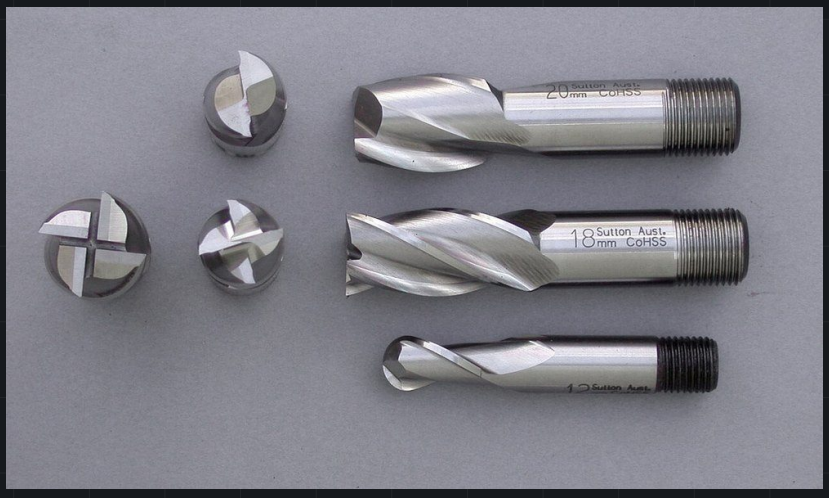
KONVENČNÍ OBRÁBĚNÍ

Frézka

Klasická konzolová frézka. Ovládání, upnutí, výpočty a bezpečná práce.





Fotografie: Dan Bollinger, CC BY-SA 4.0, a Glenn McKechnie, CC BY-SA 2.0, obě Wikimedia Commons, adresy v kapitole 14

Učební materiál pro obor Obráběč kovů. Ovládání frézky, ruční kola a vůle, upnutí obrobku a frézy, řezné podmínky se 3,14, nastavení nuly, operace krok za krokem, měření, dvacet šest situací z dílny, typické vady, postup na upínce ze školní sady a test s řešením.

Odborný výcvik
Obráběč kovů se zaměřením na obsluhu CNC strojů

Zpracoval: Michl Ondřej, 2.OZ
Datum: 6. 11. 2026

Obsah

ZÁKLADY

1 Co se na frézce dělá 3
2 Než začneš 6

STROJ, UPNUTÍ A NÁSTROJ

3 Ovládání, které používáš 9
4 Upnutí obrobku a nástroje 14

VÝPOČTY A NASTAVENÍ

5 Řezné podmínky 19
6 Najetí na obrobek a nastavení nuly 25

PRÁCE NA FRÉZCE

7 Operace krok za krokem 28
8 Měření a dosažení rozměru 35

BEZPEČNOST V PRAXI

9 Na co si dát pozor 38
10 Typické vady a co s nimi 45

VZOROVÝ DÍL

11 Pracovní postup: upínka ze školní sady 47

OVĚŘENÍ ZNALOSTÍ A ZÁVĚR

12 Kontrolní otázky a test 51
13 Řešení 54
14 Slovníček a zdroje 56

JAK SE S MANUÁLEM UČIT

1. Kapitoly 1 až 4 si přečti celé ještě předtím, než k frézce poprvé půjdeš.
2. Kapitolu 3 si projdi přímo u svého stroje a nech si od UOV ukázat každou páku, kolo a aretaci.
3. Příklady v kapitolách 5 až 8 si nejdřív zakryj a spočítej sám. Počítej se 3,14.
4. Kapitolu 9 čti po situacích. U každé nejdřív sám odhadni, co se stane.
5. Schémata se zelenou fajfkou ukazují správný postup, schémata s červeným křížkem chybu.
6. UOV znamená učitel odborného výcviku. Když si nejsi jistý, zeptej se ho dřív, než stroj zapneš.

Příručka platí pro klasickou konzolovou frézku obecně. Frézka ve tvé dílně se může lišit. Když návod ke stroji nebo UOV říká něco jiného, platí návod a pokyn UOV.

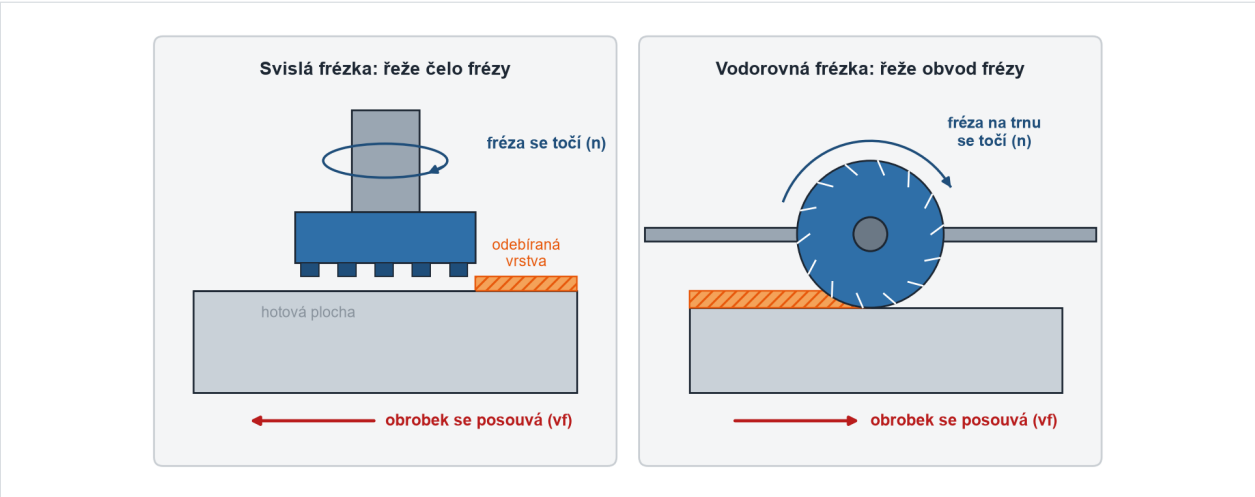
1

ZÁKLADY

1 Co se na frézce dělá

Fréza se točí, obrobek se posouvá. Jaké frézky ve škole potkáš, co se na nich dělá a jakými frézami.

Na frézce vzniká tvar jinak než na soustruhu. **Fréza se točí** a má víc zubů. **Obrobek leží na stole a posouvá se** proti fréze. Každý zub odebere při jedné otáčce malou třísku. Řez je proto přerušovaný: zub chvíli řeže a chvíli jde vzduchem.



Obr. 1.1 Fréza koná hlavní pohyb, otáčí se. Stůl s obrobkem koná posuv. Oranžově je vrstva, kterou fréza odebere.

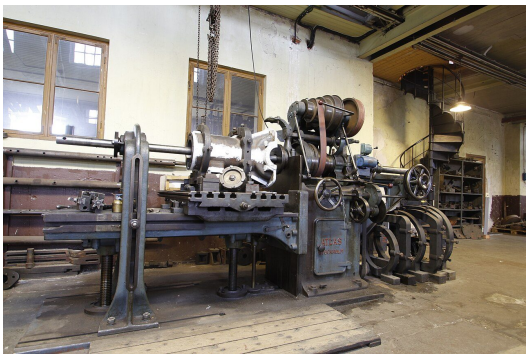
Tahle příručka je o **klasické frézce**, které se říká také konvenční nebo ruční. Všechny pohyby stolu děláš sám ručními koly, případně zapneš samočinný posuv. Nikde neběží program. O tom, kde fréza řeže, rozhoduješ ty, tvoje oči a stupnice na ručních kolech.

Svislá a vodorovná frézka

Ve škole nejčastěji potkáš **konzolovou frézku**. Stůl leží na konzole, kterou můžeš zvedat a spouštět. Podle polohy vřetena se frézky dělí na svislé a vodorovné.

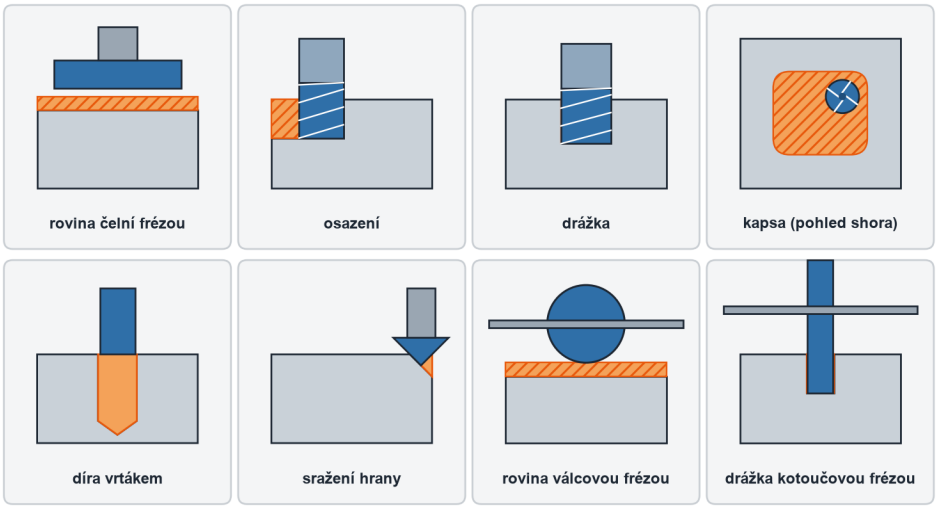
Frézka	Vřeteno	Čím se nejčastěji pracuje	Na co
Svislá konzolová	svisle	stopkové a čelní frézy, vrtáky	roviny, osazení, drážky, kapsy, díry
Vodorovná konzolová	vodorovně, fréza na trnu	válcové a kotoučové frézy	roviny obvodem frézy, drážky, dělení
Univerzální	vodorovně, s otočným stolem a nástavci	podle nástavce	nejvíc možností, i šikmé a dělené práce





Obr. 1.2 Konzolová frézka se svislým vřetenem (vlevo) a starší vodorovná frézka (vpravo). Nejsou to stroje ze školy, tvoje frézka vypadá jinak.
Vlastník obrázku: vlevo Dan Bollinger, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bridgeport_knee_mill_restored.jpg; vpravo Work With Sounds, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Horizontal_milling_machine.JPG

Co se na frézce dělá



Obr. 1.3 Základní operace. Modře nástroj, oranžově odebraný materiál. Každou z nich najdeš krok za krokem v kapitole 7.

- **Rovina** čelní frézou na svislé frézce, nebo válcovou frézou na vodorovné.
- **Osazení**, tedy schod na kraji obrobku, stopkovou frézou.
- **Drážka** stopkovou frézou na svislé frézce nebo kotoučovou frézou na vodorovné.
- **Kapsa**, prohlubeň uzavřená ze všech stran.
- **Díry** vrtákem upnutým ve vřetenu. Polohu díry nastavíš stolem, bez důlčíku.
- **Sražení hran** úhlovou frézou nebo záhlubníkem.

Frézy, které budeš používat



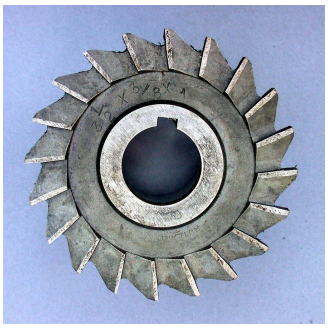


Obr. 1.4 Stopkové frézy na drážky, válcová a s kulovým čelem (vlevo). Čelní fréza s karbidovými břity v držáku (vpravo). *Vlastník obrázku: vlevo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillingCutterSlotEndMillBallnose.jpg; vpravo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillingCutterCarbideTippedFaceMill-INT40.jpg*

Stopková fréza má válcovou stopku a břity na obvodu i na čele. Upíná se do kleštiny. **Čelní fréza** má velký průměr a obvykle vyměnitelné břitové destičky. Hodí se na velké rovné plochy. **Kotoučová fréza** se nasazuje na frézovací trn vodorovné frézky.

Frézy jsou nejčastěji z **rychlořezné oceli**, zkráceně HSS, nebo ze **slinutého karbidu**, kterému se říká také tvrdokov. HSS je houževnatá a odpustí víc. Karbid snese vyšší řeznou rychlost, ale nesnáší rázy a chvění.

Kterou frézu na co vybrat a jak se jmenují jednotlivé části, najdeš v příručce **Nástroje a břitové destičky**, kapitola 8.



Obr. 1.5 Kotoučová fréza pro vodorovnou frézku. Uprostřed je otvor s drážkou pro pero frézovacího trnu.
Vlastník obrázku: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillSideAndFaceCutter.jpg

CO SI ZAPAMATOVAT

- Při frézování se točí fréza a obrobek se posouvá na stole.
- Fréza má víc zubů, každý odebere malou třísku. Řez je přerušovaný.
- Svislá frézka: stopkové a čelní frézy. Vodorovná: válcové a kotoučové frézy na trnu.
- Základní operace jsou rovina, osazení, drážka, kapsa, díra a sražení.

2

ZÁKLADY

Než začneš

Kdo smí ke stroji, oblečení, brýle, proč u frézky nikdy rukavice a co zkontrolovat ještě před zapnutím.

Frézka se točí pomalu jen na pohled. Zuby frézy jsou ostré a vřeteno má velkou sílu. Když něco zachytí, nezastaví se. Proto se ke stroji připravuješ ještě předtím, než ho zapneš.

Kdo smí ke stroji

Ke frézce smíš jen po zaškolení a se svolením **UOV**. Tak v celém textu zkracujeme **učitele odborného výcviku**. Návod frézky Bridgeport výslovně říká, že poprvé se stroj obsluhuje jen pod dohledem kvalifikovaného instruktora. Stroj, na kterém je něco poškozené, nezapínej a řekni to UOV.

> **PAMATUJ**
> Pokyn UOV má vždy přednost před tím, co je napsané v této příručce. Tvoje frézka se může od popisu lišit. Platí její návod a pokyn UOV.

Oblečení, vlasy, šperky

- Pracovní oděv má přiléhat. Rukávy zapni u zápěstí, žádné volné šňůrky a cípy.
- Dlouhé vlasy pevně svaž a schovej pod čepici.
- Prsten, řetízek, náramek a hodinky sundej ještě před příchodem ke stroji.
- Pracovní obuv musí být uzavřená, s pevnou podrážkou. Chrání před pádem obrobku a před třískami na podlaze.

Ochranné brýle nos u frézky vždy, když se vřeteno točí, i když má stroj kryt frézy. Tříska z frézy odlétá do stran a je horká a ostrá.

Chrániče sluchu podle značení pracoviště a pokynu UOV.



Obr. 2.1 Ochranné brýle. U frézky je máš na očích po celou dobu práce.
Vlastník obrázku: Jacek Halicki, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2023_Okulary_ochronne_(1).jpg

Rukavice: jen k materiálu, nikdy k točící se fréze

Rukavici fréza zachytí a vtáhne i s rukou. Proto platí stejné pravidlo jako u vrtačky a soustruhu: **u točící se frézy žádné rukavice**. Návody frézek to píšou přímo. Návod frézky Optimum MH 50 říká: při vrtání a frézování nepoužívej rukavice. Podle českého návodu frézky FP-25 je na stroji štítek „Nepracujte na stroji v rukavicích!“.

Pracovní rukavice si bereš jen na manipulaci s ostrým materiálem nebo nástrojem, když stroj stojí, a podle pokynu UOV. Než sáhneš na ovládání stroje, sundáš je.



Obr. 2.2 Značky, které u frézky můžeš potkat. Které přesně platí, určuje značení tvého pracoviště.
Vlastník obrázku: značky podle ISO 7010, Wikimedia Commons, volné dílo (public domain), například https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ISO_7010_M004.svg

Kontrola před zapnutím

1. Na stole, ve svěráku a na stroji neleží žádné nářadí, klíče ani měřidla.
2. Kryt frézy je na místě a není poškozený.
3. Fréza je správně upnutá, utažená a **klíč je vyndaný** z matice i z táhla.
4. Obrobek je pevně upnutý a svěrák nebo upínky jsou utažené.
5. Fréza se nedotýká obrobku. Stroj se nikdy nezapíná s frézou opřenou o obrobek.

6. Samočinný posuv je vypnutý a páky jsou v neutrální poloze.
7. Víš, kde je **nouzové tlačítko**, a dosáhneš na něj.
8. Kolem stroje je čisto a sucho. Nikdo nestojí v prostoru, kam létají třísky.

PAMATUJ

Kryt frézy ani jiné ochranné zařízení nesundávej a neobcházej. Nařízení vlády č. 378/2001 Sb. požaduje, aby ochranná zařízení nebyla snadno odnímatelná, a seřizování, údržbu a čištění provádět při odpojení stroje od energie, pokud to technicky jde.

POZOR

Když stroj při zapnutí nebo za chodu nezvykle hřeje, kouří, hlučí nebo vibruje, hned ho vypni a řekni to UOV. Návod frézky Bridgeport říká, že se stroj v takovém stavu nesmí provozovat.

Hlavní nebezpečí u frézky

Nebezpečí	Jak vzniká	Jak mu předejít
Zachycení	Fréza zachytí rukavici, rukáv, vlasy nebo hadr.	Přiléhavý oděv, žádné rukavice ani šperky, ruce mimo frézu.
Řezné rány	Zuby frézy a čerstvé hrany jsou ostré i na stojícím stroji.	Frézu ber do hadru jen při stojícím vřetenu. Hrany odjehli.
Odlétající tříska	Tříska odlétá do stran, je horká a ostrá.	Brýle, kryt frézy, třísky odstraňovat štětcem na stojícím stroji.
Uvolněný obrobek	Slabě utažený svěrák, sousledné frézování, velký záběr.	Pevné upnutí, nesousledné frézování, přiměřený záběr.
Zlomená fréza	Velký záběr, dlouhé vyložení, zanoření nevhodnou frézou.	Správné řezné podmínky, krátké vyložení, brýle.
Rozdrcení	Ruka mezi stolem a pevnou částí stroje nebo mezi svěrákem a frézou.	Při posuvu a rychloposuvu ruce pryč z prostoru stolu.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Ke stroji jen se zaškolením a svolením UOV.
- Brýle vždy. Přiléhavý oděv, svázané vlasy, žádné šperky.
- U točící se frézy nikdy rukavice. Rukavice jen k materiálu při stojícím stroji.
- Před zapnutím: klíč vyndaný, obrobek upnutý, fréza se nedotýká obrobku, posuv vypnutý.
- Víš, kde je nouzové tlačítko.

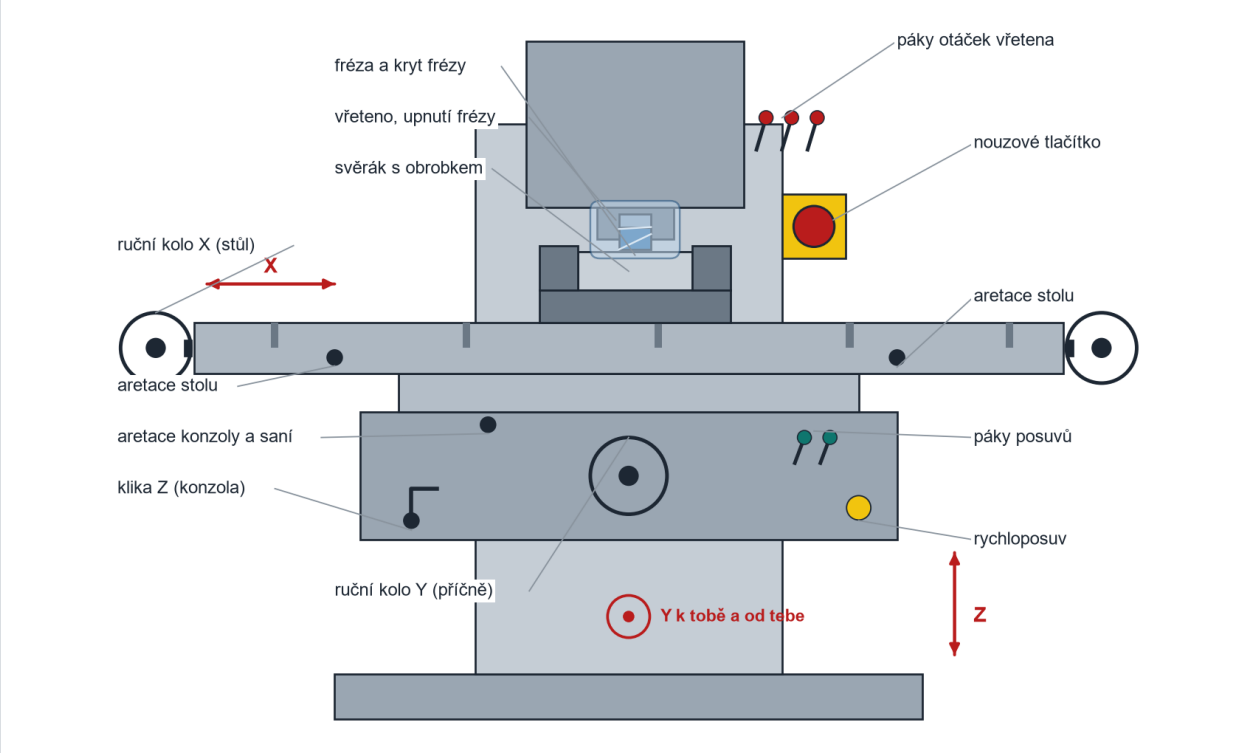
3

STROJ, UPNUTÍ A NÁSTROJ

Ovládání, které používáš

Zapnutí, směr otáčení, páky otáček a posuvů, ruční kola se stupnicí, vůle ve šroubu, samočinný posuv, aretace a rychloposuv.

Tahle kapitola není o tom, jak je frézka postavená. Je o tom, na co sahá tvoje ruka: čím se stroj zapíná, jak se nastavují otáčky a posuv a jak se pohybuje stolem. Každá frézka to má trochu jinak, proto si vždy nech svůj stroj ukázat od UOV.



Obr. 3.1 Konzolová svislá frézka zjednodušeně. Popsané jsou jen ovládací prvky, se kterými pracuješ. Na tvém stroji mohou být jinde.

Tři osy a tři ruční kola

Osa	Co se pohybuje	Čím	Na co si dát pozor
X	stůl doleva a doprava	ruční kolo na konci stolu, samočinný posuv	dorazy samočinného posuvu, svěrák a upínky v dráze frézy
Y	stůl k tobě a od tebe, příčně	ruční kolo vpředu na konzole	stůl jede k tobě, neopírej se o něj
Z	konzola se stolem nahoru a dolů	klika na konzole	přísuv do materiálu, aretace konzoly

Na svislé frézce můžeš frézou hýbat ještě **pinolou**, tedy výsuvem vřetena. Pinola se hodí hlavně na vrtání. Při frézování ji zaaretuj. Návod frézky Bridgeport doporučuje zámek pinoly použít vždy, když se pinola nemá hýbat.

Zapnutí, směr otáčení a vypnutí

1. Zkontroluj stroj podle kapitoly 2.
2. Nastav otáčky pákami, když vřeteno stojí.
3. Zvol směr otáčení. Běžné pravořezné frézy se točí **doprava**, tedy po směru hodinových ručiček, když se díváš shora.
4. Zapni vřeteno a podívej se, jestli se fréza točí správným směrem a neháže.
5. Teprve potom přisuň obrobek.

Vypínáš tlačítkem pro vypnutí. **Nouzové tlačítko** je jen pro nouzi, při běžné práci ho nepoužívej.



Obr. 3.2 Nouzové tlačítko je červené hřibové tlačítko na žlutém podkladu. Na stroji ho najdeš vždy na dosah.
Vlastník obrázku: Cjp24, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Emergency_stop_button.jpg

> **POZOR**
> Když se fréza točí obráceně, břity neřežou, ale třou. Fréza se zahřeje, otupí a může se zlomit. Směr otáčení vždy ověř dřív, než se fréza dotkne obrobku.

Otáčky a posuvy: páky a tabulka na stroji

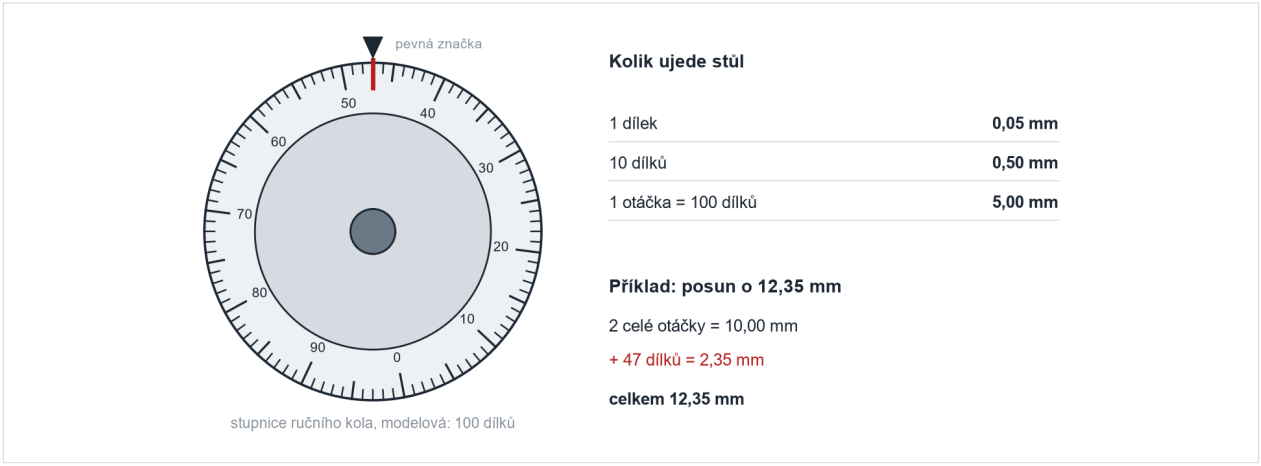
Klasická frézka má otáčky i posuvy ve **stupních**. Volíš je pákami podle tabulky, která je na stroji. Z tabulky přečteš, jak dát páky, aby vřeteno mělo například 355 ot/min a stůl jel 112 mm/min. Jak ty hodnoty spočítat, se naučíš v kapitole 5.

- **Otáčky přepínej jen tehdy, když vřeteno stojí.** Návod frézky Optimum MH 50 říká, že převodový stupeň se smí měnit jen v klidu. Na frézce FP-25 je štítek „Neměňte otáčky, dokud se vřeteno nedotočí!“.
- Některé frézky mají plynulou regulaci otáček, například variátor. U nich se otáčky mění naopak jen za chodu. Návod frézky Bridgeport s variátorem to tak předepisuje. Jak to je na tvém stroji, ti řekne UOV.
- Když páka nejde přepnout, nepřetlačuj ji a zavolej UOV.
- Směr samočinného posuvu neobracej za jízdy. Návod Optimum MT 50E říká: počkej, až se posuv úplně zastaví.

Ruční kola a stupnice

Na každém ručním kole je kroužek se **stupnicí**. V dílně se mu často říká nonius. Podle něj víš, o kolik se stůl posunul. Kolik je jeden dílek, je napsané na kroužku nebo v návodu. Například frézka Optimum MH 50 má na všech třech osách 3 mm na otáčku a dílek 0,05 mm.

V příkladech počítáme s **modelovou stupnicí**: 100 dílků po 0,05 mm, tedy 5 mm na otáčku. Je to jen příklad pro počítání. Kolik je dílek a kolik je otáčka na tvém stroji, ti řekne kroužek, štítek a návod školní frézky. Platí vždy ony.



Obr. 3.3 Modelová stupnice: 100 dílků po 0,05 mm, jedna otáčka kola posune stůl o 5 mm. Tvoje frézka může mít jiné hodnoty.

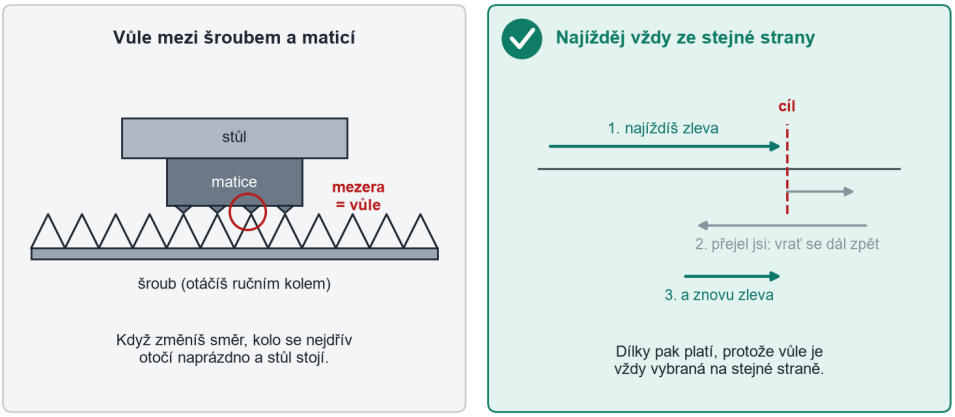
1. Zjisti, kolik je jeden dílek a kolik je jedna otáčka.
2. Spočítej, kolik celých otáček a kolik dílků potřebuješ.
3. Otáčky počítej nahlas nebo si je zapisuj. Spletená otáčka je chyba o celých 5 mm.

4. Dílky odečítej proti pevné značce, ne proti tomu, co se ti zdá.

Příklad 1 **Posun stolu o 7,80 mm**	
Zadání	Stůl máš posunout o 7,80 mm. Jedna otáčka je 5 mm, dílek 0,05 mm.
Celé otáčky	7,80 : 5 = 1 celá otáčka, to je 5,00 mm.
Zbytek	7,80 − 5,00 = 2,80 mm. 2,80 : 0,05 = 56 dílků.
Výsledek	1 celá otáčka a 56 dílků.

Vůle ve šroubu

Stůl posouvá šroub s maticí. Mezi šroubem a maticí je na klasické frézce vždy malá **vůle**. Když točíš kolem stále stejným směrem, vůle je vybraná a stupnice platí. Když ale směr změníš, kolo se nejdřív otočí naprázdno a stůl stojí. Teprve po vybrání vůle se stůl rozjede opačně.



Obr. 3.4 Vůle mezi šroubem a maticí (vlevo). Na rozměr proto najížděj vždy ze stejné strany (vpravo).

TIP

Přejel jsi rozměr? Nevracej se o pár dílků. Vrať se o kus dál, aspoň o celou vůli, a znovu najeď ve stejném směru jako předtím. Stejně najížděj i na díry a na nulu.

Samočinný posuv a koncové dorazy

Většina konzolových frézek umí posouvat stůl motorem. Říká se tomu **samočinný** nebo strojní posuv. Rychlost nastavíš pákami nebo regulátorem, směr pákou směru. Na stole jsou **nastavitelné dorazy**. Když na ně posuv narazí, vypne se. Návod frézky Optimum MT 50E to popisuje přesně takhle: koncový spínač a dva nastavitelné dorazy vypnou samočinný posuv v nastavené poloze.

- Dorazy nastav před řezem tak, aby se stůl zastavil dřív, než fréza dojede ke svěráku nebo k upínce.

- Doraz je pojistka, ne pohodlí. U zapnutého posuvu stojíš a díváš se. Od stroje neodcházíš.
- Když posuv nepoužíváš, vypni ho. Návod Bridgeport: samočinný posuv odpoj, když se nepoužívá, aby se stroj nečekaně nepohnul.
- Ruční kolo se při samočinném posuvu může točit. Ruce od něj dej pryč.

Aretace os

Aretace je páčka nebo šroub, který osu zajistí, aby se nepohnula. Při frézování ve směru X zaaretuj Y a Z. Jinak se stůl od řezné síly chvěje nebo se posune a plocha nebude rovná. Teorie k odbornému výcviku pro 1. ročník to uvádí u chvění: zajistit nepoužívané osy.

Platí to i obráceně. **Osu, kterou chceš posouvat, musíš nejdřív odaretovat.** Návod frézky MT 50E: před ručním posuvem povol upínací páky a po skončení je znovu utáhni. Točit kolem nebo pouštět samočinný posuv proti zaaretované ose znamená přetížit šroub a posuv.

Rychloposuv

Rychloposuv přesune stůl rychle z místa na místo. Na frézce MT 50E se drží tlačítko, a když ho pustíš, stůl pokračuje nastaveným posuvem. Jak se rychloposuv ovládá na tvém stroji, ti ukáže UOV. Návod MT 50E také varuje: při rychloposuvu se nedotýkej pohyblivých a točících se částí a nikdo nesmí stát v nebezpečném prostoru.

- Rychloposuv používej jen ve volném prostoru, daleko od obrobku, svěráku a upínek.
- Zastav se několik milimetrů před obrobkem. Dál jeď ručně nebo pracovním posuvem.
- Nikdy nedávej rychloposuv směrem k fréze, když nevidíš, kolik místa zbývá.

CO SI ZAPAMATOVAT

- X je stůl doleva a doprava, Y k tobě a od tebe, Z konzola nahoru a dolů.
- Otáčky přepínej podle tabulky na stroji. Převodovku jen při stojícím vřetenu.
- Stupnice ukazuje posun stolu. Vůli vybírej tak, že najíždíš vždy ze stejné strany.
- Nepoužívané osy zaaretuj. Před posuvem osu odaretuj.
- Dorazy samočinného posuvu nastav před řezem. Rychloposuv jen ve volném prostoru.

4

STROJ, UPNUTÍ A NÁSTROJ

Upnutí obrobku a nástroje

Svěrák a jeho ustavení úchylkoměrem, podložky, váleček, upínky na stole. Kleština, držák a frézovací trn.

Při frézování tlačí fréza obrobek do strany, zvedá ho nebo ho táhne. Řezná síla se navíc mění s každým zubem. Upnutí musí obrobek držet pevně a přesně. Podrobně se upínáním zabývá příručka **Upínání obrobků**. Tady najdeš to, co u frézky potřebuješ nejvíc.

Strojní svěrák

Většinu menších obrobků upínáš do **strojního svěráku**. Ten je přišroubovaný ke stolu přes upínky nebo šrouby v drážkách stolu.

- **Pevná čelist** je základní plocha. Od ní se měří a ustavuje.
- **Pohyblivá čelist** obrobek přitlačí k pevné.
- Před upnutím očisti stůl, svěrák, čelisti i obrobek. Tříska pod obrobkem znamená šikmou plochu.
- Svěrák utahuj rukou klikou, kterou k němu dostaneš. Nenastavuj ji trubkou.



Obr. 4.1 Strojní svěrák. Na frézce stojí pevně na stole a jeho pevná čelist je ustavená podle osy stolu.
Vlastník obrázku: Germ Halter, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maschinenschraubstock_DDR_Ansicht_von_oben.jpg

Ustavení svěráku úchylkoměrem

Pevná čelist musí být rovnoběžná s pohybem stolu v ose X. Jinak bude každá plocha, kterou ofrézuješ podél čelisti, šikmá. Rovnoběžnost se kontroluje a nastavuje **úchylkoměrem**. Poprvé to dělej s UOV.

1. Matice svěráku na jedné straně mírně dotáhni, na druhé nech povolené. Utažená strana slouží jako čep.
2. Úchylkoměr upni do vřetena a přilož hrot k pevné čelisti u jednoho konce. Ručičku nastav na nulu.
3. Ručním kolem X projeď celou délku čelisti a sleduj ručičku. Vřeteno se netočí.

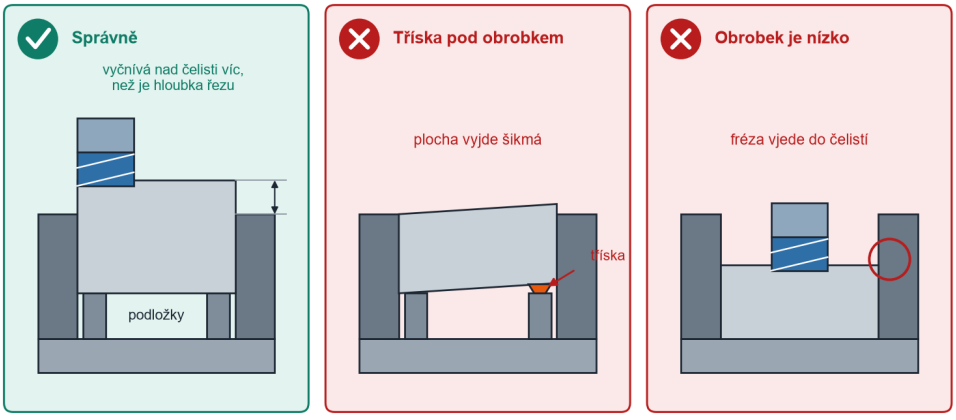
4. Když ručička na druhém konci ukazuje jinou hodnotu, poklepej na svěrák paličkou s měkkou hlavou na volné straně.
5. Projeď čelist znovu. Opakuj, dokud ručička po celé délce stojí.
6. Dotáhni matice. Nejdřív volnou stranu, potom tu druhou.
7. Ještě jednou čelist projeď. Svěrák se mohl při utahování posunout.



Obr. 4.2 Úchylkoměr je ve vřetenu, hrot leží na pevné čelisti. Stůl jede v ose X a ručička nemá měnit polohu.

Na ustavení svěráku se používá hlavně **páčkový úchylkoměr**, jehož hrot se dá natočit k čelisti z boku. Jak úchylkoměr funguje a jak se čte, najdeš v příručce **Měření a měřidla**, kapitola 5.

Podložky a výška obrobku



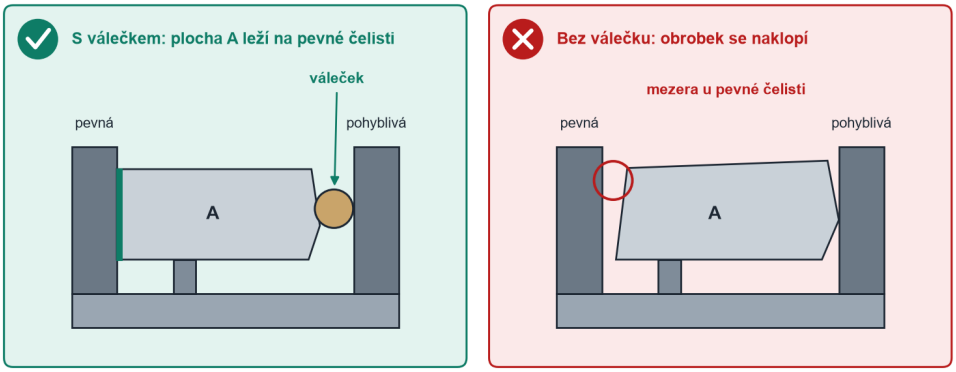
Obr. 4.3 Obrobek leží na dvou podložkách a vyčnívá nad čelisti víc, než je hloubka řezu (vlevo). Tříska pod obrobkem a nízko upnutý obrobek jsou chyby.

- Obrobek polož na dvě **rovnoběžné podložky**, aby ležel rovně a výš.
- Musí vyčnívat nad čelisti víc, než je hloubka frézování. Jinak fréza vjede do čelistí.

- Po sevření ho poklepej paličkou dolů na podložky. Podložky se pak nesmí dát rukou posunout. Když se hýbou, obrobek neleží.
- Poklep dělej jen tehdy, když vřeteno stojí.

Váleček u pohyblivé čelisti

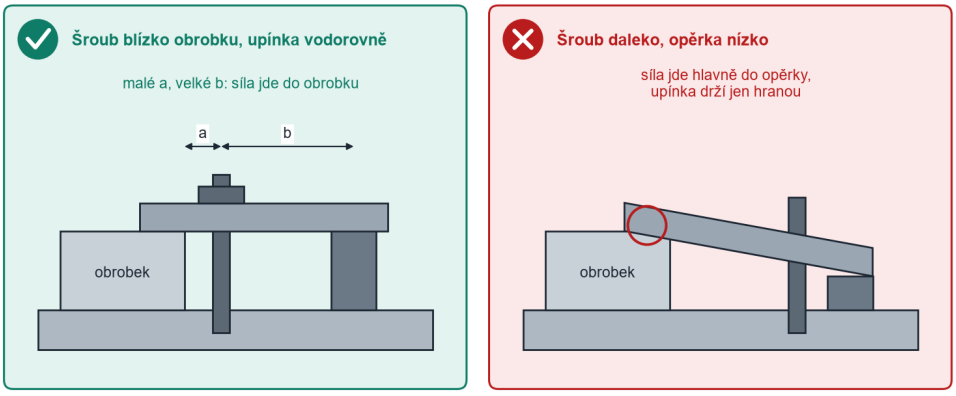
Když potřebuješ, aby hotová plocha ležela celá na pevné čelisti, dej mezi pohyblivou čelist a obrobek **váleček**, tedy kus kulatiny. Váleček tlačí na obrobek jen v jedné čáře. Obrobek se tak přitlačí k pevné čelisti celou plochou, i když protější strana ještě není rovná. Bez válečku se obrobek naklopí.



Obr. 4.4 S válečkem leží plocha A celá na pevné čelisti (vlevo). Bez válečku nerovná protější strana obrobek naklopí (vpravo).

Upínky na stole

Velký nebo nepravidelný obrobek, který se do svěráku nevejde, upneš přímo na stůl **upínkami**. Šroub upínky drží v T drážce stolu. Upínka se na druhém konci opírá o podložku nebo stupňovou opěrku.



Obr. 4.5 Šroub blízko obrobku a upínka vodorovně (vlevo). Šroub daleko a nízká opěrka: síla jde do opěrky a upínka drží jen hranou (vpravo).

- Šroub dej co nejblíž k obrobku. Čím blíž, tím větší část síly jde do obrobku.
- Opěrka má být stejně vysoko jako obrobek nebo o kousek výš, aby upínka ležela vodorovně.
- Upínky dej mimo dráhu frézy. Než zapneš posuv, projeď dráhu rukou a zkontroluj, že nic nepřekáží.
- Upínej aspoň dvěma upínkami. Poprvé upínej s UOV.

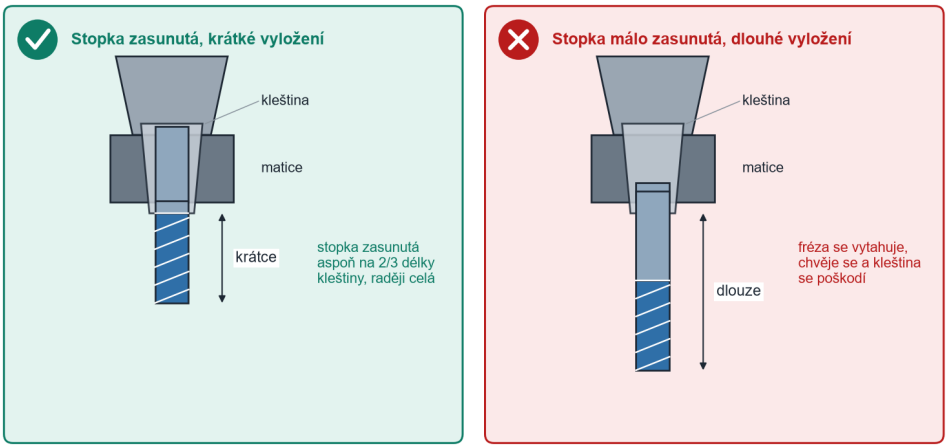
Upnutí stopkové frézy do kleštiny

Stopková fréza se upíná do **kleštiny**. Kleština je rozříznuté pouzdro, které matice stlačí kolem stopky.

- Velikost kleštiny musí odpovídat průměru stopky.
- Stopka, kleština i kužel držáku musí být čisté.
- Kleštinu nejdřív zacvakni do matice, pak teprve našroubuj matici na držák.
- Matici utahuj klíčem, který k držáku patří, nikdy prodlouženým klíčem.



Obr. 4.6 Kleština typu ER. Drážky po obvodu dovolí, aby se stáhla kolem stopky. *Vlastník obrázku: Aweber4418, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ER_Collet.jpg*



Obr. 4.7 Stopka zasunutá do kleštiny a krátké vyložení (vlevo). Málo zasunutá stopka a dlouhé vyložení (vpravo).

Výrobce kleštin REGO-FIX uvádí, že stopka má být v kleštině zasunutá nejméně na dvě třetiny délky jejího otvoru, nejlépe po celé délce. Když je zasunutá méně, kleština se trvale zdeformuje a fréza háže. Fréza se šroubovicí se navíc při řezu snaží z kleštiny vytáhnout. Slabě držená fréza se začne vysouvat a řez je hlubší, než má být.

POZOR

Fréza je ostrá i na stojícím stroji. Do kleštiny ji zasouvej a vyndávej přes hadr, nebo v rukavici podle pokynu UOV, ale jen když vřeteno stojí. Po upnutí klíč hned odlož mimo stůl.

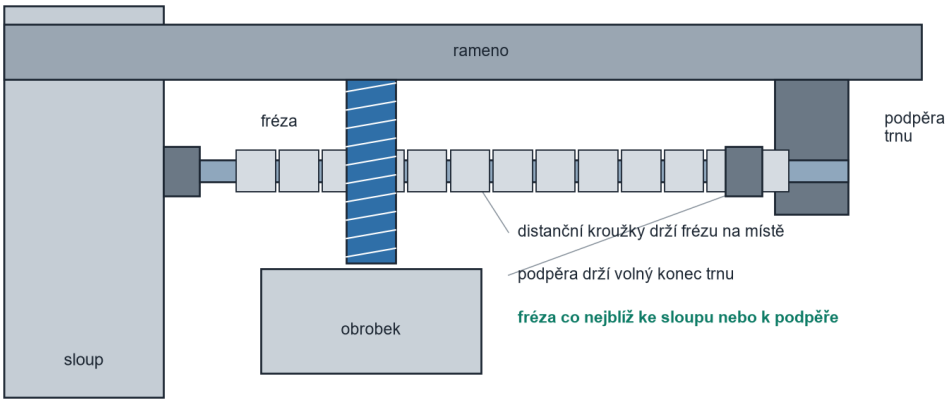
Držák ve vřetenu a táhlo

Držák s kleštinou nebo s čelní frézou drží ve vřetenu na **kuželu**. Do vřetena ho vtahuje **táhlo**, dlouhý šroub procházející vřetenem.

- Kužel držáku i vřetena musí být čistý. Tříska na kuželu znamená házení frézy.
- Při utahování a povolování táhla musí vřeteno stát a být zajištěné. U frézky Bridgeport se k tomu použije brzda vřetena.
- Táhlo se podle návodu Bridgeport utahuje rukou, normální silou a klíčem dodaným ke stroji.
- Vřeteno nikdy nezapínej proto, abys jím utáhl nebo povolil nástroj.

Frézovací trn na vodorovné frézce

Na vodorovné frézce se válcové a kotoučové frézy nasazují na **frézovací trn**. Trn je dlouhá hřídel, jejíž jeden konec drží vřeteno a druhý podpěra na rameni. Frézu na trnu drží na místě distanční kroužky a matice. Upínání trnu dělej jen s UOV. Stačí, když znáš zásady:



Obr. 4.8 Frézovací trn na vodorovné frézce zjednodušeně. Fréza má být co nejblíž ke sloupu nebo k podpěře.

- Fréza má být co nejblíž ke sloupu nebo k podpěře. Uprostřed dlouhého trnu se trn prohýbá a fréza chvěje.
- Bez nasazené podpěry se s trnem nefrézuje.
- Fréza se na trnu nesmí protáčet. Drží ji pero a utažená matice.
- Směr zubů musí odpovídat směru otáčení vřetena. Teorie k odbornému výcviku pro 1. ročník: před spuštěním zkontroluj smysl otáčení, zuby musí řezat správným směrem.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Před upnutím vše očisti. Tříska pod obrobkem dělá šikmou plochu.
- Pevná čelist svěráku se ustavuje úchylkoměrem podle osy X.
- Obrobek leží na podložkách a vyčnívá nad čelisti víc, než je hloubka řezu.
- Váleček u pohyblivé čelisti přitlačí hotovou plochu celou k pevné čelisti.
- Stopka v kleštině aspoň na 2/3 délky otvoru, vyložení co nejkratší, klíč hned pryč.

5

VÝPOČTY A NASTAVENÍ

Řezné podmínky

Otáčky ze vzorce se 3,14, stupně na stroji, posuv na zub a posuv stolu, záběr a proč na klasické frézce nesousledně.

Řezné podmínky říkají, jak rychle se fréza točí, jak rychle jede stůl a kolik materiálu fréza bere najednou. Příliš rychlý řez ničí nástroj, příliš pomalý zhoršuje povrch a zdržuje. Počítáš stejně jako v příručce **Řezné otáčky**: se 3,14 a se stejným zaokrouhlováním.

Veličiny

Veličina	Značka	Jednotka	Co znamená
Řezná rychlost	vc	m/min	rychlost zubu na obvodu frézy
Otáčky	n	ot/min	kolikrát se fréza otočí za minutu
Průměr frézy	d	mm	na frézce je d vždy průměr frézy
Počet zubů	z		kolik má fréza břitů
Posuv na zub	fz	mm	o kolik se obrobek posune na jeden zub
Posuv stolu	vf	mm/min	jak rychle jede stůl
Hloubka řezu	ap	mm	tloušťka vrstvy v ose frézy
Šířka záběru	ae	mm	šířka odebíraného materiálu do strany

Otáčky

$$n = vc \cdot 1000 / (3{,}14 \cdot d)$$

n otáčky v ot/min · vc řezná rychlost v m/min · d průměr frézy v mm

Ve školních výpočtech používáme stejné výchozí řezné rychlosti jako příručka Řezné otáčky: **vc = 20 m/min pro HSS** a **vc = 80 m/min pro slinutý karbid**. Jsou to opatrné hodnoty do běžné oceli. Na frézce, která není tak tuhá jako CNC centrum, se s nimi dobře začíná.

Materiál frézy	vc	Vzorec po dosazení
HSS, rychlořezná ocel	20 m/min	n = 20 000 / (3,14 · d)
Slinutý karbid	80 m/min	n = 80 000 / (3,14 · d)

POZOR

Pořadí platnosti: 1. katalog konkrétní frézy, 2. pokyn UOV, 3. teprve potom výchozí 20 a 80 m/min z této příručky. Pro karbidové frézy v oceli uvádí příručka pro 2. ročník orientačně 150 až 250 m/min. Na klasické frézce ale nejdřív rozhoduje, co unese stroj a upnutí.

Stupně otáček a posuvů

Klasická frézka umí jen své stupně. Z výpočtu proto vybereš **nejbližší nižší stupeň**. Nižší otáčky fréza snese, vyšší by překročily řeznou rychlost, kterou jsi chtěl dodržet. Stejně se vybírá i stupeň posuvu. Vyšší stupeň jen se souhlasem UOV.

Abychom mohli počítat, používáme **modelové řady**. Jsou vymyšlené jen pro příklady, stejně jako modelová řada vrtačky v příručce Řezné otáčky. Platí jen štítek u pák a návod školní frézky, ne tato tabulka.

Modelová řada	Hodnoty
Otáčky (ot/min)	45, 63, 90, 125, 180, 250, 355, 500, 710, 1 000, 1 400, 2 000
Posuvy stolu (mm/min)	20, 28, 40, 56, 80, 112, 160, 224, 315, 450

Zaokrouhluješ stejně jako v příručce Řezné otáčky: otáčky na celé ot/min od 0,5 nahoru, skutečnou řeznou rychlost vc = 3,14 · d · n / 1000 na jedno desetinné místo a posuv stolu na celé mm/min, vždy z nastavených otáček.

Posuv na zub a posuv stolu

Vrták má posuv na otáčku. Fréza má víc zubů, a proto se její posuv udává **na zub**. Z posuvu na zub, počtu zubů a otáček spočítáš, jak rychle má jet stůl.

$$vf = fz \cdot z \cdot n$$

vf posuv stolu v mm/min · fz posuv na zub v mm · z počet zubů · n nastavené otáčky v ot/min

Posuv na zub ber z katalogu frézy nebo od UOV. Pro představu: příručka pro 1. ročník počítá u stopkové frézy z HSS Ø16 v oceli s fz = 0,05 mm. U menších stopkových fréz se bere menší posuv na zub, podle příručky pro 2. ročník například 0,01 až 0,05 mm. Pro karbidové frézy uvádí stejná příručka v oceli S235 orientačně 0,05 až 0,2 mm.

Řešené příklady

Příklad 2 Stopková fréza z HSS Ø16

Zadání	Fréza z HSS Ø16, z = 4, ocel, vc = 20 m/min, fz = 0,05 mm.
Otáčky	n = (20 · 1000) / (3,14 · 16) = 20 000 / 50,24 = 398,09 → 398 ot/min
Stupeň	nejbližší nižší stupeň je 355 ot/min. Skutečná vc = 3,14 · 16 · 355 / 1000 = 17,8 m/min.
Posuv	vf = 0,05 · 4 · 355 = 71 mm/min → stupeň posuvu 56 mm/min
Výsledek	nastav 355 ot/min a posuv 56 mm/min

Příklad 3 Čelní fréza s karbidovými destičkami Ø63

Zadání	Čelní fréza Ø63, 4 destičky ze slinutého karbidu, vc = 80 m/min, fz = 0,1 mm.
Otáčky	n = (80 · 1000) / (3,14 · 63) = 80 000 / 197,82 = 404,41 → 404 ot/min
Stupeň	355 ot/min. Skutečná vc = 3,14 · 63 · 355 / 1000 = 70,2 m/min.
Posuv	vf = 0,1 · 4 · 355 = 142 mm/min → stupeň posuvu 112 mm/min
Výsledek	nastav 355 ot/min a posuv 112 mm/min

Příklad 4 Drážkovací fréza z HSS Ø10

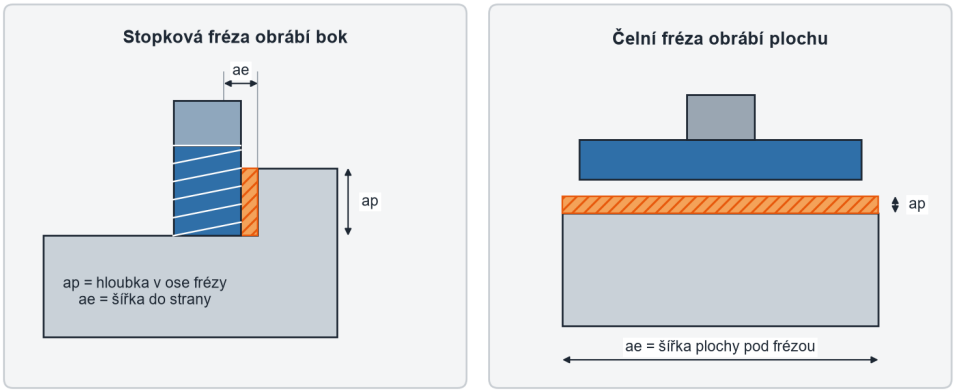
Zadání	Drážkovací fréza z HSS Ø10, z = 2, vc = 20 m/min, fz = 0,04 mm.
Otáčky	n = (20 · 1000) / (3,14 · 10) = 20 000 / 31,4 = 636,94 → 637 ot/min
Stupeň	500 ot/min. Skutečná vc = 3,14 · 10 · 500 / 1000 = 15,7 m/min.
Posuv	vf = 0,04 · 2 · 500 = 40 mm/min, stupeň 40 mm/min přesně existuje
Výsledek	nastav 500 ot/min a posuv 40 mm/min

Příklad 5	Stejná fréza Ø16, ale z karbidu
Zadání	Stopková fréza ze slinutého karbidu Ø16, z = 4, vc = 80 m/min, fz = 0,05 mm.
Otáčky	n = (80 · 1000) / (3,14 · 16) = 80 000 / 50,24 = 1 592,36 → 1 592 ot/min
Stupeň	1 400 ot/min
Posuv	vf = 0,05 · 4 · 1 400 = 280 mm/min → stupeň posuvu 224 mm/min
Výsledek	nastav 1 400 ot/min a posuv 224 mm/min. Vypočtené otáčky jsou čtyřikrát vyšší než u HSS, protože 80 je čtyřikrát 20.

POZOR

Nejnebezpečnější záměna je nechat otáčky pro karbid a upnout frézu z HSS. Fréza Ø16 z HSS by na 1 400 ot/min měla řeznou rychlost 3,14 · 16 · 1 400 / 1000 = 70,3 m/min místo 20 m/min, tedy víc než třikrát vyšší. Břity se rychle spálí a otupí. Po každé výměně frézy proto otáčky znovu spočítej a přepni.

Hloubka a šířka záběru

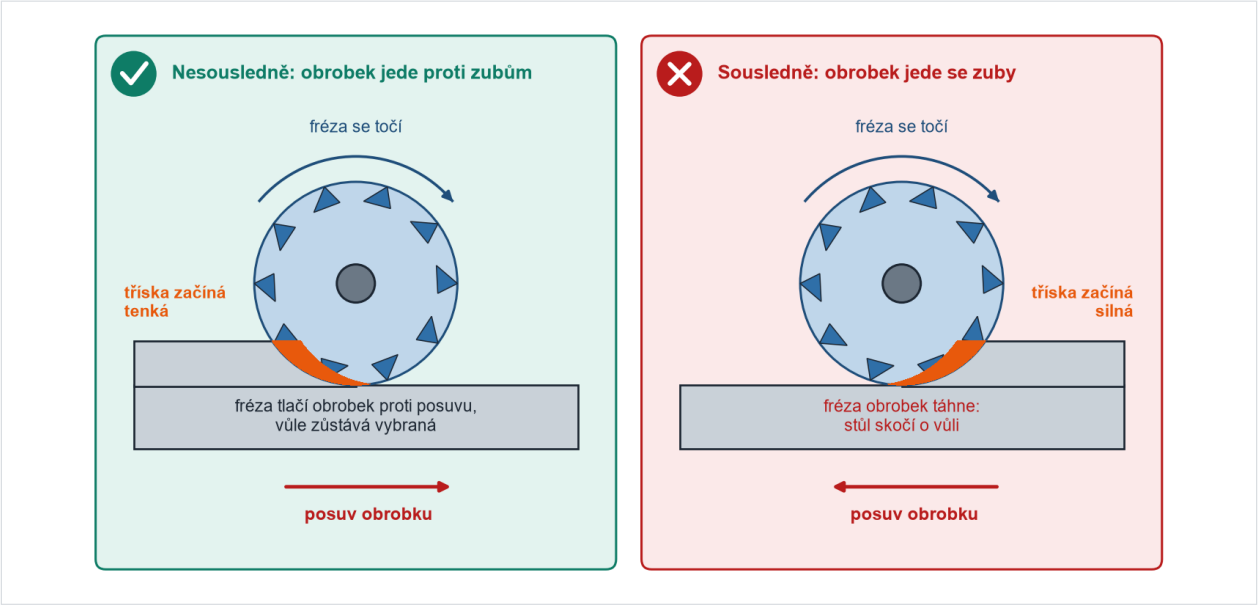


Obr. 5.1 Hloubka řezu ap se měří v ose frézy, šířka záběru ae do strany.

- Malá fréza nesmí brát velkou hloubku najednou. Hlubší tvar se dělá po vrstvách.
- Čím delší vyložení frézy, tím menší třísku unese.
- **Hrubování** odebere většinu materiálu a nechá přídavek. **Dokončení** odebere přídavek jedním tenkým průchodem na rozměr.
- Kolik brát na jeden průchod, určí UOV podle stroje, frézy a upnutí.

Nesousledné a sousledné frézování

Fréza se točí a obrobek jede proti ní. Rozhoduje, jestli zuby v místě řezu jdou **proti** směru, kterým jede obrobek, nebo **stejným** směrem.



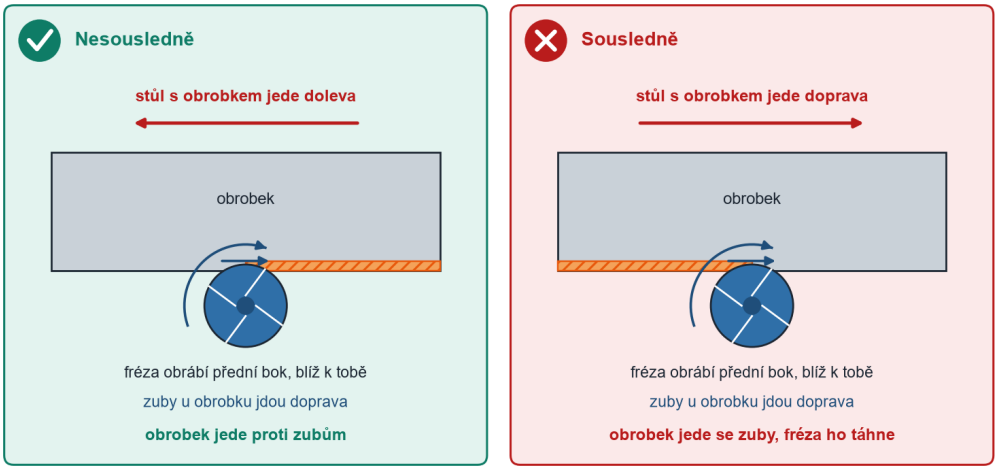
Obr. 5.2 Pohled zboku. Nesousledně jede obrobek proti zubům a tříska začíná tenká. Sousledně jede obrobek se zuby, tříska začíná silná a fréza obrobek táhne.

	Nesousledné	Sousledné
Obrobek a zuby	obrobek jede proti zubům	obrobek jede stejným směrem jako zuby
Tříska	začíná tenká, končí silná	začíná silná, končí tenká
Síla na stůl	tlačí proti posuvu, vůle zůstává vybraná	táhne stůl ve směru posuvu, stůl skočí o vůli
Povrch a nástroj	horší povrch, zub nejdřív tře	lepší povrch, delší trvanlivost
Kde se používá	klasické frézky s vůlí ve šroubu	CNC stroje s kuličkovými šrouby

POZOR

Na klasické frézce s vůlí ve šroubu frézuj nesousledně. Při sousledném frézování fréza stůl popotáhne o vůli. Obrobek skočí do frézy, fréza se zlomí nebo obrobek vytrhne ze svěráku. Návod frézky Optimum MH 50 říká, že bez kuličkových šroubů se má vždy dávat přednost nesousledněmu frézování.

Jak to poznáš u stroje: fréza se točí doprava, tedy po směru hodinových ručiček při pohledu shora. Podívej se, kterým směrem jdou zuby v místě, kde se dotýkají obrobku. **Obrobek musí jet proti nim.**



Obr. 5.3 Pohled shora na svislou frézku. Fréza obrábí přední bok obrobku. Když stůl jede doleva, je to nesousledné frézování.

Když fréza obrábí zadní bok obrobku, je to naopak: nesousledně je to tehdy, když stůl jede doprava. Pravidlo „obrobek proti zubům“ platí vždy. U čelní frézy, která přejíždí přes celou šířku plochy, řeže jedna polovina frézy nesousledně a druhá sousledně. O to důležitější je, aby nepoužívané osy byly zaaretované.

Chlazení a mazání

Chladicí kapalina odvádí teplo, maže břit a pomáhá odplavit třísky. Podle příručky Řezné otáčky platí pro vrtání: ocel emulze, litina obvykle za sucha, hliník s mazáním, jinak se tříska lepí na břit. Příručka pro 2. ročník upozorňuje, že přerušovaný řez při frézování zatěžuje břit tepelnými rázy a u tvrdokovu je proto někdy lepší pracovat bez nárazového chlazení. Kdy chladit a čím, určí UOV.

CO SI ZAPAMATOVAT

- n = vc · 1000 / (3,14 · d), na frézce je d průměr frézy. HSS 20 m/min, karbid 80 m/min.
- Na stroji vol nejbližší nižší stupeň otáček i posuvu.
- vf = fz · z · n, dosazuješ nastavené otáčky.
- Hlubší tvar po vrstvách, nakonec tenký průchod načisto.
- Na klasické frézce s vůlí frézuj nesousledně: obrobek jede proti zubům.

6

VÝPOČTY A NASTAVENÍ

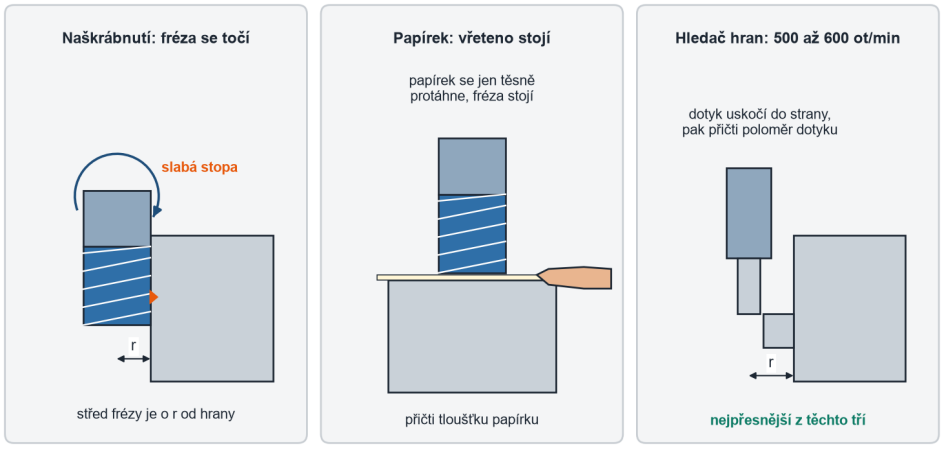
Najetí na obrobek a nastavení nuly

Naškrábnutí, papírek, hledač hran. Jak nastavit nulu na stupnici a jak vybrat vůli ve šroubu.

Než začneš frézovat na rozměr, musíš vědět, kde je fréza vůči obrobku. Najedeš na hranu nebo na plochu, nastavíš stupnici na nulu a od té chvíle počítáš všechno od ní. Jak přesně najedeš, tak přesný bude díl.

Tři způsoby, jak najít hranu

Způsob	Jak	Kdy
Naškrábnutí	Fréza se točí. Pomalu ji přisouváš k ploše, až zanechá slabou stopu nebo odletí první jemná tříska.	na plochy, které se budou ještě obrábět, nebo kde stopa nevadí
Papírek	Vřeteno **stojí**. Mezi frézu a plochu vložíš proužek papíru a přisouváš, až se papír jen těsně protáhne. K poloze přičteš tloušťku papíru.	nula Z na hotové ploše, kde nesmí zůstat stopa
Hledač hran	Hledač se točí na nízkých otáčkách. Když se dotkne hrany, jeho spodní část uskočí do strany.	nejpřesnější nula X a Y



Obr. 6.1 Naškrábnutí točící se frézou, papírek u stojící frézy a hledač hran.

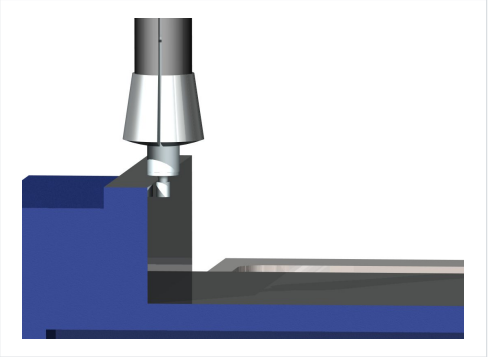
POZOR

Papírek nikdy nestrkej k točící se fréze. Fréza papír chytí a vtáhne s ním prsty. Papírek patří jen ke stojícímu vřetenu. Tloušťku papíru si změř mikrometrem.

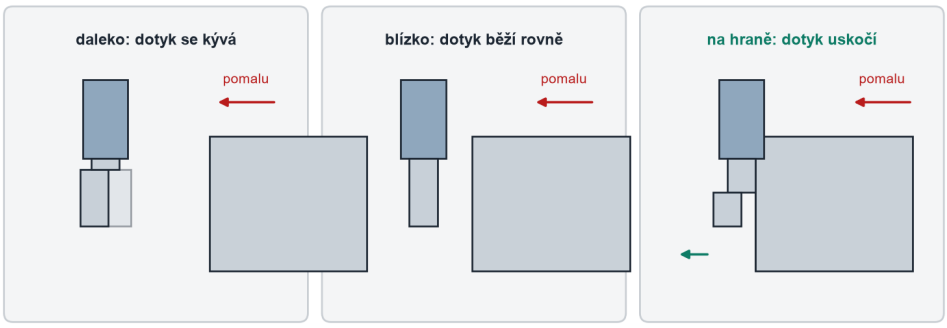
Hledač hran

Hledač hran má dvě části spojené pružinou. Dolní část s dotykem se při otáčení kývá. Když ji pomalu přisouváš k hraně, kývání se zmenšuje, až dotyk běží rovně. V okamžiku, kdy je osa vřetena přesně o poloměr dotyku od hrany, dotyk uskočí do strany.

Výrobce Paulimot uvádí, že hledač pracuje díky odstředivé síle, a proto se zapíná na 500 až nejvýš 600 ot/min. Konkrétní hodnotu najdeš u svého hledače.



Obr. 6.2 Hledač hran upnutý ve vřetenu a jeho dotyk u hrany obrobku.
Vlastník obrázku: Robert Hewitt, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edge_Finder_2.png

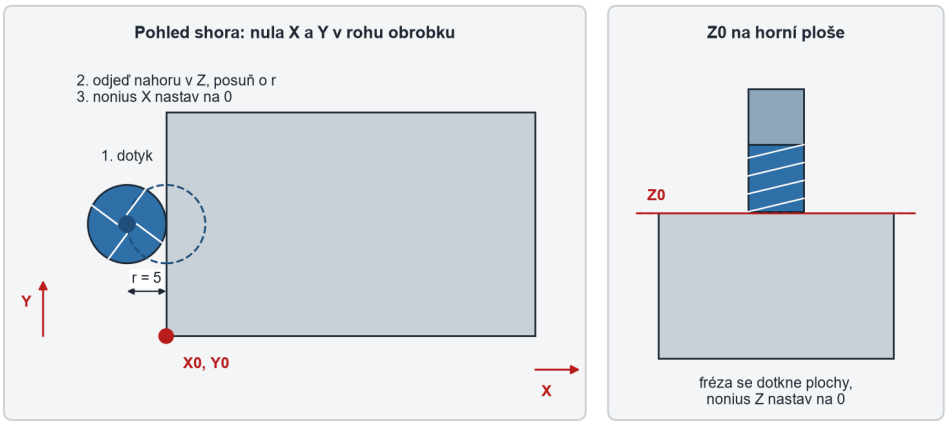


Obr. 6.3 Dotyk se nejdřív kývá, potom běží rovně. Na hraně uskočí do strany. Poslední desetiny přisouvej po malých krocích.

1. Upni hledač do kleštiny a nastav otáčky podle hledače.
2. Najeď dotykem kousek vedle hrany, pod úroveň horní plochy obrobku.
3. Pomalu přisouvej ručním kolem. Čím blíž, tím menší kroky.
4. Jakmile dotyk uskočí, přestaň točit kolem. Osa vřetena je teď o poloměr dotyku od hrany.
5. Zvedni hledač nad obrobek, posuň osu o poloměr dotyku směrem k hraně a stupnici nastav na nulu.

Nula X, Y a Z

Na výkresech ze školní sady jsou rozměry kótované od jednoho rohu. Nulu X a Y proto dáš do tohoto rohu, nulu Z na horní plochu. Kam nulu dát, vždy podle výkresu.



Obr. 6.4 Fréza Ø10 se dotkne levého boku. Její střed je 5 mm od hrany. Po zvednutí ji posuneš o 5 mm a stupnici X nastavíš na 0.

Příklad 6 Nula X frézou Ø10	
Zadání	Naškrábneš levý bok obrobku frézou Ø10. Stupnice má dílek 0,05 mm a 5 mm na otáčku.
Kde je fréza	Fréza se dotýká boku svým obvodem. Její střed je o poloměr vlevo od hrany: r = 10 / 2 = 5 mm.
Posun	Zvedni frézu nad obrobek a posuň stůl tak, aby fréza šla o 5 mm doprava. To je přesně 1 otáčka kola.
Výsledek	Střed frézy je nad hranou. Kroužek stupnice X povol, otoč na 0 a znovu utáhni.

Nastavení stupnice na nulu

- Kroužek se stupnicí se dá na většině strojů povolit a otočit, aniž by se pohnul stůl. Otoč ho na 0 proti pevné značce a utáhni.
- Při nastavování drž kolo druhou rukou, aby se nepootočilo.
- Na stroji s digitálním odměřováním stiskneš nulování osy. Princip je stejný.
- Nulu si zapiš: osa, místo, čím jsi najížděl. Když se něco pokazí, víš, odkud začít.

Vůle při najíždění

Nulu nastavuj tak, že poslední pohyb byl ve stejném směru, jakým pak budeš najíždět na rozměry. Když nulu nastavíš po pohybu doleva a pak jedeš doprava, celý díl bude posunutý o vůli. Pravidlo z kapitoly 3 platí i tady: na rozměr vždy ze stejné strany.

TIP

Vůli na svém stroji si můžeš změřit. Přilož úchylkoměr ke stolu, otáčej kolem jedním směrem, potom směr změň a spočítej dílky, o které se kolo otočí, než se ručička pohne. Dělej to s UOV.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Naškrábnutí za chodu, papírek jen u stojící frézy, hledač hran je nejpřesnější.
- Při dotyku boku je střed frézy o poloměr od hrany.
- Hledač hran podle výrobce na 500 až 600 ot/min. Po uskočení přičti poloměr dotyku.
- Nulu dej tam, odkud kótuje výkres. Stupnici otoč na 0 proti pevné značce.
- Poslední pohyb před nulováním ve stejném směru, jakým budeš najíždět.

7

PRÁCE NA FRÉZCE

Operace krok za krokem

Rovina, kvádr do pravého úhlu, osazení, drážka, kapsa, díry, sražení. Dělicí přístroj a otočný stůl v přehledu.

V této kapitole jsou základní práce na svislé frézce. U každé najdeš postup a na co si dát pozor. Otáčky a posuvy počítej podle kapitoly 5. Ve všech postupech platí: frézuj nesousledně, nepoužívané osy zaaretuj a na rozměr najížděj ze stejné strany.

Rovina čelní frézou

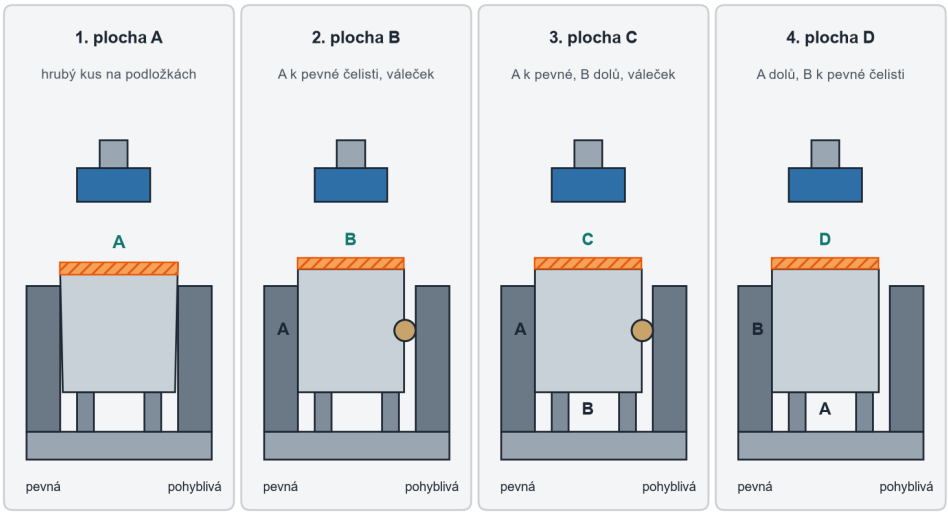
1. Upni obrobek do svěráku na podložky podle kapitoly 4.
2. Upni čelní frézu. Má být větší než šířka plochy, aby ji přejela jedním průchodem. Když není, rozděl plochu na pruhy, které se překrývají.
3. Spočítej otáčky a posuv. Nastav je a zkontroluj směr otáčení.
4. Zaaretuj osu Y. Frézu dej nad nejvyšší místo plochy, kousek nad ni.

5. Opatrně zvedej konzolu po malých krocích, až fréza naškrábne nejvyšší místo. Nastav stupnici Z na nulu.
6. Odjeď v X mimo obrobek a přisuň v Z o hloubku řezu. Zaaretuj konzolu.
7. Zapni posuv v X a nech frézu přejet celou plochu.
8. Na konci zastav posuv, vypni vřeteno, počkej na zastavení a změř.

> **TIP**
> Přísuv o hloubku řezu nedělej, když je fréza nad obrobkem. Přisouvej vždy mimo obrobek. Kdybys přisunul nad plochou, fréza by do ní vyřízla kruhovou stopu.

Kvádr do pravého úhlu

Přesný kvádr se dělá v pořadí, kdy každá další plocha vychází z plochy, která už je hotová. Pořadí je stejné jako v příručce pro 1. ročník. Plochy si označ fixou: A, B, C, D.



Obr. 7.1 Pořadí ploch kvádru. Pevná čelist je vlevo, pohyblivá vpravo. Plocha, která se právě frézuje, je nahoře.

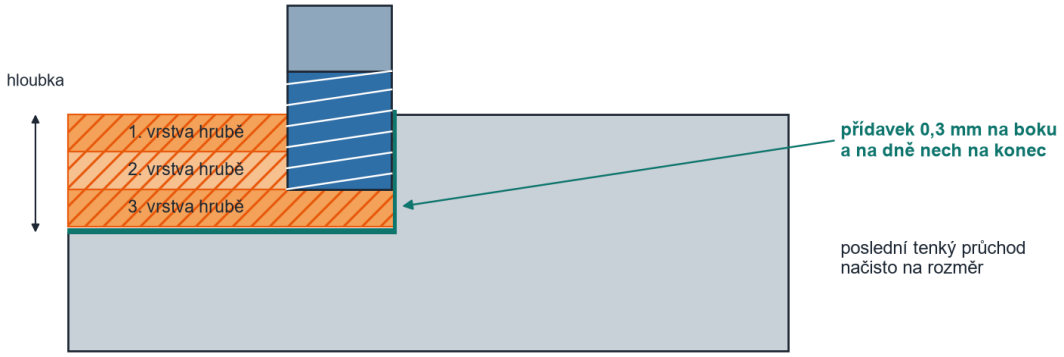
1. **Plocha A.** Hrubý kus polož na podložky a ofrézuj horní plochu, jen aby byla čistá. Odjehli hrany.
2. **Plocha B.** Plochu A přilož k pevné čelisti, za pohyblivou čelist dej váleček. Ofrézuj horní plochu B. Je kolmá na A.
3. **Plocha C.** Plocha A zůstává u pevné čelisti, plochu B polož dolů na podložky. Váleček nech. Poklepej obrobek dolů a ofrézuj plochu C na rozměr. Je rovnoběžná s B.
4. **Plocha D.** Plochu A polož dolů na podložky, plochu B opři o pevnou čelist. Ofrézuj plochu D na rozměr. Je rovnoběžná s A.
5. **Konce.** Kus postav svisle, plochu A k pevné čelisti, a podle úhelníku ho ustav kolmo. Ofrézuj jeden konec, otoč a druhý konec ofrézuj na délku.

6. Po každé ploše odjehli hrany. Otřep na hraně by obrobek při dalším upnutí naklopil.

> **PAMATUJ**
> Postup s válečkem popisuje i učebnice Introduction to Machining z Wenatchee Valley College: u druhé plochy dej mezi pohyblivou čelist a obrobek váleček, u čtvrté plochy už ne. Konce ustav úchylkoměrem nebo úhelníkem.

Osazení

Osazení je schod na kraji obrobku. Má bok a dno. Dělá se stopkovou frézou po vrstvách. Podle příručky pro 1. ročník nejdřív hrubě s přídavkem asi 0,3 mm, potom dno a bok jedním tenkým průchodem načisto.

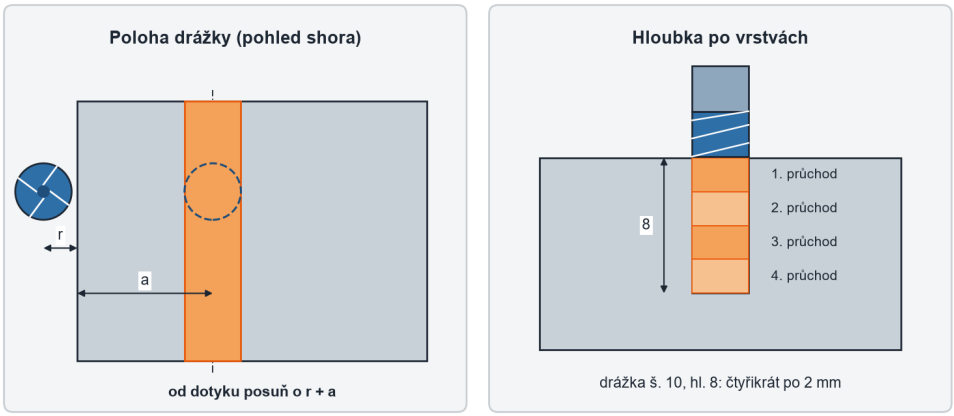


Obr. 7.2 Osazení po vrstvách. Hrubě s přídavkem 0,3 mm na boku i na dně, nakonec jeden tenký průchod načisto.

1. Najeď na hranu a nastav nulu podle kapitoly 6.
2. Spočítej polohu středu frézy: šířka osazení minus poloměr frézy, minus přídavek 0,3 mm.
3. Ber hloubku po vrstvách. Mezi vrstvami najížděj na bok vždy ze stejné strany.
4. Dno i bok dokonči tenkým průchodem na rozměr. Bok frézuj nesousledně.
5. Změř šířku a hloubku. Ostrou hranu odjehli.

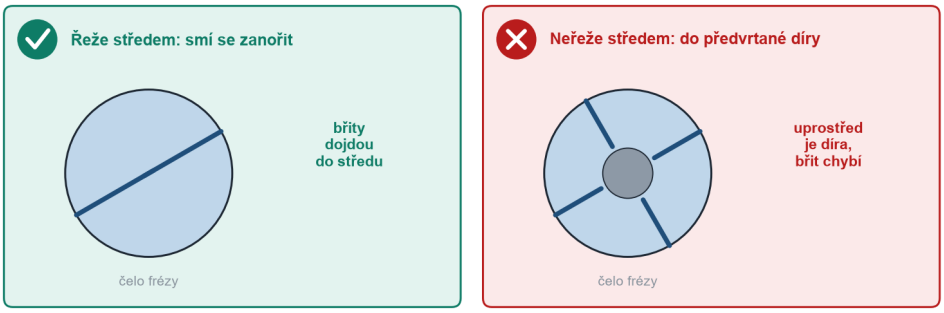
Drážka

Drážka se frézuje stopkovou frézou, jejíž průměr se rovná šířce drážky. Fréza řeže oběma boky najednou. Jeden bok proto řeže nesousledně a druhý sousledně. U drážky dávej o to větší pozor na aretace a přiměřený posuv.



Obr. 7.3 Poloha drážky: od dotyku posuň o poloměr frézy a vzdálenost osy drážky od hrany (vlevo). Hloubka po vrstvách (vpravo).

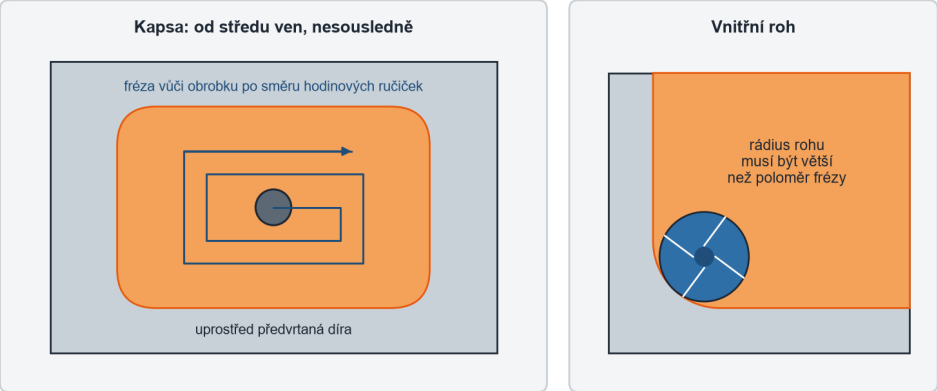
1. Najeď na hranu. Posuň o poloměr frézy a o vzdálenost osy drážky od hrany.
2. Zanoř se jen frézou, která **řeže středem**. Jinak do předvrtané díry.
3. Hloubku rozděl do několika průchodů. Na začátek každého průchodu najížděj ze stejné strany.
4. Po prvním průchodu změř šířku drážky. Když je širší než fréza, fréza háže.
5. Na konci změř šířku, hloubku a polohu.



Obr. 7.4 Čelo frézy. Drážkovací fréza má břity až do středu a smí se zanořit (vlevo). Fréza s otvorem uprostřed středem neřeže (vpravo).

Kapsa

Kapsa je prohlubeň uzavřená ze všech stran. Fréza se do ní musí dostat shora, proto se buď zanoří frézou, která řeže středem, nebo do předvrtané díry. Pak jede od středu ven.



Obr. 7.5 Kapsa se frézuje od středu ven. Fréza obíhá vůči obrobku po směru hodinových ručiček, aby bok kapsy řezala nesousledně. Stůl přitom jede opačně. Vnitřní roh má rádius frézy.

- Předvrtej díru o něco menší, než je fréza, uprostřed kapsy. Nebo použij frézu, která řeže středem.
- Kapsu frézuj od středu ven po vrstvách. Když se díváš shora a fréza se točí doprava, musí fréza obíhat vůči obrobku kolem boku kapsy po směru hodinových ručiček. Pak řeže bok nesousledně.
- Na klasické frézce se ale hýbe stůl, ne fréza. Stůl proto obíhá opačně, proti směru hodinových ručiček: u zadního boku kapsy jede doleva, u pravého od tebe, u předního doprava a u levého k tobě.
- Fréza neudělá ostrý vnitřní roh. Rádius rohu na výkrese musí být větší než poloměr frézy, jinak potřebuješ menší frézu.
- Třísky z kapsy odstraňuj štětcem, když vřeteno stojí. Zapečená tříska v kapse frézu zlomí.

Vrtání a vyvrtávání na frézce

Frézka je tužší než malá vrtačka a polohu díry nastavíš stolem podle stupnice. Důlčík nepotřebuješ. Do vřetena upni sklíčidlo s navrtávákem a vrtákem. Polohu najeď ručními koly, osy X a Y zaaretuj a vrtej pinolou nebo konzolou.

Příklad 7 Otáčky pro vrták Ø12 na frézce

Zadání	Vrták z HSS Ø12, vc = 20 m/min.
Otáčky	n = (20 · 1000) / (3,14 · 12) = 20 000 / 37,68 = 530,79 → 531 ot/min
Výsledek	nejbližší nižší modelový stupeň je 500 ot/min

Přesnější a větší díry se na frézce **vyvrtávají** vyvrtávací hlavou. Nůž v hlavě se vysouvá šroubem se stupnicí. Když nůž posuneš o 0,1 mm, průměr díry se zvětší o 0,2 mm, protože nůž řeže na poloměru. Některé hlavy mají stupnici v průměru, jiné v poloměru. Vyvrtávání dělej jen s UOV.

Sražení hran

Hrany se na frézce srážejí **úhlovou frézou** nebo **záhlubníkem**. Velikost sražení nastavíš hloubkou v ose Z. U sražení 45° je sražení na boku stejně velké jako přísuv do hloubky.

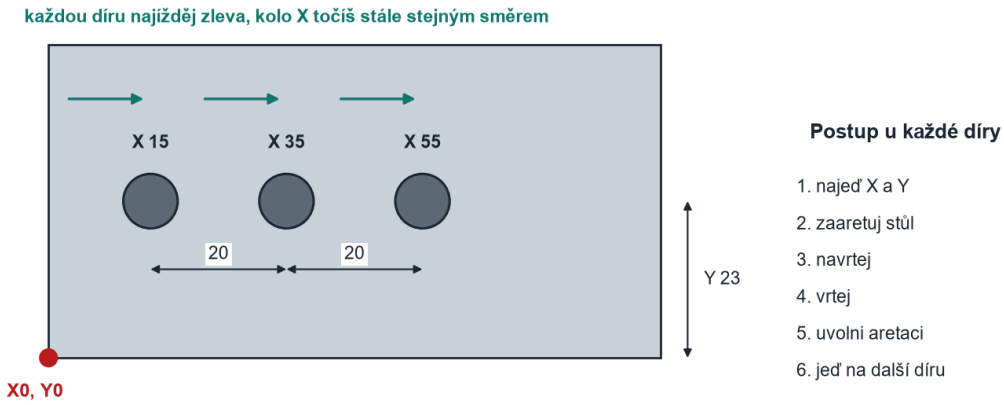
Ostré hrany po frézování odjehli vždy, i když výkres sražení nepředepisuje. Na výkresech ze školní sady stojí: odstranit ostré hrany.



Obr. 7.6 Záhlubník. Na frézce s ním srazíš hranu díry, s úhlovou frézou hranu obrobku. *Vlastník obrázku: Cal.on, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zahlubnik.jpg*

Díry v rozteči podle stupnice

Díry v řadě nebo v mřížce nemusíš orýsovat. Souřadnice každé díry přečteš z výkresu a najedeš je ručními koly. Důležité je najíždět všechny díry ze stejné strany.

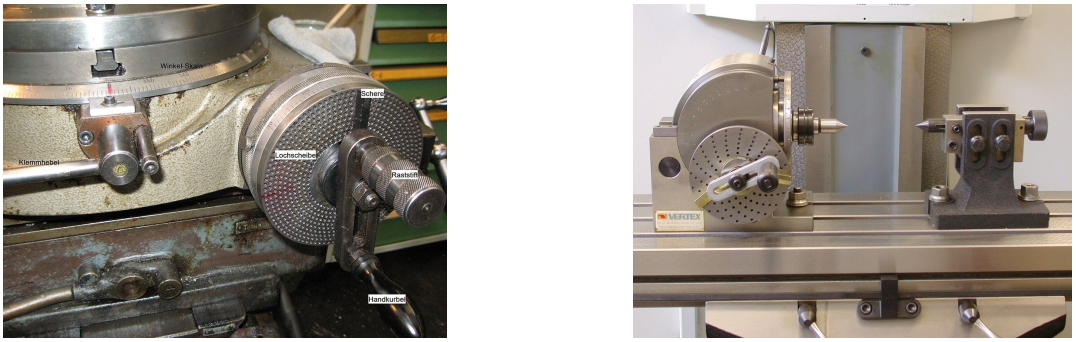


Obr. 7.7 Tři díry v rozteči 20 mm. Každou díru najížděj zleva a zepředu. Kolo X točíš stále stejným směrem.

Příklad 8 Tři díry v řadě	
Zadání	Díry na X 15, 35 a 55 mm, Y 23 mm. Dílek 0,05 mm, 5 mm na otáčku. Nula je v levém předním rohu.
První díra	X 15 = 3 otáčky. Y 23 = 4 otáčky a 60 dílků.
Další díry	Rozteč 20 mm = 4 otáčky. Z X 15 na X 35 a pak na X 55 točíš kolem stále stejným směrem.
Výsledek	Y se mezi dírami nemění, nech osu Y zaaretovanou. Před posunem v X uvolni jen aretaci X a po najetí ji znovu zaaretuj.

Dělicí přístroj a otočný stůl, jen v přehledu

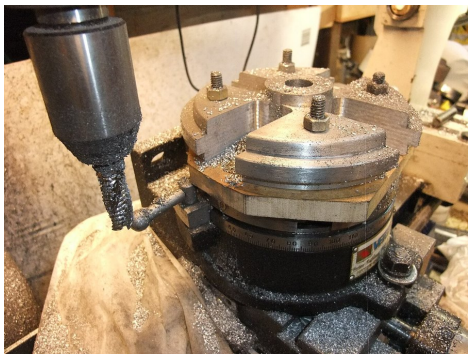
Dělicí přístroj rozdělí obvod obrobku na stejné díly, například na šestihran nebo na drážky po obvodu. Klikou otáčíš přes šnekový převod, běžně 40 : 1. Podle příručky pro 2. ročník platí n = 40 / z, kde z je počet dílů. Pro čtyřhran je to 40 / 4 = 10 otáček kliky na jednu plochu. Pro šestihran 40 / 6 = 6 2/3, tedy 6 otáček a 12 děr v kruhu s 18 dírami.



Obr. 7.8 Dělicí přístroj s popisky v němčině (vlevo). Dělicí hlava s koníkem na stole frézky, obrobek se upne mezi ně (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Dirk Gräfe, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Teilapparat_Bezeichnungen.jpg; vpravo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IndexingHead-Tailstock.jpg

Otočný stůl se upne na stůl frézky. Obrobek na něm můžeš natáčet o přesný úhel podle stupnice a frézovat kruhové drážky nebo díry na kružnici.

Po každém pootočení dělicí přístroj i otočný stůl zajisti. Teprve potom frézuj. S oběma přístroji pracuješ jen s UOV.



Obr. 7.9 Otočný stůl na frézce. Obrobek je na něm upnutý upínkami.
Vlastník obrázku: David English, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rotary_Table_in_Use.jpg

CO SI ZAPAMATOVAT

- Rovina: přísuv v Z vždy mimo obrobek, posuv v X, osa Y zaaretovaná.
- Kvádr: A, potom B s válečkem, C na podložkách, D s plochou A dole, nakonec konce.
- Osazení a drážka po vrstvách, přídavek 0,3 mm na konec.
- Zanořit se smí jen fréza, která řeže středem. Jinak do předvrtané díry.
- Díry v rozteči najížděj všechny ze stejné strany.

8

PRÁCE NA FRÉZCE

Měření a dosažení rozměru

Kdy a čím měřit, jak spočítat přísuv podle naměřeného rozměru a jak ověřit rovnoběžnost a kolmost.

Rozměr na frézce nevzniká jen podle stupnice. Fréza se při řezu odtlačí, stroj má vůli a obrobek může pružit. Proto se po hrubém průchodu měří a podle naměřené hodnoty se dopočítá přísuv. Měřidla a jejich čtení najdeš v příručce **Měření a měřidla**.

Kdy a jak měřit

- **Měř jen tehdy, když vřeteno stojí** a fréza je odsunutá od obrobku. Návod Optimum: před měřením obrobku frézku vypni.
- Z obrobku nejdřív odstraň třísky štětcem a otři ho. Tříska pod měřidlem je chyba stejně jako tříska pod obrobkem.
- Obrobek ve svěráku neuvolňuj, dokud nemáš rozměr hotový. Po uvolnění už ho do stejné polohy nedostaneš.
- Teplý obrobek měř, až vychladne, nebo počítej s tím, že po vychladnutí bude o kousek menší.

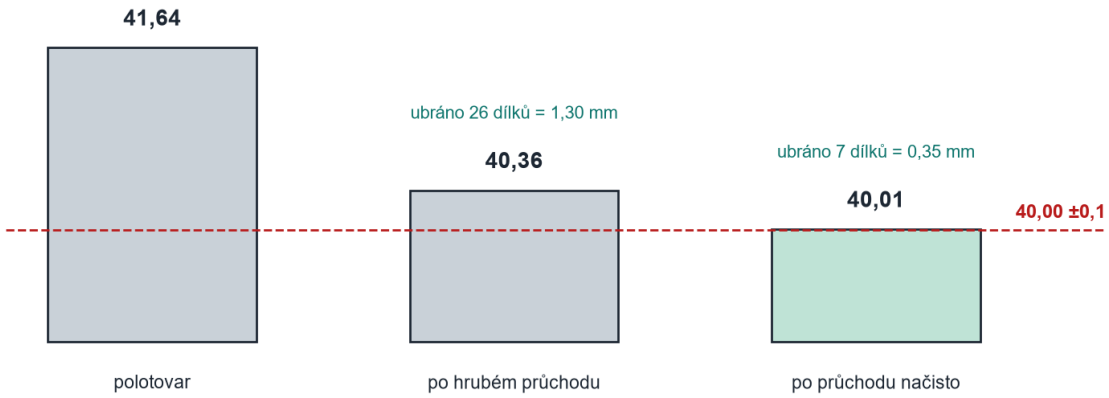
Co měříš	Čím	Poznámka
Délka, šířka, výška do ±0,1 mm	posuvné měřítko	běžné rozměry ze školní sady
Přesná tloušťka	mikrometr	rovnoběžnost ve čtyřech rozích
Hloubka osazení a drážky	hloubkoměr nebo posuvné měřítko	opři ho o hotovou plochu
Rovnoběžnost a ustavení	úchylkoměr	na stole nebo na příměrné desce
Kolmost	úhelník	proti světlu



Obr. 8.1 Mikrometrický hloubkoměr na hloubku osazení a drážky (vlevo). Digitální posuvné měřítko (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MicrometerDepth916947.jpg; vpravo Jacek Halicki, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2020_Suwmiarka_cyfrowa.jpg

Přísuv podle naměřeného rozměru

Postup je vždy stejný. Hrubě uber většinu, nech kousek navíc, změř a teprve potom dober zbytek. Přísuv počítej v dílcích stupnice.



Obr. 8.2 Kvádr na výšku 40 ±0,1 mm. Po hrubém průchodu je o kousek vyšší, než čekáš. Proto se měří dřív, než se dobírá.

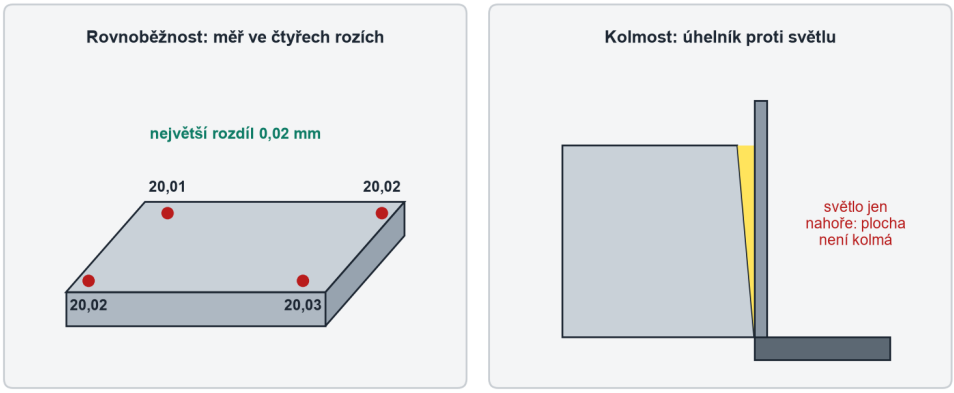
Příklad 9 Výška kvádru 40 ±0,1 mm

Zadání	Polotovar má 41,64 mm. Chceš 40,00 ±0,1. Stupnice Z má dílek 0,05 mm.
Hrubě	Celkem ubrat 41,64 − 40,00 = 1,64 mm. Hrubě ber 1,30 mm, to je 1,30 : 0,05 = 26 dílků. Zbyde přídavek asi 0,34 mm.
Měření	Po průchodu naměříš 40,36 mm. Fréza se trochu odtlačila, proto je obrobek o 0,02 mm vyšší, než jsi počítal.
Načisto	Ubrat 40,36 − 40,00 = 0,36 mm. To je 7,2 dílku, přisuneš 7 dílků = 0,35 mm.
Výsledek	Naměříš 40,01 mm. Rozměr je v toleranci ±0,1.

TIP

Když chceš ubrat zlomek dílku, zaokrouhli na celé dílky směrem k menšímu úběru. Ubrat se dá vždy, přidat ne.

Rovnoběžnost a kolmost



Obr. 8.3 Rovnoběžnost změříš mikrometrem ve čtyřech rozích (vlevo). Kolmost ukáže úhelník proti světlu (vpravo).

- **Rovnoběžnost**: změř tloušťku ve všech čtyřech rozích. Rozdíl mezi největší a nejmenší hodnotou ti řekne, o kolik plochy nejsou rovnoběžné.
- **Kolmost**: přilož úhelník k základní ploše a podívej se proti světlu. Světelná štěrbina, která se rozšiřuje, znamená, že plocha není kolmá.
- Když chyba vychází stále stejným směrem, je pravděpodobně šikmo svěrák nebo hlava frézky. Řekni to UOV. Kontroluje se úchylkoměrem.
- Nerovnoběžná plocha má nejčastěji příčinu v upnutí: tříska pod obrobkem, nedoklepnutý obrobek, nerovné podložky.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Měř jen při stojícím vřetenu a na očištěném obrobku.
- Hrubě, změřit, načisto. Přísuv počítej v dílcích stupnice.
- Zlomek dílku zaokrouhli k menšímu úběru.
- Rovnoběžnost ve čtyřech rozích, kolmost úhelníkem proti světlu.

9

BEZPEČNOST V PRAXI

Na co si dát pozor

Dvacet šest situací z dílny. U každé: co žák udělá, co se stane a jak to udělat správně.

Každá situace v této kapitole se v dílnách opravdu stává. U každé si nejdřív sám odhadni, co se stane, a teprve potom čti dál. Většina úrazů a zmetků u frézky začíná drobností, kterou žák udělal „jen na chvilku“.

Oblečení a ruce

Situace 1	Rukavice u točící se frézy
Co uděláš	Je ti zima nebo nechceš mít ruce od oleje, tak si necháš pracovní rukavice a jdeš odhrnout třísky kousek od frézy.
Co se stane	Zub frézy rukavici zachytí a vtáhne ruku do frézy. Rukavice se neutrhne, ruka ano. Stačí zlomek sekundy.
Jak správně	U točící se frézy nikdy rukavice. Rukavice jen k ostrému materiálu, když stroj stojí, a podle pokynu UOV.

Situace 2 Volný rukáv, vlasy, prstýnek

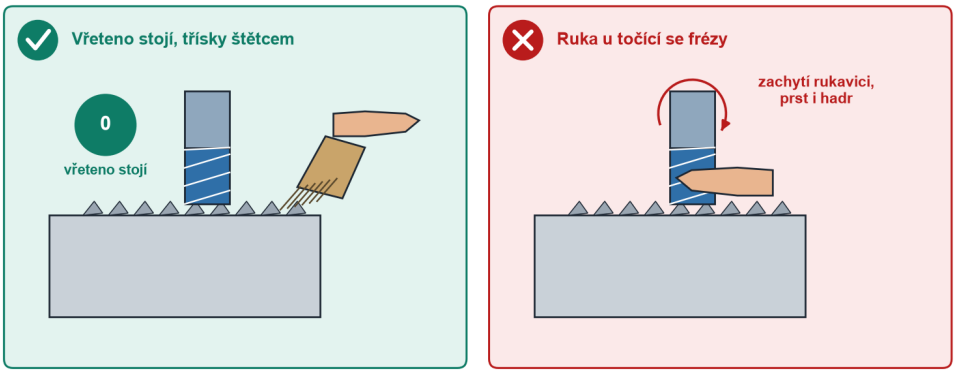
Co uděláš	Máš rozepnutý rukáv, rozpuštěné vlasy nebo hodinky a nakloníš se k fréze, abys lépe viděl.
Co se stane	Točící se fréza nebo vřeteno zachytí látku, vlasy nebo řemínek a vtáhne je dovnitř.
Jak správně	Přiléhavý oděv, rukávy zapnuté, vlasy svázané pod čepicí, šperky a hodinky sundané před příchodem ke stroji.

Situace 3 Bez brýlí, jen na chvilku

Co uděláš	Děláš poslední tenký průchod a brýle si sundáš, protože se ti zamlžily.
Co se stane	Tříska z frézy odlétá do stran. Je horká a ostrá a skončí v oku.
Jak správně	Brýle máš na očích po celou dobu, kdy se vřeteno točí, i při měření a čištění.

Situace 4 Ruka u točící se frézy

Co uděláš	Fréza se točí a ty rukou ukazuješ spolužákovi, kde fréza nedobrala, nebo sbíráš odlétající třísku.
Co se stane	Fréza zachytí prst. Řezná rána nebo amputace článku prstu.
Jak správně	Ruce drž mimo dosah frézy. Ukazuj až po zastavení vřetena. Návod Bridgeport: nikdy nesahej kolem ochranného krytu.



Obr. 9.1 Třísky odstraňuj štětcem, když vřeteno stojí (vlevo). Ruka u točící se frézy (vpravo).

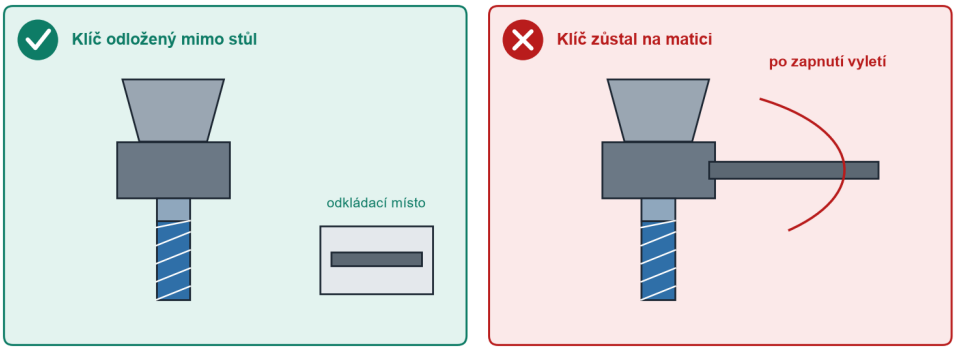
Situace 5 Třísky rukou nebo stlačeným vzduchem

Co uděláš	Kolem frézy se nahromadí třísky. Shrneš je rukou nebo je ofoukneš vzduchovou pistolí.
Co se stane	Třísky jsou ostré jako žiletky a pořežou ti ruku. Vzduch je rozfouká do očí tobě i ostatním a natlačí je do vedení stroje.
Jak správně	Třísky odstraňuj štětcem nebo háčkem, a jen když vřeteno stojí. Návod Bridgeport: k odstraňování třísek nikdy nepoužívej stlačený vzduch.

Nástroj

Situace 6 Klíč zůstal v matici

Co uděláš	Utáhneš kleštinovou matici nebo táhlo a klíč necháš nasazený. Pak zapneš vřeteno.
Co se stane	Klíč se roztočí s vřetenem a vyletí. Zasáhne tebe nebo spolužáka.
Jak správně	Klíč po utažení hned sundej a odlož mimo stůl. Než zapneš, podívej se na vřeteno.



Obr. 9.2 Klíč odložený mimo stůl (vlevo). Klíč zapomenutý na matici po zapnutí vyletí (vpravo).

Situace 7 Fréza málo zasunutá v kleštině

Co uděláš	Chceš frézovat hlouběji a frézu z kleštiny vytáhneš, takže je v ní jen kousek stopky.
Co se stane	Kleština frézu neudrží. Fréza se šroubovicí se při řezu vytahuje, řez je čím dál hlubší, nebo se fréza vytrhne a zlomí. Kleština se trvale zdeformuje.
Jak správně	Stopku zasuň aspoň na 2/3 délky kleštiny, nejlépe celou. Když fréza nedosáhne, potřebuješ delší frézu, ne kratší upnutí.

Situace 8 Fréza ve špinavé kleštině nebo kuželu

Co uděláš	Spěcháš, a tak frézu upneš, aniž bys otřel kleštinu, stopku a kužel.
Co se stane	Tříska na kuželu nebo v kleštině způsobí házení. Fréza řeže jen jedním zubem, drážka je širší a fréza se rychle zničí.
Jak správně	Kužel, kleštinu i stopku vždy otři. Po upnutí se podívej, jestli fréza neháže.

Situace 9 Fréza holou rukou

Co uděláš	Měníš frézu a bereš ji holou rukou za břity.
Co se stane	Břity jsou ostré i na stojící fréze. Pořežeš se.
Jak správně	Frézu ber přes hadr nebo v rukavici podle pokynu UOV, jen když vřeteno stojí. Michiganská univerzita doporučuje papírový ručník nebo kevlarové rukavice.

Situace 10	Zapnutí s frézou na obrobku
Co uděláš	Najedeš frézou až k obrobku a teprve potom zapneš vřeteno.
Co se stane	Fréza se roztáčí v materiálu. Zub se zasekne, fréza se vylomí nebo se obrobek posune. Návod Bridgeport to zakazuje.
Jak správně	Vřeteno zapínej vždy, když je fréza mimo obrobek. K obrobku přisouvej až roztočenou frézu.

Situace 11	Opačný směr otáčení
Co uděláš	Přepínač směru zůstal od minula na levý chod a ty to nezkontroluješ.
Co se stane	Pravořezná fréza neřeže, jen tře. Zahřeje se, otupí a může se zlomit.
Jak správně	Před prvním dotykem zkontroluj, že se fréza točí doprava při pohledu shora a že řeže správnou stranou břitů.

Upnutí

Situace 12	Neutažený svěrák
Co uděláš	Obrobek ve svěráku jen přitáhneš, protože bereš „jen malou třísku“.
Co se stane	Řezná síla obrobek ve svěráku posune nebo vytrhne. Fréza se zlomí, obrobek odletí a díl je zmetek.
Jak správně	Svěrák utáhni klikou pořádně. Po upnutí zkus obrobkem pohnout rukou. Nesmí se hnout.

Situace 13	Upínka v dráze frézy
Co uděláš	Velký obrobek upneš upínkami a dráhu frézy si nezkontroluješ.
Co se stane	Fréza nebo držák narazí do upínky nebo šroubu. Zlomená fréza a odhozené kusy.
Jak správně	Před zapnutím posuvu projeď celou dráhu ručně a se zastaveným vřetenem. Upínky dej mimo dráhu.

Ovládání stroje

Situace 14	Sousledné frézování na stroji s vůlí
Co uděláš	Frézuješ bok a stůl pustíš tak, že obrobek jede stejným směrem jako zuby frézy.
Co se stane	Fréza stůl popotáhne o vůli ve šroubu. Obrobek skočí do frézy, fréza se zlomí nebo vytrhne obrobek ze svěráku.
Jak správně	Na klasické frézce frézuj nesousledně: obrobek jede proti zubům. Když si nejsi jistý směrem, zeptej se UOV dřív, než se fréza dotkne obrobku.

Situace 15 Nezaaretovaná osa

Co uděláš	Frézuješ v ose X a osy Y a Z necháš volné.
Co se stane	Stůl se od řezné síly chvěje a posouvá. Plocha má vlny a schody, rozměr se mění.
Jak správně	Osu, kterou zrovna nepotřebuješ, zaaretuj. Zaaretuj i pinolu.

Situace 16 Posuv proti zaaretované ose

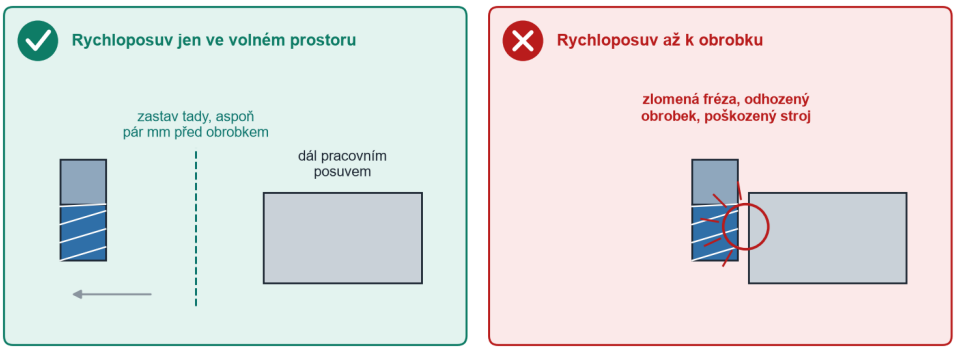
Co uděláš	Zapneš samočinný posuv v X, ale aretace X je pořád utažená. Nebo točíš kolem proti aretaci.
Co se stane	Posuv a šroub se přetěžují. Pojistka posuvu vypadne nebo se poškodí šroub a matice.
Jak správně	Před pohybem osu odaretuj, po pohybu ji podle potřeby zase zaaretuj. Návod Optimum MT 50E to tak předepisuje.

Situace 17 Změna směru bez vybrání vůle

Co uděláš	Přejedeš rozměr o pět dílků a vrátíš kolo o pět dílků zpět.
Co se stane	Kolo se nejdřív otočí naprázdno o vůli. Stůl se vrátí méně, než si myslíš, a rozměr je mimo.
Jak správně	Vrať se o kus dál, aspoň o celou vůli, a na rozměr najeď znovu ve stejném směru jako předtím.

Situace 18 Rychloposuv proti obrobku

Co uděláš	Chceš ušetřit čas a stůl pošleš rychloposuvem až k fréze.
Co se stane	Stůl nestihneš zastavit. Fréza narazí do obrobku nebo do svěráku, zlomí se a obrobek může odletět.
Jak správně	Rychloposuv jen ve volném prostoru. Zastav se několik milimetrů před obrobkem a dál jeď ručně nebo pracovním posuvem.



Obr. 9.3 Rychloposuv zastav včas a dál jeď pracovním posuvem (vlevo). Rychloposuv až k obrobku (vpravo).

Situace 19	Samočinný posuv bez dorazů
Co uděláš	Zapneš posuv, nenastavíš dorazy a jdeš si pro měřidlo.
Co se stane	Stůl jede dál, než má. Fréza vjede do svěráku nebo do upínky, nebo stůl dojede na konec dráhy.
Jak správně	Dorazy nastav před řezem. U zapnutého posuvu zůstaň a sleduj ho. Od běžícího stroje neodcházej.

Situace 20	Přepínání otáček za chodu
Co uděláš	Fréza se točí a ty přehodíš páku převodovky na jiné otáčky.
Co se stane	Ozubená kola v převodovce do sebe narazí a poškodí se.
Jak správně	Převodovku přepínej jen tehdy, když vřeteno stojí. Stroj s variátorem se ovládá jinak, řiď se jeho návodem a UOV.

Řez

Situace 21	Zanoření frézou, která neřeže středem
Co uděláš	Potřebuješ udělat kapsu a obyčejnou frézu zanoříš svisle do plného materiálu.
Co se stane	Uprostřed čela fréza nemá břit. Tlačí, materiál se nemá kam dostat a fréza se zlomí hned při zanoření.
Jak správně	Zanořuj jen frézou, která řeže středem. Jinak předvrtej díru a zanoř se do ní.

Situace 22	Otáčky pro karbid a fréza z HSS
Co uděláš	Vyměníš karbidovou frézu za frézu z HSS stejného průměru a otáčky necháš.
Co se stane	Fréza z HSS má víc než trojnásobnou řeznou rychlost, než snese. Břity se spálí a fréza je tupá za pár vteřin.
Jak správně	Po každé výměně frézy otáčky znovu spočítej a přepni.

Za chodu stroje

Situace 23	Měření za chodu
Co uděláš	Vřeteno se točí a ty přiložíš posuvné měřítko k obrobku, protože to bude jen chvilka.
Co se stane	Fréza zachytí měřidlo nebo prsty. Měřidlo se zničí a ruka skončí ve fréze.
Jak správně	Měř jen tehdy, když vřeteno stojí a fréza je odsunutá od obrobku.

Situace 24	Papírek u točící se frézy
Co uděláš	Hledáš hranu a proužek papíru strčíš mezi točící se frézu a obrobek.
Co se stane	Fréza papír chytí a vtáhne s ním prsty.
Jak správně	Papírek používej jen u stojícího vřetena. Pro hranu za chodu použij hledač hran.

Situace 25	Nářadí na stole
Co uděláš	Klíč, měřidlo nebo paličku odložíš na stůl frézky vedle svěráku.
Co se stane	Při posuvu se nářadí dostane k fréze a ta ho odhodí. Nebo spadne a poškodí se.
Jak správně	Na stůl nic neodkládej. Michiganská univerzita to uvádí mezi pravidly pro frézku. Nářadí patří na odkládací místo.

Situace 26	Úlomky zlomené frézy rukou
Co uděláš	Fréza se zlomí a ty vybíráš ulomené kousky z drážky prsty.
Co se stane	Úlomky jsou ostré a horké. Kus frézy může být zaklíněný v materiálu a pořežeš se.
Jak správně	Zastav stroj, nech brýle na očích a úlomky vyber háčkem nebo štětcem. Když je kus zaklíněný, zavolej UOV.

Když se přesto něco stane

Úraz	Co udělat
Tříska v oku	Oko nemni a třísku nevyndávej. Oko zakryj a s doprovodem jdi k lékaři.
Řezná rána	Přilož čisté krytí a tlač na ránu. Při silném krvácení volej 155.
Popálení horkou třískou	Chlaď čistou vodou, puchýře nepropichuj a nic na ně nemaž.

Při každém úrazu nejdřív zastav stroj a zavolej UOV. Záchranná služba má číslo **155**, jednotné evropské číslo je **112**.



Obr. 9.4 Lékárnička musí být na viditelném a označeném místě. Zjisti si, kde je.
Vlastník obrázku: Leigh Blackall from Dunedin, New Zealand, Wikimedia Commons, licence CC BY 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:First_aid_kit_on_wall.jpg

PAMATUJ

Každý úraz, i ten nejmenší, řekni UOV. Řekni mu i o situaci, kdy se nikomu nic nestalo, ale mohlo.

CO SI ZAPAMATOVAT

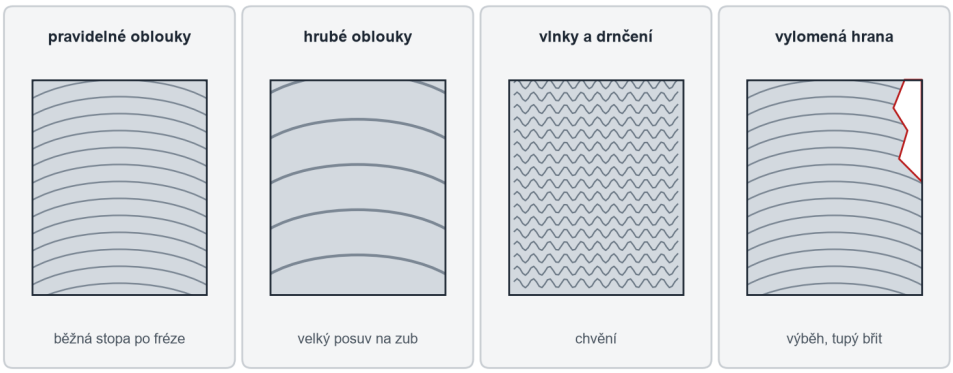
- U točící se frézy žádné rukavice, ruce mimo dosah frézy.
- Klíč pryč, fréza zasunutá v kleštině, směr otáčení zkontrolovaný.
- Na klasické frézce nesousledně. Nepoužívané osy zaaretované.
- Rychloposuv jen ve volném prostoru, dorazy nastavené, od posuvu neodcházet.
- Měř a čisti jen při stojícím vřetenu, třísky štětcem.

BEZPEČNOST V PRAXI

10 Typické vady a co s nimi

Stopy na ploše, chvění, nerovnoběžné plochy, vyštípnutá hrana a zlomená fréza. Příčina a co s tím.

Mnoho chyb poznáš už podle plochy a podle zvuku. V tabulce najdeš, co vidíš, proč to obvykle vzniká a co udělat. Podrobný rozbor vad na frézce je v příručce **Závady a zmetky**, kapitola 6. Všechno, co znamená zásah do stroje, dělá UOV.



Obr. 10.1 Stopy na frézované ploše. Schéma je zjednodušené, skutečné stopy se liší podle frézy a stroje.

Co vidíš	Proč to obvykle vzniká	Co udělat
Hrubé oblouky a hřebínky na ploše	Velký posuv na zub, tupá fréza.	Menší posuv, ostrá fréza, tenký průchod načisto.
Vlnky, drnčení, pískání	Chvění: dlouhé vyložení, volné osy, slabé upnutí, tupá fréza.	Kratší vyložení, zaaretovat nepoužívané osy, pevněji upnout, změnit otáčky po poradě s UOV.

Co vidíš	Proč to obvykle vzniká	Co udělat
Horní plocha není rovnoběžná se spodní	Tříska pod obrobkem, obrobek se zvedl z podložek, nerovné podložky.	Očistit, poklepat obrobek na podložky při stojícím stroji, zkontrolovat podložky.
Boční plocha není kolmá	Chybí váleček, základní plocha není rovná, svěrák nebo hlava není ustavená.	Váleček, rovná základní plocha. Ustavení svěráku a hlavy zkontroluje UOV.
Rozměr se mění podle směru jízdy	Vůle ve šroubu.	Najíždět na rozměr vždy ze stejné strany.
Stěna je šikmá	Fréza se odtlačuje: dlouhé vyložení, tupá fréza, velký záběr.	Kratší fréza, menší záběr, dokončit tenkým průchodem na plnou výšku.
Schody na stěně mezi vrstvami	Opotřebená nebo odtlačená fréza.	Dokončit bok na plnou výšku jedním průchodem.
Drážka je širší než fréza	Fréza háže: špinavá kleština, tříska na kuželu, poškozená fréza.	Očistit kleštinu a kužel, zkontrolovat frézu.
Vyštípnutá hrana a otřep na výběhu	Zub na výběhu tlačí hranu před sebou, tupý břit, velký posuv.	Ostrá fréza, menší posuv na konci. Otřep odstranit pilníkem na stojícím stroji.
Stopa na místě, kde fréza stála	Posuv se v řezu zastavil.	Průchod dokončit plynule, zastavovat jen mimo materiál.
Modrá tříska, kouř, rychle tupá fréza	Příliš vysoké otáčky, chybí chlazení, tupá fréza.	Přepočítat otáčky, chladit podle UOV, vyměnit frézu.

Zlomená fréza

Fréza nepraská bez důvodu. Po zlomení hned zastav stroj a podívej se, proč se to stalo. Podle příručky Závady a zmetky jsou nejčastější příčiny tyto:

Příčina	Jak se pozná	Jak se tomu vyvarovat
Velký záběr nebo posuv	Zlom přišel při vstupu do plného materiálu.	Menší hloubka, šířka nebo posuv na zub.
Třísky v drážce	V drážce nebo kapse je zapečená tříska.	Víc průchodů, třísky odstraňovat, chladit.
Dlouhé vyložení	Zlom blízko upnutí, předtím chvění.	Co nejkratší vyložení frézy.
Svislé zanoření	Zlom hned při zanoření.	Fréza, která řeže středem, nebo předvrtaná díra.

Příčina	Jak se pozná	Jak se tomu vyvarovat
Sousledné frézování	Stůl poskočil, obrobek se posunul.	Na klasické frézce frézovat nesousledně.
Pohnutý obrobek	Obrobek je posunutý, stopy po nárazu.	Pevnější upnutí, menší řez.

POZOR

Odlomené kousky frézy jsou ostré a odlétají. Brýle nech na očích i po zastavení. Úlomky nevybírej rukou, použij háček nebo štětec. Když je kus frézy zaklíněný v obrobku, nový nástroj do něj nepouštěj a zavolej UOV.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Hřebínky: menší posuv a ostrá fréza. Chvění: kratší vyložení, aretace, pevné upnutí.
- Nerovnoběžnost a nekolmost mají příčinu nejčastěji v upnutí.
- Rozměr podle směru jízdy je vůle: najížděj ze stejné strany.
- Po zlomení frézy zastav a zjisti příčinu dřív, než upneš novou.

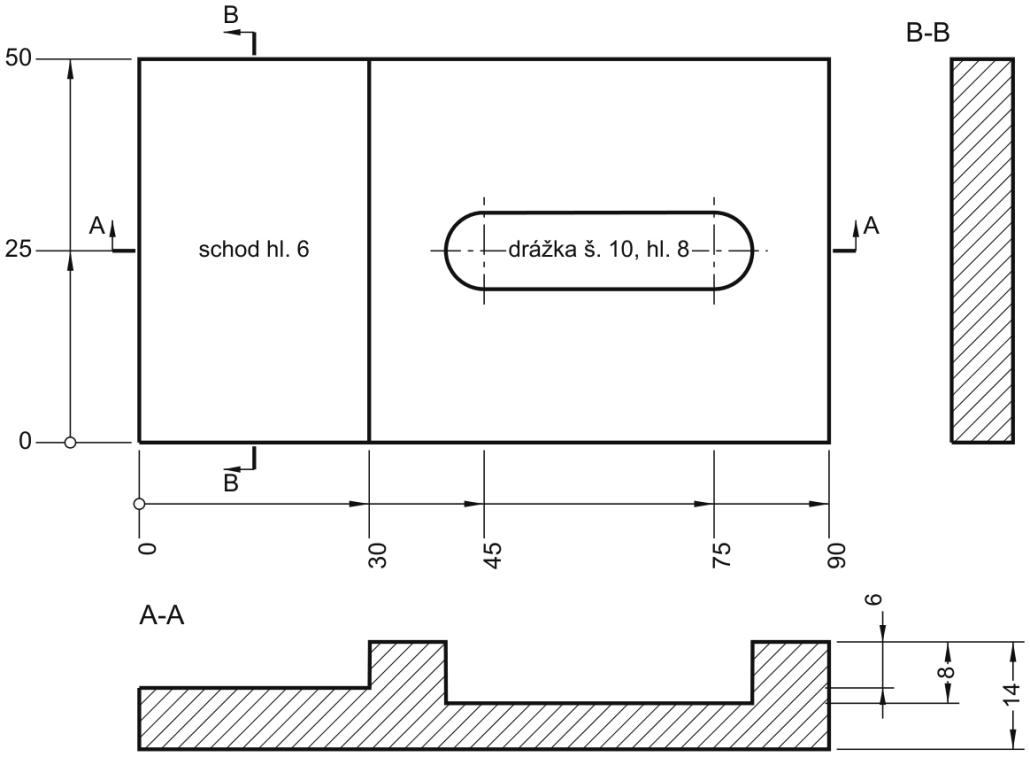
11

VZOROVÝ DÍL

Pracovní postup: upínka ze školní sady

Upínka ze školní sady od polotovaru po měření: operace, nástroje, otáčky, posuvy a kontrola.

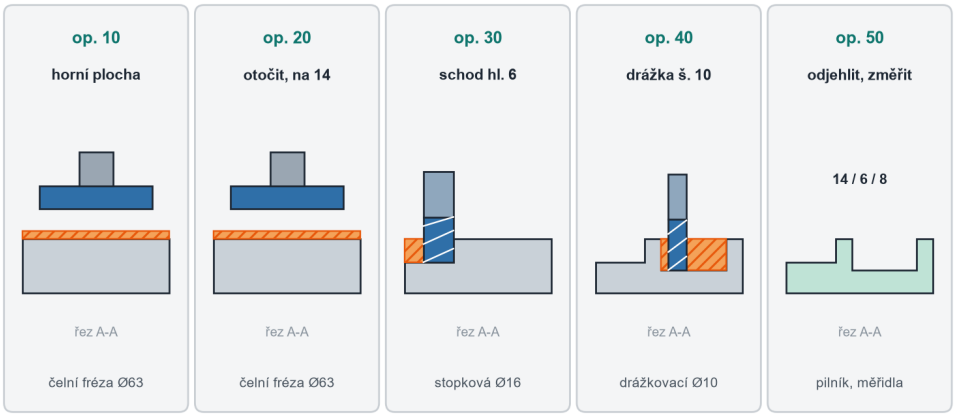
Na závěr celý postup na jednom skutečném dílu. Je to upínka č. 1 ze školní sady výkresů upínek. Má schod hluboký 6 mm a drážku širokou 10 mm. Na ní uplatníš rovinu, osazení, drážku, výpočty i měření.



Obr. 11.1 Výřez z výkresu upínky č. 1: pohled shora a řezy A-A a B-B. Výkres: Ondřej Michl, SOŠ FM.

Údaj z výkresu	Hodnota
Materiál	S235JR (11 373)
Polotovar	90 × 50 × 16 mm
Hotová výška	14 mm, polotovar se ofrézuje na výšku 14
Boky 90 a 50	zůstávají z polotovaru, neobrábějí se
Schod	od X 0 do X 30 přes celou šířku, hloubka 6 mm od horní plochy
Drážka	šířka 10 mm, hloubka 8 mm, středy oblouků X 45 a X 75, Y 25
Nula	Z0 = horní plocha, X0 a Y0 v levém předním rohu
Tolerance a drsnost	±0,1 mm, Ra 6,4, odstranit ostré hrany

Přehled operací



Obr. 11.2 Pět operací upínky. Pod každou je nástroj. Číslo 14 / 6 / 8 znamená výšku, hloubku schodu a hloubku drážky.

Op.	Co	Nástroj	n (ot/min)	vf (mm/min)	Měření
10	horní plocha, ubrat 1 mm	čelní fréza Ø63, karbid, z = 4	355	112	posuvné měřítko
20	otočit, frézovat na výšku 14	čelní fréza Ø63, karbid, z = 4	355	112	mikrometr ve čtyřech rozích
30	schod 30 × 50, hloubka 6	stopková fréza Ø16, HSS, z = 4	355	56	hloubkoměr, posuvné měřítko
40	drážka š. 10, hl. 8	drážkovací fréza Ø10, HSS, z = 2	500	40	posuvné měřítko, hloubkoměr
50	odjehlit a změřit	pilník, srážeč			všechny rozměry podle výkresu

Otáčky a posuvy jsou spočítané v kapitole 5, v příkladech 2 až 4, s modelovými řadami. Na své frézce je přepočítej podle jejích stupňů. Posuv na zub je z příkladů v kapitole 5. Skutečné hodnoty a hloubky průchodů ti potvrdí UOV.

Op. 10 a 20: výška 14 mm

1. Ustav svěrák podle kapitoly 4. Polotovar polož plochou 90 × 50 dolů na podložky. Musí vyčnívat nad čelisti víc než 2 mm.
2. Upni čelní frézu Ø63. Nastav 355 ot/min a posuv 112 mm/min. Zkontroluj směr otáčení.
3. Zaaretuj Y. Naškrábni nejvyšší místo, nastav stupnici Z na 0, odjeď v X mimo obrobek a přisuň 1 mm, tedy 20 dílků.

4. Ofrézuj horní plochu na jeden průchod. Odjehli hrany.
5. Otoč obrobek hotovou plochou dolů na podložky. Očisti všechno od třísek a poklepej ho dolů.
6. Hrubě uber tak, aby zbyl přídavek asi 0,3 mm. Změř výšku mikrometrem ve čtyřech rozích.
7. Dober zbytek podle naměřené hodnoty na 14,00 ±0,1. Postup je stejný jako v příkladu v kapitole 8.

Příklad 10 Dobrání na výšku 14

Měření	Po hrubém průchodu naměříš 14,31 mm.
Výpočet	14,31 − 14,00 = 0,31 mm. To je 6,2 dílku, přisuneš 6 dílků = 0,30 mm.
Výsledek	Naměříš 14,01 mm. Rozměr je v toleranci. Horní plocha je teď Z0.

Op. 30: schod hloubky 6 mm

1. Upni stopkovou frézu Ø16. Nastav 355 ot/min a posuv 56 mm/min.
2. Nastav nulu: Z0 na horní ploše, X0 na levém boku podle kapitoly 6.
3. Bok schodu je na X 30. Střed frézy Ø16 bude u boku na X 30 − 8 = 22. Hrubě jeď na X 21,7, aby na boku zůstal přídavek 0,3 mm.
4. Schod je široký 30 mm a fréza 16 mm. Na každou vrstvu jsou proto potřeba dva průchody přes celou šířku 50 mm: jeden u boku a jeden u kraje.
5. Hloubku ber po vrstvách, například 2 + 2 + 1,7 mm, a nech 0,3 mm na dně. Kolik brát, potvrdí UOV.
6. Nakonec dober dno na hloubku 6 a bok na X 30 tenkým průchodem. Najížděj ze stejné strany jako při hrubování.
7. Změř hloubku schodu hloubkoměrem a polohu boku posuvným měřítkem.

> **POZOR**
> Když jedeš podél boku schodu v ose Y a materiál je vpravo od frézy, stůl musí jet od tebe. Zuby frézy jdou na straně boku směrem k tobě, takže obrobek jede proti nim. To je nesousledné frézování. Ověř si směr ještě před dotykem.

Op. 40: drážka 10 × 8 mm

1. Upni drážkovací frézu Ø10, která řeže středem. Nastav 500 ot/min a posuv 40 mm/min.
2. Najeď na X 45 a Y 25. Na X 45 najížděj zleva, na Y 25 zepředu. Zaaretuj osu Y.
3. Zanoř se o 2 mm a jeď v ose X do X 75. Fréza Ø10 tím vytvoří drážku od X 40 do X 80.
4. Vyjeď nahoru, vrať se za X 45, o kus dál než o vůli, a na X 45 najeď znovu zleva.

5. Opakuj, až je hloubka 8 mm. To jsou čtyři průchody po 2 mm.
6. Po prvním průchodu změř šířku drážky. Když je širší než 10,1 mm, fréza háže. Zastav a řekni to UOV.

Op. 50: odjehlení a kontrola

Všechny ostré hrany odjehli pilníkem nebo srážečem, když je obrobek vyjmutý ze svěráku. Potom změř všechno, co je na výkrese, a zapiš si to.

Rozměr	Výkres	Čím	Naměřeno
Výška	14 ±0,1	mikrometr	
Hloubka schodu	6 ±0,1	hloubkoměr	
Poloha boku schodu	30 ±0,1	posuvné měřítko	
Šířka drážky	10 ±0,1	posuvné měřítko, vnitřní čelisti	
Hloubka drážky	8 ±0,1	hloubkoměr	
Poloha drážky	X 40 až 80, osa Y 25	posuvné měřítko	

CO SI ZAPAMATOVAT

- Nejdřív výška: dvě plochy čelní frézou, mezi nimi měření.
- Z0 je horní plocha. Nulu X dej na levý bok, podle výkresu.
- Schod po vrstvách s přídavkem 0,3 mm, bok nesousledně.
- Drážka frézou, která řeže středem, čtyřikrát po 2 mm, najíždět ze stejné strany.
- Na konci odjehlit a změřit všechno, co je na výkrese.

12

OVĚŘENÍ ZNALOSTÍ A ZÁVĚR

Kontrolní otázky a test

Kontrolní otázky a test s dvaceti pěti otázkami. Řešení je v další kapitole.

Nejdřív odpověz na otázky vlastními slovy, pak udělej test. Řešení je v kapitole 13. Počítej se 3,14 a s modelovými řadami z kapitoly 5.

Kontrolní otázky

1. Co se při frézování točí a co se posouvá?
2. Proč se u točící se frézy nesmí nosit rukavice?
3. Stupnice má dílek 0,05 mm a 5 mm na otáčku. Kolik otáček a dílků je posun 13,45 mm?
4. Co je vůle ve šroubu a jak se s ní pracuje?
5. Proč se na klasické frézce frézuje nesousledně?
6. Jak poznáš nesousledné frézování u stroje?
7. K čemu je váleček mezi pohyblivou čelistí a obrobkem?
8. Jak hluboko má být stopka zasunutá v kleštině?
9. Spočítej otáčky pro frézu z HSS Ø20 a vyber stupeň z modelové řady.
10. Fréza Ø20 má 4 zuby, fz = 0,05 mm a nastavených 250 ot/min. Jaký je posuv stolu a stupeň?
11. Jaké je pořadí ploch při frézování kvádru?
12. Kterou frézou se smíš zanořit svisle do plného materiálu?
13. Po hrubém průchodu naměříš 20,27 mm, chceš 20,00. Kolik dílků přisuneš při dílku 0,05 mm?
14. Co uděláš, když se fréza zlomí?

Test

U každé otázky je správná jedna odpověď.

1. **Při frézování koná hlavní pohyb:**
   a) obrobek
   b) fréza
   c) konzola

2. **Rukavice u frézky:**
   a) nosíš vždy kvůli třískám
   b) nikdy k točící se fréze
   c) jen při hrubování

3. **Osa Z na konzolové frézce je:**
   a) stůl doleva a doprava
   b) stůl k tobě a od tebe
   c) konzola nahoru a dolů

4. **Převodovku otáček přepínáš:**
   a) za chodu, je to rychlejší
   b) jen když vřeteno stojí
   c) při zapnutém posuvu

5. **Stupnice 0,05 mm na dílek. 1,25 mm je:**
   a) 25 dílků
   b) 12,5 dílku
   c) 125 dílků

6. **Na rozměr najíždíš:**
   a) vždy ze stejné strany
   b) z kterékoli strany
   c) rychloposuvem

7. **Na klasické frézce s vůlí frézuješ:**
   a) sousledně
   b) nesousledně
   c) je to jedno

8. **Při sousledném frézování na stroji s vůlí:**
   a) fréza může stůl popotáhnout
   b) je povrch vždy horší
   c) nic se nestane

9. Nepoužívanou osu při frézování:
a) necháš volnou
b) zaaretuješ
c) točíš s ní

10. Stopka frézy v kleštině má být zasunutá aspoň:
a) na 1/4 délky
b) na 2/3 délky
c) jen pár milimetrů

11. Obrobek ve svěráku má nad čelisti vyčnívat:
a) víc, než je hloubka řezu
b) přesně tolik jako čelisti
c) vůbec

12. Otáčky frézy z HSS Ø10 při vc = 20 m/min jsou:
a) 637 ot/min
b) 2 548 ot/min
c) 64 ot/min

13. Na stroji volíš stupeň otáček:
a) nejbližší vyšší
b) nejbližší nižší
c) nejvyšší

14. Posuv stolu se počítá:
a) vf = fz · z · n
b) vf = n / z
c) vf = vc · d

15. Karbidová fréza má proti HSS při stejném průměru otáčky:
a) čtyřikrát vyšší
b) stejné
c) poloviční

16. Papírek k nalezení plochy:
a) jen u stojícího vřetena
b) u točící se frézy
c) nikdy, je zakázaný

17. Hledač hran se podle výrobce Paulimot točí:
a) 500 až 600 ot/min
b) 2 000 ot/min
c) nesmí se točit

18. Fréza Ø16 se dotýká boku. Její střed je od hrany:
a) 16 mm
b) 8 mm
c) 0 mm

19. Zanořit se svisle do plného materiálu smí:
a) každá fréza
b) jen fréza, která řeže středem
c) jen čelní fréza

20. Rychloposuv používáš:
a) až k obrobku
b) jen ve volném prostoru
c) na hrubování

21. Vřeteno zapínáš, když:
a) je fréza opřená o obrobek
b) je fréza mimo obrobek
c) je zapnutý posuv

22. Třísky odstraňuješ:
a) rukou za chodu
b) stlačeným vzduchem
c) štětcem, když vřeteno stojí

23. Klíč od kleštinové matice po utažení:
a) necháš nasazený
b) hned odložíš mimo stůl
c) položíš na stůl frézky

24. Plocha není rovnoběžná. Nejčastější příčina je:
a) tříska pod obrobkem
b) vysoké otáčky
c) barva obrobku

25. Drážka je širší než fréza. Příčina je nejspíš:
a) fréza háže
b) malý posuv
c) chladicí kapalina

13

OVĚŘENÍ ZNALOSTÍ A ZÁVĚR

Řešení

Odpovědi na kontrolní otázky, správné odpovědi v testu a kontrolní seznam k frézce.

U otázek stačí, když odpovíš stejný smysl vlastními slovy. Rozhoduje vždy návod tvé frézky a pokyn UOV.

Č.	Odpověď
1	Točí se fréza. Obrobek se posouvá se stolem.
2	Fréza rukavici zachytí a vtáhne s ní ruku. Rukavice jsou jen k manipulaci s materiálem, když stroj stojí.
3	2 celé otáčky = 10 mm, zbytek 3,45 mm = 69 dílků.
4	Mezera mezi šroubem a maticí. Po změně směru se kolo nejdřív točí naprázdno. Na rozměr se proto najíždí vždy ze stejné strany.
5	Stůl má vůli ve šroubu. Při sousledném frézování by fréza stůl popotáhla o vůli a obrobek by skočil do frézy.
6	Obrobek jede proti zubům frézy v místě, kde se dotýkají obrobku.
7	Přitlačí hotovou plochu celou k pevné čelisti. Bez něj se obrobek o nerovnou protější stranu naklopí.
8	Nejméně na 2/3 délky otvoru kleštiny, nejlépe po celé délce.
9	n = 20 000 / (3,14 · 20) = 20 000 / 62,8 = 318,47 → 318 ot/min. Nejbližší nižší stupeň 250 ot/min.
10	vf = 0,05 · 4 · 250 = 50 mm/min, nejbližší nižší stupeň 40 mm/min.
11	A, potom B s plochou A u pevné čelisti a válečkem, C s plochou B dole, D s plochou A dole a B u pevné čelisti, nakonec konce.
12	Jen frézou, která řeže středem, například drážkovací. Jinak do předvrtané díry.
13	0,27 mm je 5,4 dílku, přisuneš 5 dílků = 0,25 mm. Vyjde 20,02 mm.
14	Zastavím stroj, nechám brýle na očích, úlomky vyberu háčkem nebo štětcem a zjistím příčinu. Zaklíněný kus řeší UOV.

Správné odpovědi v testu

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
b	b	c	b	a	a	b	a	b	b	a	a	b

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
a	a	a	a	b	b	b	b	c	b	a	a

Kontrolní seznam k frézce

Shrnutí celé příručky do jednoho seznamu. Projdi ho pokaždé, než začneš frézovat.

1. Mám svolení UOV a vím, jak se s touto frézkou pracuje.
2. Mám brýle, přiléhavý oděv, svázané vlasy, žádné šperky a žádné rukavice.
3. Svěrák je ustavený a utažený, obrobek leží na podložkách a vyčnívá nad čelisti.
4. Fréza je čistá, zasunutá v kleštině, utažená a klíč je odložený mimo stůl.
5. Otáčky a posuv mám spočítané, stupně nastavené při stojícím vřetenu.
6. Směr otáčení je správný, fréza se při zapnutí nedotýká obrobku.
7. Frézuji nesousledně, nepoužívané osy jsou zaaretované, dorazy posuvu nastavené.
8. Na rozměr najíždím ze stejné strany. Měřím a čistím jen při stojícím vřetenu.
9. Po práci vypnu, počkám na zastavení, uklidím štětcem a nahlásím, co nebylo v pořádku.

> **TIP**
> Chyba u přípravy? Kapitola 2. U ovládání kapitola 3, u upnutí kapitola 4, u výpočtů kapitola 5, u nuly kapitola 6, u operací kapitola 7 a u měření kapitola 8.

14

OVĚŘENÍ ZNALOSTÍ A ZÁVĚR

Slovníček a zdroje

Vysvětlení pojmů, použité zdroje a vlastníci obrázků.

Slovníček

Pojem	Vysvětlení	Pojem	Vysvětlení
Aretace	zajištění osy proti pohybu	**Pinola**	výsuvná část vřetena
Čelní fréza	fréza velkého průměru na roviny	**Podložky**	rovnoběžné kostky pod obrobkem
Dělicí přístroj	dělí obvod obrobku na stejné díly	**Posuv na zub**	posun obrobku na jeden zub, fz
Doraz	vypne samočinný posuv v nastavené poloze	**Přídavek**	materiál ponechaný na dokončení
Drážkovací fréza	stopková fréza, která řeže středem	**Rychloposuv**	rychlý přesun stolu mimo řez
Fréza	nástroj s více zuby, který se otáčí	**Slinutý karbid**	tvrdý řezný materiál, tvrdokov
Frézovací trn	hřídel pro frézy na vodorovné frézce	**Sousledné**	obrobek jede se zuby frézy
Hledač hran	pomůcka k přesnému najetí na hranu	**Stupnice**	dílky na ručním kole
Házení	fréza se neotáčí přesně kolem osy	**Táhlo**	šroub, který drží držák ve vřetenu
HSS	rychlořezná ocel	**Úchylkoměr**	ukazuje malé odchylky polohy
Kleština	rozříznuté pouzdro, které svírá stopku	**UOV**	učitel odborného výcviku
Konzola	část, která nese stůl a jezdí nahoru a dolů	**Váleček**	kulatina u pohyblivé čelisti
Nesousledné	obrobek jede proti zubům frézy	**Vůle**	mezera mezi šroubem a maticí
Nonius	v dílně stupnice na ručním kole	**Vyložení**	délka nástroje mimo upnutí
Osazení	schod na kraji obrobku	**Záběr**	hloubka ap a šířka ae řezu

Zdroje

- Optimum Maschinen Germany, Fräsmaschine MH50G a MH50V, návod k obsluze, verze 1.0.1 z 10. 8. 2017. Rukavice při frézování, vypnout před měřením, převodový stupeň jen v klidu, nesousledné frézování bez kuličkových šroubů, stupnice 3 mm na otáčku a dílek 0,05 mm. https://www.machinery4wood.co.uk/extraimages/optimum_mh50g_mh50v_milling_manual.pdf
- Optimum Maschinen Germany, Bohr-Fräsmaschine MT50E, návod k obsluze, verze 1.0.2 z 12. 4. 2021. Upínací páky před posuvem povolit, koncový spínač a nastavitelné dorazy, tlačítko rychloposuvu, směr posuvu měnit až po zastavení, převodovka v klidu. https://www.machinery4wood.co.uk/extraimages/optimum_mt50e_drilling_milling_manual.pdf
- SA Trade s. r. o., Univerzální frézka FP-25, návod k obsluze, 10/2013. Štítky „Nepracujte na stroji v rukavicích!“ a „Neměňte otáčky dokud se vřeteno nedotočí!“, nonius, vůle, aretace. https://www.svarecky-obchod.cz/dokumenty/FP-25.pdf
- Hardinge, Bridgeport Series I Standard Milling Machine, návod M-450, revize 2005. Bezpečnostní pravidla, zámek pinoly, táhlo a brzda vřetena, samočinný posuv odpojit, nezapínat s frézou na obrobku. https://web.mae.ufl.edu/designlab/TA/Manuals/Bridgeport%20Milling%20Machine%20Manual.pdf
- University of Michigan, LSA Instrument Shop, Milling Machine Safety. Měření za chodu, nástroje na stole, manipulace s frézou, třísky. https://prod.lsa.umich.edu/instrumentshop/student-shop/shop-safety/milling-machine-safety.html
- REGO-FIX, ER System, katalog. Stopka nejméně na 2/3 délky otvoru kleštiny, nejlépe po celé délce. https://www.productivity.com/wp-content/uploads/2020/04/Rego-Fix-_ER_System-3-25-20-Interactive.pdf
- Paulimot, Edge finders used correctly. Hledač hran 500 až 600 ot/min, odečtení poloměru dotyku. https://www.paulimot.de/en-gb/this-is-how-it-works/guidebook/milling/edge-finders-used-correctly/
- Travers Tool, How to tram a vise on your milling machine. Postup ustavení svěráku úchylkoměrem a paličkou. https://solutions.travers.com/how-to-tram-a-vise-on-your-milling-machine
- Wenatchee Valley College, Introduction to Machining, kapitola 9.11 Block Squaring. Pořadí ploch kvádru a váleček u pohyblivé čelisti. https://workforce.libretexts.org/Sandboxes/a072766d-16cb-4dbc-9dd2-2f3c784c59e6/Introduction_to_Machining/09%3A_Manual_Vertical_Milling_Machines/9.11%3A_Block_Squaring
- Nařízení vlády č. 378/2001 Sb., o bezpečném provozu a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a nářadí. § 3 odst. 2: seřizování, údržba a čištění při odpojení od energie, § 3 odst. 4: ochranná zařízení nesmí být snadno odnímatelná. https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-378
- Vlastní školní materiály: Teorie k odbornému výcviku pro 1. a 2. ročník, CNC frézka, Řezné otáčky, Upínání obrobků, Nástroje a břitové destičky, Měření a měřidla, Závady a zmetky. Vzorec se 3,14, výchozí 20 a 80 m/min, zaokrouhlování, pořadí ploch kvádru, sousledné a nesousledné frézování, dělicí hlava, chyby při frézování.
- Výkres upínky č. 1 ze školní sady upínek: Ondřej Michl, SOŠ FM.
- Skutečné obrázky mají vlastníka uvedeného pod obrázkem a v tabulce níže. Schémata bez uvedeného vlastníka jsou vlastní zpracování.

Kde	Vlastník a zdroj obrázku
Obálka	Dan Bollinger, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bridgeport_knee_mill_restored.jpg
Obálka	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillingCutterSlotEndMillBallnose.jpg

Kde	Vlastník a zdroj obrázku
Obr. 1.2 vlevo	Dan Bollinger, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bridgeport_knee_mill_restored.jpg
Obr. 1.2 vpravo	Work With Sounds, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Horizontal_milling_machine.JPG
Obr. 1.4 vlevo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillingCutterSlotEndMillBallnose.jpg
Obr. 1.4 vpravo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillingCutterCarbideTippedFaceMill-INT40.jpg
Obr. 1.5	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillSideAndFaceCutter.jpg
Obr. 2.1	Jacek Halicki, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2023_Okulary_ochronne_(1).jpg
Obr. 2.2	značky podle ISO 7010, Wikimedia Commons, volné dílo (public domain), například https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ISO_7010_M004.svg
Obr. 3.2	Cjp24, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Emergency_stop_button.jpg
Obr. 4.1	Germ Halter, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maschinenschraubstock_DDR_Ansicht_von_oben.jpg
Obr. 4.6	Aweber4418, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ER_Collet.jpg
Obr. 6.2	Robert Hewitt, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edge_Finder_2.png
Obr. 7.6	Cal.on, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zahlubnik.jpg
Obr. 7.8 vlevo	Dirk Gräfe, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Teilapparat_Bezeichnungen.jpg
Obr. 7.8 vpravo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IndexingHead-Tailstock.jpg
Obr. 7.9	David English, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rotary_Table_in_Use.jpg
Obr. 8.1 vlevo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MicrometerDepth916947.jpg
Obr. 8.1 vpravo	Jacek Halicki, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2020_Suwmiarka_cyfrowa.jpg
Obr. 9.4	Leigh Blackall from Dunedin, New Zealand, Wikimedia Commons, licence CC BY 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:First_aid_kit_on_wall.jpg

Tahák na jednu stránku

Co	Pravidlo
Otáčky	n = vc · 1000 / (3,14 · d), d je průměr frézy. HSS 20 m/min, karbid 80 m/min.
Stupeň na stroji	nejbližší nižší stupeň otáček i posuvu, vyšší jen s UOV
Posuv stolu	vf = fz · z · n, dosazuješ nastavené otáčky
Stupnice	posun = celé otáčky + dílky, například 12,35 mm = 2 otáčky a 47 dílků na modelové stupnici 5 mm a 0,05 mm
Vůle	na rozměr, nulu i díry najížděj vždy ze stejné strany
Směr frézování	nesousledně: obrobek jede proti zubům frézy
Nula	při dotyku boku je střed frézy o poloměr od hrany
Rozměr	hrubě, změřit při stojícím vřetenu, načisto po celých dílcích k menšímu úběru
Rukavice	u točící se frézy nikdy, jen k materiálu při stojícím stroji
Klíč	po utažení matice nebo táhla hned pryč, mimo stůl
Aretace	nepoužívané osy zaaretovat, osu před posuvem odaretovat
Rychloposuv	jen ve volném prostoru, před obrobkem zastavit
Třísky	štětcem nebo háčkem, jen když vřeteno stojí

PAMATUJ

Situace v kapitole 9 jsou modelové a slouží k výuce. Modelové řady otáček a posuvů a stupnice se 100 dílky po 0,05 mm jsou jen příklad pro počítání. Na stroji platí štítek a návod školní frézky. Tento materiál nenahrazuje školení, návod ke stroji ani pokyny UOV. Obrázky patří svým vlastníkům a jsou použité podle licencí uvedených u každého z nich.