

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

10. Frézování

Frézováním obrábíme především rovinné nebo tvarové plochy nástrojem s více břity.

Princip frézování:

Při frézování používáme vícebřité nástroje – frézy. Fréza koná hlavní řezný pohyb otáčivý. Podle polohy osy nástroje k obráběné ploše rozlišujeme frézy válcové s osou rovnoběžnou a frézy čelní s osou kolmou na obráběnou plochou. Obrobek je pevně upnutý na stole a koná vedlejší řezný pohyb posuvný. V některých případech se může obrobek otáčet nebo konat pohyb po prostorové křivce. Vzájemným pohybem obrobku a nástroje vzniká výsledný relativní pohyb cykloida. Řezný proces je přerušovaný, třísky odebírají jen zuby v řezu, postupně do materiálu vnikají a znovu místo řezu opouští.

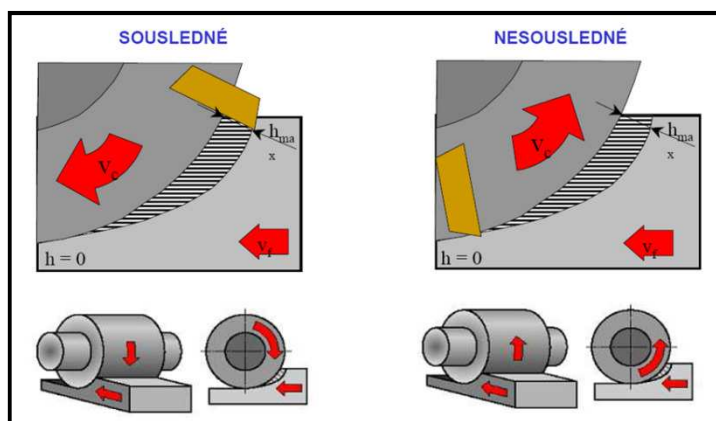
Frézování válcovými frézami:

Při frézování válcovými frézami je materiál odebírán zuby po obvodě frézy. Podle smyslu otáčení frézy vzhledem k posuvu rozlišujeme frézování sousledné a nesousledné.

Nesousledným frézováním je nazýván způsob odebírání třísek, kdy se fréza otáčí proti smyslu posuvu. Při tom se postupně zvětšuje průřez třísky od nuly do maximální tloušťky. Zuby frézy zpočátku vlivem pružných deformací obráběného materiálu kloužou po obrobené ploše, odírají se, zahřívají a otupují. Plocha obrobku se zpevňuje a obrobená plocha má horší jakost. Řezná síla působí směrem vzhůru a působí proti silám upínacím.

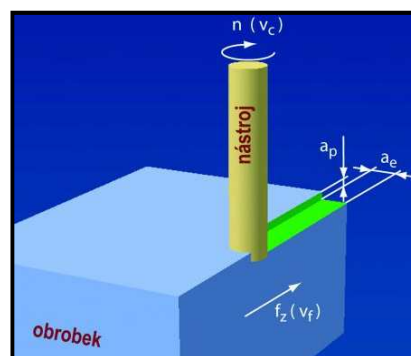
Sousledné frézování je způsob, kdy se fréza otáčí stejným směrem jako posuv. Zuby frézy se zařezávají do materiálu v maximálním průřezu třísky a končí nulovým průřezem na obrobené ploše, která je oproti nesouslednému frézování kvalitnější. Vznikají silové rázy, které lze zmírnit použitím frézy s šikmými zuby. Řezná síla působí směrem dolů a přitlačuje obrobek na opěrnou plochu.

Obr. č. 66: Frézování sousledné a nesousledné



Frézování čelními frézami:

Při frézování čelními frézami je materiál odřezáván současně břity na obvodu i na čele frézy. Oproti frézování válcovou frézou jde o produktivnější metodu, protože je současně více zubů v záběru.



Obr. č. 67: Frézování čelní frézou

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Nástroje používané při frézování

Nástroje používané při frézování můžeme rozdělit podle různých hledisek, např: podle upnutí, konstrukce, tvaru zubů či polohy břitů.

Rozdělení fréz:

1. Podle umístění břitů

- + Válcové frézy – s břity na válcové ploše frézy.
- + Čelní frézy – s břity umístěnými na válcové ploše frézy.
- + Kotoučové frézy – s břity na válcové ploše a obou čelních plochách frézy.
- + Kuželové frézy – s břity na jedné nebo dvou kuželových plochách frézy.
- + Tvarové frézy – s břity umístěnými na tvarových plochách frézy.

2. Podle tvaru zubů

- + Frézy s frézovanými zuby – zubové mezery jsou frézované kuželovými frézami.
- + Frézy s podsoustruženými zuby – se vyrábí na podtáčecích soustruzích, kdy jsou hřbety zubů podsoustružené, používají se např. na tvarové frézy.

3. Podle průběhu ostří zubů

- + Frézy s příkými zuby – zuby frézy jsou umístěny rovnoběžně s osou nástroje.
- + Frézy se zuby ve šroubovici – zuby nástroje jsou umístěny na pravotočivé nebo levotočivé šroubovici.

4. Podle upínání

- + Frézy stopkové – mají stopku válcovou nebo kuželovou s Morse či ISO kuželem.
- + Nástrčné frézy – upínané za upínací otvor s drážkou pro pero pro přenos kroutícího momentu.

5. Podle konstrukce nástroje

- + Monolitní – celistvé frézy z jednoho kusu materiálu např. odlévané z RO.
- + Frézy s výměnnými břitovými destičkami – mají zpravidla mechanicky upínané vyměnitelné břitové destičky z různých rezných materiálů.
- + Frézy skládané – poskládané z více samostatných fréz pro frézování složitých tvarových ploch.

Obr. č. 68: Frézy







INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Stroje používané pro frézování

Frézovací stroje nazýváme **frézky** a podle polohy osy vřetena je můžeme rozdělit na frézky **vodorovné** (horizontální) a **svislé**.






Rozdělení frézek podle konstrukce a použití:

-  Konzolové frézky
-  Stolové frézky
-  Rovinné frézky
-  Speciální frézky

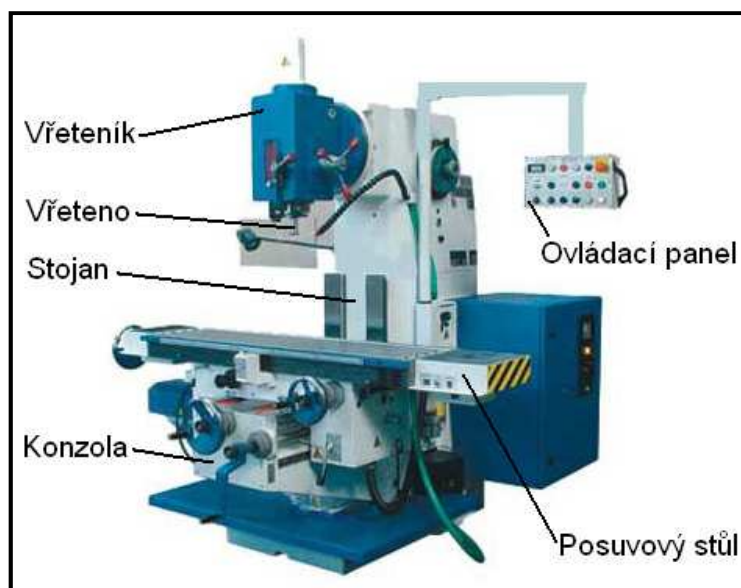
Konzolové frézky:

Nejpoužívanější frézky konzolové mají na stojanu posuvnou konzolu, na které je umístěn pracovní stůl. Posuv konzoly umožňuje nastavení obrobku ve svislém směru, pracovní stůl zajišťuje posuv v podélném a příčném směru. Tím je zajištěn pohyb obrobku ve třech osách.

Podle polohy vřetene a použití rozlišujeme:

-  Vodorovné konzolové frézky s horizontálním vřetenem.
-  Svislé konzolové frézky s vertikální osou vřetene.
-  Univerzální konzolové frézky konstrukcí podobné jako vodorovné frézky s otočným pracovním stolem.
-  Kopírovací frézky pro obrábění prostorově složitých tvarů.
-  Nástrojařské frézky pro výrobu tvarově složitých rezných nástrojů, forem apod.

Obr. č. 69: Hlavní části svislé konzolové frézky



Stolové frézky:

Stolové frézky se používají k obrábění obrobků větších rozměrů. Mají tuhý stojan umožňující frézovat většími výkony. Vertikální nastavení stroje umožňuje posuvný vřeteník. Pracovní stůl je umístěn přímo na základové desce a posouvá obrobek ve zbylých osách. Stolové frézky se vyrábějí se svislým nebo vodorovným vřetenem.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Rovinné frézky:

Rovinné frézky jsou vhodné pro obrábění velmi rozměrných obrobků. Konstrukcí jsou podobné frézám konzolovým, jejich pracovní stůl se však pohybuje pouze v podélném směru. Příčný a svislý posuv zajišťuje vřeteník s výsuvnou pinolou. Rovinné frézky mají jeden nebo dva vřeteníky, ty jsou na sobě nezávislé se samostatnou převodovkou a motorem.

Nejvýkonnější rovinné frézky jsou frézky **portálové**. Mají dva tuhé stojany spojené příčnickem. Jsou opatřeny většinou dvěma bočními vřeteníky na stojanech a jedním či dvěma svislými vřeteníky na příčniku.

Speciální frézky:

Speciální frézky se rozlišují podle frézovacích operací, pro které jsou určeny. Liší se zpravidla jak konstrukcí, tak i možností kombinovat posuvy a otáčení obrobku během obrábění. Mezi speciální frézky patří:

- ✚ Frézky na drážky
- ✚ Frézky na vačky
- ✚ Pantografické frézky
- ✚ Frézky na závity
- ✚ Frézky na ozubení
- ✚ Frézky řízené NC a CNC řídicím systémem

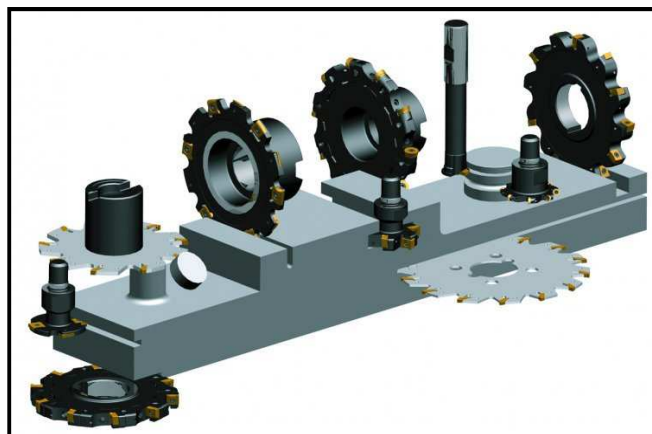
Obr. č. 70: Frézka konzolová vodorovná, portálová, stolová horizontka a nástrojářská.



Práce na frézkách

Frézováním obrábíme zejména:

- ✚ Rovinné plochy frézujeme frézami válcovými, čelními a frézovacími hlavami. Skládanými frézami obrábíme složitější soustavy rovinných ploch.
- ✚ Drážky frézujeme kotoučovými frézami nebo frézami stopkovými.
- ✚ Tvarové plochy frézujeme tvarovými nástrčnými, stopkovými či skládanými frézami.



Obr. č. 71: Frézování drážek

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Přídavná zařízení používaná při frézování:

- ✚ **Přídavný otočný stůl** se používá pro frézování rotačních ploch.
- ✚ **Obrázcí hlava** s klikovým mechanismem pro přenos pohybu z vřetene na smýkadlo.
- ✚ **Dělicí přístroj** umožňující rozdělit obvod obrobku na potřebný počet roztečí.



Obr. č. 72: Dělicí přístroj

Řezné podmínky při frézování:

Řezná rychlost v – je obvodová rychlost frézy a platí pro ni vztah:

$$v = \pi \cdot D \cdot n \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$$

kde:

D je průměr frézy v metrech
 n jsou otáčky obrobku za minutu

Posuv f – je při frézování dán rychlostí posuvu stolu frézy. Vzhledem k rozmanitosti používaných nástrojů je nutné při jeho určení vycházet z hodnoty posuvu na jeden zub nástroje f_z

Posuv na otáčku f_{ot} – udává dráhu, kterou urazí obrobek za jednu otáčku frézy. Posuv na otáčku určíme z hodnoty posuvu na jeden zub:

$$f_{ot} = f_z \cdot z \quad [\text{mm} \cdot \text{ot}^{-1}]$$

kde:

f_z je posuv na zub v mm
 z je počet zubů frézy

Posuv za minutu f_{min} – následně určíme z vypočteného posuvu na otáčku:

$$f_{min} = n \cdot f_{ot} = n \cdot f_z \cdot z \quad [\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}]$$

Plocha třísky S_z – je při frézování válcovou frézou proměnlivá, v průběhu záběru se mění tloušťka třísky. Maximální průřez třísky je dán maximální tloušťkou třísky.

$$S_{z_{max}} = a_{max} \cdot b \quad [\text{mm}^2]$$

kde:

a_{max} je maximální tloušťka třísky v mm
 b je šířka třísky v mm

Při frézování čelní frézou je plocha třísky na jeden zub:

$$S = a \cdot h \quad [\text{mm}^2]$$

kde:

a je tloušťka třísky v mm
 h je hloubka řezu v mm

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Řezná síla F_{ci} – je hlavní složka řezné síly působící na 1 zub frézy. Vypočítáme ji z měrného řezného odporu a plochy třísky. U válcové frézy při tom počítáme se střední tloušťkou třísky $a = 0,5 \cdot a_{\max}$.

$$F_{ci} = S \cdot p \quad [\text{N}]$$

Točivý moment M_k - určíme jako součet momentů řezných sil působících na všechny zuby v záběru.

$$M_k = \frac{D_f}{2} \sum_1^{z^i} F_{ci} \quad [\text{N.m}]$$

kde:

D_f je průměr frézy v mm
 z^i je počet zubů frézy v záběru

Počet zubů frézy v záběru z^i – určíme tak, že stanovíme záběrový úhel frézy a podělíme ho úhlem připadajícím na jeden zub frézy:

$$z^i = \frac{\varphi_{\max}}{\frac{2\pi}{z}}$$

kde:

φ_{\max} je záběrový úhel frézy
 z je počet zubů frézy

Efektivní potřebný výkon P_{ef} potřebný pro frézování určíme ze součtu řezných sil všech zabírajících zubů frézy:

$$P_{ef} = v \cdot \sum_1^{z^i} F_{ci} \quad [\text{W}]$$

Strojní čas t_s – je u frézování ovlivněn způsobem frézování a zvoleným průměrem frézy. Určíme ho ze vztahu:

$$t_s = \frac{l_{th} + l_n + l_p}{n \cdot z \cdot f_z} = \frac{l_{th} + l_n + l_p}{f_{\min}} \quad [\text{min}]$$

kde:

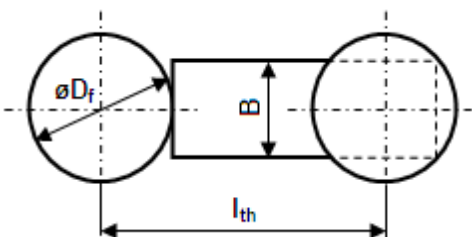
l_{th} je teoretická dráha frézy v mm
 l_n je délka náběhu frézy v mm
 l_p je délka přeběhu frézy v mm

Při určení teoretické dráhy frézy l_{th} můžeme vyjít z následujících obrázků:

Obr. č. 73: Určení teoretické délky frézování

Hrubování čelní frézou:

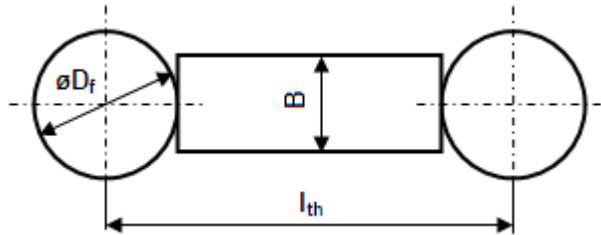
$$l_{th} = l_f + \left(\frac{D_f - B}{2} \right)$$



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

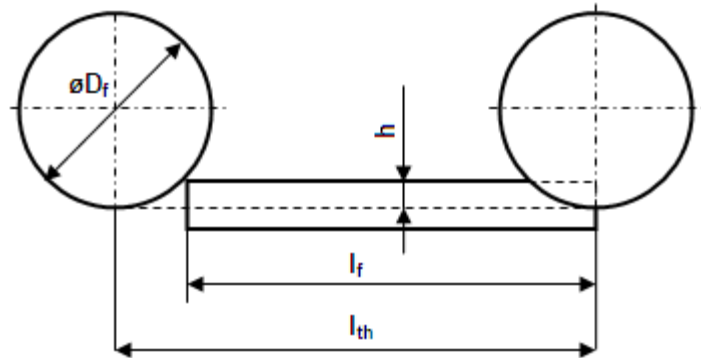
Obrábění na čisto čelní frézou:

$$l_{th} = l_f + D_f$$



Frézování válcovou frézou:

$$l_{th} = l_f + \sqrt{h \cdot (D_f + h)}$$



Otázky a úkoly k procvičení tématu:

1. Popiš řezné pohyby při frézování.
2. Vysvětli rozdíl mezi sousledným a nesousledným frézováním.
3. Jak rozdělujeme frézy?
4. Jak rozdělujeme frézky podle polohy vřetene?
5. Popiš hlavní části frézky.
6. Jaké operace provádíme na frézkách?
7. Urči řezné podmínky pro frézovandrážky v součásti dle obrázku. Jsou zadané tyto hodnoty: Mat. polotovaru 11500, Ra 3.2, $l_n=l_p=2\text{mm}$,

