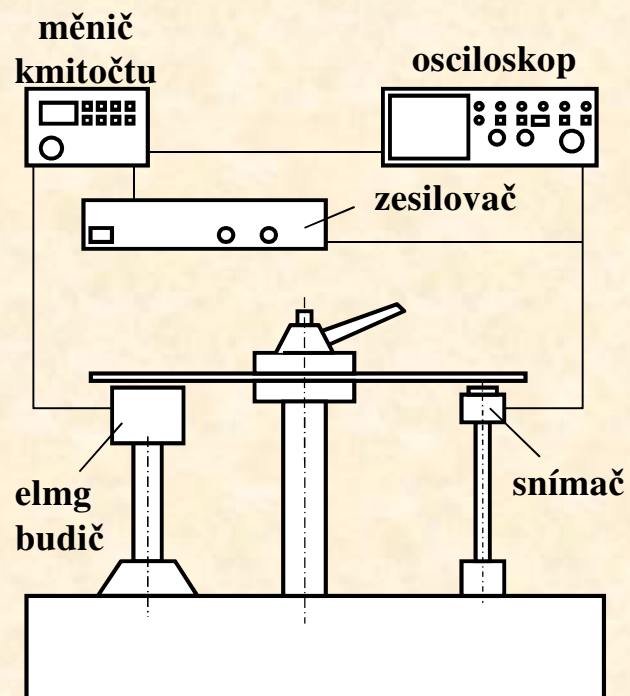


Mode (0,3)

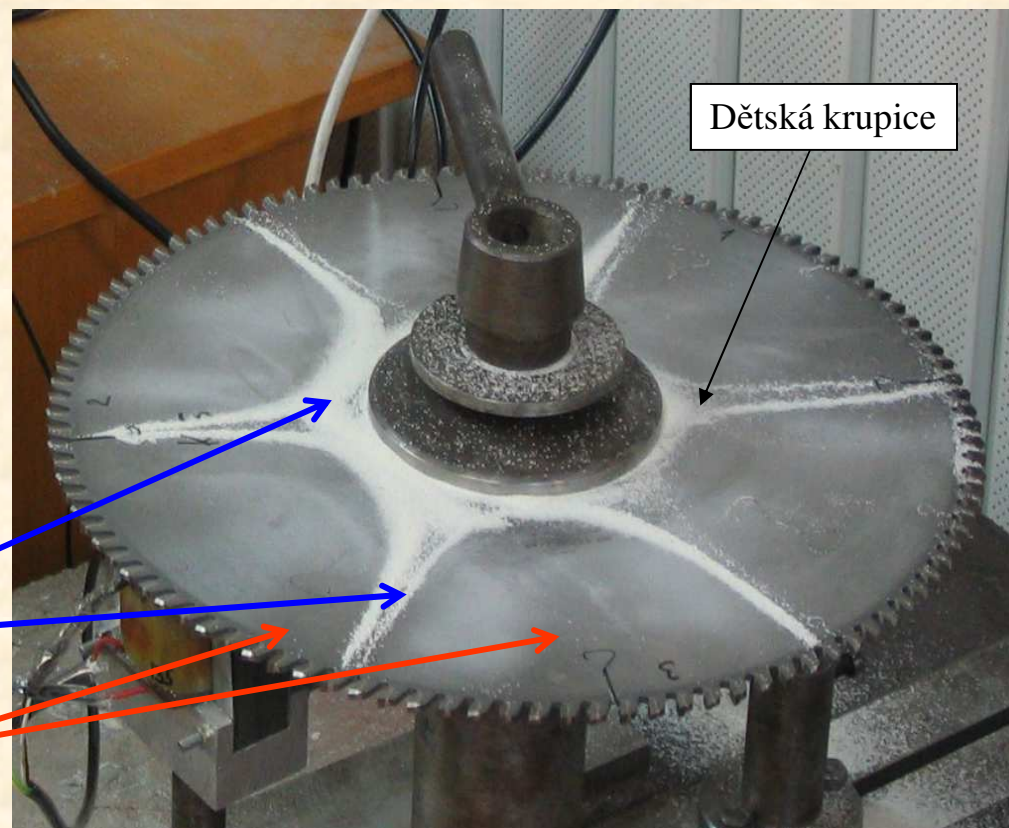


Mode (1,1)

Měření frekvence vlastních kmitů kotouče



Chladného obrazec pro $k=3$



Místa klidu

Místa vibrací

Na disku kotouče se vyskytnou postupné vlny pohybující se proti sobě po obvodu – jejich frekvence je dána vztahem:

$$f_{vl} = \frac{\omega_{vl}}{2\pi} = \frac{f_{st}}{k}$$

1.2 Kmitání rotujícího kotouče

U rotujícího kotouče se frekvence otáčení kotouče f_n přičítá k vlastní frekvenci vlny f_d postupující vpřed f_v (která se šíří ve směru otáčení PK) a odečítá od frekvence vlny postupující vzad f_z (která se šíří proti směru otáčení PK).

kde ... f_d se nazývá dynamickou frekvencí postupujících vln při rotaci kotouče měřená pro určitý uzlový průměr k



frekvence otáčení vlny vpřed

$$f_v = f_d + k \cdot f_n$$



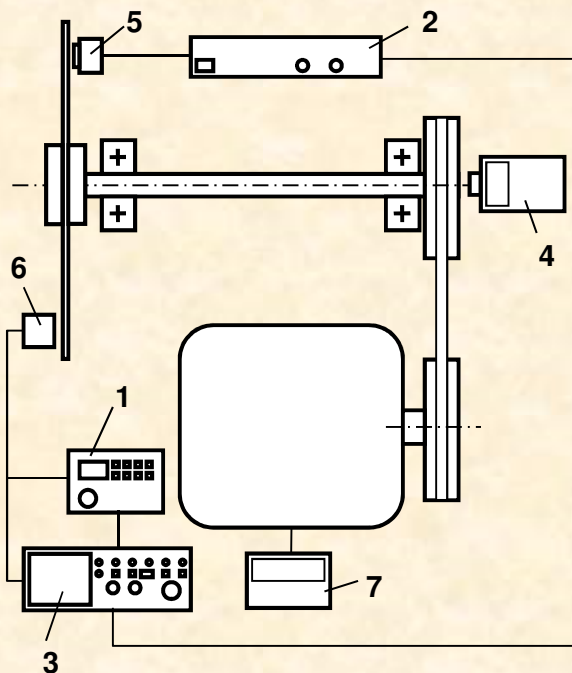
frekvence otáčení vlny vzad

$$f_z = f_d - k \cdot f_n$$

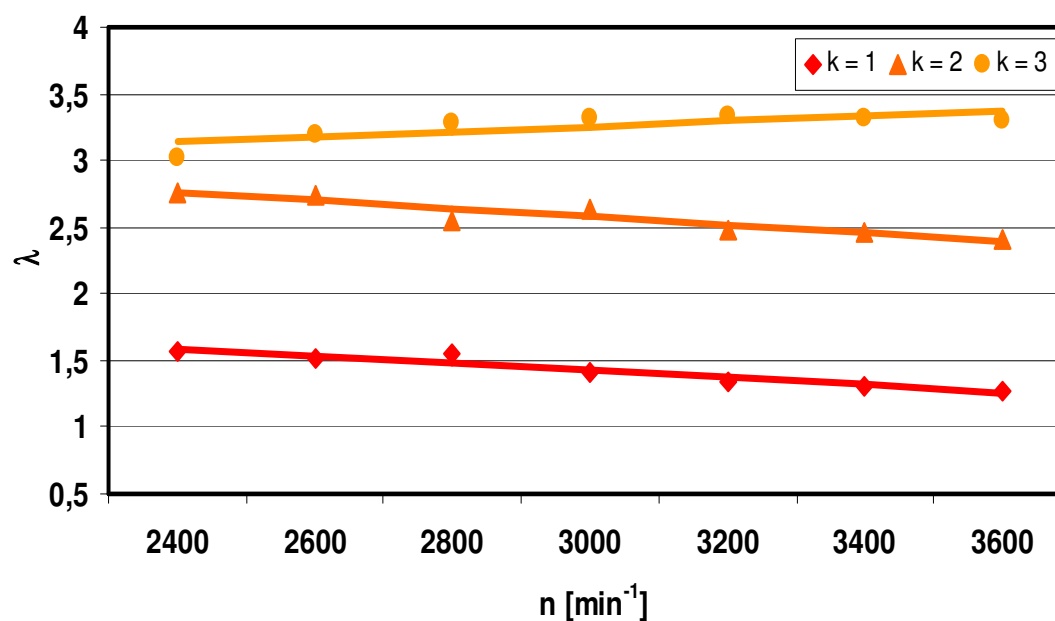
Experimentální určování součinitele odstředivé síly

Součinitel odstředivé síly λ je vypočítán ze vztahu

$$\lambda = \frac{(f_d^2 - f_{st}^2)}{f_n^2}$$



- 1 – měnič kmitočtu
- 2 – zesilovač
- 3 – osciloskop
- 4 – bezkontaktní otáčkoměr
- 5 – elektromagnetický budič
- 6 – indukční snímač kmitů
- 7 – frekvenční měnič

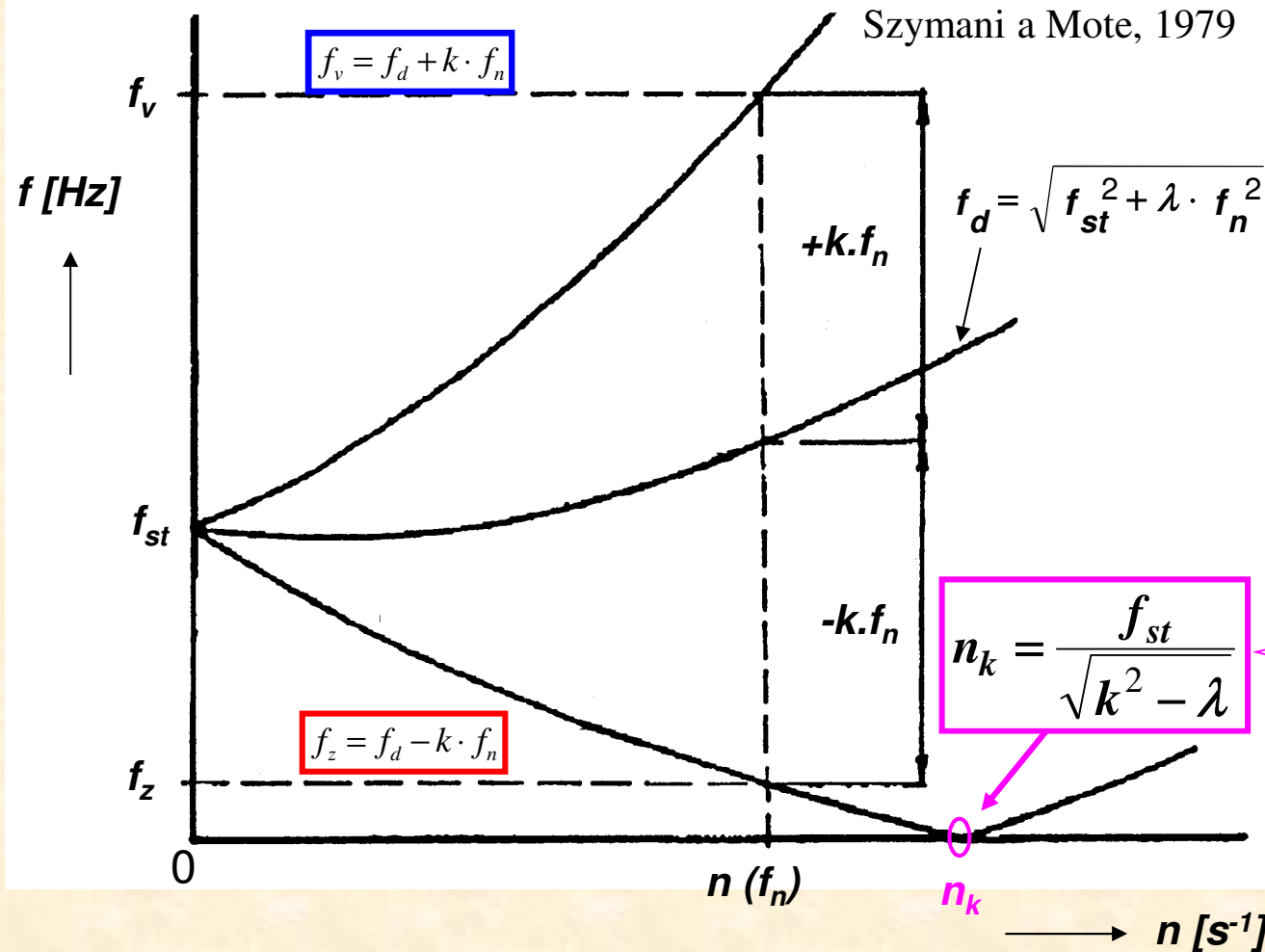


Hodnota součinitele λ je nezávislá na otáčkách. Pro praktické potřeby se určuje střední hodnota pro jednotlivé uzlové průměry.

Rezonanční a kritické otáčky

Kritické otáčky n_k jsou dosaženy v okamžiku, kdy frekvence otáčení pilového kotouče f_n pro daný uzlový průměr k se vyrovná s frekvencí dozadu postupující vlny f_z . Vlnění je potom v prostoru stojaté a jeho zdánlivá frekvence je rovna nule $f_z = 0$. Toto je rezonanční podmínka, kdy rozsáhlé příčné kmitání může být vybuzené velmi malou boční silou a kotouč se stane nestabilním – hrozí jeho zborcení.

Diagram frekvence kmitání - otáčení



jestliže

$$k \cdot f_n \rightarrow f_d$$

nastává rezonance

$$f_z = 0$$

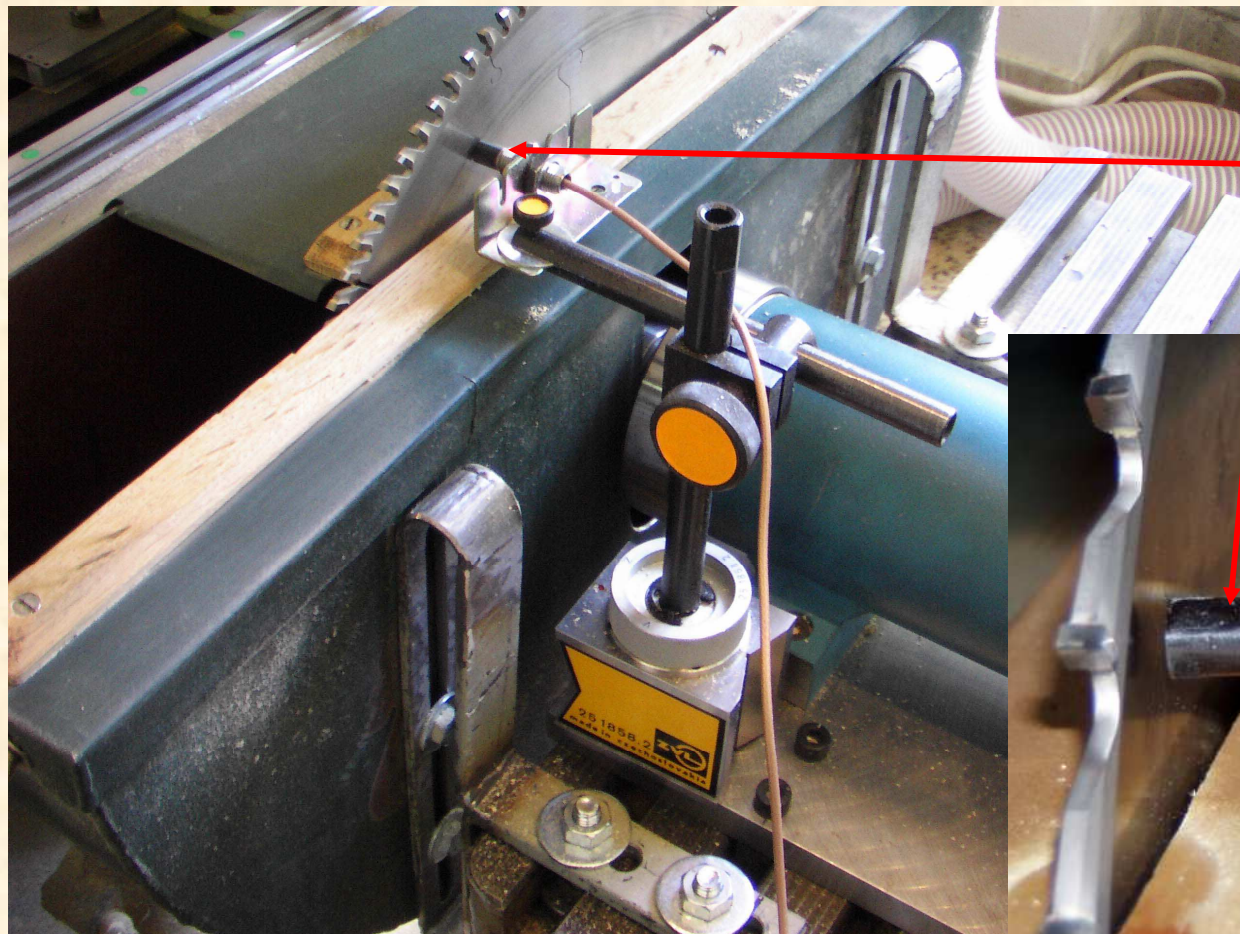
*odtud kritická
frekvence rotace
kotouče*

$$f_n = \frac{f_d}{k} = \frac{\sqrt{f_{st}^2 + \lambda \cdot f_n^2}}{k}$$

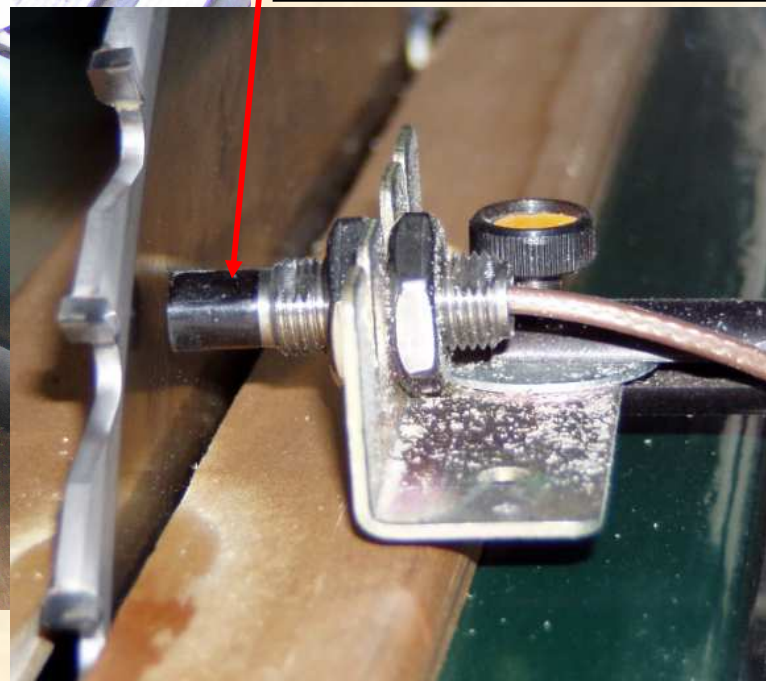
po úpravě

$$n_r = \frac{f_{st}}{\sqrt{(k + Z)^2 - \lambda}}$$

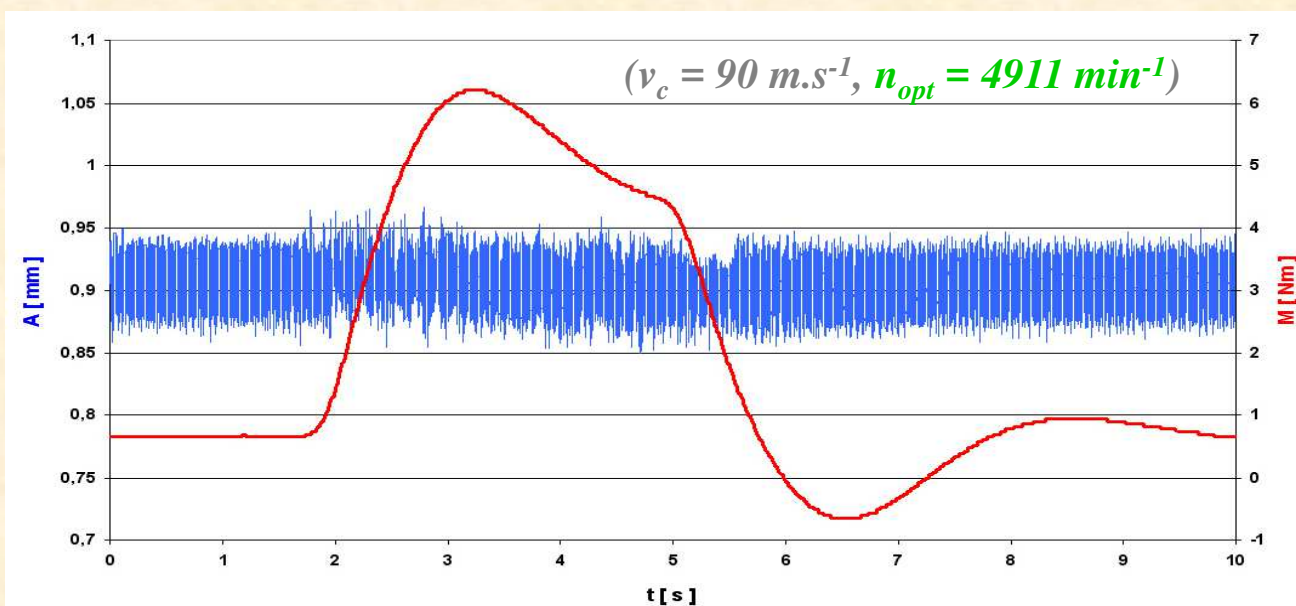
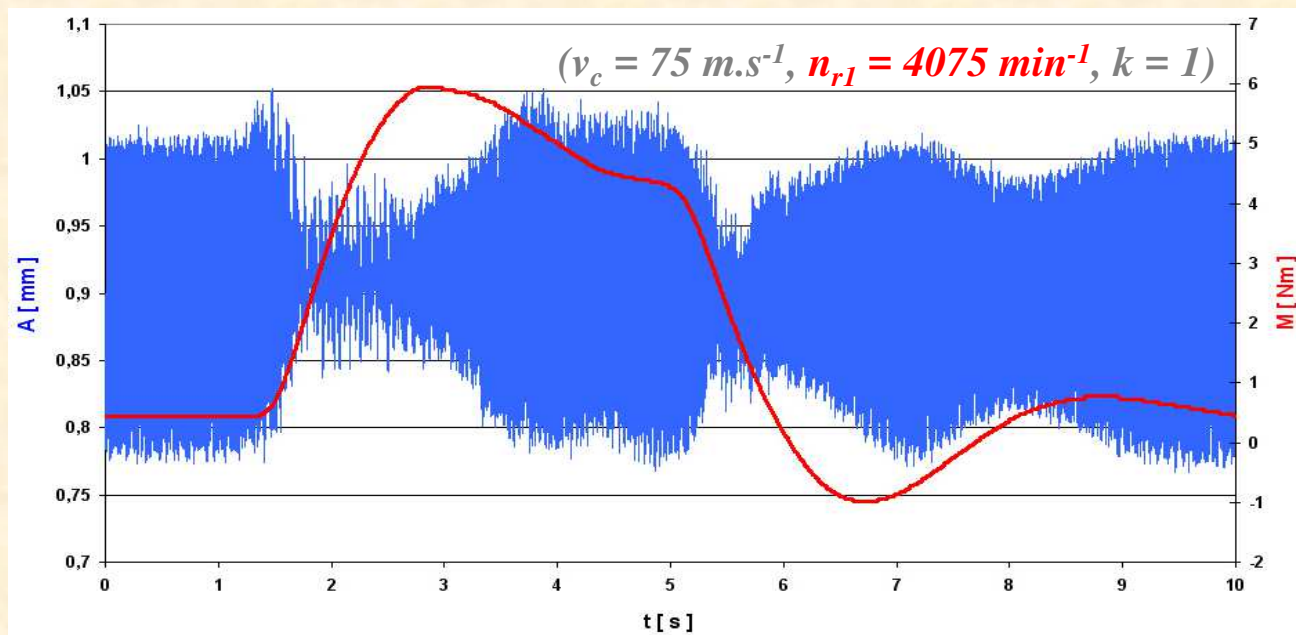
Přímé měření vibrací kotouče



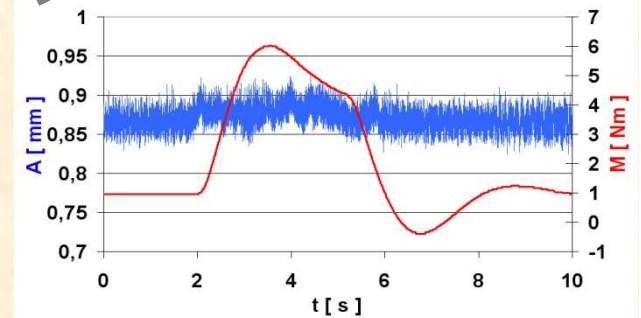
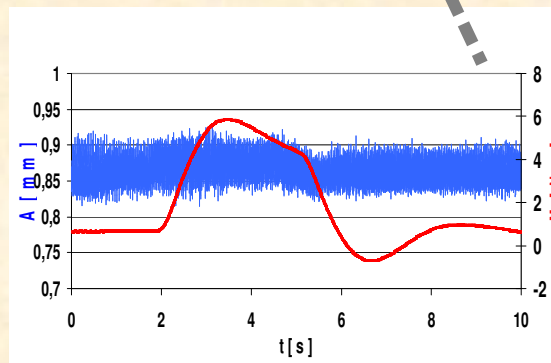
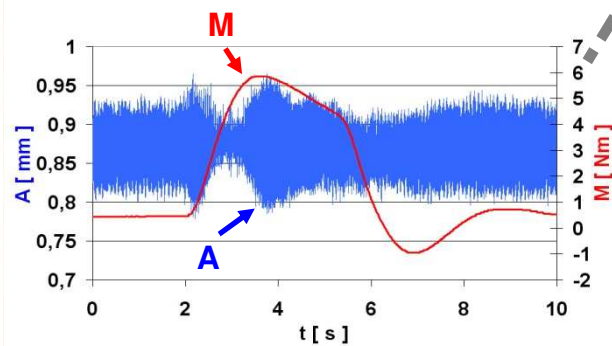
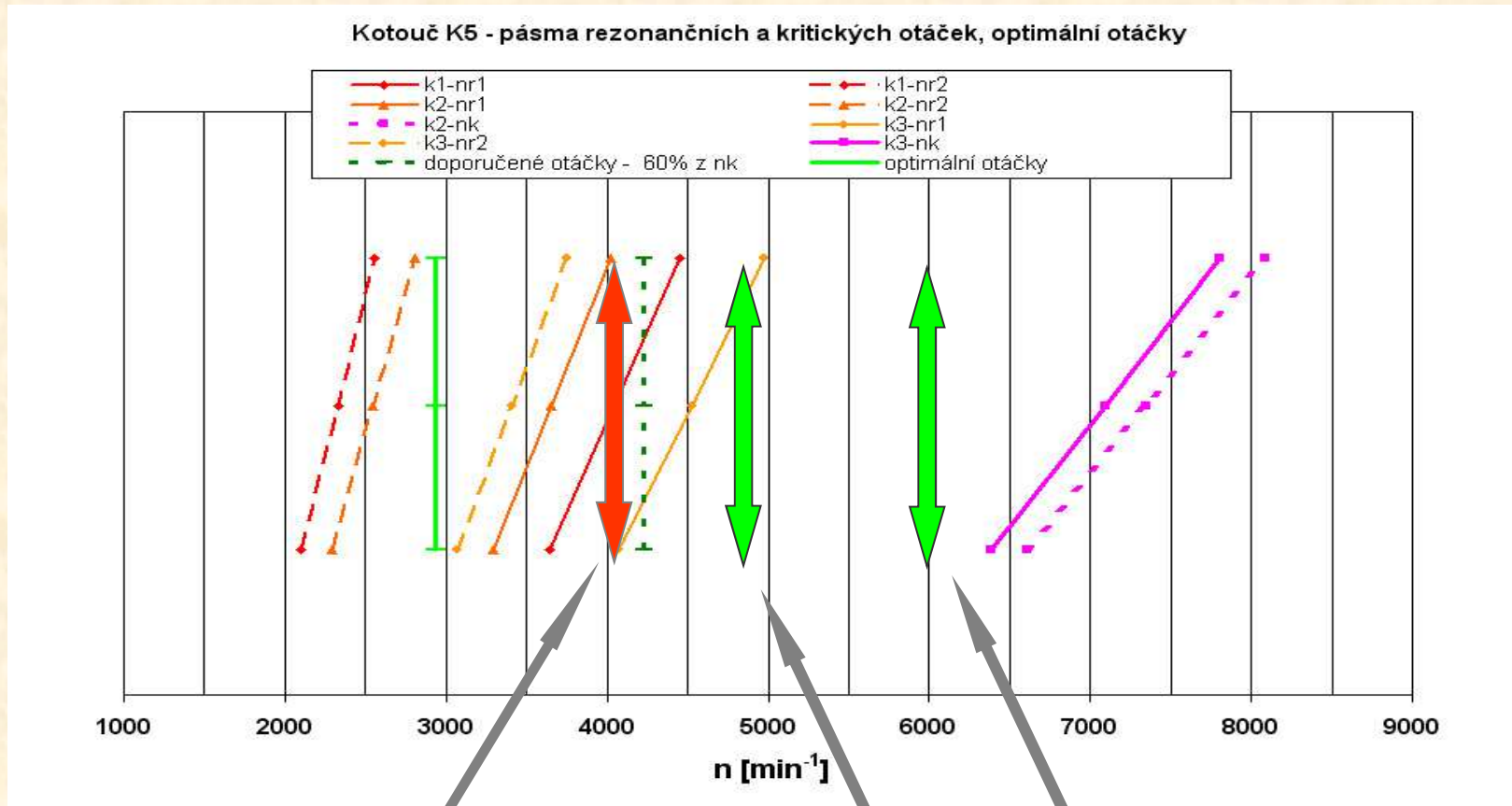
Snímač vibrací
EPRO PR 6423
pracující na principu
vířivých proudů



Záznam kmitání kotouče



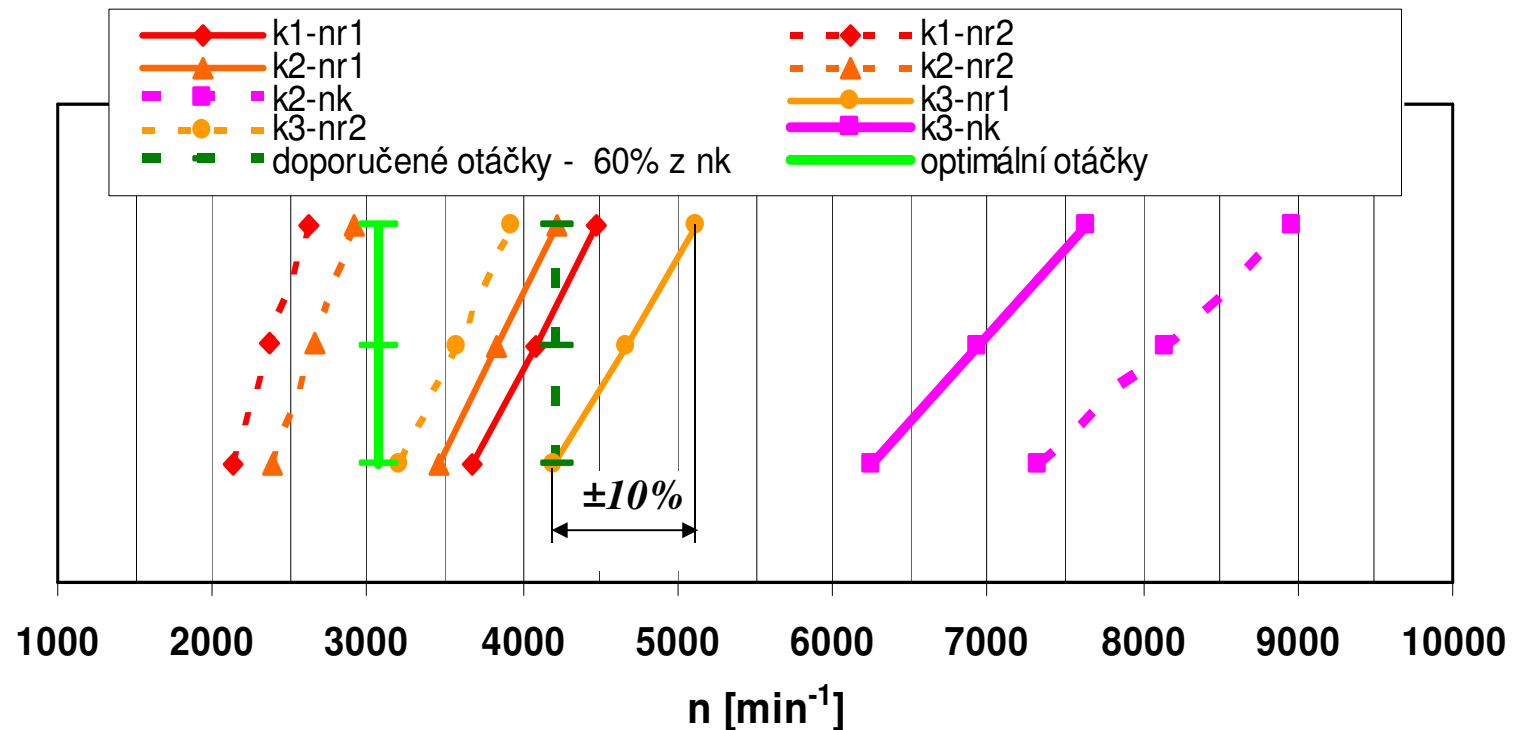
Možné provozní oblasti otáček z hlediska vibrací



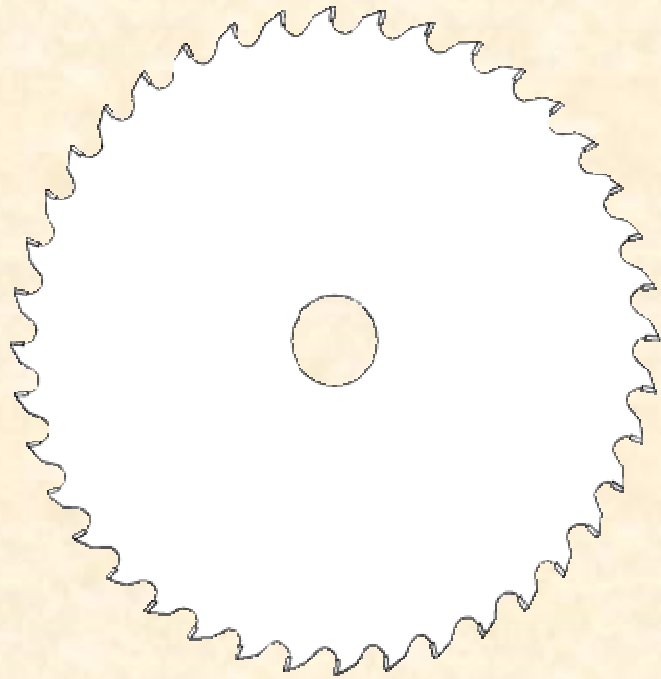
Otáčkové diagramy



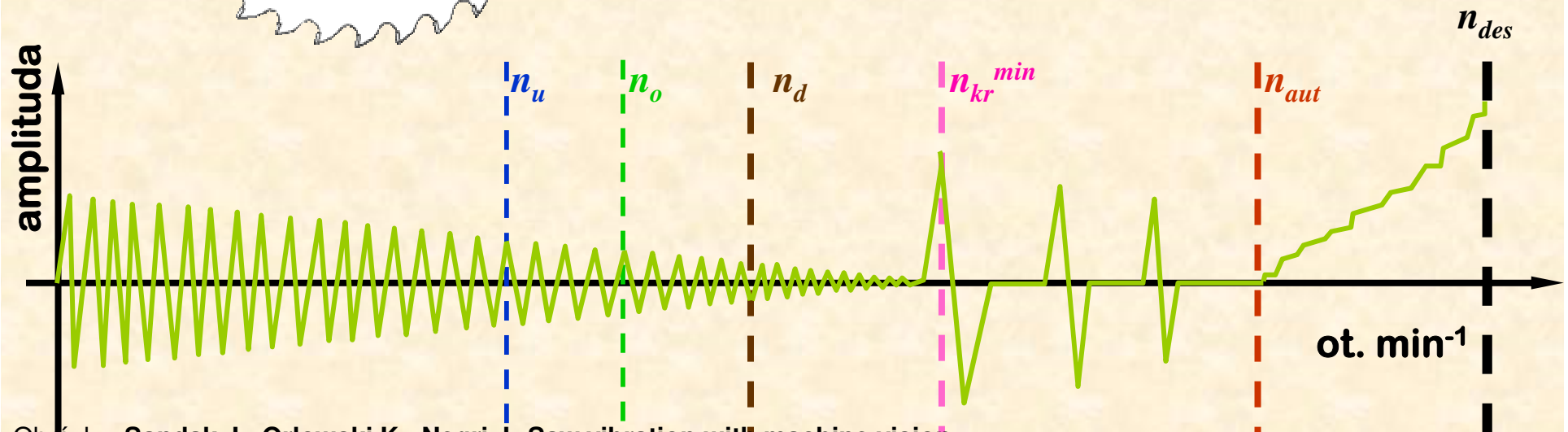
Pro testovaný kotouč je možné zkonstruovat otáčkový diagram, který znázorňuje oblasti rezonančních a kritických otáček s pásmem možného výskytu $\pm 10\%$.



Frekvenční animace



- univerzální, n_u
- optimální, n_o
- dovolené, n_d , $v_c = 100 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- spodní kritické, $n_{kr, \min}$
- horní kritické (samobuzené), n_{aut}
- destruktivní, n_{des}



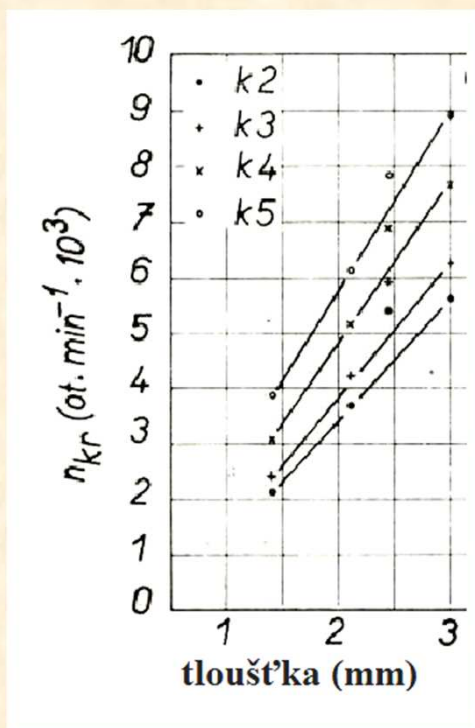
Obrázky: Sandak,J.; Orłowski,K.; Negri,J.:Saw vibration with machine vision

1.3 Konstrukční a provozní vlivy na kritické otáčky

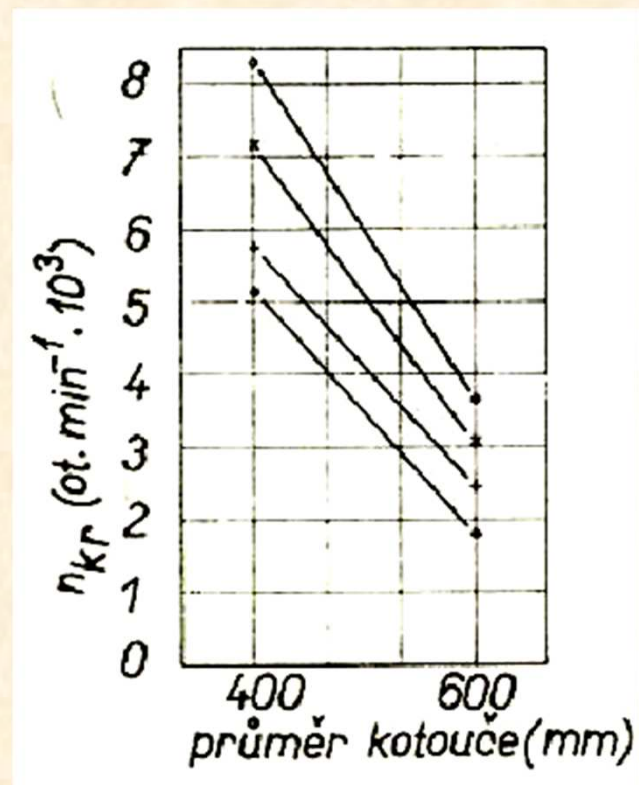
- tloušťka disku kotouče,
- průměr kotouče,
- průměr upínacích přírub,
- vnitřní pnutí v disku kotouče,
- dilatační drážky a nýty,
- otvory v disku kotouče.

Vliv průměru kotouče a jeho tloušťky na kritické otáčky (podle PROKEŠ 1982)

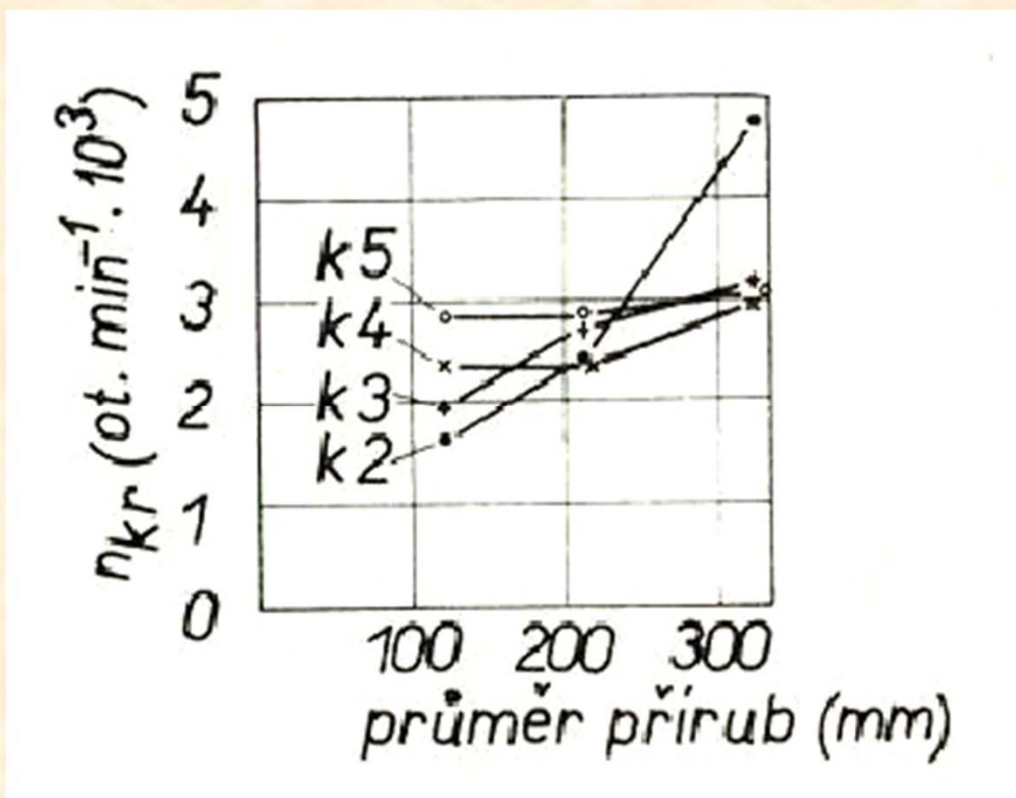
S klesající tloušťkou PK
se snižují kritické otáčky
(*k2* až *k5* uzlové
průměry)



Kritické otáčky podstatně klesají
s rostoucím průměrem kotouče *D*



Vliv průměru upínací příruby na kritické otáčky



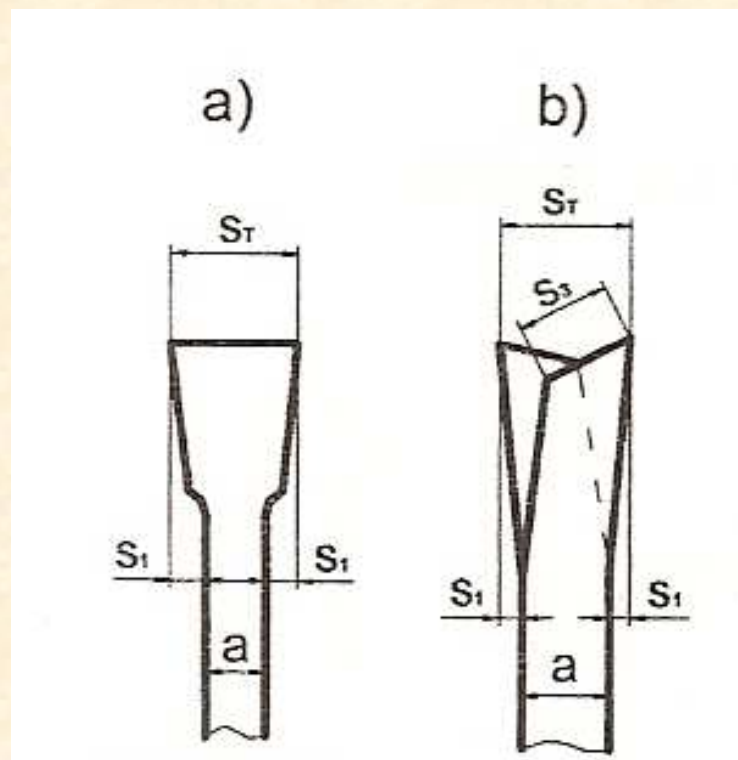
Obecně platí, že čím větší je upínací plocha, tím klidnější a stabilnější jsou pak pilové kotouče. Průměr příruby je však omezen maximální výškou prořezu. Musí být tedy proveden kompromis.

V praxi je obvykle průměr příruby d_u volen podle vztahu:

$$d_u = (0,25 - 0,3) D$$

2. Péče o PK

Úpravy zubů



a – pěchovaný, b – rozváděný



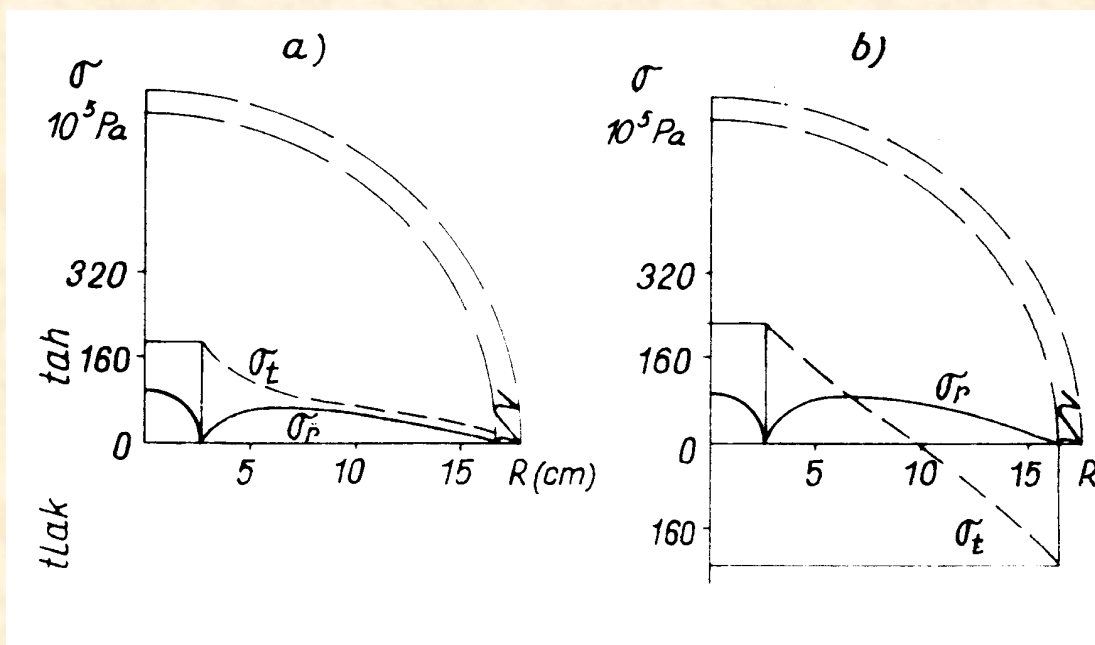
Šraňkovačka pro pilové kotouče



<http://www.grandic.cz/>

Průběh vnitřních napětí v disku kotouče

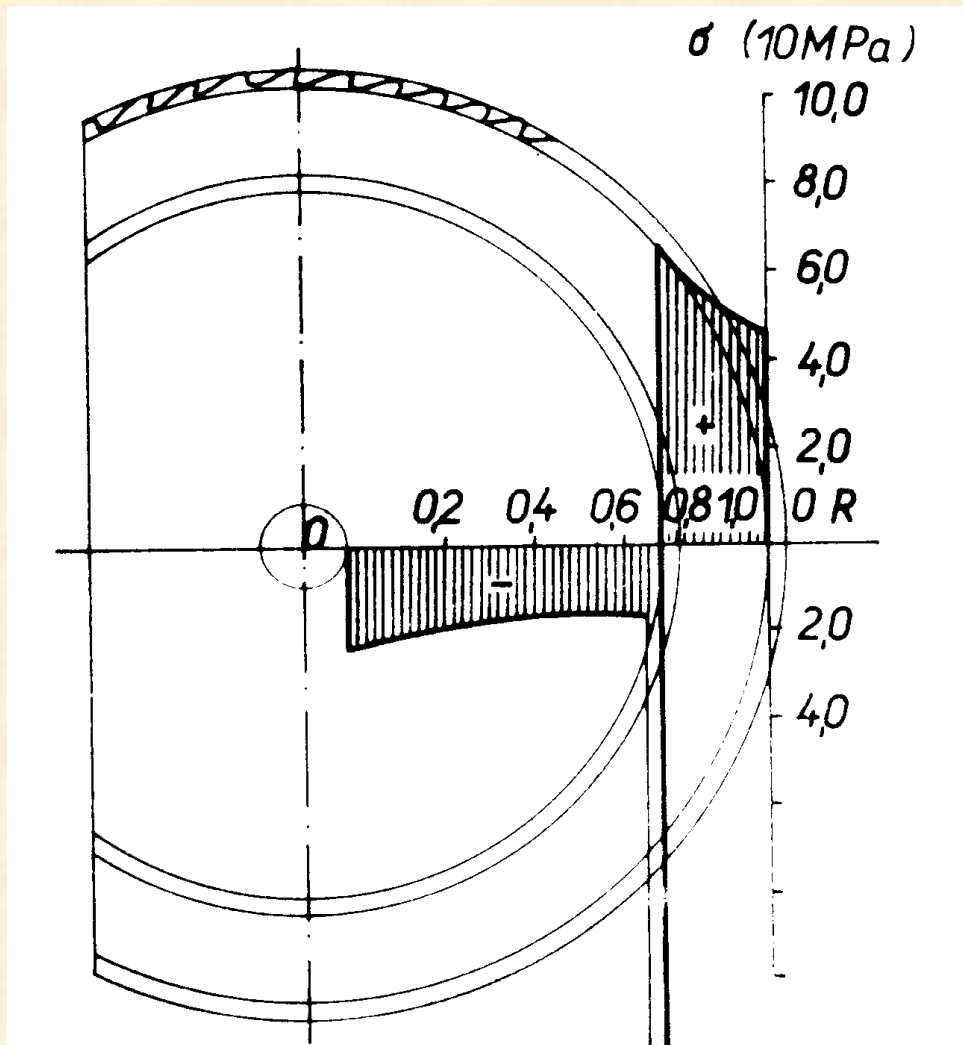
V pilovém kotouči vznikají vlivem odstředivých sil a teploty tangenciální σ_t a radiální σ_R napětí. Zejména tangenciální napětí se s rostoucí teplotou kotouče zvyšují a způsobují tlakové namáhání a ztrátu stability řezné části kotouče, viz. obr. b).



a) vliv odstředivých sil

b) vliv teploty (okolí zubů je běžně ohříváno na 60 - 80 °C)

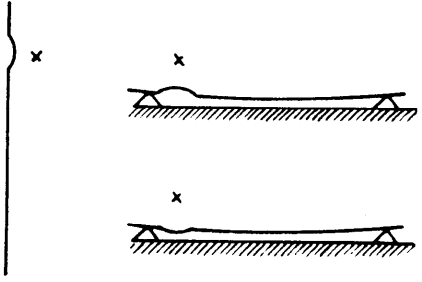
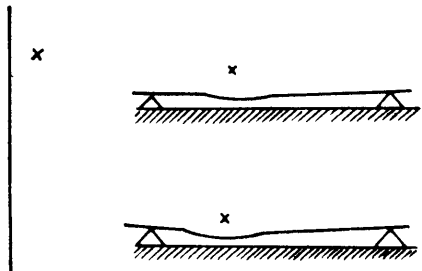
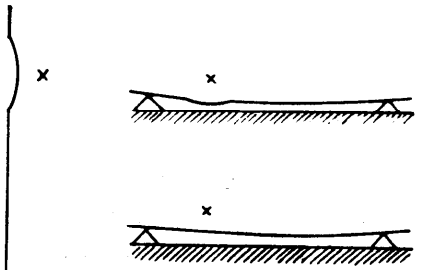
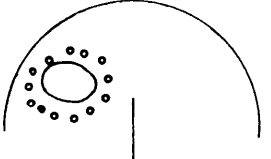
Úprava pnutí válcováním

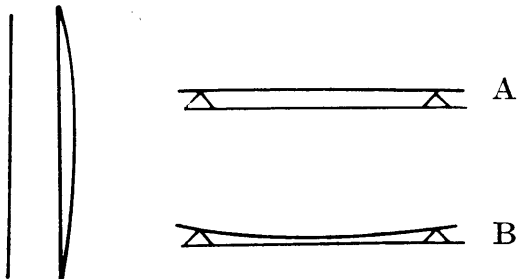
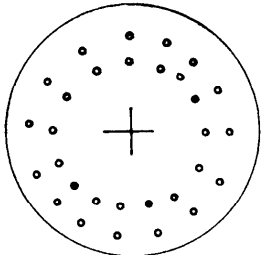
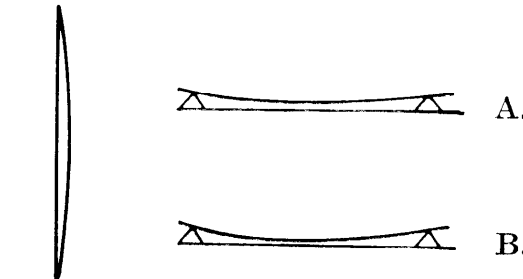
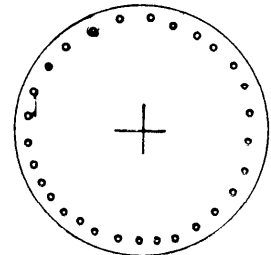


Po válcování na poloměru $0,8 R$ dochází podle Grubeho k podstatnému nárůstu tahových napětí v okrajové části kotouče.

Působením odstředivých sil se tahové napětí v okrajové části kotouče ještě zvýší a i při vzniku tlakových napětí materiálu kotouče vlivem zvýšené teploty při řezání zůstává kotouč stabilní.

Odstraňování nerovností v disku kotouče

Druh vady (příčina)	Jak se vada projevuje ve svislé a vodorovné poloze (na třech bodech), křížkem označeno umístění vady	Charakteristika	Způsob opravy
I. Vypuklina na menší ploše		vypuklina na téže straně kotouče v poloze A i B	vyklepání v místě vady, použit podložku (položit na kovadlinu vypuklinou nahoru)
II. Místní velké pnutí (uvolnění) na větší ploše rovnoměrné z obou stran kotouče	<p>a)</p>  <p>b)</p> 	<p>vypuklina je ve vodorovné poloze v poloze A i B na straně podpor</p> <p>vypuklina může zůstat na téže straně v poloze A i B (záleží na velikosti plochy vadného místa a velikosti úchytky pnutí)</p>	<p>vyklepávat v okolí vady bez podložky; při úpravě pnutí celého kotouče toto místo vynechat</p>  <p>(viz IIa)</p>

Druh vady (příčina)	Jak se vada projevuje ve svislé a vodorovné poloze (na třech bodech), křížkem označeno umístění vady	Charakteristika	Způsob opravy
<p>VI. Talířovitost kotouče</p> <p>jedna strana kotouče bez pnutí (nebo s malým pnutím), druhá s příliš velkým</p>	<p>a)</p> 	<p>celkový průhyb kotouče není stejný v poloze A a B; při větší talířovitosti může být kotouč v jedné z poloh (A, B) rovný nebo vypuklý na opačnou stranu podpor</p>	<p>rovnoměrně vyklepat na kovadlině vypuklou stranou nahoru, bez podložky</p> 
<p>příliš velké pnutí (uvolnění střední části); pro talířovitost pak postačí malá rozdílnost pnutí obou stran kotouče</p>	<p>b)</p> 	<p>průhyb kotouče je ve vodorovné poloze větší než předepsaný v obou polohách A, B</p>	<p>vyklepat rovnoměrně obvodovou část kotouče</p> 

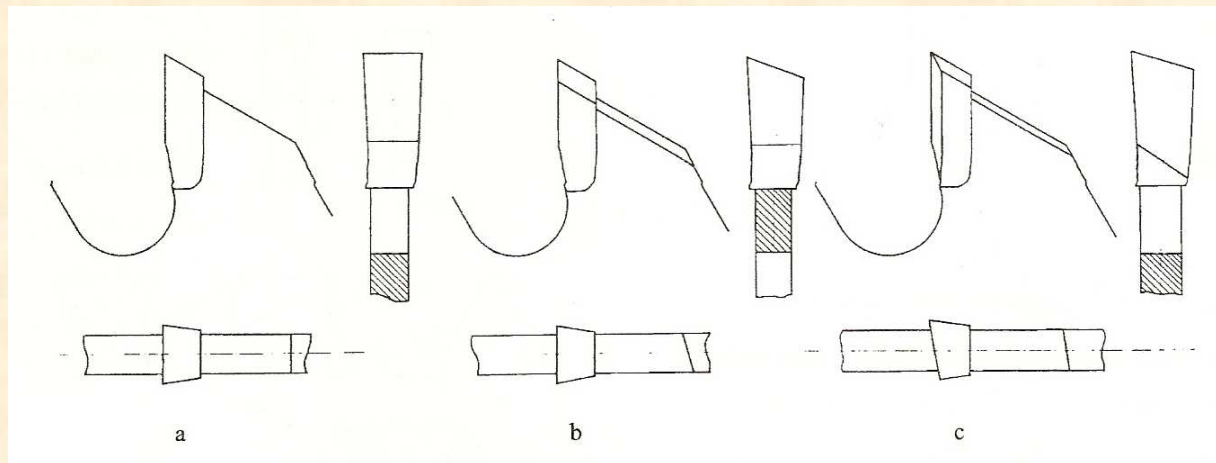
Ostření zubů ze slinutých karbidů

Základní způsob ostření sestává z těchto operací:

- **Operace č. 1** - kotouč se nejdříve brousí obvodově, nejvýše o 0,5 mm až se vytvoří min. fasetka na všech zubech (podle stupně otupení), jedná se o egalizaci – sjednocení zubů do řezné kružnice.
- **Operace č. 2** - jemné ostření čela zubů pod úhlem o 2° menším než je úhel čela.
- **Operace č. 3** - hrubé ostření **hřbetů** zubů, až se fasetka po obvodovém broušení zúží, na některých zubech může být ještě patrná min. fasetka.
- **Operace č. 4** - jemné ostření **hřbetů** zubů až zmizí všechny obvodové fasetky.

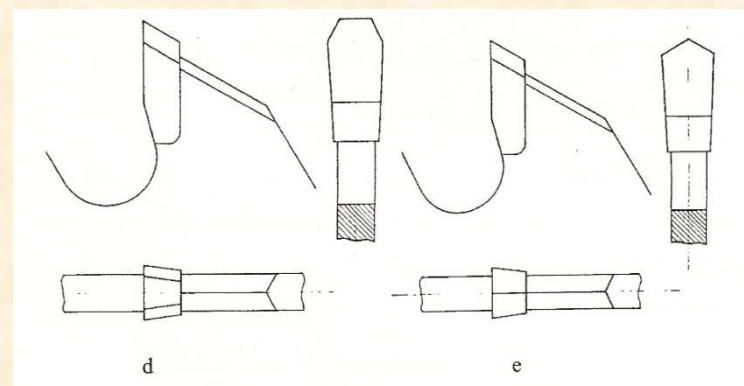
Poznámka: Základní způsob ostření se provádí u kotoučů s velkým otupením nebo po každém pátém normálním ostření běžně otupených kotoučů. Normální způsob ostření je shodný se základním, avšak odpadá operace č.1.

Tvary zubů ze slinutých karbidů



a – přímý, b,c – střídavý, d – trapézový, e – střechovitý

Tvary zubů jsou velmi rozličné a často závislé na konkrétním použití pilového kotouče. Jako nejčastější tvar zubu pilového kotouče můžeme označit přímý (a) nebo střídavý (b, c). Používají se pro podélné řezání měkkého i tvrdého dřeva, dřevotřískových a dřevovláknitých desek, překližek a plastických hmot. Další varianty zubů jsou trapézový a střechovitý (obr. d,e), které se používají zejména na laminované dřevotřískové desky. Existují i další varianty a různé kombinace tvarů zubů.



Parametry broušení

- Slinutý karbid (SK) je vyroben práškovou metalurgií, je to pevně spojená směs prášků tvrdých materiálů karbidů wolframu, titanu nebo tantalu a pojiva kobaltu.
- Tyto materiály zásadně brousíme strojně diamantovými kotouči pod proudem chladící kapaliny.
- Ostrit je nutno ve směru proti břítu.
- Dovolené úchytky břitů od řezné kružnice $\pm 0,01$ mm

Směrné hodnoty při broušení diamantovými kotouči o průměru 100 až 125 mm:

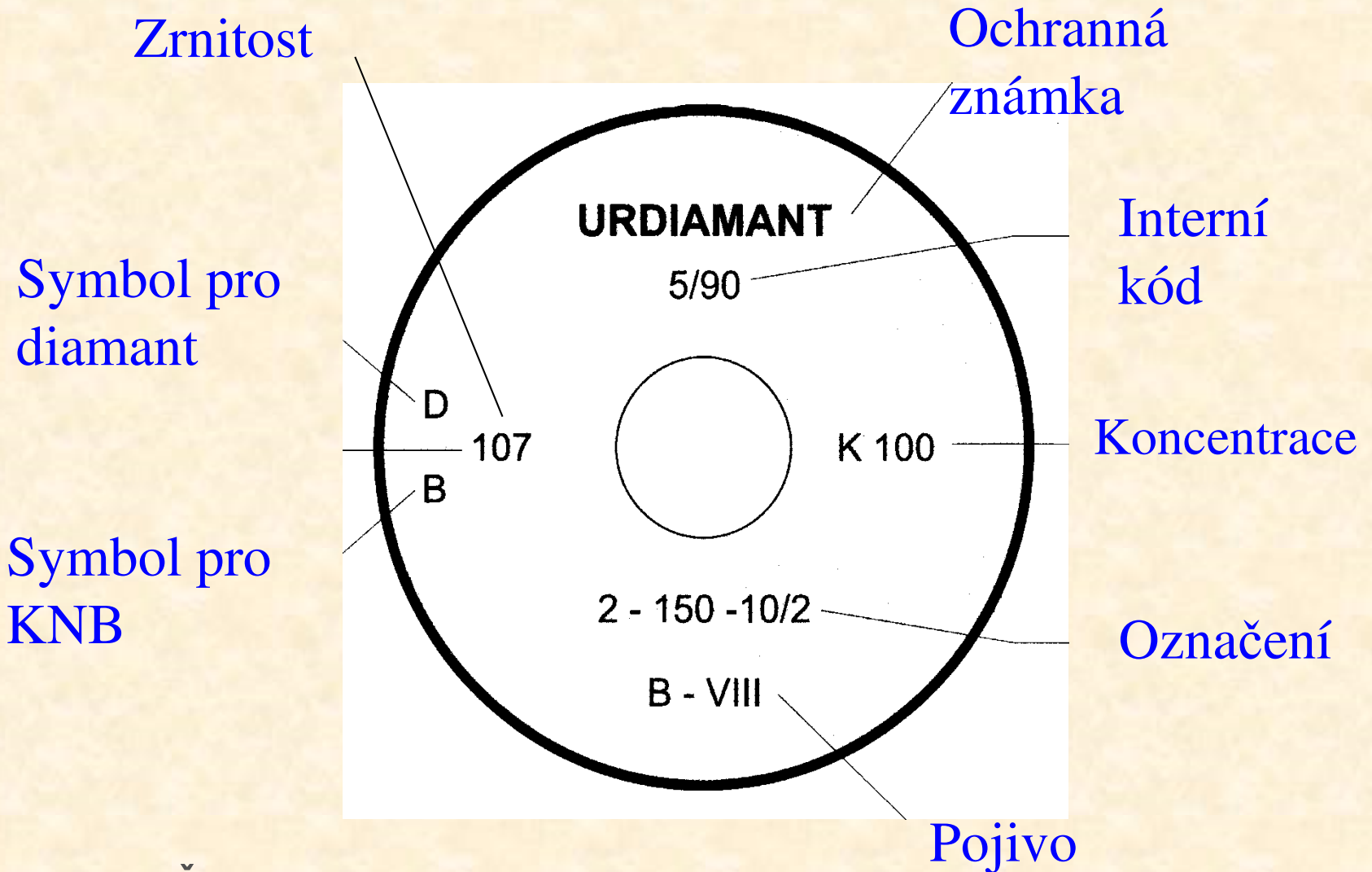
	<i>hrubé ostření</i>	<i>jemné ostření</i>
• zrnitost	D 107	D 64
• přířuv (mm) na dvojzdvih	0,02 až 0,03	0,005 až 0,01
• posuv (m/min)	2 až 3	0,5 až 1,5
• obvodová rychlost (m/s)	15 až 20	25 až 30

Poznámka:

U pilařských nástrojů (pilových listů, pásů nebo kotoučů) se můžeme také setkat se zuby ze stellite. Stellite je tvrdá slitina na bázi chromu (30%), wolframu (8%), s přísadou dalších prvků (cca 2%). Pojivem je kobalt nebo nikl (60%).

Nařezané destičky ve tvaru zubu se pájí přímo na břit nástroje a to plamenem nebo odporově. Brousí se kotouči z kubického nitridu bóru, tzv. borazonovými kotouči.

Diamantové kotouče



Koncentrace diamantových zrn

= váhové množství diamantového prášku (zrn) v 1 cm³ brusného materiálu.

Za **100 % koncentraci** byl zvolen obsah **0,88 g diamantu** v krychli **1 cm³ brusného materiálu**, což je asi 25 % diamantu v jejím objemu.

Koncentrace [%]	25	50	75	100	125	150	175	200
Obsah diamantu v [g] v 1 cm ³ brusné vrstvy	0,22	0,44	0,66	0,88	1,1	1,32	1,54	1,76
Obsah diamantu v ct (karátech) na 1 cm ³ brusné vrstvy	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6	7,7	8,8

- 25 % – u velmi tenkých kotoučů (5ct = 1g diamantov
- 100 % – u strojního ostření nástrojů
- 150 % – u tvarového ostření

. Jako přílohu diamantových zrn se používají slit

Zrnitost diamantových nástrojů

Zrnitost		Použití	Drsnost
D 126	B 151	Hrubování	0,8
D 107	B 126		
D 91	B 107		
D 76	B 91	Dokončování	0,4
D 64	B 76	Ostření rezných nástrojů ze SK	!!!! 0,4 !!!!
D 54	B 64	Dokončování	0,2
D 46			

Specializovaná automatická bruska fy Vollmer



http://www.vollmer-group.com/uploads/media/VOLLMER_CP_200_Detail_03.jpg

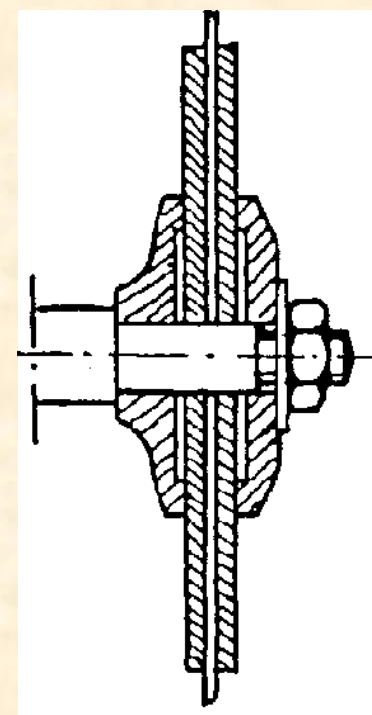
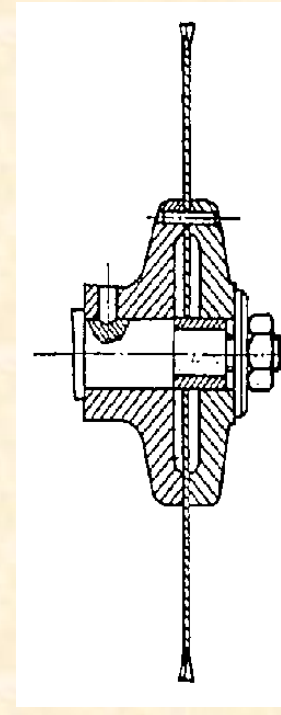
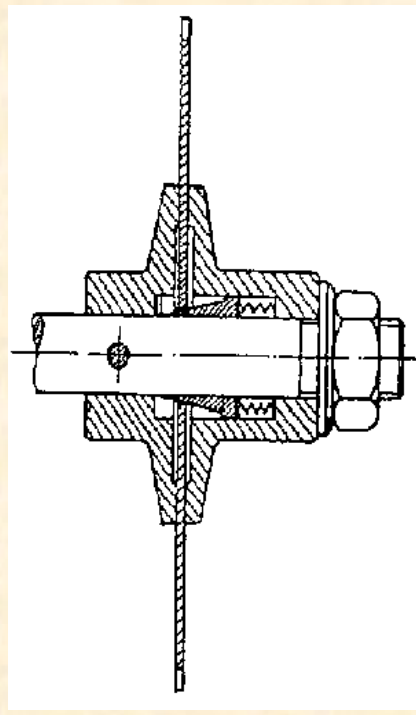
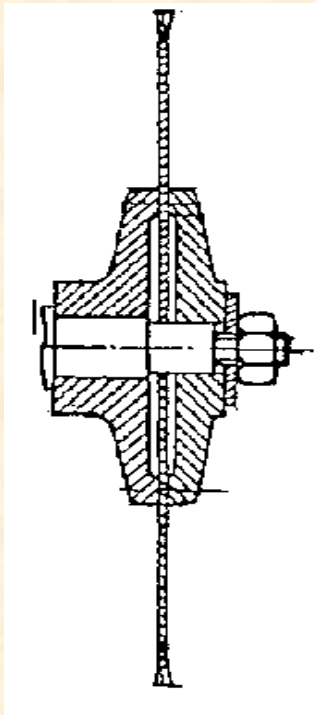
The CP 200 sharpening machine is suitable for the machining of carbide-tipped circular saw blades with varying tooth geometries on the diameter of 650 millimetres.

Hobby ostrička



Upínání pilových kotoučů

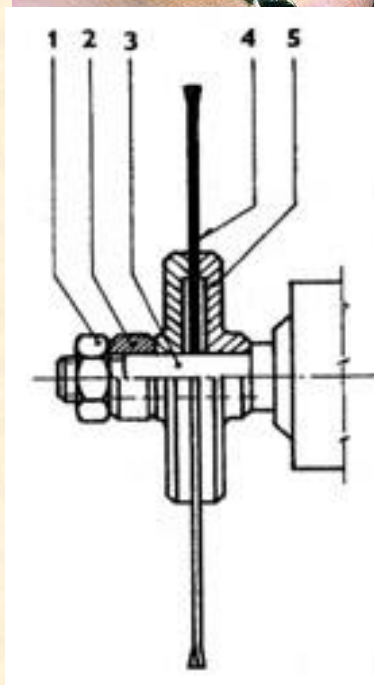
- a) běžnými přírubami
- b) středícím pouzdem s pružinou,
- c) protismykovým kolíkem,
- d) protivibračními přírubami.



Průměr přírub

Pro běžné truhlářské nebo formátovací pily musí být průměr přírub nejméně $D/4$ – podle normy $D/3$ (kde D = průměr největšího pilového kotouče pro daný stroj).

Příruby v páru musí být vyrobeny s tolerancí ± 1 mm. Upevňovací

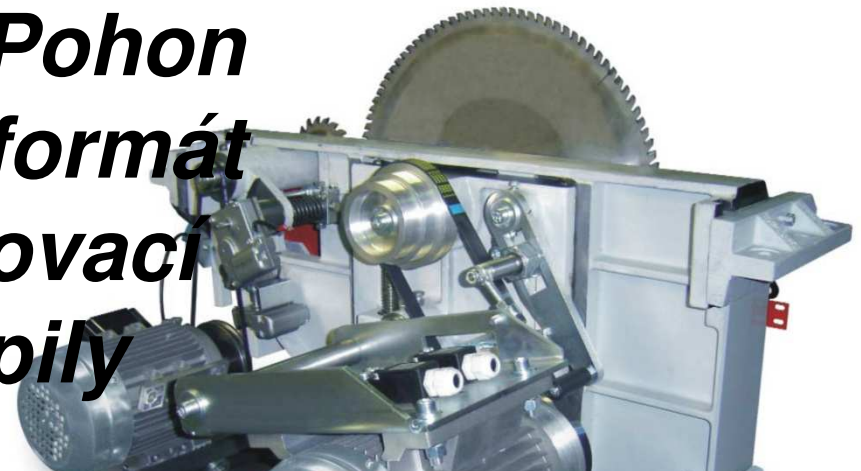


Velikosti přírub truhlářské a formátovací pily

Průměr upevňovacích přírub pro pilové kotouče s průměrem ≤ 450 mm musí být $\geq D/4$ (kde D = průměr největšího pilového kotouče, který je pro stroj určen).

Pro pilové kotouče s průměrem > 450 mm musí být průměr přírub $\geq D/6$, ale ne méně jak 115 mm.

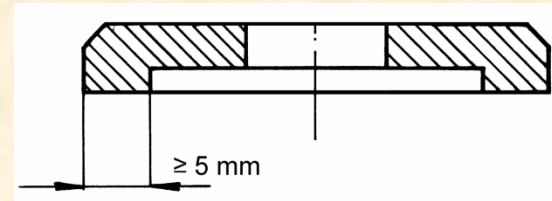
**Pohon
formát
ovací
pily**



**Truhlářsk
á
zkracova**

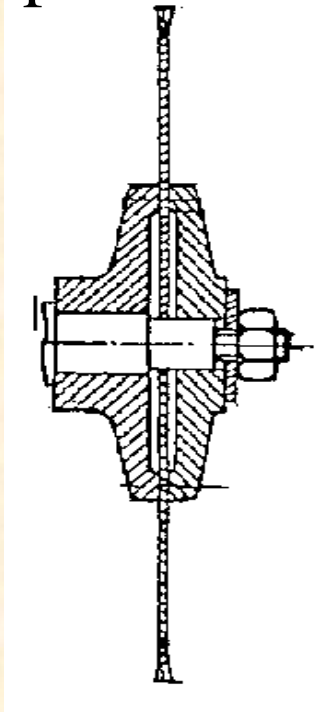
Kotoučové pily na palivové dřevo

- Průměr upevňovacích přírub pro pilové kotouče s průměrem ≤ 600 mm musí být $\geq 0,2 \times D$ (kde D = průměr největšího pilového kotouče, který je pro stroj určen).
- Pro pilové kotouče s průměrem $600 < D \leq 800$ mm musí být průměr příruby ≥ 125 mm. Pro pilové kotouče s průměrem $D > 800$ mm musí být průměr příruby ≥ 150 mm. Příruby v páru musí být vyrobeny s tolerancí ± 1 mm.
- Šířka upevňovacího mezikruží musí být větší než ≥ 5 mm.

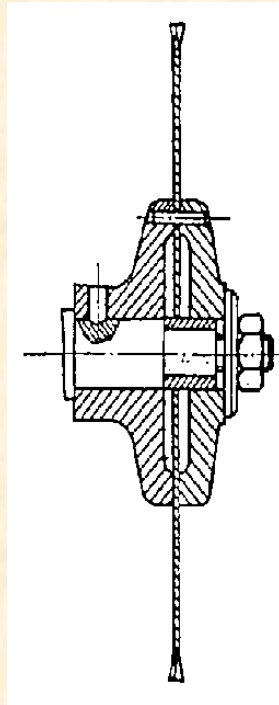


Upínání pilových kotoučů

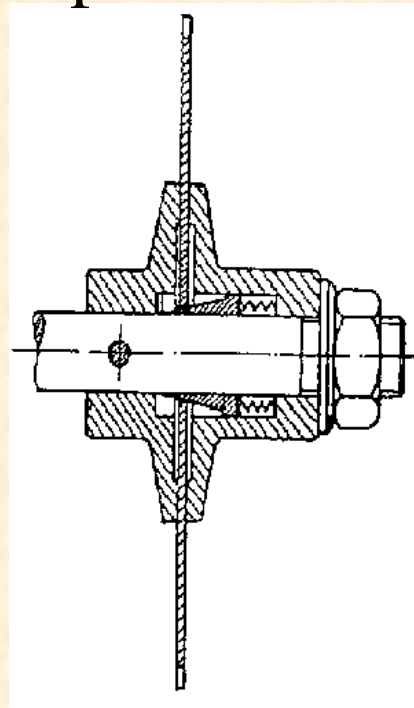
– s běžnými přírubami



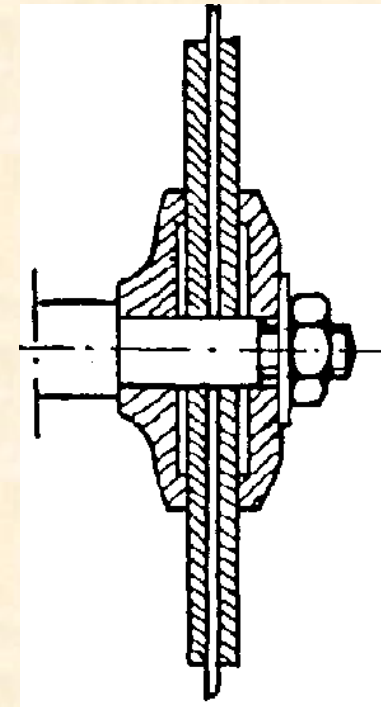
– se středícím pouzdem a pružinou



– s protismykovým kolíkem



– s protivibračními přírubami



Průměr přírub u stolařských a formátovacích pil

Průměr příruby d_p musí být nejméně $D/4$ (podle normy $D/3$), kde D = průměr největšího pilového kotouče pro daný stroj.

Příruby v páru musí být vyrobeny s tolerancí ± 1 mm. Upevňovací plocha musí být nejméně 3 mm široká a ve středu zapuštěná.

Empirický vzorec podle Grubeho

$$d_p = 5 \cdot \sqrt{D}$$



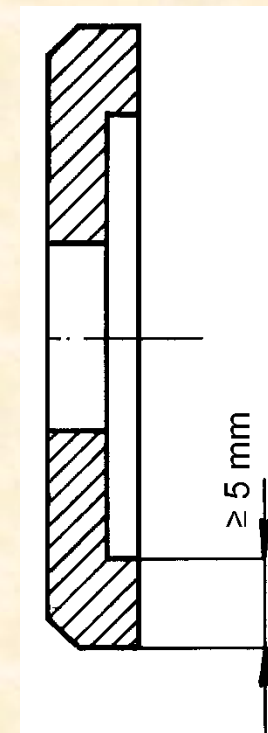
Zkracovací a omítací pily s ručním vkládáním a odebíráním

Průměr upevňovacích přírub pro pilové kotouče s průměrem ≤ 450 mm musí být $\geq D/4$ (kde D = průměr největšího pilového kotouče, který je pro stroj určen.

Pro pilové kotouče s průměrem > 450 mm musí být průměr přírub $\geq D/6$, ale ne méně jak **115 mm**.

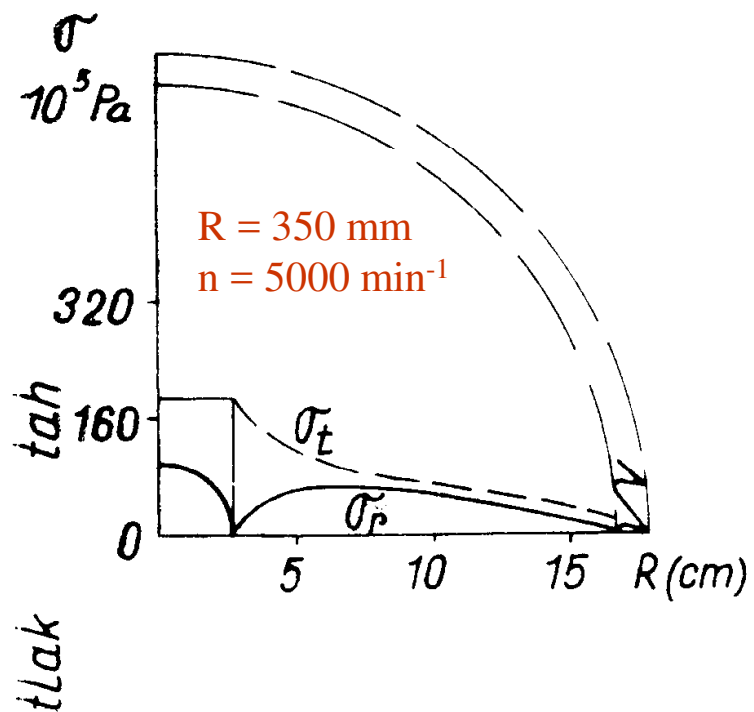
Příruby v páru musí být vyrobeny s tolerancí ± 1 mm.

Šířka upevňovacího mezikruží musí být větší než ≥ 5 mm.

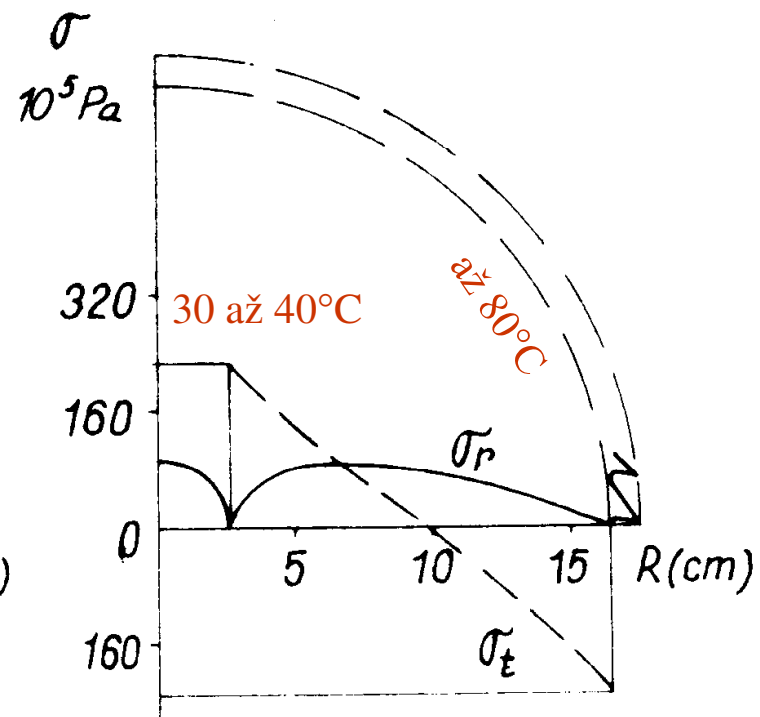


Vliv odstředivých sil a teploty na průběh pnutí v disku kotouče

Tangenciální a radiální napětí od odstředivých sil

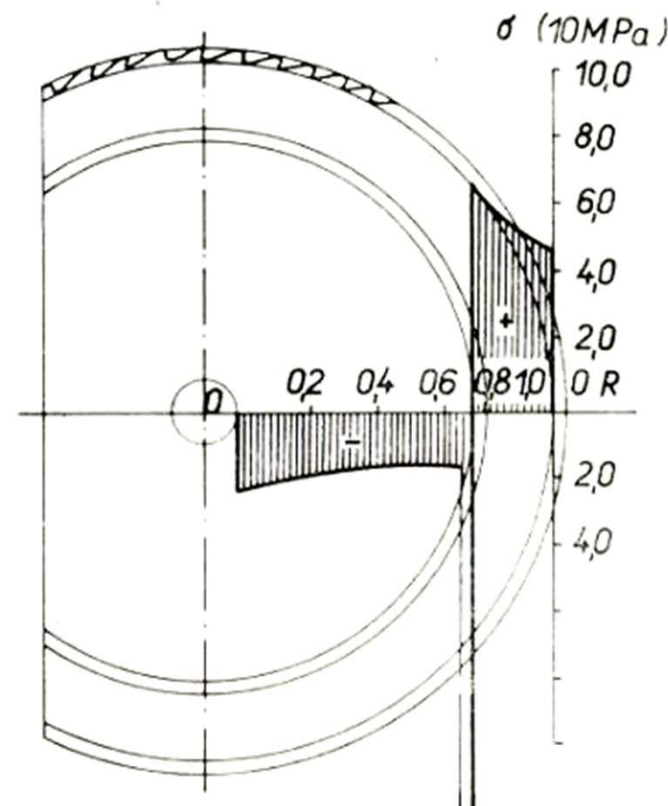
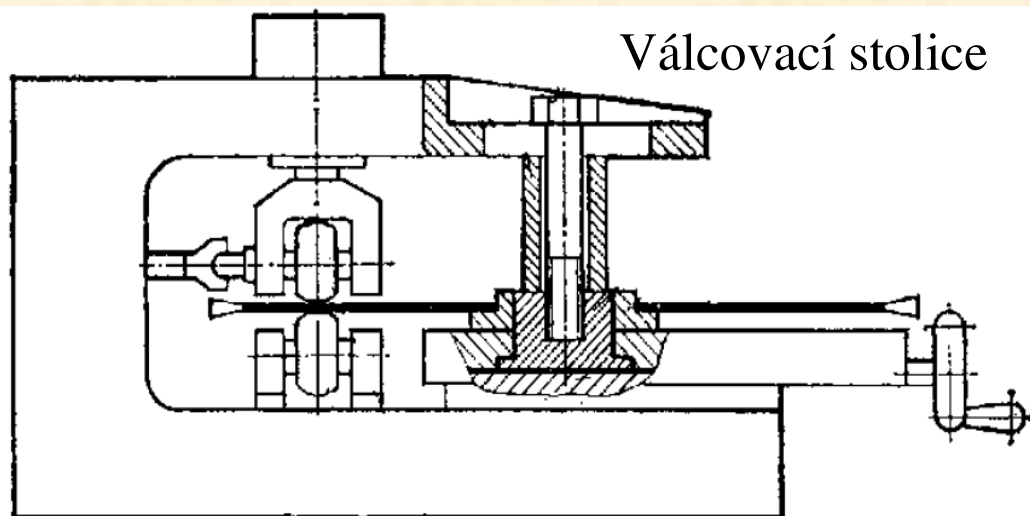


Tangenciální a radiální napětí od nerovnoměrného zahřátí



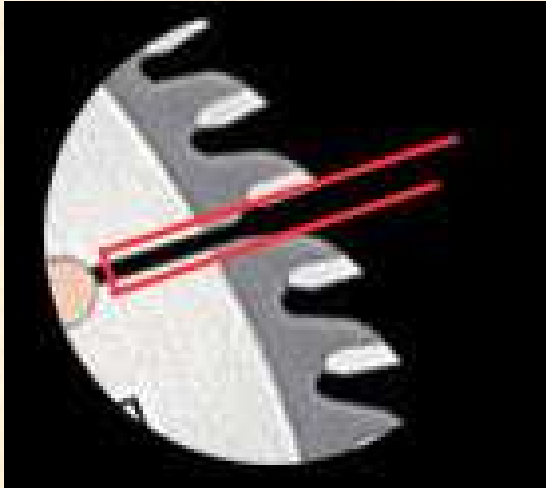
Úprava vnitřního pnutí v disku kotouče

Úprava vnitřního pnutí se velmi často provádí válcováním, kterým se snižují nepříznivé účinky tlakového napětí v okrajové části kotouče vyvolané zvýšenou teplotou kotouče při řezání. Toto opatření se velmi často doplňuje dilatačními drážkami, viz. dále.



*Průběh tangenciálního napětí
v kotouči po válcování na poloměr
0,8 R podle Grubeho (PROKEŠ
1982)*

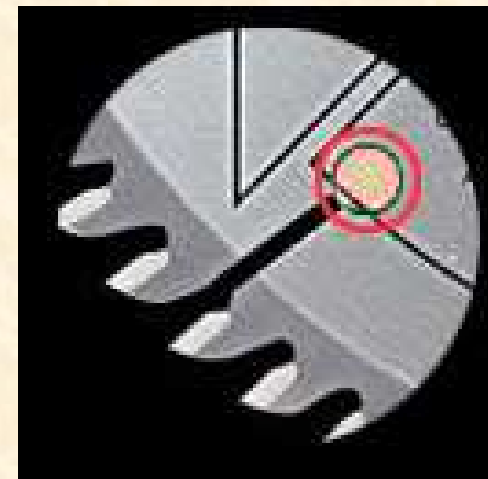
Vliv radiálních drážek a nýtů



Tyto drážky jsou do těla vypáleny laserem při výrobě. Úprava se provádí s cílem snížení tangenciálních tlakových napětí v důsledku zvyšující se teploty kotouče. Nedochozí k nadměrnému vlnění věnce kotouče a snižují se tím vibrace, kroucení a tím i hlučnost. Radiální drážky (minimálně tři a více radiálních drážek) se používají u pilových kotoučů se slinutými karbidy. Hloubka těchto drážek je většinou $0,1 D$ kotouče.

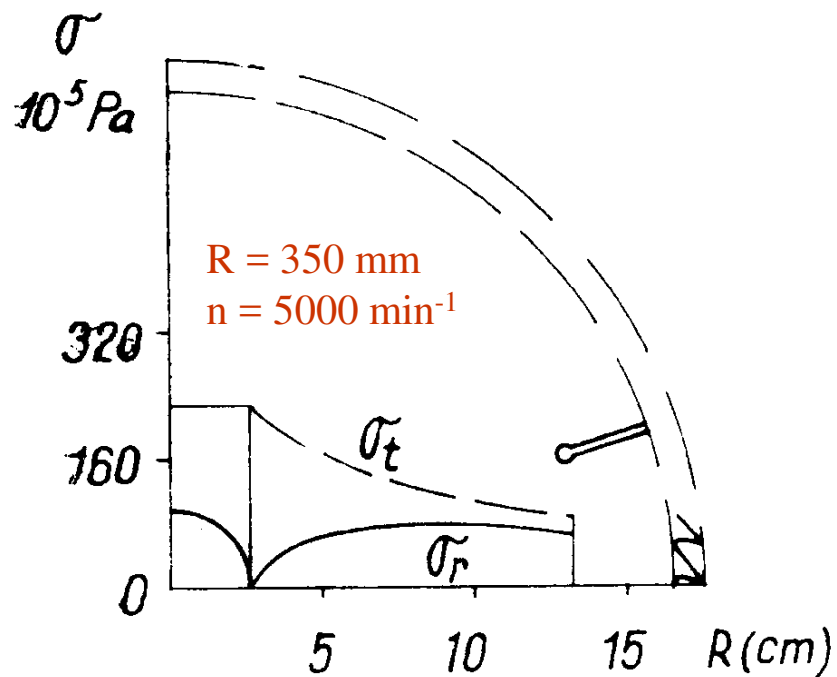
Měděný nýt, který se umísťuje na konec vypálené drážky má vliv na snížení vibrací. Měděný nýt má jinou roztažnost a jiné mechanické vlastnosti a tím dochází ke snížení vibrací pilových kotoučů.

Měděné nýty na konci dilatačních drážek nesnižují pouze vibrace, ale snižují taktéž hlučnost pilového kotouče. Velkou výhodou nýtů je vliv na zvýšení kritických otáček. Toto vyplývá z vědecké studie (Svoreně – Javorek, 2007).

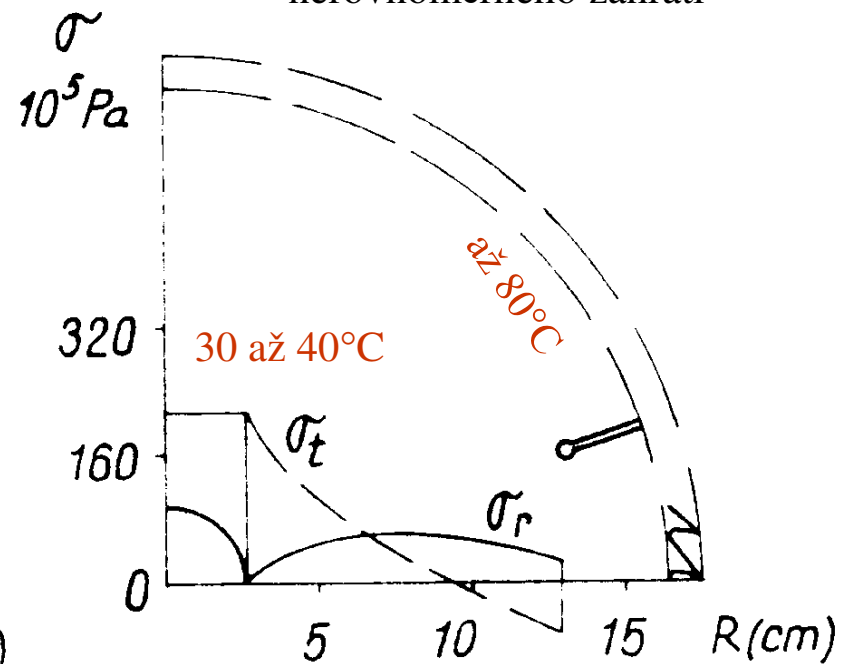


Účinek dilatačních drážek na průběh pnutí v kotouči

Tangenciální a radiální napětí od odstředivých sil



Tangenciální a radiální napětí od nerovnoměrného zahřátí

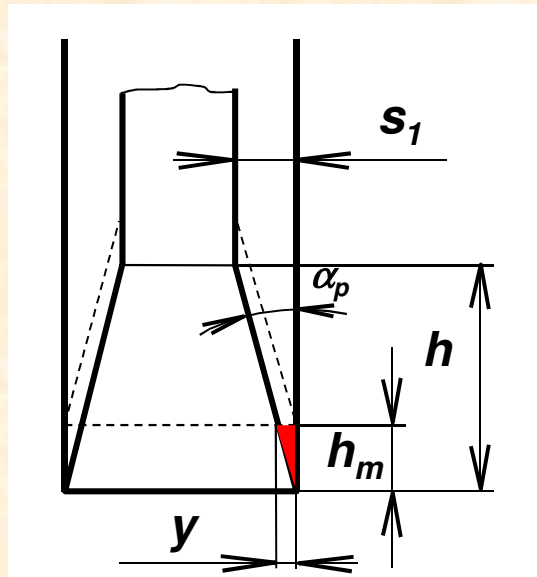
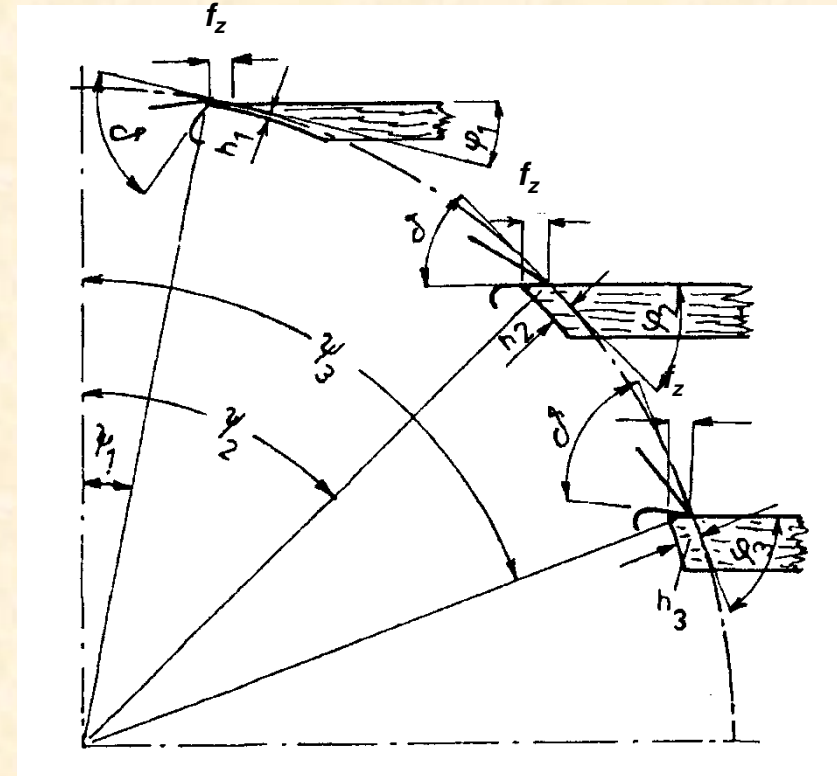
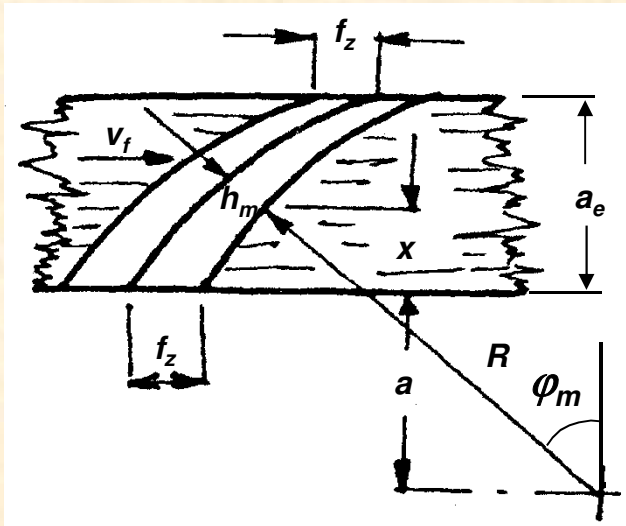


3. Kvalita řezné spáry

Kvalita a přesnost obrábění

- ☼ *Kvalita a přesnost obrábění* se odvíjí od konstrukce pily, tvaru a množství pilových zubů na kotouči, rychlosti posuvu na zub a velikosti kmitání pilového kotouče.
- ☼ Eliminujeme-li vliv kmitání stroje a rychlosti posuvu je možné zkoumat *vliv vlastních kmitů pilového kotouče na kvalitu výroby a hygienické aspekty* – zejména hlučnost a prašnost.

Hloubka rýhování - teoretický model



$$\operatorname{tg} \alpha_p = \frac{s_1}{h} = \frac{y}{h_m}$$

odtud

$$y = \frac{s_1}{h} \cdot h_m = \frac{s_1}{h} \cdot f_z \cdot \sin \varphi_m$$

platí

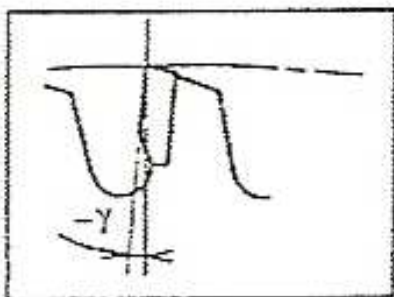
$$\sin \varphi_m = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_m}$$

$$\cos^2 \varphi_m = \left(\frac{a+x}{R} \right)^2$$

Teoretická hloubka rýhování
povrchu trapézovým zubem

$$y = \frac{s_1}{h} \cdot \frac{v_f}{n \cdot z} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{a+x}{R} \right)^2}$$

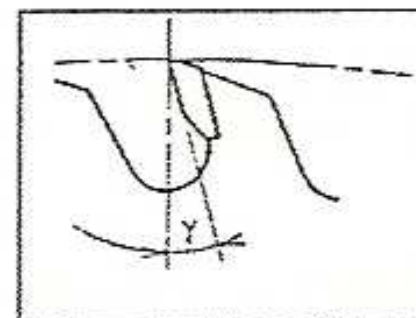
Vliv úhlu čela na kvalitu řezné spáry



záporný úhel γ

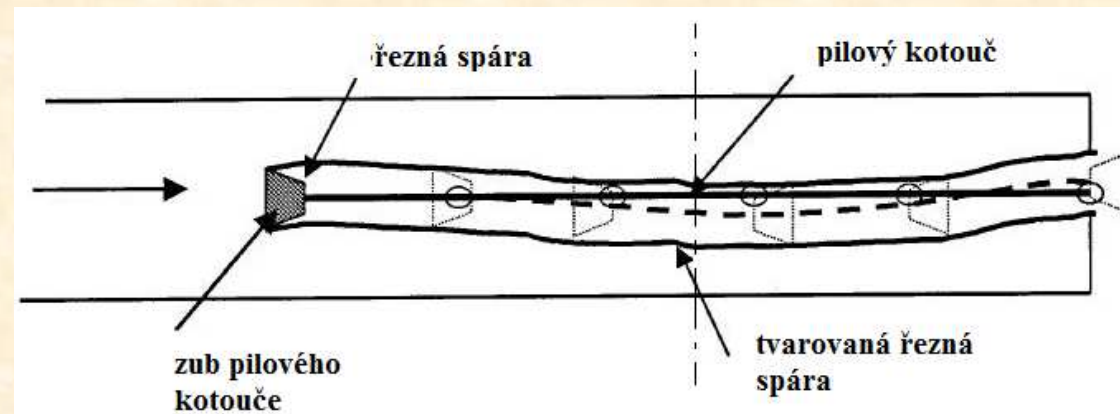
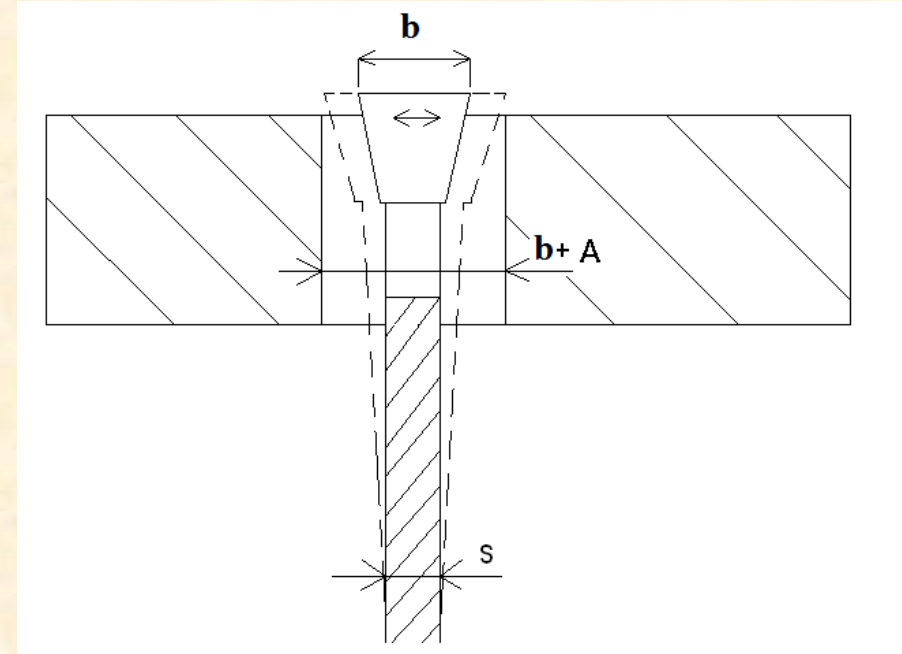
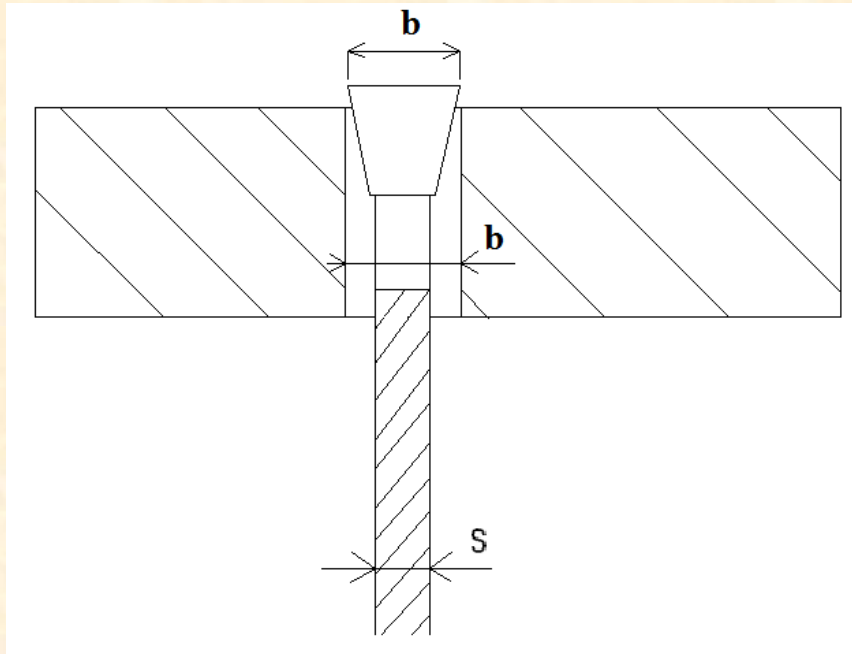
vyšší kvalita řezu, větší řezný odpor
může nadzvedávat horní vrstvu

horší kvalita řezu, menší řezný odpor

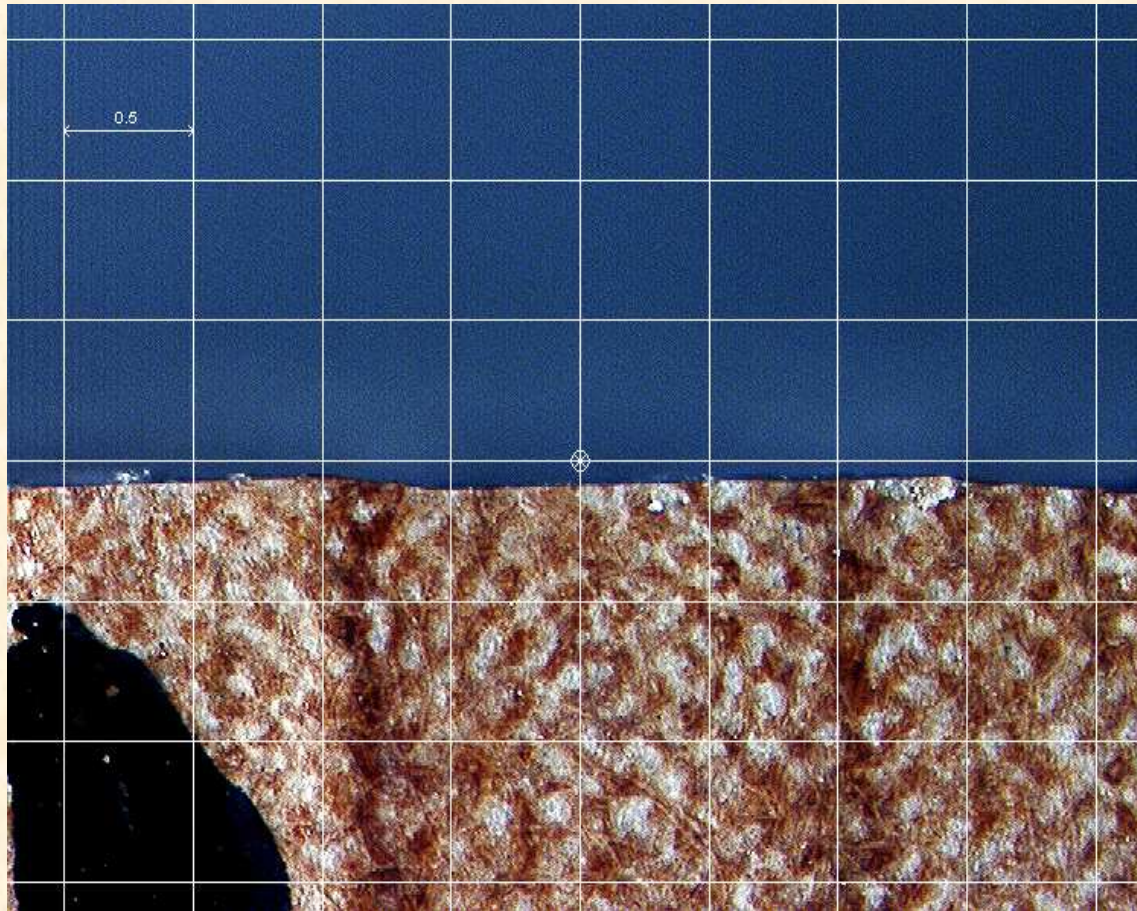


kladný úhel γ

Vliv vibrací a nestability kotouče na rovinnost řezné spáry



Detail hrany DTD



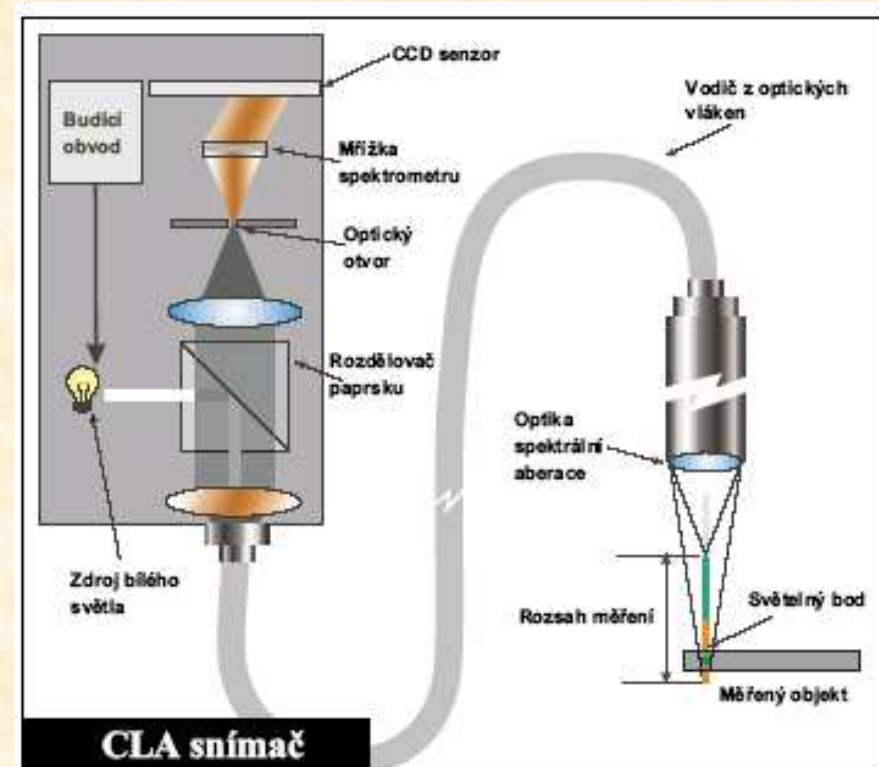
*Rezonanční otáčky – formátovací kotouč 108 zubů, $D = 350$ mm,
zuby TFZL, výška osy kotouče pod obrobkem $a = 65$ mm)*

Topografická metoda snímání povrchu řezné spáry

TALYSURF CLI 1000



Confokální CLA snímač
(Chromatic Length Aberration)



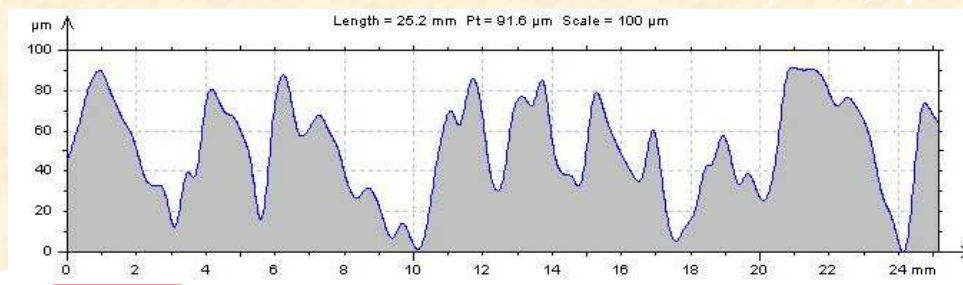
- ❑ CLA 300 – rozsah v ose Z 300 μm , citlivost 10 nm, frekvence snímače 2000 Hz, krok měření 0,5 μm
- ❑ CLA 800 – 800 μm , citlivost 30 nm

Kvalita povrchu - řezání smrku

$P_t = 91,6 \mu\text{m}$

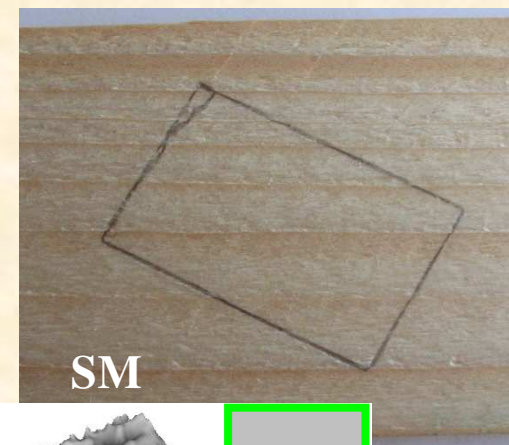
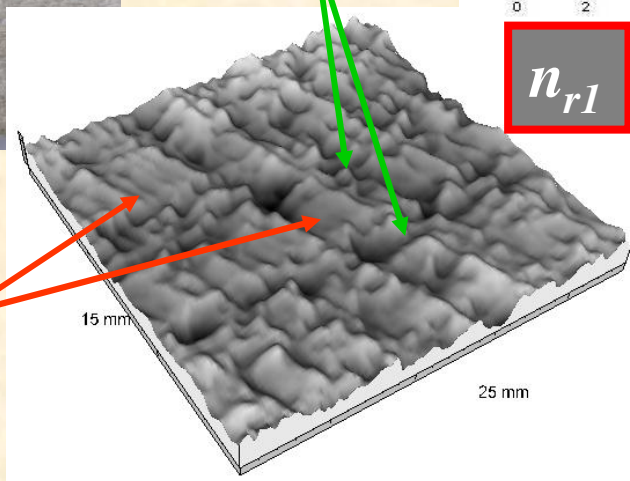


Letokruhy



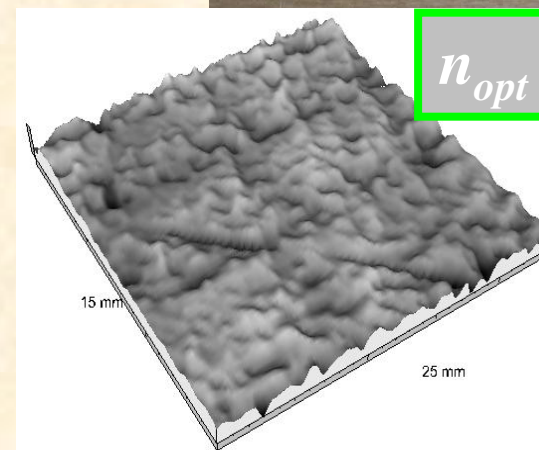
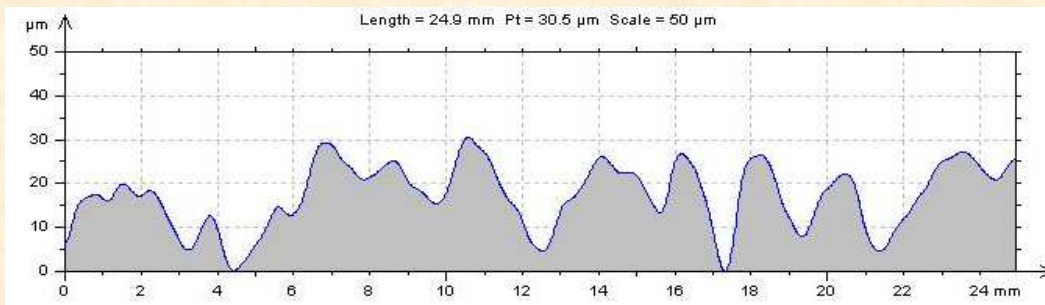
n_{r1}

Stopy po
zubech
kotouče



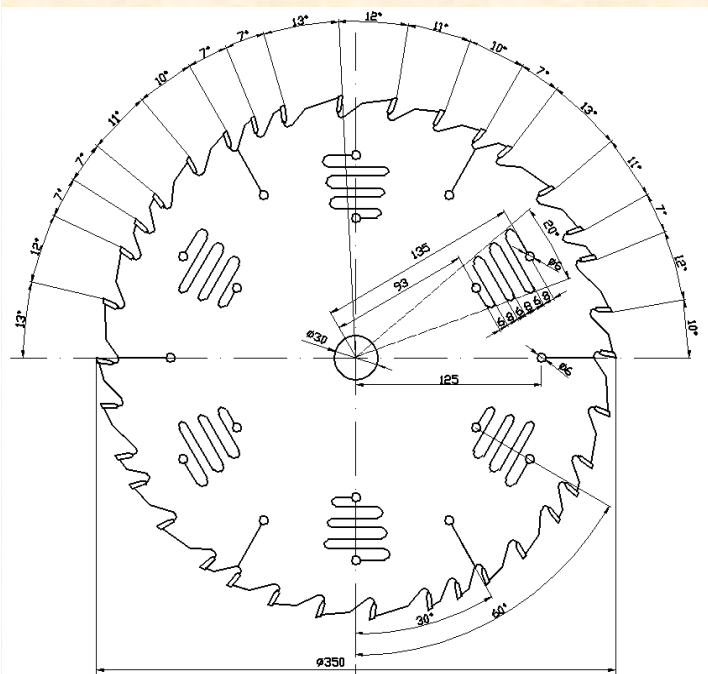
n_{opt}

$P_t = 30,5 \mu\text{m}$

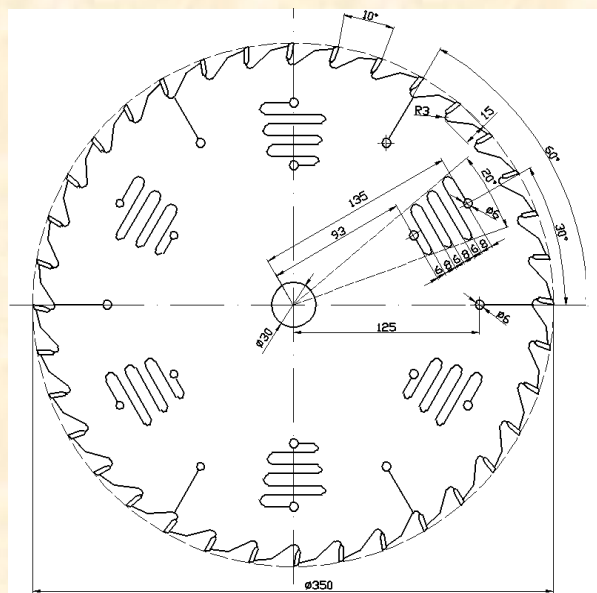


Porovnání kvality povrchu při řezání roslého dřeva kotouči s různými konstrukčními úpravami

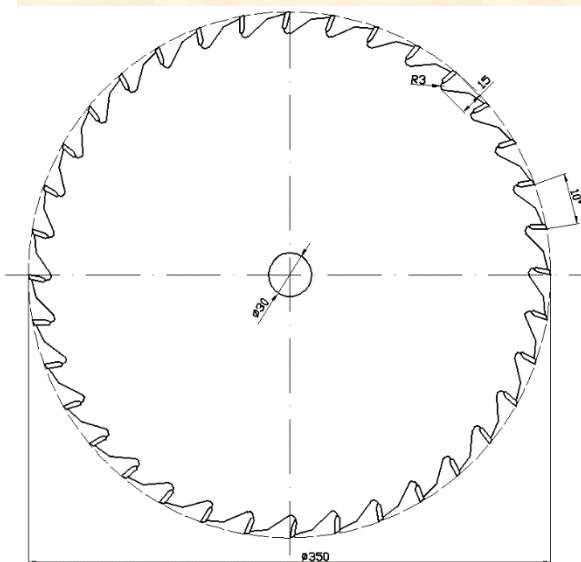
K8



K9



K10



Výsledky – foto povrchu

Smrk, kotouč K8,
 $n_{opt} = 4100 \text{ rpm}$
 $h_m = 0.05 \text{ mm}$

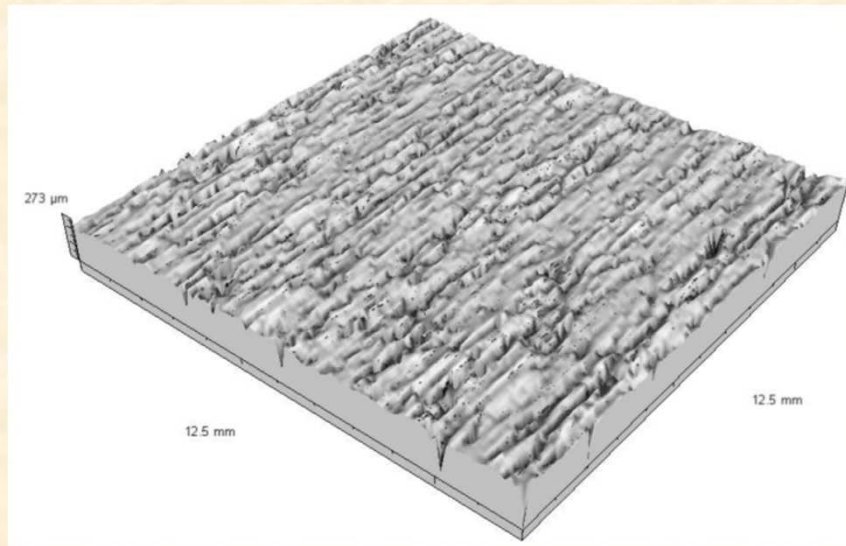


Buk, kotouč K9,
 $n_r = 3750 \text{ rpm}$
 $h_m = 0.05 \text{ mm}$

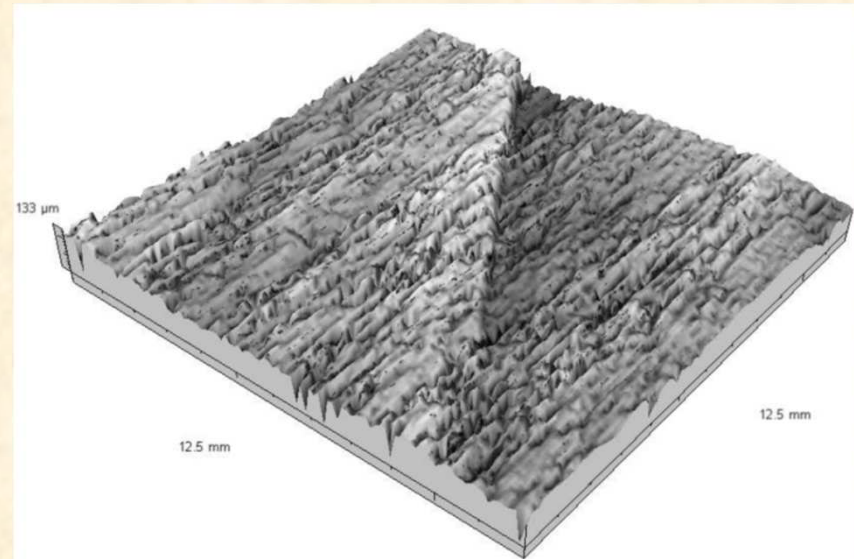


*3D profil povrchu – buk, kotouč K8 s
nepravidelnou roztečí zubů*

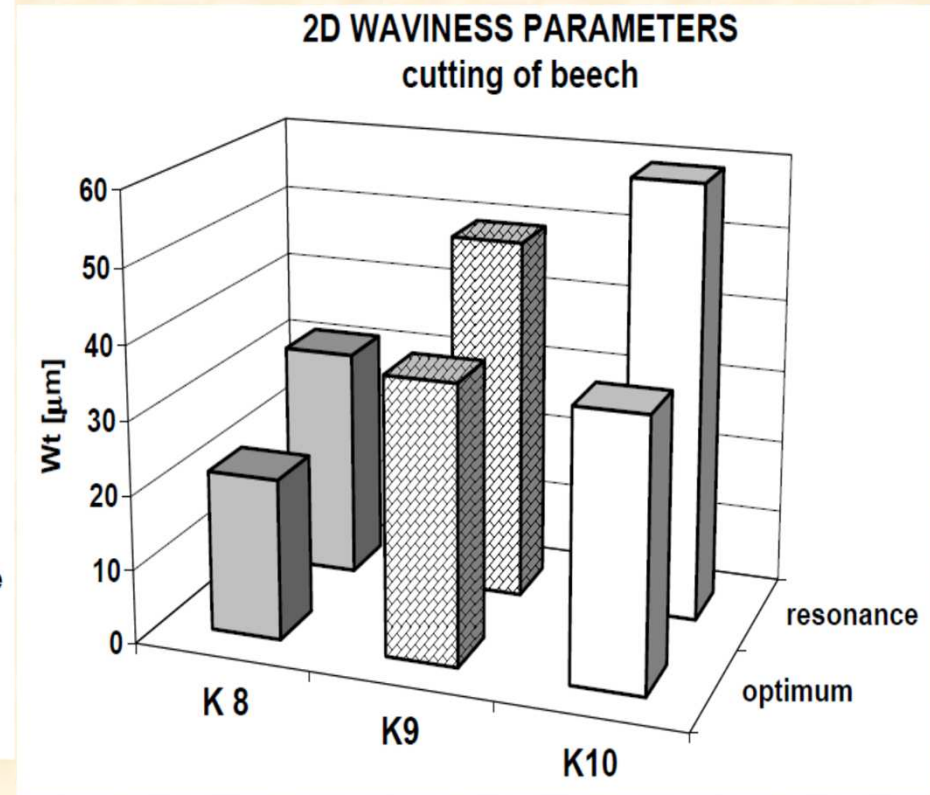
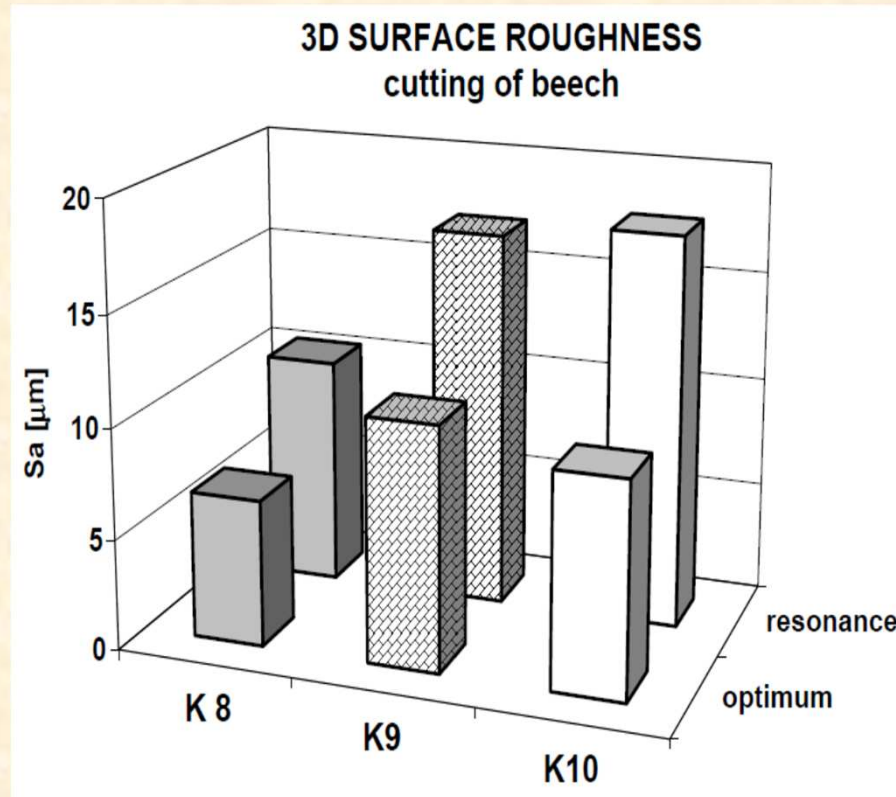
$n_{opt} = 4100 \text{ rpm}$



$n_r = 3750 \text{ rpm}$



Drsnost a vlnitost povrchu



Při řezání kotoučem s nepravidelnou roztečí zubů (K8) je dosahováno kvalitnějšího povrchu (cca dvojnásobné zlepšení) v porovnání se standardními kotouči K9 a K10

Děkuji za pozornost

Snímek 61

m40

After implementation of the experiment and comparison of theoretical methods with measured values it is possible to conclude that the analytical method approached most to the reality.

myself; 05.05.2003