



FAKULTA ústav

STROJNÍHO strojírenské

INŽENÝRSTVÍ technologie

# Strojírenské výpočty

---

Technická zpráva č. 1

Václav Valíček, 2A/5

9.12.2015

## Obsah

1	Základy technologie strojního obrábění .....	3
1.1	Soustava stroj-upínač-nástroj-obrobek .....	3
1.2	Řezný nástroj.....	3
1.3	Obrobek .....	4
1.4	Základní materiály pro řezné nástroje.....	5
1.4.1	Nástrojové oceli.....	5
1.4.2	Slinuté karbidy .....	5
1.4.3	Řezná keramika .....	6
1.4.4	Cermety .....	6
1.4.5	Supertvrdé materiály.....	6
2	Technologie soustružení .....	7
2.1	Řezné podmínky .....	7
2.1.1	Další důležité vztahy při soustružení.....	7
2.2	Nástroje.....	8
2.3	Stroje .....	9
2.3.1	Čelní soustruhy.....	9
2.4	Hrotové soustruhy .....	9
2.5	Karusely (svislé soustruhy).....	10
2.6	Speciální soustruhy .....	10
3	Technologie frézování.....	12
3.1	Druhy frézování.....	12
3.1.1	Čelní frézování .....	12
3.1.2	Válcové frézování.....	12
3.1.3	Sousledné frézování .....	12
3.1.4	Nesousledné frézování .....	12
3.2	Nástroje.....	12
3.2.1	Dělení podle upnutí.....	13
3.2.2	Tvarové .....	13
3.2.3	Podle konstrukce .....	13
3.2.4	Podle směru rotace .....	13
3.2.5	Podle průběhu ostří .....	13
3.3	Frézky .....	14
3.3.1	Konzolové frézky .....	14
3.3.2	Stolové frézky .....	14

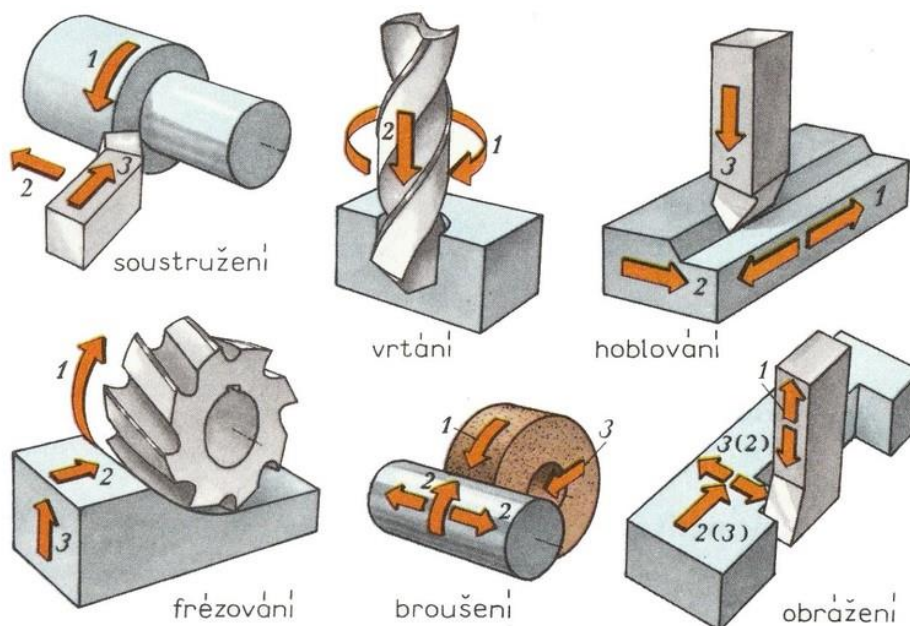
3.3.3	Rovinné frézky .....	14
3.3.4	Speciální frézky .....	15
4	Technologie vrtání .....	16
4.1	Výpočet řezných podmínek .....	16
4.2	Druhy vrtáků .....	16
4.2.1	Šroubovité vrtáky .....	16
4.2.2	Kopinaté vrtáky .....	16
4.2.3	Dělové a hlavňové vrtáky .....	16
4.3	Vrtačky .....	17
4.3.1	Stolní vrtačky .....	17
4.3.2	Sloupové vrtačky .....	17
4.3.3	Stojanové vrtačky .....	18
4.3.4	Otočné vrtačky .....	18
5	Zdroje .....	19
5.1	Zdroje informací .....	19
5.2	Zdroje obrázků .....	19
6	Seznam obrázků .....	20

# 1 Základy technologie strojního obrábění

Technologie strojního obrábění se zabývá různými obráběcími procesy, při kterých odebírá formou třísek materiál a tím mění tvar součásti.

Metody lze dělit několika způsoby, například dle použitého nástroje:

- Definovaná geometrie břitu
  - o Soustružení
  - o Vrtání
  - o Hoblování
- Nedefinovaná geometrie břitu
  - o Broušení
  - o Lapování
  - o ...



Obrázek 1-1 Řezné pohyby při obrábění

## 1.1 Soustava stroj-upínač-nástroj-obrobek

Při procesu obrábění se odstraňuje přebytečná část obráběného materiálu za pomoci nástroje – většinou řezného. Odstraňováním materiálu vznikají třísky. Produktem obrábění je obrobek obrobek obrobek na určitý předem definovaný tvar-přesnost.

Na tvar i přesnost mají vliv jednotlivé části soustavy. V následujícím postupu je definuji.

## 1.2 Řezný nástroj

Vniká svým břitem do materiálu obrobku a postupně z něj odděluje kousky materiálu, takzvané třísky. Jsou na něj kladeny velké nároky, ohledně tvaru, tvrdosti, odolnosti vůči otěru (opotřeбенí), popouštění, atd...

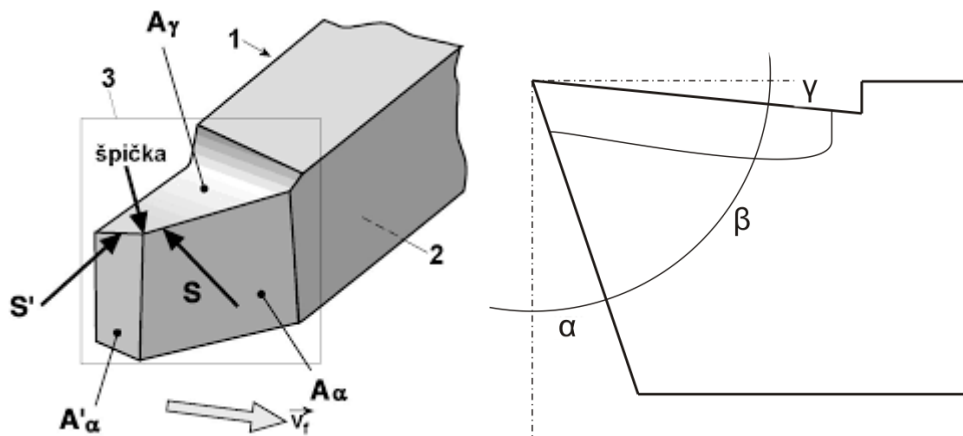
Nástroje se skládají z několika částí, zejména:

- **Stopka** – část nástroje sloužící k upnutí do stroje [1]
- **Základna** – slouží pro umístění nástroje při jeho výrobě, potažmo broušení [2]

- **Řezná část** – funkční část, skládá se z hřbetu, čela a ostří [3]

Plochy řezné části nástroje lze potom též definovat:

- **Čelo** – plocha ( $A_\gamma$ ), po které se odvaluje třísky směrem k utvářeči třísky
- **Utvářeč třísky** – část čelní plochy, láme třísku na vhodnější tvar/velikost
- **Hřbet** – ploch směřující k ploše obrobku ( $A_\alpha, A_{\alpha'}$ )
  - o u řezných nástrojů jsou jejich úhly velmi důležité
  - o  $\alpha$  – úhel hřbetu – plocha směřující k ploše obrobku, má vliv na pevnost, většinou  $2-25^\circ$
  - o  $\beta$  – úhel břitu – ohraničen plochami hřbetu a čela, průsečnice = ostří, odvádí teplo vznikající při obrábění součásti, vliv na velikost řezného odporu. Obvykle platí, že  $40^\circ < \beta < 100^\circ$
  - o  $\gamma$  – úhel čela – plocha odvádějící třísku, vliv na drsnost obrobené plochy, vliv na obtížnost vniknutí do materiálu (menší  $\gamma$  znamená lepší vniknutí do materiálu – klesá řezný odpor). Obvykle volíme  $40^\circ > \gamma > 25^\circ$



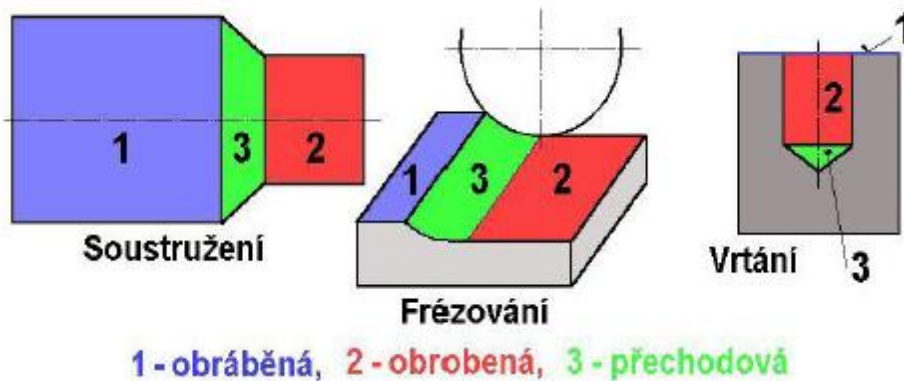
Obrázek 1-2 Prvky a plochy nástroje, úhly nástroje

### 1.3 Obrobek

V podstatě se jedná o kus materiálu, který je již obroben nebo částečně obroben. Můžeme na něm rozlišit tři části:

- **Obrobená plocha** – plocha, která už prodělala obrobení řezným nástrojem
- **Přechodová plocha** – spojnice mezi obrobenou a obráběnou plochou. Vzniká působením ostří nástroje každou další otáčkou obrobku nebo nástroje. Právě zde se rozhoduje o kvalitě povrchu obrobku.

- **Obráběná plocha** – plocha, která zatím neprošla obráběcím procesem, ale zároveň má být obrobena



Obrázek 1-3 Plochy na obrobku

## 1.4 Základní materiály pro řezné nástroje

Na řezné nástroje (tudíž i jejich materiály) jsou kladeny extrémní nároky na pevnost, tvrdost a odolnost proti otěru a popouštění. Ideální se jeví také vysoká schopnost držet ostří a dobrá řezivost. Je logické, že tato kritéria nesplní každý materiál.

### 1.4.1 Nástrojové oceli

Nástrojové oceli lze snadno klasifikovat do několika skupin. Nejlogičtější se zdá dělení podle obsahu legur: nelegované, legované, vysokolegované – také zvané rychlořezné. Mezi nejčastější legury lze s jistotou zařadit Wolfram, Molybden, Kobalt či Vanad. K posílení a stabilizaci vlastností těchto ocelí provádíme tepelné zpracování – kalení a popouštění. Obojí má u nástrojových ocelí speciální průběh, aby se docílilo rovnoměrného prokalení.

Užíváme je k výrobě ručních nástrojů, popřípadě strojních nástrojů s nižší řeznou rychlostí. Mezi hlavní výhody „nástrojovek“ patří cena.

### 1.4.2 Slinuté karbidy

Slinuté karbidy (dále „SK“) jsou vyráběny práškovou metalurgií různých karbidů (nejčastěji TiC, TaC, WC a NbC) a kovového pojiva, převážně kobaltu. Poměrem složek karbidů a pojiva lze efektivně ovlivňovat vlastnosti výsledného slinutého karbidu. Mezi vlastnosti, které lze ovlivnit patří houževnatost, otěru-odolnost a tvrdost. Jedná se o vlastnosti u nástrojů i nástrojových břitů velmi žádané.

O tom, že slinuté karbidy umožňují mnohem lepší práci s jejich tvarem svědčí i fakt, že se SK destiček vyrábí široká škála tvarů a velikostí. K dosažení ještě lepších vlastností lze nástrojové bříty povlakovat – dosáhneme tím kvalitnějšího povrchu s vyšší odolností proti otěru a nižší míry difuzního opotřebení. Naprostou špičkou jsou dvoupovlakové SK destičky.

Mezi výhody SK destiček patří vyšší řezné rychlosti, větší životnost nástroje a snadná vyměnitelnost v nástrojové hlavě. Hlavní nevýhodou je vyšší cena.

Dělení SK probíhá do několika skupin:

- K – WC+Co
- P – WC+TiC+Co
- M – WC+TiC+NbC+Co
- ...

### 1.4.3 Řezná keramika

Řezná keramika je směs materiálů, většinou anorganických nekovových sloučenin, které jsou na sebe vázány kovalentními a iontovými vazbami. Polykrystalická keramika má jemná zrna, která mají vysokou pevnost, ovšem nízkou houževnatost a malou měrnou hustotu.

Keramické materiály mají vlastnosti, které jsou u nástrojů žádané. Ovšem nízká houževnatost keramiky způsobuje, že keramika špatně snáší rázy – je proto vhodná na dlouhé kontinuální obrábění bez přerušení záběru. Jedná se o materiál, který má hodně co nabídnout, ale v blízké budoucnosti není určený k masovému použití.

Keramiku dělíme podle příměsí:

- Oxidická keramika – čistá, polosměsná, směsná
- Nitridová
- Vytužená – oxidová či nitridová keramika vytužená SiC či Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>

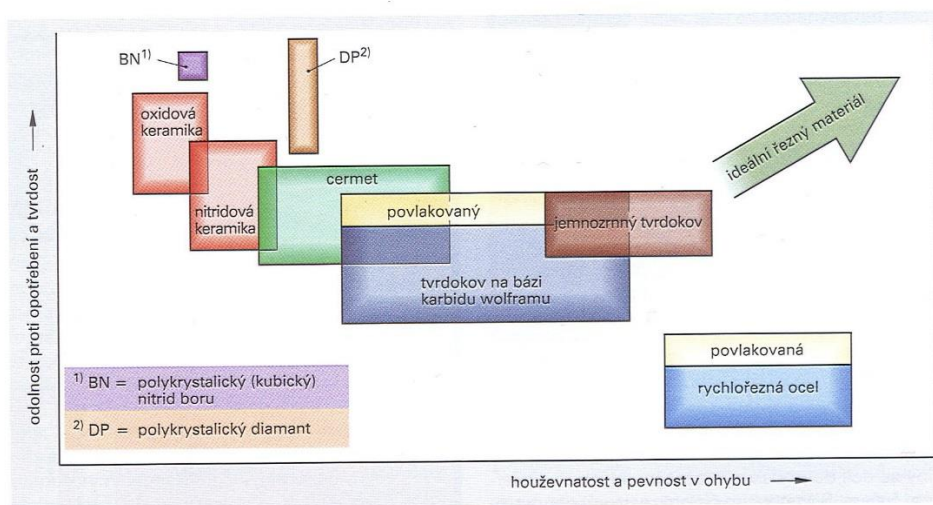
### 1.4.4 Cermety

Cermety se pokouší kombinovat tvrdost keramiky a houževnatost kovů. Vytváříme je stejně jako SK práškovou metalurgií, původně měly SK nahradit. Jsou levnější, mají nižší hustotu. Jsou celkově odolnější vůči oxidaci, tvorbě nárustků a nereagují tolik s legovanými materiály. Hlavní nevýhodou oproti SK je, stejně jak u keramiky, nižší houževnatost. Vhodné jsou například pro dokončovací práce na ocelových součástech.

### 1.4.5 Supertvrdé materiály

Kategorizovat sem zle především polykrystalický diamant a kubický nitrid boru. Diamant, ačkoliv je velmi tvrdý, je prakticky nevhodný pro konvenční obrábění. Je velmi citlivý na vibrace a přerušovaný řez, používá se jen na strojích s klidným chodem. Navíc smí být použit jen ve speciálním držáku. Vhodný je pro použití při obrábění homogenních materiálů s nízkým obsahem uhlíku (difuzní opotřebení), při vyšších teplotách se mění na grafit (je nestabilní). Vhodný je zejména na opracování platů, neželezných kovů, materiálů s nízkou vodivostí tepla a podobných houževnatých materiálů.

Kubický nitrid boru je velmi vysoce odolný proti otěru, je též velmi houževnatý. Vhodný především pro obrábění tvrzených materiálů a litiny. Podobně jak u diamantů, vysoká cena zapříčinila, že se z něj nevyrobí celé břity, ale pouze ostří, které se později pájí na destičku ze slinutých karbidů.



Obrázek 1-4 Vlastnosti řezných materiálů

## 2 Technologie soustružení

Soustružení je nejefektivnější způsob obrábění rotačních součástí. Je to jediná metoda, kde hlavní pohyb vytváří obrobek a vedlejší nástroj. Většinou používáme pouze jednobřité nástroje.

### 2.1 Řezné podmínky

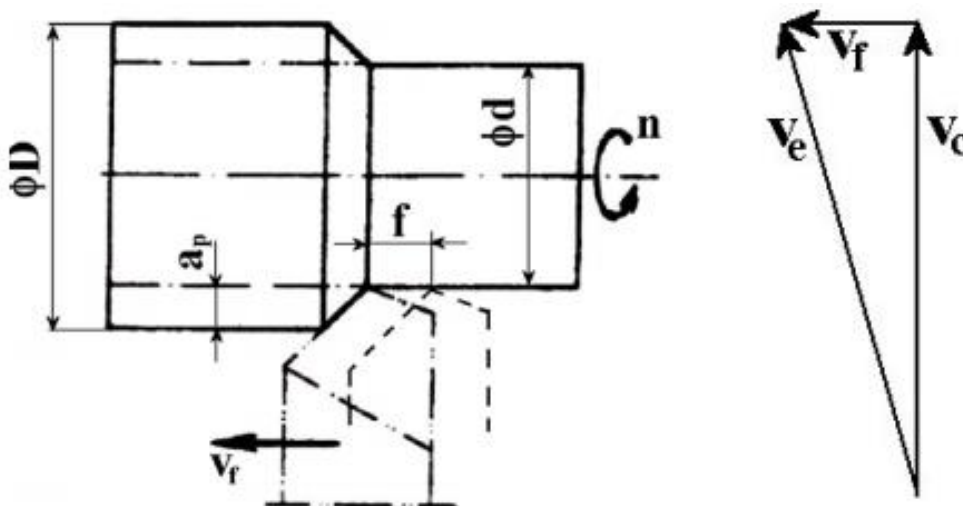
Rychlost řezného pohybu závisí na výkonu stroje, vlastnostech nástroje a obrobku, požadované přesnosti a drsnosti povrchu. Od této rychlosti se také odvíjí životnost nástroje, je určena součtem rychlosti řezné a rychlosti posuvné. Rychlost řezného pohybu vypočítáme:

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + (v_f * 10^{-2})^2}$$

$$v_{e-c} = v_e - v_c$$

Řezná rychlost je závislá na otáčkách soustruhu a průměru záběru  
Řezná rychlost:  $v_c = \pi * D * n * 10^{-3}$

Rychlost posuvu udává šířku třísky na jednu otáčku  
Posuvná rychlost:  $v_f = f * n$

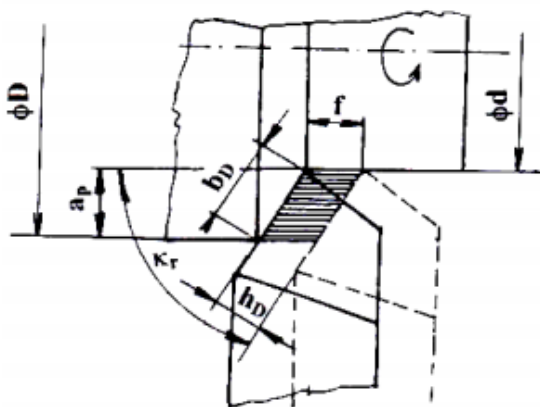


Obrázek 2-1 Rychlosti a pohyby při soustružení

#### 2.1.1 Další důležité vztahy při soustružení

- Šířka záběru ostří:  $a_p = \frac{D-d}{2}$
- Šířka třísky:  $b_d = \frac{a_p}{\sin(K_n)}$
- Tloušťka třísky:  $h_D = f * \sin(K_n)$
- Záběr třísky:  $A_D = a_p * f = h_D * b_D$
- Otáčky soustruhu:  $n_{teor} = \frac{10^3 * v_c}{\pi * D}$



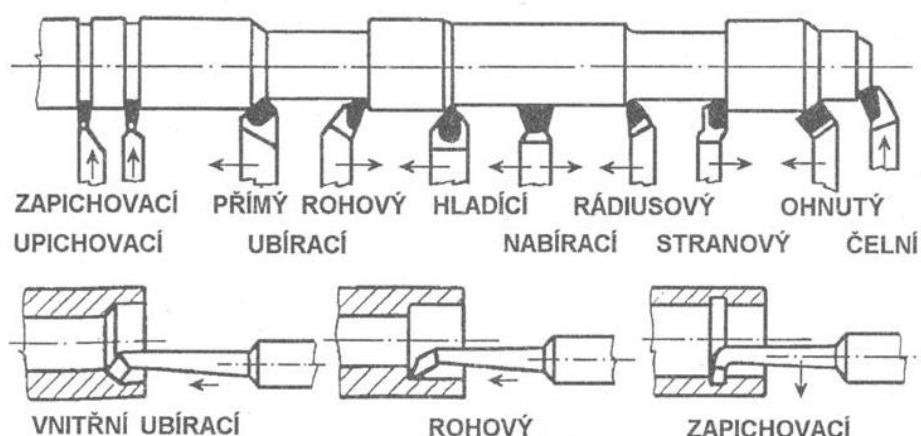


Obrázek 2-2 Průřez třísky

## 2.2 Nástroje

Základní dělení soustružnických nožů probíhá dle způsobů použití nožů – na vnitřní a vnější nože, dále na levé či pravé nože. Další členění je nepřeborné – ubírací nože, tvarové nože, upichovací nože, podle materiálu popřípadě uložení břitových destiček

- Nože pro vnější soustružení:
  - o Ubírací přímý levý/pravý nůž
  - o Rohový pravý/levý nůž
  - o Ubírací vyhnutý pravý/levý nůž
  - o Hladící nůž
  - o Nabírací nůž
  - o Rádiusový nůž pravý/levý
- Nože pro vnitřní soustružení
  - o Vnitřní ubírací nůž pravý
  - o Vyvrtávací nůž kolmý levý
  - o Vnitřní zapichovací nůž
  - o Vnitřní rohový nůž



Obrázek 2-3 Základní soustružnické nože

## 2.3 Stroje

### 2.3.1 Čelní soustruhy

Čelní soustruhy jsou vhodné pro soustružení výrobků velkých průměrů, ovšem nízké výšky (příruby, mezikruží, podstavce). Obrobky se upínají na lícni desku.



Obrázek 2-4 Čelní soustruh

## 2.4 Hrotové soustruhy

Hrotové soustruhy se vyrábí univerzální i jednoúčelové. Univerzální jsou oblíbené v malosériové a prototypové výrobě, protože šetří pořizovací náklady na vybavení dílny. Za použití speciálního příslušenství je lze použít i na broušení, frézování atd. Mají vysoký počet kombinací otáček a posuvů, dají se na nich řezat závit. Novější typy jsou vybaveny plynulou regulací otáček popřípadě nastavitelnou řeznou rychlostí.



Obrázek 2-5 Hrotový soustruh

## 2.5 Karusely (svislé soustruhy)

Osa upínaného obrobku je svislá, což umožňuje lepší manipulaci s hmotnými a neformnými obrobky. Průměr líčovací desky se pohybuje od desítek centimetrů po desítky metrů.



Obrázek 2-6 Karusel - Francisova turbína

## 2.6 Speciální soustruhy

Spadají sem různé stroje pro obrábění nerotačních součástí, NC a CNC přístroje. Typickým případem je vačka, kliková hřídel či excentr. CNC soustruhy jsou vhodné pro poloautomatickou výrobu složitějších součástí, v případě kombinace s revolverovou hlavou i pro výrobu součástí s velkým počtem potřebných nástrojů.





Obrázek 2-7 Revolverová hlava



Obrázek 2-8 CNC Soustruh

## 3 Technologie frézování

Při frézování vykonává hlavní pohyb nástroj (fréza). Materiál je odebírán břity rotující frézy, každý zub odřezává krátké třísky. Frézování je druhým nejrozšířenějším druhem obrábění ve strojírenství, hned po soustružení. Frézování je taky postup mladší než soustružení. Přístroj se jmenuje frézka.

### 3.1 Druhy frézování

Frézování dělíme dvěma základními způsoby. První je podle směru otáčení frézy vzhledem k obrobku – sousledné a nesousledné. Dále podle použitého druhu frézy – čelní a válcové.

#### 3.1.1 Čelní frézování

Při tomto druhu obrábění se užívají čelní frézy. Osa frézy je kolmá k obráběné ploše, nástroj neodebírá třísku jen po obvodu, ale i čelně. Hloubka odebíraného nástroje se nastavuje ve směru osy nástroje. Jedná se o nevykonnější způsob frézování, protože nástroj zabírá ve dvou osách současně.

#### 3.1.2 Válcové frézování

Válcové frézování je nejčastěji uplatňováno při frézování válcovými tvarovými frézami. Hloubka odebíraného materiálu se nastavuje kolmo na osu frézky a směr pohybu posunu. Jednotlivé zuby nástroje jsou pouze na obvodu.



Obrázek 3-1 Čelní a válcové frézy

#### 3.1.3 Sousledné frézování

Fréza zabírá směrem do obrobku a rotuje ve směru jeho posuvu. Obrobená plocha tímto získává menší drsnost tímto způsobem obrábění. Hlavní výhody sousledného obrábění patří delší životnost nástroje, z toho vyplívají vyšší řezné rychlosti a posuvy, menší sklon k tvoření nárustků a kmitání. Též nižší řezný výkon.

#### 3.1.4 Nesousledné frézování

Je pravým opakem sousledného frézování – nástroj vniká do obrobku zespodu, vzniká drsnější povrch, vyšší řezný výkon, vyšší opotřebení nástroje, vyšší zákmity...

### 3.2 Nástroje

Existuje nepřehledné množství druhů fréz, vzhledem k rozšíření frézování se není čemu divit. Můžeme kategorizovat podle tvaru, použití, technického provedení a mnoha dalších.

### 3.2.1 Dělení podle upnutí

- Stopkové frézy – upnutí do kleštin, buď hydraulicky, nebo pneumaticky
- Nástrčné frézy – upnutí na trn
- Frézy se samosvorným kuželem
- Pilový kotouč – obdoba nástrčné frézy, kroucí moment nepřenáší péro, ale boční tlak na kotouč
- Frézovací hlavy – upínací část je odlitek, na ní jsou přímo šroubovány/letovány destičky

### 3.2.2 Tvarové

- Modulové – na ozubení
- Kotoučové
- Drážkovací – na pero, T-drážky...
- Tvarové – na výrobu vedení, např.: rybinové

### 3.2.3 Podle konstrukce

- Svařované – funkční část je rychlořezná ocel, upínací část je z konstrukční oceli
- S vyměnitelnými břity – břity jsou vyrobeny z SK nebo cermetů, následné upínání šroubem

### 3.2.4 Podle směru rotace

- Pravořezné
- Levořezné

### 3.2.5 Podle průběhu ostří

- Přímé – nejlevnější, ovšem frézka a její převodové ústrojí trpí rázy
- Šikmé – komplikovanější, dražší výroba, menší rázy
- Šroubovice – nejsložitější na výrobu, nejmenší rázy, prakticky kontinuální záběr



Obrázek 3-2 Diverzita druhů fréz

### 3.3 Frézky

Frézek je několik mnoho typů, lze je však kategorizovat do čtyř základních typů.

#### 3.3.1 Konzolové frézky

Mají výškově nastavitelnou konzoli, po které se pohybuje podélný pracovní stůl. Existují svislé, vodorovné a univerzální konzolové frézky. Umožňují upnout obrobek ve třech pravouhlych rovinách.



Obrázek 3-3 Vodorovná konzolová frézka

#### 3.3.2 Stolové frézky

Frézka má pouze podélný příčný stůl, hodí se zejména na obrábění velkých a těžkých součástí, na které by konzolová frézka nestačila. Existují vodorovné i svislé mutace.

#### 3.3.3 Rovinné frézky

Robustní konstrukce, hodí se na obří obrobky. Stůl vykovává pohyb pouze v jedné ose, zbytek obstarává „portál“ s vřetenem.



Obrázek 3-4 Rovinná frézka

### **3.3.4 Speciální frézky**

Speciální frézky jsou vhodné pro všechny nestandardní účely – ozubená kola, zavity apod. Další kapitola jsou NC/CNC frézy řízené PLC/PC. Jedná se většinou o multifunkční obráběcí centra. Velmi častým trendem je „digitalizace“ klasické frézky – frézka je doplněna o NC řízené pojezdy, odčítání polohy a může fungovat jak CNC s minimálními náklady na pořízení.



## 4 Technologie vrtání

Jedná se o technologický proces, při kterém vytváříme nebo zvětšujeme válcové/kuželové otvory. Pracovní pohyb provádí nástroj, který v rotaci vniká do upnutého materiálu. Řezná rychlost je odvislá od vzdálenosti od osy otáčení, proto se často dříve předvrtává malým vrtákem (vysoké otáčky) a poté větším na nižší otáčky (rychlost u středu se blíží nule). Nástroje nazýváme vrtáky, výsružníky a výhrubníky.

### 4.1 Výpočet řezných podmínek

$$h = \frac{f}{2} * \sin(K_n), A_D = b * h$$

$$b = \frac{D}{2 * \sin(K_n)} - \text{vrtání do plného materiálu}$$

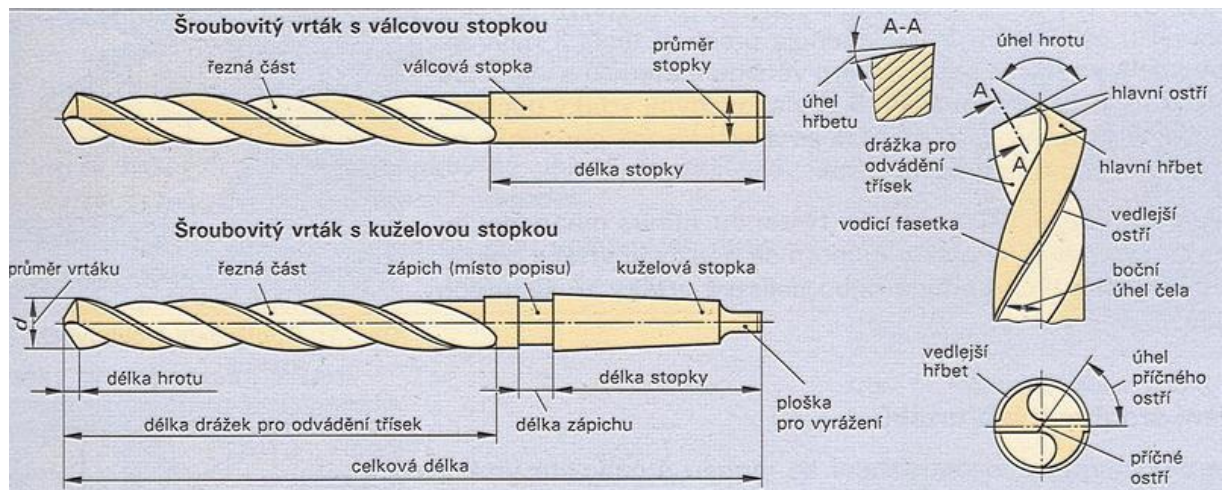
$$b = \frac{D-d}{2 * \sin(K_n)} - \text{vrtání do díry}$$

### 4.2 Druhy vrtáků

Jak je ve strojírenství zvykem, lze kategorizovat podle čehokoliv a jakkoliv. Nejběžněji kategorizujeme podle geometrie, technologie, použití atd.

#### 4.2.1 Šroubovitě vrtáky

Typicky dvoubřitě šroubovitě vrtáky jsou nejrozšířenějším nástrojem pro výrobu děr. Mají válcovité tělo s hadovitými drážkami pro odvod třísky. Nejčastějším materiálem pro výrobu je rychlořezná ocel, existují ovšem vrtáky s diamantovými destičkami či vyměnitelnými břitovými destičkami.



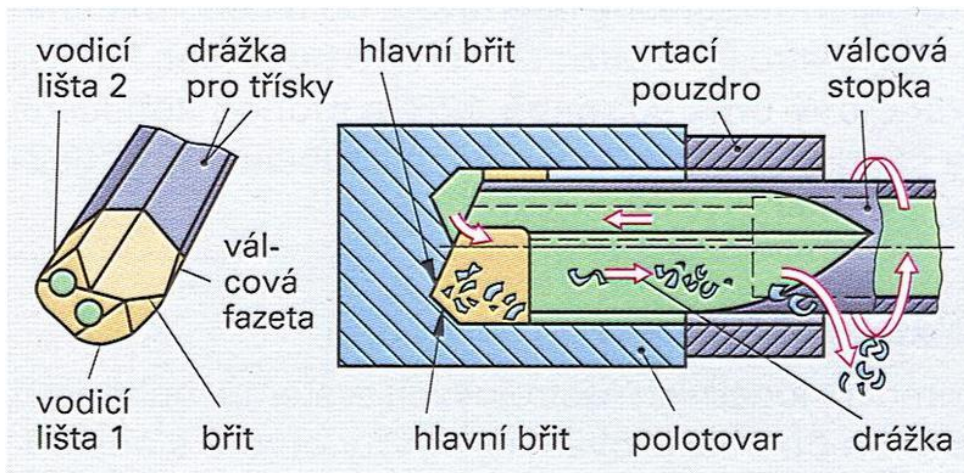
Obrázek 4-1 Šroubovitý vrták

#### 4.2.2 Kopinaté vrtáky

Nejčastěji se využívá v CNC strojích – umožňuje zavedení chladicí kapaliny přímo do vrtu středem vrtáku. Mají vyšší tuhost, ovšem otvor mívá drsnější povrch. Lze s nimi vrtat do plného materiálu s větším průměrem.

#### 4.2.3 Dělové a hlavňové vrtáky

Typy vhodné na výrobu dlouhých a úzkých otvorů – nezajišťují však dostatečný odvod třísek, proto je třeba občas vrtání přerušit a třísky eliminovat. I tyto vrtáky mají otvory, kterými proudí chladicí kapalina přímo do vrtu.



Obrázek 4-2 Dělový vrták

## 4.3 Vrtačky

Lze je rozdělit do několika kategorií, například podle konstrukce – stolní, sloupové, otočné a stojanové.

### 4.3.1 Stolní vrtačky

Mají nejjednodušší konstrukci – motor a vřeteno jsou na krátkém sloupu, přenos síly je prováděn klínovým řemenem. Řazení otáček probíhá ručně. Více vrtaček na jednom stojanu nazýváme sloupová vrtačka.



Obrázek 4-3 Převodovka stolní vrtačky

### 4.3.2 Sloupové vrtačky

Pojmenováno podle hlavního konstrukčního prvku – sloupku – po něm se může pohybovat a otáčet pracovní stůl.

### 4.3.3 Stojanové vrtačky

Obdoba sloupové vrtačky, ale nejde hýbat pracovním stolem, který je nyní fixní součástí stojanu.



Obrázek 4-4 Hybrid sloupové a stojanové vrtačky

### 4.3.4 Otočné vrtačky

Motor a rameno jsou mobilní, mohou se pohybovat po otočném stojanu. Stůl je fixní a nepohyblivý.

## 5 Zdroje

### 5.1 Zdroje informací

KOCMAN,K. a PROKOP,J. *Technologie výroby II: Řešené příklady*. 1.vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. 2002. 63 s. Dostupné z WWW: <[http://drogo.fme.vutbr.cz/opory/pdf/TechnVyroby\\_II.pdf](http://drogo.fme.vutbr.cz/opory/pdf/TechnVyroby_II.pdf)>.

HUMÁR, Anton. *Výrobní technologie II*. [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2003, 2002-11-28 [cit. 2014-12-02]. Dostupné z WWW: <[http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/VyrobniTecnologie\\_II.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/VyrobniTecnologie_II.pdf)>.

HUMÁR, A. *Technologie I: Technologie obrábění – 1. část*. 1. vyd. Brno: CCB, 2003. 35 s. Dostupné z WWW: < [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-1cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf)>

HUMÁR, A. *Technologie I: Základní metody obrábění – 1. část*. 1. vyd. Brno: CCB, 2004. 16 s. Dostupné z WWW: < [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/zakl\\_met\\_obr/zakl\\_met\\_obr\\_1](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/zakl_met_obr/zakl_met_obr_1)>

### 5.2 Zdroje obrázků

- [eluc.kr-olomoucky.cz](http://eluc.kr-olomoucky.cz) – 1-1, 1-4, 4-1, 4-2
- [ust.fme.vutbr.cz](http://ust.fme.vutbr.cz) – 1-2/a, 2-1, 2-2, 3-1
- [upload.wikimedia.org](http://upload.wikimedia.org) – 1-2/b, 2-5, 2-6
- [slideplayer.cz](http://slideplayer.cz) – 1-3, 2-3
- [mlgeardesigns.blog.cz](http://mlgeardesigns.blog.cz) – 2-4
- [www.ciessetrade.cz](http://www.ciessetrade.cz) – 2-7
- [www.marincnc.com](http://www.marincnc.com) – 2-8
- [www.logismarket.cz](http://www.logismarket.cz) – 3-2
- [www.bazar.cz](http://www.bazar.cz) – 3-3
- [www.cnc-stenzel.cz](http://www.cnc-stenzel.cz) – 3-4
- [www.grandic.cz](http://www.grandic.cz) – 4-3
- [www.dobrestroje.cz](http://www.dobrestroje.cz) – 4-4

## 6 Seznam obrázků

Obrázek 1-1 Řezné pohyby při obrábění .....	3
Obrázek 1-2 Prvky a plochy nástroje, úhly nástroje .....	4
Obrázek 1-3 Plochy na obrobku .....	5
Obrázek 1-4 Vlastnosti řezných materiálů.....	6
Obrázek 2-1 Rychlosti a pohyby při soustružení .....	7
Obrázek 2-2 Průřez třísky .....	8
Obrázek 2-3 Základní soustružnické nože .....	8
Obrázek 2-4 Čelní soustruh .....	9
Obrázek 2-5 Hrotový soustruh .....	9
Obrázek 2-6 Karusel - Francisova turbína .....	10
Obrázek 2-7 Revolverová hlava .....	11
Obrázek 2-8 CNC Soustruh .....	11
Obrázek 3-1 Čelní a válcové frézy.....	12
Obrázek 3-2 Diverzita druhů fréz .....	13
Obrázek 3-3 Vodorovná konzolová frézka .....	14
Obrázek 3-4 Rovinná frézka .....	14
Obrázek 4-1 Šroubovitý vrták .....	16
Obrázek 4-2 Dělový vrták.....	17
Obrázek 4-3 Převodovka stolní vrtačky .....	17
Obrázek 4-4 Hybrid sloupové a stojanové vrtačky .....	18