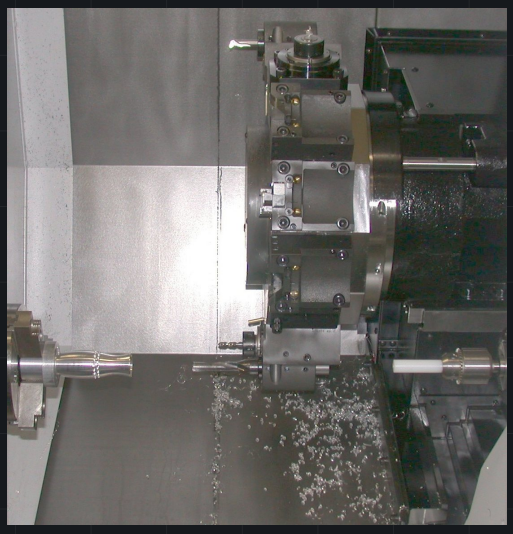
VŠEOBECNÉ INFORMACE

CNC soustruh

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





Fotografie: obě Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0, 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 soustruh	3
2	Podmínky pro práci a bezpečnost	6
3	Kolize, nehoda a první pomoc	12

STROJ A SOUŘADNICE

4	Stavba CNC soustruhu	15
5	Souřadnice a důležité body	21

NÁSTROJE A ŘEZNÉ PODMÍNKY

6	Nástroje	24
7	Upínání obrobku	29
8	Řezné podmínky	32
9	Tříska, chlazení a opotřebení	36

OD VÝKRESU K DÍLU

10	Od výkresu k hotovému dílu	39
11	Základy NC programu	41
12	Měření a kvalita	44

PROVOZ A OVĚŘENÍ ZNALOSTÍ

13	Údržba, emulze a pořádek	48
14	Časté problémy a jejich příčiny	50
15	Cvičení a test	52
16	Slovníček a zdroje	54

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 soustruhy 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

Co je CNC soustruh

Co CNC soustruh umí, čím se liší od klasického stroje, co na něm vzniká a kde se používá.

Soustruh obrábí rotační součásti. Obrobek se točí a nůž se posouvá podél něj a odebírá třísku. Tak vznikají válce, kužely, čela, zápichy, závity a rádiusy. Zkratka **CNC** znamená Computer Numerical Control, tedy číslicové řízení počítačem.

Na klasickém soustruhu otáčí klikami člověk a sleduje stupnice. Na CNC soustruhu popíšeš pohyby v programu a provedou je motory, stejně pokaždé. Obsluha přestává být tím, kdo řeže rukama, a stává se tím, kdo stroj připraví, zkontroluje a hlídá.





Obr. 1.1 CNC soustruhy s uzavřeným pracovním prostorem, vždy s ovládacím panelem na přední straně. *Vlastník obrázku: vlevo Nathaniel C. Sheetz, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Small_CNC_Turning_Center.jpg; vpravo Mike Zielinski, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kent_USA_KLS-1840N_CNC_Lathe.jpg*

Klasický a CNC soustruh vedle sebe

	Klasický soustruh	CNC soustruh
Pohyb nože	ruční kliky nebo samočinný posuv	motory podle programu
Kontrola rozměru	stupnice, měření, zkušenost	souřadnice na displeji, korekce nástroje
Kužel a rádius	složité, často tvarový nůž nebo nástavec	dvě osy jedou současně
Závit	převody a matice suportu	systém svazuje otáčky a posuv

	Klasický soustruh	CNC soustruh
Opakovatelnost	závisí na člověku	stejný program dává stejný pohyb
Výměna nástroje	ručně	revolverová hlava sama
Co musí obsluha umět	ruční zručnost, cit pro řez	výkres, technologie, program, seřízení

PAMATUJ

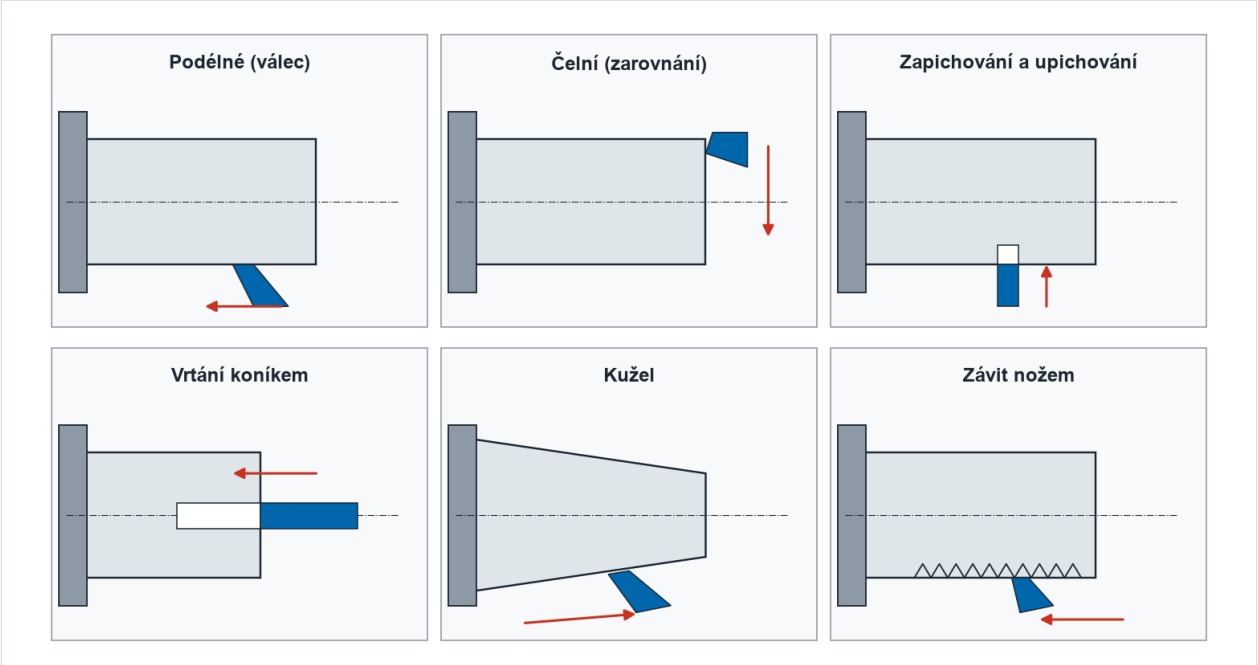
CNC stroj nepřemýšlí. Provede přesně to, co je v programu, včetně chyby. Dobrý CNC obráběč proto musí rozumět řezání stejně jako obráběč na klasickém stroji.

PAMATUJ

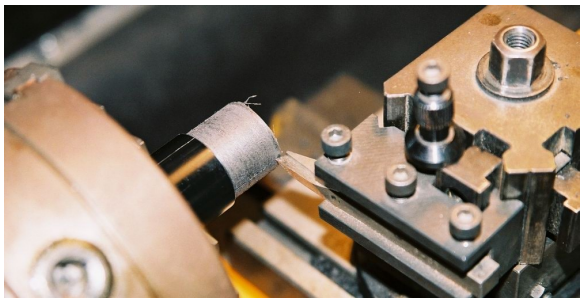
Na CNC strojích se používají řídicí systémy různých výrobců, například Siemens Sinumerik, Heidenhain nebo ProtoTRAK. Tato příručka se jimi nezabývá. Obsluhu a programování každého z nich popisují samostatné manuály.

Co se na soustruhu vyrábí

Na soustruhu vznikají hlavně díly s osou otáčení: hřídele, čepy, pouzdra, příruby, šrouby a kroužky. Základní operace ukazuje obrázek.



Obr. 1.2 Základní operace: podélné soustružení, čelní soustružení, zapichování a upichování, vrtání koníkem, kužel a závit nožem.





Obr. 1.3 Podélné soustružení na soustruhu (vlevo). Hotový soustružený díl na fotografii z galerie oboru na webu školy (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Greudin, Wikimedia Commons, volné dílo (public domain), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tour-chariotage-couteau.jpg; vpravo Střední odborná škola - Frýdek-Místek, web sosfm.cz, stránka oboru Obráběč kovů se zaměřením na obsluhu CNC strojů, galerie

Výhody a omezení CNC

Výhody	Na co si dát pozor
Stejná kvalita u každého kusu	Drahý stroj a nástroje, kolize je drahá
Složité tvary bez speciálních nástrojů	Příprava a seřízení zaberou čas, u jednoho kusu i déle než samotný řez
Vyšší řezné rychlosti a kratší čas výroby	Chybu v programu zopakuje stroj u každého kusu
Méně fyzické námahy, jeden člověk zvládne víc	Obsluha musí být pozorná, i když stroj běží sám

Kde se s CNC soustruhem setkáš

CNC soustruhy pracují všude, kde se vyrábí hřídele, čepy a přesné rotační díly: v automobilovém průmyslu, strojírenství, energetice, zdravotnictví i v malých zakázkových dílnách. Malý stroj zvládne díly o průměru několika desítek milimetrů, velké soustruhy obrábějí kusy o hmotnosti mnoha tun.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Obrobek se točí, nůž odebírá třísku.
- 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 soustruhu 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.
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 23125	bezpečnost obráběcích strojů, soustruhy
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.

Pomůcka	Proč a kdy
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
Navinutí	Rotující sklíčidlo nebo obrobek zachytí oděv, vlasy nebo rukavici.	Přiléhavý oděv, žádné rukavice, ruce mimo prostor při otáčení.
Vymrštění obrobku	Slabé upnutí, velké vysunutí, příliš vysoké otáčky nebo kolize.	Správné upnutí, podepření dlouhých dílů, dodržené otáčky sklíčidla, zavřené dveře.
Klíč ve sklíčidle	Zapomenutý klíč vyletí při roztočení vřetena.	Klíč nikdy nepouštěj, po upnutí ho hned vrať na místo.
Tyč za vřetenam	Dlouhý tyčový materiál, který přesahuje za vřeteník, se při otáčkách rozkmitá.	Bez podávacího zařízení nebo opěry tyč za vřeteník nepřesahuje.
Třísky	Dlouhá stuha je ostrá a horká a umí řezat jako nůž.	Třísky odstraňuj jen po zastavení, háčkem nebo štětcem, nikdy holou rukou.
Kolize	Chyba v programu, korekci nebo nule, zapomenuté nářadí v prostoru.	Simulace, první kus po blocích, snížený override, ruka u zastavení.
Stlačení a přiskřípnutí	Suport, revolverová hlava nebo koník 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.

Riziko	Jak vzniká	Jak mu předejít
Těžká břemena	Sklíčidlo 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. Pracovní prostor je čistý, nezůstalo v něm nářadí, měřidlo ani hadr.
2. Klíč není ve sklíčidle, obrobek je pevně upnutý a vysunutí odpovídá postupu.
3. Nástroje jsou pevné, ve správných pozicích a nezasahují do sebe, do sklíčidla ani do koníku.
4. Korekce nástrojů a nulový bod sedí k tomuto obrobku.
5. Program prošel simulací a víš, co udělá první pohyb.
6. Otáčky nepřekračují mez sklíčidla ani nástroje, u konstantní řezné rychlosti je nastavené omezení.

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

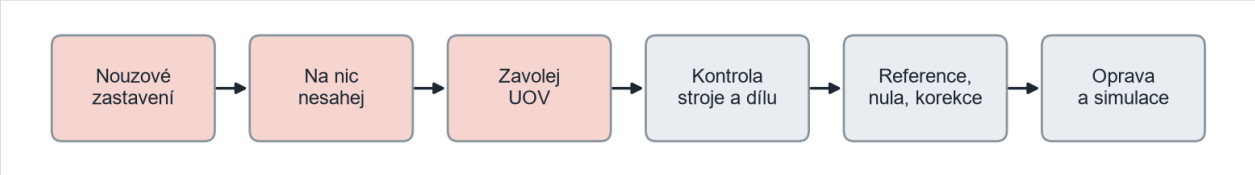
Kdy stroj zastavit, co dělat po kolizi a výpadku proudu, první pomoc a požár.

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, sklouzl nebo se chvěje víc než obvykle.
- 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, sklíčidlo, revolverovou hlavu 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 roztočení vřetena slyšíš, že klíč zůstal ve sklíčidle, ale ještě nevyletěl.	Nouzové zastavení, stůj stranou, zavolej UOV.
Dlouhá tříska se namotává na obrobek a sahá k nástroji.	Zastav program a vřeteno, počkej na doběh, odstraň háčkem. Potom uprav podmínky.

Situace	Správná reakce
Při prvním kuse jede nůž výrazně blíž k obrobku, než čekáš.	Zastavení posuvu nebo nouzové zastavení, ověř korekci a nulu.
Spolužák chce, abys pustil stroj s otevřenými dveřmi, ať je vidět řez.	Odmítni. Blokování se neobchází, řez se sleduje oknem.
Obrobek se při řezu rozkmital a začal chvět.	Zastav, zkontroluj upnutí a vysunutí, uprav podmínky nebo podepři koníkem.
Malé říznutí od třísky, 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 soustruhu

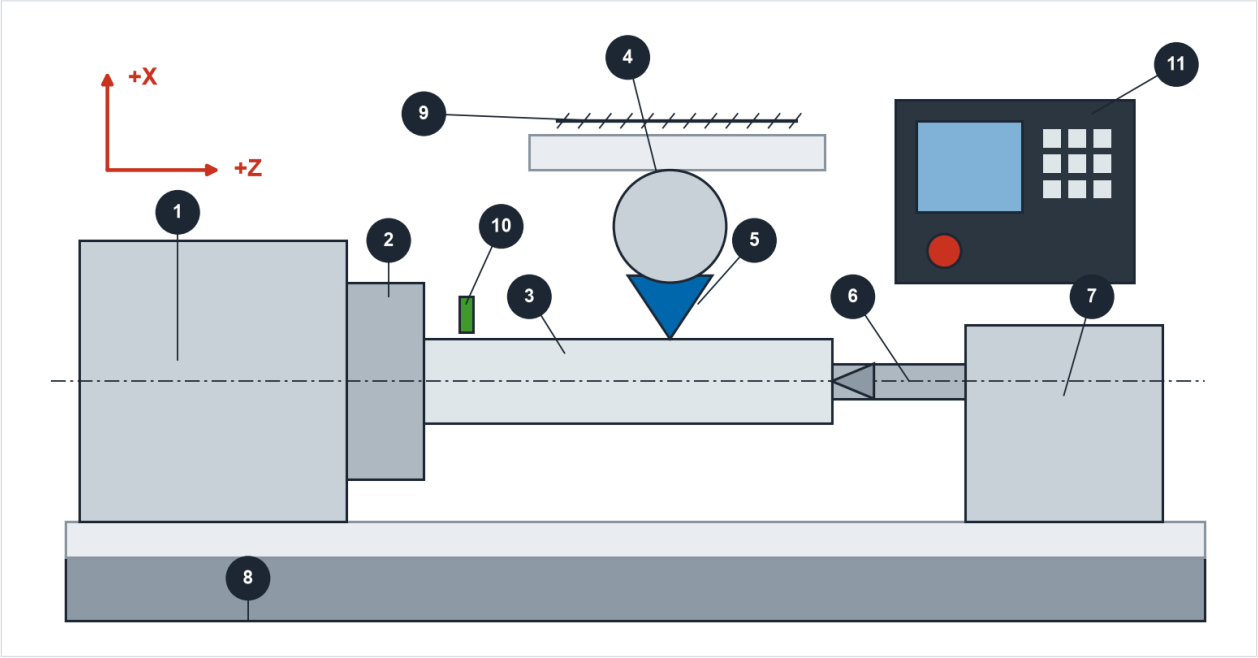
Lože, vřeteník, revolverová hlava, koník, pohony, chlazení a základní údaje stroje.

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 obrobek na zadané otáčky, kuličkové šrouby posouvají suport s nástrojem 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, vřeteník a vedení.
- Pohyblivé části dělají řez: vřeteno, suport a nástrojová hlava.
- Pomocné části udržují provoz: chlazení, mazání, odvod třísek a kryty.



Obr. 4.1 Zjednodušené schéma CNC soustruhu. Skutečné uspořádání suportu a hlavy se u strojů liší, u mnoha je nástrojová hlava za osou obrobku.

Č.	Část	K čemu slouží
1	Vřeteník	Nese vřeteno s motorem, roztáčí obrobek. Otáčky se mění plynule.
2	Sklíčidlo	Upíná obrobek. Jiné možnosti jsou kleština nebo upnutí mezi hroty.
3	Obrobek	Díl, který právě vzniká.
4	Revolverová hlava	Nese nástroje a sama je střídá natočením.
5	Nůž	Řezný nástroj, nejčastěji držák s vyměnitelnou destičkou.
6	Hrot	Podpírá dlouhý obrobek z čela, může být místo něj i vrták.
7	Koník	Nese hrot, posouvá se po loži a jeho poloha se upevňuje.
8	Lože	Základ stroje s vedením, musí být tuhé a odolné vůči chvění.
9	Suport a kuličkové šrouby	Pohybují nástrojovou hlavou v osách X a Z.
10	Tryska chlazení	Přivádí řeznou kapalinu k místu řezu.
11	Řídicí panel	Obrazovka a klávesy pro obsluhu a program.

Lože a vedení

Lože nese všechny další části. CNC soustruhy mají často **šikmé lože**. Třísky tak padají dolů mimo vedení, obsluha má lepší přístup k pracovnímu prostoru a stroj je tuhý. Na vedení jezdí suport a koník. Vedení je valivé, s kuličkami nebo válečky, nebo kluzné. Závisí na něm přesnost stroje, proto se o ně musí pečovat a nesmí se na ně nic pokládat.

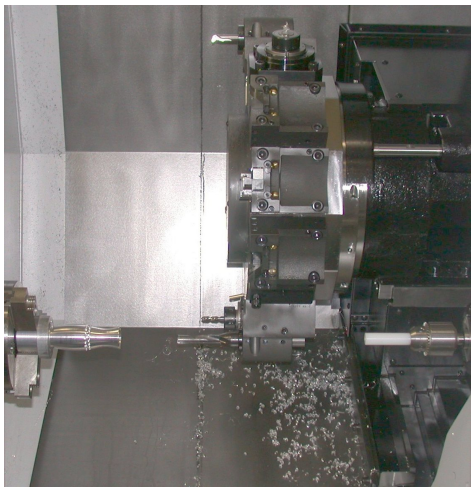
Vřeteník a vřeteno

Vřeteno je dutý hřídel uložený v přesných ložiskách. Otvorem ve vřetenu lze podávat tyč, jeho velikost proto určuje, jak silný materiál lze obrábět z tyče. Otáčky obvykle mění frekvenční měnič plynule. Snímač hlídá polohu vřetena, díky tomu může řídicí systém přesně svázat otáčky s posuvem při řezání závitů.

Revolverová hlava

Revolverová hlava nese několik nástrojů a sama je střídá natočením. Výměna trvá chvilku a člověk při ní nezasahuje.

- Každá pozice má své číslo. Nástroj musí být v té pozici, kterou čeká program.
- Nástroje nesmí při otočení zasáhnout do obrobku, sklíčidla ani koníku.
- Před otočením hlavy musí nástroj vyjet do bezpečné polohy.
- Větší stroje mají poháněné nástroje a osu C nebo Y, takže umí i vrtat a frézovat.

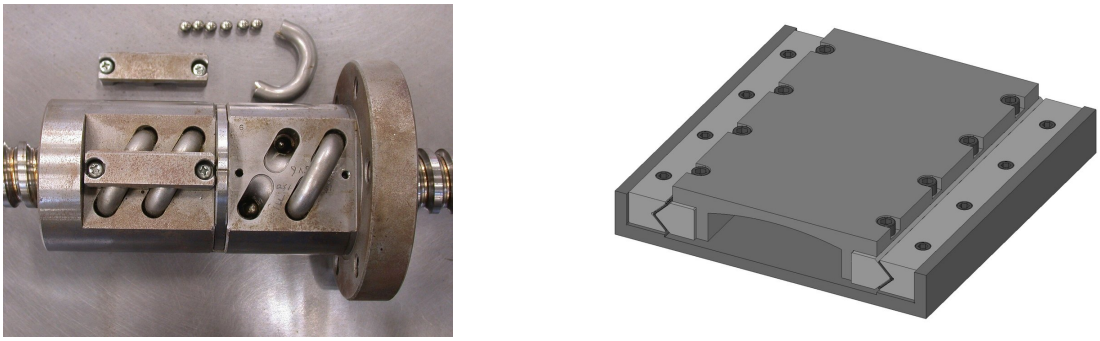


Obr. 4.2 Pracovní prostor CNC soustruhu: revolverová hlava s nástroji a třísky pod ní. *Vlastník obrázku: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MoriSeiki-examples.jpg*

Koník a luneta

Dlouhý a štíhlý obrobek by se při řezu ohýbal a chvěl. **Koník** ho podepře hrotem z čela. U velmi štíhlých dílů pomůže ještě **luneta**, která drží díl v jeho délce. Koník se používá i pro vrtání, pokud to stroj dovoluje. Na CNC soustruhu ho může ovládat i program.

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

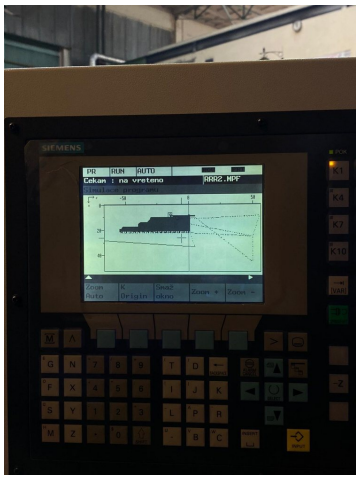
Motor otáčí **kuličkovým šroubem** a ten mění otáčení na přímý pohyb. Kuličky mezi šroubem a maticí zmenšují tření a téměř odstraňují vůli. Proto je pohyb přesný a lehký. Podle typu stroje posouvají osy servomotory nebo krokové motory a polohu může hlídat snímač přímo na motoru nebo na ose.

Chlazení, mazání a dopravník třísek

- **Chlazení:** čerpadlo žene emulzi z nádrže přes trysky k řezu a kapalina se přes filtry vrací zpět.
- **Mazání:** centrální mazání dávkuje olej do vedení a šroubů. Když olej dojde, stroj to obvykle hlásí a může se zastavit.
- **Dopravník třísek:** pokud ho stroj má, vynáší třísky z prostoru do nádoby. Bez něj třísky čistí obsluha po zastavení.

Řídicí systém a panel

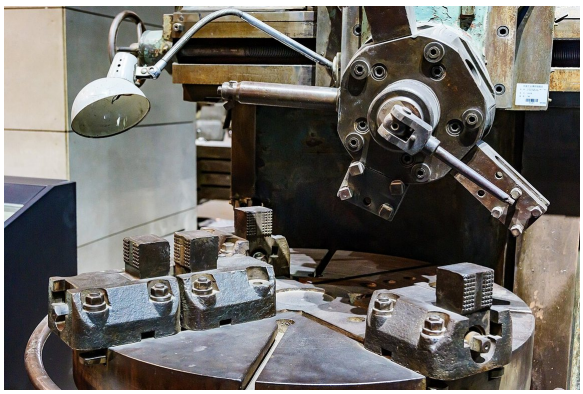
Řídicí systém je počítač, který čte program, počítá dráhu a řídí pohony, vřeteno, chlazení a výměnu nástroje. Na panelu najdeš obrazovku, klávesnici, přepínače režimů, override a tlačítka start a stop. Každé řízení vypadá trochu jinak, proto si panel ukaž na svém stroji.



Obr. 4.4 Řídicí panel s grafickou simulací programu, fotografie z galerie oboru na webu školy.
Vlastník obrázku: Střední odborná škola - Frýdek-Místek, web sosfm.cz, stránka oboru Obráběč kovů se zaměřením na obsluhu CNC strojů, galerie

Druhy CNC soustruhů





Obr. 4.5 Víceúčelový CNC stroj pro složité díly (vlevo). Svislý soustruh s velkou upínací deskou (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Whoisjohngalt, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Okuma_MULTUS_U3000_multi-tasking_machine_with_automatic_tool_changer_2.jpg; vpravo TurnOnTheNight, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:C512_single-column_vertical_lathe_20260331130236.jpg

Druh	Pro co se hodí
Vodorovný soustruh	Nejběžnější typ, hřídele, čepy a příruby.
Svislý soustruh	Velké a těžké díly s velkým průměrem, obrobek leží na desce.
Soustružnické centrum	Poháněné nástroje a další osy, díl se dokončí na jedno upnutí.
Soustruh s protivřetenam	Druhé vřeteno převezme díl a obrobí jeho zadní stranu.

Druh	Pro co se hodí
Automat	Velké série malých dílů z tyče.

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
Oběžný průměr nad ložem	Největší průměr, který se nad ložem otočí bez dotyku.
Vzdálenost mezi hroty	Největší délka obrobku upnutého mezi hroty.
Otvor ve vřetenu	Největší tyč, kterou lze prostrčit vřetenam.
Výkon hlavního motoru	Omezuje velikost řezu, zejména v materiálu s velkým odporem.
Maximální otáčky	Horní mez vřetena. Sklíčidlo může mít mez nižší.
Rychlost posuvu	Nejvyšší rychlost osy, typicky při rychloposuvu.
Nejmenší krok	Nejmenší pohyb, který systém povolí.
Hmotnost obrobku	Co smí nést vřeteno a koník. Nepřekračuj ji.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Základ tvoří lože, vřeteník, sklíčidlo, suport s nástrojovou hlavou, koník a řídicí systém.
- Kuličkové šrouby dávají přesný pohyb téměř bez vůle.
- Před otočením hlavy musí nástroj vyjet do bezpečí.
- Limity stroje najdeš v jeho dokumentaci, nikdy je nepřekračuj.

5

STROJ A SOUŘADNICE

Souřadnice a důležité body

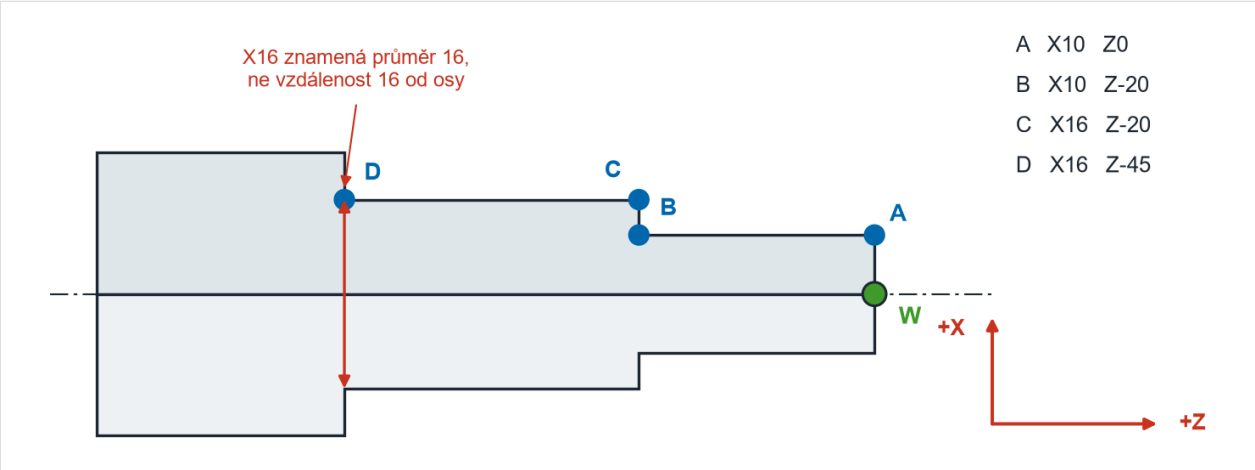
Osy X a Z, průměr v programu, nulové body, absolutní a přírůstkové souřadnice.

Aby stroj věděl, kam jet, potřebuje souřadnice. Základní soustruh pracuje ve dvou osách a popis vychází z normy ISO 841: kladný směr osy vede vždy od obrobku pryč, tedy tak, že se nástroj vzdaluje.

- **Osa Z** leží v ose vřetena. Kladný směr vede od sklíčidla ven, záporný ke sklíčidlu.
- **Osa X** je kolmá na osu vřetena. Kladný směr vede od osy obrobku pryč.

X jako průměr

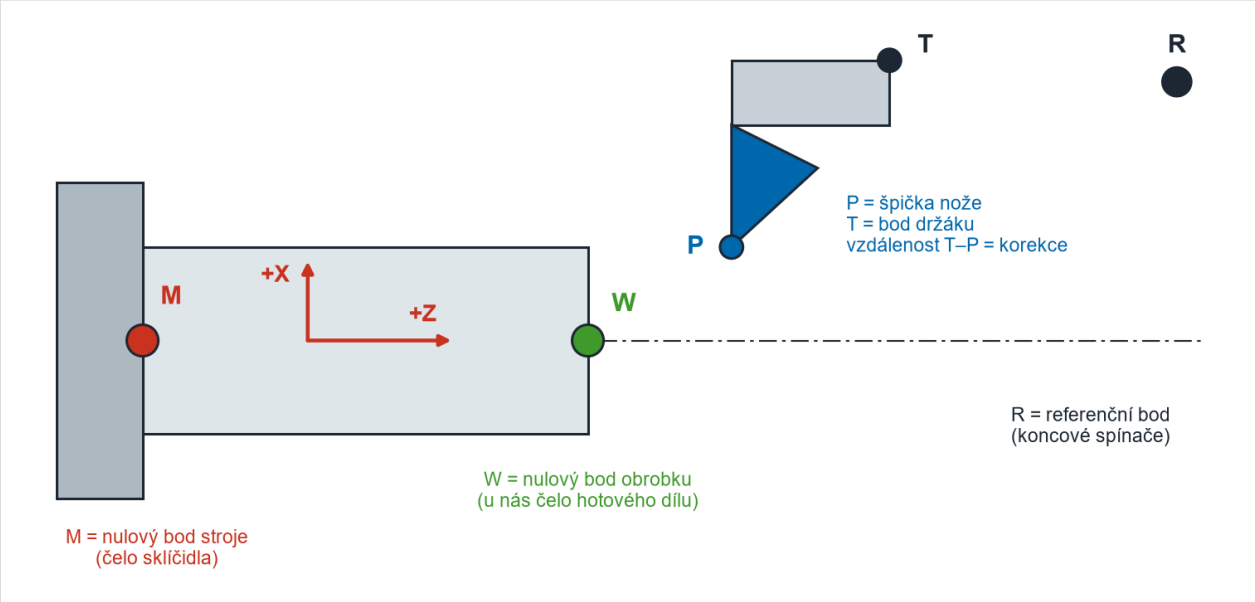
Zvláštnost soustruhu: v ose X se běžně zapisuje průměr. X40 znamená průměr 40 mm, tedy nástroj je 20 mm od osy. Výkres je kótovaný na průměr, takže program se čte stejně jako výkres.



Obr. 5.1 X16 znamená průměr 16 mm. Body A až D popisují obrys, nula W je na čele, vlevo od něj je Z záporné.

> **POZOR**
> Když na stroji změníš hodnotu X o 1 mm, změní se průměr o 1 mm, ale nástroj se pohne jen o 0,5 mm. Hloubka řezu na poloměru je proto poloviční než rozdíl průměrů.

Důležité body stroje

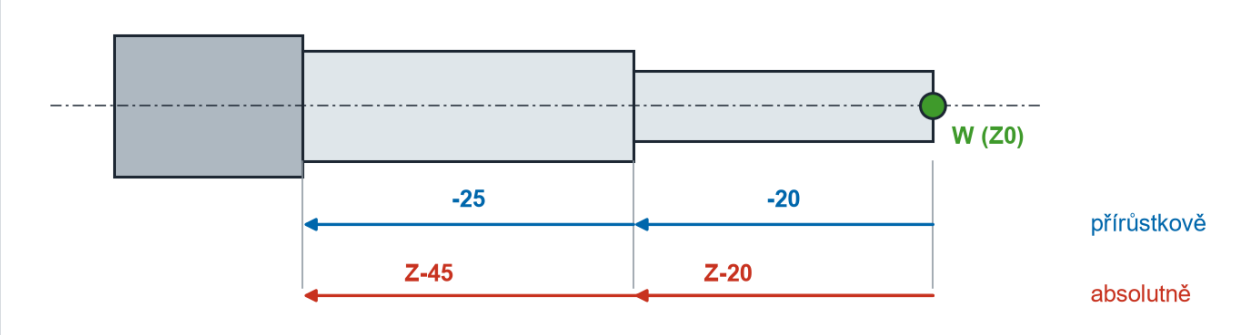


Obr. 5.2 Vztažné body soustruhu: nulový bod stroje M, nulový bod obrobku W, bod upínače T, špička P a referenční bod R. Skutečná poloha M a R závisí na výrobci.

Bod	Název	Co to je a proč je důležitý
M	Nulový bod stroje	Pevný bod stroje, který určil výrobce, často na čele vřetena nebo upínače.
W	Nulový bod obrobku	Bod, ke kterému píšeš program. Volí se podle kót výkresu, nejčastěji na ose a na čele hotového dílu.
R	Referenční bod	Známé místo, ke kterému stroj najede, aby zjistil svou polohu.
T	Bod upínače nástrojů	Pevný bod nástrojové hlavy. Stroj zná jeho polohu.
P	Špička nástroje	Teoretická špička nože. Program popisuje dráhu právě tohoto bodu.

Absolutní a přírůstkové souřadnice

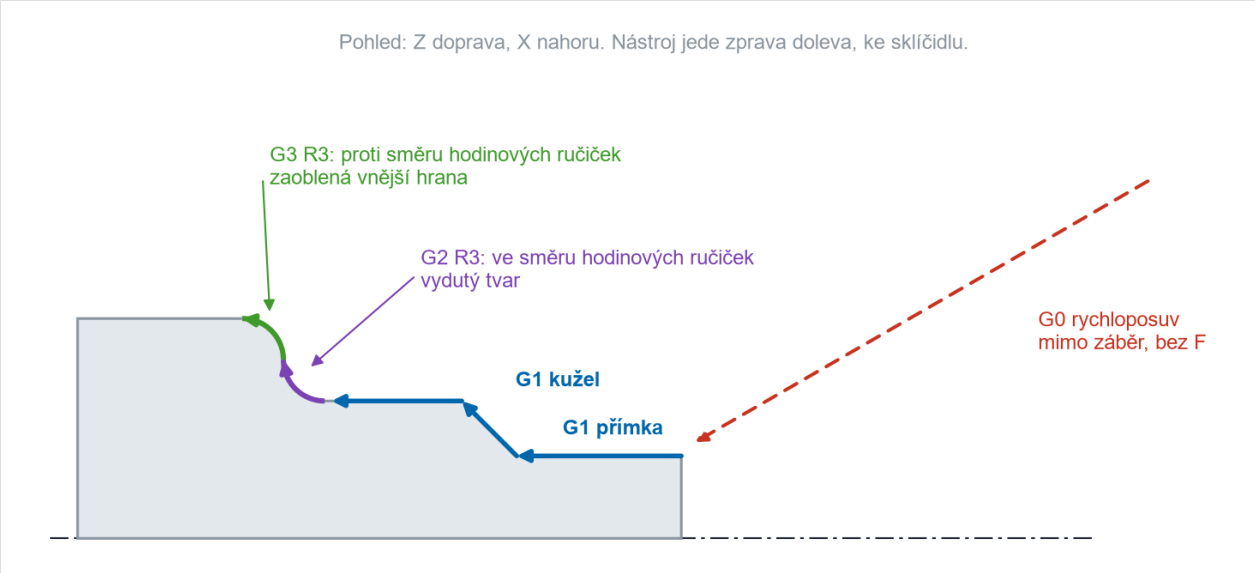
Absolutně říkáš, kam má nástroj dojet, vždy vzhledem k nule obrobku. **Přírůstkově** říkáš, o kolik se má posunout od aktuální polohy. Stejný obrys se dá popsat oběma způsoby.



Obr. 5.3 Dvě délky popsané od čela. Absolutně Z-20 a Z-45, přírůstkově -20 a -25.

> **TIP**
> Začátečník se drží absolutních souřadnic. Chyba v absolutním programu pokazí jeden bod. V přírůstkovém se přenese do všech dalších řádků.

Dráhy nástroje



Obr. 5.4 Základní dráhy: přímka po válci, šikmá přímka, oblouk a rychloposuv mimo záběr.

Oblouk je potřeba zapsat i se smyslem, po směru nebo proti směru hodin. Jak to vypadá, záleží na tom, jestli je nástroj před osou nebo za ní, což se u strojů liší. Kdo si není jistý, ověří si to v simulaci. Špatný směr je tam vidět hned.

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

- Z je osa vřetena, záporné Z vede ke sklíčidlu.
- X se běžně zadává jako průměr.
- M je dané strojem, W si volíš podle výkresu.
- Začátečník se drží absolutních souřadnic.

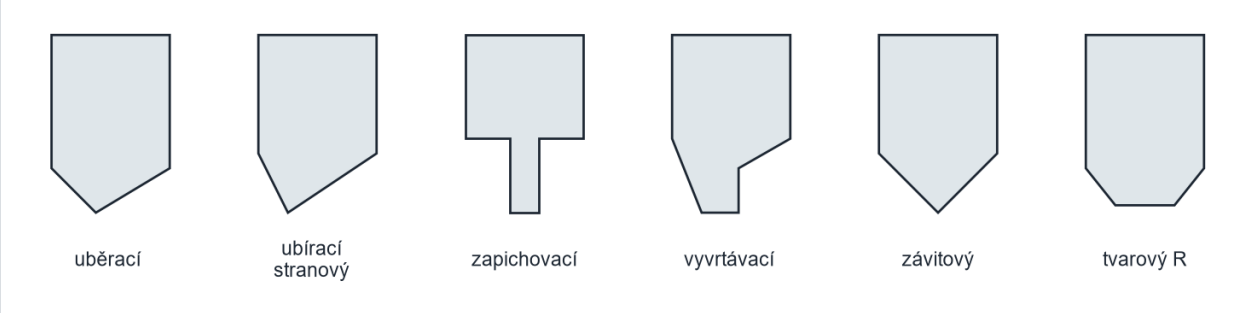
6

NÁSTROJE A ŘEZNÉ PODMÍNKY

Nástroje

Soustružnické nože, vyměnitelné destičky a jejich značení, materiály a korekce nástrojů.

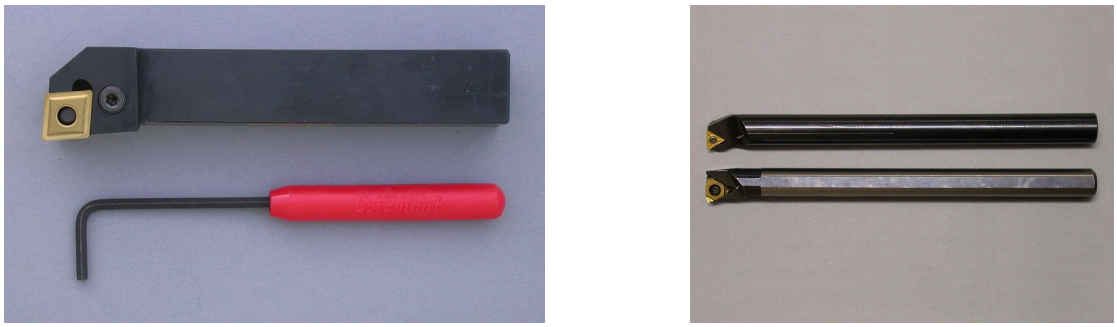
Dnes se na CNC soustruhu používají hlavně držáky s vyměnitelnými destičkami. Když se břit opotřebuje, destička se otočí nebo vymění a držák zůstane. Celistvé nástroje z rychlořezné oceli mají své místo u malých průměrů a na klasických strojích.



Obr. 6.1 Běžné tvary soustružnických nožů: ubírací, ubírací stranový, zapichovací, vyvrtávací, závitový a tvarový.

Pravý a levý nůž

Pravý nůž řeže zprava doleva, tedy ke sklíčidlu, a je nejběžnější. Levý nůž jede opačně, od sklíčidla. Na obrobku s osazením se volí podle toho, ze které strany je k ploše přístup.



Obr. 6.2 Vnější držák s destičkou a klíčem (vlevo). Vyvrtávací tyče pro vnitřní soustružení (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LatheCarbideTippedTool.jpg; vpravo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LatheCarbideTippedBoringThreadingBars.jpg

Druhy nástrojů

Nástroj	Použití	Na co si dát pozor
Hrubovací nůž	Odebírá většinu materiálu, větší posuv a hloubka.	Silný tvar břitu a pevné upnutí.
Dokončovací nůž	Poslední průchod na rozměr, ostrý břit.	Nesnáší velký přídavek.
Zapichovací a upichovací	Drážky, výběhy, oddělení dílu.	Musí být přesně kolmo na osu a mít nízký posuv.
Závitový	Vnější a vnitřní závit, profil destičky odpovídá stoupání.	Přísuvy po částech, ne na jednu hloubku.
Vyvrtávací tyč	Vnitřní průměr, musí mít kam odvádět třísky.	Tyč je štíhlá, chvění hrozí nejvíc.
Vrták	Díry v ose obrobku, upnutý v hlavě nebo koníku.	Před vrtáním navrtat a pravidelně vyjíždět.

Destičky a jejich značení

Výrobci označují destičky podle normy ISO. Kód popisuje tvar, velikost a rádius špičky, a proto se podle něj vyberou i destičky různých značek. Ukázka: **CNMG 120408**.





Obr. 6.3 Destičky pro soustružení s povlakem (vlevo) a destička pro závit (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Florian Schott, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WendeschneidplatteSchlicht.jpg; vpravo Florian Schott, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WendeschneidplatteGewinde.jpg

Znak	Význam v kódu CNMG 120408
C	tvar, kosočtverec s úhlem 80°
N	zadní úhel, zde 0°, takže se dá otočit a používat obě strany
M	tolerance rozměrů destičky
G	typ destičky, s otvorem a utvařečem třísky po obou stranách
12	délka břitu v mm, zaokrouhleně
04	tloušťka v mm, zaokrouhleně
08	rádius špičky, zde 0,8 mm

Materiál nástroje a skupiny obráběného materiálu

Výrobci rozlišují obráběné materiály podle skupin ISO. Barva a písmeno se najdou na krabičce destiček a v katalogu.

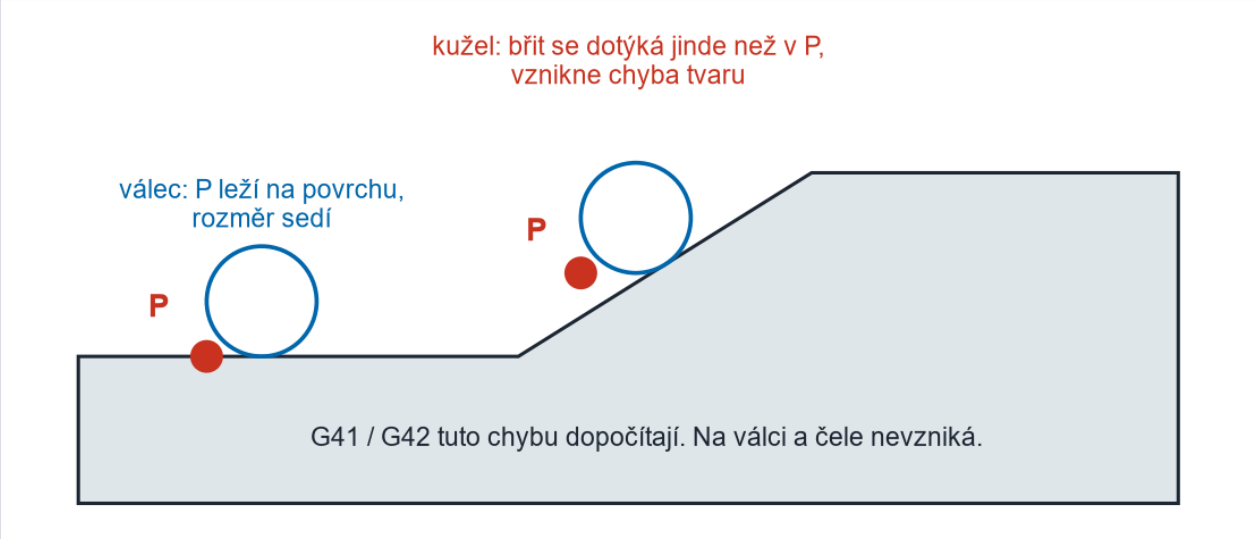
Skupina	Barva	Materiál
P	modrá	oceli
M	žlutá	korozivzdorné oceli
K	červená	litiny
N	zelená	hliník a další neželezné kovy
S	hnědá	žáruvzdorné slitiny a titan
H	šedá	kalené materiály

Materiál břitu	Vlastnosti	Použití
Rychlořezná ocel, HSS	Houževnatá, dá se ostřit, snese menší rychlosti.	Vrtáky, malé průměry, klasické stroje.
Slinutý karbid, SK	Tvrdý a odolný teplu, ale křehčí, většinou s povlakem.	Nejběžnější na CNC.
Cermet	Dobrý povrch při dokončování.	Dokončování oceli.
Keramika, kubický nitrid boru	Velmi tvrdé materiály pro vysoké rychlosti.	Kalené díly a litina, vyžadují tuhý stroj.

Korekce nástroje

Nože mají různou délku a jsou v držáku různě vysunuté. Program se ale píše pro špičku nástroje. To, že různé nástroje dojedou na stejnou souřadnici, zajišťují **korekce**.

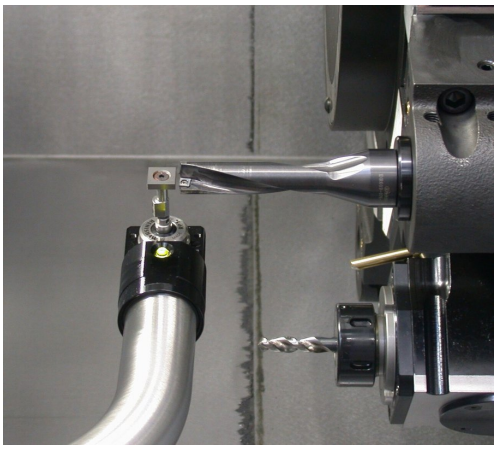
- **Délkové korekce X a Z** říkají, jak daleko je špička od bodu držáku. Systém je přičte a program se o skutečný rozměr nestará.
- **Korekce opotřebení** vyrovnává malé změny při práci, na ní se doladí rozměr.
- **Rádius špičky** je potřeba znát kvůli kuželům a obloukům, viz obrázek.



Obr. 6.4 Na válci a čele se špička chová jako bod. Na kuželu a oblouku se břit dotýká jinde než teoretická špička P a vzniká chyba tvaru, proto se používá korekce rádiusu.

Korekce se měří najetím špičky na známý průměr a čelo, nebo pomocí měřicí sondy či přípravku. Po výměně nebo posunutí nástroje v držáku se musí změřit znovu.

- Zapisuj hodnotu vždy ke správnému číslu nástroje.
- Po výměně destičky se obvykle vynuluje korekce opotřebení, ověř to s UOV.
- Do tabulky patří i rádius špičky a typ nástroje.



Obr. 6.5 Seřizovací rameno na CNC soustruhu: nástroj v revolverové hlavě se přikládá k dotykové sondě.
Vlastník obrázku: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MoriSeiki-setting.jpg

Upnutí nástroje

- Držák musí dosedat celou plochou. Třísky pod ním změní výšku a polohu.
- Špička má být v ose obrobku. Nízko nebo vysoko mění řezné úhly a nechává u čela malý výstupek.
- Vysunutí drž co nejmenší. Vyvrtávací tyč má být upnutá co nejhlouběji.
- Šrouby utahuj předepsaným klíčem a přiměřenou silou. Prodlužování klíče trubkou je zakázané.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Vyměnitelná destička se otáčí nebo mění, držák zůstává.
- Kód destičky popisuje tvar, velikost a rádius, skupina ISO určuje materiál.
- Korekce drží program nezávislý na skutečném rozměru nástroje.
- Po výměně nebo posunutí nástroje korekci vždy změř znovu.

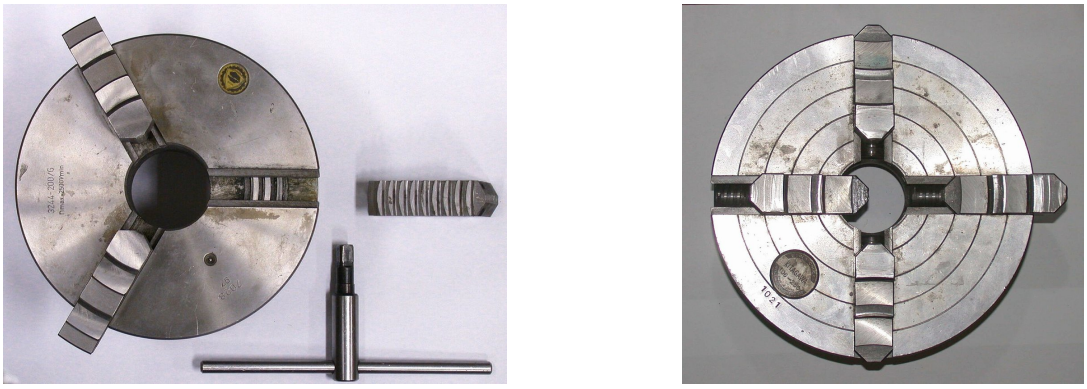
7

NÁSTROJE A ŘEZNÉ PODMÍNKY

Upínání obrobku

Sklíčidla, kleštiny, hroty a pravidla pro bezpečné a tuhé upnutí obrobku.

Obrobek se točí velmi rychle a působí na něj řezná síla. Uvolnění dílu je to nejnebezpečnější, co se na soustruhu může stát. Dobré upnutí je proto tuhé, přesné a bezpečné.

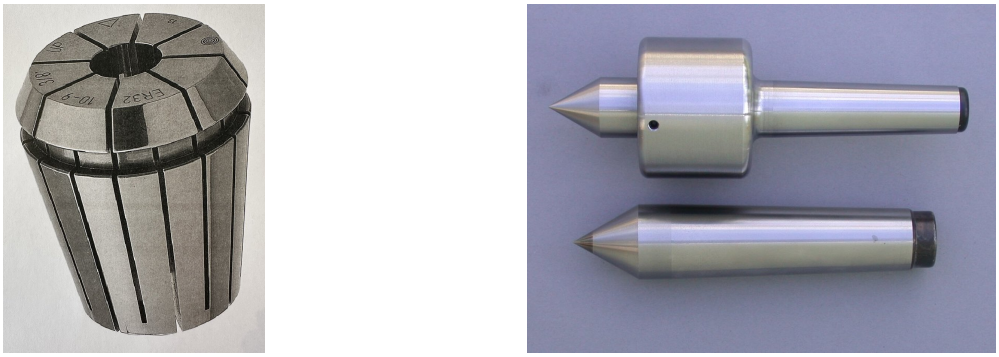


Obr. 7.1 Tříčelisťové sklíčidlo s klíčem a vyjmutou čelistí (vlevo). Čtyřčelisťové sklíčidlo s nezávisle stavitelnými čelistmi (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ThreeJawChuckKey.jpg; vpravo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:FourJawChuckIndependent.jpg

Způsoby upnutí

Způsob	Kdy se používá	Poznámka
Tříčelisťové sklíčidlo	Kulatý a šestihranný materiál, nejběžnější upnutí.	Čelisti jdou současně a díl samy vystředí.
Čtyřčelisťové sklíčidlo	Hranaté a nepravidelné díly.	Každá čelist se staví zvlášť, střed se seřizuje úchylkoměrem.
Měkké čelisti	Přesné upnutí opracovaných ploch, tvarové díly.	Vysoustruží se přímo na stroji, neotlačí povrch.
Kleština	Přesně opracovaný materiál menších průměrů, série.	Rovnoměrně svírá po celém obvodu.
Mezi hroty	Dlouhé hřídele, kde záleží na souosti.	Potřebuje středicí důlky a unášeč.

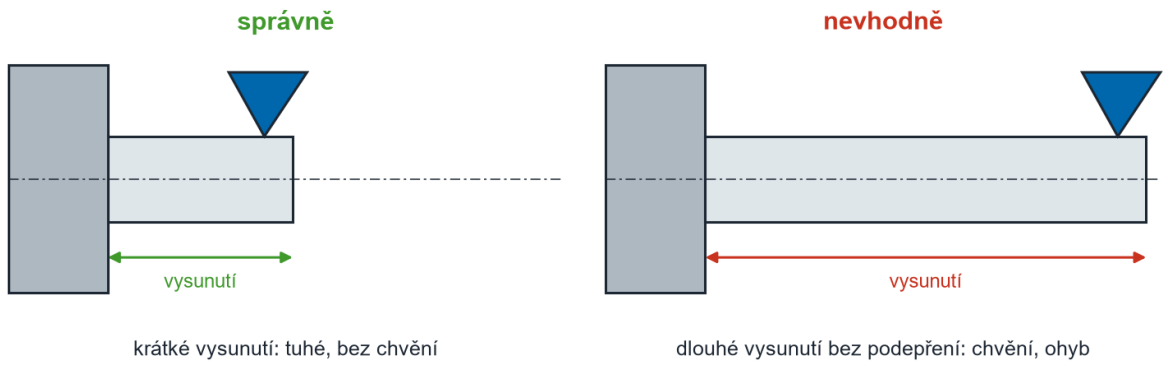
Způsob	Kdy se používá	Poznámka
Upínací trn	Díly s přesnou dírou, například pouzdra.	Díra zajistí souosost vnějšího průměru.
Luneta	Velmi štíhlé dlouhé díly.	Podpírá obrobek v délce.



Obr. 7.2 Kleština typu ER (vlevo). Otočný a pevný hrot (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Aweber4418, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ER_Collet.jpg; vpravo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CenterLiveDead.jpg

Délka vysunutí

Čím dál obrobek vyčnívá, tím víc se při řezu ohýbá a chvěje. Vysunutí proto drž jen tak velké, jak je nutné.



Obr. 7.3 Krátké vysunutí je tuhé. Dlouhý díl bez podepření se při řezu ohýbá a kmitá.

> **PAMATUJ**
> Běžné vodítko z praxe: obrobek vysunutý víc než asi trojnásobek průměru je potřeba podepřít hrotem nebo lunetou. Konkrétní rozhodnutí záleží na materiálu, řezu a stroji, proto se zeptej UOV.

Pravidla bezpečného upnutí

1. Dosedací plochy a čelisti musí být čisté, bez třísek.
2. Obrobek zasuň dost hluboko a opři ho o doraz nebo čelo čelistí.
3. Čelisti nesmí vyčnívat za obvod sklíčidla víc, než dovoluje výrobce.
4. Utahuj klíčem, který patří ke sklíčidlu, ne prodlouženým ani cizím.
5. Po upnutí vrať klíč na místo. Do sklíčidla se nikdy nenechává.
6. Zkontroluj, že se při roztočení nic nedotkne nástrojů ani krytu.
7. Hydraulické sklíčidlo musí mít správný tlak a směr upínání, vnější nebo vnitřní.

Otáčky a upínací síla

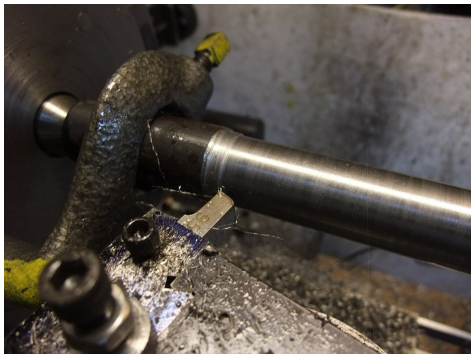
Při vysokých otáčkách odstředivá síla táhne čelisti ven a skutečná upínací síla klesá. Sklíčidlo má proto vlastní mez otáček, která je na něm nebo v jeho dokumentaci vyznačená. Těžší čelisti nebo velká výška upnutí tuto mez snižují. Podle toho se vybírají otáčky, ne jen podle řezných podmínek.

> **POZOR**
> Mez otáček sklíčidla nikdy nepřekračuj. Pozor hlavně při konstantní řezné rychlosti, kdy otáčky rostou, když se nástroj blíží k ose.

Unášení a podepření

Pokud díl jde mezi hroty, sám se neroztočí. Moment přenáší **unášeč** neboli unášecí srdce. Díl musí mít v čele středicí důlek, který se na začátku navrtá navrtávákem.

- Otočný hrot se může točit s obrobkem, proto se hodí pro vyšší otáčky.
- Pevný hrot potřebuje mazání a je přesnější, ale tření ho zahřívá.
- Přítlak koníku se nastavuje: slabý nedrží a velký díl prohýbá.



Obr. 7.4 Soustružení mezi hroty s unášecím srdcem.
Vlastník obrázku: David English, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lathe_Dog_in_Use.jpg

Tyčový materiál

Delší série se dělají z tyče. Podávání tyče zajišťuje podavač nebo tahač a každý díl se na konci upíchne. Tyč nesmí bez podávacího zařízení vyčnívat za vřeteník, protože se při otáčkách rozkmitá a je velmi nebezpečná.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Uvolněný obrobek je největší nebezpečí na soustruhu.
- Klíč se po upnutí vrací na místo, do sklíčidla se nikdy nenechává.
- Čím kratší vysunutí, tím menší chvění, dlouhý díl podepři.
- Sklíčidlo má vlastní mez otáček a nesmí se překročit.

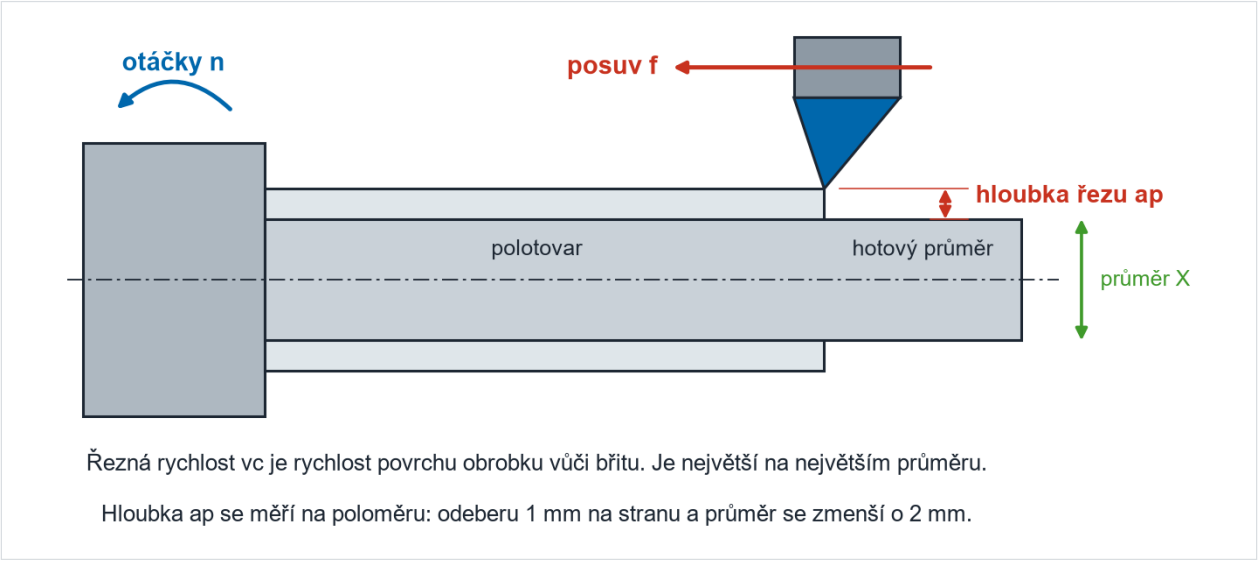
8

NÁSTROJE A ŘEZNÉ PODMÍNKY

Řezné podmínky

Řezná rychlost, otáčky, posuv a hloubka řezu, výpočty s příklady a volba hodnot.

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 Základní veličiny při soustružení.

Základní veličiny

Veličina	Značka	Jednotka	Co znamená
Řezná rychlost	vc	m/min	Rychlost, jakou se povrch obrobku pohybuje kolem břitu.
Otáčky	n, v programu S	ot/min	Kolikrát se obrobek otočí za minutu.
Posuv na otáčku	f	mm/ot	O kolik se nůž posune za jednu otáčku.
Rychlost posuvu	vf	mm/min	Jak rychle jede nůž. V programu se posuv zadává adresou F, v mm/min nebo mm/ot podle řízení.
Hloubka řezu	ap	mm	Tloušťka odebrané vrstvy na poloměru.

Výpočet otáček a posuvu

Otáčky se počítají z řezné rychlosti a průměru. Rychlost posuvu z otáček a posuvu na otáčku.

Vzorec	Co vypočítáš
n = 1000 · vc / (π · D)	otáčky v ot/min, D je průměr v mm
vf = f · n	rychlost posuvu v mm/min
t = L / vf	strojní čas v minutách, L je délka dráhy v mm
Rz ≈ 1000 · f² / (8 · r)	teoretická drsnost v µm, r je rádius špičky v mm

Příklad 1: otáčky a posuv

Soustružíš průměr 40 mm, řezná rychlost 120 m/min a posuv 0,15 mm/ot.

- n = 1000 · 120 / (π · 40) = 955 ot/min, zaokrouhlíš například na 950.
- vf = 0,15 · 950 = 143 mm/min.

Příklad 2: strojní čas

Válec délky 60 mm, náběh 2 mm, rychlost posuvu z minulého příkladu.

- t = (60 + 2) / 143 = 0,43 min, tedy asi 26 sekund.

Příklad 3: drsnost

Dokončování s rádiusem špičky 0,8 mm a posuvem 0,1 mm/ot.

- Rz = 1000 · 0,1² / (8 · 0,8) = 1,56 µm. Skutečná hodnota bude větší, ovlivní ji chvění, nástroj a materiál.

Orientační hodnoty

Hodnoty v tabulce platí pro destičky ze slinutého karbidu na tuhém stroji. Jsou jen pro představu. Výchozí hodnoty ber z katalogu nástroje a od UOV. Malý nebo starší stroj často vyžaduje nižší hodnoty.

Materiál	vc (m/min)	f (mm/ot)
Ocel S235	180 až 280	0,1 až 0,4
Ocel C45	150 až 250	0,1 až 0,4
Korozivzdorná ocel	100 až 180	0,1 až 0,3
Litina	120 až 250	0,1 až 0,4
Hliník	300 až 800	0,1 až 0,4

POZOR

Hodnoty neber z hlavy ani z paměti. Řídí se materiálem, nástrojem, tuhostí upnutí, stavem stroje a pokynem UOV. Když si nejsi jistý, začni níž a přidávej postupně.

Hrubování a dokončování

	Hrubování	Dokončování
Cíl	odebrat co nejvíc materiálu	přesný rozměr a dobrý povrch
Hloubka řezu	větší	malá, jen přídavek
Posuv	větší	menší
Řezná rychlost	nižší až střední	vyšší
Destička	pevný břit, větší rádius	ostrý břit, rádius podle tvaru a tuhosti
Co nechává	přídavek na dokončení	hotový tvar

Zápich, upichování a závit mají vlastní hodnoty, většinou výrazně nižší. U závitu je posuv dán stoupáním: na jednu otáčku musí nůž ujet přesně jedno stoupání.

Konstantní řezná rychlost

Čím menší průměr, tím pomaleji jde povrch kolem břitu. Při soustružení čela až do středu by řezná rychlost klesla na nulu. Funkce konstantní řezné rychlosti proto otáčky průběžně mění podle průměru, takže je povrch i životnost nástroje rovnoměrnější.

POZOR

Při konstantní řezné rychlosti otáčky rostou, když se nůž blíží k ose. Vždy nastav omezení otáček. Bez něj hrozí překročení meze sklíčidla a uvolnění obrobku.

Jak podmínky upravit

Když řez neběží dobře, měň vždy jen jednu hodnotu a pozoruj výsledek.

Když chceš	Udělej
Lepší povrch	Sniž posuv, zvyš řeznou rychlost, použij větší rádius špičky, pokud to tvar dovolí.
Delší životnost nástroje	Sniž řeznou rychlost, ta má na životnost největší vliv.
Kratší čas	Zvyš nejdřív hloubku řezu, potom posuv, řeznou rychlost až nakonec.
Méně chvění	Zkraťvysunutí, zmenši hloubku řezu, změň otáčky, použij menší rádius špičky.
Lámavější třísku	Zvyš posuv nebo hloubku, použij jiný utvařeč.

CO SI ZAPAMATOVAT

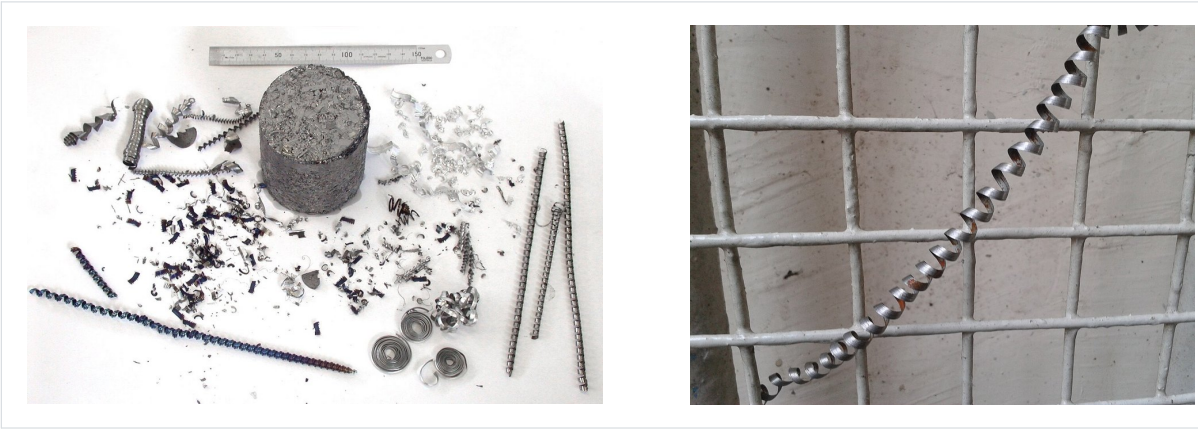
- Řezná rychlost se volí podle materiálu a nástroje, otáčky se z ní počítají.
- $n = 1000 \cdot vc / (\pi \cdot D)$, $vf = f \cdot n$.
- Hrubuje se s přídavkem, dokončuje se na rozměr.
- U konstantní řezné rychlosti vždy omez otáčky.
- Hodnoty ověř v katalogu nástroje a s UOV.

NÁSTROJE A ŘEZNÉ PODMÍNKY

9 Tříska, chlazení a opotřebení

Tvar třísky, způsoby chlazení, opotřebení nástroje a jak je poznat.

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



Obr. 9.1 Různé tvary třísek po různých operacích (vlevo). Dlouhá plynulá tříska je pro obsluhu i stroj nežádoucí (vpravo). *Vlastník obrázku: vlevo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SwarfSamples.jpg; vpravo Niharsd.mech, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Long_chip.jpg*

Tvar třísky

Tříska	Co znamená	Co s tím
Krátká spirála a kousky	Dobrý stav, tříska se láme a snadno odchází.	Nic, tak to má být.
Dlouhá stuha	Tříska se neláme, namotává se a může zničit povrch nebo nástroj.	Zvětši posuv, změň utvařeč.
Drobná drť	U litiny je to normální. U oceli to znamená příliš velký posuv.	U oceli sniž posuv.
Modrá tříska u oceli	Řez je horký. Při vysokých rychlostech to může být v pořádku.	Ověř s výrobcem destičky, sleduj opotřebení.

Chlazení a mazání

Řezná kapalina odvádí teplo, maže styk břitu s třískou a odplavuje třísky. Při přerušovaném řezu ale může teplotní šok destičku poškodit, proto se u některých povrstvených destiček pracuje i bez chlazení.

Způsob	Popis	Použití
Emulze	Voda s koncentrátem, nejčastější v dílně.	Běžné soustružení a vrtání.
Řezný olej	Lepší mazání, horší chlazení.	Závity a těžko obrobitelné materiály.
Minimální mazání	Malé množství oleje ve vzduchu.	Hliník, tam, kde je cíl mít suché třísky.
Bez chlazení	Řez na sucho.	Některé destičky, litina, podle výrobce.

TIP

Tryska musí mířit na místo řezu. Když se přesune nebo když hlava po otočení nástroje zacloní proud, chlazení nefunguje, i když kapalina teče.

Opotřebení nástroje



Obr. 9.2 Běžné druhy opotřebení břitu: pás na hřbetu VB, výmol na čele a ulomené kousky ostří.

Druh	Jak se pozná	Příčina a řešení
Opotřebení hřbetu	Rovnoměrný 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.

Druh	Jak se pozná	Příčina a řešení
Vyštípnutí	Ulomené malé kousky ostří.	Chvění, přerušovaný řez. Zvyš tuhost, zvol houževnatější destičku.
Nárůstek	Nalepený materiál na břitu, špatný povrch.	Nízká vc, měkký materiál. Zvyš vc, zlepši chlazení.
Lom břitu	Ulomená celá špička.	Přetížení, kolize. Zkontroluj podmínky a obrobek.
Plastická deformace	Špička je stlačená a mění tvar.	Vysoká teplota. Sniž vc a posuv.

Kdy destičku vyměnit

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

> **PAMATUJ**
> Před výměnou destičku otoč na nepoužitou stranu, pokud ji má. Po výměně zkontroluj dosednutí a první řez měř.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Dobrá tříska je krátká a láme se.
- Tryska musí mířit na místo řezu.
- Pás na hřbetu je běžné opotřebení, vyštípnutí a lom znamenají problém v řezu.
- S poškozeným břitem se dál neřeže.

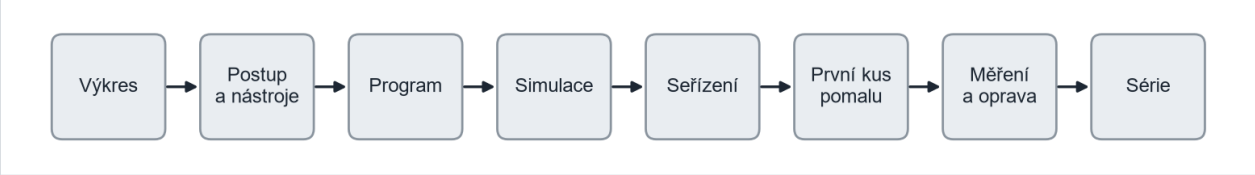
10

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
Zarovnání čela	hrubovací nebo ubírací nůž	vznikne plocha, od které se měří
Hrubování	hrubovací nůž	odebere většinu materiálu, nechává přídavek
Dokončení	dokončovací nůž	jeden průchod po konečném tvaru
Zapichování	zapichovací nůž	drážky a výběhy závitu, nízké podmínky
Závit	závitový nůž	víc průchodů, otáčky a posuv pevně svázané
Upíchnutí	upichovací nůž	oddělí díl od tyče

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. Upni obrobek a zkontroluj vysunutí.
2. Upni nástroje do správných pozic.
3. Změř korekce nástrojů a zapiš je do tabulky.
4. Nastav a ověř nulový bod obrobku, nejčastěji na čele.
5. Ověř, že se revolverová hlava může otočit bez kolize.

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 Základy NC programu

OD VÝKRESU K DÍLU

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 Z-20 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, Z	cílová souřadnice, X jako průměr	X30 Z-20

Adresa	Význam	Příklad
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
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: z vnější plochy se odjíždí nejdřív v X, potom v Z, z díry nejdřív v Z.

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: hrubování, zapichování, závity a vrtání. 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.

OD VÝKRESU K DÍLU

12 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, 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

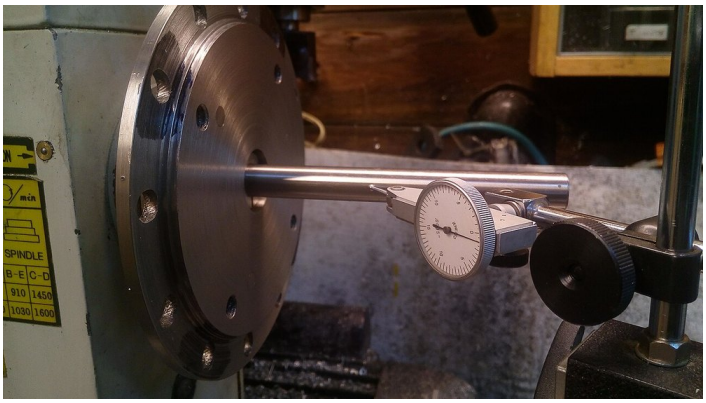
Přehled měřidel

Měřidlo	Co měří	Běžné rozlišení
Posuvné měřítko	vnější a vnitřní průměr, hloubka, délka	0,05 mm nebo 0,02 mm, digitální 0,01 mm
Třmenový mikrometr	vnější průměr s malou tolerancí	0,01 mm
Dutinoměr	vnitřní průměr	0,01 mm

Měřidlo	Co měří	Běžné rozlišení
Hloubkoměr	hloubka osazení a děr	0,01 mm až 0,05 mm
Kalibr	dobrý a zmetkový rozměr bez čísla	přímo dobrý nebo špatný díl
Úchylkoměr	házení a odchylka tvaru	0,01 mm
Závitový kalibr a šablona	závit a jeho stoupání	dobrý nebo špatný díl
Drsnoměr	drsnost povrchu	v µm



Obr. 12.2 Mikrometry na různé měření (vlevo) a mezní třmenový kalibr (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:GaugeGapPlainGoNoGo.jpg



Obr. 12.3 Kontrola házení úchylkoměrem na soustruhu.
Vlastník obrázku: David English, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Checking_Runout_With_Dial_Test_Indicator.jpg

Správné měření

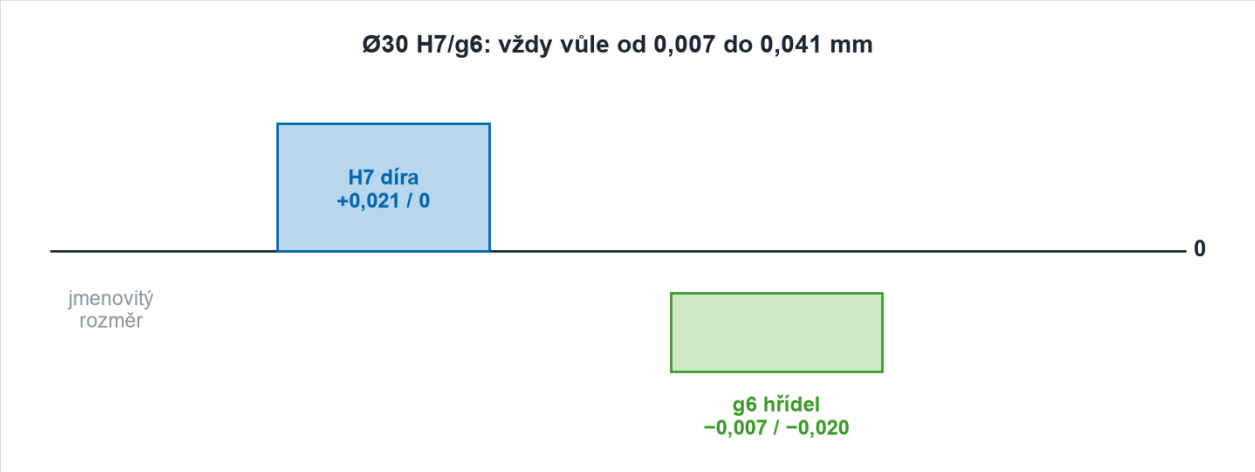
- Obrobek i vřeteno musí stát a dveře lze otevřít. Za chodu se neměří.
- Očisti plochu i měřidlo. Tříska nebo olej znehodnotí výsledek.

- Měř kolmo na osu. Na průměru hledej největší hodnotu, ne první, kterou uvidíš.
- U dlouhého dílu měř na více místech, odhalíš tak kuželovitost.
- 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 o průměru 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 Ø40 ±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. 12.4 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 v ose X, případně Z, o tento rozdíl ve správném směru.
4. Znovu obrob dokončovacím průchodem a změř.

Příklad: Na výkrese je Ø40 a naměříš Ø40,08. Průměr je o 0,08 mm větší. Protože X je průměr, změníš korekci v ose X o −0,08 mm a nůž pojede o 0,04 mm blíž k ose.

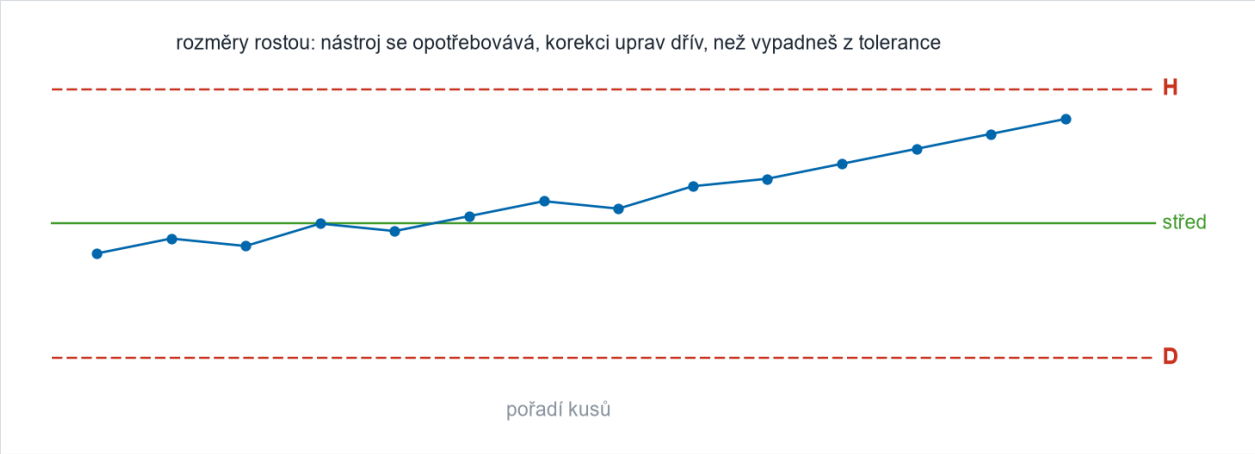
POZOR

Po opravě znovu ověř směr. Oprava o stejnou hodnotu ve špatném směru udělá chybu dvojnásobnou a díl se může stát zmetkem.

Drsnost povrchu

Drsnost popisuje jemné nerovnosti povrchu. Na výkrese se nejčastěji uvádí Ra nebo Rz v mikrometrech. Na CNC soustruhu ji ovlivňuje hlavně posuv a rádius špičky, potom stav destičky a chvění. Běžně se měří drsnoměrem nebo porovnáním s etalonem.

Sledování rozměru v sérii



Obr. 12.5 Rozměry v sérii postupně rostou, jak se nástroj opotřebovává. Korekci uprav dřív, než vypadnou z tolerance.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Měří se při stojícím stroji, čisté ploše a po vychladnutí u přesných rozměrů.
- Rozměr se opravuje přes korekci, program zůstává.
- Na ose X se rozdíl počítá jako rozdíl průměrů.
- 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.
Během práce	Sleduj neobvyklé zvuky, únik kapalin, teplotu a stav třísek v prostoru. Třísky průběžně odstraňuj podle potřeby.
Po směně	Očisti pracovní prostor, sklíčidlo a čelisti. Vyprázdni nádobu na třísky a nech stroj čistý pro dalšího.
Týdně	Očisti filtry a sítko chlazení a zkontroluj vedení a stěrače. Promaž sklíčidlo podle návodu.
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. Mají hodnotu, recyklují se.

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.

Krok	Co znamená	Na pracovišti
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, lámání destiček 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 vysunutí, velká hloubka, nevhodné otáčky.	Zkraťvysunutí, podepři hrotem, změň otáčky, zmenši ap.
Špatný povrch	Velký posuv, opotřebený břit, nárůstek, chvění.	Sniž posuv, vyměň destičku, zvyš vc.
Rozměr se postupně mění	Opotřebení nástroje, ohřev stroje a dílu.	Oprav korekci, změř po vychladnutí, vyměň destičku včas.
Rozměr se skokově liší	Volný nástroj, chyba v korekci, nepřesné upnutí.	Zkontroluj upnutí a tabulku nástrojů.

Příznak	Možná příčina	Co zkusit
Kužel na dlouhém válci	Ohyb obrobku, chyba polohy koníku nebo stroje.	Podepři obrobek, menší hloubka, ověř polohu koníku.
Dlouhá tříska	Malý posuv, nevhodný utvařeč.	Zvyš posuv, změň destičku.
Rychlé opotřebení	Vysoká vc, slabé chlazení, nevhodný materiál břitu.	Sniž vc, oprav trysku, zvol jinou destičku.
Lámání destiček	Přetížení, tvrdá kůra, kolize, přerušovaný řez.	Zmenši hloubku a posuv, zvol houževnatější destičku.
Výstupek uprostřed čela	Špička není v ose.	Oprav výšku nebo korekci nástroje.
Obrobek prokluzuje	Malá upínací síla nebo plocha, velký řez.	Delší upnutí, kontrola čelistí a tlaku, 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

Hřídel má na čele Ø20, délka 25 mm, potom Ø30 do délky 40 mm. Nula W je na ose a na čele. Zapiš souřadnice X a Z bodů: a) začátek válce Ø20 na čele, b) konec válce Ø20, c) začátek válce Ø30, d) konec válce Ø30.

Cvičení 2: otáčky a posuv

Soustružíš Ø30 z oceli, vc je 100 m/min a f je 0,2 mm/ot. Spočítej otáčky a rychlost posuvu.

Cvičení 3: strojní čas

Ø60, vc 150 m/min, f 0,25 mm/ot, délka řezu 80 mm a náběh 2 mm. Spočítej otáčky, rychlost posuvu a čas jednoho průchodu.

Cvičení 4: hloubka řezu

Z průměru 50 mm chceš jedním průchodem průměr 47 mm. Jaká je hloubka řezu ap a jakou hodnotu X zadáš?

Cvičení 5: oprava rozměru

Výkres chce Ø36, naměřil jsi Ø36,06. Jak změníš korekci v ose X a o kolik se pohne nůž?

Cvičení 6: drsnost

Destička má rádius 0,4 mm a posuv je 0,15 mm/ot. Spočítej teoretickou drsnost Rz.

Cvičení 7: najdi chyby

Žák přišel ke stroji s rozepnutými rukávy a v rukavicích. Upnul obrobek, klíč nechal v čelisti, ať ho má po ruce, a program pustil rovnou bez simulace. Aby lépe viděl, otevřel dveře a měřil posuvným měřítkem za chodu. Najdi aspoň pět chyb.

Test

1. Co se točí při soustružení?
2. Co znamená X40 v programu soustruhu?
3. Kam vede záporný směr osy Z?
4. Čím se liší bod M a bod W?
5. Proč se nesmí nechat klíč ve sklíčidle?
6. Proč se u rotujících částí nenosí rukavice?
7. Co uděláš jako první po kolizi?
8. K čemu slouží korekce nástroje?
9. Co určí, jaké otáčky můžeš použít kromě výpočtu?
10. Proč se při konstantní řezné rychlosti musí omezit otáčky?
11. Co znamená 08 v kódu destičky CNMG 120408?
12. Jaká je správná reakce na dlouhou třísku v pracovním prostoru?
13. Co dělat, když po výpadku proudu stroj znovu nastartuje?
14. Na co se má zaměřit oprava, když rozměr postupně ujíždí?
15. Kam patří použitá emulze?

Řešení cvičení

Cvičení	Řešení
1	a) X20 Z0, b) X20 Z-25, c) X30 Z-25, d) X30 Z-40.
2	n = 1000 · 100 / (π · 30) = 1061 ot/min, vf = 0,2 · 1061 = 212 mm/min.
3	n = 1000 · 150 / (π · 60) = 796 ot/min, vf = 0,25 · 796 = 199 mm/min, t = 82 / 199 = 0,41 min, asi 25 s.
4	ap = (50 − 47) / 2 = 1,5 mm, v programu X47.
5	Průměr je o 0,06 mm větší, korekce v ose X se změní o −0,06 mm a nůž se pohne o 0,03 mm blíž k ose.
6	Rz = 1000 · 0,15² / (8 · 0,4) = 7,0 µm.
7	Rozepnuté rukávy, rukavice u stroje, klíč v čelisti, program bez simulace, otevřené dveře, měření za chodu.

Řešení testu

1. Obrobek.
2. Průměr 40 mm, nástroj je 20 mm od osy.
3. Ke sklíčidlu.
4. M je pevný bod stroje od výrobce, W si volíš podle výkresu.
5. Při roztočení vřetena by vyletěl a mohl někoho zranit.
6. Stroj je zachytí a vtáhne ruku.
7. Stisknu nouzové zastavení.
8. Dopočítá polohu špičky, takže program nezávisí na skutečném rozměru nástroje a jde vyrovnat opotřebení.
9. Mez otáček sklíčidla, stroje, nástroje a vyvážení obrobku.
10. Při přibližování k ose by otáčky stále rostly, až by překročily mez sklíčidla.
11. Rádius špičky 0,8 mm.
12. Zastavit, počkat na doběh a odstranit ji háčkem. Potom upravit podmínky.
13. Najet do reference, ověřit nulu a korekce a začít z bezpečné polohy.
14. Na korekci a stav nástroje.
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
Čelist	část sklíčidla, která svírá obrobek

Pojem	Vysvětlení
Emulze	řezná kapalina, směs vody a koncentrátu
Hrubování	rychlé odebrání většiny materiálu
Kleština	pružné pouzdro, které svírá obrobek nebo nástroj po celém obvodu
Kolize	nežádoucí náraz nástroje nebo pohyblivé části
Korekce	hodnota, kterou systém přičte k dráze: rozměr nástroje, opotřebení, rádius
Koník	část stroje, která podpírá obrobek hrotem nebo nese vrták
Modální funkce	funkce, která platí, dokud ji jiná nezmění
Nulový bod obrobku	bod, ke kterému je napsaný program
Override	ruční procentní změna rychlostí během běhu
Přídavek	materiál, který po hrubování zůstává na dokončení
Referenční bod	známé místo stroje pro zjištění přesné polohy
Revolverová hlava	nástrojová hlava, která střídá nástroje natočením
Simulace	grafické odzkoušení programu bez pohybu stroje
Tříska	materiál odebraný při řezu
UOV	učitel odborného výcviku
Utvařeč	tvar na destičce, který láme třísku
Zápich	úzká drážka, například pro výběh závitu

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 23125 bezpečnost soustruhů.
- Rámcový vzdělávací program 23-56-H/01 Obráběč kovů, MŠMT.
- Vlastní dřívější školní materiály k CNC soustružení 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	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MoriSeikiLathe.jpg
Obálka	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MoriSeiki-examples.jpg
Obr. 1.1 vlevo	Nathaniel C. Sheetz, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Small_CNC_Turning_Center.jpg
Obr. 1.1 vpravo	Mike Zielinski, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kent_USA_KLS-1840N_CNC_Lathe.jpg
Obr. 1.3 vlevo	Greudin, Wikimedia Commons, volné dílo (public domain), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tour-chariotage-couteau.jpg
Obr. 1.3 vpravo, 4.4	Střední odborná škola - Frýdek-Místek, web sosfm.cz, stránka oboru Obráběč kovů se zaměřením na obsluhu CNC strojů, galerie
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
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	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MoriSeiki-examples.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. 4.5 vlevo	Whoisjohngalt, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Okuma_MULTUS_U3000_multi-tasking_machine_with_automatic_tool_changer_2.jpg
Obr. 4.5 vpravo	TurnOnTheNight, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:C512_single-column_vertical_lathe_20260331130236.jpg
Obr. 6.2 vlevo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LatheCarbideTippedTool.jpg
Obr. 6.2 vpravo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LatheCarbideTippedBoringThreadingBars.jpg

Kde	Vlastník a zdroj obrázku
Obr. 6.3 vlevo	Florian Schott, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WendeschneidplatteSchlicht.jpg
Obr. 6.3 vpravo	Florian Schott, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WendeschneidplatteGewinde.jpg
Obr. 6.5	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MoriSeiki-setting.jpg
Obr. 7.1 vlevo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ThreeJawChuckKey.jpg
Obr. 7.1 vpravo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:FourJawChuckIndependent.jpg
Obr. 7.2 vlevo	Aweber4418, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ER_Collet.jpg
Obr. 7.2 vpravo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CenterLiveDead.jpg
Obr. 7.4	David English, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lathe_Dog_in_Use.jpg
Obr. 9.1 vlevo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SwarfSamples.jpg
Obr. 9.1 vpravo	Niharsd.mech, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Long_chip.jpg
Obr. 12.1 vlevo	ArtMechanic, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Messschieber.jpg
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:GaugeGapPlainGoNoGo.jpg
Obr. 12.3	David English, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Checking_Runout_With_Dial_Test_Indicator.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.