VŠEOBECNÉ INFORMACE

CNC frézka

Stavba stroje, souřadnice, nástroje, upínání, řezné podmínky, měření, údržba a hlavně bezpečnost.





Fotografie: vlevo Glenn McKechnie, CC BY-SA 2.0; vpravo TurnOnTheNight, CC BY-SA 4.0; obě Wikimedia Commons, adresy v kapitole Zdroje

Učební materiál pro žáky oboru. Obsahuje postupy, řešené příklady, kontrolní seznamy, cvičení a test s řešením. Konkrétním řídicím systémům se věnují samostatné manuály.

Odborný výcvik
Obráběč kovů se zaměřením na obsluhu CNC strojů

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

Obsah

ÚVOD A BEZPEČNOST

1	Co je CNC frézka	3
2	Podmínky pro práci a bezpečnost	6
3	Kolize, nehoda a první pomoc	12

STROJ A SOUŘADNICE

4	Stavba CNC frézky	16
5	Souřadnice a nulové body	21

NÁSTROJE A ŘEZNÉ PODMÍNKY

6	Nástroje	25
7	Upínání obrobku	30
8	Řezné podmínky	33
9	Tříska, chlazení a opotřebení	38

OD VÝKRESU K DÍLU

10	Od výkresu k hotovému dílu	41
11	Základy NC programu	43
12	Měření a kvalita	46

PROVOZ A OVĚŘENÍ ZNALOSTÍ

13	Údržba, emulze a pořádek	50
14	Časté problémy a jejich příčiny	53
15	Cvičení a test	54
16	Slovníček a zdroje	57

JAK SE S MANUÁLEM UČIT

1. Začni kapitolou 1 a bezpečností v kapitolách 2 a 3. Bez nich ke stroji nechoď.
2. Kapitoly o stavbě, souřadnicích a nástrojích si projdi se strojem před sebou. Ukaž si na něm každou část.
3. Řezné podmínky si procvič výpočty a porovnej je s tím, co doporučí UOV.
4. Na konci si ověř znalosti cvičeními a testem. Řešení je až za nimi, zkus je nejdřív bez něj.

Příručka platí obecně pro CNC frézky a nepopisuje žádné konkrétní řízení. Stroj se může lišit výbavou a nastavením. Když se chová jinak, než je tady napsáno, platí návod ke stroji a pokyn UOV.

1

ÚVOD A BEZPEČNOST

1 Co je CNC frézka

Co CNC frézka umí, čím se liší od klasického stroje a od soustruhu a co na ní vzniká.

Při frézování se točí nástroj a obrobek je upnutý na stole. Na soustruhu je to obráceně. Fréza má více břitů a odebírá materiál, zatímco se pohybuje po dráze. Tak vznikají plochy, obrysy, kapsy, drážky a díry. Zkratka **CNC** znamená Computer Numerical Control, tedy číslicové řízení počítačem.

Na klasické frézce točí kolečky obsluha. Na CNC frézce se pohyby os řídí programem, takže stroj zvládne i obrysy a plochy, které by ručně šly těžko nebo vůbec. Obsluha stroj připraví, zkontroluje a hlídá.



Obr. 1.1 Svislé obráběcí centrum s uzavřeným pracovním prostorem (vlevo). Pětiosé obráběcí centrum (vpravo). *Vlastník obrázku: vlevo Mike Zielinski, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kent_USA_MACHINING_CENTER_KVR-4020A.jpg; vpravo TurnOnTheNight, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SMTCL_VMC0656e_5-axis_machining_center_20260331123404.jpg*

Klasická a CNC frézka vedle sebe

	Klasická frézka	CNC frézka
Pohyb os	kolečka nebo samočinný posuv	motory podle programu
Kontrola rozměru	stupnice, odměřování, zkušenost	souřadnice na displeji, korekce nástroje
Kruhová dráha	otočný stůl nebo dělicí přístroj	osy jedou současně
Výměna nástroje	ručně	často ze zásobníku samočinně
Opakovatelnost	závisí na člověku	stejný program dává stejný pohyb

	Klasická frézka	CNC frézka
Co musí obsluha umět	ruční zručnost, cit pro řez	výkres, technologie, program, seřízení

PAMATUJ

CNC stroj nepřemýšlí. Provede přesně to, co je v programu, včetně chyby. Dobrý CNC obráběč proto musí rozumět řezání stejně jako obráběč na klasickém stroji.

PAMATUJ

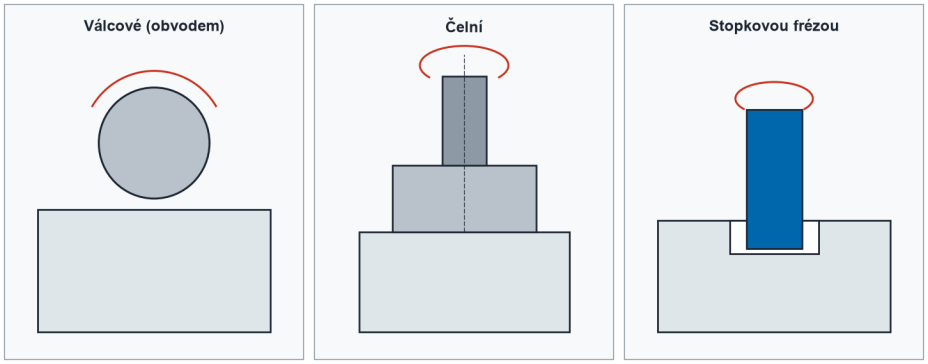
Na CNC strojích se používají řídicí systémy různých výrobců, například Siemens Sinumerik, Heidenhain nebo ProtoTRAK. Tato příručka se jimi nezabývá. Obsluhu a programování každého z nich popisují samostatné manuály.

Frézka a soustruh vedle sebe

Kdo už zná soustruh, má základy společné. Rozdíly ukazuje tabulka.

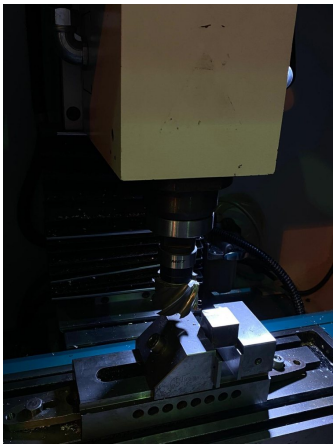
	Soustruh	Frézka
Co se točí	obrobek	nástroj
Upnutí obrobku	sklíčidlo, kleština, hroty	svěrák, upínky, přípravek
Hlavní osy	X a Z	X, Y a Z
Typické tvary	válce, kužely, závity	plochy, obrysy, kapsy, drážky, díry
X v programu	průměr	skutečná souřadnice
Korekce	poloha a rádius špičky	délka nástroje a poloměr frézy

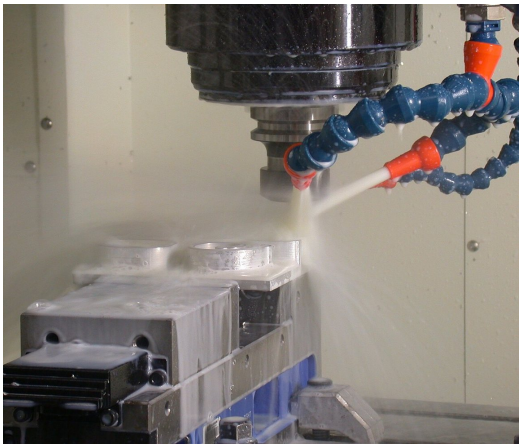
Co se na frézce vyrábí



Obr. 1.2 Základní způsoby frézování: válcové, čelní a stopkovou frézou.

Na frézce vznikají hlavně hranaté a tvarové díly: desky, příruby, kryty, formy, držáky a díly s kapsami a děrami. Na stejném stroji se může na jedno upnutí frézovat, vrtat i řezat závit.





Obr. 1.3 Obrobek ve svěráku na frézce, fotografie z galerie oboru na webu školy (vlevo). Obrábění s chlazením na obráběcím centru (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Střední odborná škola - Frýdek-Místek, web sosfm.cz, stránka oboru Obráběč kovů se zaměřením na obsluhu CNC strojů, galerie; vpravo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Makino-S33-MachiningCenter-example.jpg

Výhody a omezení CNC

Výhody	Na co si dát pozor
Stejná kvalita u každého kusu	Drahý stroj a nástroje, kolize je drahá
Složité tvary a přesné rozmístění děr	Příprava a seřízení zaberou čas, u jednoho kusu i déle než samotný řez
Více operací na jedno upnutí	Chybu v programu zopakuje stroj u každého kusu
Méně fyzické námahy, jeden člověk zvládne víc	Obsluha musí být pozorná, i když stroj běží sám

CO SI ZAPAMATOVAT

- Nástroj se točí, obrobek je upnutý a pohybuje se vůči němu.
- CNC znamená číslicové řízení počítačem. Pohyby dělají motory podle programu.
- Stroj provede i chybu, proto musí obsluha rozumět řezání.
- Řídicích systémů je víc, jejich obsluhu popisují samostatné manuály.

2

ÚVOD A BEZPEČNOST

Podmínky pro práci a bezpečnost

Kdo smí ke stroji, oděv a pomůcky, hlavní rizika, značky, kryty a kontrola před spuštěním.

CNC stroj je rychlý, silný a nezastaví se proto, že se ti něco nelíbí. Rychloposuv ujede za sekundu i desítky centimetrů, takže na reakci není čas. Bezpečnost proto stojí na přípravě: na tom, kdo ke stroji smí, co má na sobě, v jakém stavu stroj je a co se děje před stiskem startu.

Kdo smí ke stroji

K CNC frézce smí jen žák, který splňuje všechny body v tabulce. Stačí, že jeden chybí, a práce se nezačíná. UOV v celém textu znamená učitele odborného výcviku.

Podmínka	Co to znamená v praxi
Školení	Máš školení BOZP a PO, znáš provozní řád dílny a jsi seznámený přímo s tímto strojem.

Podmínka	Co to znamená v praxi
Svolení a dohled	Stroj zapínáš jen s vědomím UOV a podle jeho pokynů. Práci, kterou jsi ještě nedělal, si necháš nejdřív ukázat.
Znalost stroje	Víš, kde je nouzové zastavení a hlavní vypínač, jak se stroj zastaví a jak se otevírá pracovní prostor.
Dobrý zdravotní stav	Jsi odpočatý a soustředěný. Únavu, nevolnost nebo léky, které ovlivňují pozornost, nahlásíš UOV.
Bez návykových látek	Alkohol a jiné návykové látky do dílny nepatří. Platí to i pro zbytkový alkohol z předchozího večera.
Pozornost	Mobil a sluchátka zůstávají mimo stroj. U běžícího programu se nebavíš a neodcházíš.
Výstroj	Máš předepsaný pracovní oděv, obuv a ochranné pomůcky. Bez nich se ke stroji nesmí.

Předpisy, ze kterých pravidla vycházejí

Pravidla v dílně nejsou nápad jednoho učitele. Opírají se o zákony, nařízení, normy a návod výrobce. Nemusíš je znát zpaměti, ale je dobré vědět, že existují. Závazné znění hledej ve Sbírce zákonů.

Předpis	O čem je
Zákon č. 561/2004 Sb., § 29	školský zákon: škola zajišťuje bezpečnost a ochranu zdraví žáků a seznamuje je s pravidly
Zákon č. 262/2006 Sb., část pátá	zákoník práce: bezpečnost a ochrana zdraví při práci
Zákon č. 309/2006 Sb.	další požadavky na bezpečnost a ochranu zdraví při práci
Nařízení vlády č. 378/2001 Sb.	bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a nářadí
Nařízení vlády č. 390/2021 Sb.	poskytování osobních ochranných pracovních prostředků
ISO 16090-1	bezpečnost obráběcích strojů, obráběcí centra a frézky
Návod výrobce a provozní řád	platí pro konkrétní stroj a dílnu, proto je musíš znát nejdříve

Pracovní oděv a ochranné pomůcky

Oděv má přiléhat, aby ho rotující část nemohla zachytit. Pomůcky chrání před tím, co stroj vyhazuje: třískami, emulzí a hlukem.



Obr. 2.1 Ochranné brýle (vlevo) a pracovní obuv s ochrannou špičkou (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Jacek Halicki, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2023_Okulary_ochronne_(1).jpg; vpravo Francis Flinch, Wikimedia Commons, licence CC BY 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:S3_safety_footwear.jpg

Pomůcka	Proč a kdy
Přiléhavý pracovní oděv	Rukávy zapnuté nebo vyhrnuté těsně k ruce, bez volných šňůrek a cípů.
Ochranné brýle	Při práci u stroje, měření na stroji, čištění a vždy, když jsou dveře otevřené a něco se hýbe. Tříska v oku je častý úraz.
Pracovní obuv	Uzavřená, s pevnou podrážkou a ochrannou špičkou. Kryje před pádem polotovaru a před ostrými třískami na podlaze.
Chrániče sluchu	Podle značení pracoviště a pokynu UOV.
Rukavice	Jen k manipulaci se stojícím materiálem, nástroji a třískami. K běžícímu stroji nikdy.
Ochranný krém	Před prací s emulzí a po ní, pokud je předepsaný. Chrání kůži před podrážděním.

POZOR
Rukavice, prsten, řetízek, hodinky, volný rukáv nebo rozpuštěné vlasy zachytí rotující část během zlomku sekundy a vtáhnou ruku nebo hlavu dovnitř. Dlouhé vlasy si pevně svaž a schovej pod čepici, šperky si sundej ještě před příchodem ke stroji.

Hlavní rizika a jak jim předejít

Riziko	Jak vzniká	Jak mu předejít
Zachycení rotujícím nástrojem	Fréza zachytí oděv, vlasy, rukavici nebo hadr.	Přiléhavý oděv, žádné rukavice, ruce mimo prostor při otáčení.

Riziko	Jak vzniká	Jak mu předejít
Řezné rány	Břity frézy a čerstvě obrobené hrany jsou velmi ostré i na stojícím stroji.	Frézu ber do hadru nebo rukavice jen při stojícím vřetenu, hrany srážej.
Zlomení nástroje	Velký záběr, dlouhé vyložení, tupý nástroj, zanoření nevhodnou frézou.	Správné podmínky, krátké vyložení, zavřené dveře a brýle.
Uvolnění obrobku	Slabě utažený svěrák, špatně položené upínky, vysoký díl s malou upínací plochou.	Kontrola upnutí před startem, podložky, dostatečná plocha v čelistech.
Klíč a nářadí na stole	Zapomenutý klíč na stole se dostane pod frézu nebo vyletí.	Po upnutí uklidit všechno ze stolu a znovu se podívat.
Třísky	Horké a ostré třísky létají daleko, u hliníku i po celém prostoru.	Třísky odstraňuj jen po zastavení, štětcem nebo háčkem, nikdy holou rukou.
Kolize	Chyba v programu, délkové korekci nebo nule, náraz do svěráku či upínky.	Simulace, první kus po blocích, snížený override, ruka u zastavení.
Stlačení a přiskřípnutí	Stůl, vřeteník nebo zásobník nástrojů se pohnou, když máš ruku v prostoru.	Do prostoru sahej jen při stojícím stroji a s jistotou, že se nic nespustí.
Emulze a olej	Podráždění kůže, uklouznutí, zápach ze staré emulze.	Ochrana kůže, mytí rukou, uklizená podlaha, včasná výměna náplně.
Hluk	Dlouhodobý hluk a hlasitý řez poškozují sluch.	Chrániče podle značení, zavřené dveře.
Těžká břemena	Svěrák nebo těžký polotovar při ručním zvedání spadne nebo poškodí záda.	Zvedej ve dvou nebo s pomůckou podle pokynu UOV.
Elektřina	Zásah proudem při poškození nebo zásahu do rozvaděče.	Rozvaděč neotvírej, poškozený kabel nahlas. Opravy jen odborník.

Bezpečnostní značky

Značky na stroji a v dílně mají jednotný vzhled podle tvaru a barvy: modrý kruh přikazuje, červený kruh zakazuje, žlutý trojúhelník varuje a zelený obdélník ukazuje záchranu. Červený čtverec označuje požární výbavu.



Obr. 2.2 Značky, se kterými se v dílně běžně setkáš. Které přesně platí na tvém pracovišti, určuje jeho značení. *Vlastník obrázku: značky podle ISO 7010, Wikimedia Commons, volné dílo (public domain), například https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ISO_7010_M004.svg*

> **POZOR**
> Značky pro rukavice si neodporují. Rukavice s příkazem M009 jsou pro manipulaci s materiálem a nástroji. Zákaz P028 platí u všeho, co se točí.

Kryty, dveře a blokování

Dveře a kryty pracovního prostoru zachytí třísky, emulzi a při nehodě i uvolněný obrobek nebo nástroj. Blokování nedovolí, aby se program v automatickém provozu spustil s otevřenými dveřmi.

- Program spouštěj jen se zavřenými dveřmi. Průhledným oknem sleduješ, co se děje.
- Blokování nikdy neobcházej a neupravuj. Ani na chvíli a ani proto, abys lépe viděl.
- Režim seřizování s otevřenými dveřmi a omezenou rychlostí je jen pro osobu, která k tomu má svolení a školení.
- Prasklé nebo silně poškrábané okno, poškozené těsnění dveří nebo nefunkční spínač dveří hned nahlas UOV.
- Než sáhneš dovnitř, musí se vřeteno úplně zastavit. Doběh trvá několik sekund, i když program skončil.

Prvky, které musíš najít poslepu

Než se poprvé dotkneš tlačítka start, ukaž si na stroji tyto prvky. Při problému na hledání nebude čas.

- **Nouzové zastavení:** zastaví stroj při nebezpečí. Po uvolnění je potřeba stroj obnovit podle postupu.
- **Hlavní vypínač:** odpojí stroj od sítě.
- **Zastavení posuvu:** zastaví pohyb os, vřeteno se ale obvykle točí dál. Program lze znovu spustit.
- **Override:** procentně mění rychlost posuvu.
- **Blok po bloku:** program jede po jednom řádku.



Obr. 2.3 Nouzové zastavení na ovládacím panelu: červené hřibové tlačítko na žlutém podkladu.
Vlastník obrázku: Cjp24, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Emergency_stop_button.jpg

Kontrola před spuštěním

1. Stůl je čistý a nezůstalo na něm nářadí, měřidlo, klíč ani hadr.
2. Obrobek pevně leží na podložkách a svěrák nebo upínky jsou dotažené.
3. Fréza je pevně v držáku, s co nejkratším vyložením a správným směrem otáčení.
4. Délka a průměr nástroje v tabulce odpovídají skutečnosti.
5. Nulový bod obrobku je ověřený a bezpečná výška je nad svěrákem, upínkami a šrouby.
6. Program prošel simulací a víš, co udělá první pohyb.
7. Chlazení je namířené na místo řezu a v nádrži je dost emulze.
8. Dveře jsou zavřené a override je stažený na nízkou hodnotu.

> **TIP**
> Seznam si projdi pokaždé, i když jsi od stroje odešel jen na chvíli nebo ho seřizoval někdo jiný. Nejčastější chyby vznikají z jistoty, že se od minula nic nezměnilo.

Během běhu a po skončení

Během běhu programu	Po skončení práce
Stůj u stroje, ruku měj u zastavení a první kus sleduj celý.	Počkej, až se vřeteno zastaví, a teprve potom otevři dveře.
Obrobek neměř a nečisti za chodu. Zastav, počkej na doběh, teprve potom.	Sundej obrobek, ulož nástroje a měřidla na jejich místo.
Při nezvyklém zvuku, kouři nebo jiném pohybu, než čekáš, zastav a zavolej UOV.	Odstraň třísky, očisti stroj a ukliď okolí podle pokynů.
Stroj nenechávej běžet bez dozoru ani na chvíli.	Stroj vypni podle postupu a nahlas všechny závady.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Ke stroji jen se školením, svolením UOV, ve výstroji a v dobrém stavu.
- U rotujících částí žádné rukavice, šperky, volný oděv ani rozpuštěné vlasy.
- Program se spouští jen se zavřenými dveřmi, blokování se nikdy neobchází.
- Než sáhneš dovnitř, vřeteno musí stát.
- Před startem projdi celý kontrolní seznam.
- Když si nejsi jistý, zeptej se UOV ještě před spuštěním.

3

ÚVOD A BEZPEČNOST

Kolize, nehoda a první pomoc

Kdy stroj zastavit, co dělat po kolizi a výpadku proudu, první pomoc a požár.

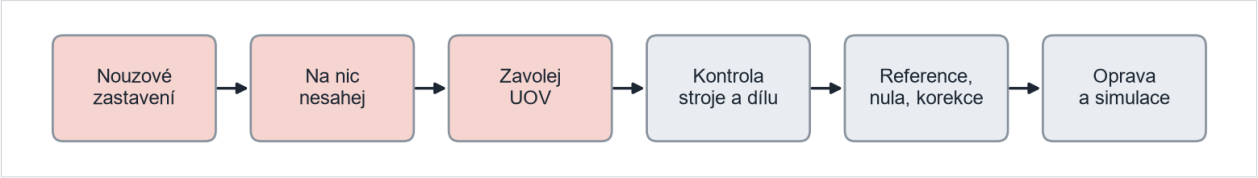
Správná reakce má být naučená dřív, než ji budeš potřebovat. Po nárazu nebo úrazu je člověk v šoku a udělá to, co má v hlavě připravené. V této kapitole najdeš, co dělat a v jakém pořadí.

Kdy stroj okamžitě zastavit

- Nástroj míří jinam, než čekáš, nebo jede rychle do materiálu.
- Slyšíš náraz, skřípání nebo výrazně jiný zvuk řezu.
- Obrobek se pohnul ve svěráku nebo se fréza silně rozkmitala.
- Vidíš kouř, jiskry, nebo cítíš spáleninu.

- Někdo se přibližuje do nebezpečného prostoru nebo je v ohrožení.
- Nejsi si jistý, co stroj právě dělá. Zastavit je vždy lepší než doufat.

Postup při kolizi



Obr. 3.1 Pořadí kroků po kolizi. Červené kroky jsou okamžité a dělá je obsluha, zbytek se dělá s UOV.

1. Stiskni nouzové zastavení.
2. Na nic nesahej, nic neodjíždej a nesnaž se škodu sám opravit.
3. Zavolej UOV a řekni přesně, co se stalo. Nic nezamlčuj, pomůže to najít příčinu.
4. S UOV zkontrolujte nástroj, držák, svěrák, upínky, vřeteno a obrobek.
5. Najeď do reference a ověř nulový bod a korekce. Po kolizi nemusí platit souřadnice.
6. Oprav příčinu v programu nebo seřízení, projdi simulaci a první kus jeď po blocích.

> **POZOR**
> Po kolizi může mít stroj skryté poškození: vůli, posunutou geometrii nebo prasklý držák. O dalším provozu rozhoduje UOV, ne obsluha.

Výpadek proudu a ztráta souřadnic

Po výpadku proudu, po nouzovém zastavení za pohybu nebo po najetí na koncový spínač nemusí stroj znát svou přesnou polohu. Než znovu spustíš program, projdi tyto kroky:

1. Zkontroluj, že je prostor volný a nástroj nestojí v materiálu.
2. Najeď do reference podle postupu pro daný stroj. Dávej pozor, kudy se osy pohnou.
3. Ověř nulový bod obrobku a korekce.
4. Program spusť od bezpečného místa a první pohyb sleduj se sníženým override.

První pomoc při úrazu

Při každém úrazu nejdřív zastav stroj a přivolej UOV nebo nejbližšího dospělého. Na záchrannou službu volej **155** nebo **112**. Tvoje vlastní bezpečnost je na prvním místě: k zraněnému nesahej, dokud stroj běží.

Úraz	Co udělat
Řezná rána	Přilož čisté krytí a tlač na ránu. Silně krvácející místo stlač a volej pomoc.
Tříska v oku	Oko nemnout a třísku nevyndávat. Oko zakryj a jdi k lékaři.
Emulze v oku	Vyplachuj velkým množstvím čisté vody, nahlas to a jdi k lékaři.
Popálení	Chlaď čistou vodou, puchýře nepropichuj a nic na ně nemaž.
Elektrický proud	Vypni přívod, zraněného se dřív nedotýkej a volej pomoc.



Obr. 3.2 Lékárnička musí být na viditelném a označeném místě. Její místo si zjisti hned první den v dílně. *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, hlas UOV. Zapisuje se do knihy úrazů. Malá rána bez ošetření se může zanítit a pozdější záznam ti pomůže, když se objeví potíže. Hlas i situace, kdy se nikomu nic nestalo, ale mohlo.

Požár

Oheň u stroje může vzniknout z olejové mlhy, přehřátého řezu, mastných hadrů nebo závady na elektrice. Postup je stejný jako jinde: upozornit okolí, vypnout přívod, volat pomoc.

1. Vyhlas poplach a upozorni UOV a lidi kolem.
2. Stroj vypni hlavním vypínačem.
3. Malý požár zkus uhasit vhodným přístrojem, pokud se tím neohrozíš.
4. Hasiče volej na **150** nebo **112**. Odejdi únikovou cestou.



Obr. 3.3 Hasicí přístroj. Zjisti si, kde je nejbližší a pro jaký typ požáru je určený. Na štítku to je napsané.
Vlastník obrázku: Denis kasozi, Wikimedia Commons, licence CC BY 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fire_extinguisher_tool.jpg

POZOR

Na zařízení pod napětím nikdy nepoužívej vodu. Třísky hořčíku a jemný hliníkový prach mohou hořet prudce a voda to zhorší, řiď se pokyny pro daný materiál.

Modelové situace

Přečti si situaci a nejdřív si sám řekni, co bys udělal. Pak se podívej do pravého sloupce.

Situace	Správná reakce
Po startu si všimneš, že na stole zůstal klíč od svěráku.	Zastav program a vřeteno, počkej na doběh a klíč ukliď. Řekni to UOV.
Fréza začne silně kvílet a obrobek se ve svěráku hýbe.	Nouzové zastavení, zavolej UOV. Nedotahuj svěrák za chodu.
Při prvním kuse jede fréza níž, než čekáš.	Zastavení posuvu nebo nouzové zastavení, ověř délkovou korekci a nulu.
Spolužák chce, abys pustil stroj s otevřenými dveřmi, ať je vidět řez.	Odmítni. Blokování se neobchází, řez se sleduje oknem.
Zlomila se fréza a pořád jede po dráze.	Zastav, odjeď s UOV, zkontroluj obrobek a držák, najdi příčinu.
Řízl ses o hranu nového dílu, trochu to krvácí.	Zastav, ošetři a nahlas UOV. Zapisuje se i drobný úraz.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Při pochybnosti stroj zastav. Zastavit je vždy levnější než opravovat.
- Po kolizi na nic nesahej a zavolej UOV.
- Po ztrátě souřadnic reference, kontrola nuly a korekcí, teprve potom program.
- Hlas každý úraz i téměř nehodu.
- Na elektrické zařízení pod napětím nikdy vodu.

4

STROJ A SOUŘADNICE

Stavba CNC frézky

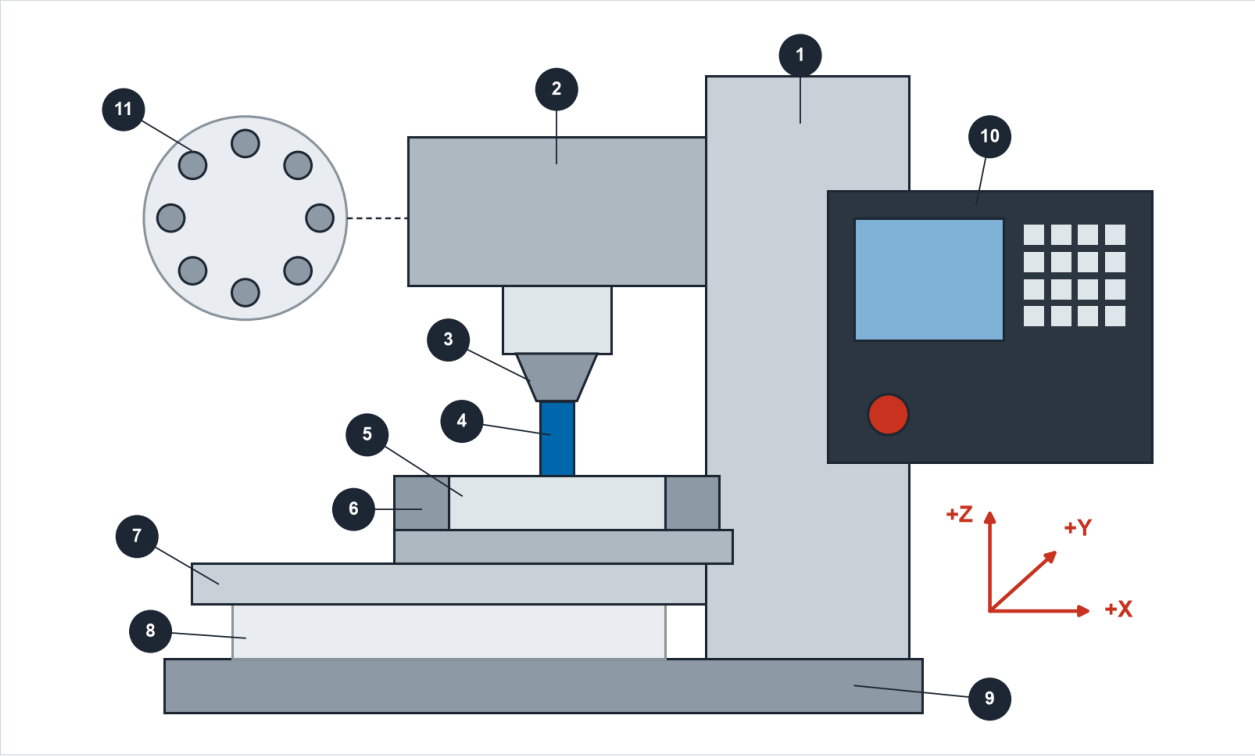
Stůl, vřeteník, zásobník nástrojů, pohony, chlazení, druhy strojů a jejich základní údaje.

Uspořádání se u jednotlivých strojů liší, základní části jsou ale pořád stejné. Než začneš pracovat, projdi si je přímo na stroji a ukaž si je.

Jak části spolupracují

Řídicí systém přečte program a dá povel motorům. Vřeteno roztočí nástroj na zadané otáčky, kuličkové šrouby posouvají stůl a vřeteník a čidla hlásí zpět skutečnou polohu. Mazání a chlazení běží současně, aby se stroj ani nástroj nepřehřívaly a třísky odcházely z místa řezu. Kryty a spínače dveří zatím hlídají, aby se k pohyblivým částem nikdo nedostal.

- Pevné části drží přesnost: lože, stojan a vedení.
- Pohyblivé části dělají řez: vřeteno, stůl, saně a vřeteník.
- Pomocné části udržují provoz: chlazení, mazání, výměna nástroje, odvod třísek a kryty.



Obr. 4.1 Zjednodušené schéma svislé CNC frézky. To, která osa pohybuje stolem a která vřeteníkem, se u strojů liší.

Č.	Část	K čemu slouží
1	Stojan	Nese vřeteník a udržuje jeho přesnou polohu vůči stolu.
2	Vřeteník	Nese vřeteno a v mnoha strojích jezdí v ose Z.
3	Držák nástroje	Spojuje frézu s vřetenam.
4	Fréza	Řezný nástroj.
5	Obrobek	Díl, který právě vzniká.
6	Svěrák	Nejběžnější způsob upnutí obrobku.
7	Pracovní stůl	Nese svěrák nebo upínky, má T-drážky a pohybuje se v ose X.
8	Saně	Nesou stůl a pohybují se v ose Y.
9	Lože	Základ stroje, musí být tuhé a odolné vůči chvění.
10	Řídicí panel	Obrazovka a klávesy pro obsluhu a program.
11	Zásobník nástrojů	Drží nástroje a podle programu je vyměňuje.

Stůl a vedení

Stůl má **T-drážky**, do kterých se zasouvají šrouby pro svěrák a upínky. Stůl jezdí po vedení v ose X a Y. Vedení je valivé nebo kluzné. Musí být čisté a mazané, proto na stůl nic neodkládej a třísky z něj odstraňuj štětcem.

Vřeteno a uložení nástroje

Vřeteno roztáčí nástroj a je uložené v přesných ložiskách. Jeho otáčky mění měnič plynule. Držák nástroje je ve vřetenu upnutý kuželem, nejčastěji typu SK, BT nebo HSK. Kužel i jeho sedlo musí být čisté, jediná tříska způsobí, že nástroj bude házet.

Zásobník a výměna nástroje

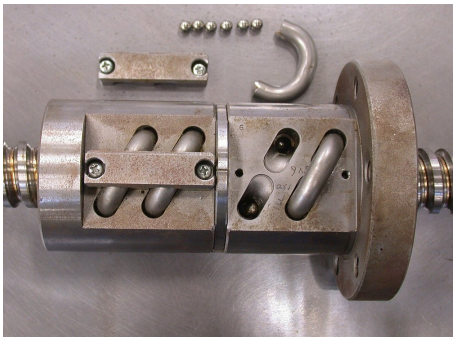
Obráběcí centra mají **zásobník nástrojů**. Výměnu provede stroj sám podle programu. Na jednoduchých frézkách se nástroj mění ručně.

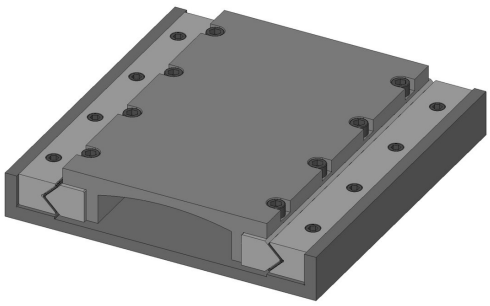
- Každý nástroj má své číslo a místo. Musí sedět s tabulkou nástrojů.
- Vřeteno před výměnou vyjede do bezpečné polohy. Nesmí v tom bránit obrobek ani upnutí.
- Příliš dlouhý nebo těžký nástroj může při výměně narazit, proto se jeho rozměry hlídají.
- Do prostoru zásobníku se za provozu nesahá.



Obr. 4.2 Řetězový zásobník nástrojů s výměnným ramenem.
Vlastník obrázku: GaspariniMB, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chain_type_changer_and_arm_with_two_grippers.jpg

Pohony a měření polohy





Obr. 4.3 Kuličkový šroub s kuličkami a vratnou trubičkou (vlevo) a model lineárního vedení (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Graibeard, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BallScrewNut-showing-balls-recirculating-tubes.jpg; vpravo Silberwolf, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linear_table_rail_guide.png

Motor otáčí **kuličkovým šroubem** a ten mění otáčení na přímý pohyb. Kuličky mezi šroubem a maticí zmenšují tření a téměř odstraňují vůli. Proto může CNC stroj běžně pracovat sousledně, což je na klasické frézce s vůlí ve šroubech nebezpečné. Podle typu stroje posouvají osy servomotory nebo krokové motory a polohu může hlídat snímač přímo na motoru nebo na ose.

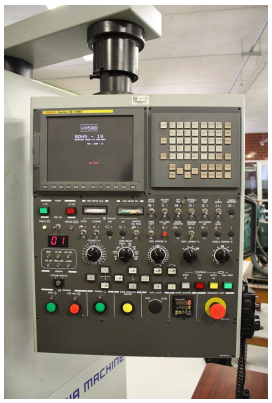
Chlazení, mazání a odvod třísek

- **Chlazení:** čerpadlo žene emulzi z nádrže přes trysky k řezu. Některé stroje mají i chlazení přes vřeteno a nástroj.
- **Mazání:** centrální mazání dávkuje olej do vedení a šroubů. Když olej dojde, stroj to obvykle hlásí a může se zastavit.
- **Odvod třísek:** pokud má stroj dopravník, vynáší třísky z prostoru do nádoby. Na menším stroji je čistí obsluha po zastavení.

Řídicí systém a panel

Řídicí systém je počítač, který čte program, počítá dráhu a řídí pohony, vřeteno, chlazení a výměnu nástroje.

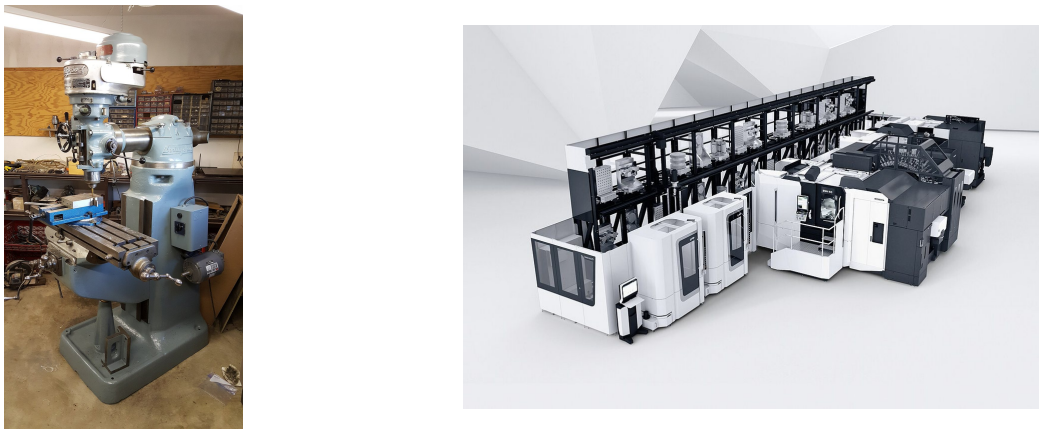
Na panelu najdeš obrazovku, klávesnici, přepínače režimů, override a tlačítka start a stop. Často má i ruční kolečko pro přesné najíždění. Každé řízení vypadá trochu jinak, proto si panel ukaž na svém stroji.



Obr. 4.4 Řídicí panel během seřizování CNC stroje.
Vlastník obrázku: Lfelipelopezp, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Instituto_de_Electromecanica_053.jpg

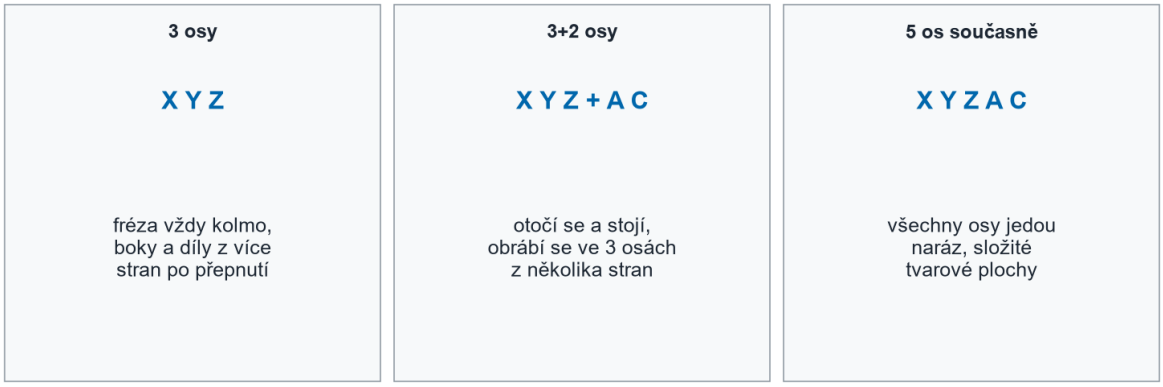
Druhy CNC frézek

Frézky se dělí hlavně podle polohy vřetena a počtu řízených os. Svislé vřeteno je přehledné a na školních strojích běžné. U vodorovného vřetena padají třísky samy pryč z místa řezu, proto se používá hlavně při sériové výrobě. Další řízené osy umožní obrobit více stran dílu na jedno upnutí.



Obr. 4.5 Klasická konzolová frézka (vlevo) a vodorovné obráběcí centrum v lince s paletovým zásobníkem (vpravo). *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 Ms. Kotone Ojiri, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:06_INH_Automation.jpg*

Druh	Pro co se hodí
Konzolová frézka	Menší díly a školní použití, stůl jezdí na konzole.
Svislé obráběcí centrum	Nejběžnější typ, vřeteno svisle, zásobník nástrojů.
Vodorovné obráběcí centrum	Série, vřeteno vodorovně, třísky padají pryč, často paletový stůl.
Portálová frézka	Velké a těžké díly. Stůl s obrobkem jede pod portálem, nebo portál jede podél obrobku.
Pětiosé centrum	Složité plochy, nástroj nebo stůl se ještě otáčí a naklání.



Obr. 4.6 Rozdíl mezi obráběním ve třech osách, v nastavení 3+2 a v pěti osách současně.

Co znamenají základní údaje stroje

V technickém listu stroje jsou hodnoty, které říkají, co stroj unese. Tady je jejich význam. Skutečné hodnoty si najdi v dokumentaci svého stroje.

Údaj	Co znamená
Pojezdy X, Y, Z	Největší pohyb v každé ose, určuje velikost dílu.
Rozměr a nosnost stolu	Jak velký a těžký díl se na stůl vejde. Nepřekračuj.
Maximální otáčky	Horní mez vřetena. Držák nebo nástroj může mít mez nižší.
Výkon vřetena	Omezuje velikost řezu.
Typ kužele	Určuje, jaké držáky jdou do stroje.
Velikost zásobníku	Kolik nástrojů se vejde a jak dlouhý a těžký smí být nástroj.
Rychloposuv	Nejvyšší rychlost osy mimo řez.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Základ tvoří lože, stůl, stojan, vřeteník a řídicí systém.
- Kuličkové šrouby dávají přesný pohyb téměř bez vůle.
- Kužel držáku a jeho sedlo musí být čisté.
- Limity stroje najdeš v jeho dokumentaci, nikdy je nepřekračuj.

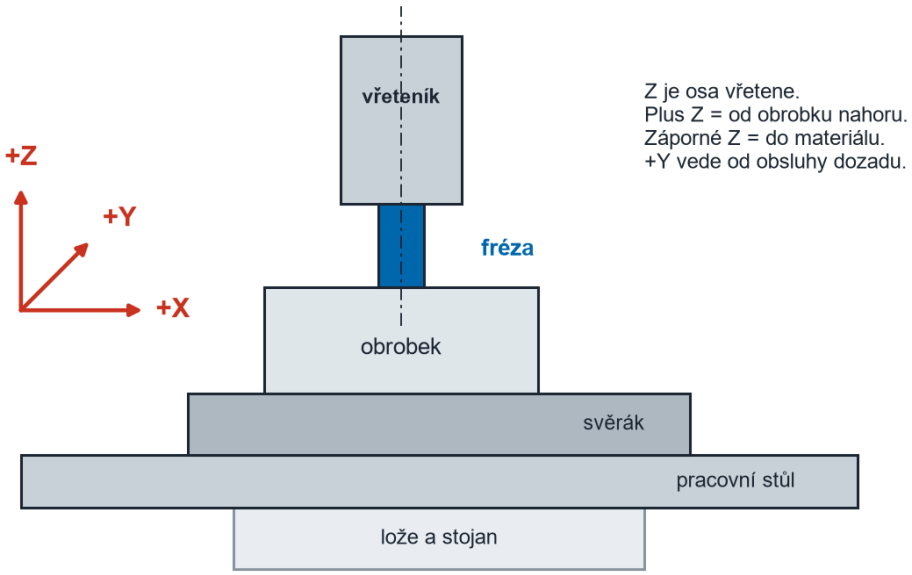
5

STROJ A SOUŘADNICE

Souřadnice a nulové body

Osy X, Y a Z, pravidlo pravé ruky, nulové body a jak nulu obrobku najít a ověřit.

Frézka má tři hlavní osy, popis vychází z normy ISO 841. Podle pravidla pravé ruky ukazuje palec do +X, ukazovák do +Y a prostředník do +Z, tedy od obrobku k nástroji.



Obr. 5.1 Osy svislé frézky a zjednodušené uspořádání. Z je osa vřetena.

- **X a Y** leží v rovině stolu.
- **Z** je osa vřetena. Záporné Z je do materiálu, kladné nahoru.
- Každá souřadnice je skutečná vzdálenost, žádný průměr jako na soustruhu.

> **PAMATUJ**
> Směry os v programu popisují pohyb nástroje vůči obrobku. Skutečně se může hýbat stůl. Když stůl jede doleva, nástroj jede vůči obrobku doprava. Proto záleží na tom, jak je to na stroji značené.

Důležité body

Bod	Název	Co to je a proč je důležitý
M	Nulový bod stroje	Pevný bod stroje od výrobce. Pro práci se nehodí, je obvykle v krajní poloze.
R	Referenční bod	Známé místo, ke kterému stroj najede, aby zjistil svou polohu.
W	Nulový bod obrobku	Bod, ke kterému píšeš program. Volí se podle výkresu, nejčastěji roh polotovaru nebo střed díry.

Jak se volí nula obrobku

- Podle výkresu: je dobré ji dát tam, odkud jsou vedené kóty.
- Tak, aby šla snadno a přesně najít na stroji, tedy na hraně nebo středu díry.

- V ose Z obvykle na horní ploše hotového dílu nebo polotovaru.
- Místo nuly napiš do hlavičky programu a do seřizovacího listu.

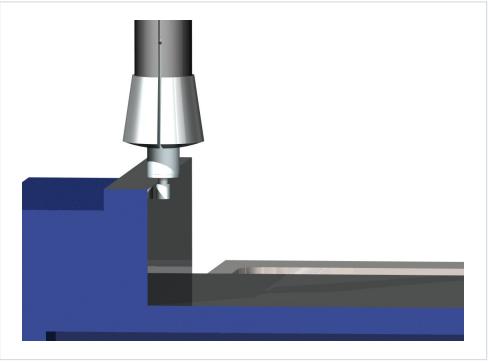
Jak se nula najde

Způsob	Jak to funguje	Poznámka
Hrana a hledač	Hledač se přiblíží k hraně a podle chování se zjistí poloha. K hodnotě se přičte nebo odečte jeho poloměr.	Používá se při nízkých otáčkách, podle návodu.
Naškrábnutí nástrojem	Fréza se pomalu, ručním kolečkem, jemně dotkne plochy. Proužek papíru nebo měrka se používá jen při stojícím vřetenu.	Jednoduché a méně přesné, může zanechat stopu. Jen podle pokynu UOV.
Úchylkoměr	Vystředění na díru nebo čep.	Přesné, ale pomalejší.
Dotyková sonda	Sonda se dotkne plochy a řízení polohu zapíše.	Rychlé a přesné. Sonda se nikdy nesmí roztočit, když není určena k otáčení.

Obrázek ukazuje hledač hrany při dotyku s hranou obrobku.

Střed hledače není na hraně. Na hraně je jeho obvod, a proto se k naměřené hodnotě přičte nebo odečte jeho poloměr. Směr závisí na tom, ze které strany k hraně jedeš. Výsledek zapiš do nulového bodu obrobku.

Po nastavení nulu vždy ověř: najeď nad obrobek vysoko a zkontroluj, že souřadnice sedí.



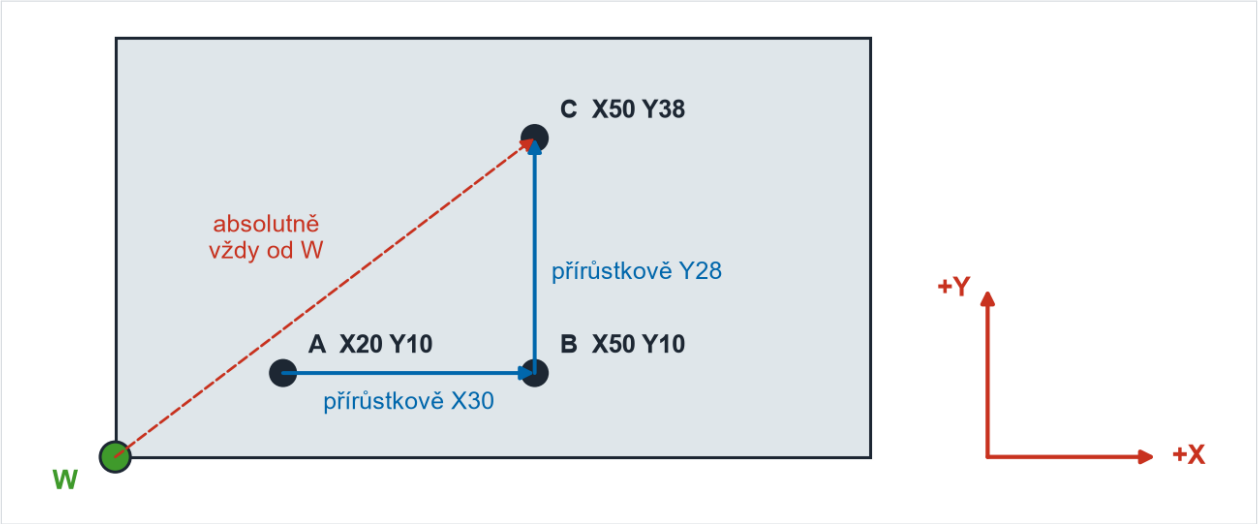
Obr. 5.2 Hledač hrany ve vřetenu těsně u hrany obrobku.
Vlastník obrázku: Robert Hewitt, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edge_Finder_2.png

POZOR

Když je nula nastavená špatně, jede celý program jinde. Chyba v ose Z je nejnebezpečnější, protože nástroj vjede do obrobku nebo svěráku rychloposuvem. Proto ji ověř s rezervou ve velké výšce.

Absolutní a přírůstkové souřadnice

Absolutně říkáš, kam dojet, vždy vzhledem k nule obrobku. **Přírůstkově** říkáš, o kolik se posunout od aktuální polohy.



Obr. 5.3 Pohyb z A přes B do C. Absolutně se vše zadává od W, přírůstkově vždy od předchozího bodu.

> **TIP**
> Začátečník se drží absolutních souřadnic. Přírůstky se hodí v podprogramech, třeba při přísuvu do další vrstvy.

Bezpečná výška a pořadí pohybů

- Do práce: nejprve X a Y vysoko nad obrobkem, potom Z dolů.
- Z práce: nejprve Z nahoru, potom X a Y.
- Před výměnou nástroje vždy vyjet, nejdřív Z, potom X a Y.
- Bezpečná výška musí být nad svěrákem, upínkami a šrouby, ne jen nad obrobkem.

Proč se souřadnice mohou ztratit

Stroj zná svou polohu, když se nic nestalo. O jistotu může přijít po výpadku napájení, po nouzovém zastavení za pohybu, po najetí na koncový spínač nebo po kolizi. Potom se musí najet do reference a znovu zkontrolovat nulový bod a korekce. Postup je v kapitole 3.

CO SI ZAPAMATOVAT

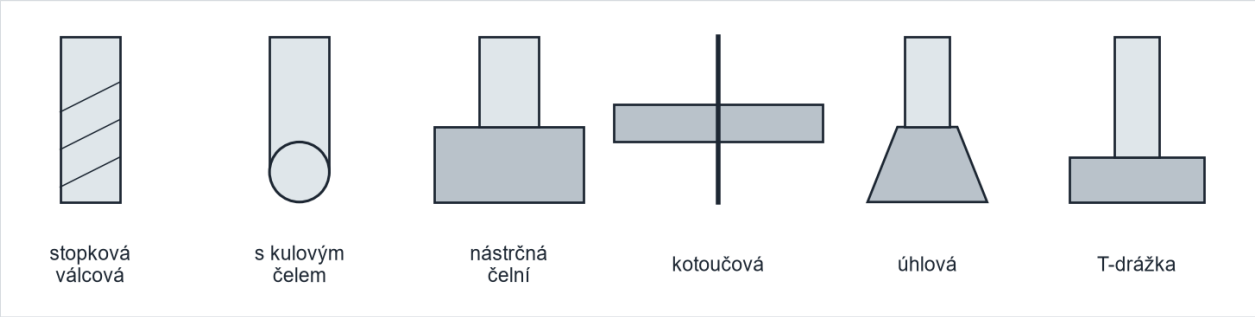
- Palec X, ukazovák Y, prostředník Z, kladné Z vede od obrobku nahoru.
- Program se píše k nule obrobku W.
- Po nastavení nulu vždy ověř ve velké výšce.
- Bezpečná výška je nad vším, co je na stole.

6 Nástroje

NÁSTROJE A ŘEZNÉ PODMÍNKY

Stopkové a čelní frézy, vrtáky, materiály nástrojů, držáky a korekce délky a průměru.

Fréza je rotační vícebřitý nástroj. Podle tvaru a velikosti se používá na jiné práce. Na CNC frézce k ní patří i vrtáky, navrtáváky, závitníky a výstružníky.



Obr. 6.1 Běžné frézy: stopková válcová, s kulovým čelem, nástrčná čelní, kotoučová, úhlová a pro T-drážku.

Stopkové a nástrčné frézy

Stopková fréza má válcovou stopku a upíná se přímo do držáku. Nástrčná fréza má v tělese díru a nasazuje se na trn. Stopkové frézy bývají menší a hodí se na obrysy a kapsy, nástrčné na velké plochy. Podle zvoleného nástroje se liší i tuhost, největší otáčky a hloubka řezu.





Obr. 6.2 Stopkové frézy na drážky i boky a s kulovým čelem (vlevo). Čelní fréza s pájenými 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*

Druhy nástrojů

Nástroj	Použití	Na co si dát pozor
Stopková fréza	Boky, obrysy, kapsy, drážky.	Do plného materiálu se zanoří jen s břitem přes střed.
Čelní fréza	Rovinné plochy, velký průměr, malá hloubka.	Větší obvodová rychlost, velké síly na vřeteno.
Kulová fréza	Tvarové plochy.	Ve středu je řezná rychlost skoro nulová.
Rádiusová fréza	Rohy s rádiusem na dně.	Pevnější břit a lepší životnost než ostrý roh.
Srážecí fréza	Sražení hran.	Dbej na výšku a na svěrák pod ní.
Navrtávák	Přesný začátek díry.	Před vrtákem, aby vrták nesjížděl po ploše.
Vrták	Díry.	U hlubokých děr vyjížděj a uvolňuj třísky.
Závitník	Vnitřní závit.	Průměr předvrtání podle tabulky, otáčky a posuv pevně svázané.
Výstružník	Přesná díra s malým přídavkem.	Nízká řezná rychlost, přídavek podle výrobce.





Obr. 6.3 Čelní fréza s vyměnitelnými destičkami, fotografie z galerie oboru na webu školy (vlevo). Kotoučová fréza (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Střední odborná škola - Frýdek-Místek, web sosfm.cz, stránka oboru Obráběč kovů se zaměřením na obsluhu CNC strojů, galerie; vpravo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillSideAndFaceCutter.jpg

Materiál nástroje

Malé frézy jsou nejčastěji celistvé. Větší mají v tělese vyměnitelné destičky, ty se po opotřebení otočí nebo vymění. Výrobci rozlišují obráběné materiály podle skupin ISO, viz tabulka.

Materiál břitu	Vlastnosti	Použití
Rychlořezná ocel, HSS	Houževnatá a levná, snese menší rychlosti.	Menší stroje a menší tuhost, klasické frézky.
Slinutý karbid, SK	Tvrdý a odolný teplu, ale křehčí, často s povlakem.	Nejběžnější na CNC.
Cermet a keramika	Velmi tvrdé a odolné teplu, ale křehčí.	Dokončování a zvláštní materiály podle výrobce.

Skupina	Barva	Obráběný materiál
P	modrá	oceli
M	žlutá	korozivzdorné oceli
K	červená	litiny
N	zelená	hliník a další neželezné kovy
S	hnědá	žáruvzdorné slitiny a titan
H	šedá	kalené materiály

Počet břitů

Břity	Výhoda	Použití
2	Velký prostor pro třísky.	Hliník a měkké materiály, drážky.
3	Dobrý kompromis.	Hliník i ocel, kapsy.
4 a více	Větší tuhost a vyšší posuv.	Ocel, dokončování boků.

Více břitů dovolí při stejném posuvu na zub větší rychlost posuvu, ale mezi břity zůstává méně místa pro třísky. Proto se do hluboké drážky volí spíš méně břitů.

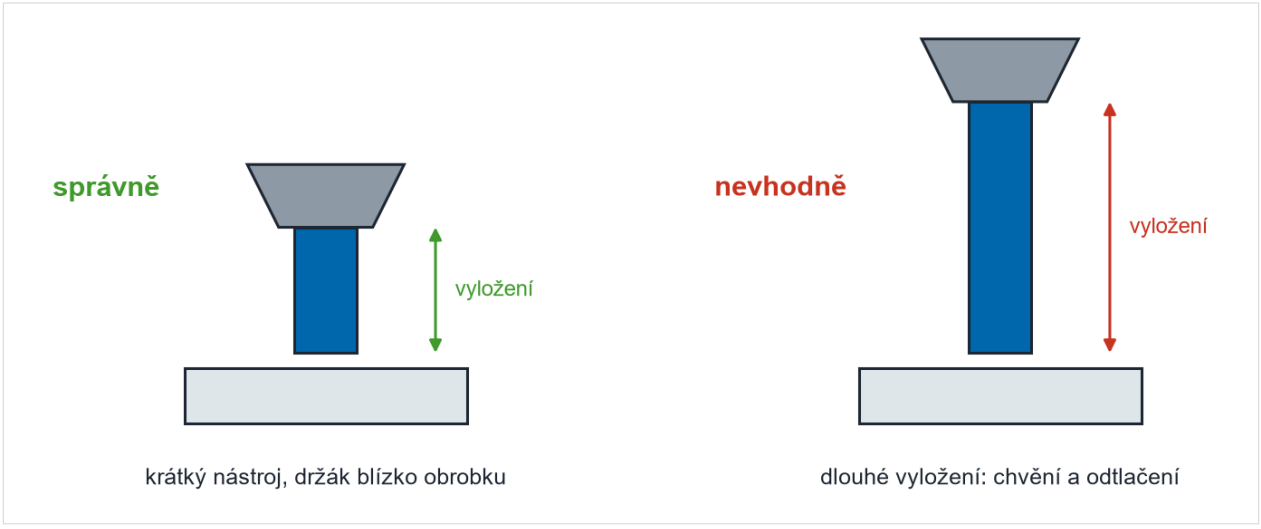
Držáky a upnutí nástroje

Fréza drží ve vřetenu přes **držák**. Nejběžnější je kleštinový držák s kleštinou ER, která svírá stopku po obvodu. Čelní frézy jsou nasazené na trnu.

- Stopka i kleština musí být čisté.
- Velikost kleštiny musí odpovídat průměru stopky.
- Vyložení drž co nejkratší.
- Utahuj předepsaným klíčem, nikoli prodlužovacím.



Obr. 6.4 Kleština typu ER.
Vlastník obrázku: Aweber4418, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ER_Collet.jpg



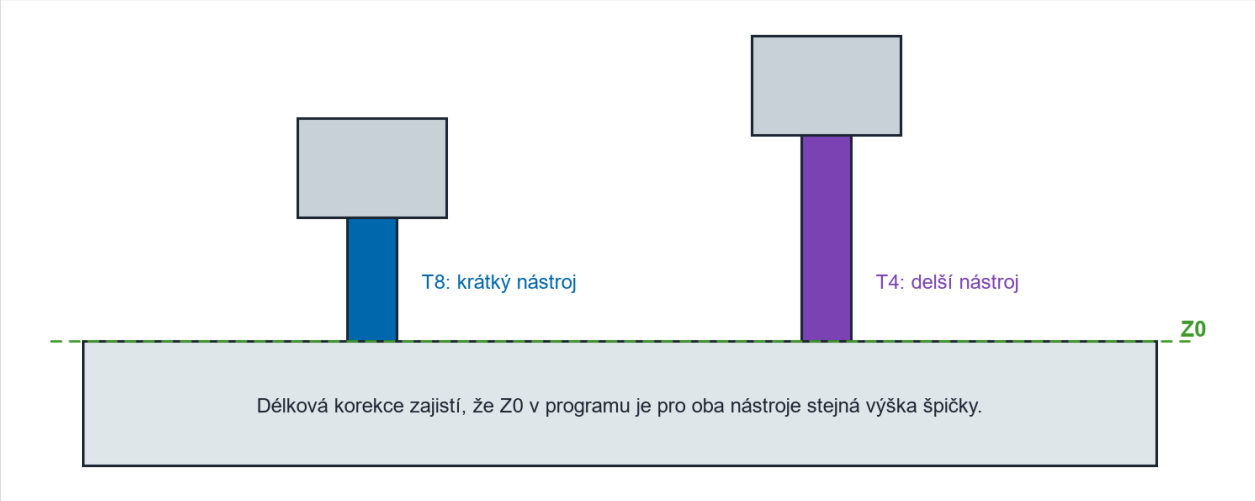
Obr. 6.5 Čím je nástroj vyložený dál, tím víc se ohýbá a chvěje. Krátké vyložení je lepší pro přesnost, povrch i životnost.

POZOR

Fréza je ostrá i na stojícím stroji. Při manipulaci ji drž hadrem nebo v rukavicích a po dotažení je sundej. Než roztočíš vřeteno, zkontroluj, co je v něm upnuté. Měřidlo ani sondu, která není k rotaci určená, nikdy neroztáčej.

Korekce nástroje

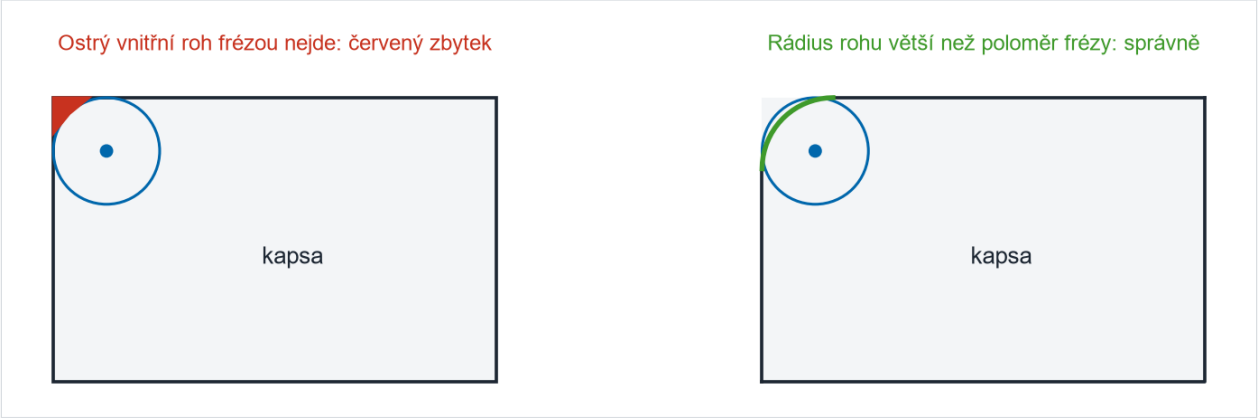
Program popisuje tvar dílu, ale fréza má délku a průměr. Obojí řeší korekce uložené v tabulce nástrojů.



Obr. 6.6 Délková korekce zajistí, že Z0 v programu je pro oba nástroje stejná výška špičky.

- **Délková korekce:** vzdálenost špičky nástroje od zvoleného bodu. Po výměně nebo posunutí nástroje ji znovu změř.
- **Korekce poloměru:** bez ní jede po dráze střed frézy. S ní se dráha posune o poloměr, takže program píšeš podle výkresu.
- **Korekce opotřebení:** malá oprava bez změny programu. Tou se doladí rozměr.

Vnitřní rohy



Obr. 6.7 Kulatá fréza neudělá ostrý vnitřní roh. Rádius rohu musí být větší než poloměr frézy.

Vnitřní rádius na výkrese proto rozhoduje o tom, jaký největší průměr frézy lze použít. Když je potřeba ostrý roh, řeší se jinou technologií nebo výběhem v rohu. Vnější rohy problém nedělají.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Stopkovou frézou se do plného materiálu zanořuje jen s břitem přes střed.
- Čisté kužely, kleštiny a stopky jsou základ přesnosti.
- Krátké vyložení znamená méně chvění.
- Délku a průměr hlídá tabulka nástrojů, po výměně změř znovu.
- Vnitřní rádius musí být větší než poloměr frézy.

7

NÁSTROJE A ŘEZNÉ PODMÍNKY

Upínání obrobku

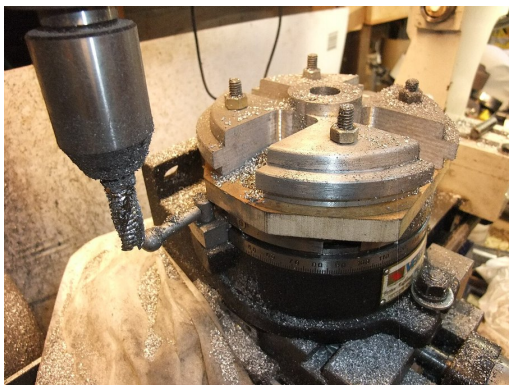
Svěrák, upínky, přípravky a pravidla pro bezpečné a tuhé upnutí obrobku.

Řezná síla při frézování se mění a působí do různých směrů. Upnutí proto musí odolat tahu i chvění a nesmí překážet nástroji. Vždy si rozmysli upnutí dřív, než napíšeš první řádek programu.

Způsoby upnutí

Způsob	Kdy se používá	Poznámka
Svěrák	Malé a střední hranaté díly.	Nejběžnější a rychlý, musí být ustavený.
Upínky a šrouby	Velké a ploché díly přímo na stole.	Pozor na výšku šroubů a dráhu frézy.
Přípravek	Série a tvarové díly.	Zajistí stále stejnou polohu.
Otočný stůl a dělicí přístroj	Kruhové dráhy a dělení.	Další přesně polohovaná osa.
Podtlakový a magnetický stůl	Tenké desky a ocelové díly.	Slabší držení, malé řezy.

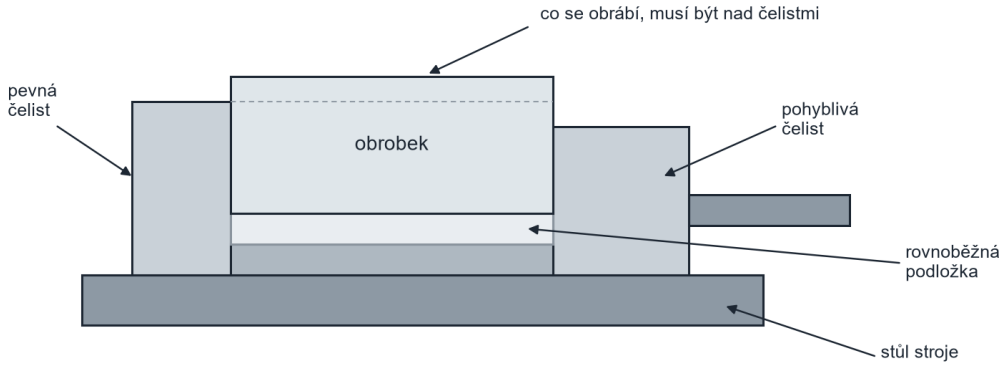




Obr. 7.1 Strojní svěrák (vlevo). Otočný stůl na frézce (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Germ Halter, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maschinenschraubstock_DDR_Ansicht_von_oben.jpg; vpravo David English, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rotary_Table_in_Use.jpg

Při volbě rozhoduje velikost a tvar dílu, počet kusů a to, ke kterým plochám se musí fréza dostat. Stejný díl se dá upnout více způsoby. Správný je ten, který drží pevně, nepřekáží v dráze nástroje a dá se snadno zopakovat i u dalšího kusu.

Upnutí ve svěráku

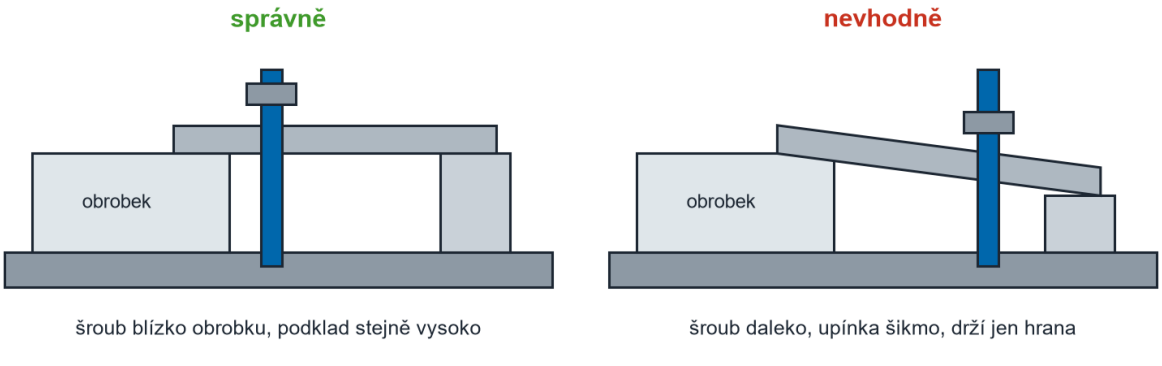


Obr. 7.2 Obrobek leží na rovnoběžné podložce. Co se obrábí, musí být nad čelistmi.

1. Svěrák očisti a ustav. Pevnou čelist srovnej rovnoběžně s osou stroje pomocí úchylkoměru.
2. Vlož čisté rovnoběžné podložky, aby obrobek ležel dostatečně vysoko.
3. Obrobek polož na podložky a mírně utáhni.
4. Poklepem měkkým kladivem ho usaď, aby podložky nešly volně posunout.
5. Dotáhni přiměřenou silou, jen klikou svěráku, bez prodloužení.
6. Zkontroluj, že fréza nedojede na čelisti ani podložky.

> **TIP**
> Pevná čelist určuje polohu dílu. Tlač díl proti ní a orientuj řeznou sílu tak, aby šla do pevné čelisti, ne do pohyblivé.

Upnutí upínkami



Obr. 7.3 Šroub patří co nejblíž k obrobku. Podložka pod zadním koncem upínky je stejně vysoká jako upínaná plocha, jinak upínka drží jen hranou.

- Upínej přes podložku tak, aby upínka ležela rovně.
- Šroub dej blíž k obrobku než k podkladu, pak na díl přenáší větší sílu.
- Na měkčí nebo hotový povrch dej pod upínku ochrannou podložku.
- Šrouby nesmí vyčnívat zbytečně vysoko, bezpečná výška musí být nad nimi.
- Před spuštěním znovu dotáhni a znovu si projeď dráhu v hlavě.

Na co myslet při přepínání

Když se obrobek otočí nebo přepne na další stranu, změní se obrobené plochy i poloha nuly.

- Obrobené plochy chraň podložkami nebo měkkými čelistmi.
- Po přepnutí nulu znovu najdi a ověř.
- U dílu, který už má hotový obrys, ověř, že se z čelistí nebude vyklánět.
- Tenkostěnný díl se silným upnutím deformuje a po uvolnění se změní rozměr.

POZOR

Nepracuj s obrobkem, který drží jen malá plocha v čelistech. Vytržený díl poškodí stroj a může vyletět. Když si nejsi upnutím jistý, zastav a ukaž ho UOV.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Upnutí se plánuje dřív než program.
- Obrobek leží na podložkách a nesmí se dát posunout.
- Šroub upínky patří blízko k obrobku.
- Po přepnutí se nula znovu hledá a ověřuje.

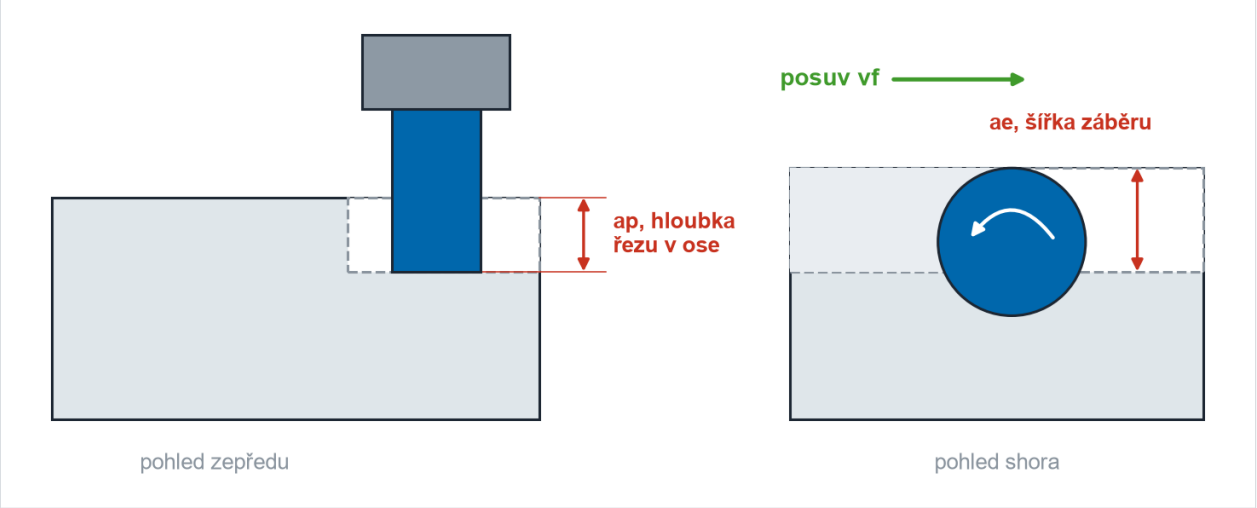
8

NÁSTROJE A ŘEZNÉ PODMÍNKY

Řezné podmínky

Řezná rychlost, otáčky, posuv na zub, hloubka a šířka záběru, sousledné a nesousledné frézování.

Správný program má nejen správnou dráhu, ale i správné otáčky a posuv. Příliš rychlý řez ničí nástroj, příliš pomalý zhoršuje povrch a zbytečně prodlužuje práci. Řezné podmínky jsou kompromis mezi rychlostí, životností nástroje a kvalitou povrchu.



Obr. 8.1 Hloubka řezu ap v ose nástroje a šířka záběru ae do strany.

Základní veličiny

Veličina	Značka	Jednotka	Co znamená
Řezná rychlost	vc	m/min	Rychlost břitu na obvodu frézy.
Otáčky	n, v programu S	ot/min	Kolikrát se fréza otočí za minutu.
Posuv na zub	fz	mm/zub	O kolik se fréza posune na jeden břit.
Počet břitů	z		Kolik má fréza zubů.
Rychlost posuvu	vf, v programu F	mm/min	Jak rychle jede fréza po dráze.
Hloubka řezu	ap	mm	Tloušťka vrstvy v ose nástroje.
Šířka záběru	ae	mm	Šířka odebraného materiálu do strany.

Výpočet otáček a posuvu

Otáčky se počítají z řezné rychlosti a průměru frézy. Rychlost posuvu z posuvu na zub, počtu břitů a otáček.

Vzorec	Co vypočítáš
n = 1000 · vc / (π · D)	otáčky v ot/min, D je průměr frézy v mm
vf = fz · z · n	rychlost posuvu v mm/min
t = L / vf	strojní čas v minutách, L je délka dráhy v mm
Q = ap · ae · vf / 1000	objem odebraného materiálu v cm³/min

Příklad 1: stopková fréza

Fréza Ø8, 3 břity, vc = 60 m/min a fz = 0,03 mm.

- n = 1000 · 60 / (π · 8) = 2387 ot/min.
- vf = 0,03 · 3 · 2387 = 215 mm/min.

Příklad 2: čelní fréza

Fréza Ø50, 5 břitů, vc = 120 m/min a fz = 0,1 mm.

- n = 1000 · 120 / (π · 50) = 764 ot/min.
- vf = 0,1 · 5 · 764 = 382 mm/min.

Příklad 3: objem třísek a čas

Při ap = 2 mm, ae = 6 mm a vf = 300 mm/min je Q = 2 · 6 · 300 / 1000 = 3,6 cm³/min. Dráha 150 mm při stejném posuvu trvá t = 150 / 300 = 0,5 min.

Orientační hodnoty

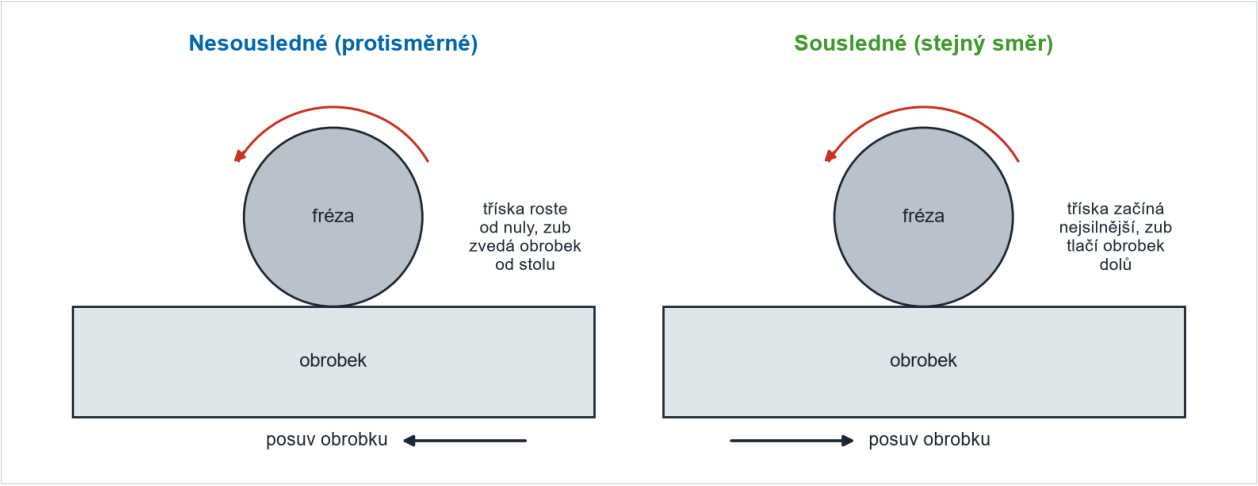
Hodnoty v tabulce platí pro nástroje ze slinutého karbidu na tuhém stroji a větší průměry. Jsou jen pro představu. Výchozí hodnoty ber z katalogu nástroje a od UOV.

Materiál	vc (m/min)	fz (mm/zub)
Ocel S235	150 až 250	0,05 až 0,2
Ocel C45	130 až 220	0,05 až 0,15
Korozivzdorná ocel	80 až 150	0,03 až 0,12
Litina	120 až 220	0,05 až 0,2
Hliník	300 až 800	0,05 až 0,2

POZOR

U stopkových fréz menších průměrů se bere posuv na zub podstatně menší, například 0,01 až 0,05 mm. Malá školní frézka nemá tuhost velkého centra, proto začni nižšími hodnotami. Řiď se tabulkou výrobce a pokynem UOV.

Sousledné a nesousledné frézování



Obr. 8.2 Nesousledné frézování vlevo: tříska začíná tenká. Sousledné vpravo: tříska začíná silná, břit jde stejným směrem jako posuv.

	Sousledné	Nesousledné
Směr břitu	stejně jako posuv	proti posuvu
Tříska	začíná silná, končí tenká	začíná tenká, končí silná
Výhody	lepší povrch, menší tření a ohřev, delší životnost	méně citlivé na vůli ve šroubech a tvrdou kůru
Typické použití	CNC stroje s kuličkovými šrouby	klasické stroje s vůlí, kůra

PAMATUJ

Na CNC stroji se běžně pracuje sousledně. Malé stroje s vůlí ve šroubech mohou nástroj vtáhnout do materiálu, takže se tam postup ověřuje s UOV.

Hrubování a dokončování

- Hrubování odebere většinu materiálu po vrstvách a nechá přídavek.

- Dokončování odebere přídavek jedním průchodem na rozměr, s menším posuvem a větší řeznou rychlostí.
- Malá fréza nesmí brát velkou hloubku najednou. Hluboký obrys se dělá po vrstvách.
- Čím delší vyložení nástroje, tím menší třísku unese.

Zanoření do materiálu

Fréza nemá ve středu vždy řezný břit. Do plného materiálu se proto nezanořuje rovně, ale po rampě, po šroubovici, nebo do předvrtané díry. Pokud se zanořuje svisle, musí k tomu být určená a pracuje se s nižším posuvem.

Jak podmínky upravit

Když chceš	Udělej
Lepší povrch	Sniž posuv na zub, použij dokončovací průchod a kratší vyložení.
Delší životnost nástroje	Sniž řeznou rychlost, ta má na životnost největší vliv.
Kratší čas	Využij větší záběr, pokud to stroj unese, potom vyšší posuv, řeznou rychlost až nakonec.
Méně chvění	Zkraťvyložení, zmenši ap nebo ae, změň otáčky, zkontroluj upnutí.
Méně lámání frézy	Sniž posuv na zub a záběr, lépe odváděj třísky, jdi sousledně, pokud to stroj dovolí.

CO SI ZAPAMATOVAT

- $n = 1000 \cdot vc / (\pi \cdot D)$, $vf = fz \cdot z \cdot n$.
- Hloubka ap se měří v ose, šířka ae do strany.
- Na CNC se běžně pracuje sousledně.
- Hrubuje se po vrstvách s přídavkem, dokončuje se na rozměr.
- Hodnoty ověř v katalogu nástroje a s UOV.

NÁSTROJE A ŘEZNÉ PODMÍNKY

9 Tříska, chlazení a opotřebení

Tvar třísky, způsoby chlazení, opotřebení frézy a jak ho poznat.

Tříska je nejlepší zpráva o tom, jak řez běží. Zkušený obráběč podle jejího tvaru a barvy a podle zvuku řezu pozná, jestli jsou podmínky v pořádku, ještě před měřením.



Obr. 9.1 Různé tvary třísek po různých operacích.
Vlastník obrázku: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SwarfSamples.jpg

Tvar třísky

Tříska	Co znamená	Co s tím
Krátké oddělené kousky	Dobrý stav, tříska se snadno odvádí.	Nic, tak to má být.
Dlouhé proužky	Malý posuv na zub nebo hladká plocha, namotávají se.	Zvyš posuv, lépe odváděj třísky.
Velmi jemný prach	Tření místo řezu, příliš malý posuv.	Zvyš posuv na zub, zkontroluj ostří.
Modrá tříska u oceli	Řez je horký, u slinutého karbidu to může být v pořádku.	Ověř podle výrobce, sleduj opotřebení.

POZOR

Tříska v kapse nebo drážce se znovu dostane pod břit. Může tím ulomit břit a zhoršit povrch. V hluboké kapse proto dbej na odvod třísek chlazením nebo vzduchem, je-li to povoleno.

Chlazení a mazání

Řezná kapalina odvádí teplo, maže styk břitu s třískou a odplavuje třísky. Frézování je přerušovaný řez, takže může teplotní šok některé břity poškodit. Proto se u některých nástrojů a materiálů pracuje i bez kapaliny.

Způsob	Popis	Použití
Emulze	Voda s koncentrátem, nejčastější v dílně.	Běžné frézování a vrtání.
Chlazení nástrojem	Kapalina jde skrz vřeteno a nástroj.	Hluboké díry a kapsy.
Minimální mazání	Malé množství oleje ve vzduchu.	Hliník, čistší provoz.
Vzduch	Odfukuje třísky, trochu chladí.	Některé materiály a nástroje.
Bez chlazení	Řez na sucho.	Některé destičky a litina, podle výrobce.



Obr. 9.2 Frézování s přívodem chlazení přes několik trysek. Tříska odtéká spolu s kapalinou.
Vlastník obrázku: Kinshofer, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:KinshoferGmbH_HPXdrive_manufacturing.JPG

Opotřebení frézy



Obr. 9.3 Běžné druhy opotřebení břitu: pás na hřbetu VB, výmol na čele a ulomené kousky ostří.

Druh	Jak se pozná	Příčina a řešení
Opotřebení hřbetu	Pás na hřbetu, povrch se zhoršuje a rozměr ujíždí.	Běžný stav. Výměna včas, případně nižší vc.
Výmol na čele	Prohlubeň na čele břitu.	Vysoká teplota. Sniž vc, použij odolnější povlak.
Vyštípnutí	Ulomené malé kousky ostří.	Chvění, kůra, tříska pod břitem. Zvyš tuhost a zlepši odvod třísek.
Nárůstek	Nalepený materiál na břitu, zvlášť u hliníku.	Nízká vc nebo špatné mazání. Zvyš vc, lepší mazání, ostřejší nástroj.
Zlomená fréza	Fréza prasknutá u stopky nebo ulomená.	Velký záběr, dlouhé vyložení, zapečené třísky. Zmenši řez.
Tepelné trhliny	Trhlinky kolmo na ostří.	Střídání teplot. Sjednoť chlazení, nebo pracuj bez něj.

Kdy nástroj vyměnit

- Povrch se zhoršil a nejde to dohnat úpravou.
- Rozměr ujíždí nebo jsou stěny kuželovité.
- Zvuk řezu je jiný, stroj má vyšší zátěž nebo vznikají otřepy.
- Na břitu je vidět vyštípnutí nebo prasklina. S poškozeným břitem dál neřež.

CO SI ZAPAMATOVAT

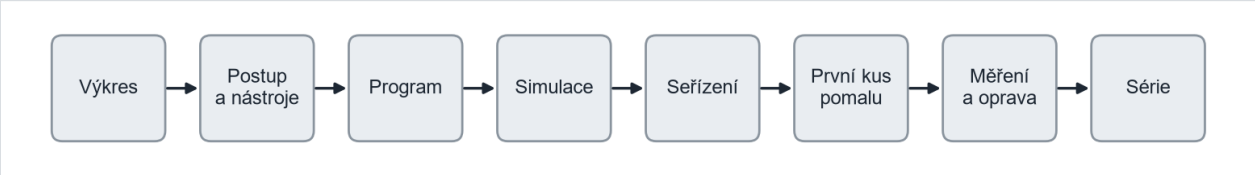
- Tříska má odcházet z místa řezu, jinak poškodí břit i povrch.
- Frézování je přerušovaný řez, chlazení se volí podle nástroje a materiálu.
- Pás na hřbetu je běžné opotřebení, vyštípnutí a lom znamenají problém v řezu.
- S poškozeným břitem se dál neřeže.

10 OD VÝKRESU K DÍLU

Od výkresu k hotovému dílu

Rozbor výkresu, postup, program, simulace, seřízení, první kus a série.

Dobrý díl nevznikne u stroje, ale v přípravě. Každý krok navazuje na předchozí. Přeskočená simulace nebo špatně změřený nástroj se vrátí v podobě zmetku nebo kolize.



Obr. 10.1 Cesta dílu od výkresu po sérii.

1. Rozbor výkresu

Výkres si přečti celý ještě před tím, než sáhneš na stroj. Hledej rozměry s tolerancí, drsnosti, materiál, polotovar a to, od čeho je díl kótovaný. Podle toho se později volí nulový bod obrobku.

2. Technologický postup a nástroje

Postup říká, v jakém pořadí se díl obrábí a čím. U jednoduchého dílu je to jen pár řádků, u složitého celý dokument.

Operace	Nástroj	Poznámka
Srovnání roviny	čelní fréza	vznikne plocha, od které se měří
Hrubování obrysu	stopková fréza	po vrstvách, nechává přídavek

Operace	Nástroj	Poznámka
Kapsy a drážky	stopková fréza s břitem přes střed	zanořuj rampou nebo po šroubovici
Dokončení	dokončovací fréza	jeden průchod na rozměr
Díry	navrtávák a vrták	nejdřív navrtat, u hlubokých děr výplach třísek
Závity	závitník nebo závitová fréza	u závitníku jsou otáčky a posuv pevně svázané, závitová fréza jede po šroubovici
Sražení hran	srážecí fréza	odstraní otřepy a ostré hrany

3. Program a simulace

Program se píše ručně na stroji, na počítači, nebo ho z modelu vygeneruje CAM. V každém případě ho člověk musí zkontrolovat. Simulace ukáže dráhu nástroje bez pohybu stroje a odhalí většinu chyb v dráze a tvaru.

> **PAMATUJ**
> Simulace neví všechno. Nemusí vidět skutečnou délku nástroje, upínky ani špatně nastavenou nulu. Proto po ní následuje opatrný první kus.

4. Seřízení stroje

1. Ustav svěrák nebo upni obrobek na stůl.
2. Upni nástroje do držáků a změř jejich délky.
3. Nastav nulový bod v X, Y a Z a ověř ho.
4. Nastav bezpečnou výšku nad vším, co je na stole.
5. Ověř, že výměna nástroje nenarazí do obrobku.

5. První kus

První kus je zkouška programu i seřízení. Jede se pomalu a s plnou pozorností.

- Blok po bloku a se staženým override, dokud nevíš, že první pohyby jsou správné.
- Před vstupem do materiálu zpomal a sleduj zbývající dráhu.
- Hrubování nech s přídavkem, po něm zastav a změř.
- Podle zvuku a tvaru třísky pozná obsluha, jestli řez běží dobře.

6. Měření, oprava a série

Změřený první kus ukáže, jestli se má upravit korekce. Teprve když všechno sedí, jde stroj do běžného provozu. Při sérii se kontroluje průběžně, nástroj se totiž opotřebovává a rozměr pomalu ujíždí.

> **TIP**
> Měň vždy jen jednu věc a výsledek si zapiš. Když změníš tři hodnoty najednou, nebudeš vědět, která pomohla.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Výkres si přečti celý ještě před seřízením.
- Simulace je povinná, ale neodhalí všechno.
- První kus jede pomalu, po blocích a se staženým override.
- Po hrubování zastav a zkontroluj přídavek. Korekci uprav podle měření po dokončení.

11 OD VÝKRESU K DÍLU Základy NC programu

Blok, adresa, nejběžnější funkce, korekce, cykly a provozní režimy obecně.

Tato kapitola vysvětluje jen společné pojmy. Přesný zápis a postup se u jednotlivých řídicích systémů liší a najdeš ho v jejich samostatných manuálech.

Co je program

NC program je seznam příkazů, které stroj provede jeden po druhém. Říká, kam má nástroj jet, jak rychle, jakými otáčkami a kdy zapnout chlazení. Jeden řádek se jmenuje **blok**. Mnoho řízení používá kód s písmeny a čísly podle normy ISO 6983, známý jako G kód. Jiná řízení nabízejí popisný dialog, kde obsluha vyplňuje otázky systému.

Z čeho se skládá blok

Každý údaj v bloku začíná písmenem, kterému se říká adresa. Podle ní systém pozná, co číslo znamená.

```
N30 G1 X30 Y20 Z-2 F100
```

Adresa	Význam	Příklad
N	číslo bloku	N30
G	přípravná funkce, určuje druh pohybu nebo výpočtu	G1
M	pomocná funkce, například vřeteno, chlazení, konec programu	M8
X, Y, Z	cílová souřadnice	X30 Y20 Z-2
F	posuv	F100
S	otáčky nebo řezná rychlost	S1000
T	číslo nástroje	T1

Modální funkce

Většina funkcí platí, dokud ji jiná nezmění. Když jednou napíšeš lineární pohyb a posuv, platí i pro další řádky. Proto je důležité vědět, co ještě platí z minulých bloků, hlavně při spouštění programu od prostředka.

Nejběžnější funkce

Význam v tabulce je obvyklý pro G kód. Konkrétní řízení může mít odlišnosti, proto vždy ověř jeho manuál.

Funkce	Obvyklý význam	Kdy se používá
G0	rychloposuv	najetí a odjetí mimo materiál
G1	přímka pracovním posuvem	řez po přímce
G2, G3	kruhový oblouk po směru a proti směru hodin	rádiusy a kruhové dráhy
G40, G41, G42	korekce rádiusu vypnutá, vlevo a vpravo od dráhy	přesný obrys
G90, G91	absolutní a přírůstkové souřadnice	způsob zadání cíle

Funkce	Obvyklý význam	Kdy se používá
M3, M4, M5	vřeteno jedním a druhým směrem, zastavení	spuštění a zastavení řezu
M8, M9	chlazení zapnout a vypnout	podle materiálu a operace
M0	programový stop	měření, otočení obrobku
M30	konec programu	návrat na začátek

> **POZOR**
> Rychloposuv nikdy nesmí jet do materiálu. Před každým rychlým pohybem si v hlavě ověř, kudy nástroj pojede a co je mu v cestě. Pořadí os je důležité: ze záběru nejdřív Z nahoru, potom X a Y, do záběru obráceně.

Korekce a cykly

Korekce jsou hodnoty uložené v tabulce nástrojů. Díky nim se program píše podle výkresu a nemusí znát skutečný rozměr nástroje. Když se nástroj vymění nebo opotřebuje, opraví se tabulka, program zůstane stejný.

Cyklus je předem připravený postup, který se zapíše jedním příkazem a několika hodnotami. Řeší opakované práce: kapsy, drážky, vrtání a rozmístění děr. Jejich označení a parametry jsou u každého řízení jiné. Kvůli tomu se program mezi různými systémy jen tak nepřenáší.

Provozní režimy

Názvy se mezi řízeními liší, ale podobné režimy má téměř každý stroj.

Režim	K čemu slouží
Reference	Stroj najede na známé místo a zjistí svou přesnou polohu.
Ruční provoz	Pohyb os tlačítky nebo kolečkem při seřizování.
Ruční zadání	Spuštění jednoho nebo několika bloků bez uloženého programu.
Editace	Psaní a opravy programu.
Simulace	Grafická zkouška programu bez pohybu stroje.
Blok po bloku	Program se vykonává po jednom řádku, spouští se opakovaně.
Automat	Běh celého programu.

Co má mít každý program

1. Hlavička: název dílu, polotovar, nulový bod, seznam nástrojů, autor a datum.
2. Bezpečný začátek: nástroj je mimo obrobek, nastavené základní funkce.
3. Volba nástroje, spuštění vřetena a chlazení.
4. Najetí rychloposuvem na bezpečné místo, pak obrábění pracovním posuvem.
5. Odjetí z materiálu a do bezpečné polohy před výměnou nástroje.
6. Vypnutí chlazení a vřetena a konec programu.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Blok je jeden řádek programu, adresa určuje význam čísla.
- Modální funkce platí, dokud je jiná nezmění.
- Rychloposuv nikdy do materiálu.
- Korekce drží program nezávislý na skutečném nástroji.
- Program se mezi různými řídicími systémy nepřenáší bez úprav.

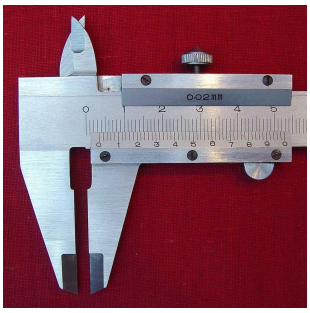
12

OD VÝKRESU K DÍLU

Měření a kvalita

Měřidla, kontrola prvního kusu, oprava rozměru přes korekci a drsnost povrchu.

Díl není hotový, dokud není změřený. CNC stroj dělá přesné pohyby, ale opotřebení nástroje, odtlačení frézy, teplota i chyba v korekci rozměr změní. Proto se měří první kus a pak pravidelně i další.



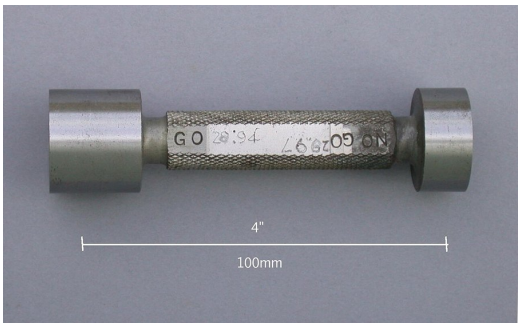


Obr. 12.1 Posuvné měřítko (vlevo) a třmenový mikrometr 0 až 25 mm (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo ArtMechanic, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Messschieber.jpg; vpravo Lucasbosch, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mahr_Micromar_40A_0–25_mm_Micrometer.jpg

Přehled měřidel

Měřidlo	Co měří	Běžné rozlišení
Posuvné měřítko	vnější a vnitřní rozměr, hloubka, délka	0,05 mm nebo 0,02 mm, digitální 0,01 mm
Třmenový mikrometr	vnější rozměr s malou tolerancí	0,01 mm
Dutinoměr	průměr díry	0,01 mm
Hloubkoměr	hloubka kapes a děr	0,01 mm až 0,05 mm
Kalibr	dobrý a zmetkový rozměr bez čísla	přímo dobrý nebo špatný díl
Úchylkoměr	rovnoběžnost, rovinnost a ustavení	0,01 mm
Výškoměr	výška a orýsování na desce	0,01 mm až 0,05 mm
Závitový kalibr	vnitřní závit	dobrý nebo špatný díl
Drsnoměr	drsnost povrchu	v µm





Obr. 12.2 Mikrometry na různé měření včetně hloubky (vlevo) a kalibr pro díry (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Splarka at English Wikipedia, Wikimedia Commons, volné dílo (public domain), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Micrometers.jpg; vpravo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GaugePlugSpecialGoNoGo.jpg

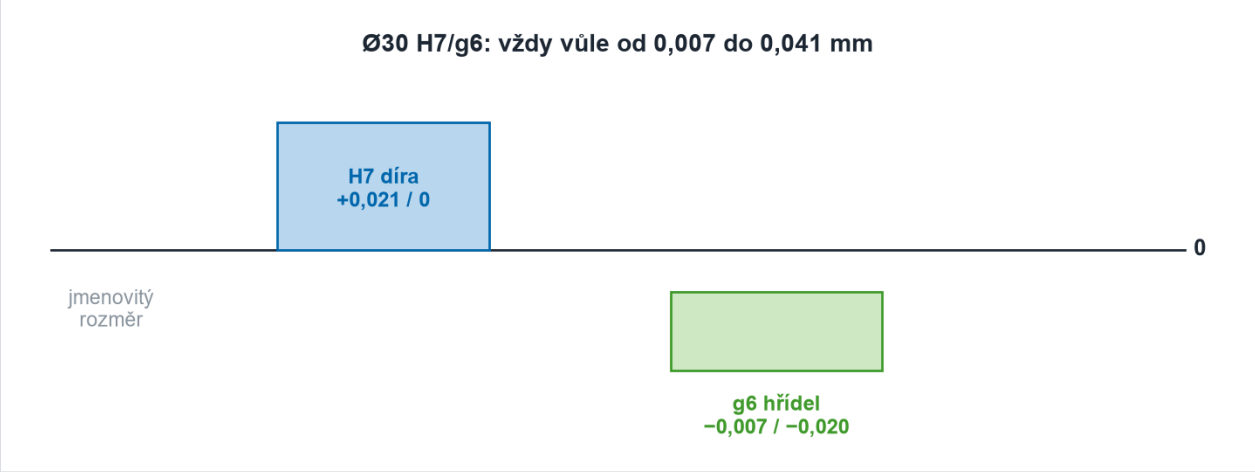
Správné měření

- Vřeteno musí stát a nástroj být v bezpečné poloze. Za chodu se neměří.
- Očisti plochu i měřidlo a na ostré hrany dej pozor.
- Na delší stěně měř nahoře i dole, odhalíš tak odtlačení frézy.
- Díl měř na stroji jen tak, aby se při měření nehýbal.
- Před prací ověř nulu měřidla a měřidla ukládej do pouzdra.
- Přesný rozměr měř po vychladnutí dílu.

> **PAMATUJ**
> Teplo mění rozměr. Ocel se prodlouží asi o 11,5 µm na metr a stupeň. Ocelový díl dlouhý 100 mm je při teplotě vyšší o 30 °C větší asi o 0,035 mm. U přesných rozměrů to je rozdíl mezi dobrým dílem a zmetkem.

Tolerance a kde je najdeš

Žádný díl není přesně na výkresovém rozměru. Tolerance říká, v jakém rozsahu je ještě dobrý. Třeba 40 ±0,05 je dobrý od 39,95 do 40,05 mm. Tolerance se na výkrese zapisují číselně nebo značkou, například H7 nebo g6, a jejich hodnoty najdeš v tabulkách.



Obr. 12.3 Příklad uložení díry a hřídele. Pole tolerance určuje, jak velká je mezi díly vůle.

Oprava rozměru přes korekci

Když je rozměr mimo toleranci a jde dál opravit, nepřepisuje se program, ale korekce.

1. Změř díl po dokončení, ne po hrubování.
2. Spočítej rozdíl proti výkresu.
3. Oprav korekci poloměru nebo délky ve správném směru.
4. Znovu obrob dokončovacím průchodem a změř.

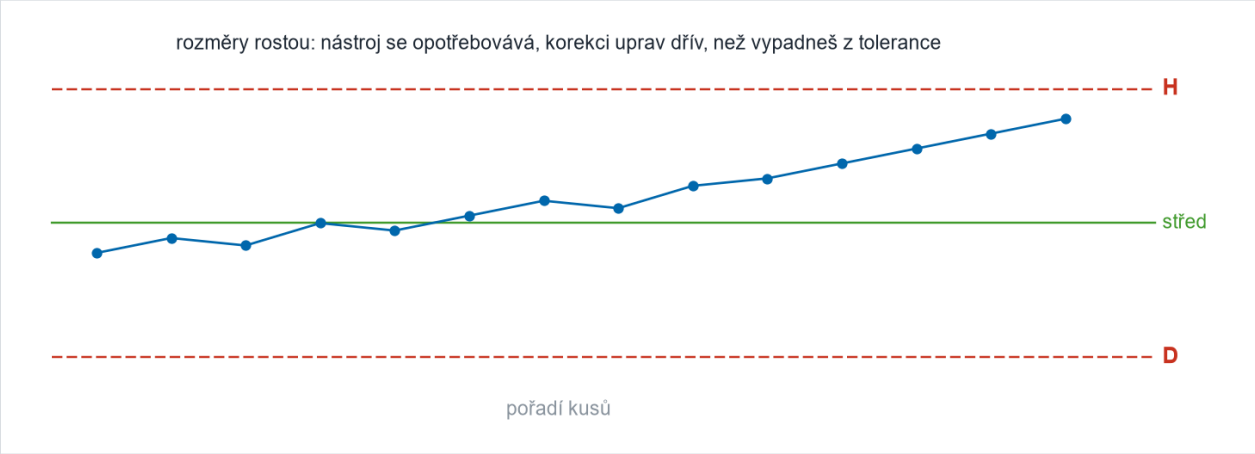
Příklad: Vnější čep má být 40 mm široký a naměříš 40,10 mm. Na každé straně zbývá 0,05 mm. U obrysu s korekcí poloměru proto zadáš poloměr frézy o 0,05 mm menší a nástroj pojede o tuto hodnotu blíž k obrysu. U hloubky je to podobné: kapsa o 0,02 mm mělčí znamená úpravu délky o tuto hodnotu.

> **POZOR**
> Po opravě znovu ověř směr. Oprava o stejnou hodnotu ve špatném směru udělá chybu dvojnásobnou a díl se může stát zmetkem. Korekce délky změněná špatným směrem může vést i ke kolizi.

Drsnost povrchu

Drsnost popisuje jemné nerovnosti povrchu. Na výkrese se nejčastěji uvádí Ra nebo Rz v mikrometrech. Na CNC frézce ji ovlivňuje hlavně posuv na zub, vyložení, stav ostří a chvění. Běžně se měří drsnoměrem nebo porovnáním s etalonem.

Sledování rozměru v sérii



Obr. 12.4 Rozměry v sérii postupně ujíždějí, jak se nástroj opotřebovává. Korekci uprav dřív, než vypadnou z tolerance.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Měří se při stojícím stroji a čisté ploše, přesné rozměry po vychladnutí.
- Rozměr se opravuje přes korekci, program zůstává.
- Na vysoké stěně měř nahoře i dole, odhalíš odtlačení frézy.
- V sérii sleduj trend a uprav korekci včas.

13

PROVOZ A OVĚŘENÍ ZNALOSTÍ

Údržba, emulze a pořádek

Denní a týdenní kontroly, péče o emulzi, odpady a pořádek na pracovišti.

Stroj, o který se obsluha stará, drží přesnost a méně se kazí. Většina poruch má na začátku malý příznak a všímavá obsluha ho zachytí včas. Přesné intervaly určuje návod ke stroji a pokyn UOV.

Co se kontroluje a jak často

Kdy	Co udělat
Před začátkem	Zkontroluj hladinu mazacího oleje a emulze, tlak vzduchu, pokud ho stroj používá, a jestli stroj nehlásí chybu.

Kdy	Co udělat
Během práce	Sleduj neobvyklé zvuky, únik kapalin, teplotu a stav třísek v prostoru. Třísky průběžně odstraňuj podle potřeby.
Po směně	Očisti pracovní prostor, stůl a svěrák, drážky stolu bez třísek. Vyprázdni nádobu na třísky a nech stroj čistý pro dalšího.
Týdně	Očisti filtry a sítko chlazení a zkontroluj vedení a stěrače. Očisti kužel vřetena a držáky.
Podle plánu	Výměna a čištění nádrže emulze, kontrola vůlí a přesnosti. Dělá odborná údržba.

POZOR

Stlačený vzduch na čištění používej jen tam, kde to dílna dovoluje. Fouká třísky do očí i do vedení a těsnění. Nikdy nemiř na sebe ani na druhé. Do pracovního prostoru se nesahá při běžícím stroji ani kvůli čištění.

Řezná kapalina, péče o emulzi

Emulze je směs vody a koncentrátu. Chladí, maže a odplavuje třísky. Když se o ni nikdo nestará, začne zapáchat a dráždit kůži.

- Koncentraci měř refraktometrem a drž ji v rozsahu výrobce, obvykle několik procent.
- Doplňuj hotovou směsí, ne samotnou vodou. Olej plovoucí na hladině odstraňuj.
- Zápach, změna barvy nebo pěna znamenají, že je čas na kontrolu.
- Kůži po práci umyj a použij krém, pokud je předepsaný.



Obr. 13.1 Ruční refraktometr na měření koncentrace.
Vlastník obrázku: CEphoto, Uwe Aranas, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Portable-Refractometer-16.jpg

Třísky a odpady

S odpadem z obrábění se zachází podle pravidel. Nesmí skončit v běžném koši ani v kanalizaci.

Odpad	Co s ním
Kovové třísky	Do označené nádoby, třídit podle materiálu. Ocel a hliník se nemíchají.
Použitá emulze a olej	Jen do určené nádrže, likviduje oprávněná firma. Do kanalizace nikdy.
Mastné hadry	Do uzavřené označené nádoby. Mohou se vznítit a znečišťují okolí.
Vyměnitelné destičky	Do nádoby na tvrdokov, ať se recyklují. Patří sem i staré frézy ze slinutého karbidu.

Pořádek na pracovišti: 5S

Metoda 5S pochází z Japonska. Jednoduše řečeno má všechno své místo a pracoviště je kdykoli připravené na práci.

Krok	Co znamená	Na pracovišti
1. Vytřídit	Co není potřeba, jde pryč.	Staré destičky a polotovary nezůstávají na stroji.
2. Uspořádat	Vše má své místo.	Klíče, měřidla a nástroje ve vozíku na stálém místě.
3. Čistit	Čistota odhalí závadu.	Na čistém stroji uvidíš únik oleje hned.
4. Standardizovat	Stejný postup pro všechny.	Kontrolní seznam před směnou.
5. Udržet	Z pravidel se stane návyk.	Stroj předáváš čistý a seřízený.

TIP

Měřidla neodkládej na stroj ani na třísky. Ukládej je do pouzdra nebo na podložku, jinak se poškrábou a přestanou měřit přesně.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Před prací zkontroluj mazání, emulzi a hlášení stroje.
- Na čistém stroji je závada vidět včas.
- Emulzi měř refraktometrem a doplňuj hotovou směsí.
- Třísky, emulze a hadry patří do označených nádob.

14

PROVOZ A OVĚŘENÍ ZNALOSTÍ

Časté problémy a jejich příčiny

Chvění, špatný povrch, rozměr mimo toleranci, zlomená fréza a další obvyklé potíže.

Většina problémů má jen několik možných příčin. Hledej je od nejjednodušších: upnutí, nástroj, podmínky. Program je obvykle až poslední, pokud už předtím fungoval.

Přehled

Příznak	Možná příčina	Co zkusit
Chvění, pískání	Dlouhé vyložení, velký záběr, nevhodné otáčky.	Zkraťvyložení, zmenši ap nebo ae, změň otáčky.
Špatný povrch	Velký posuv, opotřebený břit, nárůstek, chvění.	Sniž fz, vyměň frézu, zlepši chlazení.
Rozměr se postupně mění	Opotřebení nástroje, ohřev stroje a dílu.	Oprav korekci, změř po vychladnutí.
Rozměr se skokově liší	Volný nástroj, chyba v korekci, díl se posunul.	Zkontroluj upnutí a tabulku nástrojů.
Kuželovitá stěna	Odtlačení dlouhé frézy.	Kratší nástroj, dokončovací průchod s malým přídavkem.
Zlomená fréza	Velký záběr, třísky v drážce, tupý břit, zanoření.	Zmenši řez, lepší odvod třísek, zanořuj rampou.
Otřepy	Tupý nástroj, nesousledné frézování.	Vyměň nástroj, sraž hrany, jeď sousledně.
Rychlé opotřebení	Vysoká vc, slabé chlazení, nevhodný materiál břitu.	Sniž vc, oprav trysku, zvol jiný nástroj.
Podřízlý vnitřní roh	Fréza je příliš velká pro rádius.	Menší fréza, rádius větší než poloměr.
Díry mimo polohu	Vrták uhýbá, chybí navrtání.	Navrtej, kratší vrták, menší posuv.
Obrobek se ve svěráku pohnul	Malá upínací plocha, velký řez, špinavé podložky.	Kontrola upnutí, menší řez.
Stroj hlásí chybu	Koncový spínač, mazání, dveře, přetížení.	Přečti hlášení a zavolej UOV.

Jak hledat příčinu

1. Zastav a popiš, co přesně vidíš a kdy to začalo.
2. Zkontroluj nástroj a upnutí, pak korekce a nulu.
3. Zeptej se, co se od minula změnilo: nástroj, materiál, program, teplota.
4. Změň jen jednu věc a znovu sleduj výsledek.
5. Co jsi našel a změnil, si zapiš.

TIP

Dlouhodobý zápisník je silný nástroj. Podmínky, které fungovaly na daném materiálu a nástroji, příště ušetří hodiny zkoušení.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Začni upnutím a nástrojem, program je až poslední.
- Měň jednu věc najednou.
- Hlášení stroje si přečti a neignoruj ho.

15

PROVOZ A OVĚŘENÍ ZNALOSTÍ

Cvičení a test

Příklady na souřadnice, výpočty a bezpečnost, test a řešení.

Cvičení

Cvičení 1: souřadnice

Polotovar má rozměry 80 x 60 x 20 mm, nula je v levém předním rohu na horní ploše. Zapiš bod: a) střed polotovaru na povrchu, b) 5 mm do materiálu v bodě X10 Y10, c) 2 mm nad povrchem nad pravým zadním rohem.

Cvičení 2: otáčky a posuv

Fréza Ø10, 4 břity, vc = 50 m/min a fz = 0,02 mm. Spočítej otáčky a rychlost posuvu.

Cvičení 3: čelní fréza

Fréza Ø63, 6 břitů, vc = 150 m/min a fz = 0,12 mm. Spočítej otáčky a rychlost posuvu.

Cvičení 4: strojní čas

Drážka je dlouhá 120 mm, nájezd je 10 mm a rychlost posuvu 130 mm/min. Jak dlouho trvá jeden průchod?

Cvičení 5: objem třísek

ap = 3 mm, ae = 8 mm, vf = 250 mm/min. Spočítej Q.

Cvičení 6: rohy

Kapsa má vnitřní rádius R2. Která z fréz Ø3, Ø4 a Ø6 ji udělá podle zásad z kapitoly 6? Zdůvodni.

Cvičení 7: najdi chyby

Žák upnul díl přímo na čelisti bez podložek, klíč nechal na stole a do kleštiny dal frézu se špinavou stopkou s dlouhým vyložením. Nulu v Z nastavil bez ověření. Protože spěchal, přeskočil simulaci a zanořil obyčejnou frézu bez středového břitu kolmo do plného materiálu. V rukavicích za chodu odstranil třísku. Najdi aspoň pět chyb.

Test

1. Co se točí při frézování?
2. Kterým směrem vede záporné Z?
3. K čemu slouží nulový bod obrobku?
4. Proč ověřuješ nulu ve velké výšce?
5. Jaké je správné pořadí vyjetí před výměnou nástroje?
6. Proč se u rotujících částí nenosí rukavice?
7. Co uděláš jako první po kolizi?
8. Co dělá délková korekce?
9. Proč nejde frézou udělat ostrý vnitřní roh?
10. Čím se liší ap a ae?
11. Jaký je rozdíl mezi sousledným a nesousledným frézováním?
12. Proč se fréza zanořuje rampou nebo po šroubovici?
13. Proč má být šroub upínky blízko k obrobku?
14. Na co se používají rovnoběžné podložky?
15. Kam patří použitá emulze?

Řešení cvičení

Cvičení	Řešení
1	a) X40 Y30 Z0, b) X10 Y10 Z-5, c) X80 Y60 Z2.
2	n = 1000 · 50 / (π · 10) = 1592 ot/min, vf = 0,02 · 4 · 1592 = 127 mm/min.
3	n = 1000 · 150 / (π · 63) = 758 ot/min, vf = 0,12 · 6 · 758 = 546 mm/min.
4	t = (120 + 10) / 130 = 1 min.
5	Q = 3 · 8 · 250 / 1000 = 6 cm³/min.
6	Jen Ø3, poloměr 1,5 mm je menší než R2. Ø4 má poloměr rovný R2, což je na hraně a podle zásady má být rádius větší. Ø6 je příliš velká.
7	Chybějící podložky, klíč na stole, špinavá stopka, dlouhé vyložení, neověřená nula, přeskočená simulace, zanoření nevhodnou frézou, rukavice a odstraňování třísky za chodu.

Řešení testu

1. Nástroj.
2. Do materiálu, od nástroje k obrobku.
3. Je to bod, ke kterému je napsaný program.
4. Případná chyba v Z se projeví bez kolize.
5. Nejdřív Z nahoru, potom X a Y.
6. Stroj je zachytí a vtáhne ruku.
7. Stisknu nouzové zastavení.
8. Zajistí stejnou výšku Z pro nástroje různé délky.
9. Fréza je kulatá a v rohu nechá svůj poloměr.
10. ap je hloubka řezu v ose nástroje, ae je šířka záběru do strany.
11. Při sousledném jde břit stejným směrem jako posuv, při nesousledném proti němu.
12. Ne každá fréza má řezný břit ve středu, svislé zanoření ji přetíží a může ji zlomit.
13. Větší část upínací síly pak jde na obrobek.
14. Zvedají obrobek nad čelisti a dávají mu rovnou opěrnou plochu.
15. Do určené nádrže, nikdy do kanalizace.

16

PROVOZ A OVĚŘENÍ ZNALOSTÍ

Slovníček a zdroje

Vysvětlení pojmů, použité zdroje a vlastníci obrázků.

Slovníček

Pojem	Vysvětlení
BOZP	bezpečnost a ochrana zdraví při práci
Blok	jeden řádek NC programu
Cyklus	předem připravený postup volaný jedním příkazem
Emulze	řezná kapalina, směs vody a koncentrátu
Fréza	rotační vícebřitý nástroj
Hrubování	rychlé odebrání většiny materiálu
Kapsa	uzavřené vybrání se dnem
Kleština	pružné pouzdro, které svírá stopku nástroje po celém obvodu
Kolize	nežádoucí náraz nástroje nebo pohyblivé části
Kontura	dráha, podle které se tvaruje díl
Korekce	hodnota, kterou systém přičte k dráze nebo výšce
Modální funkce	funkce, která platí, dokud ji jiná nezmění
Nulový bod obrobku	bod, ke kterému je napsaný program
Odtlačení	ohnutí nástroje při řezu, způsobuje kuželovité stěny
Override	ruční procentní změna rychlostí během běhu
Přísuv	pohyb do další hloubky nebo šířky řezu
Referenční bod	známé místo stroje pro zjištění přesné polohy
Rychloposuv	nejvyšší rychlost stroje mimo řez
Simulace	grafické odzkoušení programu bez pohybu stroje

Pojem	Vysvětlení
Sousledné frézování	břit jde stejným směrem jako posuv
UOV	učitel odborného výcviku
Zanoření	vstup frézy do materiálu ve směru Z

Zdroje

- Zákon č. 561/2004 Sb., zákon č. 262/2006 Sb., zákon č. 309/2006 Sb., nařízení vlády č. 378/2001 Sb. a č. 390/2021 Sb. Závazné znění je ve Sbírce zákonů.
- ISO 841 souřadnicový systém a pohyby strojů, ISO 6983 formát programu, ISO 7010 bezpečnostní značky, ISO 16090-1 bezpečnost obráběcích center a frézek.
- Rámcový vzdělávací program 23-56-H/01 Obráběč kovů, MŠMT.
- Vlastní dřívější školní materiály k CNC frézování a teorii odborného výcviku.
- Vzorce a orientační hodnoty jsou běžné technické údaje. Hodnoty pro konkrétní nástroj jsou v katalogu výrobce.
- Skutečné obrázky mají vlastníka uvedeného pod obrázkem a v tabulce níže. Schémata bez uvedeného vlastníka jsou vlastní zpracování.

Kde	Vlastník a zdroj obrázku
Obálka vlevo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Makino-S33-MachiningCenter-example.jpg
Obálka vpravo	TurnOnTheNight, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SMTCL_VMC0656e_5-axis_machining_center_20260331123404.jpg
Obr. 1.1 vlevo	Mike Zielinski, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kent_USA_MACHINING_CENTER_KVR-4020A.jpg
Obr. 1.1 vpravo	TurnOnTheNight, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SMTCL_VMC0656e_5-axis_machining_center_20260331123404.jpg
Obr. 1.3 vlevo, 6.3 vlevo	Střední odborná škola - Frýdek-Místek, web sosfm.cz, stránka oboru Obráběč kovů se zaměřením na obsluhu CNC strojů, galerie
Obr. 1.3 vpravo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Makino-S33-MachiningCenter-example.jpg
Obr. 2.1 vlevo	Jacek Halicki, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2023_Okulary_ochronne_(1).jpg
Obr. 2.1 vpravo	Francis Flinch, Wikimedia Commons, licence CC BY 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:S3_safety_footwear.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

Kde	Vlastník a zdroj obrázku
Obr. 2.3	Cjp24, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Emergency_stop_button.jpg
Obr. 3.2	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
Obr. 3.3	Denis kasozi, Wikimedia Commons, licence CC BY 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fire_extinguisher_tool.jpg
Obr. 4.2	GaspariniMB, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chain_type_changer_and_arm_with_two_grippers.jpg
Obr. 4.3 vlevo	Graibeard, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BallScrewNut-showing-balls-recirculating-tubes.jpg
Obr. 4.3 vpravo	Silberwolf, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linear_table_rail_guide.png
Obr. 4.4	Lfelipelopezp, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Instituto_de_Electromecanica_053.jpg
Obr. 4.5 vlevo	Dan Bollinger, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bridgeport_knee_mill_restored.jpg
Obr. 4.5 vpravo	Ms. Kotone Ojiri, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:06_INH_Automation.jpg
Obr. 5.2	Robert Hewitt, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edge_Finder_2.png
Obr. 6.2 vlevo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillingCutterSlotEndMillBallnose.jpg
Obr. 6.2 vpravo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillingCutterCarbideTippedFaceMill-INT40.jpg
Obr. 6.3 vpravo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillSideAndFaceCutter.jpg
Obr. 6.4	Aweber4418, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ER_Collet.jpg
Obr. 7.1 vlevo	Germ Halter, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maschinenschraubstock_DDR_Ansicht_von_oben.jpg
Obr. 7.1 vpravo	David English, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rotary_Table_in_Use.jpg
Obr. 9.1	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SwarfSamples.jpg
Obr. 9.2	Kinshofer, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:KinshoferGmbH_HPXdrive_manufacturing.JPG
Obr. 12.1 vlevo	ArtMechanic, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Messschieber.jpg

Kde	Vlastník a zdroj obrázku
Obr. 12.1 vpravo	Lucasbosch, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mahr_Micromar_40A_0–25_mm_Micrometer.jpg
Obr. 12.2 vlevo	Splarka at English Wikipedia, Wikimedia Commons, volné dílo (public domain), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Micrometers.jpg
Obr. 12.2 vpravo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GaugePlugSpecialGoNoGo.jpg
Obr. 13.1	CEphoto, Uwe Aranas, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Portable-Refractometer-16.jpg

PAMATUJ

Tento materiál vysvětluje obecné základy a nenahrazuje školení, návod ke stroji ani pokyny UOV. Hodnoty a možnosti vždy ověř na konkrétním stroji.

TIP

Obrázky jsou použité podle licencí uvedených u každého z nich a patří svým vlastníkům. Uvedení vlastníka neznamená, že se obrázek smí šířit bez podmínek. Před použitím mimo výuku si ověř podmínky jeho licence.