

# VRTÁNÍ, VYHRUBOVÁNÍ, VYSTRUŽOVÁNÍ A ZAHLUBOVÁNÍ

## 1. VRTÁNÍ

je zhotovování děr (*vnitřních rotačních ploch*) průchozích i neprůchozích do plného materiálu, zpravidla dvoubřitým nástrojem.

**1.1 Podstata** - hlavní řezný pohyb vykonává nástroj a jedná se o pohyb rotační, vedlejší pohyb

přímočarý ve směru osy otáčení a vykonává jej rovněž nástroj (výjimku tvoří vrtání děr na soustruhu a frézce).

Řezná rychlost, která je měřítkem hlavního pohybu, je u vrtacích nástrojů největší na obvodě, zmenšuje se ke středu nástroje, kde je nulová. Řeznou rychlostí je obvodová rychlost

největšího průměru vrtáku. Její velikost je dána vztahem:

$v = p \cdot D \cdot n / 1000 \text{ (m/min)}$  kde  $D$  je max. průměr vrtáku [mm],

$n$  ...otáčky nástroje [min<sup>-1</sup>].

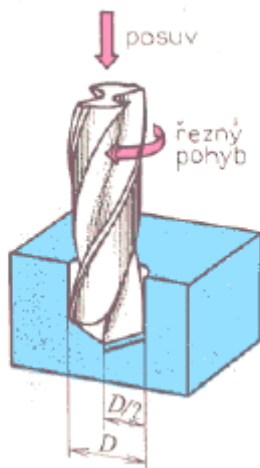
## 1.2 Nástroje

na vrtání –vrtáky se dělí podle tvaru na:

- ▶ Kopinaté
- ▶ Šroubovitě
- ▶ Středící
- ▶ Dělové (hlavňové)
- ▶ Vrtací hlavy
- ▶ Sdružené vrtáky

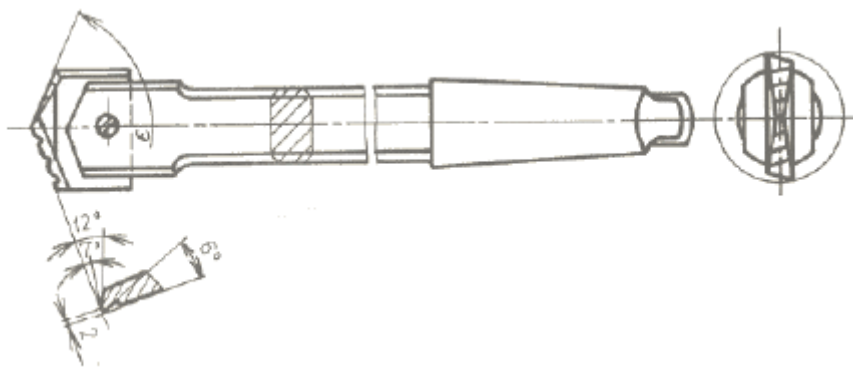
• **Kopinaté vrtáky** - nejjednodušší druh vrtacích nástrojů. Řezná část je tvořena dvěma hlavními

břity a příčným ostřím. Obě hlavní ostří svírají navzájem úhel  $\epsilon = 2\alpha_r$ . Čím je tvrdší vrtaný materiál, tím se volí tento úhel větší (90 až 146°). Současné kopinaté vrtáky mají řeznou část jako vyměnitelné břitové destičky z RO nebo SK. Nevýhodou těchto vrtáků je špatný odvod



třísek a lze jej zlepšit přívodem dostatečného množství chladicí kapaliny, která třísky odplavuje.

Kopinaté vrtáky se často používají u CNC strojů pro vrtání krátkých děr větších průměrů



## Šroubovité vrtáky

Šroubovitý vrták je dvoubřitý (příp. trojbřitý) nástroj se šroubovitými drážkami pro odvod třísek a

přívod chladicí kapaliny. Tělo vrtáku je kuželovité ( $\varnothing D$  se na délce 100mm zmenšuje asi o 0.04 až

0.3mm), aby se snížilo tření. Průměr jádra se směrem ke stopce rovnoměrně zvětšuje s kuželovitostí 1:70, čímž se zvětšuje tuhost vrtáku. Šroubovitými vrtáky vrtáme kratší díry (do poměru  $l / D = 10$ ), dlouhé díry ( $l / D > 10$ ) vrtáme speciálními vrtáky.

Faseta je úzká válcová ploška na vedlejším ostří šroubovitého vrtáku, která zajišťuje vedení a

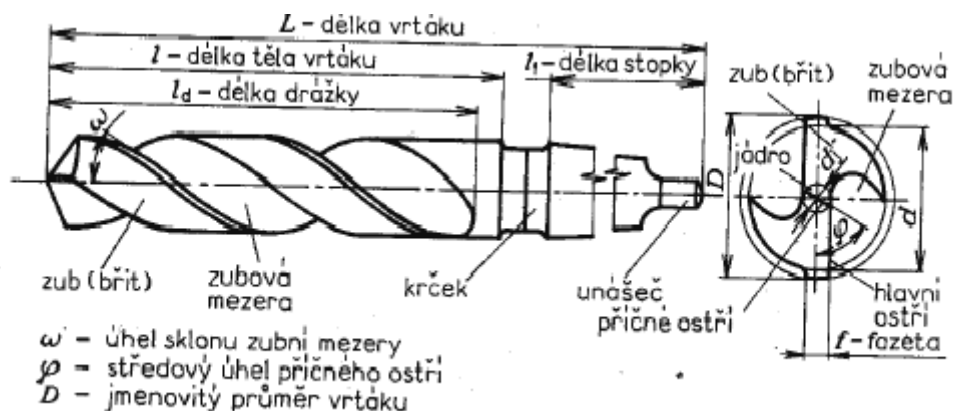
snižuje tření. Vrták má dvě hlavní ostří položená symetricky k ose vrtáku, která jsou na hrotu vrtáku spojena příčným ostřím.

Šroubovité vrtáky se rozdělují podle:

- tvaru stopky: s *válcovou nebo kuželovou stopkou – Morse*
- směru otáčení (při pohledu od stopky): *pravořezné, levořezné*
- délky: *krátké, dlouhé*
- úhlu stoupání šroubovice: s *velkým, středním a malým stoupáním šroubovice*

Při ostření vrtáků je třeba dbát na to, aby obě hlavní ostří byla symetrická podle osy vrtáku.

Pokud



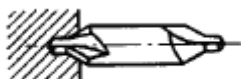
není vrták dobře naostřen, je vrtaná díra větší.

Vrtáky se vyrábějí z RO – (mají na krčku označení –HSS-) nebo z vysoce výkonných RO (-HSS Co-). Pro obrábění litin, ale též i ocelí se vyrábějí šroubovité vrtáky ze SK. Menší průměry

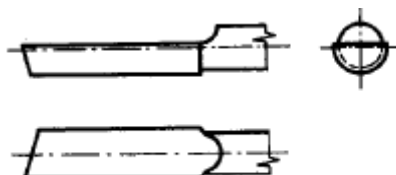
jako celistvé, větší se vsazenou a připájenou břitovou destičkou ze SK.

Zvýšení řezivosti vrtáku lze docílit povlakem s vysokou tvrdostí a otěruvzdorností např. nitridu titanu (TiN).

- **Středící vrtáky** se používají k navrtání tvarových důlků pro upínání obrobků do hrotů nebo k navrtání středícího důlku pro přesné určení polohy osy díry při vrtání šroubovitým vrtákem.



- **Dělové vrtáky** se používají převážně k vrtání hlubokých děr. Jejich tělo a ostří je konstruováno tak, aby vedení v díře bylo co nejlepší.

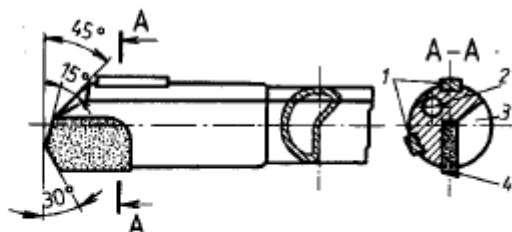


Tímto vrtákem lze vyvrtat díru v délce několika desítek až stovek průměrů vrtáku, aniž by došlo

k jeho vybočení. Při vrtání je nutné zajistit dokonalý odvod třísek z díry proudem chladicí kapaliny. Dělový vrták koná obvykle pouze posuvný pohyb, otáčivý pohyb koná obrobek.

Před nasazením dělového vrtáku je nutné vyvrtat částečně díru šroubovitým vrtákem, aby byl dělový vrták veden.

Dělové vrtáky jsou opatřeny vodícími lištami, umístěnými na obvodě vrtáku tak, aby



Dělový vrták s připájenou břitovou destičkou a vodícími lištami ze slinutého

karbidu

1 – vodící lišty, 2 – přívod chladicí kapaliny, 3 – drážka pro odvod třísek, 4 – břitová destička

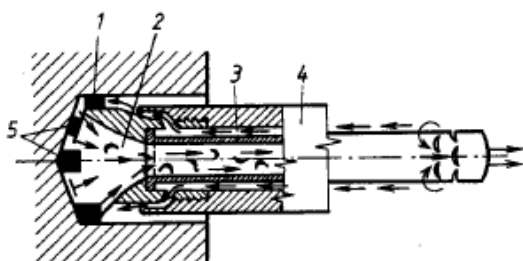
výsledná řezná síla procházela mezi nimi. Řezná část je z RO nebo SK. Držák je tvořen trubicí,

která má menší průměr, než vrtaná díra. Vnitřkem držáku je do místa řezu přiváděna chladicí kapalina pod tlakem 2 až 4 MPa, která prostorem kolem trubky vyplavuje třísky

**Vrtací hlavy** se obvykle používají pro vrtání děr velkého průměru, ale lze jimi vrtat díry již od

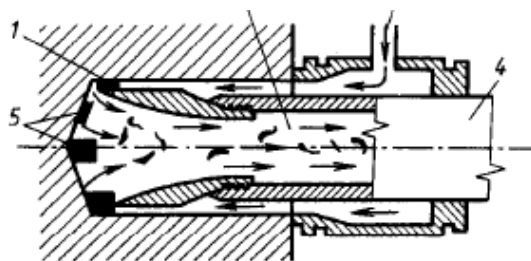
průměru 20 mm. Jsou osazeny pájenými nebo mechanicky upínanými břitovými destičkami. Chladicí kapalina se přivádí prostorem mezi vrtákem a dírou (*metoda BTA*) nebo mezi vnějším pláštěm vrtací tyče a vnitřní trubicí, kterou se odvádí třísky (*ejektorová metoda*)

U metody BTA se používá tlaku chladicí kapaliny 4 – 10 MPa, u ejektorové metody 0,5 až 2 MPa.



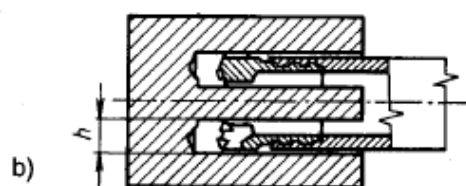
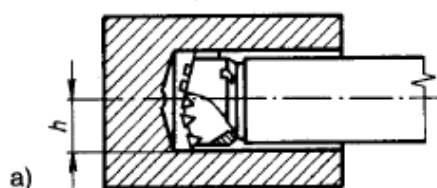
Obr. Vrtání metodou BTA s vnějším přívodem chladicí kapaliny

1 – vodítka, 2 – odvod třísek, 3 – chladicí kapalina, 4 – těleso, 5 – břitové destičky



Vrtání ejektorovou metodou

1 – vodítka, 2 – odvod třísek, 3 – chladicí kapalina, 4 – těleso, 5 – břitové destičky



Obr. Vrtání vrtací hlavicí a) doplň, b) na jádro trepanačním (korunovým) vrtákem (h – šířka řezu)

Vrtání do průměru 120 až 140 mm se provádí obvykle **doplň**, větší průměry se vrtají trepanačními (korunovými) vrtáky (tzv. *na jádro*). **Trepanačními vrtáky** se materiál odřezává pouze v mezikruží šířky 20 až 50 mm. Uvnitř zůstává jádro, které se posouvá dutinou vrtáku spolu

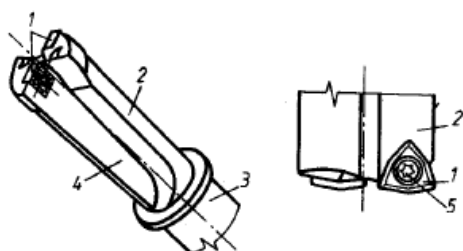
střískami. Běžně se vyrábějí korunové vrtáky do průměru 250 mm.

Metodami hlubokého vrtání se obvykle vrtají díry do délky 2,5 m, ale lze vrtat i díry dlouhé přes 10 m. To umožňuje dobré vedení vrtací hlavy v díře vodítky. Vodítka mají navíc určitý hladící

účinek, takže lze dosáhnout drsnosti povrchu i  $Ra = 1,6$  i lepší.

**Vrtáky s vyměnitelnými destičkami** jsou vysoce výkonné nástroje. Držák je vyroben z konstrukční oceli vyšší pevnosti, řeznou část tvoří dvě nebo více (podle průměru vrtáku) mechanicky upínané vyměnitelné břitové destičky, nejčastěji z SK – povlakované. K zajištění dobrého odvodu třísek se používají destičky s dírou, upnuté šroubem – viz obr. V tělese

držáku jsou vyfrézovány dvě drážky (buď přímé nebo ve šroubovici) k odvodu třísek.



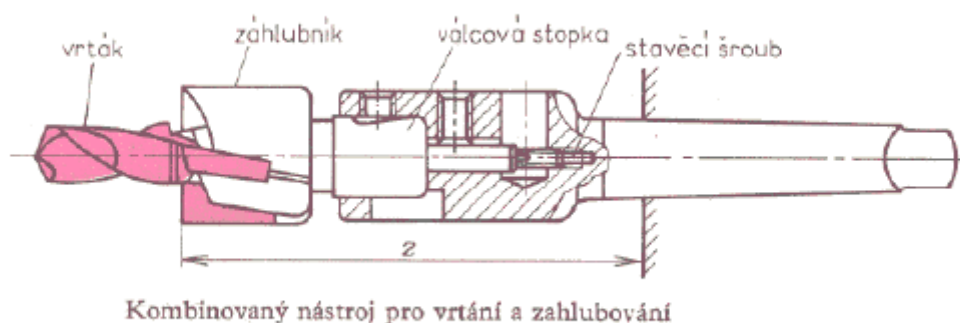
Obr. Vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami a detail řezné části

1 – vyměnitelné břitové destičky, 2 – tělo, 3 – stopka, 4 – drážka pro odvod třísek, 5 – upínací šroub

Vrtáky s vyměnitelnými destičkami se používají pro vrtání děr doplň od průměru 12 do

100mm. Jelikož tyto vrtáky nejsou v díře vedeny, závisí přesnost díry na tuhosti nástroje. Proto je nelze používat pro vrtání děr hlubších jak 2 až 3D (D – průměr vrtané díry). Při vrtání těmito vrtáky odpadá navrtávání. Vzhledem k vysokým řezným rychlostem je výkon vrtáků s vyměnitelnými břitovými destičkami 5 až 10krát vyšší, než u šroubových vrtáků z RO.

• **Sdružené vrtáky** jsou uzpůsobeny pro vrtání osazených děr, zahloubení, předvrtání díry pro závit a řezání závitu apod. Používají se v sériové a hromadné výrobě k dosažení časové úspory.



### 1.3 Řezné podmínky

se pohybují při vrtání v širokém rozsahu v závislosti na druhu nástroje. Řezné rychlosti jsou oproti soustružení a frézování nižší vzhledem k nepříznivým podmínkám, za kterých vrták pracuje. Břit je značně tepelně zatížen a odvod tepla z místa řezu v díře je špatný. Proto se při vrtání používá chlazení chladicí kapalinou, obvykle emulzí. Při vrtání hlubokých děr se používá speciálních olejů.

Tab. Řezné podmínky při vrtání

| Obráběný materiál    | Třída Obrobitelnosti | Materiál nástroje | Šroubovité vrtáky |                           | Dělové vrtáky |                           | Vrtací hlavy |                           | Vrtáky s VBD <sup>1)</sup> |                           |
|----------------------|----------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|--------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
|                      |                      |                   | v<br>(m/min)      | f <sub>o</sub><br>(mm/ot) | v<br>(m/min)  | f <sub>o</sub><br>(mm/ot) | v<br>(m/min) | f <sub>o</sub><br>(mm/ot) | v<br>(m/min)               | f <sub>o</sub><br>(mm/ot) |
| Ocel 500<br>800MPa   | 13-14b               | RO                | 25 - 30           | 0,1-0,5                   | 20 - 30       | 0,05-0,5                  |              |                           |                            |                           |
|                      |                      | SK                | 50 - 70           | 0,05-0,2                  | 80-100        | 0,07-0,5                  | 80-140       | 0,07-0,3                  | 200-300                    | 0,04-0,1                  |
| Ocel 800<br>1000MPa  | 11 – 12b             | RO                | 10 - 20           | 0,1-0,3                   | 15 - 25       | 0,05-0,3                  |              |                           |                            |                           |
|                      |                      | SK                | 40 - 60           | 0,05-0,1                  | 60 - 100      | 0,07-0,5                  | 60-120       | 0,05-0,2                  | 170-250                    | 0,06-0,2                  |
| Šedá lit.<br>200HB   | 11a                  | RO                | 10 - 25           | 0,1– 0,8                  |               |                           |              |                           |                            |                           |
|                      |                      | SK                | 40-100            | 0,1-0,5                   |               |                           | 80-180       | 0,1-0,4                   | 210-280                    | 0,1-0,2                   |
| Slitiny Cu<br>90 HB  |                      | RO                | 40-70             | 0,12-0,4                  |               |                           |              |                           |                            |                           |
|                      |                      | SK                | 80-100            | 0,08-0,3                  |               |                           |              |                           | 250-350                    | 0,05-0,2                  |
| Slitiny Al<br>100 HB |                      | RO                | 120-200           | 0,15-0,5                  |               |                           |              |                           |                            |                           |
|                      |                      | SK                | 200-300           | 0,15-0,4                  |               |                           |              |                           | 250-400                    | 0,05-0,2                  |

<sup>1)</sup> VBD – vyměnitelná břitová destička

Vrták odebírá současně dvěma břity, je při vrtání děr průřez třísky odebíraný jedním břitem:

$$S = a \cdot b = t \cdot f/2 = D \cdot f/4$$

Při vyvrtávání je průřez třísky

$$S = a \cdot b = f \cdot t/2 = f(D - d)/4$$

kde d je průměr zvětšované díry.

Při obrábění děr vícebřitým nástrojem je průřez třísky:

$$S = a \cdot b = f \cdot t/2 = f(D - d)/2z$$

kde z je počet břitů nástroje.

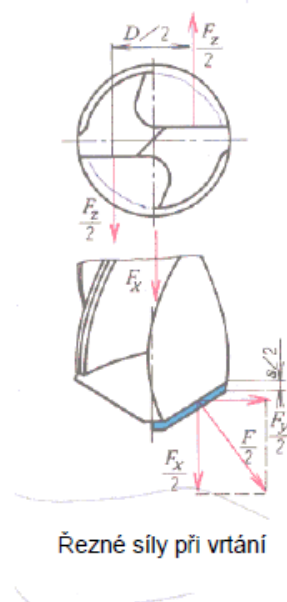
Krouticí momen

$$M_k = \frac{F_z}{2} \cdot \frac{D}{2} = \frac{F_z D}{4}$$

$$\frac{F_z}{2} = S \cdot p = \frac{f \cdot D \cdot p}{4}$$

$$\text{kde } S = \frac{f \cdot D}{4} \text{ je průřez třísky}$$

$$M_k = \frac{p \cdot f \cdot D}{4} \cdot \frac{D}{2} = \frac{p \cdot f \cdot D^2}{8}$$



Kde p = řezný odpor

f = posuv za otáčku

Výkon:

$$P_h = 2 \cdot \pi \cdot M_k \cdot n$$

Výkon pro posuv (k vyvození posuvové síly  $F_x$ ) = (0,005 – 0,015) $P_h$  je zanedbatelný, proto:

$$P_{už} = P_h = 2 \cdot \pi \cdot M_k \cdot n$$

Příkon elektromotoru:  $P_{už}$

$$P_e = \frac{P_{už}}{\eta} \approx 0,7$$

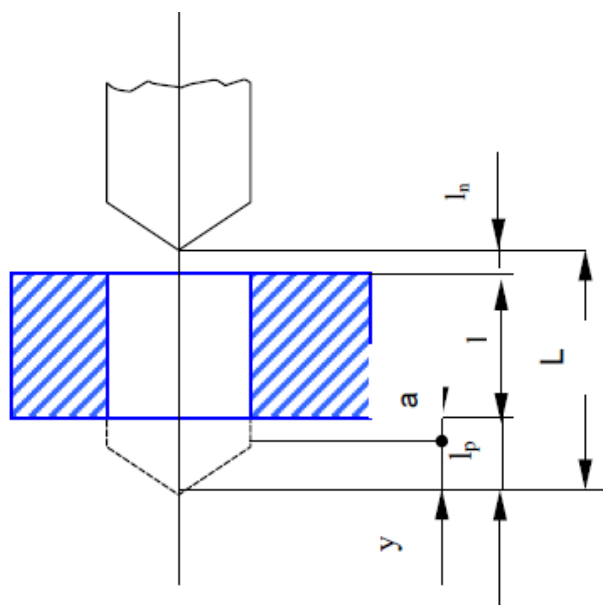
$\eta$

Strojní čas:

L

$$t_{as} = \frac{L}{n \cdot f_0} \text{ (min)} \quad L = l_n + l + l_p \text{ (mm)}$$

$n \cdot f_0$



$$l_n = 1 \text{ až } 3 \text{ mm}$$

$$l_p = a + y$$

$$a = 1 \text{ až } 2 \text{ mm}$$

$$y \approx 0,3 \cdot D$$

#### 1.4 Dosahovaná přesnost a drsnost povrchu

je závislá na typu použitého nástroje:

| Nástroj                        | Přesnost rozměrů<br>IT | Drsnost obrobeného povrchu<br>Ra (μm) |
|--------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| Šroubovitý vrták               | 11 až 13               | 6,3 - 25                              |
| Šroub.vrták s vodícím pouzdrem | 10                     | 6,3 - 25                              |
| Kopinatý vrták                 | 10                     | 6,3 - 25                              |
| Dělový vrták                   | 8                      | 1,6 - 6,3                             |
| Vrták s VBD                    | 8 - 10                 | 3,2 - 12,5                            |

Požadujeme-li větší přesnost a lepší drsnost díry, musí se vyhrubovat příp.vystružovat

## 2. ZAHLUBOVÁNÍ, VYHRUBOVÁNÍ A VYSTRUŽOVÁNÍ

Nevyhovuje-li přesnost a drsnost povrchu díry po vrtání, použije se některé z dokončovacích metod. Zvláště u děr do průměru 100 mm se nejčastěji používá vyhrubování a vystružování. Díry do průměru 10 mm se pouze vystružují, nad 10 mm se nejdříve vyhrubují a následně vystružují.

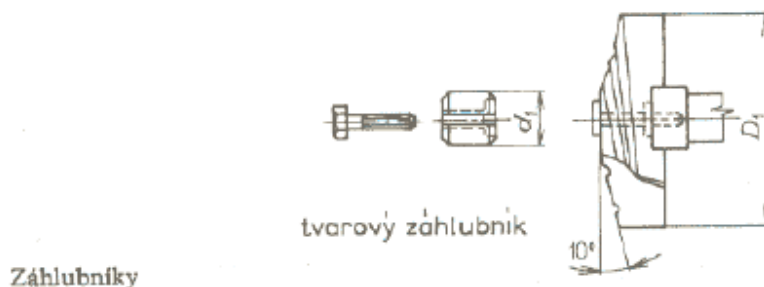
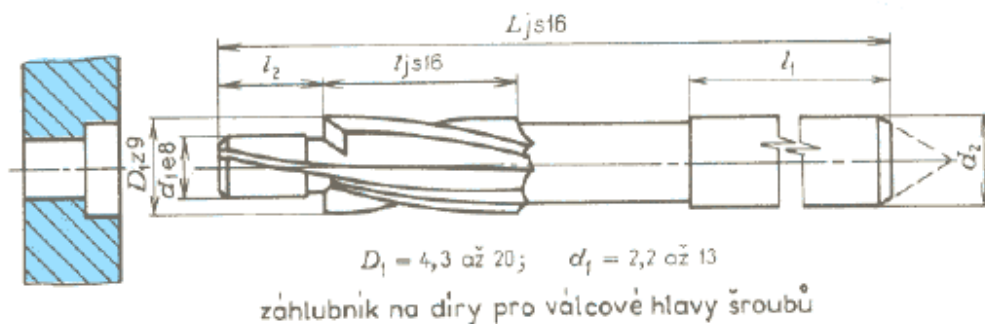
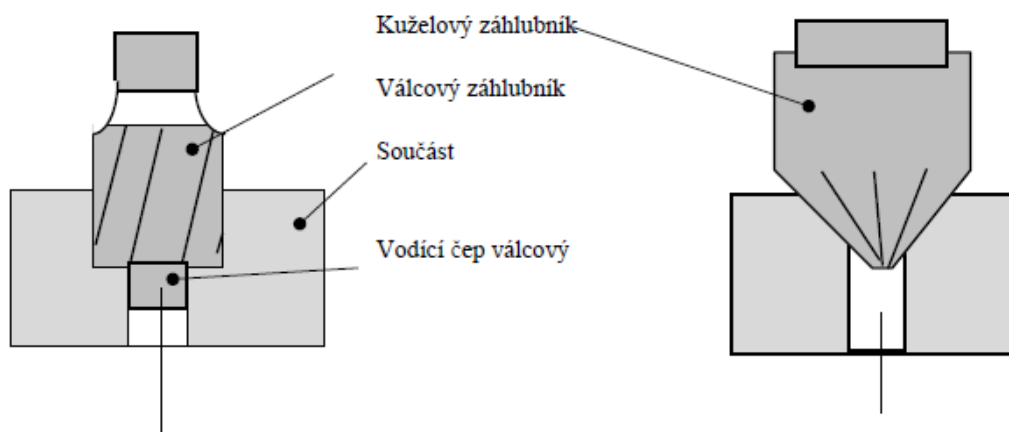
**2.1 Zahlubování** je operace, kterou se rozšiřuje vyvrtaná díra, např. pro zapuštění hlavy šroubu apod.

### Záhlubníky

Jsou buď jednobřité, dvoubřité nebo několikabřítové nástroje na válcové, kuželové nebo tvarované díry. Zuby záhlubníku jsou frézované, v pravé šroubovici s úhlem  $\omega = 20^\circ$ . Vyrábějí



se z nástrojové rychlořezné oceli. Jsou vedeny buď **vodícím čepem** v díře součásti, nebo čep nemají a jsou vedeny svou **válcovou částí** ve vodícím pouzdru vrtacího přípravku při sériové výrobě.



Záhlubníky

**2.2 Vyhrubování a vystružování** jsou operace opracování vnitřních rotačních ploch, kterými

se zvyšuje přesnost rozměrů a zlepšuje se jakost povrchu díry. Provádí se obvykle na vrtačkách.

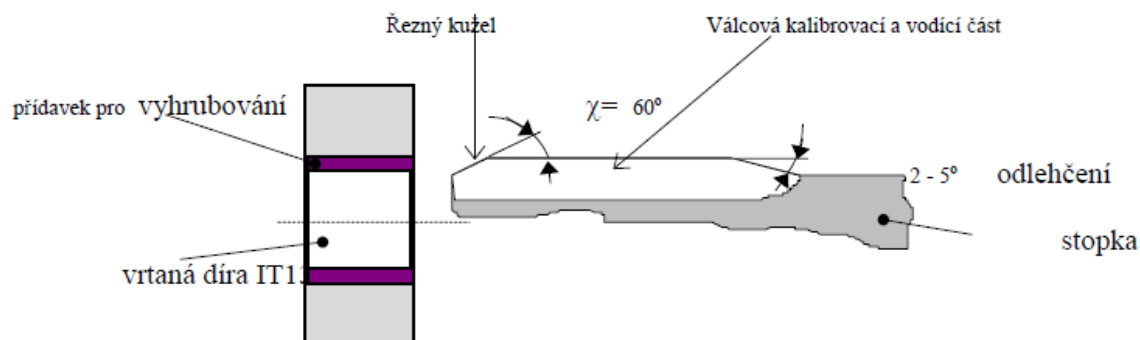
Hlavní řezný pohyb (otáčivý) i vedlejší pohyb – posuv ve směru osy díry vykonává nástroj.

### Výhrubníky

Jsou troj břitové až čtyř břitové nástroje, zpravidla se zuby ve šroubovici o stoupání  $\alpha = 20^\circ$ . Pracovní část výhrubníku se skládá z řezného kužele I1 a z válcové kalibrovací (vodící) části I2.

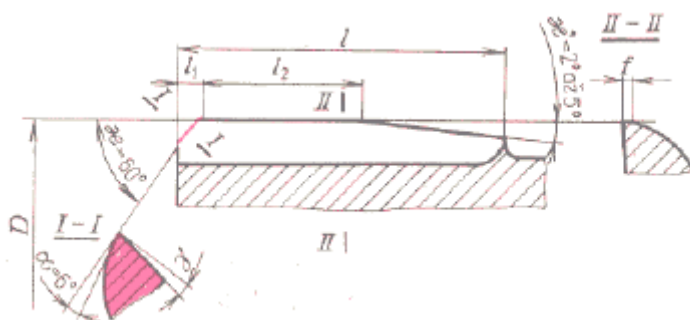
Výhrubníky se používají pro dosažení přesnějších rozměrů a lepšího geometrického tvaru.





Vyhrubováním se zvyšuje stupeň přesnosti IT, geometrická přesnost a kvalita povrchu Ra-3,2 - 1,6.

**Výhrubník**. je troj břitový až čtyř břitový nástroj se zuby ve šroubovici a vykonává hlavní řezný pohyb, vedlejší obdobně jako vrták.



Pro vyhrubování musí mít předvrtaná díra přídavek (musí mít menší průměr, než je průměr výhrubníku asi o 0,8mm).

Po výhrubníku se používá ještě výstružník, k dosažení vyšší přesnosti i drsnosti díry.

Výhrubník může být také konečný nástroj, pokud požadujeme díru s přesností IT 9 - 12.

Výhrubníky mohou být:

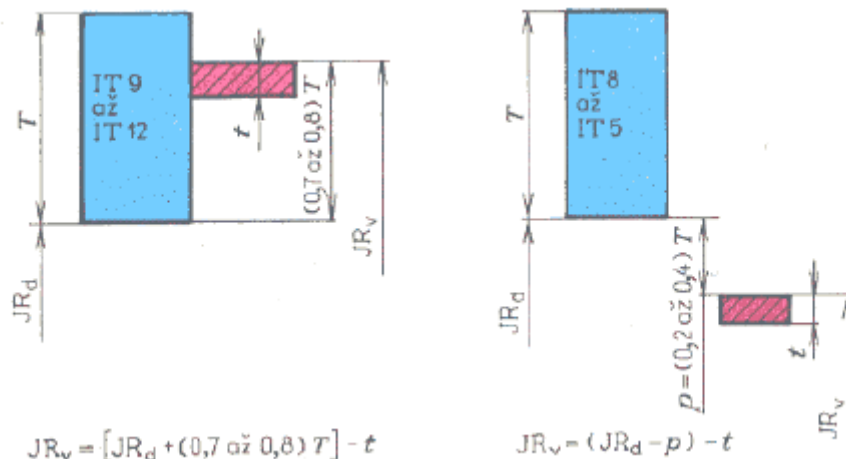
s kuželovou stopkou,

nástrčné s kuželovým vrtáním,

nástrčné s břity ze SK - nejčastěji operační.

Používají se jako dokončovací nástroj pro přesnost vyráběných děr **H9 až H12**. Pro přípravu díry

před výstružením se dělá průměr výhrubníku o 0.2 až 0.4mm menší.



JR<sub>d</sub> - jmenovitý rozměr díry

JR<sub>v</sub> - jmenovitý rozměr výhrubníku

T - tolerance díry

t - výrobní tolerance výhrubníku

p - přídavek

Úhel sklonu zubu  $\omega$  s pravou šroubovicí je pro ocel 30°, pro litinu 10° a pro hliníkové slitiny 40°. U výhrubníků s břity ze slinutých karbidů bývá úhel  $\omega = 10^\circ$

## Výstružníky

Mnohobřitový nástroj, který se při práci zpravidla otáčí kolem své osy, v jejím směru se posouvá k obrobku a odbíráním jemných třísek dodává předvrtaným válcovým nebo kuželovým

dírám přesný rozměr, správný geometrický tvar a hladký povrch.

Rozdělují se :

Podle tvaru obvodových ploch na **válcové** nebo **kuželové**.

Podle způsobu použití na **ruční a strojní**.

Podle způsobu výroby zubů na **pevné, rozpínací** s frézovanými zuby a **stavitelné se vsazenými noži**.

Podle způsobu upínání jsou se **stopkou válcovou nebo kuželovou** a výstružníky **nástrčné**. Válcové výstružníky jsou **ruční, strojní, rozpínací, stavitelné, plovoucí a operační**. Mohou být

**celistvé,**

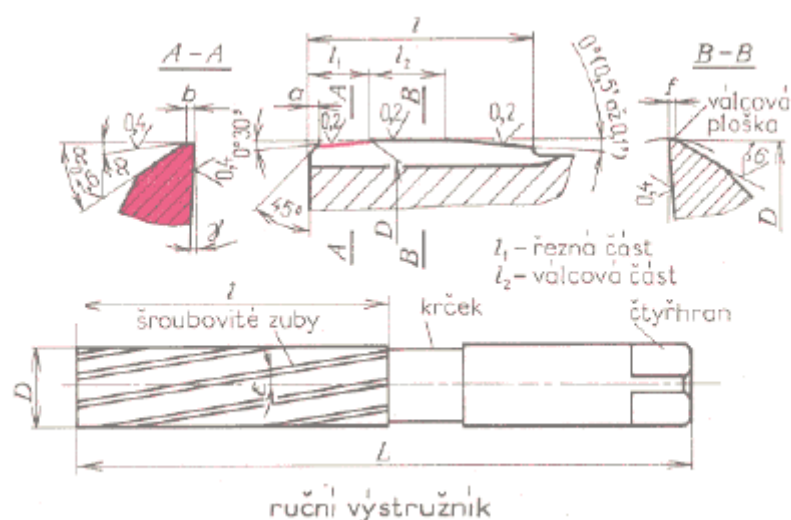
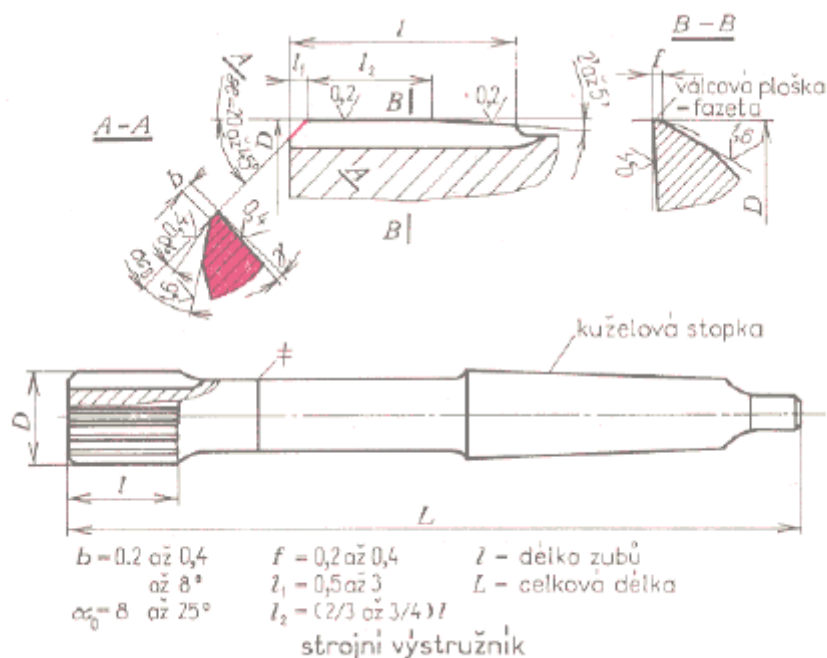
**s přišroubovanými zuby** pro průměry 52 až 100mm,

**se vsazenými zuby** pro 105 - 200mm.

**Strojní výstružníky** mají obvykle přímé zuby s nerovnoměrnou roztečí, nebo zuby ve šroubovici.

Nerovnoměrná rozteč zabraňuje vzniku hranatosti vystružované díry. Řeznou část tvoří řezný

kužel s úhlem nastavení  $\chi_r = 20 - 45^\circ$ .



**Ruční výstružníky** slouží k ručnímu vystružování pomocí vratidla. Konec jejich stopky bývá proveden jako čtyřhran. Mají dlouhý řezný kužel (asi 1/3 délky činné části), který jej zavádí do předvrtané díry. Zbývající část výstružníku je mírně kuželovitá pro snížení točivého momentu.

**Rozpínací a stavitelné výstružníky** se používají převážně v opravárenství. Rozpínací výstružníky

Mají těleso řezné části duté a v zubových mezerách rozříznuté. Do dutiny se vtlačuje kužel nebo

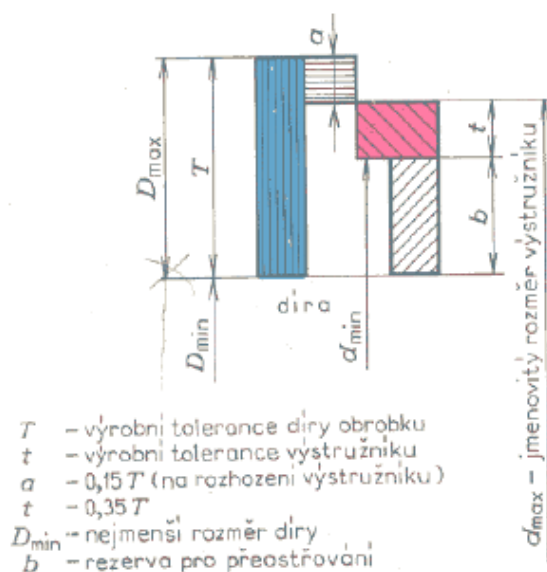
kulička a tím se zvětšuje průměr výstružníku. Stavitelné výstružníky mají zuby vsazené v drážkách,

jejichž dno tvoří kuželová plocha. Posunutím zubů ve směru osy výstružníku pomocí dvou matic se

zvětšuje nebo zmenšuje průměr výstružníku.

**Výstružníky s břity ze slinutých karbidů** jsou výkonné nástroje pro obrábění hůře obrobitelných

materiálů. Jsou buď vícebřité, s připájenými nebo mechanicky upnutými břity, nebo jednobřité, opatřené vodícími lištami. Pro menší průměry do 10 mm se používají celistvé (monolitní) výstružníky ze SK.



#### Mezní úchytky válcových výstružníků

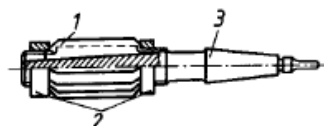
Příklad: díra  $\varnothing 20H6 (20^{+0,013})$  podle ČSN 22 1405;  $a = 0,15T = 0,002$ ;  $t = 0,35$

$T = 0,005$ ;  $d_{max} = (D_{max} - a) - t = 20,013 - 0,002 = 20,011$ .

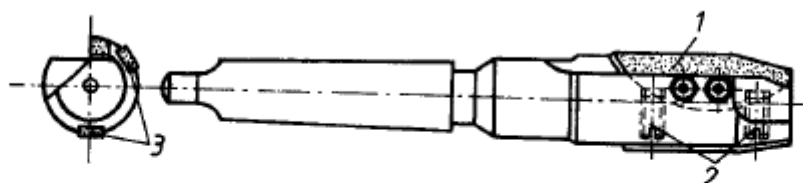
Výstružník pro díru  $\varnothing 20H6$  bude mít rozměr  $\varnothing 20,011 - 0,005$



Obr. Rozpínací výstružník  
1 – šroub, 2 – řezná část, 3 – rozpínací kulička



Obr. Stavitelný výstružník  
1 – řezná část, 2 – stavěcí matice  
3 – stopka



Obr. Jednobřitý výstružník s mechanicky upnutou břitovou destičkou ze SK  
1 – břitová destička, 2 – šrouby pro nastavení průměru výstružníku,  
3 – vodící lišty

#### Přesnost a drsnost

Vyhrubování - IT 10 – 12 drsnost Ra 3,2 – 12,5

Vystružování ruční - IT 6 – 8 0,4 – 1,6

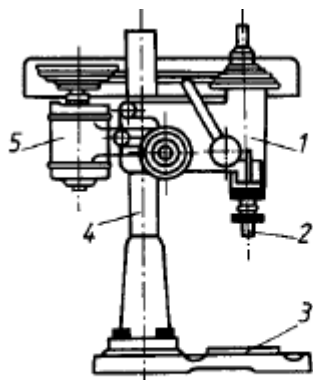
Strojní - IT 7 – 9 0,4 – 1,6

Vystruž.jednobřitým výstružníkem ze SK IT 5 – 6 drsnost Ra 0,15 – 0,2

### 3. Vrtačky

Podle konstrukce jsou vrtačky **stolní, sloupové, stojanové, otočné a speciální.**

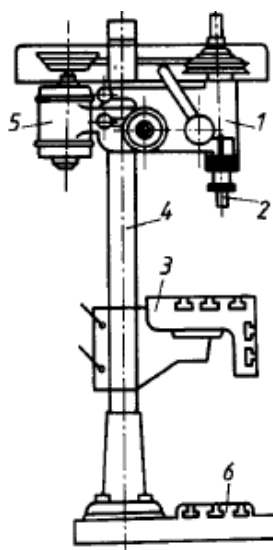
**Stolní vrtačky** - díry do  $\varnothing 16\text{mm}$ .



Obr. Stolní vrtačka 1 - vřeteník, 2 - vřeteno, 3 - stůl, 4 - sloup, 5 - motor

**Sloupové vrtačky** - vřeteník i pracovní stůl se přestavuje na sloupu. Rám stroje se skládá ze

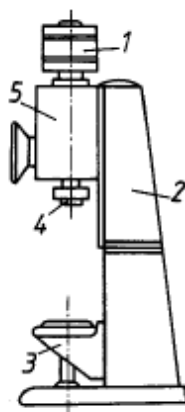
základové desky, sloupu, vřeteníku a pracovního stolu. Používají se do  $\varnothing 40\text{ mm}$



Obr. Sloupová vrtačka 1 - vřeteník, 2 - vřeteno  
3 - stůl, 4 - sloup, 5 - motor, 6 - podstavec

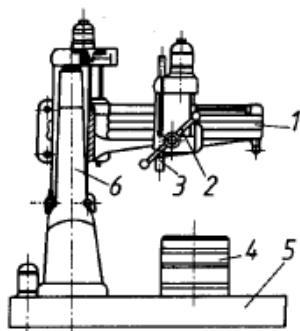
**Stojanové vrtačky** - jako sloupové, ale místo sloupu mají stojan. Stavějí se do vrtacích průměrů

až 80mm. Jsou mnohem tužší než sloupové vrtačky.



Obr. Stojanová vrtačka 1 - motor, 2 - stojan, 3 - pracovní stůl, 4 - vřeteno, 5 - vřeteník

**Otočné (radiální) vrtačky** mají posuvný vřeteník po rameni, které je možné výškově přesouvat a otáčet na sloupu. Sloup je upevněn na základové desce, na kterou se upínají větší obrobky nebo upínací kostka pro upnutí menších obrobků. Rameno je možné otáčet mimo základovou desku a vrtat díry do velkých obrobků položených na podlaze. Radiální vrtačky se vyrábějí pro vrtání děr až do průměru 100 mm.



Obr. Radiální vrtačka 1 - rameno, 2 - vřeteník, 3 - vřeteno, 4 - upínací kostka, 5 - základní deska, 6 - sloup

**Souřadnicové vrtačky** se používají k vrtání děr s vysokou přesností (IT2 - IT5) s přesnými roztečemi (až 0,002 mm)

. Vyrábí se ve dvou provedeních. První má vřeteník pohyblivý na příčnicku a společně s příčnickem je výškově přestavitelný (viz obr.). Obrobek se upíná na pracovní stůl, který vykonává podélný pohyb.

Druhé provedení má vřeteník přestavitelný výškově na stojanu, pohyby obrobku ve vodorovné rovině zajišťuje křížový stůl.

Nastavení polohy se provádí podle optických nebo elektrických pravítek, nebo přesným šroubem s vyloučením úchytky ve stoupání závitu.

**Speciální vrtačky** jsou např. přenosné (jeřábem) vrtačky s otočnou hlavou, umožňující natočení

do libovolné polohy pro vrtání do rozměrných a těžkých obrobků, vrtačky, které se celé upnou

magnetickými upínkami na vrtanou součást (používané při výrobě lodí) nebo navrtávačky umožňující současně navrtat oba středící důlky pro obrábění na hrotových soustruzích apod

#### 4. Práce na vrtačkách

Základní práce na vrtačkách jsou vrtání, vyhrubování, vystružování, vyvrtávání vrtákem, zahlubování otvorů, zkosení hran, zarovnávání čel a řezání závitů

## FRÉZOVÁNÍ

(charakteristika frézování, frézky, nástroje pro frézování, zuby fréz, řezné úhly, práce na frézkách, dělicí přístroje, řezná síla, výkon při frézování, strojní čas)

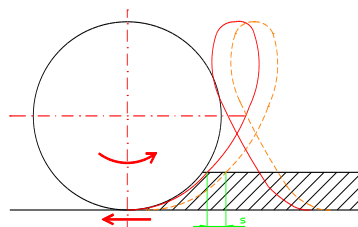
- třískové obrábění rovinných a tvarových ploch pomocí otáčejícího se vícebřitého nástroje

*Stroj* - frézka

*Nástroj* - fréza

*Hlavní řezný pohyb* - otáčivý pohyb nástroje

*Vedlejší pohyb* - přímočarý pohyb obrobku



Výsledným pohybem je prodloužená cykloida:

#### Rozdělení frézování

Válcové - válcové nástroje, zuby na obvodu

Čelní - čelní nástroje, pracovní ostří je na čele

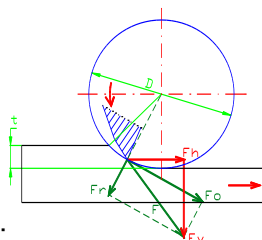
Válcové frézování - dva způsoby podle vzájemného pohybu nástroje a obrobku:

Sousledné - nástroj se otáčí ve směru posuvu obrobku:



*Výhody* - malé upínací síly, obrobená plocha je hladší, umožňuje vyšší řezný výkon

*Nevýhody* - silové rázy při záběru => nižší trvanlivost ostří (snižujeme použitím šikmých zubů), rázy v pohybovém ústrojí stroje



Sousledné frézování:



Fv - vertikální složka řezné síly

Fo - obvodová složka řezné síly

Fh - horizontální složka řezné síly

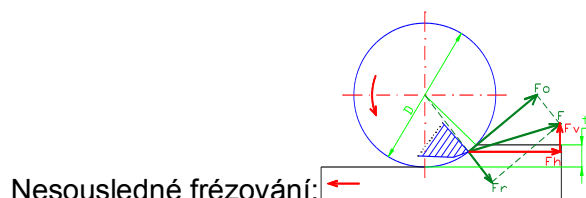
Fr - radiální složka řezné síly

Nesousledné - pohyb nástroje je proti posuvu obrobku:



**Výhody** - povrch je rovnější, lze obrábět polotovary s tvrdým a nečistým povrchem (odlitky, výkovky), je výhodná pro křehčí a tvrdší materiály, nejsou velké rázy, soustava stroj-nástroj-obrobek nemusí být tak tuhá jak u sousledného

**Nevýhody** - maže se povrch => velké tření a otěr, nástroj se rychleji otupuje, pro upnutí obrobku potřebujeme velké upínací síly včetně čelního opření



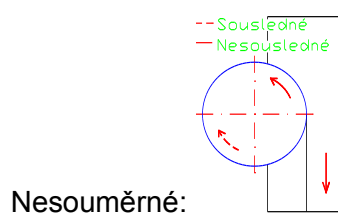
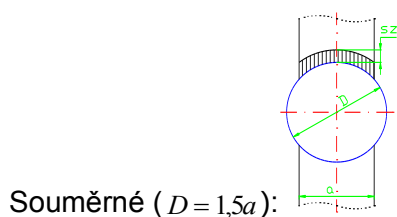
Fv - vertikální složka řezné síly

Fo - obvodová složka řezné síly

Fh - horizontální složka řezné síly

Fr - radiální složka řezné síly

**Frézování čelními frézami** - zuby jsou umístěné na čele, dráha zubu čelní frézy je opět cykloida, průřez třísky je proměnlivý. Je výkonnější než válcové (s ohledem na zabírající zuby umožňuje zvolit větší posuv). Rozeznáváme frézování souměrné a nesouměrné; sousledné a nesousledné.

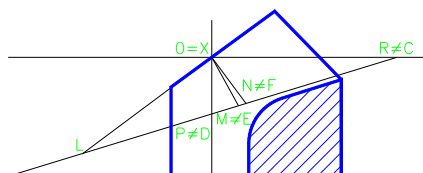
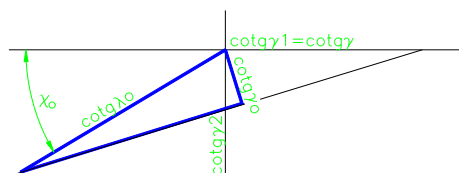


**Frézy** - člení se dle různých hledisek. Při výběru mají přednost normalizované frézy

- 1) Válcové - ČSN 22 21 (10-50)
  - a) nástrčné - čela hladká, bez zapuštění, díra opatřená drážkou pro pero, ustavení pomocí rozpěrných kroužků
  - b) stopkové
- 2) Čelní - ČSN 22 21 (36-99), kombinace fréz válcových a čelních
  - a) nástrčné
  - b) stopkové
- 3) Na drážky - ČSN 22 21 (91-94), čelní válcové frézy zvlášť určené pro drážky
- 4) Kotoučové
- 5) Tvarové - ČSN 22 22 (10-68) - úhlové, radiusové, kuželové
- 6) Na ozubení - kotoučové tvarové, stopkové tvarové, odvalovací
- 7) Čelní - segmentové (výměnné destičky nebo nože)

**Geometrie břítu** - všechny základní řezné úhly jsou dány způsobem obrábění, použitým materiálem nástroje a obrobku. □□□□5°, □□□□10°

Geometrie břitu:

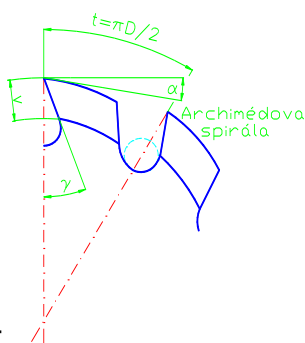


Výroba nástroje - obráběné, lité, tvářené (většinou kované), svařované, broušené

Zásady konstrukce fréz

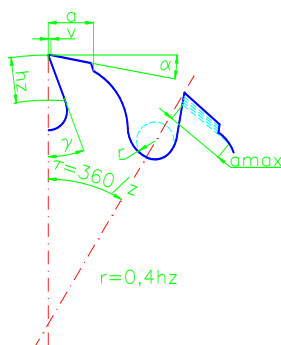
Průměr frézy - správná volba průměru ovlivňuje hospodárnost výroby (díra, stopka)

Zubová mezera - prostorná pro stříšku po celou dobu řezání, plocha čela a dna mezery musí být hladká, poloměr zaoblení dostatečně velký, tvar zubové mezery je jednotný mezi čelem a dnem.

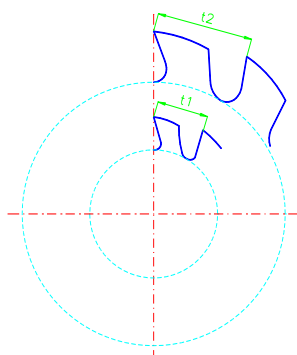


Zuby podtáčené frézy:

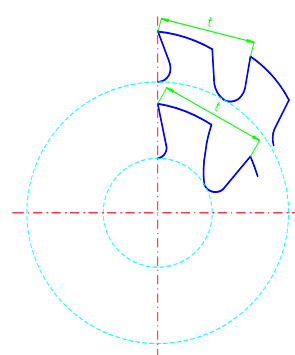
Zuby se zaobleným hřbetem:



Počet zubů - u normalizovaných dán normou, záleží na druhu a  $\square$  frézy. Při malém  $z$  - mezery velké  $\Rightarrow$  hrubozrné frézy a při malém  $z$  - mezery malé  $\Rightarrow$  jemnozrné frézy. Rozeznáváme *úhlové dělení* (počet zubů je stejný bez ohledu na  $\square$  frézy s rostoucím  $\square$  roste  $t$  (fréza „hrubne“)). *Roztečné dělení* (se zvětšujícím  $\square$  roste  $z$  (fréza „zjemňuje“)).



Úhlové dělení:



Roztečné dělení:

Rozteč zubů - závisí na  $z$ , volíme a) pravidelnou

b) nepravidelnou (chceme-li, aby se snížilo chvění při obrábění)

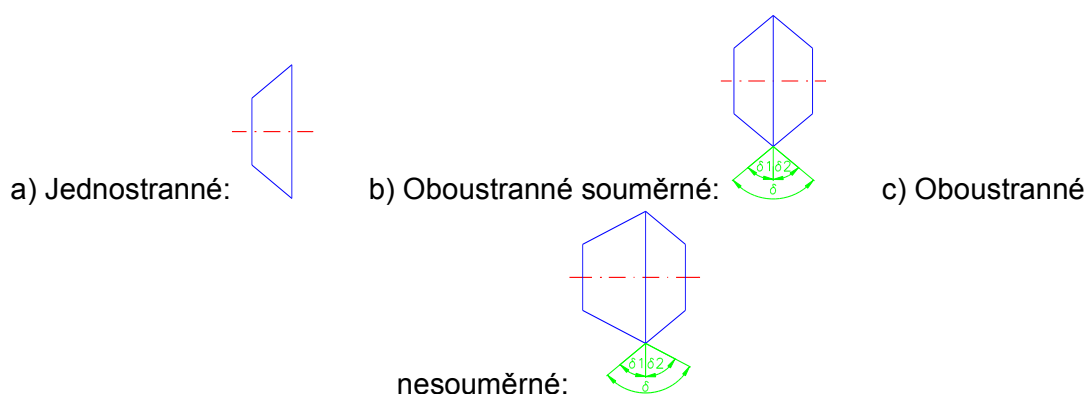
Řezná délka - u stopkových a válcových má být zhruba  $L = 2D$

### Druhy fréz

Při frézování rovinných ploch pro snížení řezného odporu opatřujeme ostří dělicími drážkami, které jsou ve šroubovici, u šikmých zubů je šroubovice přerušena v opačném smyslu. Při frézování větších ploch používáme střídavě s levou a pravou šroubovicí.

Kotoučové frézy a pily - mají zuby i na boku střídavě. Sklon zubů je také ve střídavé šroubovici. Používají se pro řezání drážek. Pily - velmi úzké frézy kotoučové, slouží k řezání velmi úzkých drážek, nařezávání, rozřezávání a dělení materiálu.

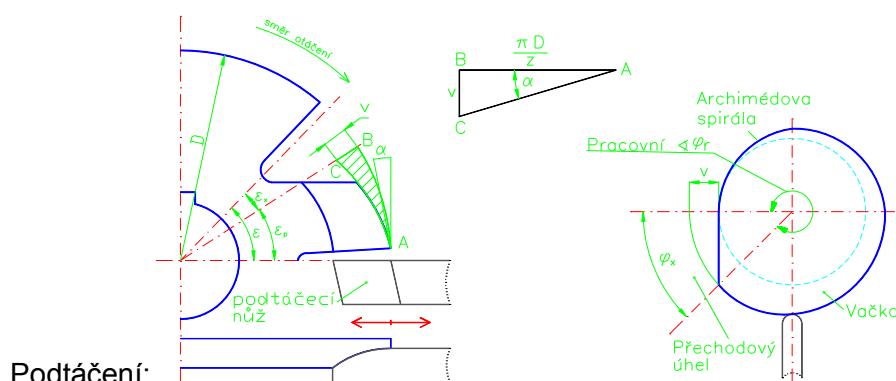
Úhlové frézy pro frézování úhlových profilů (úhlové drážky, zub. mezery, apod.) Oboustranné nesouměrné můžeme nahradit dvěma jednostrannými => libovolné úhly, jednodušší broušení.



Tvarové frézy - výroba tvarových profilů (ozubení, nesmí ostřením dojít ke změně průřezového profilu zubu. Tuto podmínku splníme, jestliže frézu (zuby) vyrábíme *podsoustružením* nebo *podbroušením*.

Frézovací hlavy - frézy s výměnnými zuby. Těla frézy jsou z běžných ocelí, lepší materiál je použit pro destičky (rychlořezná ocel, slinuté karbidy, keramika - nesousledné fréz.) Výhody: broušení, snadné seřízení, cena, výměna tvrdosti destiček, při CNC strojích není nutná korekce po přebroušení. Nevýhody: velké vstupní náklady, větší průměry.

Řezné podmínky - řezné úhly shodné u soustružení, způsob práce (zapichovací soustružení) břitový diagram má stejný tvar jako u soustružení.



Řezná rychlost - volíme podle materiálu, způsobu obrábění, druhu opracování

$$v = \pi \cdot D \cdot n; D [\text{m}] \quad v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}; D [\text{mm}]$$

Posuv - posuv na zub  $s_z$  (mm)

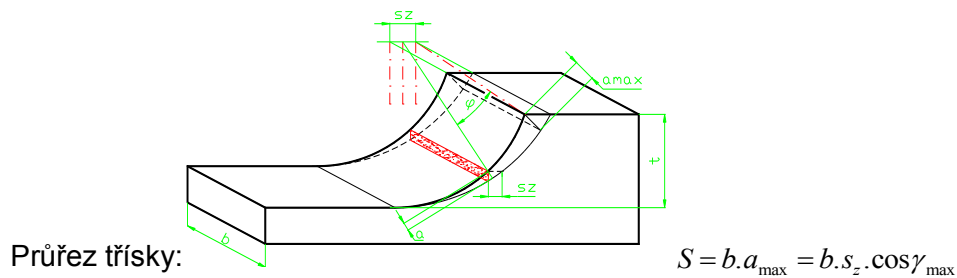
- posuv na otáčku frézy  $s$  (mm/ot)  $s_{\min} = s \cdot n = s_z \cdot z \cdot n$

- posuv za min.  $s_{\min}$  (mm/min)

Velikost se volí s ohledem na typ obrábění -  $s_z$  (hrubování 0,3 mm; na čisto 0,07 max. 0,1 mm)

Hloubka řezu -  $t$ , volíme s ohledem na druh polotovaru, druh obrábění 3 - 10 mm.

Průřez třísky -  $S$



Pro stanovení řezných sil používáme střední průřez:  $S = b \cdot a \Rightarrow a = 0,5a_{\max}$

Při frézování šikmými zuby používáme následující vzorečky:

$$a = k \cdot s_z \cdot \cos \gamma \quad k - \text{součinitel tloušťky třísky}$$

$$k = \frac{360t}{\pi \phi D} \quad \phi - \text{úhel stoupání šroubovice}$$

**Výkon:**  $P_e = \frac{P_{u\bar{z}}}{\eta} \quad \eta = 0,7 \quad P_{u\bar{z}} = F_v [W] \quad P = \frac{F_v}{1000 \cdot 60} [kW]$

**Strojní čas**

$$t_{as} = \frac{L \cdot i}{v} \quad L - \text{celková dráha frézy (délka obrobku + najetí a přejetí (D + 4 mm u čelního))}$$

Dosahovaná přesnost a drsnost povrchu

**Válcové:** 300 mm IT 10 - 12,  $R_a = 6,3 - 25$  - hrubování

1200 mm IT 11 - 13,  $R_a = 6,3 - 25$

300 mm IT 9 - 11,  $R_a = 1,6 - 6,3$  - na čisto

1200 mm IT 9 - 12, Ra = 1,6 - 6,3

**Frézovací hlavy:** 300 mm IT 10 - 12, Ra = 6,3 - 25 - hrubování

1200 mm IT 11 - 13, Ra = 6,3 - 25

300 mm IT 7 - 10, Ra = 1,6 - 3,2 - na čisto

1200 mm IT 8 - 11, Ra = 1,6 - 3,2

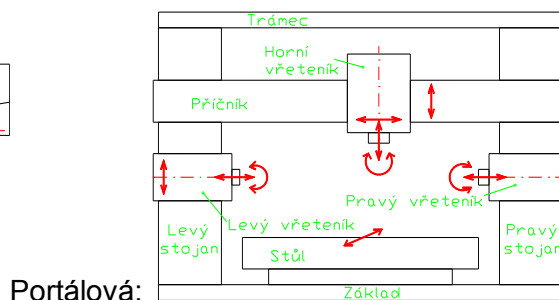
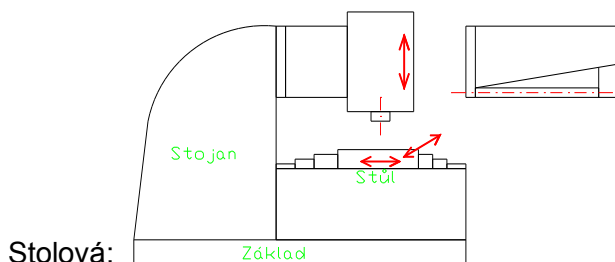
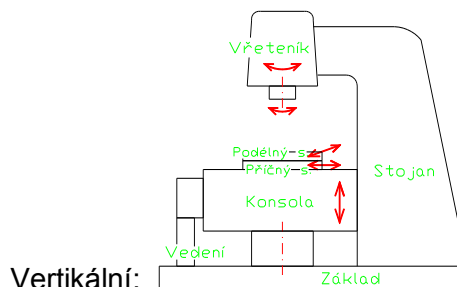
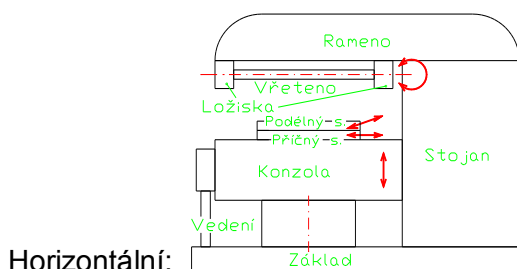
IT 7 - 8, Ra = 0,8 - 1,6 - jemné frézování

### Frézy dělíme podle:

a) *polohy vřetene*: horizontální, vertikální, universální

b) *konstrukce*: konsolové, stolové, rovinné (portálové), speciální (na drážky, ozubení, kopírovací)

Konsolové frézy: vertikální (naklápěcí vřeteno 45°), horizontální, universální. Obrábíme ve všech podélných směrech.



Frézování dělicím způsobem - dělicí zařízení se používá potřebujeme-li na obrobku vytvořit pravidelné drážky, zuby, plošky,...

1) *Jednoduché přímé* - pro malý počet drážek (24), umí pouze některé (2, 4, 6, 8, 12, 24).

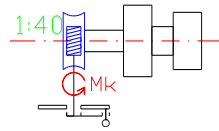
2) *Jednoduché nepřímé* - libovolný počet zubů, dělicí kotouč je opatřen několika soustřednými kružnicemi s otvory (počty dírek: 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49).

$$\text{Př.: } z = 22. \quad n_k = \frac{40}{z} = \frac{40}{22} = \frac{22}{11} = 1 + \frac{9}{11}$$

11 - 11 kružnice s daným počtem dírek, 9 dírek navíc

navíc

1 - jedno otočení



Jednoduché nepřímé dělení:

- 3) *Diferenciální nepřímé* - používáme tam, kde potřebujeme vyrobit velký počet zubů a hlavně počet zubů u prvočísel. Dělicí přístroj pracuje na principu nepřímého dělení, ale umožňuje vyrovnat diferenci (rozdíl) buď přidáním nebo ubráním. Vyrovnání rozdílu umožňuje vložená převodovka s výměnnými koly, jejichž počty zubů podle potřeby vypočteme. K zařízení je dodána sada výměnných kol s počtem zubů: 20, 25, 30, 35, 40, a více.