



Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

T1: Úvod do obrábění a dělení dřeva

doc. Ing. Zdeněk Kopecký, CSc.

Obsah přednášky

Úvod

1. **Základní pojmy**
2. **Mechanické technologie
dělení a obrábění dřeva**

Úvod

**smrk – borovice – modřín
nejčastěji zpracovávané dřeviny
jehličnanů**

Smrk ztepilý (SM) – (*Picea abies*)

Statný stálezelený strom



Výška 50 m
Šířka 15 m



- světlá a poměrně měkká dřevina
- dobrá houževnatost, pružnost a pevnost
- dobře zřetelné letokruhy
- méně pryskyřičných kanálků a slabší vůně než např. borovice
- snadno napadnutelná kůrovcem, červotočem, plísněmi a houbami
- výrobky ze smrku se musí preventivně chránit



Použití a vlastnosti smrku



Vybrané mechanické vlastnosti

- světlé a poměrně měkké dřevo
- průměrná hustota 470 kg/m^3
- objemové sesychání 12 %
- pevnost v tlaku 50 MPa
- pevnost v ohybu 78 MPa

Použití:

- nejrozšířenější dřevina
- dobře se štípe, řeže, hobluje, frézuje, klíží, moří, natírá a barví
- stavební řezivo, prvky k výrobě nábytku, výdřevy v dolech
- v suchu je velmi trvanlivé
- důležitá surovinou pro výrobu papíru
- dobré rezonanční vlastnosti - výroba hudebních nástrojů

Borovice lesní (BO) – Pinus sylvestris

**Stálezelený strom
nenáročný na půdu a vláhu**



**Výška 40 – 60 m
Šířka až 15 m**

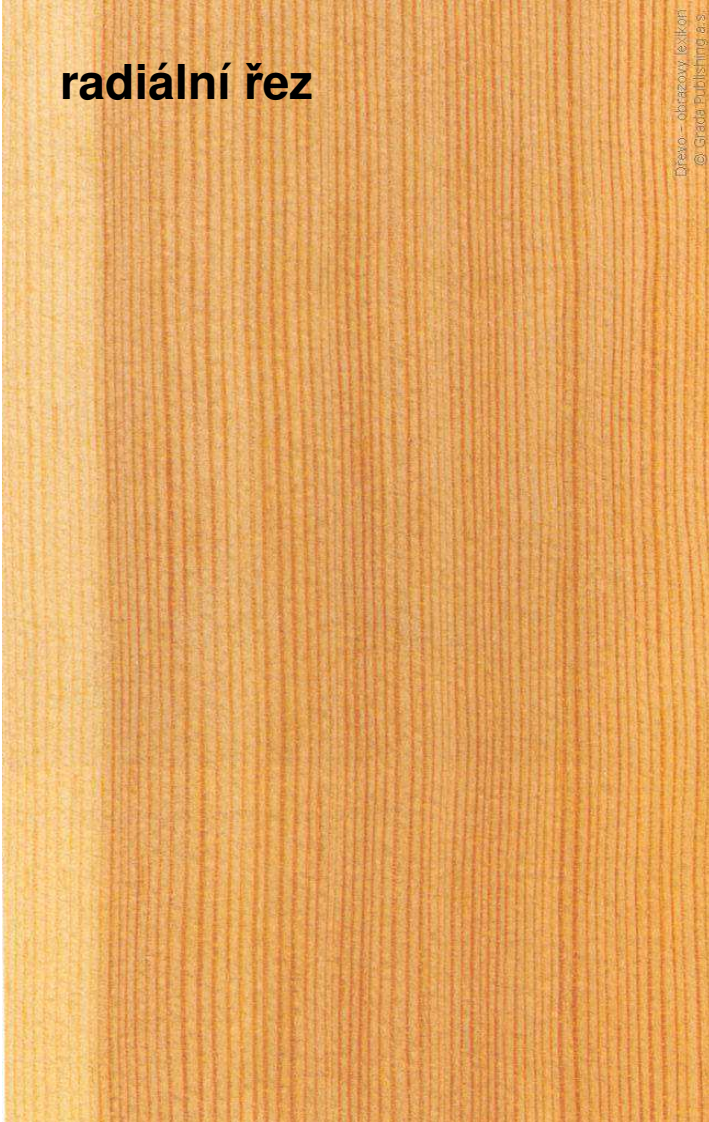


- načervenale žluté
dřevo, běl okrová s
nádechem do modra
- dřevo má výrazné
letokruhy se značným
obsahem pryskyřice –
má příjemnou vůni



Použití a vlastnosti borovice

radiální řez



Vybrané mechanické vlastnosti

- průměrná hustota 510 kg/m³
- objemové sesychání 11,5 %
- pevnost v tlaku 55 MPa
- pevnost v ohybu 80 MPa

Použití:

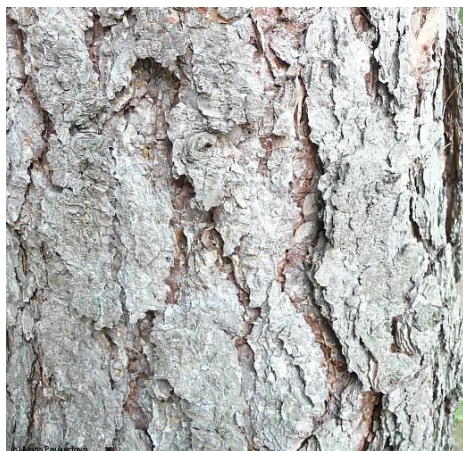
- poměrně dobrá obrobiteľnosť, ale pozor na zanášanie nástrojů a brusných papírů pryskyřicí
- dobře odolává vlhkosti - na okna a dveře, včetně rámců
- trámoví, podvaly a „polštáře“ pod podlahy

Modřín opadavý (MD) - (Larix decidua)



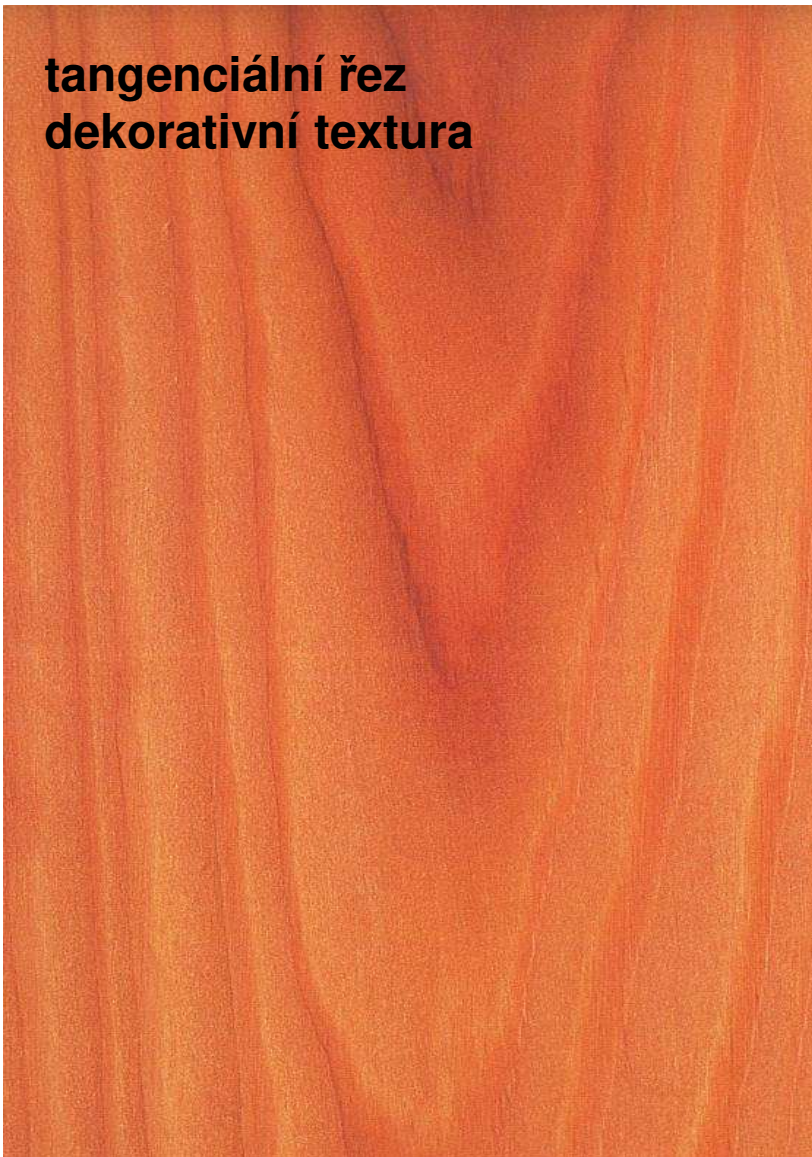
- mohutné červenohnědé jádro a úzká nažloutlá běl
- středně tvrdá a těžká dřevina (tvrdší než SM a BO)
- vůně je málo výrazná

Výška 30 – 40 m
Šířka až 15 m



Použití a vlastnosti modřínu

tangenciální řez
dekorativní textura



Vybrané mechanické vlastnosti

- průměrná hustota 590 kg/m³
- objemové sesychání 13,5 %
- pevnost v tlaku 55 MPa
- pevnost v ohybu 95 MPa

Použití:

- dobře se obrábí, nezalepuje tolik nástroje jako borovice a lépe přijímá lepidla i napouštění
- výroba šindelů, masivní nábytek, schody, zábradlí, obložení stěn, apod
- na vzduchu a po napuštění výrazně tmavne

Úvod

buk – dub – jasan

**nejčastěji zpracovávané dřeviny
listnáčů**

Buk lesní (BK) – (Fagus sylvatica)

Rozložitý opadavý strom



Chráněný památný strom na Chebsku



Výška 30 m, Šířka 20 m



- dřevina bez znatelného jádra
- dřevo má pleťově růžovou barvu
- rychle vysychá a má sklon k praskání
- dobře se plastifikuje a moří je ohebné



Použití a vlastnosti buku



Vybrané mechanické vlastnosti

- průměrná hustota 720 kg/m^3
- objemové sesychání 18 %
- pevnost v tlaku 62 MPa
- pevnost v ohybu 123 MPa

Použití:

- velmi dobře opracovatelné dřevo, dobře se ohýbá
- často se chemicky (lignamon, belmadur) nebo termicky modifikuje (termowood)
- nehodí se do exteriérů, ve styku s vlhkostí a vodou rychle degraduje a hnije
- je vhodné k výrobě nábytku a ohýbaného nábytku

Dub zimní (DB) - (Guercus petraea)

Statný a krásný strom



- dřevo je hnědé nebo hnědožluté s poměrně úzkou bělí
- dřevina je to těžká vyznačující se vysokou odolností, pevností a dlouhou životností

**Výška 40 m
Šířka 25 m
Stáří až 500 let**



Použití a vlastnosti dubu



Vybrané mechanické vlastnosti

- průměrná hustota 775 kg/m^3
- objemové sesychání 12 %
- pevnost v tlaku 72 MPa
- pevnost v ohybu 136 MPa

Použití:

- dřevo a dýha jsou používány na kvalitní truhlářské práce
- výroba parket, sudů, lodí, nábytku, atd.).
- Pozor! – dřevo silně reaguje se železnými předměty (např. hřebíky) a kolem tohoto místa vznikají špinavé černé skvrny

Jasan ztepilý (JS) – (Fraxinus excelsior)

Velký strom s
rozložitou korunou



Výška 30 m i více
Šířka 25 m



- dřevo má krémovou barvu s nádechem do šeda
- jasan je středně tvrdý, pevný, pružný a je proslulý svou houževnatostí



Použití a vlastnosti jasanu



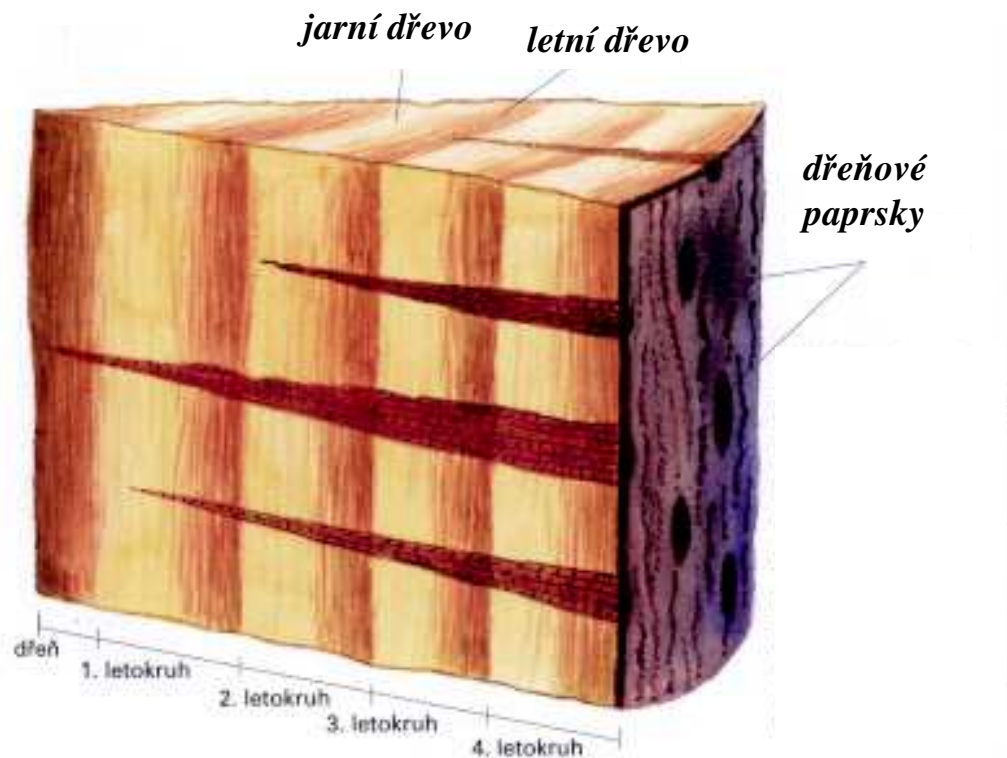
Vybrané mechanické vlastnosti

- průměrná hustota 690 kg/m^3
- objemové sesychání 13 %
- pevnost v tlaku 62 MPa
- pevnost v ohybu 123 MPa

Použití:

- jasan lze snadno opracovávat a obrábět
- výroba sportovního náčiní
- topůrka a násady k nástrojům
- rámy dopravních prostředků (vagony, karosérie historických automobilů, ...)
- na ohýbaný nábytek

1. Základní pojmy

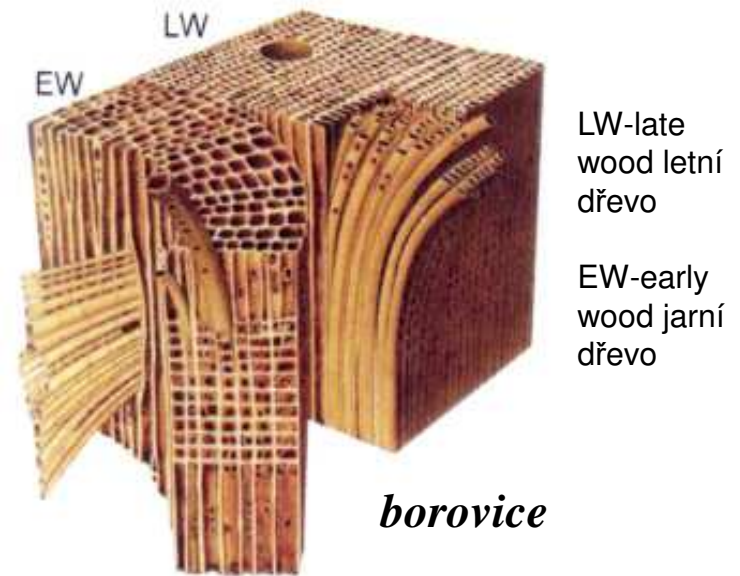


Složení dřeva

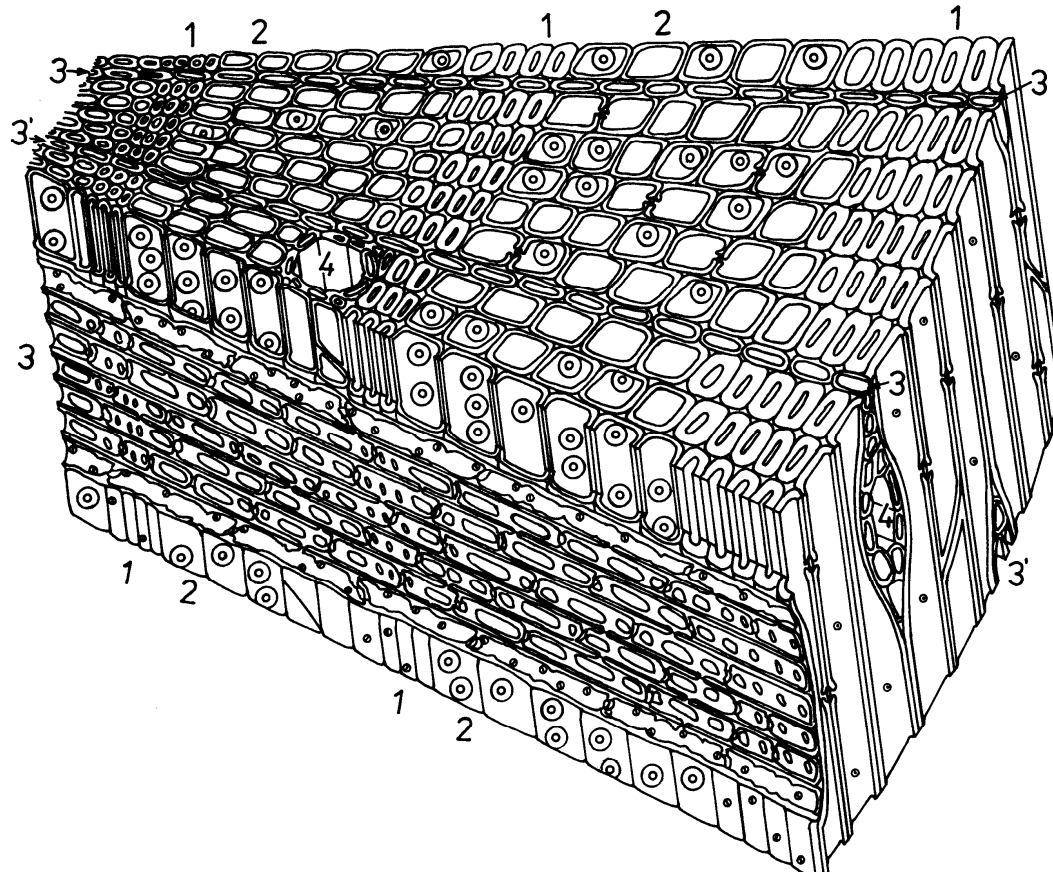
- celulóza (60 – 80%)
makromolekulární látka, vznikající z produktu listů – glukózy.
- lignin (18 – 30%) – beztvárá látka, chová se jako termoplast, ve dřevě plní funkci tmele spojující jednotlivá vlákna, nejvíce ligninu má např. buk = při zahřátí je tvárný - ohýbané dřevo.
- třísloviny, tuky, vosky, alkaloidy, pryskyřice, anorganické látky ... – tyto látky zvyšují odolnost dřevní hmoty proti houbám, plísním a hmyzu, ovšem na druhé straně nepříznivě ovlivňují jeho zpracování – např. pryskyřice, alkaloid betulin obsažený v bříze zlepšuje zápalnost břízy = hoří i syrová.
- voda v různém množství (podle ročního období, stupně vyschnutí dřeva atd.)

Dřevo = anizotropní materiál

- **Dřevo je složeno z buněk (vláken), které tvoří:** tracheje (cévy u listnáčů) nebo tracheidy (cévy u jehličnanů), dřevné paprsky, pryskyřičné kanálky, ...
- **Složitá vláknitá struktura** – dřevo má v různých směrech
L-longitudinal-podélně,
T-transversal-příčně,
R-radial-radiálně,
odlišné vlastnosti (např. pevnost v tahu u dřeva buku podélně (L) s vlákny je 140 MPa, v radiálním (R) směru (mezi vlákny) je pouze 7 MPa, tj. 20x nižší!
- **Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva** ale i vzhled dřeva se významně liší v závislosti na směru k vláknům.



Anatomická stavba jehličnaté dřeviny (borovice)

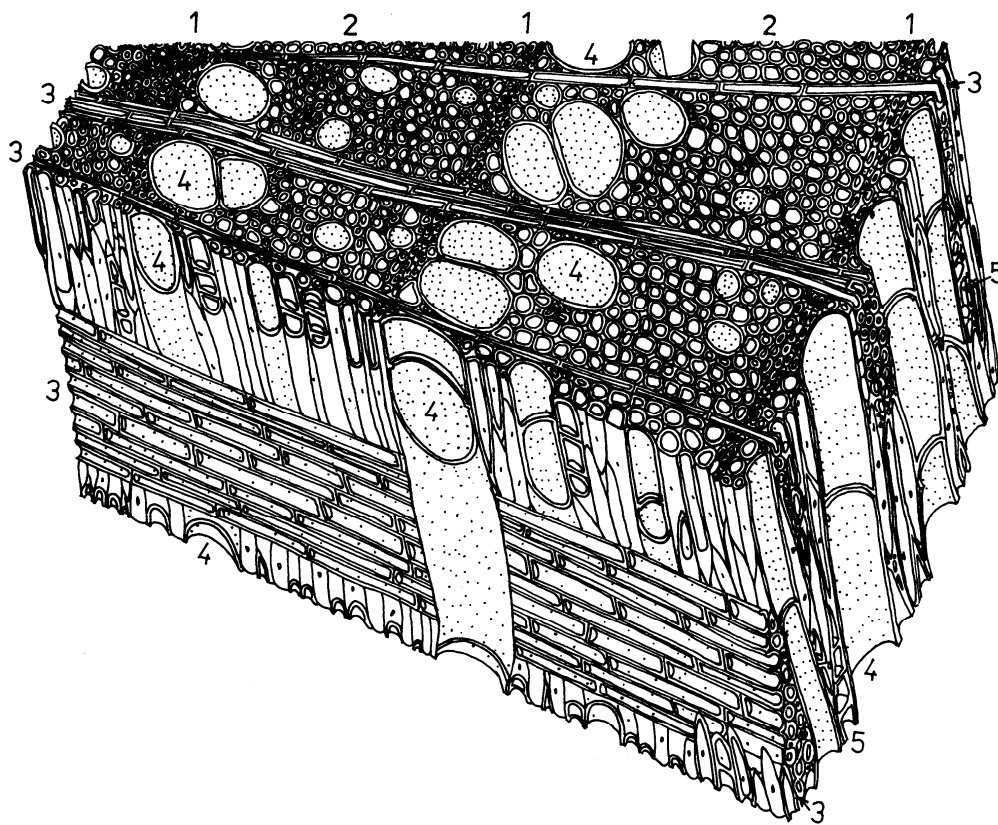


Legenda: 1 – letní dřevo, 2 – jarní dřevo,
3 – dřeňový paprsek, 4 – pryskyřičný kanálek

Stavba jehličnatého dřeva na příčném řezu je poměrně jednoduchá – tracheidy jarního a letního dřeva se pravidelně střídají v řadách za sebou a tvoří letokruhy.

Letní tracheidy jsou užší pouze v radiálním směru a způsobují větší odpor při obrábění.

Anatomická stavba listnaté dřeviny (jasan)



Legenda: 1 – hranice ročního kruhu, 2 – cévy,
3 – dřeňový paprsek, 4 – jarní céva,

- dřeviny listnáčů mají podstatně složitější stavbu než jehličnany - větší diferenciací funkce buněk
- buňky již nejsou v řadách za sebou, ale vedle sebe
- jarní cévy (4) mají podstatně větší velikost (20 až 40x) než cévy letní (2), (jsou viditelné pouhým okem – platí jen u kruhovitě pórovitých dřevin)
- dřeviny listnáčů mohou být s kruhovitě pórovitou stavbou (dub, **jasan**, akát, jilm, kaštan, ...) nebo jsou polokruhovitě uspořádané (ořech, švestka, třešeň, ...) či jsou roztroušeně pórovité (buk, habr, olše, lípa, javor, bříza, topol, platan, vrba, hrušeň, ...).

Mechanické vlastnosti dřeva

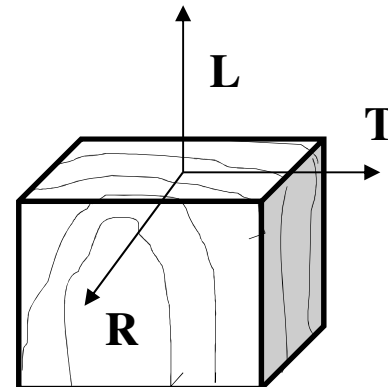
Mechanické vlastnosti dřeva jsou dány jeho schopností klást odpor proti působení vnějších sil.

Mezi tyto vlastnosti patří:

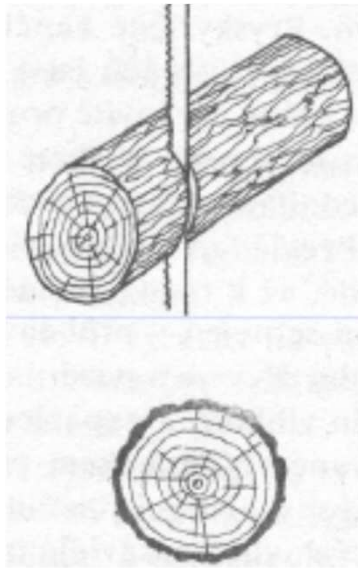
- ❖ pevnost,
- ❖ pružnost,
- ❖ tvrdost,
- ❖ houževnatost, ...

U všech mechanických vlastností se výrazně projevuje anizotropie dřeva. Z toho důvodu mechanické vlastnosti dřeva (pružnost, pevnost, tvrdost, ...) musíme posuzovat v závislosti na směru působení sil - mechanických vlivů a směru vláken. Mechanické vlastnosti vyšetřujeme ve směru tří hlavních os a ve všech směrech jsou rozdílné - lze tedy očekávat, že i odpory při obrábění dřeva budou v těchto směrech rozdílné .

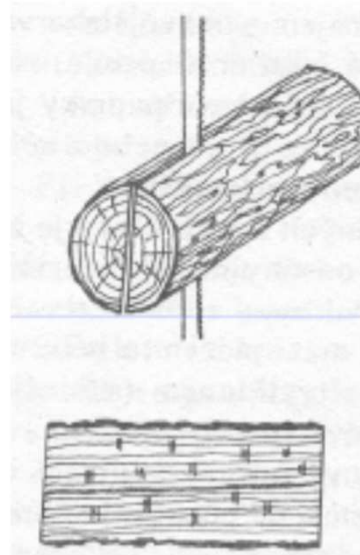
Poznámka: Na mechanické vlastnosti dřeva mají vliv i další faktory, např. směr letokruhů, suky, smolníky, trhliny, plíseň, hniloby , aj.



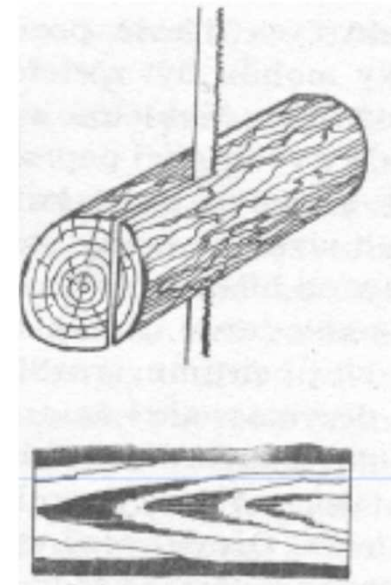
Základní směry řezu dřevem



Řez příčný
(transverzální) je
veden kolmo k
podélné ose kmene. V
ideálním případě je
jeho průřez kruhový.



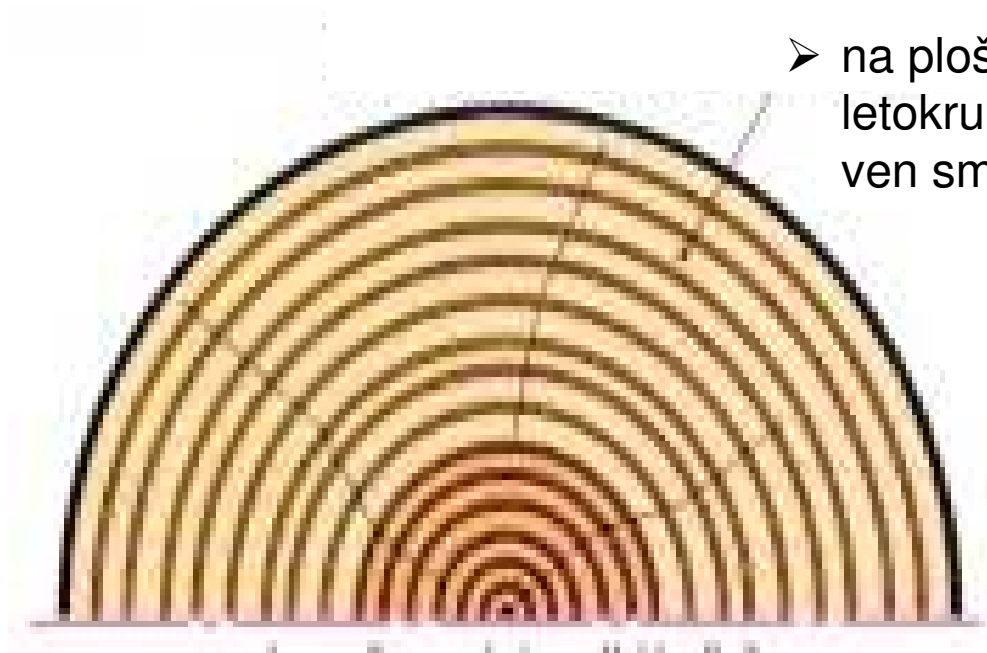
Řez radiální
(poloměrový) je veden
podélnou osou kmene a je
tedy kolmý k příčnému
řezu.



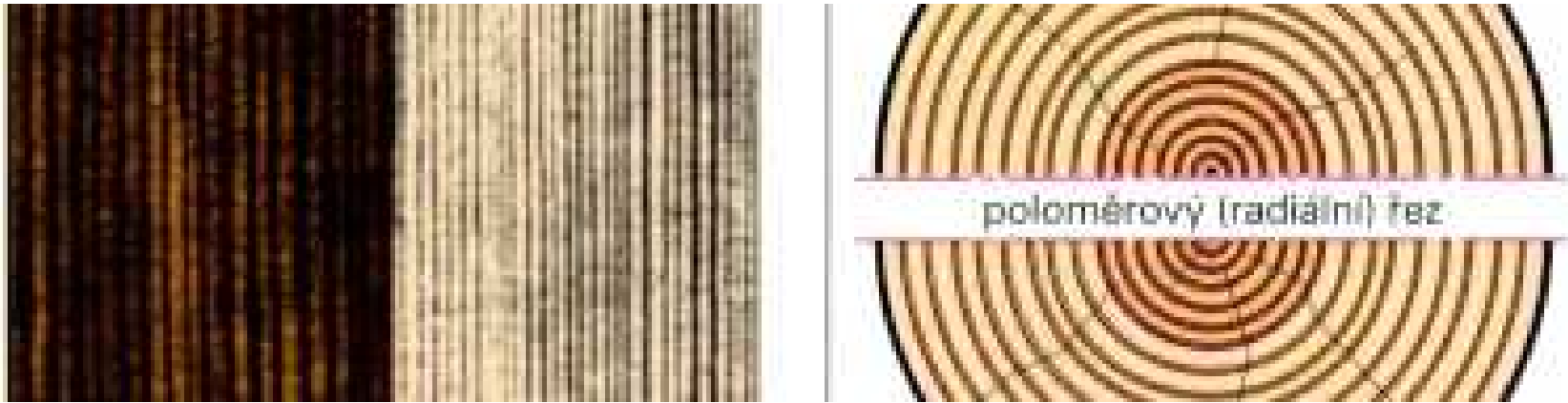
Řez tangenciální
(tečnový) je veden
rovnoběžně s podélnou osou
kmene ve směru tečny k
některému letokruhu.

Příčný (čelní, transverzální) řez - P

- příčný (čelní, transverzální) řez je veden kolmo na osu kmene
- označuje se písmenem P
- na ploše řezu jsou zřetelně vidět dřev, letokruhy, lýko a kůra a také z dřevě ven směřující dřevě paprsky.



Radiální (poloměrový, zrcadlový) řez - R



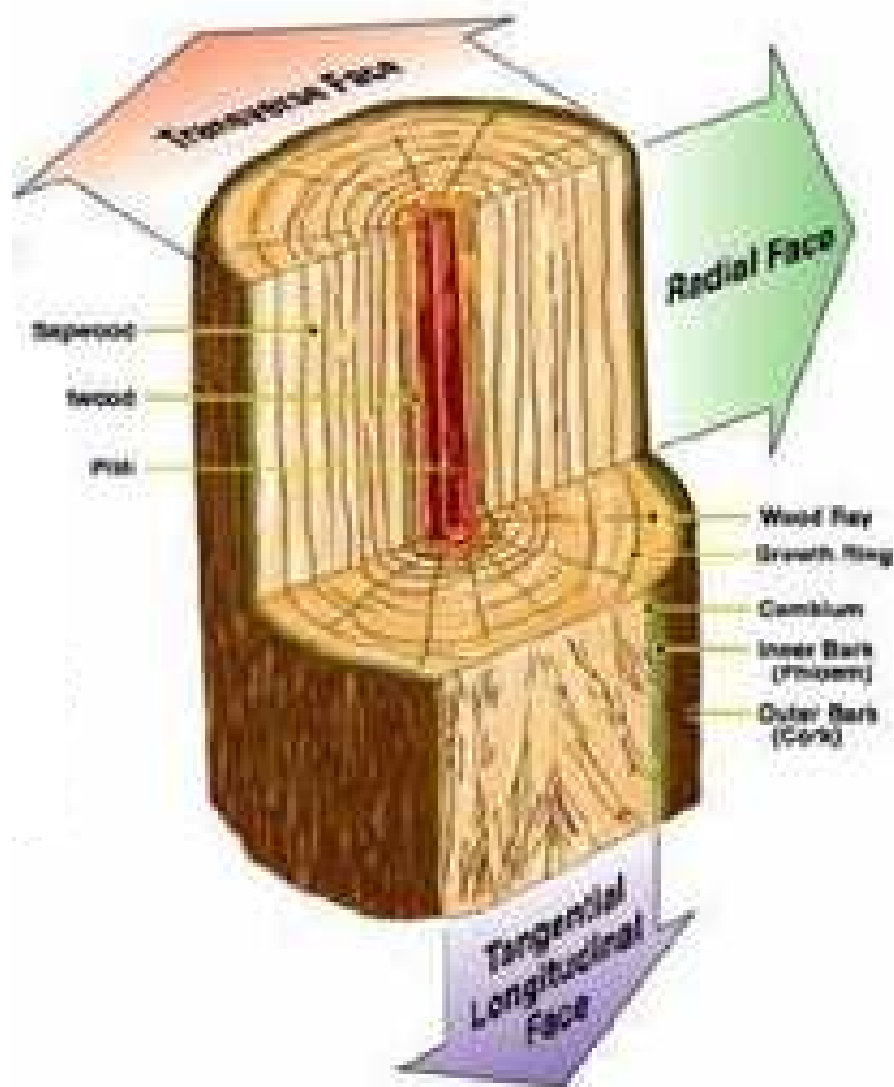
- radiální řez je veden přes střed kmene v radiálním směru (obvykle v rovině dřeně)
- označuje se písmenem R
- letokruhy mají tvar svislých pásů
- viditelné dřevné paprsky na řezu vytvářejí lesklé plochy a proto je také radiální řez označován jako zrcadlový řez

Tangenciální (tečnový, fládrový) řez - T



- tečnový řez je veden rovnoběžně s podélnou osou kmene ve větší vzdálenosti od dřeně
- označuje se písmenem T
- kuželovitě vrstvená stavba kmene způsobuje, že rovina tangenciálního řezu přetne vrstvy ročních kruhů a v ploše řezu se vytváří parabolické útvary, zvané fládry
- tangenciální řezy poblíž dřeně spíše připomínají radiální řez v praxi se používá název poloradiální nebo také polotangenciální řez

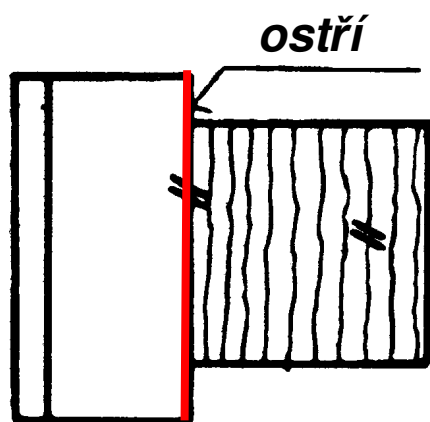
Orientace vláken k hraně nástroje, řezné rovině a k vektoru řezné rychlosti



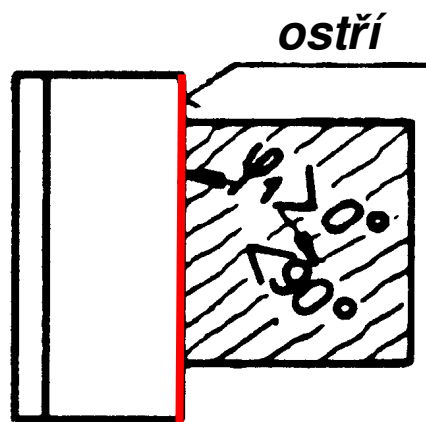
- při obrábění rostlého dřeva je velmi důležitá orientace vláken k řezné hraně nástroje, rovině řezu a ke směru řezného pohybu
- orientace vláken ke směru řezání způsobuje rozdílné odpory (síly) při řezání
- řezy vedené pod různými úhly ke dřevním vláknům mají různou kresbu (např. při tangenciálním řezu vznikající krásná kresba tzv. fládr)

Nastavení řezné hrany nástroje ke směru dřevních vláken

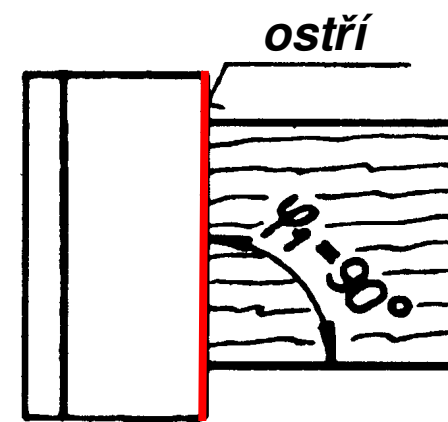
orientace řezné hrany nástroje k průběhu dřevních vláken je definována úhlem φ_1



$$\varphi_1 = 0^\circ$$



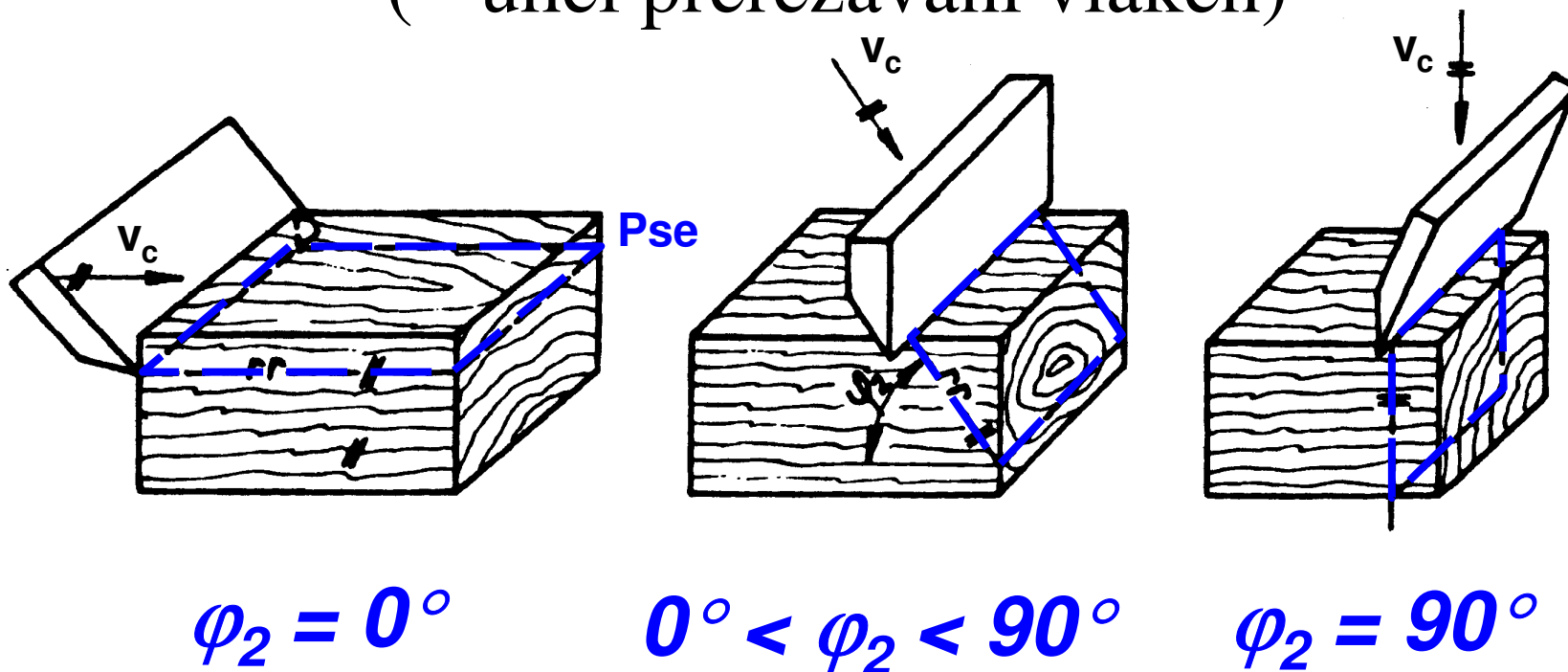
$$0^\circ < \varphi_1 < 90^\circ$$



$$\varphi_1 = 90^\circ$$

Orientace roviny řezu k dřevním vláknům

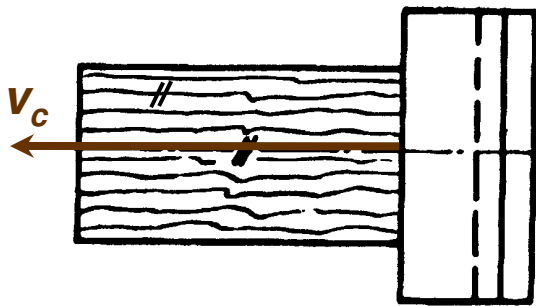
φ_2 – úhel, který svírá rovina řezu a
směr dřevních vláken
(= úhel přerézávání vláken)



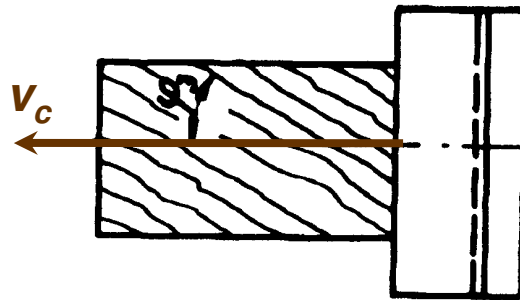
Rovina řezu: rovina vymezená řeznou hranou nástroje – je rovnoběžná se směrem řezání, u rotačních nástrojů je tečnou rovinou k řezné ploše v místě dotyku řezné hrany a řezné plochy

Orientace dřevních vláken k vektoru řezné rychlosti

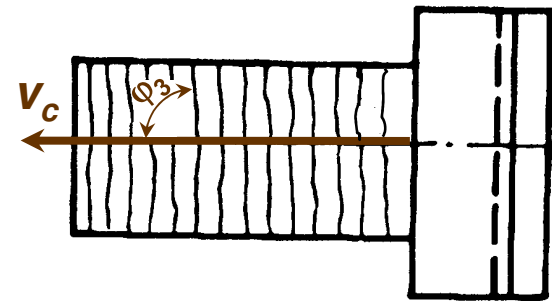
φ_3 – úhel, který svírá vektor řezné rychlosti a
směr dřevních vláken



$$\varphi_3 = 0^\circ$$



$$0^\circ < \varphi_3 < 90^\circ$$



$$\varphi_3 = 90^\circ$$

Vliv hustoty dřeva na obrábění

- *S rostoucí hustotou dřeva (dřevo má menší procento dutin a pórů) – hustší struktura dřeva klade větší odpor při obrábění.*
- *Hustota dřevní substance (bez pórů a dutin) je u všech dřevin přibližně stejná cca $1\,540\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.*
- Tedy rozdíl mezi hustotou různých dřevin tudíž závisí na množství pórů a dutin v objemu dřeva.

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w}$$

[kg·m⁻³]

hde m_w ... hmotnost zkušebního tělesa při dané vlhkosti

V_w ... přesně změřený objem zkušebního tělesa zkoumané dřeviny

Podle hustoty dělíme dřeva na:

***Lehká dřeva** - smrk, borovice, jedle, topol, lípa.*

***Středně těžká dřeva** - modřín, buk, dub, jilm, javor, jasan.*

***Těžká dřeva** – akát, habr.*

Hustoty našich produkčních dřevin se pohybují v rozmezí od 350 do 800 kg·m⁻³.

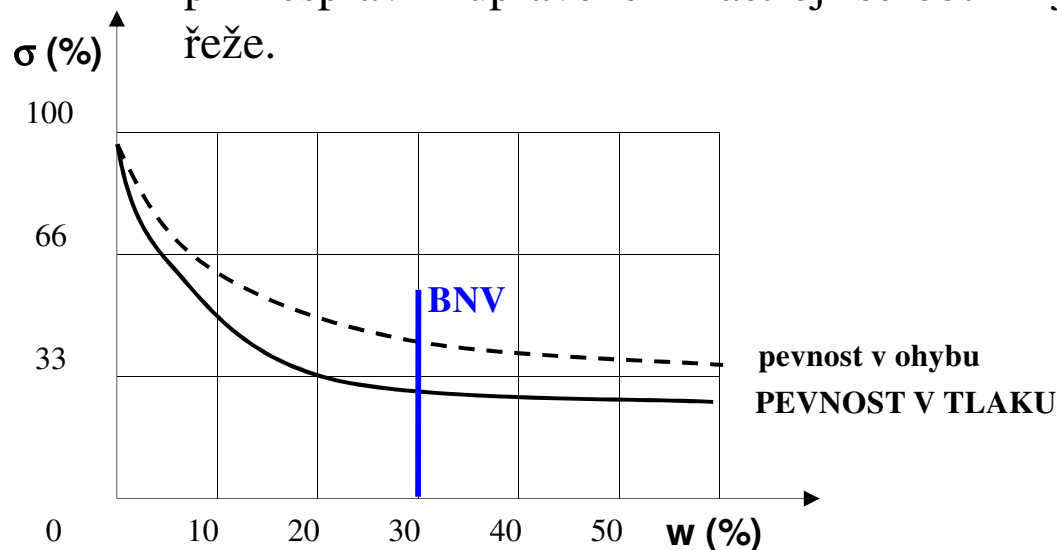
Vliv vody ve dřevě na obrábění

- *S rostoucím obsahem vody se lépe dřevo obrábí* (klesají řezné odpory), protože klesá pevnost dřeva v tlaku a zejména ve stříhu.

- Střihová pevnost významným způsobem ovlivňuje oddělování třísky od základního obráběného materiálu

Zpracování dřeva v prvovýrobě je tedy často realizováno v okolí BNV z důvodu nižších odporů při řezání.

Na druhé straně je více svírán nástroj, takže při nesprávně upraveném nástroji se obtížněji řeže.



Poznámka:

V nasyceném stavu dřeva vodou (BNV) je pevnost dřeva v tlaku podél vláken až 3,8x nižší než ve stavu suchém $w = 0\%$.

Vázaná voda se nachází v buněčných stěnách. Stav, kdy se vypaří všechna volná voda, je určen veličinou zvanou **bod nasycení vláken – BNV** cca 30%. Při dalším vypařování pod BNV dochází k významným vlivům na mnohé vlastnosti dřeva, zejména deformace dřeva.

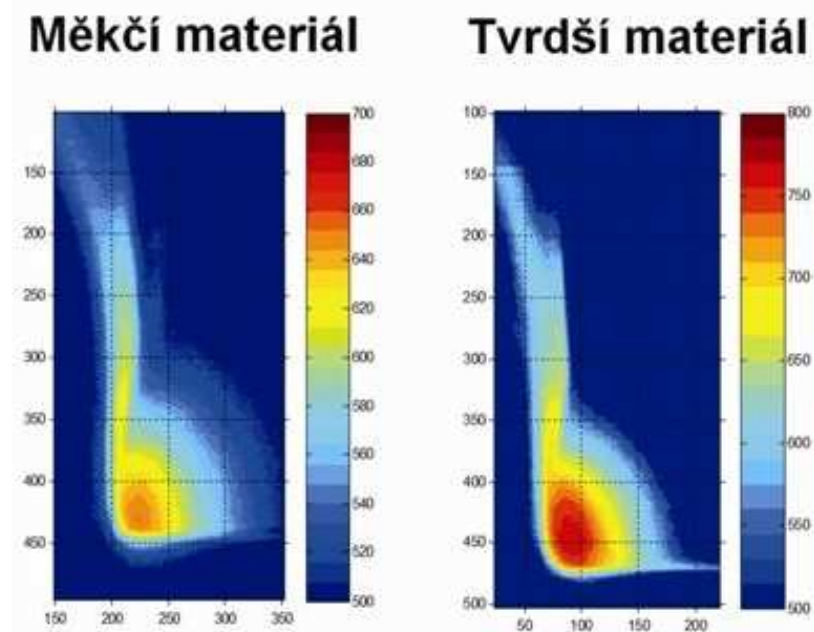
Vliv teploty dřeva na obrábění

S rostoucí teplotou dřeva je lignin tvárnější – klesá pevnost v ohybu i ve střihu → klesá řezný odpor. Vzhledem k anizotropii dřeva je tento vliv výraznější podél vláken. Toho se s výhodou využívá v některých technologických procesech (ohýbání dřeva, krájení a loupání dýh, apod.).

Při obrábění dřeva je třeba uvažovat také tepelné namáhání nástroje - malá hodnota tepelné vodivosti dřeva způsobuje problémy v odvodu tepla – většinu vznikajícího tepla je nutné odvést nástrojem, menší část tepla je odváděna třískou a okolním vzduchem.

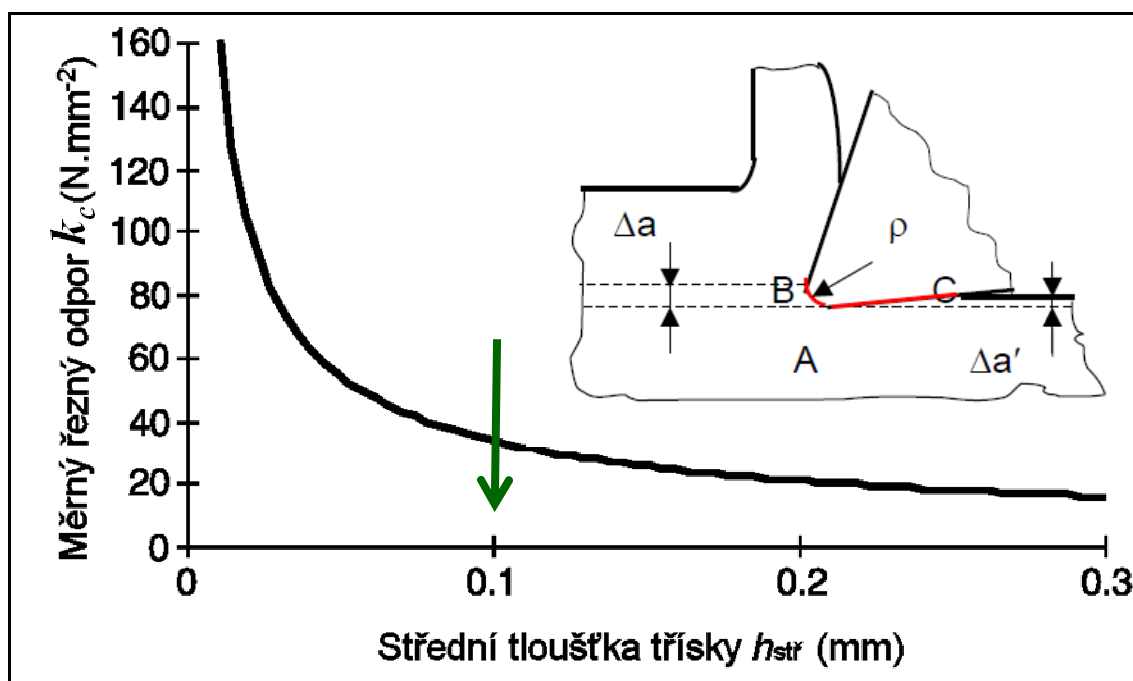
Poznámka:

Bylo zjištěno, že teploty u fréz a pilových kotoučů dosahují na povrchu břitů 600 až 850 °C (do hloubky 5 až 20 µm), Prokeš, 1978. Klesá tvrdost břitů a roste jeho opotřebení. Proto u tvrdých dřev a abrazivních materiálů je třeba volit odolnější nástrojové materiály břitů – např. slinuté karbidy, které lze bez problémů tepelně zatěžovat do 900 až 1100 °C



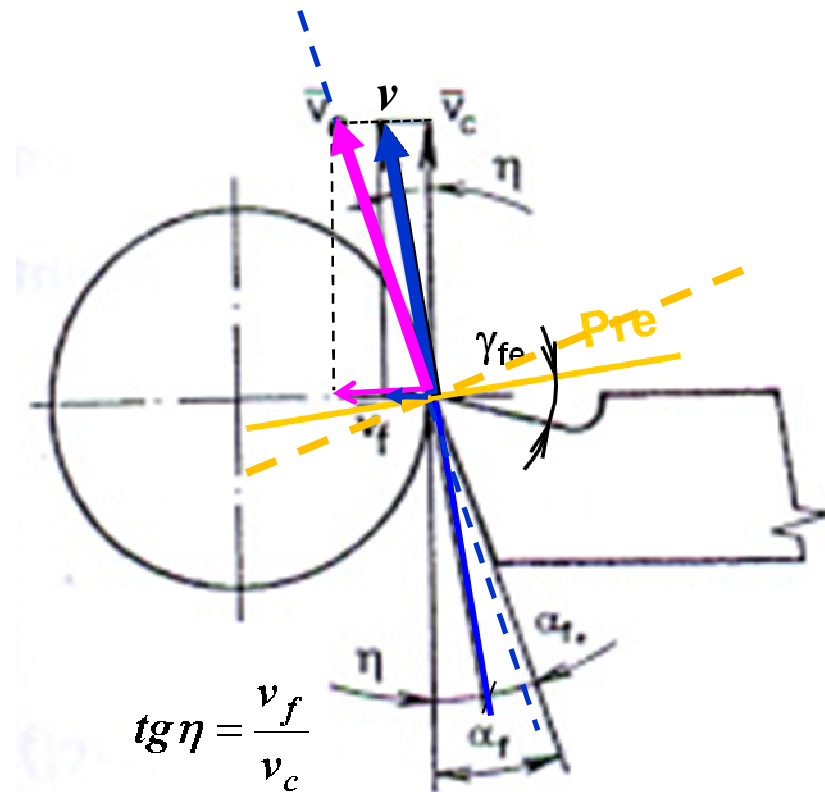
Vliv tloušťky třísky na obrábění

Experimenty bylo potvrzeno, že řezný odpor (řezná síla) je hyperbolicky závislý na tloušťce třísky h . Menším tloušťkám třísky pod úrovní 0,1 mm odpovídají vyšší hodnoty řezného odporu k_c .



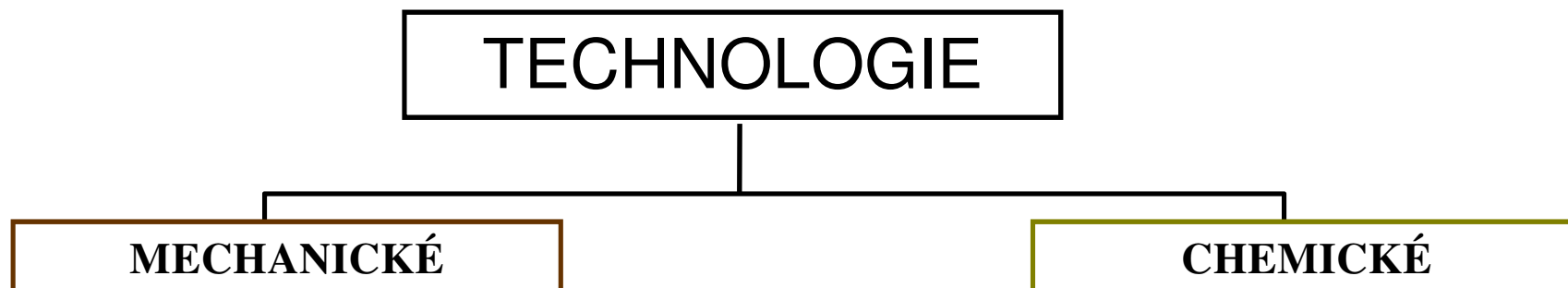
Tuto závislost lze vysvětlit většími plastickými deformacemi (zpevněním) dřeva před břitem (oblast B) a vyššími pasivními odpory (třením) pod hřbetem (oblast A-C). Extrém nastává pokud se poloměr zaoblení ostří blíží aktuální tloušťce třísky, pak velikost měrného řezného odporu k_c může teoreticky růst až do nekonečna.

Vliv řezných podmínek



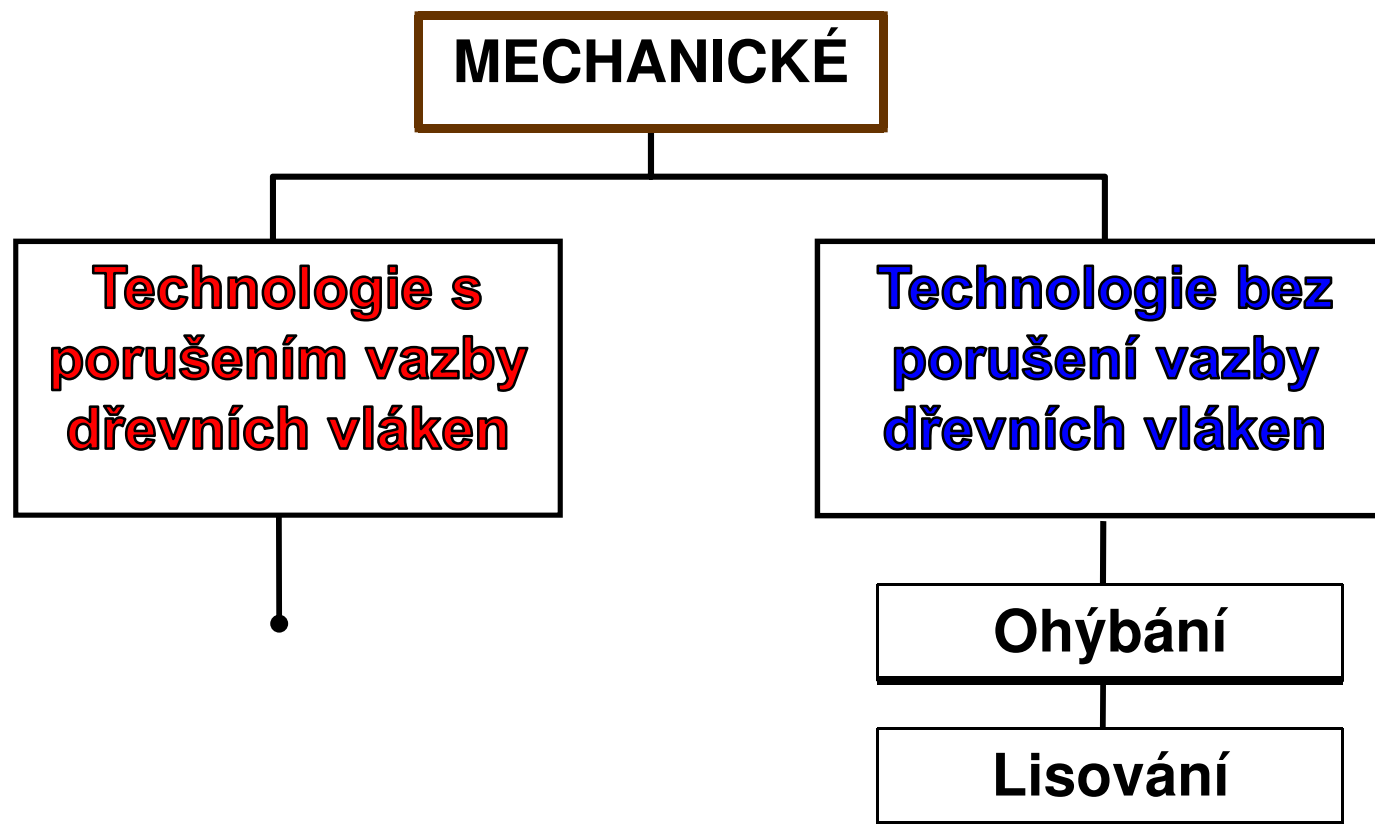
Hodnoty pracovních úhlů hřbetu a čela (např. u soustružnického nože, zubu pásové pily apod.) určuje řezný pohyb, který je dán vektorem rychlosti výsledného řezného pohybu v_e .

2. Technologie zpracování dřeva

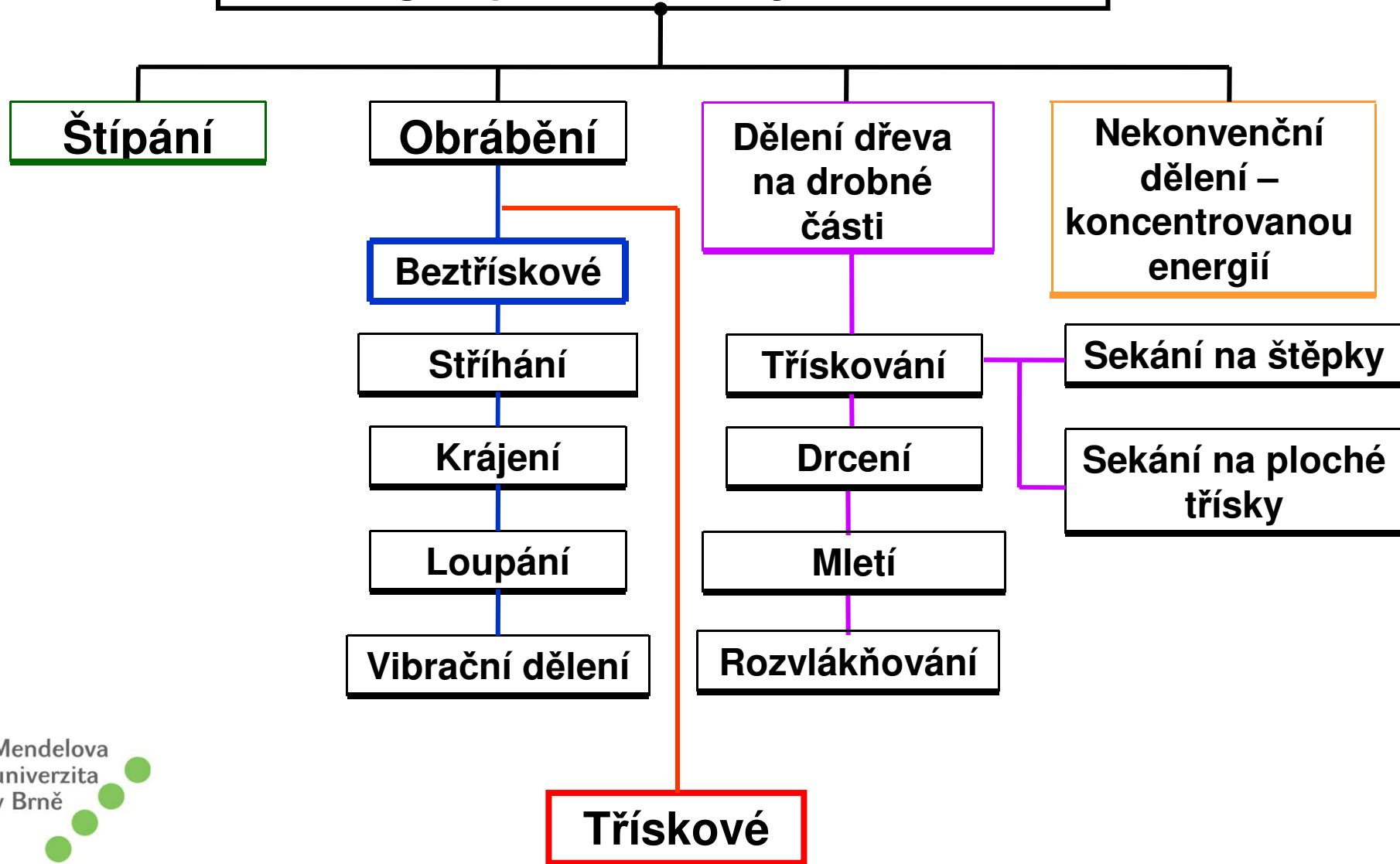


- **Mechanické** – technologie jimiž se mění tvar a objem obrobku - obrobek se přeměňuje na výrobek (např. pořez výřezů na řezivo, frézování hranolků na profilové dílce).
- **Chemické** – technologie, která mění chemické složení a vlastnosti zpracovávaného materiálu (např. chemicky a termicky modifikovaná dřeva, výroba buničiny a papíru, atd.).

Třídění podle Prokeš

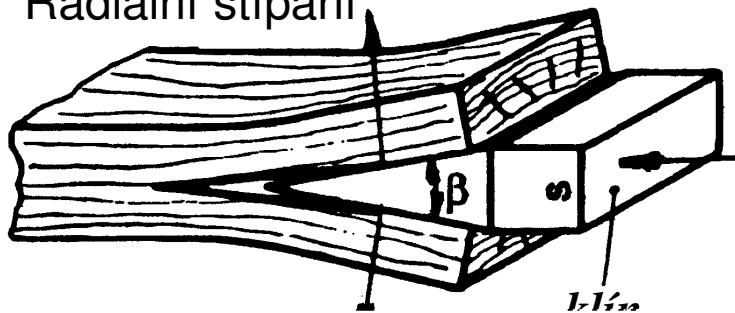


Technologie s porušením vazby dřevních vláken



A. Štípání

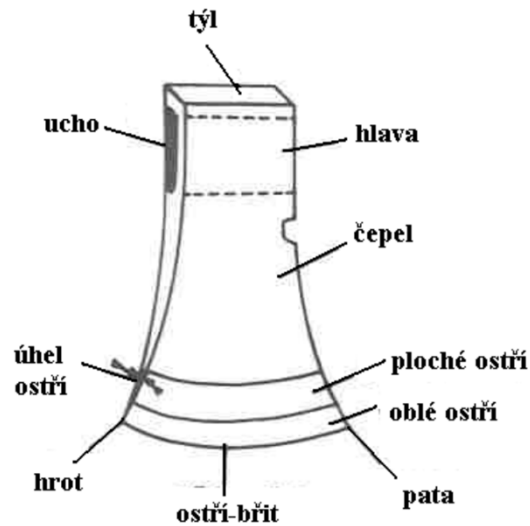
Radiální štípání



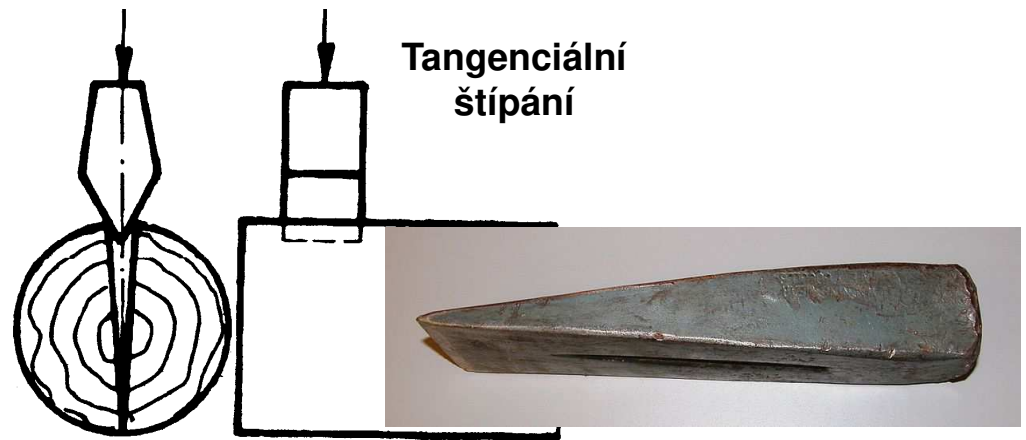
Štípání je proces dělení dřeva, při kterém štípací klín (sekera) vniká do dřeva v dělicí ploše rovnoběžně s vlákny. Využívá se malá pevnost dřeva v tahu kolmo na vlákna.

Pevnost dřeva ve smyku podél vláken se u jehličnanů pohybuje od 5 MPa do 9 MPa, u listnatých dřevin od 6 MPa do 21 MPa.

Sekera



Tangenciální štípání

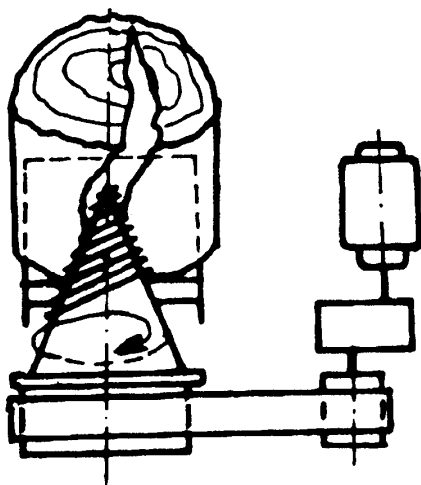


Štípací stroje

S hydraulickým pohonem



Se závitovým klínem



Hydraulická štípačka svislá

Video 1

Mobilní štípačka Mustang



Vodorovná štípačka- hobby



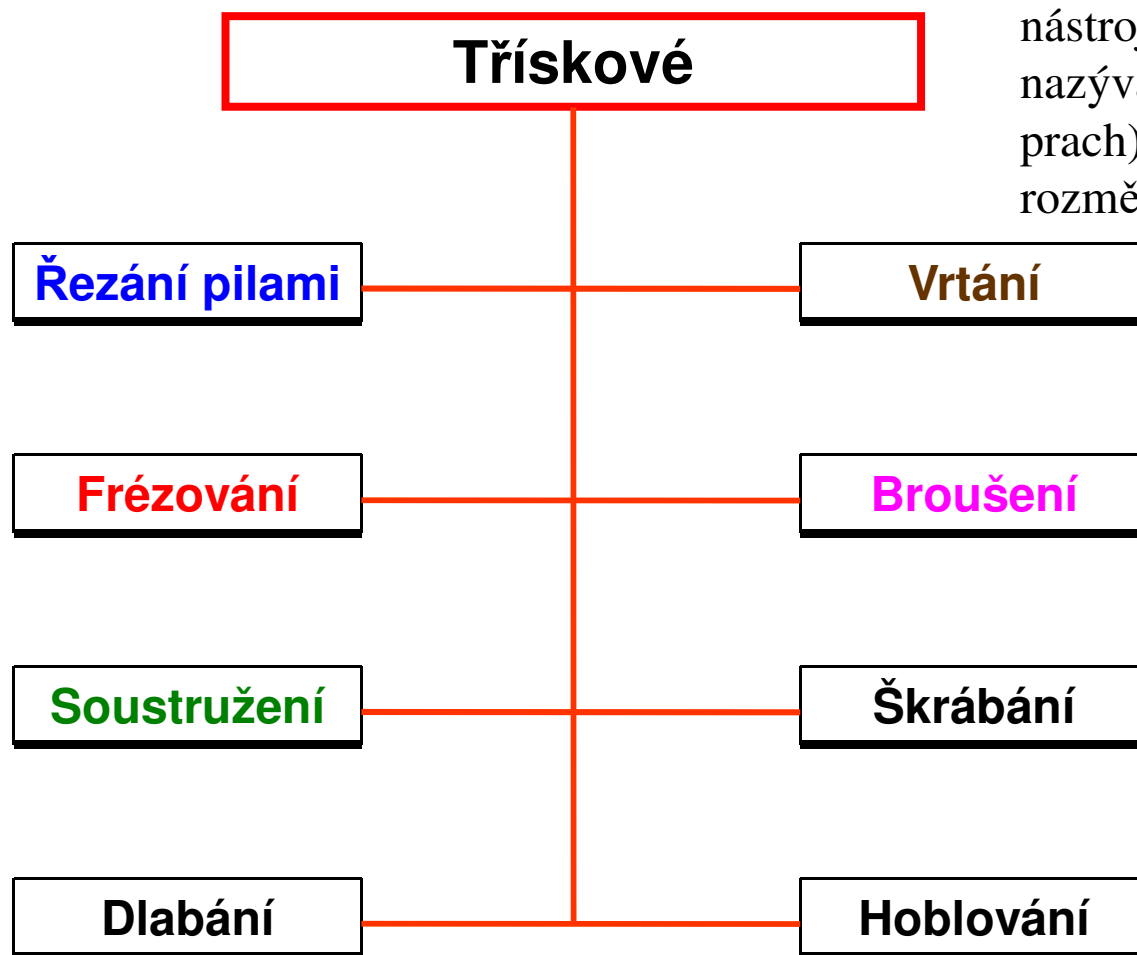
Mendelova
univerzita
v Brně

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ.1.07/2.2.00/28.0019

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

B. Třískové obrábění

Je technologický proces, kdy od obráběného povrchu obrobku je nástrojem oddělována malá část hmoty nazývaná tříska (pilina, hoblina, dřevní prach). Výrobek získává žádaný tvar a rozměr.



B1. Řezání pilami

- pomocí nástroje - pily - plechu s vytvořeným ozubením na jeho okraji, oddělujeme materiál ve formě pilin

Stroje

rámové pily (*vertikální, horizontální, zkracovací*)

kotoučové pily (*cirkulárka na palivové dříví, zkracovací, kmenová, omítací, rozmítací, truhlářská, formátovací, kapovací, ...*)

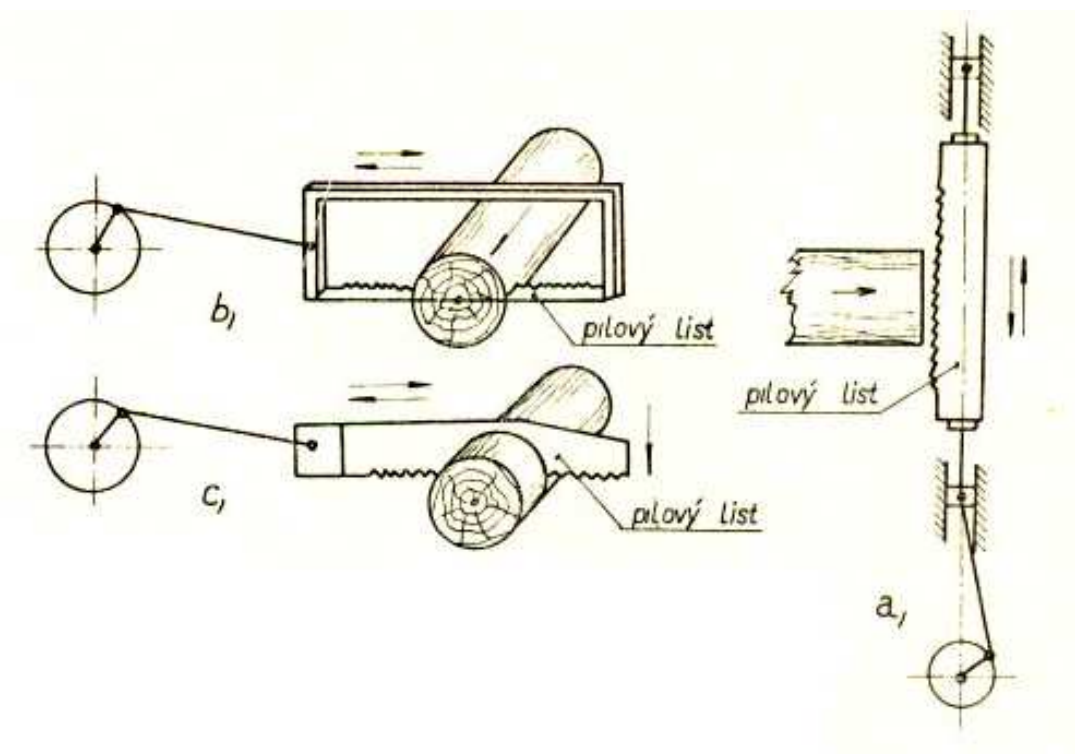
pásové pily (*horizontální, vertikální, kmenová, rozmítací, truhlářská, ...*)

řetězové pily



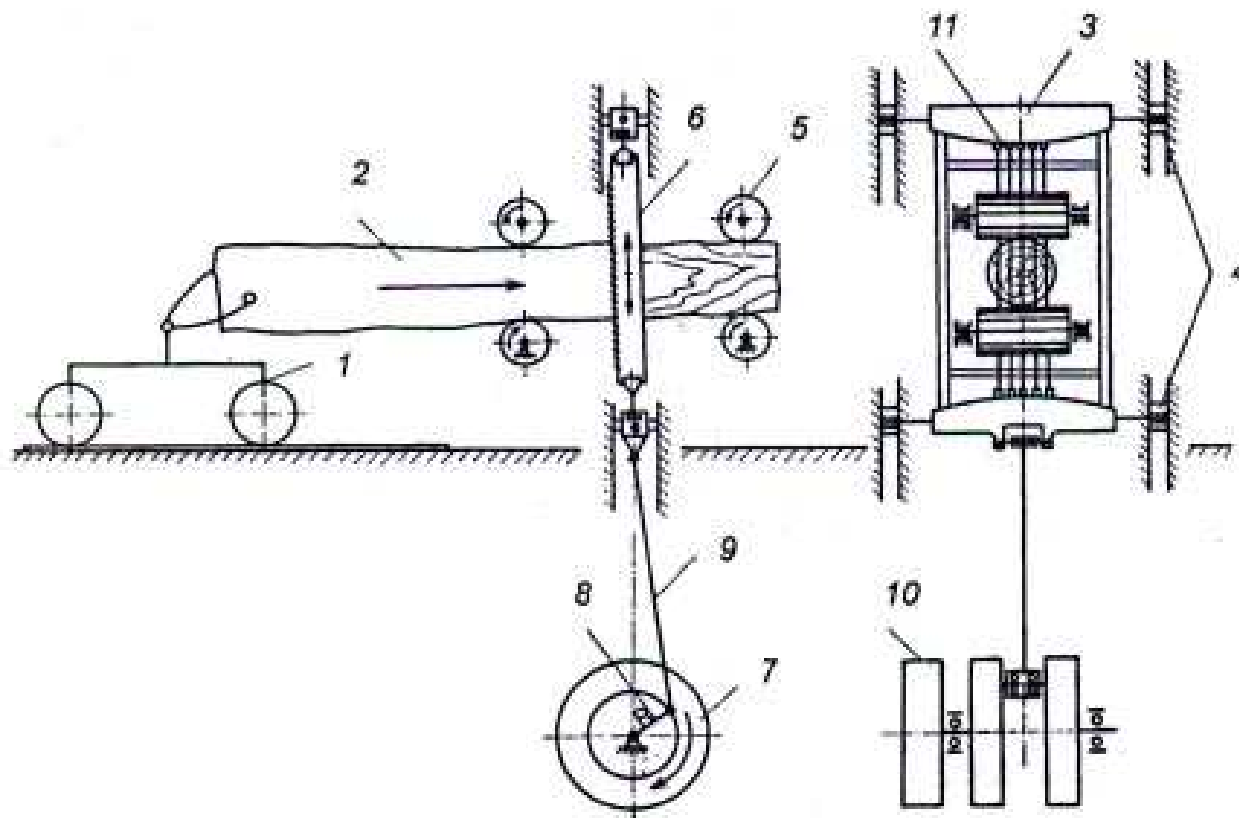
Rámové pily

- a) vertikální
- b) horizontální
- c) zkracovací



Princip řezání na svislé rámové pile

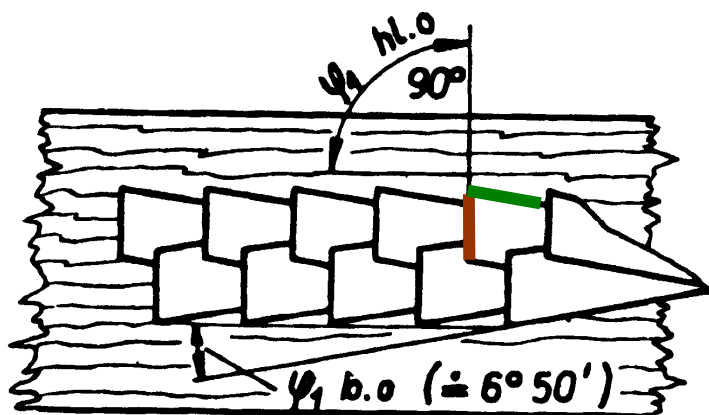
Video 2
Pořez na ostro



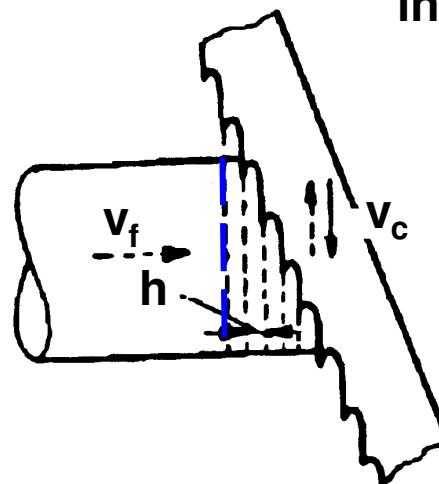
1 – upínací vozík, 2 – výřez, 3 – pilový rám, 4 – smýkadla, 5 – podávací válce,
6 – pilové listy, 7 – setrvačnick s vyvažovacím závažím, 8 – klika, 9 – ojnice,
10 – řemenice

Rámová pila s posuvem za volného zdvihu

rozváděné zuby



indikovaný pohyb
zubu ve dřevě



Charakteristiky:

-**hlavní ostří** (hl.o.) (\perp)

-**boční ostří** (b.o.) ($\#$)

$$\varphi_0 = 0^\circ \quad \varphi_1 = 90^\circ \quad \varphi_2 = 90^\circ \quad \varphi_3 = 90^\circ$$

$$\varphi_0 = 15^\circ \quad \varphi_1 = 6^\circ 50' = \lambda \quad \varphi_2 = \varphi_1 \quad \varphi_3 = 90^\circ$$

Pozn.: Při malém rozvodu zubů, můžeme s velmi malou chybou uvažovat model bočních řezných hran přibližně za řezání tangenciální ($\#$).

Pilnice se dvěma rámovými pilami



Kotoučové pily

- a) stolní kotoučová pila
- b) zkracovací pila
- c) rozmítací pila
- d) kmenová pila

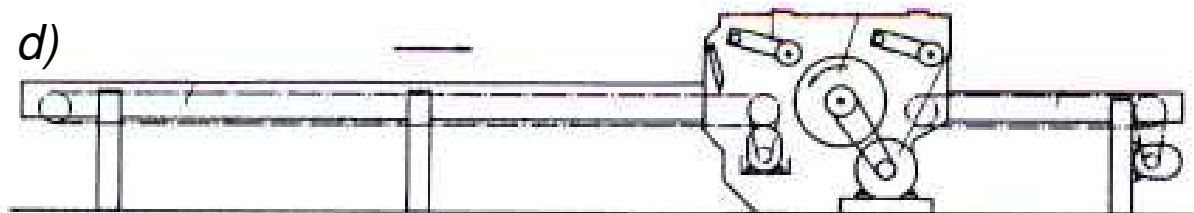
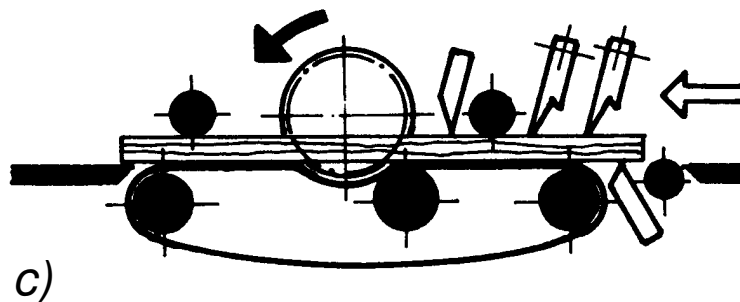
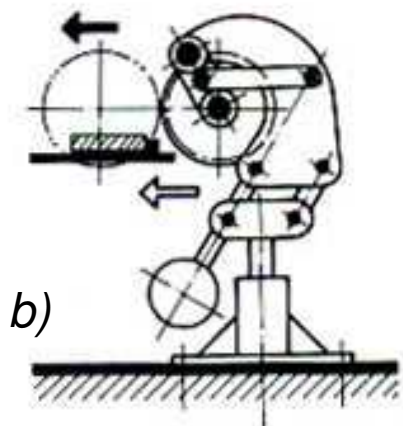
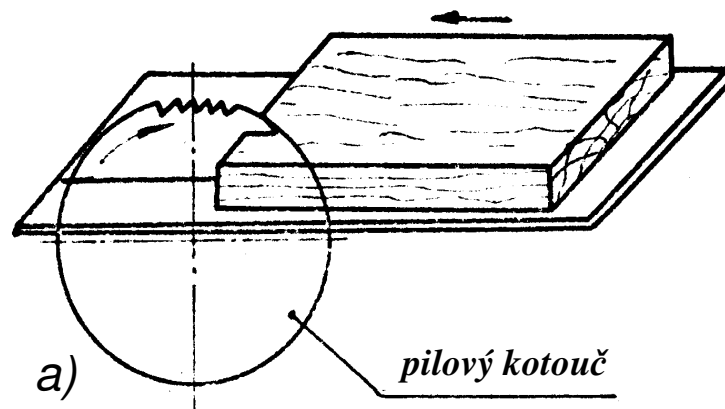
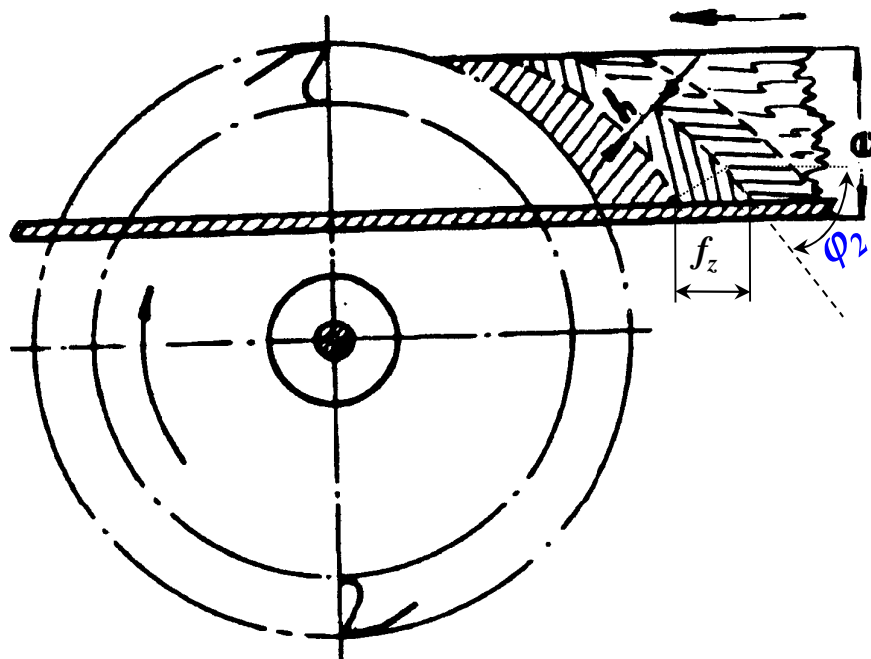


Schéma řezání na kotoučové pile

Video 3
Úhlová pila



Indikovaný pohyb ostří zubu pilového kotouče je cykloidní (při výpočtech se v praxi často nahrazuje kruhovým obloukem).

⇒ úhel φ_2 se tedy mění.

$$0^\circ < \varphi_2 < 90^\circ$$

$$\varphi_2 = \arcsin(h/f_z) (^\circ)$$

Charakteristiky:

hlavní ostří (hl.o.) (\parallel - \perp)

boční ostří (b.o.):

- při nízké poloze stolu (∇ - \parallel)
- při vysoké poloze stolu (\parallel - ∇)

Pásové pily

a) horizontální

b) vertikální

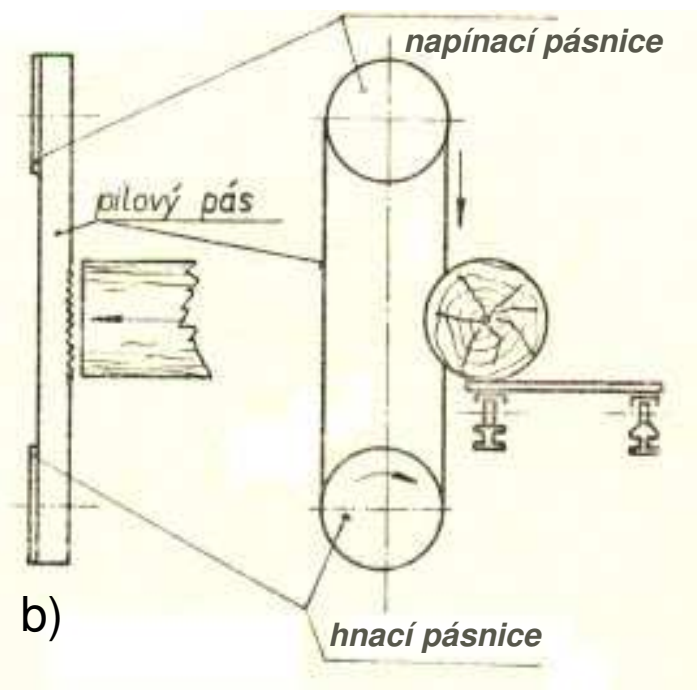
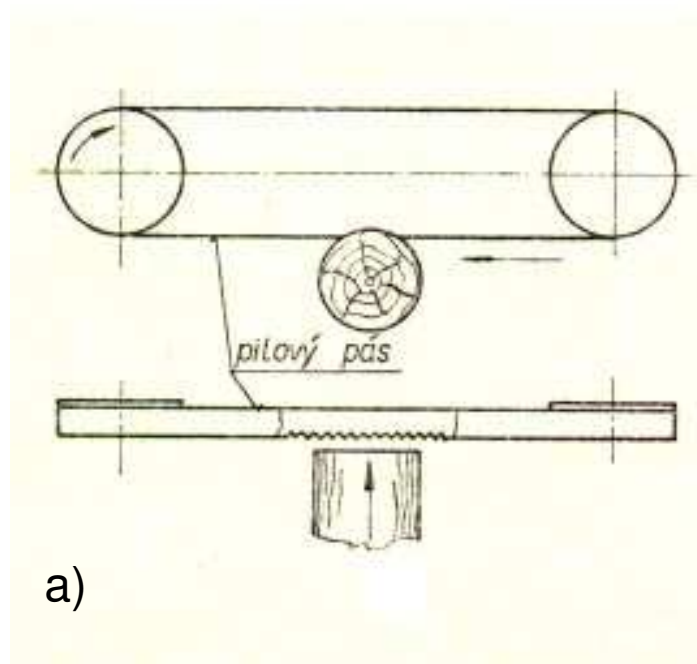
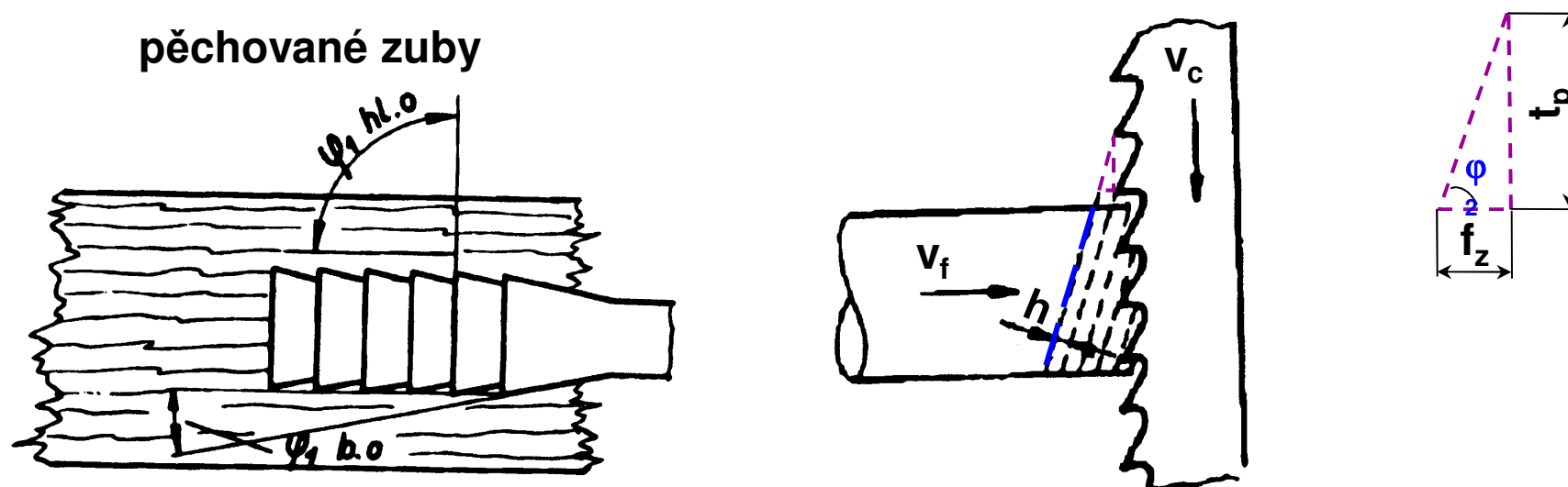


Schéma řezání na pásové pile

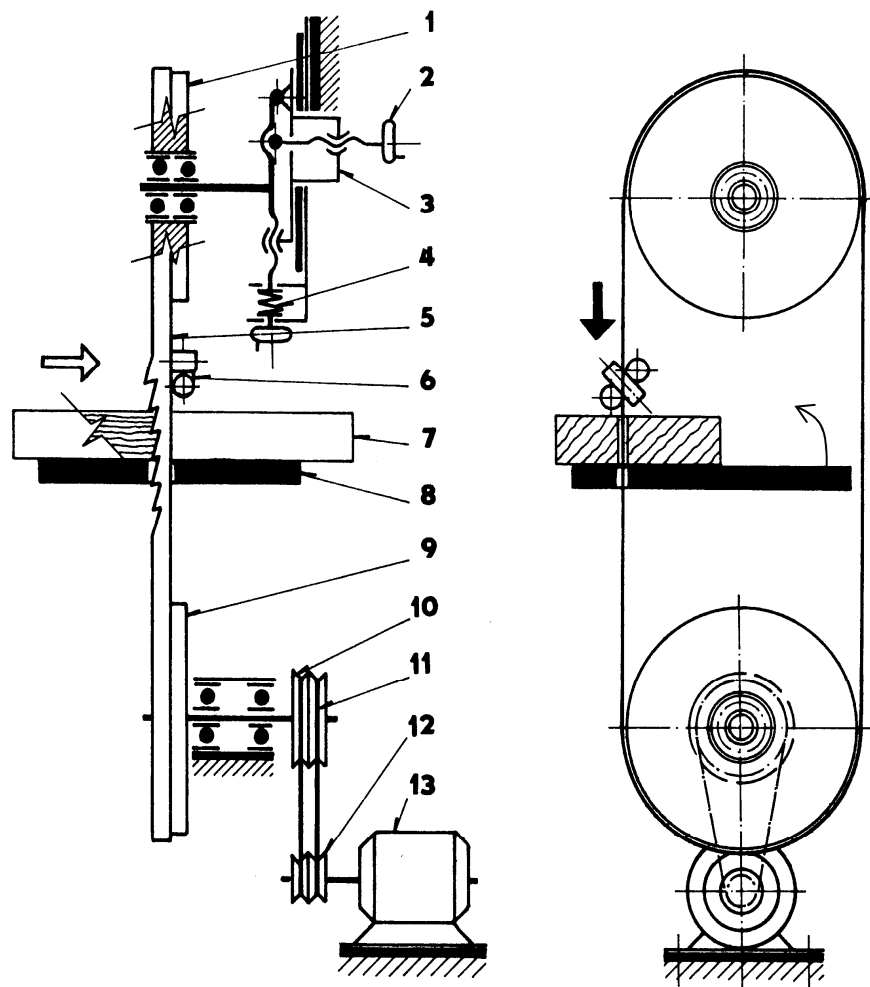


Charakteristiky:

-hlavní ostří (hl.o.) (\parallel - \perp) $\varphi_0 = 0^\circ$ $\varphi_1 = 90^\circ$ $\varphi_2 = \arctg(t_p/f_z) (^\circ)$ $\varphi_3 = 90^\circ$

-boční ostří (b.o.) ($\#$ - \parallel) $\varphi_0 \neq 0^\circ$ $\varphi_1 = 6^\circ 50'$ $\varphi_3 = \arctg(t_p/f_z) (^\circ)$

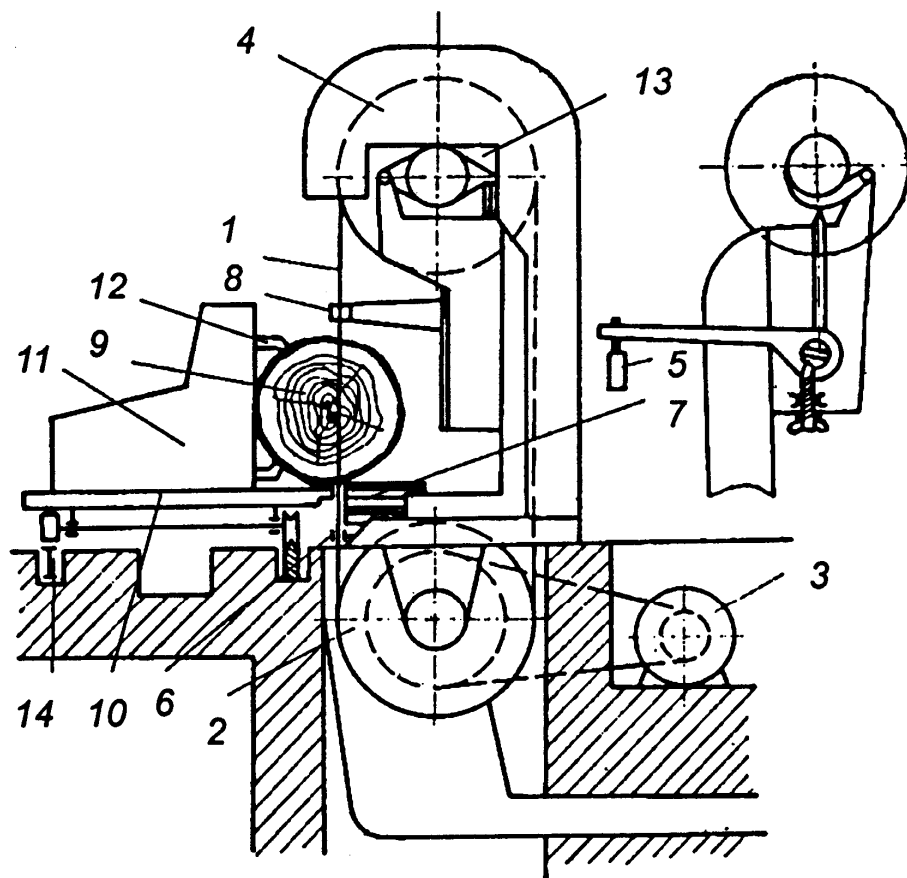
Truhlářská pásová pila



1 – napínací pásnice, 2 – kolečko vahadla pro napínání pásnice, 3 – suport, 4 – mechanismus pro výškové nastavení suportu, 5 – pilový pás, 6 – vodítka, 7 – obráběný materiál, 8 – nastavitelný stůl, 9 – hnací pásnice, 10, 12 – řemenice, 13 – elektromotor



Svislá kmenová pásová pila

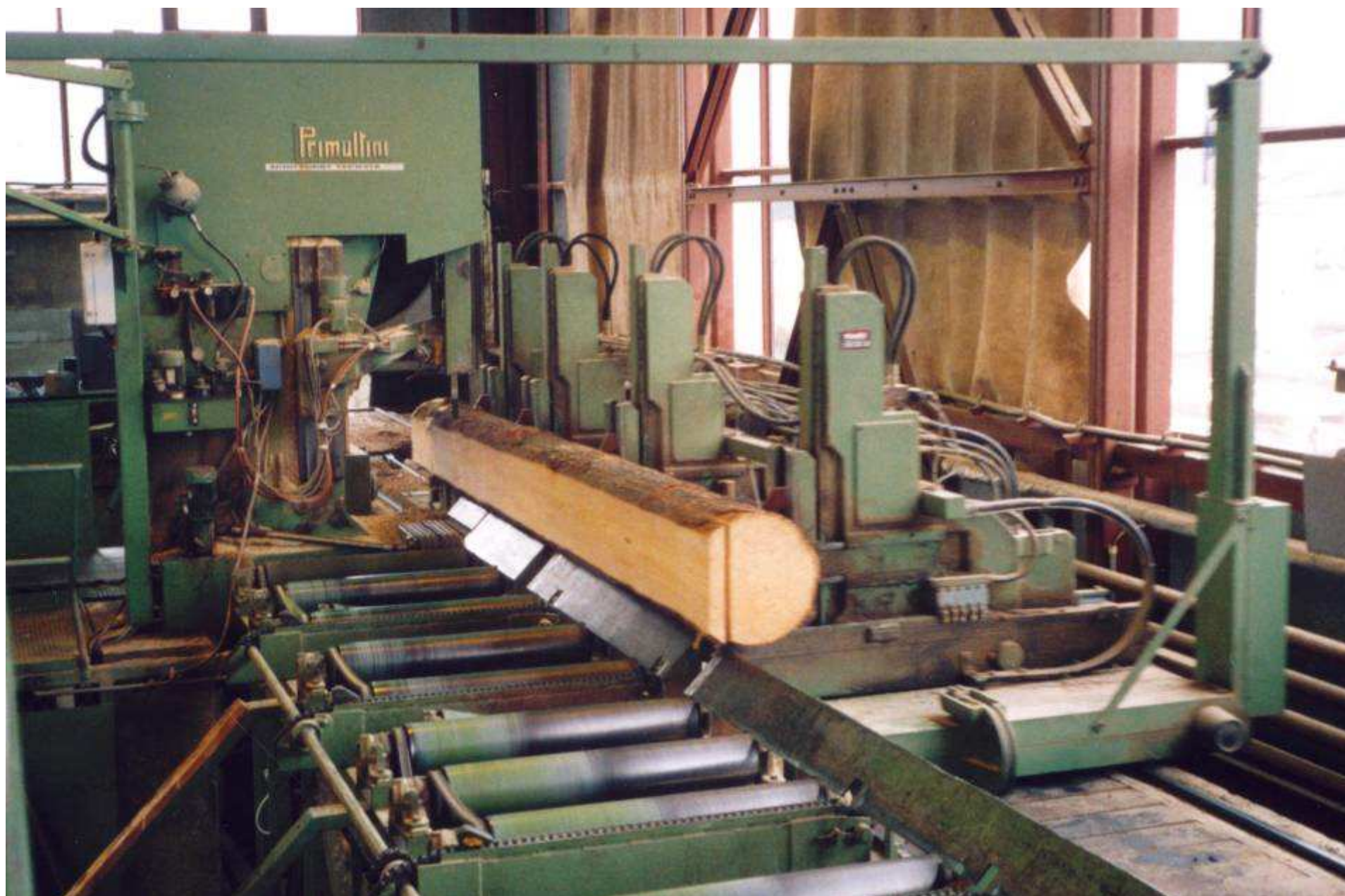


1 – pilový pás, 2 – spodní hnací pásovnice, 3 – elektromotor, 4 – horní napínací pásovnice, 5 – napínací mechanismus pásu, 6 – spodní vodítko, 7 – odsunový válečkový dopravník, 8 – horní vodítko, 9 – výřez, 10 – vozík výřezu, 11 – posuvná ramena, 12 – upínací háky, 13 suport ložiska horní pásovnice, 14 – dráha vozíku



Svislá kmenová pásová pila

Video 4 PP



B2. Frézování

Je proces, kdy pomocí rotujícího nástroje (frézy, frézovací hlavy) je zpracováván povrch dílce na požadovaný tvar s velmi dobrou kvalitou povrchu.

Podle polohy osy otáčení a tvaru plochy obrábění rozeznáváme frézování:

- **válcové, kotoučové, kuželové, čelní, čelně kuželové, tvarové**

Stroje

srovnávačky (*hoblovky*) – *srovnávání (rovinné frézování, hoblování povrchu)*

tloušťkovačky – *tloušťkování (frézování dvou protilehlých ploch na danou tloušťku)*

svislé spodní frézy – *(tvarové i přímočaré frézování profilů)*

ozubovačky – frézování čepových, rybinových, hřebenových a klínových ozubů

profilovací (tvarovací) frézy – *profilování (tvarové frézování), kdy je materiál frézován na přesný tvar, zpravidla ze čtyř stran*



Srovnávání

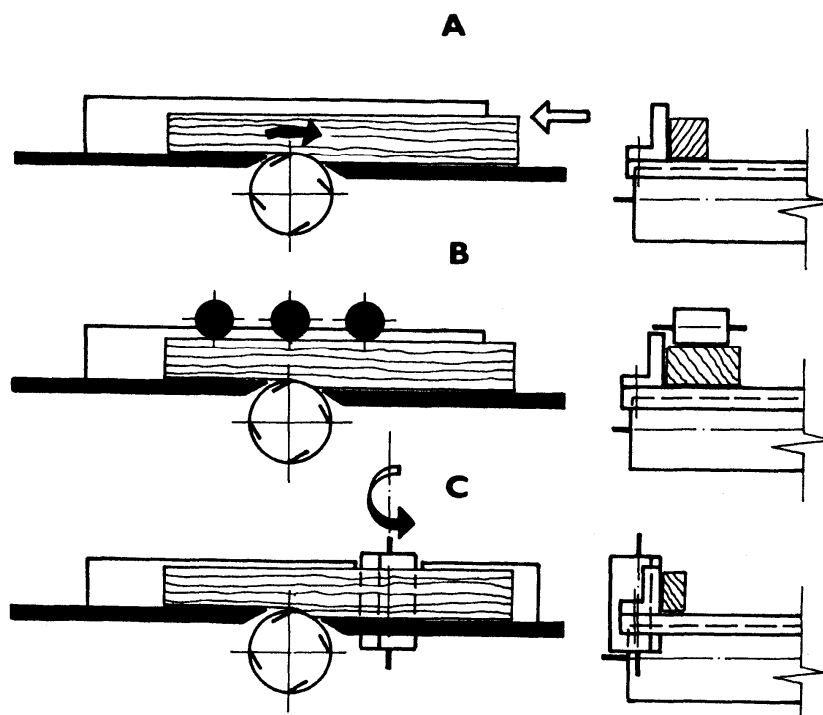
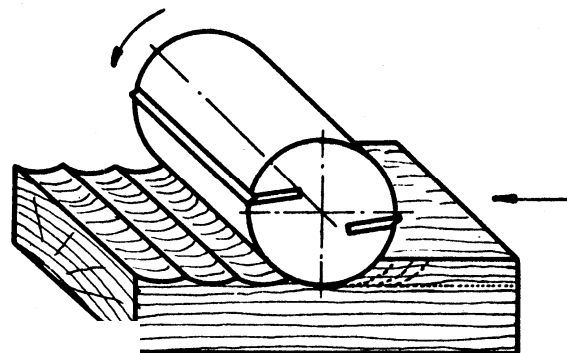


Schéma srovnávaček:

A – ruční posuv

B – válečkový posuv

C – s boční frézou

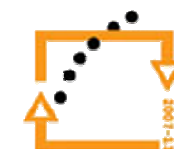
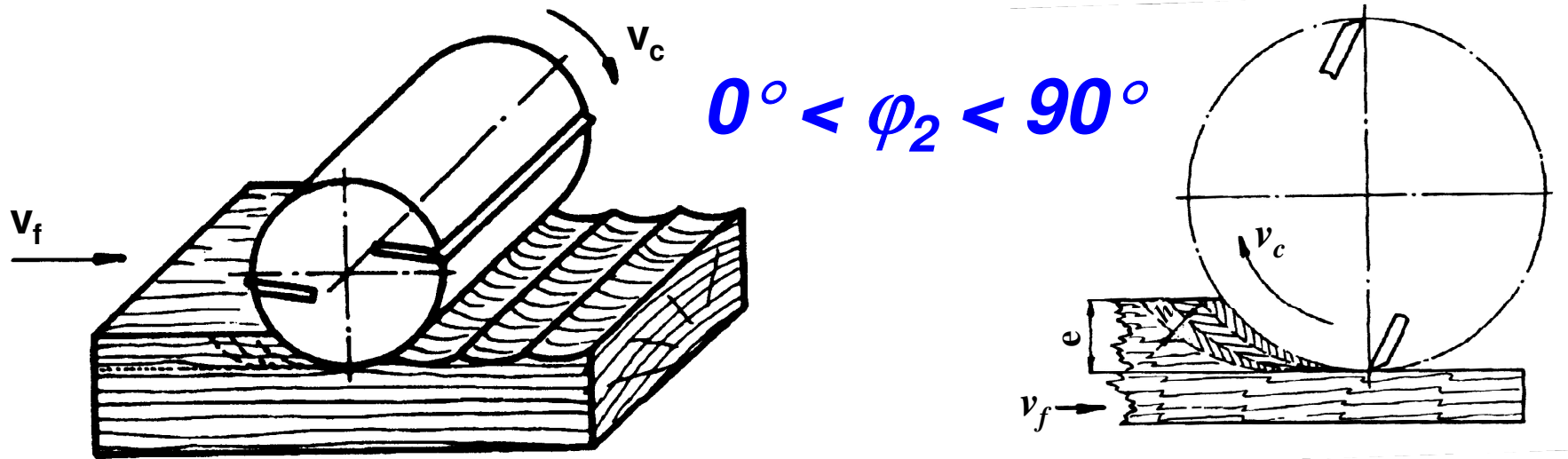


Schéma rovinného frézování



Indikovaný pohyb ostří nože frézovací hlavy je cykloidní (při výpočtech se v praxi často nahrazuje kruhovým obloukem).

⇒ úhel φ_2 se tedy mění.

Charakteristiky:

Model řezání (hl.o.) (\parallel - \perp) $\varphi_0 = 0^\circ$ $\varphi_1 = 90^\circ$ $\varphi_2 = \arcsin(h/fz)$ ($^\circ$)

Srovnávací frézka

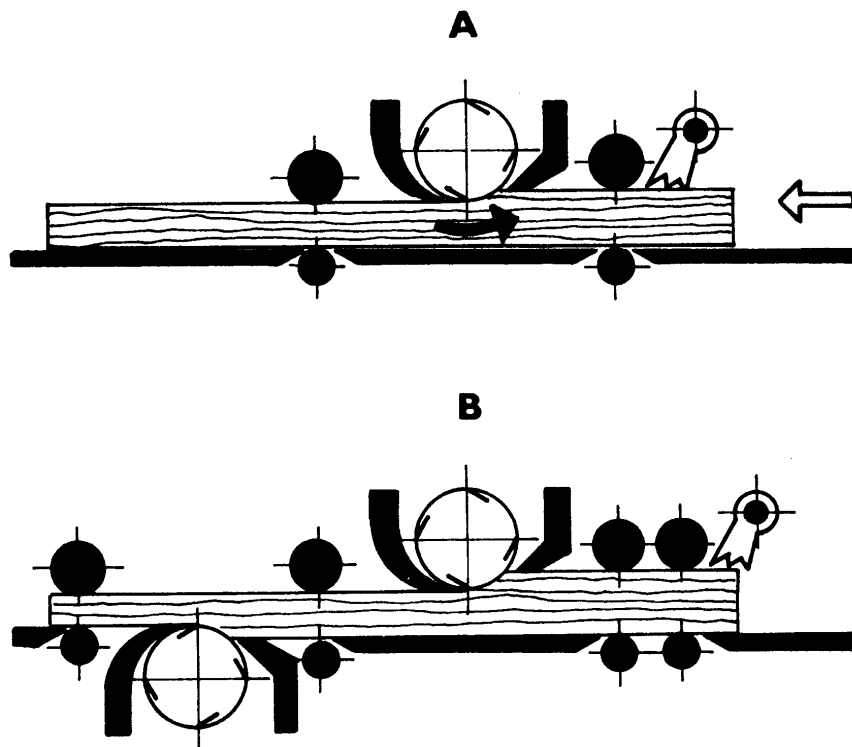
(srovnávačka)



Srovnávačka je stroj pro rovinné frézování (srovnávání) ploch a boků desek a hranolků vodorovnou nožovou hřídelí osazenou dvěma nebo čtyřmi noži.



Tloušťkování



A – jednostranné
B – dvoustranné

Tloušťkováním
dosáhneme
srovnání desek
nebo hranolků na
přesnou tloušťku
a to buď jednou
nebo dvěma
nožovými
hřídelemi.



Tloušť'kovací jednostranná frézka

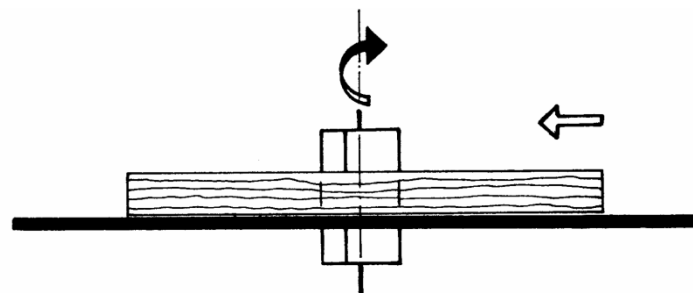
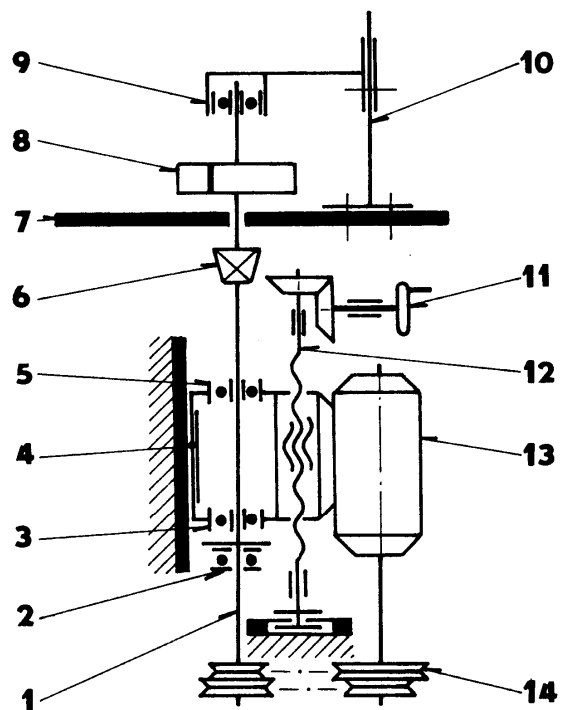
(protahovačka)



Stroj se skládá ze stojanu, stolu, nožových hřídelí a jejich elektromotorů, posouvacího, přítlačného a omezovacího zařízení, protihlukové kapotáže a elektroinstalace.



Frézování spodní svislou frézku



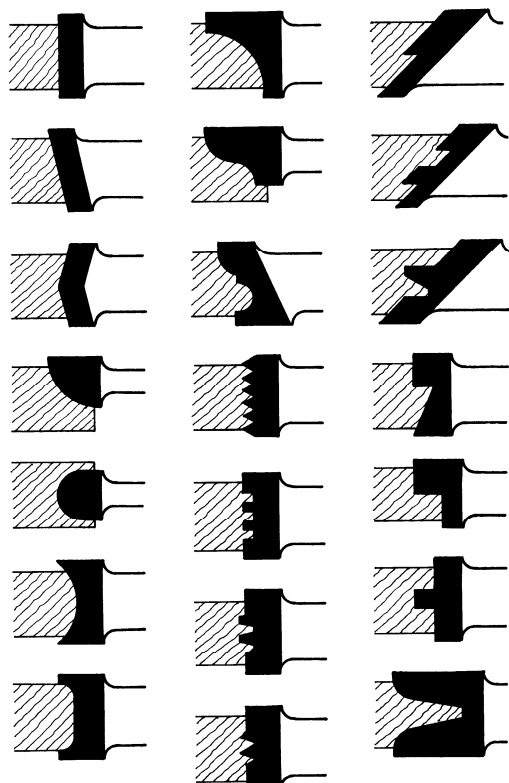
Materiál je frézován frézou upnutou na svislém vřetenu ve spodní části stroje. Frézovat je možné přímočaré i zakřivené profily (tvarování).

1 – vřeteno, 2 – spodní axiální ložisko, 3 a 5 – radiální ložiska, 4 – suport, 6 – matice vřetena, 7 – pracovní stůl, 8 – fréza, 9 – radiální ložisko ramene opěrného sloupku, 10 – opěrný sloupek, 11 – kolečko pro výškové seřizování vřetena, 12 – šroub suportu, 13 – elektromotor, 14 – řemenový převod

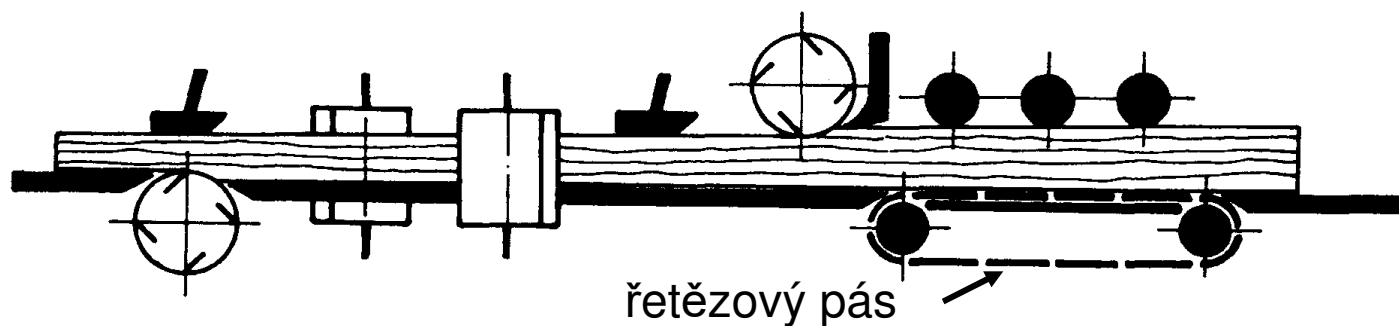


Frézování profilů

VIDEO 5
Kombi
stroj



Tvarové (profilové) čtyřstranné frézování



Tvarovým frézováním (profilováním) se dřevěný materiál frézuje na přesný tvar, zpravidla ze čtyř stran, čtyřmi nebo více nožovými hřídeli, frézovacími hlavami a frézami, které se otáčejí rovnoměrnou rychlostí proti směru posouvání materiálu. Materiál je posouván do řezu posuvnými válci, kladkami nebo řetězovým pásem.



Čtyřstranná frézka

VIDEO 6
Čtyřstranka

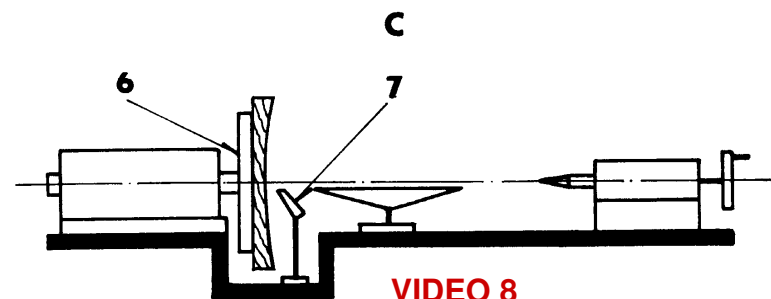
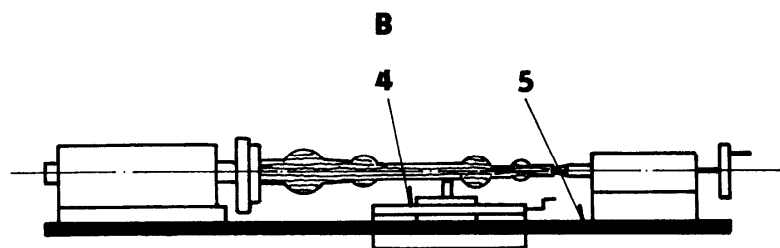
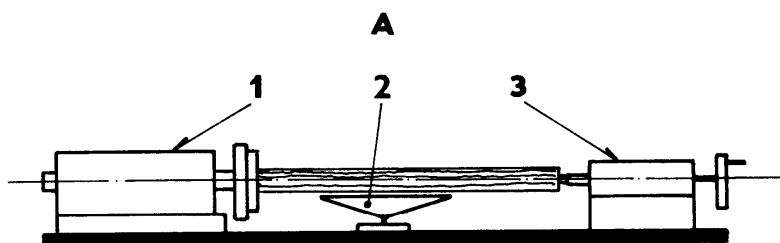


FWP22super TOS Svitavy

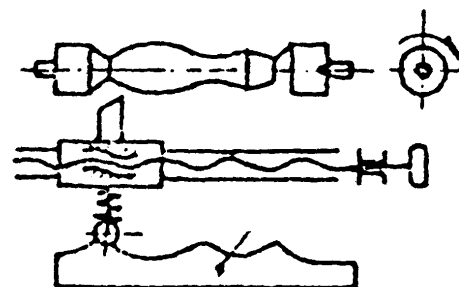
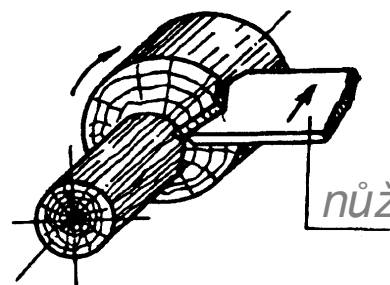
Tyto stroje jsou určeny pro hromadnou výrobu hranolků, lišt pro rámy nábytkových výrobků, dveřních profilů, okenních křídel, palubek na podlahy atd.



B3. Soustružení



VIDEO 8



1 – vřeteník, 2 – podélná opěrka,
3 – koník, 4 – křížový suport s
kopírovací šablonou a držákem
nožů, 5 – stojan, 6 – lícní deska,
7 – příčná podpěrka

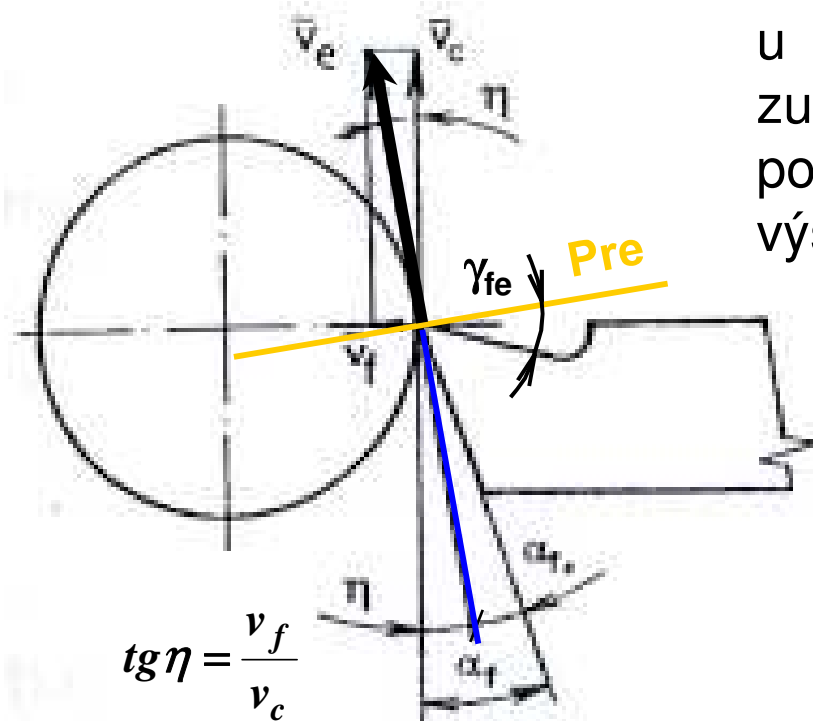
Schéma soustruhů:

A – hrotový
B – speciální (hrotový
kopírovací)
C – lícní



Schéma soustružení

Hodnoty pracovních úhlů α_{fe} a γ_{fe} (např. u zapichovacího soustružnického nože, zubu pásové pily apod.) určuje řezný pohyb, který je dán vektorem rychlosti výsledného řezného pohybu v_e .



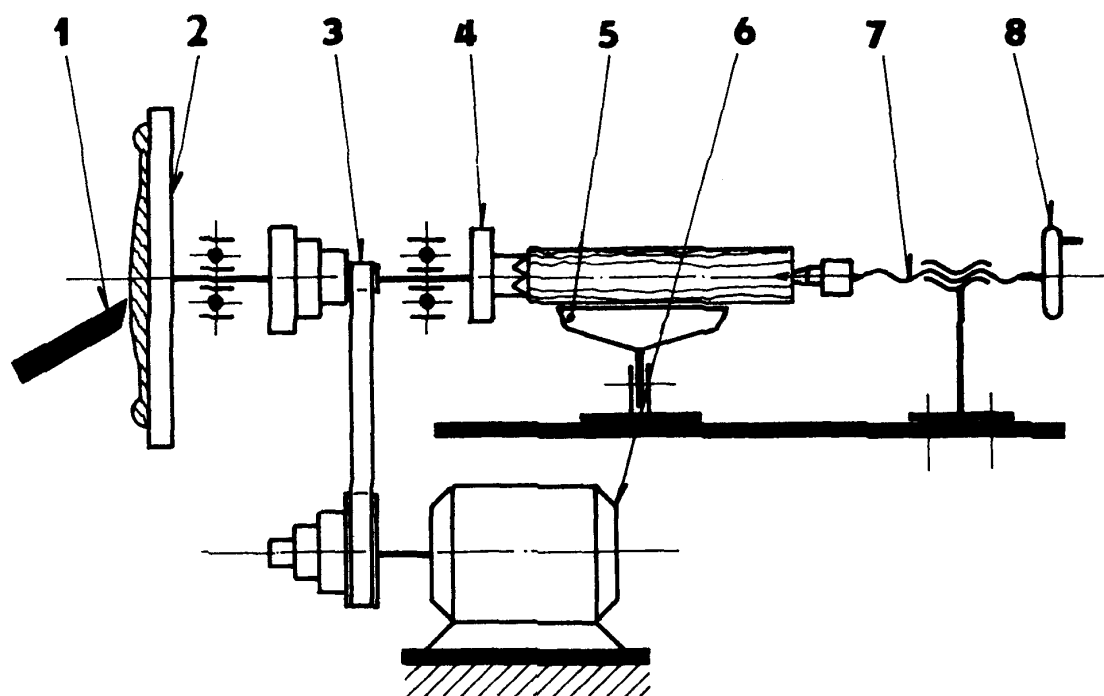
**Negativní změna pracovního úhlu
hřbetu a čela díky vysoké posuvné
rychlosti:**

$$\alpha_{fe} = \alpha_f - \eta$$

$$\gamma_{fe} = \gamma_f + \eta$$

Poznámka: Při vysokých podávacích rychlostech dochází k rapidnímu snížení úhlu hřbetu α_{fe} a hrozí zvýšené tření břitů nástroje o obrobek se všemi negativními důsledky pro obrábění.

Hrotový soustruh s lícní deskou

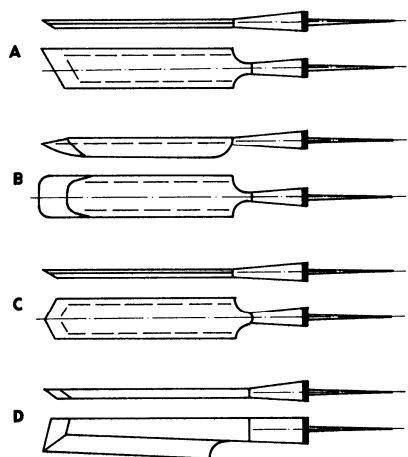


1 – příčná podpěrka (stolek), 2 – lícní deska (brousící disk), 3 – stupňovitý řemenový převod, 4 – vřeteno s upínacím sklíčidlem (trnem), 5 – podpěrka, 6 – elektromotor, 7 – koník, 8 – ruční kolečko pinoly koníku

Soustružení jednoduchých i složitých tvarů, při použití přípravku je možno provádět kopírování tvarů podle šablony, soustružení spirálových drážek a broušení.



Hrotový soustruh a nože pro ruční soustružení



Nože:

A – soustružení na hrubo

B – soustružení na čisto

C – na úhlové přechody

D – na vnitřní plochy



Mendelova
univerzita
v Brně

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ.1.07/2.2.00/28.0019

<http://www.uni-max.cz/soustruh-na-drevo-305-index/d/>

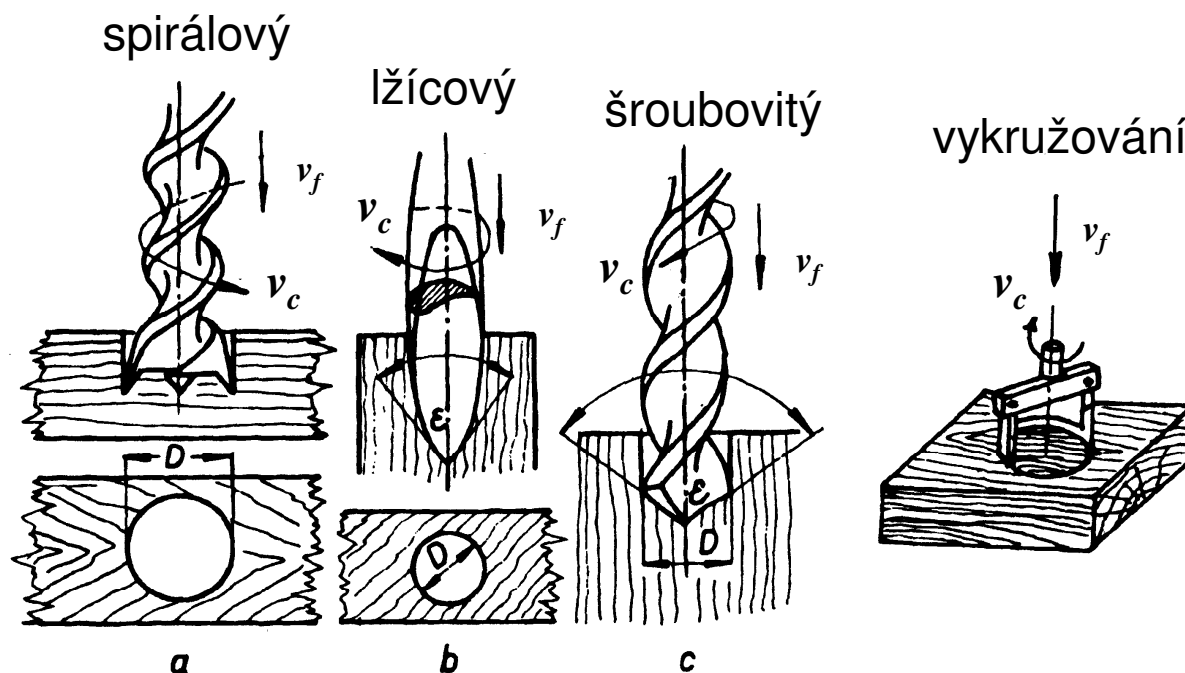
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

B5. Vrtání

VRTÁK

Vrtání (vyvrtávání) otvorů, kruhového neproměnného průřezu. Otvory jsou průchozí nebo slepé.

Stroje: Vrtačky – svislé, vodorovné, skupinové



Video
Vrtání
čtvercové
díry



VIDEO 9a, b, c

- a – vrtání kolmo na vlákna spirálovým vrtákem
- b – vrtání rovnoběžně s vlákny lžícovitým vrtákem
- c – vrtání rovnoběžně s vlákny šroubovitým vrtákem
- d - vykružování

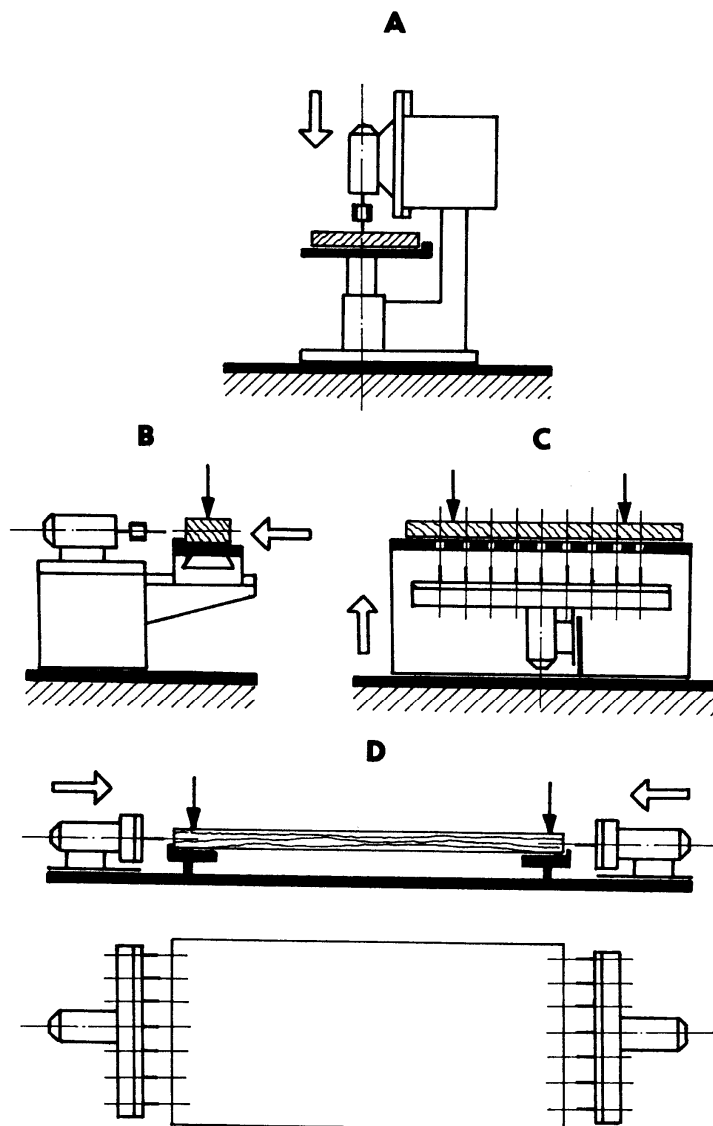
Schéma vrtaček:

A – jednovřetenová
svislá

B – jednovřetenová
vodorovná

C – vícevřetenová na
kolíkové spoje

D – dvoustranná
vícevřetenová na
kolíkové spoje



Kolíkováčka



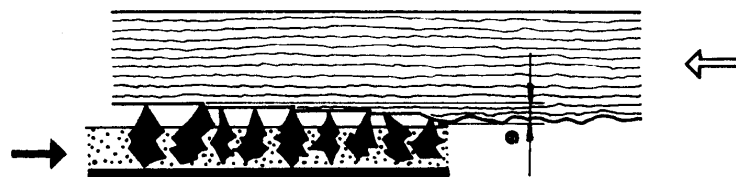
Základní popis:

- ocelová konstrukce
- minimální údržba
- náklonné vrtací hlavy pro vrtání z čela
- nastavení hloubky vrtání

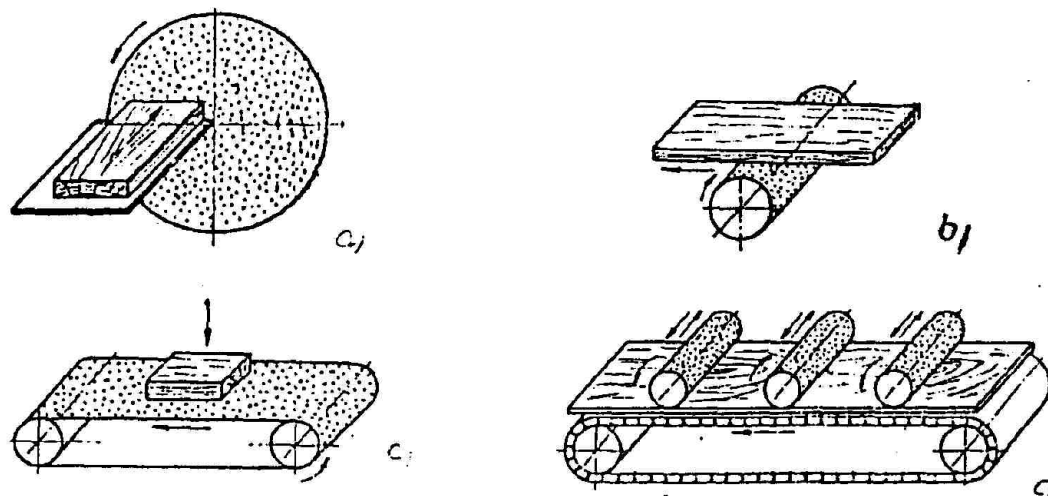


B6. Broušení

VIDEO 10



Broušení je proces jemného zahlázení povrchu dřeva brusným prostředkem (brusný papír, kotouč, kámen)



- a – obvodové a čelní broušení kotoučovou bruskou
- b – broušení válcovou bruskou
- c – broušení pásovou bruskou
- d – sdružené a speciální broušení

Širokopásová bruska

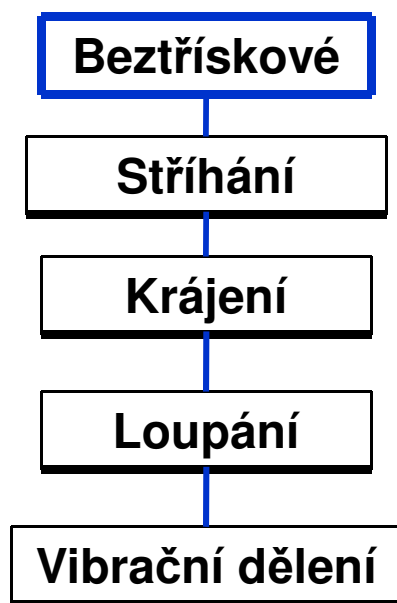


SCM SANDYA 10

Automatická širokopásová egalizační bruska vhodná pro kalibraci masivního dřeva a broušení dýhovaných i lakovaných dílců.



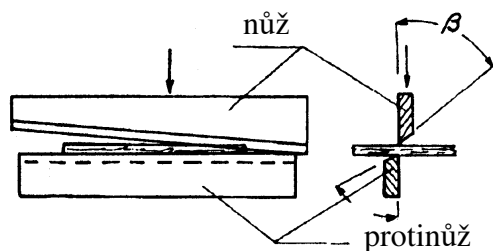
C. Beztrískové obrábění (dělení)



Je technologický proces, kdy je oddělována (dělena) část obrobku (např. dýha, krájené prkénko, velká tříska pro výrobu třískových desek apod.)



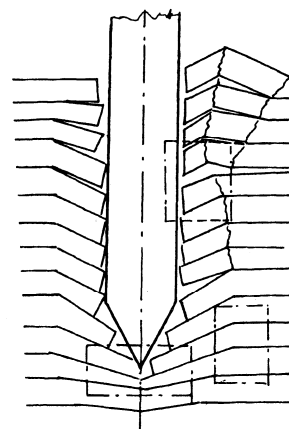
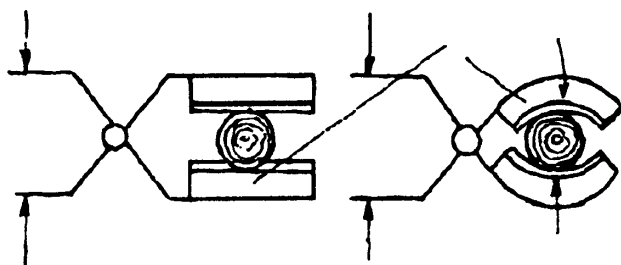
C1. Stříhání



Stříhání je proces realizovaný dvěma nástroji – nožem a protinožem.

- a) Stříhání dýh a dýhových svazků
- b) Stříhání řeziva a kulatiny

a)



b)

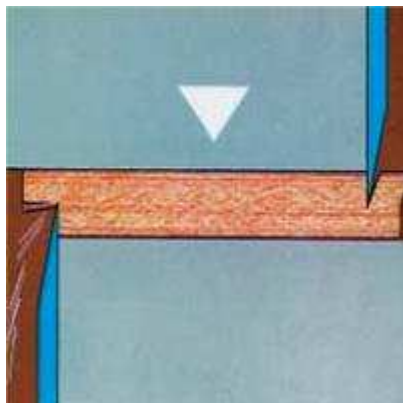
Tento proces se občas používá při těžbě dřeva (zkracování kulatiny)

Výhody: snižování hluku při srovnání s prací MŘP.

Nevýhody: nesnadná použitelnost v členitém terénu

Značná deformace vláken a vznik trhlin při vnikání nože do dřeva

Stříhání svazku dýh



C2. Krájení

Krájení dýh

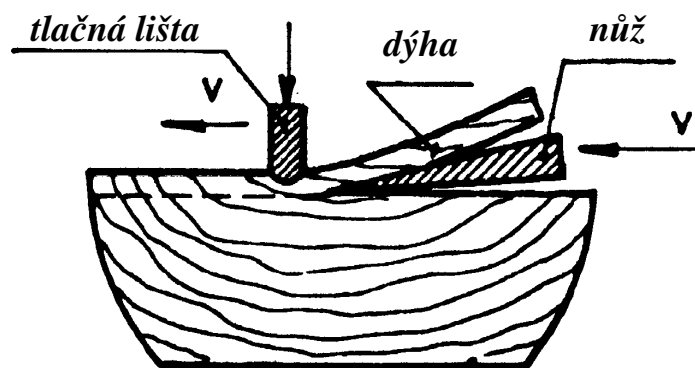
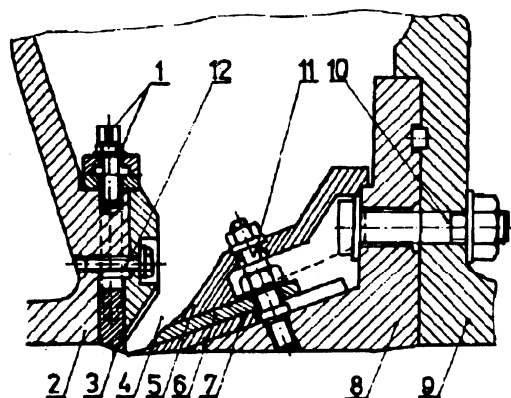
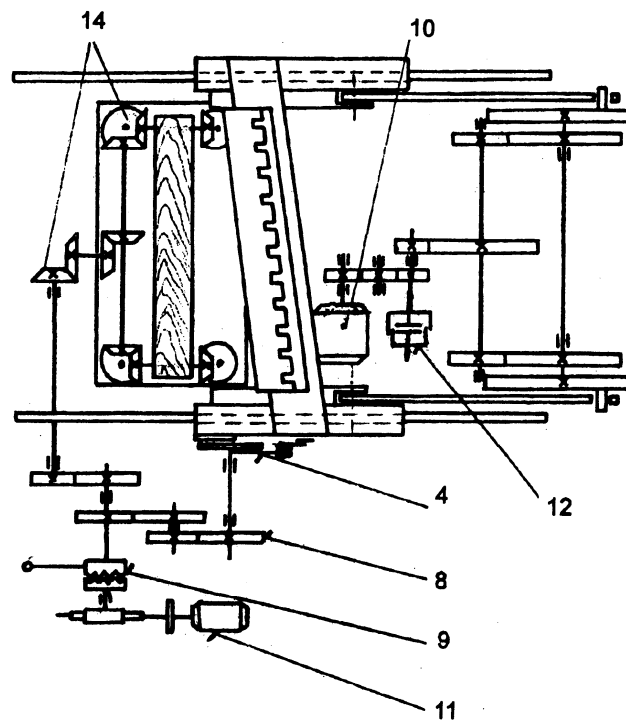


schéma
upnutí
nožů



Krájení dýh je prováděno ve směru tangenciálním, polotangenciálním nebo radiálním (docílují se lepší kvality dýh – dřevo klade menší odpor při dělení vláken) na průběh dřevních vláken.

Vodorovná kráječka



C3. Loupání

Loupání dýh

Loupání dýh je řezný proces produkující tenkou, rovnoměrně tlustou a velkoplošnou třísku (dýhu). Řezání je realizováno nožem po Archimédově spirále v tangenciálním modelu.

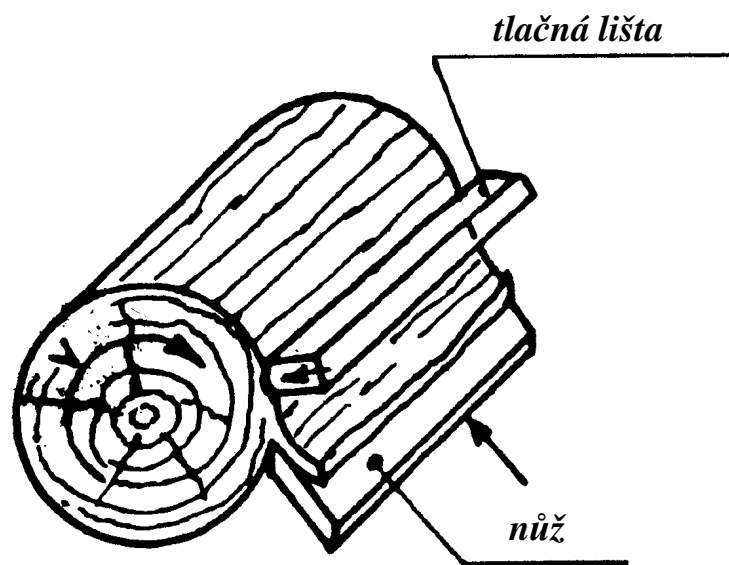
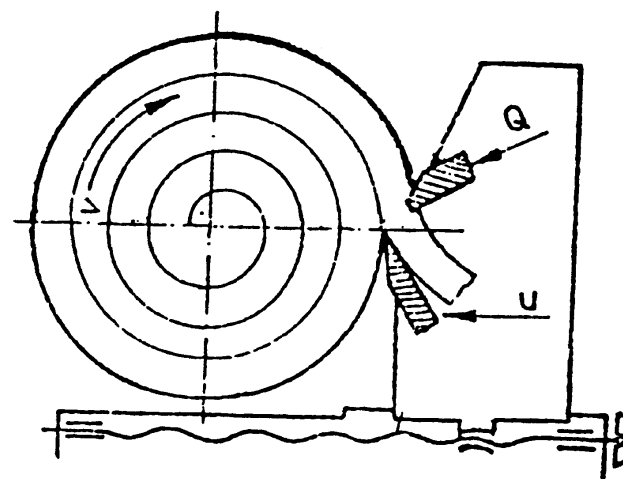
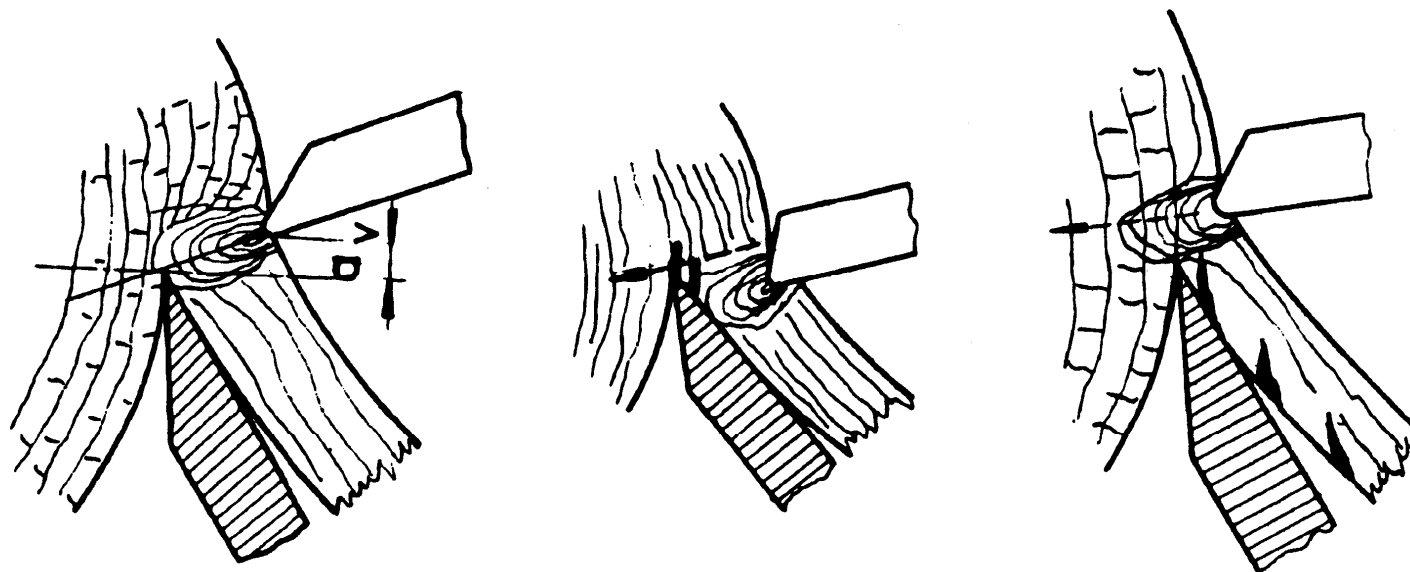


Schéma loupání



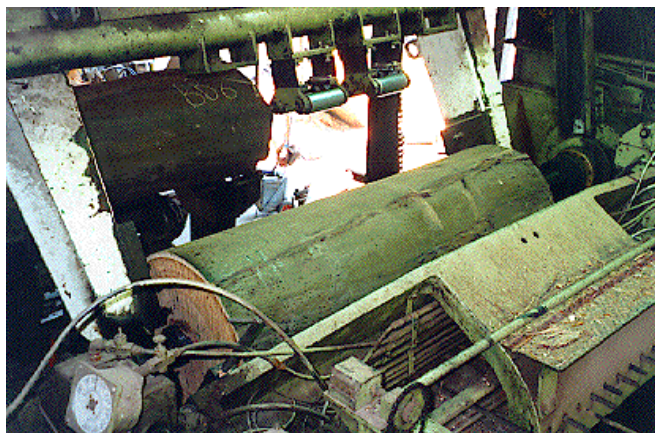
Problémy při loupání dýh



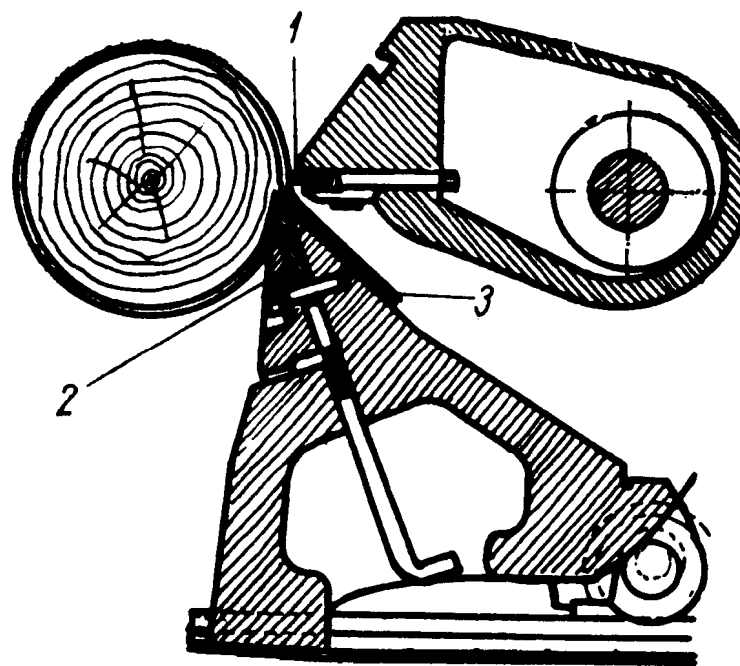
Bez přítlaku a plastifikace v místě dělení dýhy by docházelo k popraskání a k záštěpům pod ostrím nože. Přítláčná lišta musí plastifikovat materiál dýhy přesně v místě dělení, označené a_v .



Loupání dýhy z kmene



Nožový suport loupáčky



Kmen je částečně změkčen pářením 1 – přítlačná lišta, 2 – loupací nůž, 3 – dýha

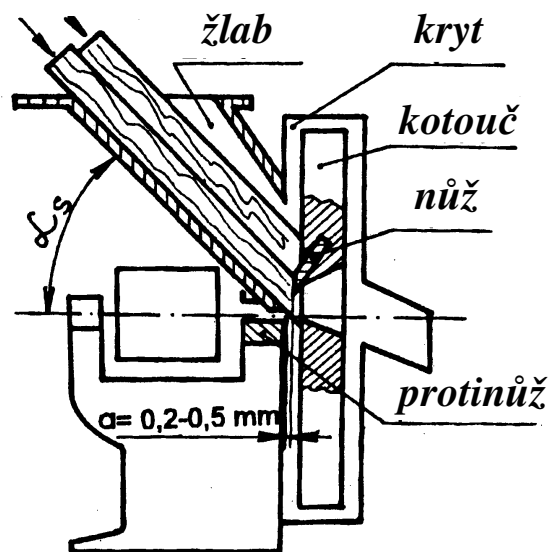
D. DĚLENÍ DŘEVA NA DROBNÉ ČÁSTI

D1. Sekání na štěpky

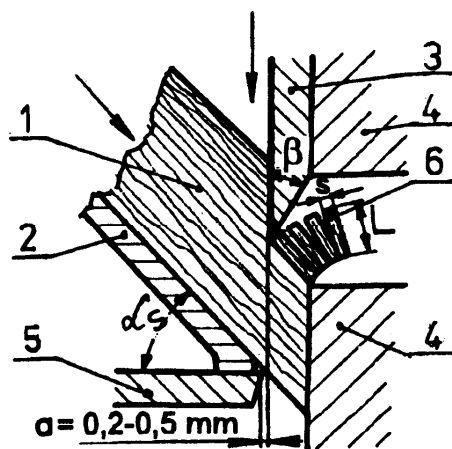
Kotoučová sekačka

Nejčastěji štěpkované dřeviny:

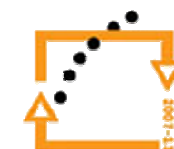
smrk, borovice, buk, bříza, topol, osika, olše



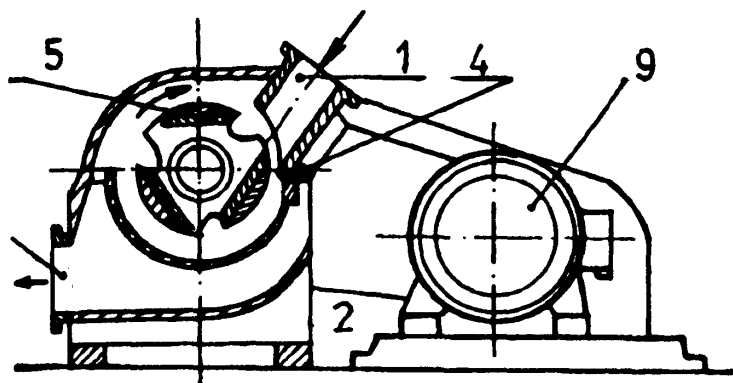
Štěpky jako polotovar mohou mít následující rozměry:
pro vaření a rozvlákňování k výrobě celulózy ($4 \div 6 \times 10 \div 15 \times 20 \div 30 \text{ mm}$),
pro další mletí k výrobě aglomerovaných materiálů ($2 \div 20 \times 2 \div 30 \times 10 \div 50 \text{ mm}$).



- 1 – poleno,
- 2 – dno žlabu,
- 3 – sekací nůž,
- 4 – kotouč,
- 5 – protinůž,
- 6 – štěpky



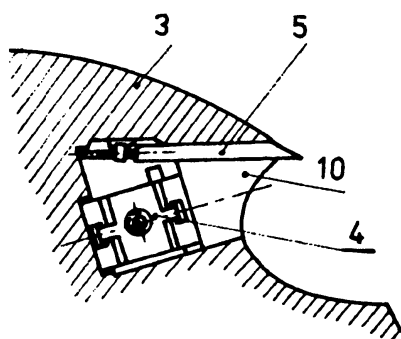
Bubnová sekačka



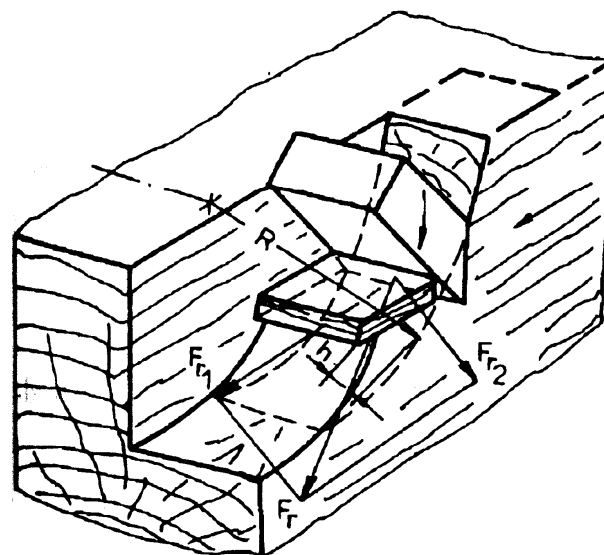
- 1 – žlab,
- 2 – rám stroje,
- 4 – protinůž
- 9 – elektromotor



Vznik štěrky při souběžném štěpkování bubnovou frézou

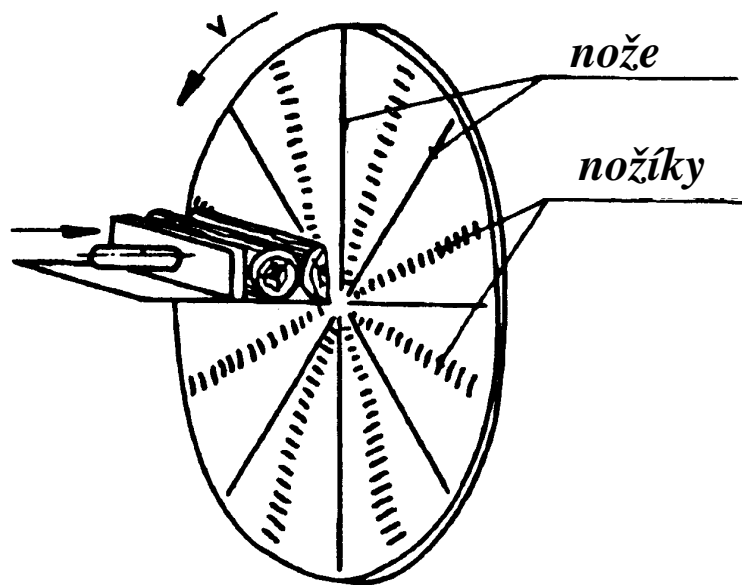


Detail uchycení
nože:
3 – buben,
4 – upínání,
5 – nůž,
10 – přitlačná
lišta



D2. Sekání na ploché třísky

Kotoučová sekačka



Sekání třísek se děje v tangenciálním směru k dřevním vláknům. Nožové kotouče mají průměr 1000 až 2600 mm a počet nožů 4 až 15.

Nařezávací nožíky mají za úkol „delkování“ plochých třísek na stanovený rozměr. Tloušťka třísek je obvykle nastavitelná od 0,1 až 0,8 mm.

Např. optimální tříska pro výrobu OSB desek má rozměry: 75 x 25 x 0,6 mm.



E. Nekonvenční dělení dřeva – koncentrovanou energií

Jedná se o dělení dřeva a materiálů na bázi dřeva
vysoce koncentrovanou tepelnou energií

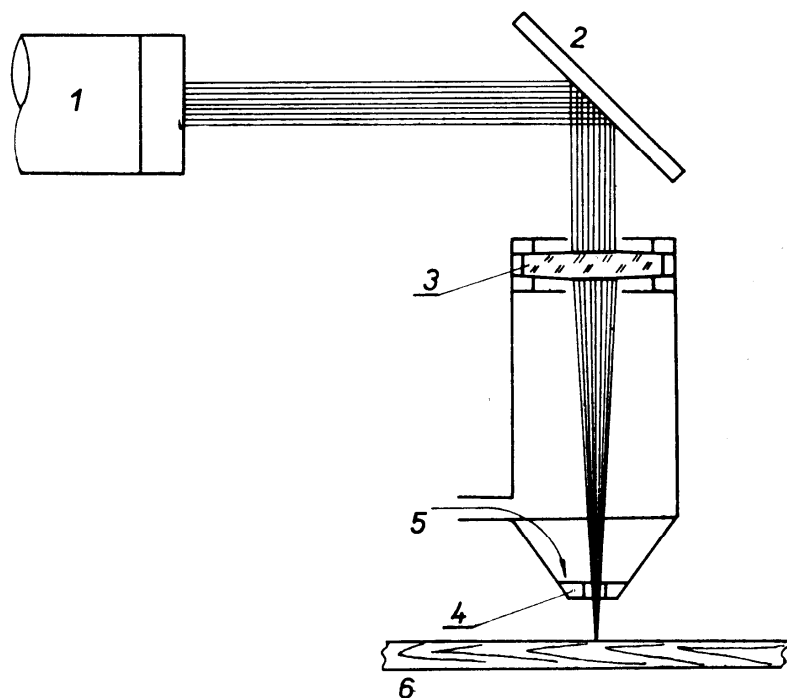
– **laserovým paprskem**

nebo energií proudu kapaliny

– **vodním paprsku o vysokém tlaku**

Tyto technologie jsou používány převážně ve výrobě
nábytku, konkrétně při dělení tvarově rozmanitých výrobků,
v povrchovém gravírování ploch nábytku a obkladů, při
výrobě sportovních potřeb, sendvičových materiálů apod.

E1. Řezání laserem



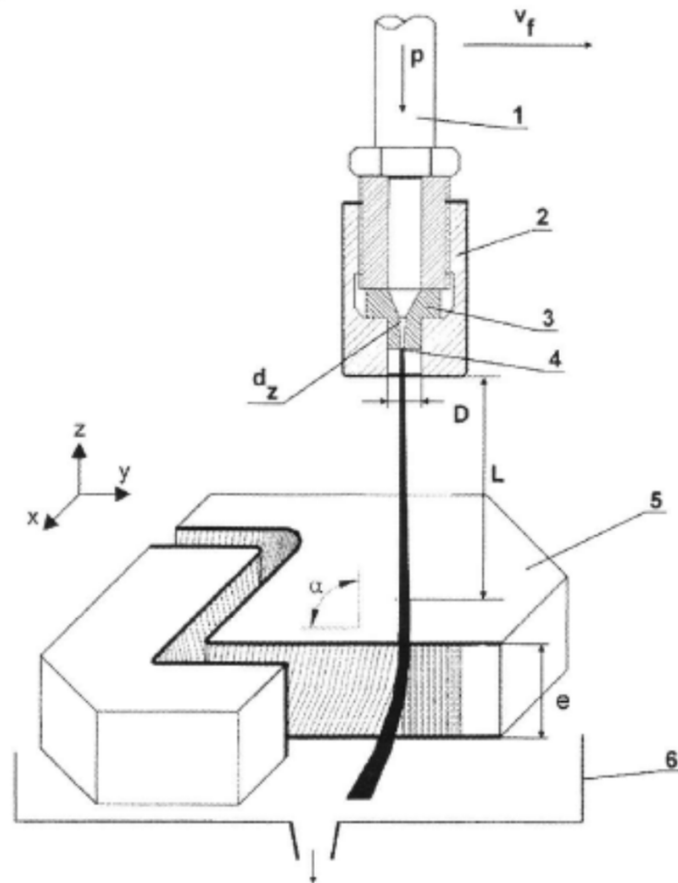
1 – zdroj záření (laser), 2 – zrcadlo, 3 – čočka, 4 – koaxiální tryska, 5 – stlačený plyn, 6 - obrobek

LASER – (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) – zdroj vysoce koncentrovaného svazku zářivé energie (pro obrábění dřeva = zářič 80% He, 15%N a 5%CO₂ laser – vlnová délka 10,6 μm). Svazek koherentních paprsků je čočkou zkoncentrován na velmi malou kruhovou plochu o průměru 0,1 až 0,5 mm. Intenzita zářivé energie na této plošce je velmi vysoká (výkon 1 kW·mm⁻²). Při tomto soustředěném výkonu se dřevo, plasty a pod bezpečně vypalují (ocel vyžaduje 10x až 15x více energie).

VIDEO 11 a 11a

<http://www.youtube.com/watch?v=RdmRmL4j3Bw>

E2. Řezání vodním paprskem



1 – vysokotlaká hadice, 2 – těleso dýzy, 3 – vodní dýza, 4 – výtoková štěrba, 5 – obrobek, 6 – sběrná nádoba

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ.1.07/2.2.00/28.0019

Stlačená voda v multiplikátoru na tlak cca až 400MPa (špičkově 600 MPa), získá v diamantové (rubínové) dýze o průměru 0,3mm značnou rychlost až $885\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (cca 3x větší než rychlost zvuku) a tím i kinetickou energii.

Z hlediska působení na obráběný materiál se takto vytvořený vodní paprsek dá považovat za „tuhé“ těleso.

Proces řezání probíhá ve dvou etapách:

- 1) Vznik prohlubně a otvoru (plastická deformace, příčné roztékání proudu, pronikání kapaliny dovnitř materiálu, mezi jeho strukturou).
- 2) Prohlubování a vytvoření řezné spáry (narušování a odnos materiálu ve spáře).

VIDEO

Princip práce

<http://www.youtube.com/watch?v=qTW31WJvS4>

Řezání nerez oceli

<http://www.youtube.com/watch?v=U7YhlwY6d4E>



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Technologie bez
porušení vazby
dřevních vláken**

Ohýbání

Lisování



G1. Ohýbání dřeva

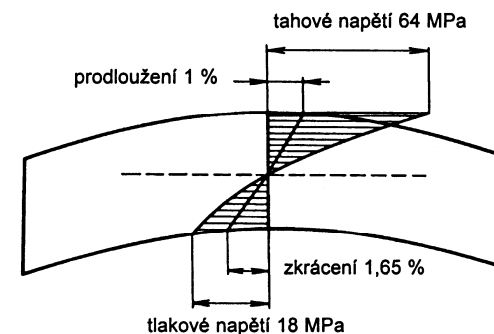


ohýbání hranolků z masivního dřeva objevil Michael Thonet (1796-1871), založil továrny v Koryčanech a Bystřici pod Hostýnem na nábytek z ohýbaného dřeva

Ohýbání dřeva je technologický proces, před kterým musí být dřevo plastifikováno. Dřevo je plastifikováno na nezbytně dlouhou dobu a po ohnutí je dosažený stav stabilizován sušením. Nejlépe se ohýbá buk, jehličnaté dřeviny nejsou vhodné pro rozdílnost v jarním a letním dřevě, které brání stejnoměrnému rozdělení vnitřního pnutí v průřezu ohýbaného hranolku.

Poznámka:

Působením tepla a vlhka přejde část hmoty tvořící strukturu buněk (lignin) v koloidní roztok, čímž se zvýší deformační schopnost buněk. Vysuší-li se potom dřevo ve tvaru, který získalo ohnutím, koloidní hmoty ztuhnou a stabilizují tvar dílce.



Ohýbání hranolků

Uspořádání vláken hranolku pro větší ohyby

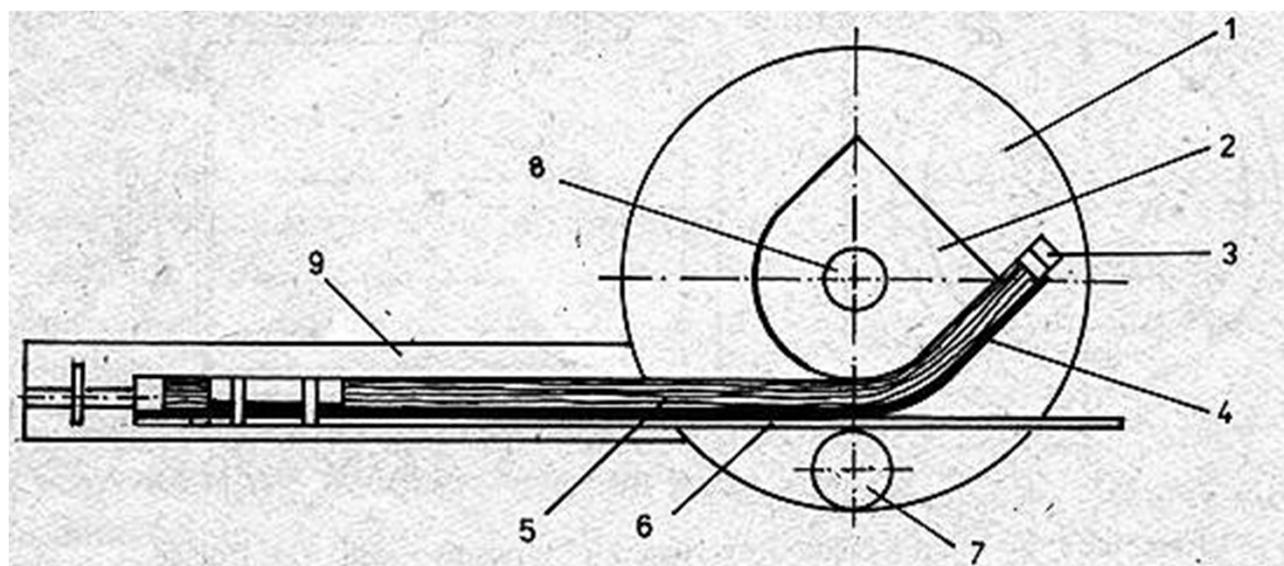
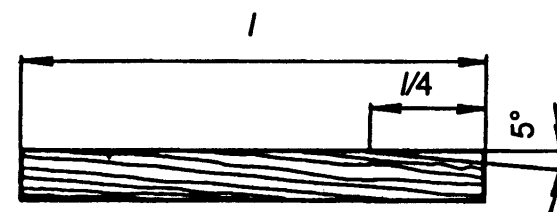


Schéma ohýbacího stroje s otáčivou tvárnici

1 – ohýbací stůl, 2 – tvárnice, 3 – zarážka, 4 – pásnice, 5 – ohýbaný dílec, 6 – vodící rameno, 7 – odpružený přítlačný váleček, 8 – hřídel ohýbacího stroje, 9 – vedení

G2. Lisování

Zhušťování se nejčastěji provádí u buku. Lisování a plastifikace probíhá v lisu při teplotě 130° až 160°.

Zhuštěné dřevo se používá např. ve slévárenství na modely, při výrobě hudebních nástrojů, dekoračních předmětů, při výrobě některých dílců nábytku a na podlahy.

Nejznámějším zhuštěným dřevem je Lignamon. Výroba probíhá v autoklávu. Dřevo o počáteční vlhkosti 15 až 21% je impregnováno plyným čpavkem a následně je hydrotermicky upravováno. Potom probíhá lisování při tlaku 0,3 až 1,8 MPa. Celý technologický proces trvá 30 až 60 hodin.

Lignamon: 900 až 1250 kg·m⁻³, stupeň stlačení 24 až 45%. Pevnost v ohybu je 180 až 350MPa (cca 2 až 2,5x více než nativní buk). Pevnost v tlaku 120 až 240 MPa.

Tvářením dřeva lisováním se získává zhuštěné dřevo, používané vesměs jako náhrada za exotické dřeviny nebo plasty.



Část hudebního nástroje



Děkuji za pozornost