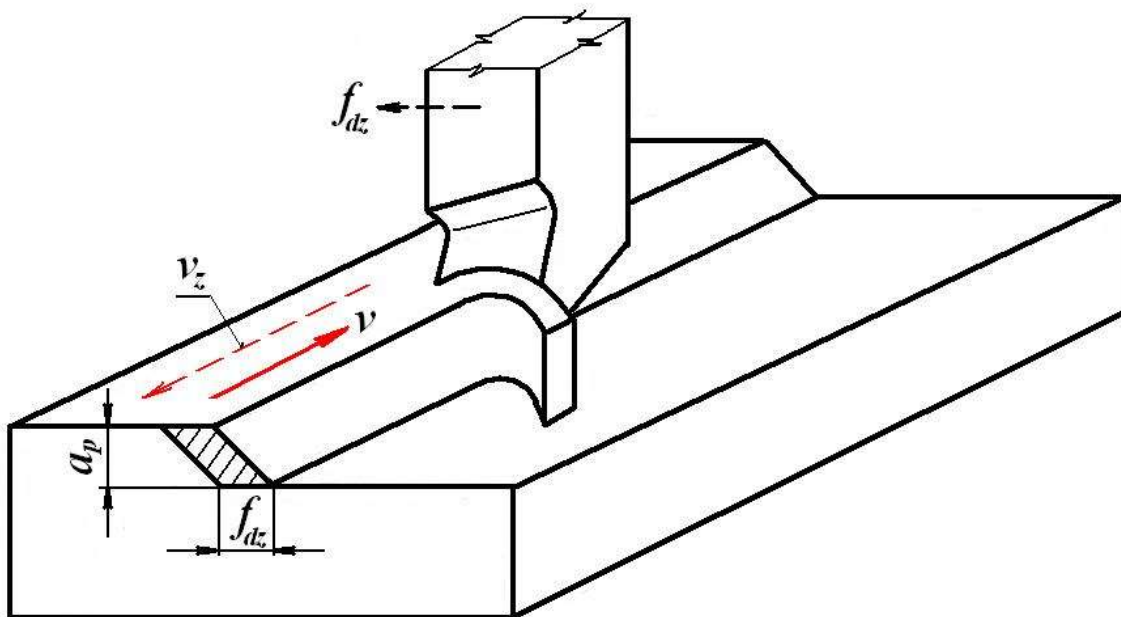


# Hoblování a obrážení

Charakteristické pro tyto metody obrábění je odebrání materiálu jednobřitým nástrojem – hoblovacím resp. obrážecím nožem, přičemž **hlavní pohyb** je *přímočarý vratný* a **vedlejší pohyb** – *posuv je přerušovaný* a kolmý na směr hlavního pohybu.

## 1.1.1 Hoblování

je metoda, při níž **hlavní pohyb** vykonává **obrobek** a **vedlejší pohyb** vykonává **nástroj** v úvrati vratného pohybu obrobku.



Legenda:  $a_p$  .... hloubka řezu v jedné vrstvě,  $f_{dz}$  ..... posuv na dvojzdvih (vedlejší pohyb nástroje),  
 $v$  ..... řezná rychlost (hlavní pohyb obrobku),  $v_z$  ..... zpětná rychlost obrobku

Obr. 302 Hoblování

**Hoblování** se používá při obrábění dlouhých ploch, které vyžadují dodržení hlavně *přímosti* a *rovinnosti* - např. lože strojů, vedení, lisovnice a lisovnice ohraňovacích lisů, lišty ohybače apod. Vše hlavně v kusové a malosériové výrobě.

Výhody: poměrně levný stroj, jednoduché nástroje a jejich snadné ostření, metoda umožňuje dosažení velkých úběrů při velkých průřezech třísky na jeden záběr. Při hrubování lze opracovávat více ploch několika nástroji současně. Metodu lze zproduktivnit opracováním více obrobků současně.

**Hoblovky** jsou relativně velké a jednoduché stroje, které tvoří tyto základní části:

- lože s plochým nebo prizmatickým vedením
- pracovní stůl s pohonem mechanickým nebo hydraulickým
- jeden nebo dva stojany
- příčník
- suporty

Charakteristickým rozměrem hoblovky je *šířka* pracovního stolu – bývá od 800 do 4000 [mm].

**Přesnost:** Hoblováním lze dosáhnout *rovnoběžnosti* běžně (0,1 až 0,2) [mm . m<sup>-1</sup>], na špičkových strojích lze dosáhnout až 0,02 [mm . m<sup>-1</sup>]. Podle způsobu obrábění lze dosáhnout dalších parametrů podle *tab. 29*.

**Tab. 29** Dosahovaná přesnost a drsnost povrchu při hoblování

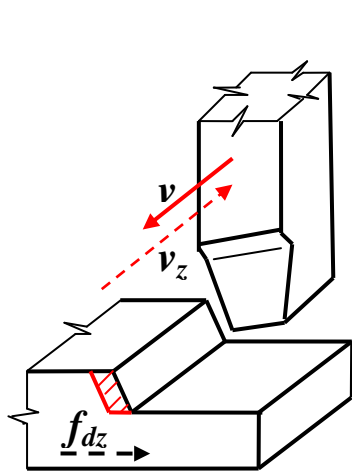
Způsob práce	Přesnost IT	Drsnost povrchu Ra [μm]
<i>Hrubování</i>	11 až 12	6,3 až 25
<i>Na čisto</i>	9 až 11	3,2 až 6,3
<i>Na čisto širokým hladicím nožem</i>	7 až 8	1,6 až 3,2

Do vřeteníku upevněného na příčnicku stroje se dají upnout i *brusné nástroje* a je možno hoblované plochy ještě dokončit rovinným *broušením*, čímž je konečná přesnost ještě vyšší a dosažitelná drsnost ploch odpovídá metodě broušení, tj. Ra = 0,8 [μm].

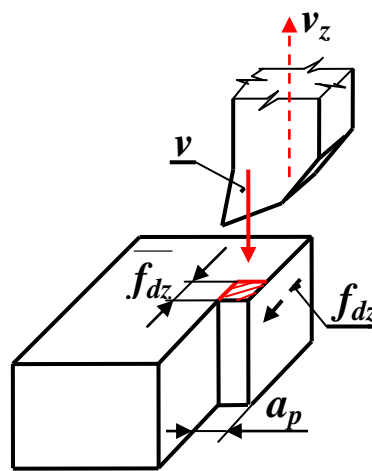
### 1.1.2 Obrázení

S ohledem na konstrukci stroje, se kterou souvisí směr hlavního pohybu, rozlišujeme **vodorovné** a **svislé obrázení**.

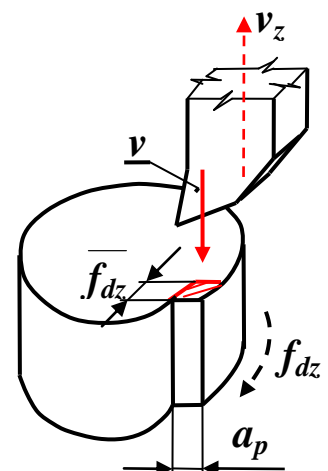
Při **vodorovném obrázení** vykonává **hlavní řezný pohyb nástroj** upevněný ve *smýkadle* stroje a **vedlejší pohyb vykonává obrobek** na konci vratného pohybu smýkadla.



Obr. 303 Vodorovné obrázení



Obr. 304 Svislé obrázení



Při **svislém obrázení** vykonává **hlavní řezný pohyb nástroj** upevněný ve *smýkadle* stroje a **vedlejší pohyb – posuv** a to buď *přímočarý*, nebo *kruhový vykonává obrobek*.

### Obrážečky

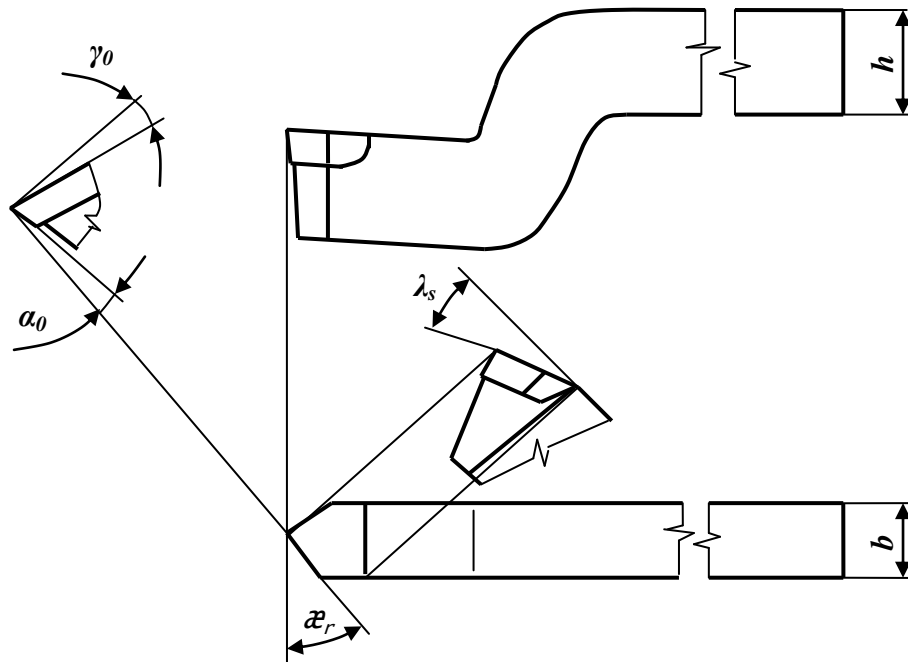
- Vodorovné** se používají pro obrábění krátkých rovinných tvarových a ploch pro předsvárovou úpravu.
- Svislé** jsou vhodné pro obrábění ploch, které nelze jiným konvenčním způsobem obrobit – např. vnitřní tvarové plochy (drážky, raznice, formy, apod.)

Nevýhodou obrázení je zpravidla možnost obrábění pouze jednoho obrobku.

### 1.1.3 Nástroje pro hoblování a obrážení

Jsou konstrukčně podobné a velmi jednoduché. Většinou mají pájené břitové destičky z rychlořezné oceli nebo ze slinutého karbidu – hlavně jako dokončovací.

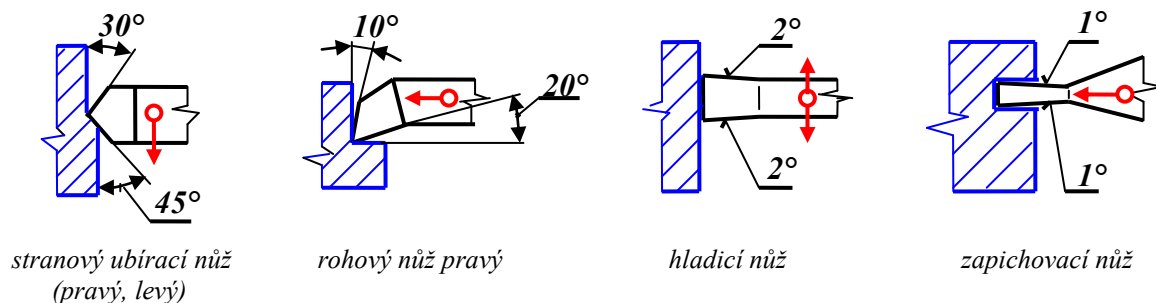
#### 1.1.3.1 Geometrie břitu hoblovacího nože



Obr. 305 Geometrie břitu hoblovacího nože

#### 1.1.3.2 Použití hoblovacích nožů

Nejčastěji se používají hoblovací nože s ohledem na obráběnou plochu:



Obr. 306 Hoblovací nože

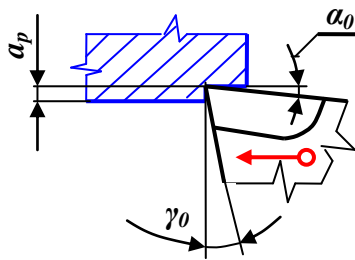
#### Řezné podmínky:

řezná rychlost  $v = (30 \text{ až } 100) [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$ , poměr  $f_{dz} : a_p = 1:3 \text{ až } 1:10$ ,

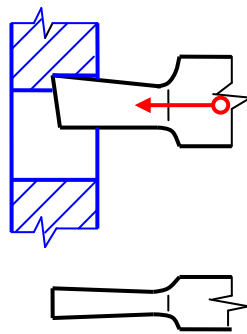
při hrubování – co největší posuv, při hoblování na čisto  $f_{dz} = (0,05 \text{ až } 0,03) [\text{mm} \cdot \text{dz}^{-1}]$ .

### 1.1.3.3 Obrážecí nože

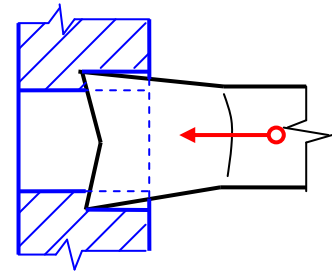
Pracují stejně jako tangenciální nože při soustružení.



obrážecí nůž hrubovací



obrážecí nůž drážkovací



obrážecí nůž drážkovací dvoubřitý

Obr. 307 Obrážecí nože

Hlavním řezným parametrem při obrážení je opět řezná rychlost, která při vodorovném obrážení bývá do  $v = 60 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}]$  a při svislém obrážení do  $v = 30 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}]$ .

### 1.1.4 Výkon při hoblování a obrážení, produktivita, strojní čas

Potřebný výkon elektromotoru  $P_e$  [kW] pro hrubování určíme z maximální řezné síly - dané maximálním průřezem třísky  $A_{max}$  [mm<sup>2</sup>] a měrným řezným odporem materiálu  $p$  [MPa], dále z řezné rychlosti  $v$  [m · min<sup>-1</sup>], a z účinnosti stroje  $\eta$ .

$$P_e = \frac{F_{z,max} \cdot v}{60\,000 \cdot \eta}; \quad F_{z,max} = A_{max} \cdot p = a_{p,max} \cdot f_{dz} \cdot p$$

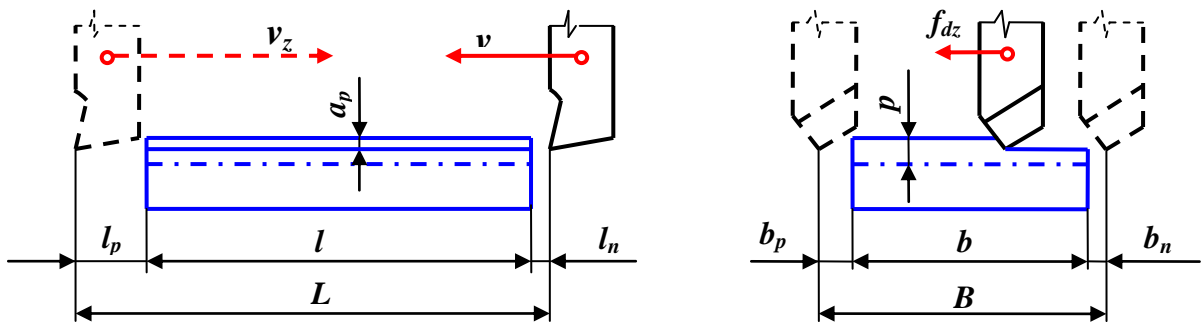
Ve vztahu pro řeznou sílu  $F_{z,max}$  [N] je dán maximální průřez třísky  $A_{max}$  [mm<sup>2</sup>] součinem maximální hloubky řezu  $a_{p,max}$  [mm] a posuvu na dvojzdvih  $f_{dz}$  [mm · dz<sup>-1</sup>].

Důležitým parametrem determinujícím **produktivitu** při hoblování a obrážení je **hospodárny úběr**:

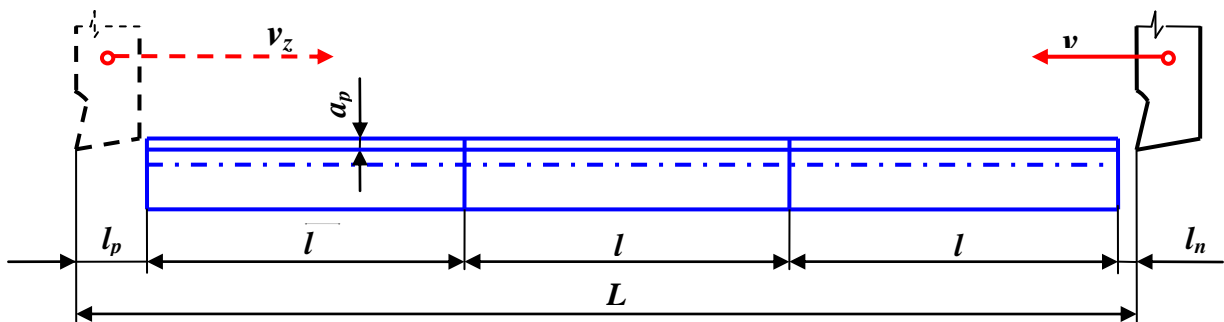
$$Q_h = v_{opt} \cdot f_{dz} \cdot a_p; \quad \begin{array}{l} Q_h \quad \dots \text{ hospodárny úběr materiálu [cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}] \\ v_{opt} \quad \dots \text{ optimální řezná rychlost [m} \cdot \text{min}^{-1}] \\ f_{dz} \quad \dots \text{ posuv na dvojzdvih [mm} \cdot \text{dz}^{-1}] \\ a_p \quad \dots \text{ hloubka řezu [mm].} \end{array}$$

Hospodárny úběr lze zvýšit:

- zvýšením optimální řezné rychlosti použitím nástrojů s břitovými destičkami ze slinutých karbidů
- současným obráběním několika noži – využitím záběru více suporty najednou
- obráběním více obrobků za sebou



a) hoblování jednoho kusu



b) hoblování více kusů za sebou

Legenda:

$v$  .... řezná rychlost;  $v_z$  .... zpětná rychlost;  
 $a_p$  .... hloubka řezu (záběh);  $b$  .... šířka obrobku;  $b_n$  .... boční náběh;  $b_p$  .... boční přeběh;  
 $f_{dz}$  .... posuv na dvojjzdvih;  $l$  .... délka obrobku;  $l_n$  .... náběh nástroje;  $l_p$  .... přeběh nástroje;  
 $p$  .... přidavek na obrábění;  $B$  .... dráha nástroje v příčném směru;  $L$  .... dráha nástroje v podélném směru

Obr. 308 Dráha nástroje při hoblování – pro stanovení strojního času

**Strojní čas** - je dán součinem doby jednoho dvojjzdvihu  $t_{dz}$  [min], počtu dvojjzdvihů  $n_{dz}$  a počtu záběrů  $i$ , což dále vyjádříme pomocí parametrů uvedených na obr. 308:

$$t_s = t_{dz} \cdot n_{dz} \cdot i = \left( \frac{L}{1000 \cdot v} + \frac{L}{1000 \cdot v_z} \right) \cdot \frac{B}{f_{dz}} \cdot \frac{p}{a_p} \quad [\text{min}]$$

Při řezném i zpětném relativním pohybu nástroje vůči obrobku se rychlost řezná i zpětná během jednoho zdvihu mění, a proto bývá zvykem stanovit tzv. **střední rychlost**  $v_s$  jako podíl dráhy nástroje v podélném směru během jednoho dvojjzdvihu ( $2L$ ) a doby dvojjzdvihu  $t_{dz} = t + t_z$ , což zapíšeme a dále upravíme:

$$v_s = \frac{2L}{1000 t_{dz}} = \frac{2L}{1000 (t + t_z)} = \frac{2L}{1000 \left( \frac{L}{1000 \cdot v} + \frac{L}{1000 \cdot v_z} \right)} = \frac{2L}{L \cdot \left( \frac{1}{v} + \frac{1}{v_z} \right)} = \frac{2v \cdot v_z}{v + v_z}$$

$$v_s = \frac{2v \cdot v_z}{v + v_z} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$$

Na stroji – hoblovec nebo obrážec - se nastavuje **počet dvojzdvihů za minutu** ( $n_{d1}$ ), což je převrácená hodnota doby dvojzdvihu:

$$n_{d1} = \frac{1}{t_{dz}} \quad [1 \cdot \text{min}^{-1}]$$

Tyto hodnoty bývají odstupňovány po celých číslech, např.: {13, 18, 23, 28, 35, 45, 55, 65, 85, 115, 130, 165, atd.}.

## 1.2 Protahování a protlačování

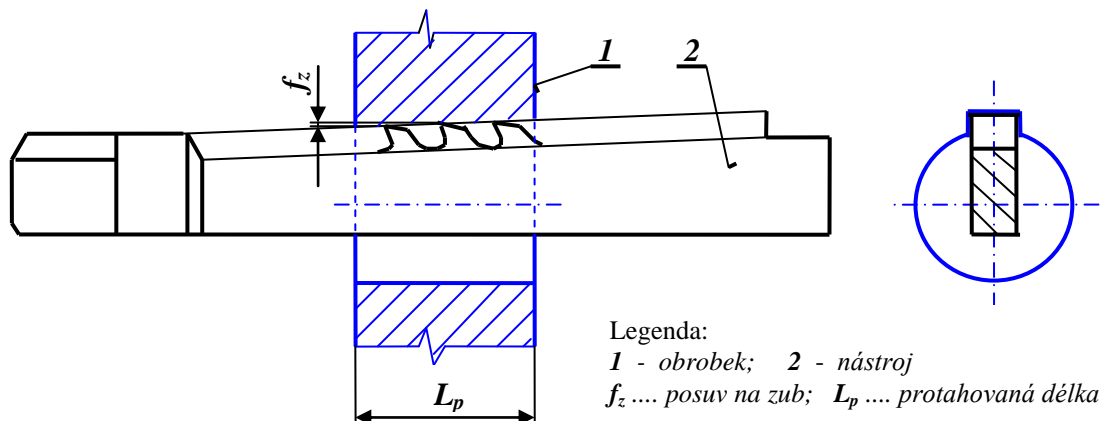
jsou produktivní způsoby obrábění určené pro výrobu přesných kruhových a tvarových děr, drážek v nábojích, vnitřního ozubení a také přesných vnějších ploch. Uplatňují se v sériové, či spíše ve velkosériové a hromadné výrobě.

### 1.2.1 Charakteristika výrobní metody

**Hlavní – přímočarý pohyb** vykonává **protahovací** resp. **protlačovací nástroj** – pro *vícedrážkové profily* se používá název *protahovací* resp. *protlačovací trn*. Trny jsou mnohobřitové nástroje, jejichž břity jsou uspořádány tak, že následující zub převyšuje ten předcházející o posuv na zub  $f_z$ .

První zuby obráběnou plochu *hrubují*, další ji *obrábějí na čisto* a poslední ji *kalibrují*, případně ještě *hladí* a *zpevňují*.

U **protahování** je nástroj při práci **tažen** – *namáhán na tah* a v případě **protlačování** je nástroj **tlačen** – *krátké nástroje jsou namáhány na tlak, dlouhé nástroje na vzpěr*.



Obr. 309 Princip protahování resp. protlačování

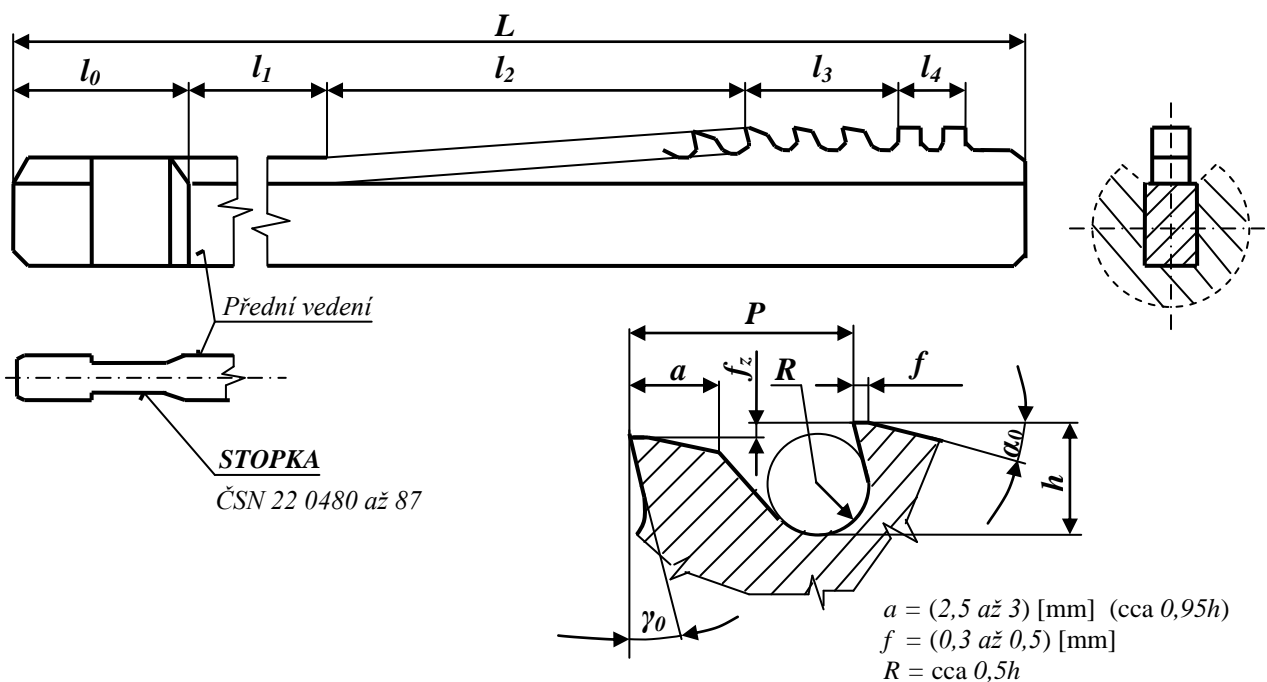
### 1.2.2 Protahovací a protlačovací stroje

Charakteristickým parametrem je tažná nebo tlačná síla  $F_t = (40 \text{ až } 400) \text{ [kN]}$ . Rozlišujeme dva druhy **protahovacích strojů**:

- **Vodorovné protahovačky** - jsou konstrukčně jednoduché a lze u nich použít delších nástrojů, což umožňuje dosažení většího úběru na 1 zdvih stroje. Výrobnost je (60 až 120) [ks . hod.<sup>-1</sup>]. Nevýhodou je, že zaujímají větší půdorysnou plochu.
- **Svislé protahovačky** - řezný pohyb u těchto strojů je shora dolů. Dovolují opracovávat vnitřní i vnější plochy. U vnějších ploch musí být obrobek pevně opřen a upnut v přípravku po celé délce, aby bylo eliminováno jednostranné působení sil. Při zpětném pohybu musí být možno přípravek s obrobkem oddálit od nástroje, aby nedošlo k jejich nežádoucímu kontaktu.

**Protlačovací stroje** jsou vlastně **hydraulické lis**. Opět jde o jednoduchou konstrukci, která umožňuje obrábění vnitřních i vnějších ploch obrobků protlačováním. Nástroje jsou namáhány na vzpěr, a proto jsou kratší jak protahovací trny.

### 1.2.3 Nástroje pro protahování a protlačování



Legenda:

$a$  .... zábřít;  $f$  .... fazetka;  $f_z$  .... posuv na zub (převýšení zubů řezné části);  $h$  .... hloubka zubové mezery;  
 $l_0$  ... délka upínací části;  $l_1$  .... délka vodící části;  $l_2$  .... délka řezné části;  $l_3$  .... délka kalibrovací části;  
 $l_4$  ... délka hladicí části;  $L$  .... celková délka nástroje;  $P$  .... rozteč zubů;  $R$  ... poloměr zubové mezery;  
 $\alpha_0$  .... úhel hřbetu;  $\gamma_0$  .... úhel čela

Obr. 310 Protahovací nástroj s detailem geometrie zubů řezné části s běžným tvarem A zubové mezery

#### 1.2.4 Směrnice pro konstrukci protahovacích a protlačovacích nástrojů

- Protlačovací nástroje** nemají stopku – mají pouze tzv. *zaváděcí válcovou část*.
- Širší nástroje** mívají tzv. *děliče třísek* – dojde k lepšímu utváření třísek a zmenší se řezná síla.
- Kalibrovací zuby** – bývá jich 4 až 8, jsou rozměrově stejné s posledním zubem řezné části.
- Hladicí zuby** – nemají břit – postupně se nepatrně zvětšují o cca (0,005 až 0,02) [mm] – povrch vyhlazují a současně zpevňují.
- Materiál nástrojů:** Rychlořezná ocel 19 802, 19810, nebo nízkolegovaná nástrojová ocel 19 436 tepelně zpracovaná na tvrdost HV = (770 až 830) ±30.
- Hloubka zubové mezery** – se stanoví výpočtem s ohledem na tvár třísky:

$$\frac{\pi}{4} h^2 = k \cdot f_z \cdot L_p \Rightarrow h = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot k \cdot f_z \cdot L_p} \Rightarrow h \approx 1,13 \cdot \sqrt{k \cdot f_z \cdot L_p} \quad \text{- nedělená tříška}$$

$$h \approx 1,13 \cdot \sqrt{2k \cdot f_z \cdot L_p} \quad \text{- dělená tříška}$$

$$h \approx \sqrt{k \cdot f_z \cdot L_p} \quad \text{- drobná tříška}$$

$f_z$  .... posuv na zub (hloubka třísky) [mm] – stanovuje se s ohledem na materiál obrobku a způsob obrábění

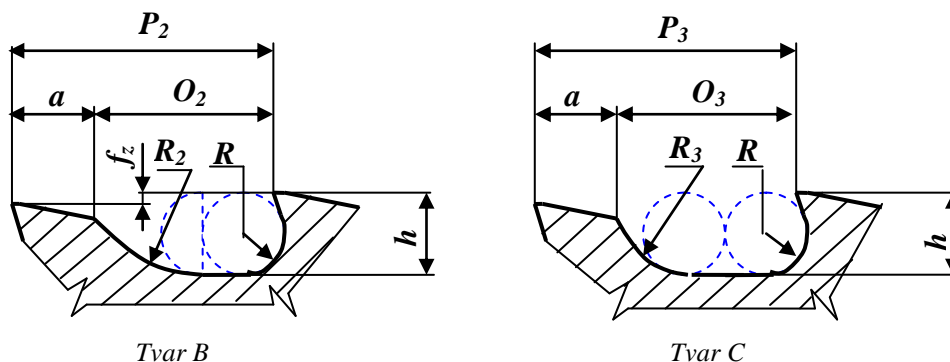
$h$  .... hloubka zubové mezery [mm]

$k$  .... objemový součinitel – platí:  $k = \frac{V}{V_1} = \frac{S}{S_1}$ ;  $S > k \cdot f_z \cdot L_p$

Jde o podíl obsahu zubové mezery a obsahu ubíraného materiálu.

$L_p$  .. protahovaná (protlačovaná) délka [mm];  $L_{p,\min} = 2P + 1$  - podmínka alespoň dvou zubů v záběru - uvádí se na nástroji

- Tvar zubové mezery** – je normalizovaný: tvar A – běžný dle detailu na obr. 310.  
tvar B a C – pro velké protahované délky.



Obr. 311 Tvary zubových mezer protahováku pro velké protahované délky  $L_p$

- Počet současně zabírajících zubů – počet zubů v řezu**

$$z_f = \frac{L_p}{P} + 1; \quad P = 2,75 h \quad [\text{mm}]$$

$P$  ... rozteč zubů řezné části nástroje



### 9. Počet zubů řezné části nástroje

$$z = \frac{p}{f_z}; \quad p \dots \text{celkový přídavek na obrábění [mm]}$$

### 10. Řezné podmínky pro protahovací a protlačovací nástroje

Stanovují se s ohledem na materiál nástroje, obráběný materiál, způsob obrábění a také podle tvaru obráběné plochy jak naznačuje následující tabulka:

Tab.30 Řezné podmínky pro protahovací nástroje z rychlořezné oceli

Obráběný materiál	Posuv na zub – hloubka třísky $f_z$ [mm]		Řezná rychlost $v$ [m . min <sup>-1</sup> ]
	Obrábění na čisto	Obrábění hrubováním	
Ocel do $R_m= 850$ [MPa]	0,015	0,06 až 0,10	3 až 7,8
Litina do 180 HB	0,015	0,15	3 až 7,8
Litina do 200 HB	0,020	0,12	3 až 7,2
Slitiny Al	0,015	0,20	7,8 až 16,2

- V tabulce jsou uvedeny střední hodnoty pro obrábění drážkových ploch, pro tvarové plochy je třeba volit hodnoty asi o třetinu nižší.
- Použitím mazání a chlazení - emulzí, či řezným olejem se zvýší při opracování ocelí produktivita, jakost povrchů i životnost nástrojů. Litina a bronzy se opracovávají za sucha.
- Proťahovací nástroje se zuby ze slinutých karbidů mohou pracovat řeznými rychlostmi podstatně vyššími:  $v = (60 \text{ až } 80) [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$ .

### 11. Řezná síla při protahování resp. protlačování

$$F_z = f_z \cdot b \cdot z_f \cdot p \quad [\text{N}]; \quad b \dots \text{obráběná šířka [mm];}$$

$$f_z \dots \text{posuv na zub – hloubka třísky [mm];}$$

$$p \dots \text{měrný řezný odpor [MPa] – závisí na obráběném materiálu}$$

$$\text{a bývá (2500 až 4000) [MPa];}$$

$$z_f \dots \text{počet současně zabírajících zubů – počet zubů v řezu}$$

$$\text{(stanoví se dle bodu 8).}$$

### 12. Tažná resp. tlačná síla při protahování resp. protlačování

$$F_t = (1,3 \text{ až } 1,5) \cdot F_z \quad [\text{N}]; \quad F_z \dots \text{řezná síla při protahování resp. protlačování [N]}$$

### 13. Výkon elektromotoru

$$P_e = \frac{F_t \cdot v}{60\,000 \cdot \eta} \quad [\text{kW}]; \quad F_t \dots \text{tažná resp. tlačná síla při protahování resp. protlač. [N];}$$

$$v \dots \text{řezná rychlost [m} \cdot \text{min}^{-1}\text{];}$$

$$\eta \dots \text{účinnost stroje – bývá cca } \eta = 0,7.$$

### 14. Strojní čas při protahování

$$t_s = t_p + t_z = \frac{L \cdot i}{v} + \frac{L \cdot i}{v_z}; \quad L \dots \text{celková dráha nástroje [m];} \quad i \dots \text{počet tahů;}$$

$$t_p \dots \text{čas pracovního zdvihu [min];}$$

$$t_z \dots \text{čas zpětného pohybu [min];}$$

$$v \dots \text{řezná rychlost [m} \cdot \text{min}^{-1}\text{];}$$

$$v_z \dots \text{rychlost zpětného pohybu [m} \cdot \text{min}^{-1}\text{].}$$

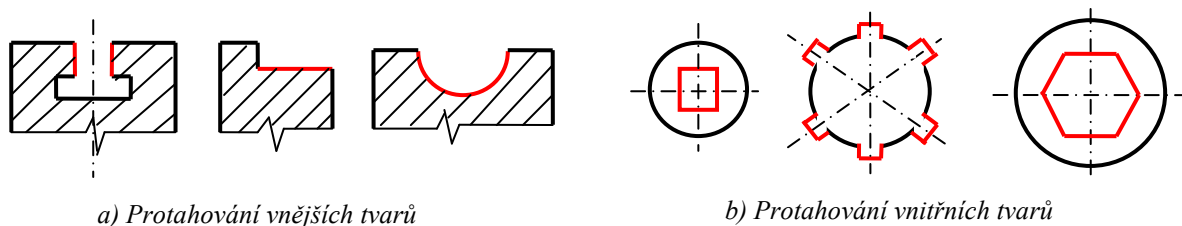
### 1.2.5 Přesnost a drsnost povrchu dosažená protahováním resp. protlačováním, hospodárnost

Běžně lze dosáhnout přesnosti IT 6 až IT 8 a drsnosti povrchu  $R_a = 3,2$  až  $0,4$ , při použití kalibrovacích a hladicích zubů dosáhneme drsnosti  $R_a = 0,4$  až  $0,1$ . Špatně se protahují měkké a houževnaté materiály, neboť se materiál z povrchu vytrhává a navíc se na zubech tvoří nárůstek. Proto je vhodné tyto materiály nejprve **tepelně zpracovat** – normalizačně žíhat, případně zušlechtit, aby jejich pevnost byla minimálně  $R_m = 600$  [MPa].

Aby stroj při práci nepracoval trhavě a obrobená plocha nebyla vlnitá, musí být tažná resp. tlačná síla alespoň o (30 až 50) [%] větší jak teoretická řezná síla. **Geometrickou i rozměrovou přesnost a drsnost povrchu** lze zlepšit správnou volbou řezných podmínek – zejména správný návrh posuvu na zub  $f_z$  je důležitý, neboť je dán v podstatě konstrukcí nástroje a nelze jej již měnit. **Hospodárnost obrábění** ovlivní také správná volba chlazení a mazání nástroje, abychom dosáhli co možná největšího počtu protažených obrobků na jedno ostření nástroje – lze dosáhnout až 5000 [ks/ostření].

### 1.2.6 Typické výrobky a tvary obrobených ploch protahováním a protlačováním

Výrobky obsahují obráběné plochy – **vnější** a **vnitřní** a stejně tak nazýváme i způsoby protahování. Obecně technologie obrábění **protahováním** resp. **protlačováním** se aplikuje ve velkosériové a hromadné výrobě tvarově složitých a přesných prvků. Některé prvky vnějších a vnitřních tvarů jsou naznačeny na následujícím obr. 312.



a) Protahování vnějších tvarů

b) Protahování vnitřních tvarů

Obr. 312 Příklady protahování resp. protlačování

Typické výrobky obsahující *složitě vnější tvary* vyráběné *protahováním* jsou například lopatky parních turbín, u kterých se *vnějším protahováním* opracovávají vnější drážky pro uchycení lopatek do rotorů turbín.

K *složitějším vnitřním tvarům* vyráběným *vnitřním protahováním* patří například evolventní drážkování nábojů ozubených kol a jiných součástí pro přenos velkých kroutících momentů nebo vnitřní evolventní ozubení.