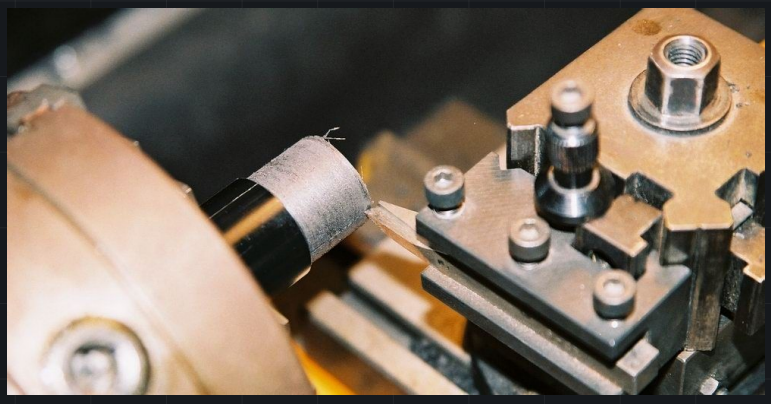
TEORIE ODBORNÉHO VÝCVIKU

1. ročník

Ruční obrábění a dílna: měření, orýsování, strojní pily, brusky, nůžky, vrtačka, ohýbačka a klasický soustruh a frézka





Fotografie: vlevo Greudin, volné dílo; vpravo Stephanie cheks, CC BY-SA 4.0; obě Wikimedia Commons, adresy v kapitole Zdroje

Teorie k odbornému výcviku pro žáky oboru Obráběč kovů. Obsahuje postupy, obrázky, kontrolní otázky a řešení.

Odborný výcvik
Obráběč kovů se zaměřením na obsluhu CNC strojů

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

Obsah

ZAČÍNÁME

1 Co tě v 1. ročníku čeká 3

2 Bezpečnost a pořádek v dílně 5

MATERIÁL, VÝKRES A MĚŘENÍ

3 Materiál a čtení výkresu 9

4 Měření a orýsování 13

RUČNÍ PRÁCE

5 Ruční zpracování kovů 23

STROJE V DÍLNĚ

6 Strojní pily 28

7 Brusky 32

8 Pákové nůžky 36

9 Stolní vrtačka 40

10 Ohýbačka 46

KLASICKÉ OBRÁBĚNÍ

11 Klasický soustruh (ruční ovládání) 49

12 Klasická frézka (ruční ovládání) 57

OVĚŘENÍ ZNALOSTÍ

13 Kontrolní otázky a řešení 63

JAK SE S MANUÁLEM UČIT

1. Kapitoly čti postupně. Bezpečnost platí vždy, ne jen při první hodině.
2. Ke každému stroji si projdi postup a tabulku chyb, než k němu půjdeš.
3. Čtení měřidel si procvičuj na obrázcích a pak na skutečných měřidlech.
4. Na konci si ověř znalosti otázkami. Řešení je až za nimi.

Pořadí témat i konkrétní hodnoty určuje UOV podle stroje a školní osnovy.

1

ZAČÍNÁME

Co tě v 1. ročníku čeká

Co se v prvním ročníku naučíš, jak se dělí ruční a strojní práce, jednotky a co se od tebe v dílně čeká.

První ročník je o základech. Naučíš se bezpečně se pohybovat v dílně, číst jednoduchý výkres, měřit, rýsovat a pracovat rukama. Pak přijdou stroje: pila, nůžky, ohýbačka, vrtačka a bruska. Nakonec klasický soustruh a klasická frézka, na kterých všechny pohyby děláš sám rukama.

> **PAMATUJ**
> CNC stroje v tomto manuálu nejsou. Přijdou ve 2. ročníku. Kdo umí obrábět ručně a rozumí řezání, naučí se CNC rychle a neudělá na něm hrubé chyby.

Téma	Co budeš umět	Kapitola
Bezpečnost a dílna	chovat se bezpečně, používat ochranné pomůcky, reagovat na úraz	2
Materiál a výkres	poznat běžné materiály a polotovary, přečíst jednoduchý výkres	3
Měření a orýsování	měřit posuvným měřítkem a mikrometrem, rýsovat nádrhem	4
Ruční práce	pilovat, řezat pilkou, řezat závity	5
Strojní pily	nařezat materiál na míru	6
Brusky	bezpečně brousit a ostřit	7
Pákové nůžky	stříhat plech a plochou ocel	8
Stolní vrtačka	vrtat, zahlubovat, určit otáčky	9
Ohýbačka	ohnout plech a spočítat rozvinutou délku	10
Klasický soustruh	ručně vysoustružit jednoduchý díl	11
Klasická frézka	ručně ofrézovat kvádr a drážku	12

Ruční a strojní práce: jak se to dělí

- **Ruční práce**: nástroj vedeš vlastní silou. Pilník, ruční pilka, závitník.
- **Práce na strojích s ručním ovládáním**: sílu dává motor, ale pohyby řídíš ty. Pila, vrtačka, klasický soustruh, klasická frézka. Říká se jim také *konvenční* stroje.
- **Číslicově řízené stroje (CNC)**: pohyby řídí počítač podle programu. Ty je připravíš, seřídíš a hlídáš. To je náplň 2. a 3. ročníku.



Obr. 1.1 Klasický soustruh ve škole, snímek 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

Jednotky a převody, které budeš potřebovat

Veličina	Jednotka	Převod a příklad
Délka	mm, µm, palec	1 mm = 1000 µm, 1 setina = 0,01 mm, 1 palec = 25,4 mm
Otáčky	ot/min	kolikrát se vřeteno otočí za minutu
Řezná rychlost	m/min	jak rychle se pohybuje břit vůči materiálu
Posuv	mm/ot, mm/min	o kolik se nástroj posune za otáčku nebo minutu
Úhel	stupeň °, minuta ′	1° = 60′
Hmotnost	kg	ocel má hustotu asi 7,85 kg/dm³

Co se od tebe čeká

- **Přesnost**: předepsaný rozměr není doporučení. Díl mimo toleranci je zmetek, i když vypadá hezky.
- **Čistota a pořádek**: nářadí a měřidla mají své místo. Pořádek je i rychlost a bezpečnost.
- **Ptej se**: nejistota u stroje je správný důvod k otázce. Nikdo se nediví, když se ptá začátečník, ale zlomený nástroj nebo úraz se vrátit nedá.
- **Přemýšlej nad pořadím práce**: nejdřív přečti výkres, potom vymysli postup, teprve pak zapni stroj.
- **Hlídej si výsledek**: změř to dřív, než řekneš, že je hotovo.

2

ZAČÍNÁME

Bezpečnost a pořádek v dílně

Pravidla pro každé pracoviště, ochranné pomůcky, hlavní nebezpečí a co dělat, když se něco stane.

Stroje v dílně nemají cit. Točící se vřeteno zachytí rukáv dřív, než si toho všimneš. Většina úrazů nevzniká z neznalosti stroje, ale ze spěchu a zlozvyku. Pravidla níže platí na každém pracovišti v této knize.

Základní pravidla

- Na stroj smíš jen po proškolení a se svolením učitele odborného výcviku (UOV).
- Pracovní oděv zapnutý, rukávy u těla. Dlouhé vlasy pod pokrývkou. Bez prstenů, řetízků a hodinek.
- **Ochranné brýle** při obrábění, broušení, vrtání a řezání. Pevná obuv.
- **Rukavice nikdy k rotujícímu nástroji nebo obrobku**: vrtačka, soustruh, frézka, stojanová bruska. Rukavici stroj zachytí i s rukou. Rukavice patří k manipulaci s materiálem v klidu. Výjimkou je ruční úhlová bruska, tam rukavice používej podle návodu a pokynů UOV.
- Třísky nikdy rukou ani stlačeným vzduchem. Používej háček a smetáček, a to jen když stroj stojí.
- Měř, čisti a upínej jen za klidu stroje.
- Než spustíš vřeteno, zkontroluj, že **v sklíčidle nezůstal klíč** a že je obrobek pevně upnutý.
- Od běžícího stroje neodcházej. Závadu nahlas UOV, sám ji neopravuj.
- Na pracovišti udržuj pořádek. Olej na podlaze a třísky pod nohama způsobují pády.

POZOR

Stroj se zastavuje tlačítkem, nikdy rukou. Dobíhající sklíčidlo ani vřeteno nebrzdi rukou.

Ochranné pomůcky

Pomůcka	Kdy	Proč
Ochranné brýle	při každém obrábění, broušení a řezání	odletující třísky a jiskry
Pracovní obuv	v celé dílně	pád materiálu, třísky
Chrániče sluchu	u hlučných strojů, podle pokynů	trvalé poškození sluchu
Rukavice	jen při manipulaci, ne u rotace	ostré hrany, ale nebezpečí navinutí





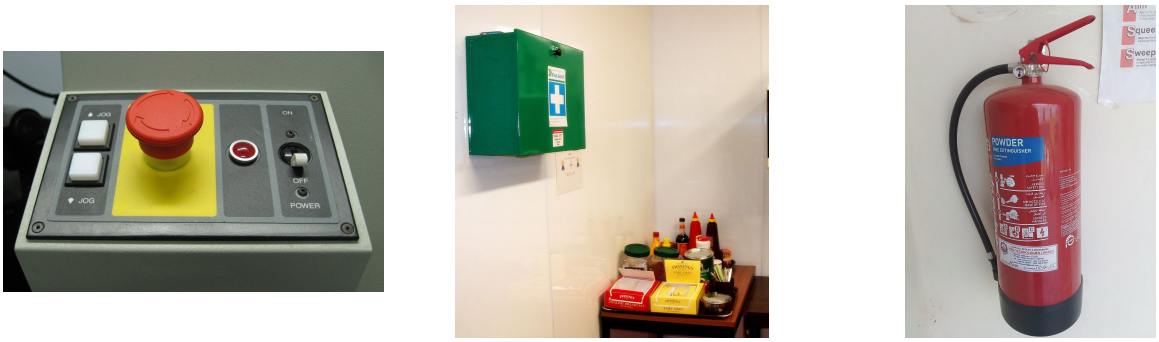
Obr. 2.1 Ochranné brýle a bezpečnostní pracovní obuv.
Vlastník obrázku: vlevo: Jacek Halicki, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2023_Okulary_ochronne_(1).jpg; vpravo: Francis Flinch, Wikimedia Commons, licence CC BY 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:S3_safety_footwear.jpg

Když se něco stane

1. Zastav stroj, nouzovým tlačítkem, pokud je to potřeba.
2. Dbej na svou bezpečnost, pak pomoz zraněnému a přivolej UOV.
3. Záchranná služba má číslo **155**, tísňová linka **112**, hasiči **150**.
4. Silné krvácení zastav přímým tlakem na ránu. Tříska v oku se nevyndává, oko jen zakryj a jdi k lékaři.
5. Každý úraz, i malý, ohlas UOV. Musí se zapsat.

Požár a odpad

Hasicí přístroj musí být volně přístupný. Elektrické zařízení pod proudem se vodou nehasí. Mastné hadry patří do určené nádoby, třísky a řezné kapaliny se třídí podle pokynů školy.



Obr. 2.2 Zleva nouzové tlačítko na ovládacím panelu, lékárnička na stěně a hasicí přístroj. Zjisti si, kde je najdeš ve své dílně.
Vlastník obrázku: zleva 1: Cjp24, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Emergency_stop_button.jpg; 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; 3: Denis kasozi, Wikimedia Commons, licence CC BY 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fire_extinguisher_tool.jpg

Co na stroji ohrožuje nejvíc

Nebezpečí	Kde hrozí	Jak se chránit
Navinutí, vtažení	vrtačka, soustruh, frézka	bez rukavic, přiléhavý oděv, vlasy pod pokrývkou
Odlet třísek a úlomků	všechny obráběcí stroje, brusky	brýle, zavřený kryt, zkontrolovat upnutí
Pořezání	třísky, otřepy, plechy	háček, odjehlení, rukavice jen mimo rotaci
Rozdrcení, přivření	svěráky, ohýbačky, nůžky, manipulace	ruce mimo pohyb, spolupráce při těžkých kusech
Popálení	čerstvě obrobené díly, třísky	nechat vychladnout, nesahat holou rukou
Hluk a prach	pily, brusky	chrániče, odsávání, respirátor podle pokynů
Elektrický proud	poškozené kabely, skříně	závadu nahlásit, skříně neotevírat
Uklouznutí	olej a emulze na podlaze	hned utřít, používat sorbent

Bezpečnostní značky

Tvar a barva	Význam	Příklad
Červený kruh s přeškrtnutím	zákaz	nepoužívat rukavice, nevstupovat
Modrý kruh	příkaz	používej brýle, chrániče sluchu
Žlutý trojúhelník	výstraha	pozor rotující části, ostré hrany
Zelený obdélník	informace, záchrana	únikový východ, první pomoc
Červený obdélník	požární ochrana	hasicí přístroj, hydrant

Kontrolní seznam před spuštěním stroje

1. Mám svolení a znám postup práce.
2. Mám brýle, zapnutý oděv a nic volně visícího.
3. Kryt a nouzové tlačítko jsou v pořádku.
4. Obrobek i nástroj jsou pevně upnuté a klíč je vyndaný.
5. Otáčky a posuv odpovídají práci.
6. V dosahu pohybu nic neleží.
7. Vím, jak stroj rychle zastavit.

Hygiena

Kůže přichází do styku s oleji a emulzí. Před jídlem si umyj ruce, po práci použij krém. V dílně se nejí. Drobná poranění ihned ošetři, emulze v ráně snadno způsobí zánět.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Rukavice nikdy k rotujícímu nástroji nebo obrobku. Patří jen k manipulaci s materiálem v klidu.
- Ochranné brýle při obrábění, broušení, vrtání a řezání.
- Měř, čisti a upínej jen za klidu stroje. Třísky odstraňuj háčkem a smetáčkem, nikdy rukou ani stlačeným vzduchem.
- Než spustíš vřeteno, zkontroluj, že v sklíčidle nezůstal klíč a že je obrobek pevně upnutý.
- Každý úraz, i malý, ohlas UOV. Záchranná služba 155, tísňová linka 112, hasiči 150.

3

MATERIÁL, VÝKRES A MĚŘENÍ

Materiál a čtení výkresu

Běžné materiály a polotovary, jejich vlastnosti a označení, hmotnost polotovaru a údaje na výkrese.

Materiály, které potkáš nejčastěji

Materiál	Označení	Vlastnosti	Použití
Konstrukční ocel	S235JR (11 373)	dobře se obrábí a svařuje, měkčí	školní díly, konstrukce
Ušlechtilá ocel	C45 (12 050)	pevnější, lze kalit	hřídele, čepy
Nerezová ocel	např. X5CrNi18-10	houževnatá, těžší obrábění	potravinářství, chemie
Litina	např. EN-GJL-200	křehká, krátká drobivá tříska	lože strojů, tělesa
Hliník a slitiny	např. EN AW-6060	lehký, měkký, lepí se na břit	profily, lehké díly
Mosaz	např. CuZn39Pb3	velmi dobře se obrábí	tvarovky, armatury

Polotovary

Polotovar je materiál, ze kterého díl vyrábíš. Nejčastěji kulatina (kruhová tyč), plochá tyč, čtyřhran, šestihran, plech a trubka. Na výkrese ho najdeš v rozpisce, například **Ø40x100** je kulatina o průměru 40 mm a délce 100 mm.



Obr. 3.1 Polotovary: tyče různých průřezů ve skladu, vpředu šestihran (vlevo), a trubky (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo: Cdang, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Barre_hexagonale.jpg; vpravo: David Wright, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Steel_Pipes,_Old_Ferry_Wharf_-_geograph.org.uk_-_1871905.jpg

Co najdeš na výkrese

Údaj	Příklad	Význam
Měřítko	2:1	na výkrese je díl dvakrát větší než ve skutečnosti
Kóta	40	skutečný rozměr v mm, i když je výkres v jiném měřítku
Průměr	Ø20	průměr válce nebo díry
Poloměr	R5	poloměr zaoblení
Závit	M10	metrický závit o velkém průměru 10 mm
Sražení	1x45°	sražená hrana 1 mm pod úhlem 45°
Tolerance	20 ±0,1	správně je cokoli od 19,9 do 20,1
Drsnost	Ra 6,4	jak hladký má být povrch, menší číslo je hladší

TIP
Než začneš, přečti celý výkres a rozpisku: materiál, polotovar, měřítko, toleranci. Rozměr nikdy neodměřuj pravítkem z papíru, platí jen kóty.

Náčrt

Náčrt je rychlá kresba rukou, kterou si připravíš postup nebo díl popíšeš. Kresli tenkou tužkou od hlavního tvaru, potom přidej osu, obrysy a kóty.

Vlastnosti materiálů

Vlastnost	Co znamená	Proč tě to zajímá
Pevnost	kolik vydrží, než se přetrhne	pevný materiál klade větší odpor při obrábění
Tvrdost	odolnost proti vnikání cizího tělesa	tvrdé materiály se špatně vrtají a řežou
Houževnatost	schopnost vydržet ráz bez lomu	houževnatý materiál dělá dlouhé třísky
Křehkost	láme se bez deformace	litina se nesmí ohýbat, tříská se na kousky
Obrobitelnost	jak dobře se obrábí	určuje řezné podmínky
Svařitelnost, tvárnost	jak jde svařovat a ohýbat	určuje použití a postup

Co znamená číselné označení oceli

U nás se stále často používá starší označení podle ČSN. Pětimístné číslo začíná třídou, která říká, o jakou ocel jde. Vedle něj najdeš označení podle evropské normy, například **S235JR**, kde 235 je mez kluzu v MPa.

Třída	Druh oceli	Příklad
10, 11	obvyklé konstrukční oceli	11 373 = S235JR
12	ušlechtilé uhlíkové oceli, jdou kalit	12 050 = C45
13 až 16	legované oceli	14 220, 16 720
17	korozivzdorné a žáruvzdorné	17 240
19	nástrojové oceli	19 436

Tepelné zpracování krátce

Postup	Co se děje	Výsledek
Žíhání	ohřev a pomalé ochlazování	měkčí materiál, snadnější obrábění
Kalení	ohřev a rychlé ochlazení	velká tvrdost, ale křehkost
Popouštění	mírný ohřev po kalení	menší křehkost, zůstává tvrdost
Cementování	nasycení povrchu uhlíkem a kalení	tvrdý povrch a houževnaté jádro

Výpočet hmotnosti polotovaru

Hmotnost je objem krát hustota. U oceli počítej v mm³ a násob hodnotou 0,00785 g/mm³.

Kulatina Ø40 x 100, ocel:
$V = \pi \cdot r^2 \cdot L = \pi \cdot 20^2 \cdot 100 = 125\,664$ mm³
$m = 125\,664 \cdot 0{,}00785 = 986$ g

Deska 100 x 75 x 20, ocel:
$V = 100 \cdot 75 \cdot 20 = 150\,000$ mm³
$m = 150\,000 \cdot 0{,}00785 = 1178$ g

Výkres podrobněji

Výkres ukazuje díl v pohledech. Hlavní pohled je ten, který o díle řekne nejvíc. Další pohledy se kreslí kolmo k němu. Díra nebo drážka uvnitř se ukáže v řezu, kde je přeříznutý materiál vyšrafovaný.



Obr. 3.2 Čáry na výkrese. Každá má svůj význam.

Pravidlo kótování	Co to znamená pro tebe
Kóta je skutečný rozměr	měřítko výkresu rozměr nemění
Kóty se vztahují k základně	základnu si vyber jako výchozí plochu pro měření a orýsování
Co není předepsané	platí všeobecná tolerance v rozpisce
Stejné prvky	zápis 4x Ø8 znamená čtyři stejné díry
Hloubka díry	značka hloubky nebo hl. 12 říká, jak hluboko vrtat

CO SI ZAPAMATOVAT

- Polotovar je materiál, ze kterého díl vyrábíš. Najdeš ho v rozpisce, například Ø40x100.
- Kóta je skutečný rozměr v mm, měřítko výkresu ho nemění. Rozměr nikdy neodměřuj pravítkem z papíru.
- Než začneš, přečti celý výkres a rozpisku: materiál, polotovar, měřítko, toleranci.
- 20 ±0,1 znamená, že správně je cokoli od 19,9 do 20,1.
- Hmotnost je objem krát hustota. U oceli násobíš objem v mm³ hodnotou 0,00785 g/mm³.

4

MATERIÁL, VÝKRES A MĚŘENÍ

Měření a orýsování

Posuvné měřítko, mikrometr, nádrh a orýsování: jak měřit správně, jak odečíst rozměr a jak přenést kóty na materiál.

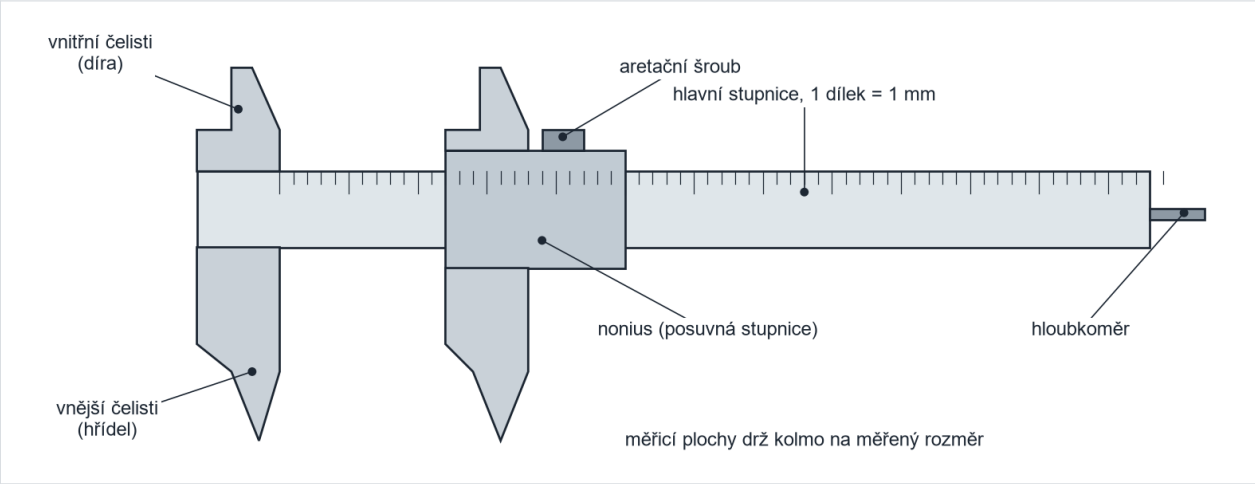
Díl je dobrý jen tehdy, když to můžeš změřit. Každé měřidlo má svou přesnost, proto se měřidlo volí podle tolerance na výkrese. Základní jednotka je milimetr, 0,01 mm se v dílně říká setina.

Správné měření

- Obrobek i měřidlo musí být čisté a bez otřepu.
- Měř za klidu stroje a raději dvakrát. Velké díly nech vychladnout: ocel se zahřátím prodlouží.
- Na stupnici se dívej kolmo. Pohled ze strany dává chybu, říká se jí **paralaxa**.
- Zkontroluj nulu: po sevření čelistí musí měřidlo ukazovat 0.
- S měřidlem zacházej opatrně. Neodkládej ho mezi třísky a nepoužívej ho jako kladívko.

Měřidlo	Rozlišení	Použití
Svinovací metr, pravítko	1 mm	hrubé rozměry, polotovar
Posuvné měřítko	0,1 až 0,02 mm	většina rozměrů na dílně
Mikrometr	0,01 mm	přesné vnější rozměry
Nádrh (výškoměr)	0,1 až 0,01 mm	rýsování a měření výšek na desce
Úhelník	kontrola tvaru	pravý úhel, kontrola proti světlu
Úhloměr	5 minut až 1°	měření úhlů
Závitová šablona	tvar a stoupání	určení závitu

Posuvné měřítko



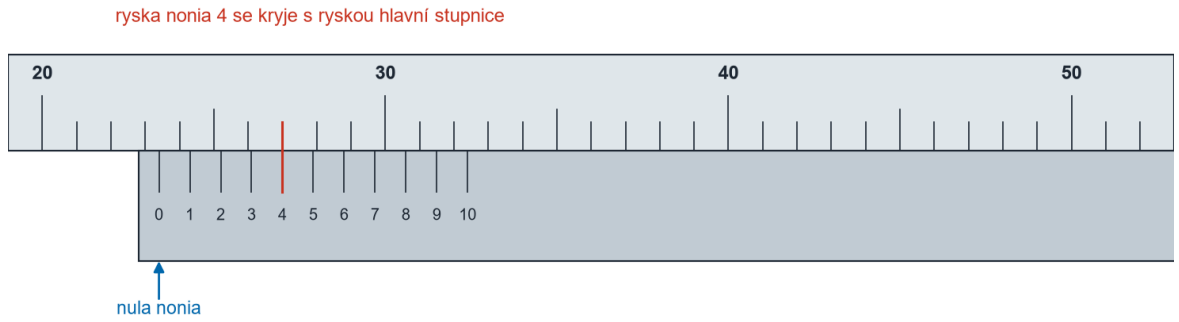
Obr. 4.1 Části posuvného měřítka. Kromě vnějších a vnitřních měří i hloubku.



Obr. 4.2 Posuvné měřítko s noniem a detail stupnic (vlevo), měření vnějšího průměru trubky (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo: ArtMechanic, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Messschieber.jpg; vpravo: Mkronsteiner, Wikimedia Commons, licence CC0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:45er_2.jpg

Jak přečíst rozměr

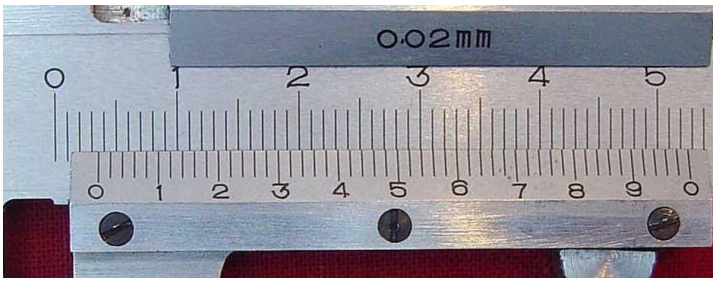
1. Na hlavní stupnici najdi rysku těsně před nulou nonia. To jsou celé milimetry.
2. Na noniu najdi rysku, která se přesně kryje s nějakou ryskou hlavní stupnice.
3. Číslo této rysky vynásob rozlišením nonia a přičti k celým milimetrům.



Obr. 4.3 Nonius s rozlišením 0,1 mm: nula je za 23, kryje se ryska 4. Rozměr je 23 + 4 × 0,1 = 23,4 mm.



Obr. 4.4 Nonius s rozlišením 0,05 mm: nula je za 17, kryje se 7. ryska označená 35. Rozměr je 17 + 7 × 0,05 = 17,35 mm.

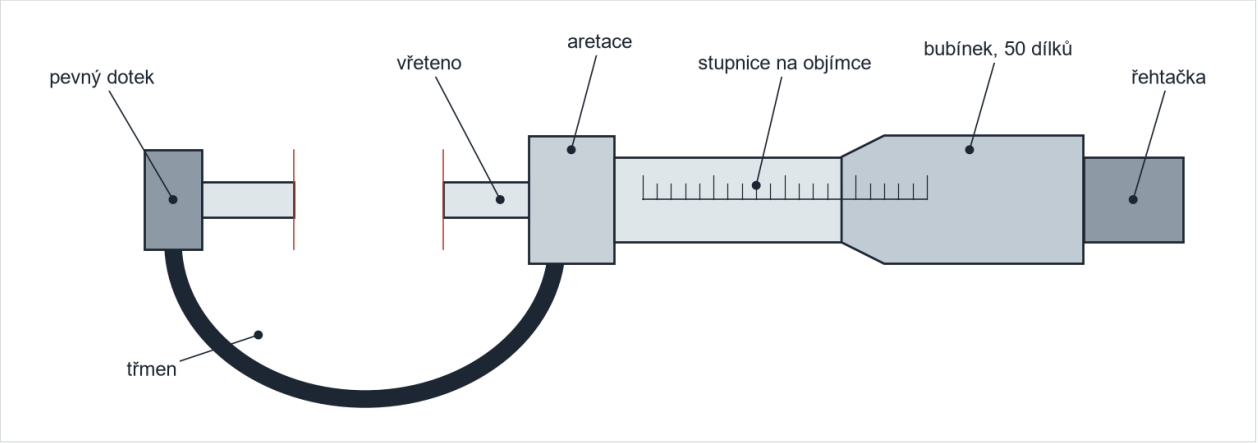


Obr. 4.5 Detail skutečného měřítka: hlavní stupnice a pod ní nonius.
Vlastník obrázku: ArtMechanic, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, oříznuto, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Messschieber.jpg

POZOR

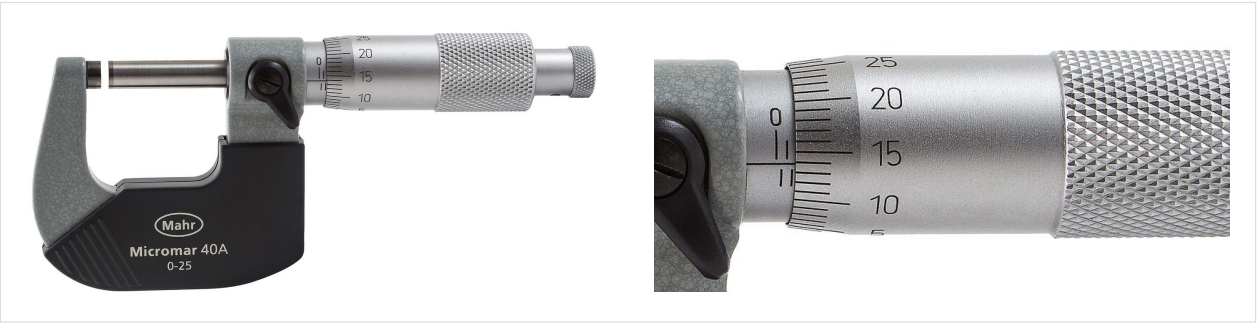
Nikdy neměř na obrobku, který se točí. Digitální měřítko před měřením vynuluj a hlídej baterii. Na šikmo nasazených čelistech naměříš víc, než je skutečnost.

Mikrometr



Obr. 4.6 Třmenový mikrometr. Jedna otáčka bubínku posune vřeteno o 0,5 mm, jeden dílek je tedy 0,01 mm.

Mikrometr měří přesněji než posuvné měřítko, ale má malý rozsah. Třmenové mikrometry se prodávají po 25 mm: 0 až 25, 25 až 50, 50 až 75 a tak dále. Pro každý rozměr vyber ten správný.



Obr. 4.7 Třmenový mikrometr s rozsahem 0 až 25 mm (vlevo) a detail stupnice: rysky na objímce a dílky na bubínku (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo: Lucasbosch, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mahr_Micromar_40A_0–25_mm_Micrometer.jpg; vpravo: Lucasbosch, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, oříznuto, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mahr_Micromar_40A_0–25_mm_Micrometer.jpg

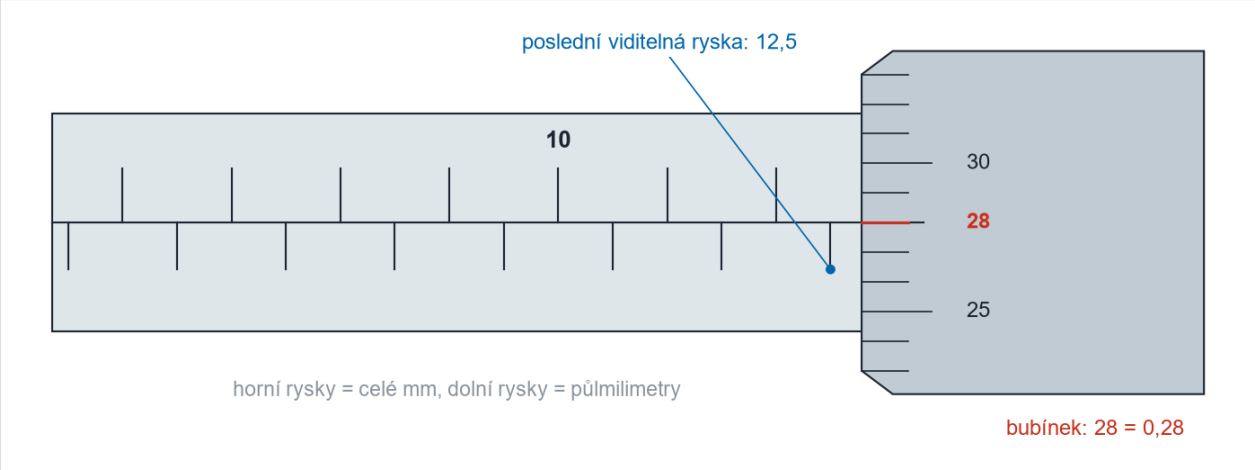
Jak měřit

1. Očisti měřicí plochy a součást. Ověř nulu: u rozsahu 0 až 25 sevřením dotyků, u větších rozsahů kalibrační měrkou.
2. Přilož pevný dotek a přitáhni bubínkem téměř k součásti.
3. Dotáhni **jen řehtačkou**, dokud nezacvakne 2 až 3krát. Tak má každé měření stejný tlak.

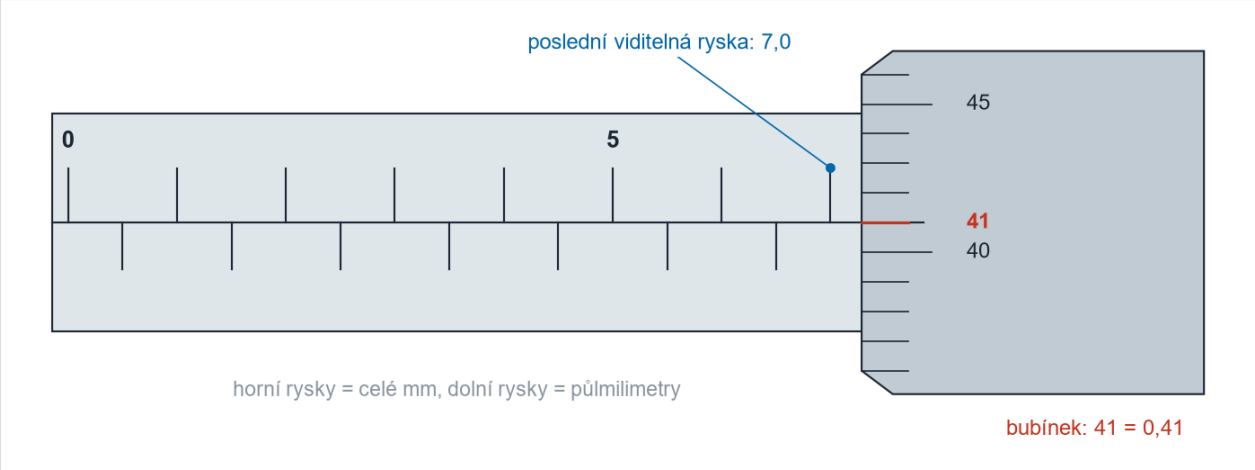
4. Přečti hodnotu, případně zajisti aretací a odtáhni opatrně.

Jak přečíst rozměr

Čti na objímce poslední viditelnou rysku. Horní rysky jsou celé milimetry, dolní půlmilimetry. K tomu přičti dílek bubínku, který je na podélné čáře objímky.



Obr. 4.8 Poslední viditelná je dolní ryska za 12, tedy 12,5. Bubínek ukazuje 28. Rozměr je 12,5 + 0,28 = 12,78 mm.



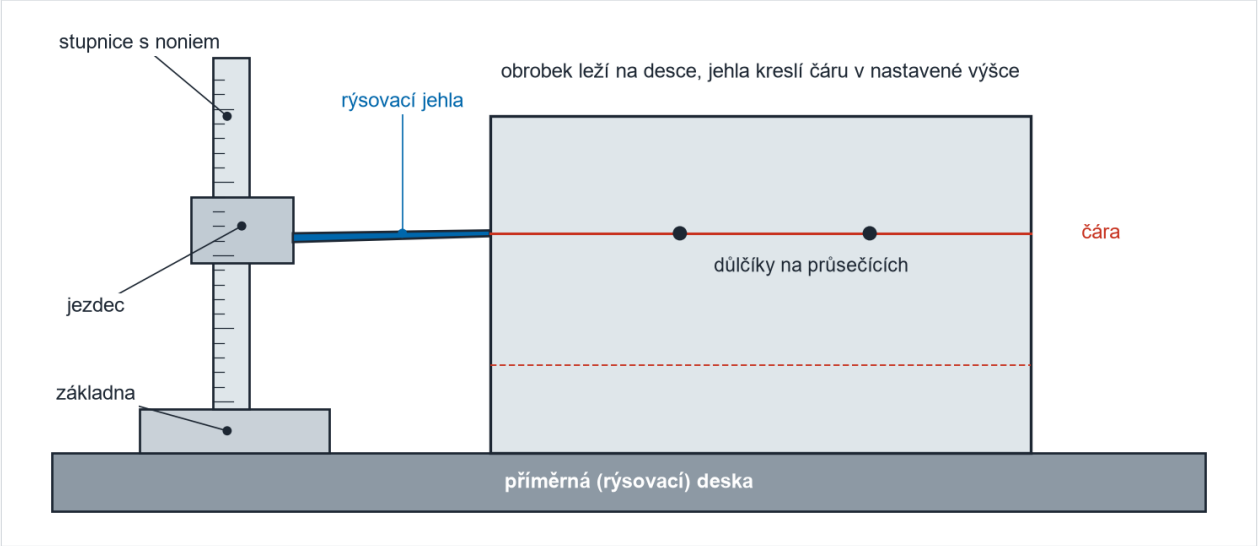
Obr. 4.9 Poslední viditelná je horní ryska 7. Bubínek ukazuje 41. Rozměr je 7 + 0,41 = 7,41 mm.

TIP

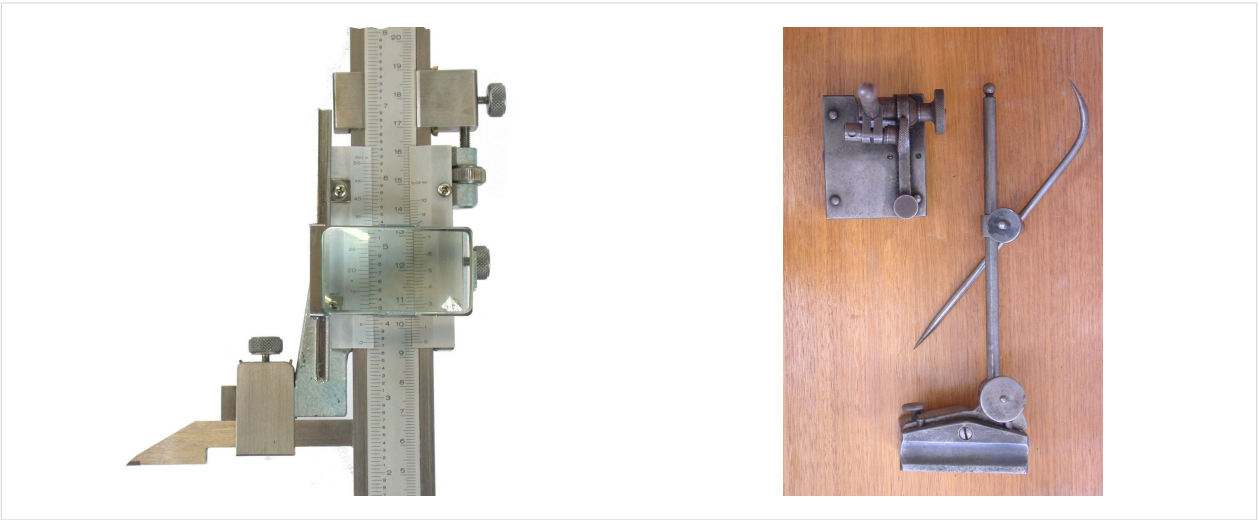
Nejčastější chyba: zapomeneš na půlmilimetr. Podívej se vždy na dolní řadu rysek.

Nádrh a orýsování

Nádrh je výškoměr s rýsovací jehlou. Stojí na základně a jehla je nastavená do přesné výšky. Když ho posuneš po příměrné desce, jehla narýsuje na obrobku vodorovnou čáru. Orýsování přenese rozměry z výkresu přímo na materiál, takže víš, kde řezat, pilovat nebo vrtat.



Obr. 4.10 Orýsování nádrhem na příměrné desce.



Obr. 4.11 Přesný nádrh s noniem (vlevo) a jednoduchý nádrh s rýsovací jehlou (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:VernierHeightGauge-CloseUp.jpg; vpravo: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ScriberBlock.jpg

Pomůcky

- **Příměrná (rýsovací) deska**: rovná, přesná litinová nebo kamenná plocha. Nic na ni nepokládej hrubě a nic se na ní nekove.
- **Nádrh**: jednoduchý s jehlou a pravítkem, nebo přesný s noniem či displejem.

- **Rýsovací jehla**, **úhelník**, **kružidlo**, **důlčík** a **kladívko**.
- **Rýsovací barva** nebo křída: tenká vrstva, na které je čára dobře vidět.





Obr. 4.12 Rýsovací jehly (vlevo) a důlčík (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Scribers.jpg; vpravo: Luke Milburn, Wikimedia Commons, licence CC BY 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Centre_Punch.jpg

Postup

1. Odstraň otřepy, očisti plochu a natři ji rýsovací barvou.
2. Vyber výchozí plochu, od které se na výkrese kótuje. Tu polož na desku nebo o ni opři úhelník.
3. Nastav výšku jehly podle kóty a zajisti ji.
4. Nádrh veď po desce, jehlu mírně skloň ve směru pohybu a přitlač jen lehce. Rýsuj jedním tahem.
5. Přetoč díl o 90° o úhelník a narýsuj kolmé čáry.
6. Průsečíky pro díry označ důlčíkem. Důlčík postav kolmo a klepni jednou.

POZOR
Hrot jehly je ostrý. Po práci nasaď kryt nebo jehlu otoč. Přesný nádrh s noniem neslouží k hrubé práci, jeho hrot chraň.

Jaké měřidlo zvolit

Měřidlo má být podstatně přesnější, než je tolerance rozměru. Běžně se říká, že rozlišení má být aspoň pětkrát lepší než tolerance. Rozměr 20 ±0,1 tedy zvládne posuvné měřítko 0,02. Rozměr 20 ±0,02 už patří na mikrometr.

Předpis na výkrese	Vhodné měřidlo
Bez tolerance, hrubý rozměr	svinovací metr, pravítko, posuvné měřítko
±0,5 až ±0,1 mm	posuvné měřítko
±0,05 až ±0,01 mm	mikrometr, dutinoměr, případně digitální měřítko s ověřením
H7, h6, závit	kalibr nebo přesný mikrometr

Jak se posuvným měřítkem měří

- **Vnější rozměr**: změř co nejblíž k pevné čelisti. Na konci hrotů se měřítko může prohnout.
- **Díra**: horní čelisti, hledej **největší** rozměr. Malou díru měříš hůř, protože tenké čelisti nedosednou přesně.
- **Hloubka**: opři konec měřítka o povrch a vysuň hloubkoměr až na dno.
- **Osazení**: opři čelo posuvné části o jednu plochu a čelo pevné o druhou, pokud to tvar dovoluje.

Cvičení na odečet

Zkus sám, řešení je v pravém sloupci.

Měřidlo	Co vidíš	Rozměr
Nonius 0,1	nula za 31, kryje se ryska 7	31,7 mm
Nonius 0,05	nula za 9, kryje se ryska označená 65	9,65 mm
Nonius 0,02	nula za 54, kryje se ryska označená 36	54,36 mm
Mikrometr 0 až 25	poslední je horní ryska 16, bubínek 7	16,07 mm
Mikrometr 0 až 25	poslední je dolní ryska za 21, bubínek 44	21,94 mm
Mikrometr 25 až 50	na objímce 3,5, bubínek 12	25 + 3,5 + 0,12 = 28,62 mm

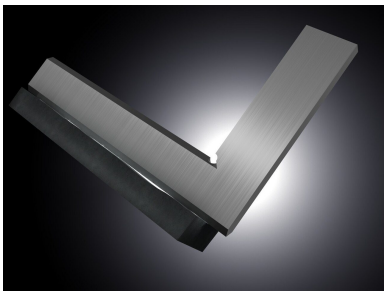
> **TIP**
> U mikrometru 25 až 50 mm začíná stupnice zase od nuly. K odečtu vždy přičti spodní hranici rozsahu.

Chyby měření

Chyba	Čím vzniká	Jak jí předejít
Paralaxa	šikmý pohled na stupnici	dívej se kolmo
Šikmé přiložení	čelisti nejsou kolmo na osu	přikládej rovně, měř opakovaně
Přílišná síla	stlačení, prohnutí měřidla	lehce u měřítka, řehtačka u mikrometru
Teplota	teplý díl je větší	měř vychladlý díl, měřidlo nezahřívej v ruce
Nečistota	tříska nebo olej na ploše	očistit díl i dotyky
Špatná nula	měřidlo není seřízené	ověř nulu před měřením

Další měřidla a pomůcky

Pomůcka	K čemu	Jak se používá
Úhelník	kontrola 90°	přilož k ploše a podívej se proti světlu, zda je štěrbina stejná
Univerzální úhloměr	měření úhlů	ramena přilož k plochám a přečti úhel na stupnici s noniem
Spároměr	velikost malé mezery	listky vkládáš postupně, dokud list nejde jen ztěžka
Rádiusová šablona	kontrola zaoblení	přikládá se k hraně, kontrola proti světlu
Závitová šablona	stoupání závitu	najdi list, jehož zuby přesně zapadnou
Měrky	přesná délka	slouží ke kontrole měřidel, zachází se s nimi velmi opatrně





Obr. 4.13 Zleva kontrola úhelníkem proti světlu, závitová šablona a její použití na závitu.
Vlastník obrázku: zleva 1: Brian Heath, Wikimedia Commons, licence Public domain, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lichtspalt.jpg; 2: User:Wickipädiater based on file of Jahobr, Wikimedia Commons, licence CC0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gewindeschablone-waagerecht.jpg; 3: Craig Howell from San Carlos, CA, USA, Wikimedia Commons, licence CC BY 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Measuring_the_studs_with_a_thread_gauge.jpg

Péče o měřidla

- Po práci očistit, olejem chránit proti korozi, uložit do pouzdra.
- Mikrometr nezavírej úplně, ať dotyky nezůstanou na sobě. Mohly by korodovat.
- Neměř běžící díl a nepoužívej měřítko jako rýsovací jehlu.
- Měřidla se pravidelně kalibrují. Spadlé měřidlo vždy nahlas a nech zkontrolovat.

Rýsování rukou

Nádrh se používá hlavně na přesné díly a rovnoběžné čáry. Běžné čáry na plochách se dělají ručně.

- **Rovnoběžná čára od hrany**: nastav kružidlo nebo rýsovací úhelník na požadovanou míru a veď ho po hraně.
- **Kolmá čára**: úhelník přilož k rovné hraně a jehlu veď podél ramene.
- **Kružnice**: střed označ důlčíkem, kružidlem nastav poloměr podle měřítka.
- **Střed kulatiny**: z několika stran narýsuj rovnoběžné čáry pomocí V-prizmy a nádrhu, jejich průsečík je střed.

> **PAMATUJ**
> Orýsování nemá přesnost mikrometru. Čára říká, kam řezat. Konečný rozměr vždy ověř měřením.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Měřidlo volíš podle tolerance. Rozlišení má být aspoň pětkrát lepší než tolerance.
- Posuvné měřítko: celé milimetry před nulou nonia, pak ryska, která se kryje, krát rozlišení nonia.
- Mikrometr dotahuj jen řehtačkou a podívej se vždy na dolní řadu rysek, ať nezapomeneš na půlmilimetr.
- Před měřením ověř nulu, očisti díl i dotyky a na stupnici se dívej kolmo.
- Nádrh rýsuje čáru v nastavené výšce od výchozí plochy. Orýsování nemá přesnost mikrometru, konečný rozměr vždy ověř měřením.

5

RUČNÍ PRÁCE

Ruční zpracování kovů

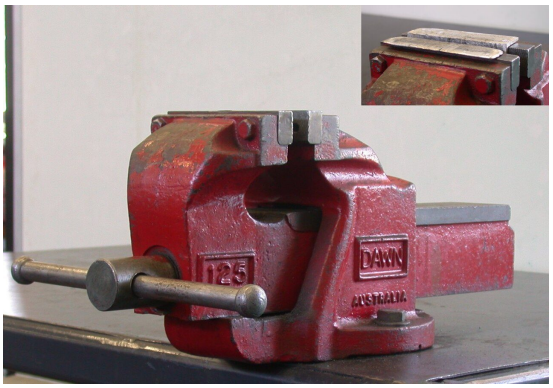
Pilování, řezání pilkou, řezání závitů, sekání a další ruční práce, spojování dílů a příprava souborné práce.

Ruční práce tě naučí cit pro materiál. V dílně se hodí vždycky: odstranění otřepu, doladění rozměru, oprava závitu.

Pilování

- Svěrák nastav tak, aby čelisti byly přibližně ve výšce loktů. Obrobek upni nízko, aby nekmital. Hotové plochy chraň měkkými vložkami.
- Pilník řeže **při pohybu dopředu**. Zpět ho veď bez přítlaku. Drž ho oběma rukama, pracuj celou délkou.
- Hrubý sek ubírá rychle, jemný dává hladký povrch. Postupuj od hrubého k jemnému.
- Kontroluj rovinnost pravítkem a kolmost úhelníkem proti světlu. Světlo pod pravítkem ukáže, kde je plocha nerovná.
- Pilník čisti drátěnou kartáčovou deskou. Pilník bez rukojeti nepoužívej, stopka může poranit ruku.





Obr. 5.1 Pilování ve svěráku, pilník vedou obě ruce (vlevo). Zámečnický svěrák, ve výřezu vložky na čelistech (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo: Roger Rössing / Renate Rössing, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0 de, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fotothek_df_roe-neg_0006230_030_Porträt_eines_Lehrlings_an_einer_Werkbank.jpg; vpravo: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ViceBench-insetSoftJaws.jpg

Řezání ruční pilkou

- Zuby listu míří **dopředu**, řeže se při tahu od sebe.
- Jemnost listu vol podle materiálu. Tenký plech a trubka potřebují jemné zuby, v řezu mají být alespoň tři.
- Začni opatrně pod malým úhlem, používej celou délku listu, asi 40 až 60 tahů za minutu.
- Před dořezáním zmírni tlak, aby tě přeříznutí nepřekvapilo.



Obr. 5.2 Ruční pilka na kov.
Vlastník obrázku: Luke Milburn, Wikimedia Commons, licence CC BY 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hacksaw_with_grey_handle.jpg

Řezání závitů

Vnitřní závit se řeže **závitníkem** do předvrtané díry, vnější **závitovou čelistí** na válec. Před řezáním sraz hranu, nástroj nasaď kolmo a používej olej. Po každé otáčce až dvou se vrať o půl otáčky, aby se tříska zlomila.



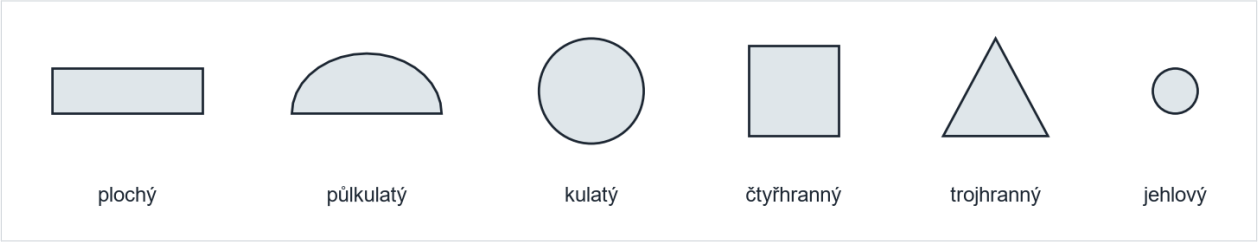
Obr. 5.3 Sada závitníků a závitových čelistí s držáky. *Vlastník obrázku: Schumi4ever, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Threading_dies_and_screw_taps.jpg*

Závit	M5	M6	M8	M10	M12	M16
Stoupání P (mm)	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2
Vrták pro závit (mm)	4,2	5	6,8	8,5	10,2	14

TIP

Vrták pro závit spočítáš jednoduše: průměr závitu minus stoupání. M10: 10 − 1,5 = 8,5 mm.

Druhy pilníků



Obr. 5.4 Průřezy pilníků. Tvar volíš podle plochy, kterou opracováváš.

Pilník	Použití
Plochý	rovinné plochy a vnější hrany
Půlkulatý	rovinné plochy i vypuklé a vyduté tvary
Kulatý	díry a vydutá zaoblení
Čtyřhranný	drážky a pravoúhlé otvory
Trojhranný	ostré vnitřní rohy a úhly menší než 90°
Jehlový	malé a jemné úpravy

Časté chyby při pilování

Chyba	Příčina	Náprava
Vypouklá plocha	pilník kolébá nahoru a dolů	drž ho vodorovně, trénuj křížové pilování
Rýhy na povrchu	třísky zaseklé v seku	očistit kartáčem, použít křídu
Otlačený díl	tvrdé čelisti	měkké vložky
Rychle tupý pilník	tlak při zpětném tahu, tvrdý materiál	zpět bez přítlaku, kalené se nepilují

Další ruční práce

Práce	Nástroj	Na co si dát pozor
Sekání	sekáč a kladivo	brýle, zástěna pro ostatní, upnutí ve svěráku
Rovnání	palička, rovnací deska	plech rovnej od krajů ke středu boule, tyč na vypuklé straně
Ohýbání ve svěráku	svěrák, palička	čelist musí být na čáře ohybu, chraň povrch
Nýtování	vrták, nýt, hlavičkář	díra odpovídá nýtu, délka dříku podle tloušťky spojovaných dílů
Vystružování rukou	výstružník, vratidlo	otáčet jen dopředu, používat olej
Zaškrabávání	škrabák	jemná úprava pro přesné plochy, obvykle u údržby

Spojování dílů

- **Šroubový spoj**: rozebíratelný. Na šroub patří správný moment, utahuj křížem. Podložka chrání povrch.
- **Nýtový spoj**: nerozebíratelný, hodí se tam, kde nelze svařovat.
- **Kolík a závlačka**: zajišťují polohu nebo matici.
- **Lepení a pájení**: běžné u tenkých plechů a jemných dílů.

Ochrana povrchu

Ocel na vzduchu rezaví. Hotové díly se proto chrání olejem, nátěrem, černěním nebo zinkováním. Před povrchovou úpravou díl odjehli a odmasti. Otisky prstů na čistém povrchu mohou způsobit rez.

Souborná práce: jak ji připravit

1. Přečti výkres a udělej si soupis materiálu.
2. Napiš si pořadí operací od řezání po finální kontrolu.
3. Ke každé operaci připrav nářadí a měřidlo.
4. Pracuj od základní plochy, abys měl odkud měřit.
5. Po každé operaci změř a zapiš výsledek.
6. Nakonec odjehli a označ díl.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Pilník řeže při pohybu dopředu, zpět ho veď bez přítlaku. Postupuj od hrubého seku k jemnému.
- Rovinnost a kolmost kontroluj pravítkem a úhelníkem proti světlu.
- Zuby listu ruční pilky míří dopředu a v řezu mají být alespoň tři.
- Vrták pro závit je průměr závitu minus stoupání. M10: 10 − 1,5 = 8,5 mm.
- Při sekání nos brýle, chraň ostatní zástěnou a obrobek upni do svěráku.

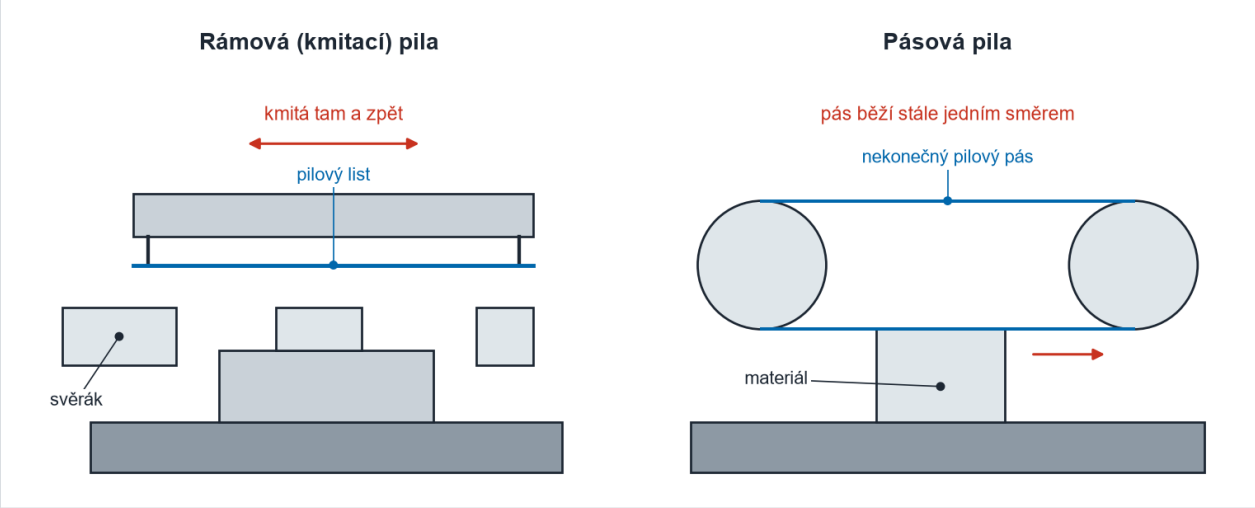
6

STROJE V DÍLNĚ

Strojní pily

Druhy strojních pil, volba listu, pracovní postup, časté chyby a péče o pilu.

Strojní pila nařeže tyče a profily na míru. Je to obvykle první stroj, kterým polotovar projde. Dobře nařezaný materiál šetří čas i materiál při dalším obrábění.



Obr. 6.1 Dva nejběžnější druhy strojních pil.

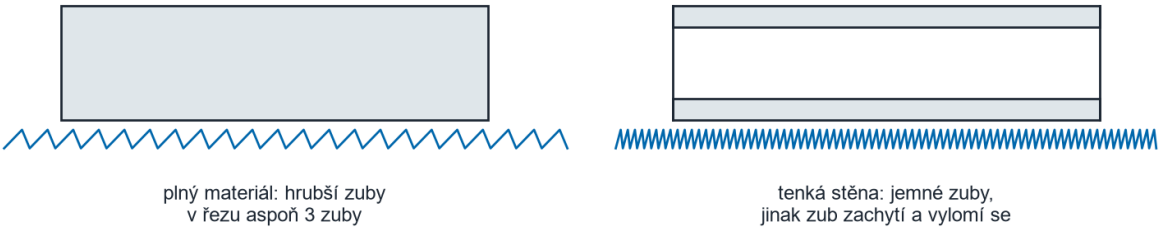
Druhy strojních pil

Druh	Jak řeže	Výhody	Nevýhody
Rámová (kmitací)	pilový list kmitá tam a zpět	jednoduchá, levná	pomalá, řeže jen jedním směrem
Pásová	nekonečný pás běží stále stejným směrem	rychlá, tenký řez, malý odpad	pás je třeba správně napnout
Kotoučová	ozubený kotouč, přesné řezy	čistý a přesný řez	širší řez, dražší kotouč



Obr. 6.2 Zleva rámová, pásová a kotoučová pila na kov.
Vlastník obrázku: zleva 1: Shoot stufz, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hacksaw_Machine_01.jpg; 2: Visitor7, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HE&M_Automatic_Horizontal_Bandsaw.JPG; 3: Quantum Machinery, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cold_Saw.jpg

Jak zvolit list



Obr. 6.3 Pravidlo tří zubů: v materiálu mají být současně alespoň tři zuby.

Pracovní postup

1. Zkontroluj stav listu a jeho napnutí, chlazení a kryty.
2. Tyč podepři a upni do svěráku. Krátké kusy upni tak, aby byly čelisti zatížené rovnoměrně.
3. Nastav délku dorazem nebo měřítkem. Počítej s přídavkem na obrobení.
4. Oblouk spusť pomalu na materiál. Nikdy ne rázem.
5. Zapni chlazení, nech pilu pracovat a nepřetěžuj ji.
6. Po dořezání stroj zastav, teprve pak vyjmi kus. Odstraň otřepy.

Časté chyby

Chyba	Příčina	Náprava
Řez jde šikmo	volný nebo tupý pás, velký tlak	napnout, vyměnit, snížit tlak
Vylomené zuby	tenká stěna a hrubé zuby, ráz při dosednutí	jemnější list, pomalé dosednutí
Přehřátí, modré třísky	málo chlazení, velká rychlost	doplnit chlazení, snížit rychlost

POZOR

Ruce drž mimo dráhu listu a uvolněný odřezek nech dopadnout. Kusy nevybírej za chodu. Krátký materiál, který nejde bezpečně upnout, neřež.

Volba listu podle materiálu

Hrubost zubů se udává v zubech na palec (TPI). Čím větší číslo, tím jemnější zuby. Tabulka je orientační pro běžnou ocel.

Tloušťka v řezu	TPI	Co hrozí při špatné volbě
do 3 mm, tenká stěna	14 až 18	hrubý list se zasekne a vylomí zuby
3 až 10 mm	10 až 14	jemný list se zaplní třískami
10 až 30 mm	6 až 10	řez je pomalý a list se hřeje
30 až 100 mm	3 až 6	malé mezery mezi zuby nestačí na třísku
nad 100 mm	2 až 3	list se zanáší a řez uhýbá

Řezná rychlost pásu

Materiál	Rychlost pásu (m/min)	Poznámka
Konstrukční ocel	50 až 80	chladit emulzí
Legovaná ocel	30 až 50	menší rychlost
Korozivzdorná ocel	20 až 40	stálý posuv, nesmí zpevňovat
Litina	30 až 50	obvykle za sucha
Hliník	nad 200	zanáší se, kartáč a mazání

Přídavek na obrobení

Materiál řežeš delší, než má být hotový díl. Přídavek musí stačit na zarovnání obou čel a nerovný řez. U běžného soustruženého dílu počítej asi 2 až 5 mm na délku. Při řezání mnoha kusů nezapomeň, že každý řez ubere i šířku listu.

Řezání pod úhlem

Svěrák pily lze obvykle natočit. Úhel nastav podle stupnice a první kus zkontroluj úhloměrem. U natočeného svěráku pozor na delší řez, posuv volíš podle skutečné délky řezu.

Péče o pilu

- Pravidelně kontroluj hladinu chladicí kapaliny a čisti třísky z vany.
- Vyměň list, když se objeví šikmý řez, pálení nebo chybějící zuby. Nový pás nejprve zaběhni menším tlakem.
- Pás po práci povol, pokud to výrobce doporučuje.
- Vedení pásu nastav co nejblíž k materiálu.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Rámová pila kmitá tam a zpět, pás pásové pily běží stále stejným směrem, kotoučová řeže čistě a přesně.
- V materiálu mají být současně alespoň tři zuby. Čím větší TPI, tím jemnější zuby.
- Oblouk spouštěj na materiál pomalu, nikdy ne rázem.
- Řež s přídavkem na obrobení, u běžného soustruženého dílu asi 2 až 5 mm na délku.
- Kusy nevybírej za chodu. Krátký materiál, který nejde bezpečně upnout, neřež.

7

STROJE V DÍLNĚ

Brusky

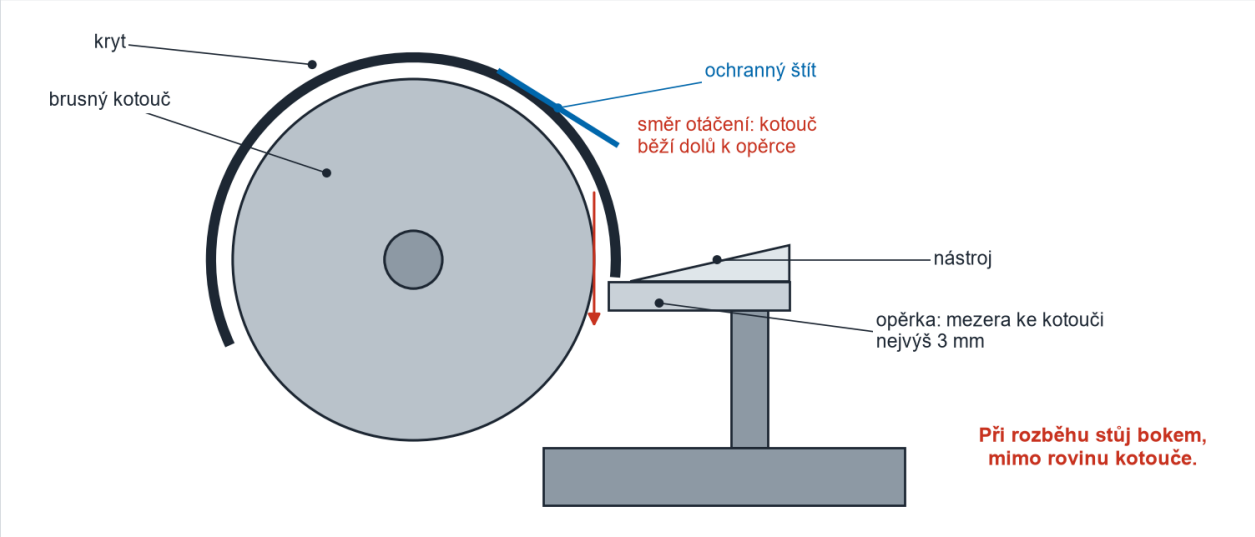
Druhy brusek, práce na stojanové brusce, označení kotouče, úhlová bruska a ostření nástrojů.

Bruska odebírá materiál velkým množstvím malých ostrých zrn. Kotouč běží velmi rychle, proto je tu riziko roztržení kotouče a odletujících jisker. Bez brýlí k brusce nechoď.

Druhy brusek

Bruska	K čemu	Poznámka
Stojanová (dvoukotoučová)	ostření nástrojů, odjehlení	hrubý a jemný kotouč, v dílně nejběžnější
Úhlová (ruční)	řezání, broušení svarů, čištění	vždy s krytem, drž oběma rukama
Rovinná	přesné rovinné plochy	obrobek na magnetickém stole
Hrotová a bezhrotá	přesné válcové plochy	podrobněji ve 3. ročníku

Stojanová bruska



Obr. 7.1 Stojanová bruska z boku. Opěrka je co nejblíž ke kotouči.





Obr. 7.2 Stojanové brusky se dvěma kotouči a průhlednými štíty.
Vlastník obrázku: vlevo: Nemo5576, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Einhell_DSC_125_Pa191756_(Nemo5576).jpg; vpravo: Martink at Dutch Wikipedia, Wikimedia Commons, licence Public domain, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Werkbank_slijpmachine.JPG

Před zapnutím zkontroluj

- Kotouč nesmí být poškozený. Štít, kryt a opěrka musí být na místě.
- Mezera mezi opěrkou a kotoučem je **nejvýše 3 mm**. Při větší mezeře může kotouč nástroj vtáhnout.
- Otoč kotoučem rukou, nesmí drhnout.

Při práci

1. Stůj bokem a zapni. Nech kotouč běžet alespoň chvíli naprázdno.
2. Nástroj polož na opěrku a jemně přitlač. Pohybuj jím po šířce kotouče, aby se kotouč nevydřel.
3. Průběžně chlaď ve vodě. Modrá barva na ostří znamená, že ztratil tvrdost.
4. Hliník a měkké kovy na kotouč pro ocel nebrus, zanesou ho.

POZOR
Rukavice ani hadry ke stojanové brusce. Malé díly drž v kleštích. Kotouč, který zní po poklepání dutě nebo je prasklý, se nesmí použít.

Co znamená označení kotouče

Část	Příklad	Význam
Druh brusiva	A	A = korund, na oceli. C = karbid křemíku, na litinu a tvrdokov
Zrnitost	60	čím větší číslo, tím jemnější zrno a povrch
Tvrdost	K	jak pevně pojivo drží zrna, A měkký až Z tvrdý
Pojivo	V	V = keramické, B = pryskyřičné
Max. rychlost	35 m/s	nesmí se překročit

Úhlová bruska

Úhlovou brusku drž oběma rukama, kryt nastav mezi sebe a kotouč. Řezný a brusný kotouč nejsou zaměnitelné: tenkým řezným kotoučem se nesmí brousit bokem. Obrobek musí být upnutý a jiskry nesmí mířit na lidi ani hořlaviny.





Obr. 7.3 Vlevo rovinná bruska, ve výřezu magnetický stůl. Vpravo řezání úhlovou bruskou: jiskry letí daleko, proto patří štít nebo brýle na obličej. Na tomto snímku je štít zvednutý.
Vlastník obrázku: vlevo: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SurfaceGrinder-Proth-insetMagChuck.jpg; vpravo: Jorge Royan, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Steel_iron_construction_worker_-_8338.jpg

Ostření šroubovitého vrtáku

Dobře naostřený vrták má stejně dlouhé břity, správný vrcholový úhel a podbroušený hřbet. Když je jeden břit delší, díra vyjde větší a vrták řeže jen jednou stranou.

1. Drž vrták pod úhlem 59° k obvodu kotouče, to dá vrcholový úhel 118°.
2. Břit přilož vodorovně na kotouč.

3. Stopku pomalu spouštěj dolů a mírně pootoč, tím vznikne hřbet s úhlem asi 12°.
4. Otoč o 180° a stejně přebrus druhý břit.
5. Chlaď ve vodě. Délku a úhel kontroluj šablonou.

Ostření soustružnického nože HSS

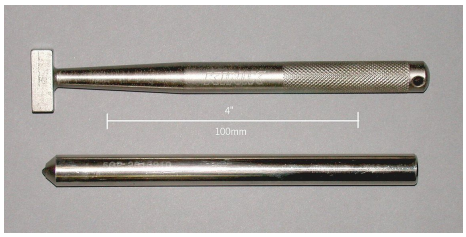
1. Hrubě vybrus hřbet a tvar na hrubém kotouči.
2. Dokonči čelo a hřbet na jemném kotouči.
3. Nech lehký rádius na špičce, nůž tak vydrží déle.
4. Břit nakonec lehce obtáhni orovnávacím kamenem.

Výměna a kontrola kotouče

Kotouč mění pouze pověřená osoba. Před nasazením se prohlédne a poklepem ověří zvuk: dobrý kotouč zvoní, prasklý zní dutě. Mezi kotoučem a přírubami jsou pružné podložky. Matice se utahuje přiměřeně. Po nasazení běží kotouč naprázdno, přičemž obsluha stojí mimo jeho rovinu.

Orovnávání

Časem se kotouč zanáší a ztrácí tvar. Orovnávačem se obnoví řezná plocha. Pracuje se v brýlích a s malým tlakem.



Obr. 7.4 Diamantové orovnávače brusných kotoučů. *Vlastník obrázku: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GrindingWheelDressersDiamond.jpg*

Chyby při broušení

Chyba	Příčina	Náprava
Modré ostří	velký tlak, málo chlazení	lehký tlak, častější chlazení
Kotouč vibruje	nevyvážený nebo zanesený	orovnat, nechat zkontrolovat
Kotouč je vydřený	práce stále na jednom místě	pohybovat nástrojem po šířce
Plocha není rovná	málo stabilní opěrka, tlak rukou	nastavit opěrku, vést nástroj klidně

CO SI ZAPAMATOVAT

- Bez brýlí k brusce nechoď. Ke stojanové brusce nepatří rukavice ani hadry, malé díly drž v kleštích.
- Mezera mezi opěrkou a kotoučem je nejvýše 3 mm.
- Modrá barva na ostří znamená, že ztratil tvrdost. Proto průběžně chlaď ve vodě.
- Kotouč, který zní po poklepání dutě nebo je prasklý, se nesmí použít.
- Úhlovou brusku drž oběma rukama. Tenkým řezným kotoučem se nesmí brousit bokem.

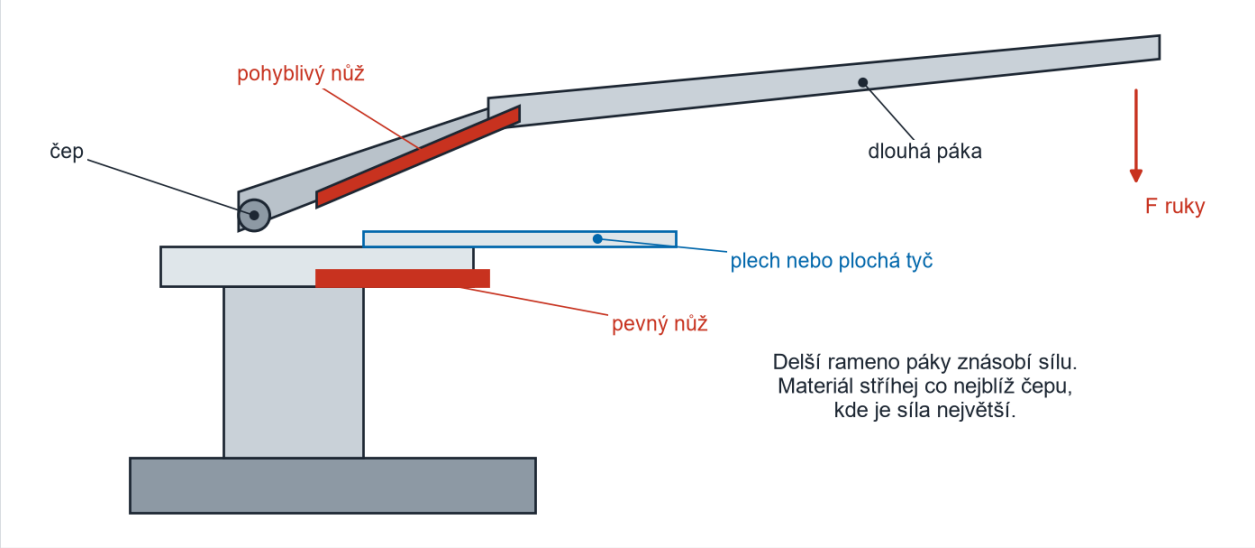
8

STROJE V DÍLNĚ

Pákové nůžky

Jak nůžky stříhají, postup práce, co se stříhat smí a co ne, druhy nůžek a časté chyby.

Pákové nůžky stříhají plech a tenkou plochou ocel bez třísky. Stříhání je rychlé, ale hrany mohou zůstat mírně deformované a s otřepem.



Obr. 8.1 Princip pákových nůžek. Materiál je sevřený mezi pevným a pohyblivým nožem.

Jak to funguje

Horní nůž se otáčí na čepu a sjíždí k dolnímu pevnému noži. Nože se neřežou proti sobě, ale míjejí se s malou vůlí. Materiál se v místě střihu nejdřív deformuje, pak se oddělí. Dlouhá páka znásobí sílu ruky, proto jde stříhat i ocelový pás.



Obr. 8.2 Dvě provedení pákových nůžek na plech s dlouhou pákou.
Vlastník obrázku: vlevo: Audrius Meskauskas (Audriusa), Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LeverShears.jpg; vpravo: Eyrian at English Wikipedia, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ThroatlessShear.jpg

Postup

1. Zjisti, jakou tloušťku nůžky zvládnou. Údaj je na štítku. Nikdy ho nepřekračuj.
2. Orýsuj čáru, po které budeš stříhat.
3. Vlož materiál co nejblíž k čepu. Tam je síla největší.
4. Nastav čáru přesně na hranu dolního nože. Použij přidržovač, aby se materiál nezvedal.
5. Tlač páku plynule až do konce střihu.
6. Odstraň otřep pilníkem. Páku po práci zajisti západkou.

Co se stříhá a co ne

Lze	Nelze
plech a pásová ocel v rozsahu štítku	kalený materiál, který poškodí nože
měkké kovy: hliník, mosaz, měď	silnější materiál, než dovoluje štítek
profily jen s tvarovým nožem, když ho nůžky mají	krátké odřezky, které nejde bezpečně přidržet

POZOR
Prsty nikdy mezi nože a pod přidržovač. Páku musí ovládat jen jeden člověk. Nezajištěná páka může samovolně spadnout dolů. Hrany po střihu jsou velmi ostré.

Druhy nůžek

Druh	Popis	Použití
Ruční nůžky na plech	jako velké nůžky, levé a pravé	tenký plech, tvary
Pákové	dlouhá páka, stabilní stojan	kusové stříhání, ocelový pás
Tabulové	dlouhý nůž, přítlak, šlapací nebo motorový pohon	přesné rovné střihy velkých plechů
Prostřihovací	malý razník a matrice	otvory a tvary v plechu
Kombinované	stříhají profily, tyče, děrují	stavební a zámečnické práce



Obr. 8.3 Tabulové nůžky s dlouhým nožem a přítlakem.
Vlastník obrázku: Advliege, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Metal_sheet_shear.PNG

Co se děje při střihu

Nůž nejprve materiál stlačí a začne ho řezat. Zhruba třetina tloušťky bývá hladká a zbytek se odtrhne, proto je řezná plocha na konci drsná. Vůle mezi noži má být malá: příliš velká způsobí otřep a ohnutí, příliš malá poškodí nože.

Chyby při stříhání

Chyba	Příčina	Náprava
Velký otřep	tupé nože, velká vůle	přebrousit, nastavit vůli
Plech se ohýbá	bez přidržení, tenký materiál	použít přidržovač
Střih je šikmý	čára není u hrany, posun materiálu	přidržet, zkontrolovat čáru
Páka jde těžko	materiál daleko od čepu, velká tloušťka	přiblížit k čepu, ověřit štítek

Údržba

Čep a vedení pravidelně maž. Nože udržuj čisté a nepoužívej je na tvrdé materiály. Pokud na ostří vznikne vylomení, přebrousí je údržba. Po práci páku zajisti v dolní poloze nebo západkou, aby nemohla spadnout.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Materiál vlož co nejblíž k čepu, tam je síla největší.
- Tloušťku uvedenou na štítku nikdy nepřekračuj a kalený materiál nestříhej.
- Prsty nikdy mezi nože a pod přidržovač. Páku ovládá jen jeden člověk.
- Po práci páku zajisti západkou, nezajištěná může samovolně spadnout.
- Hrany po střihu jsou velmi ostré, otřep odstraň pilníkem.

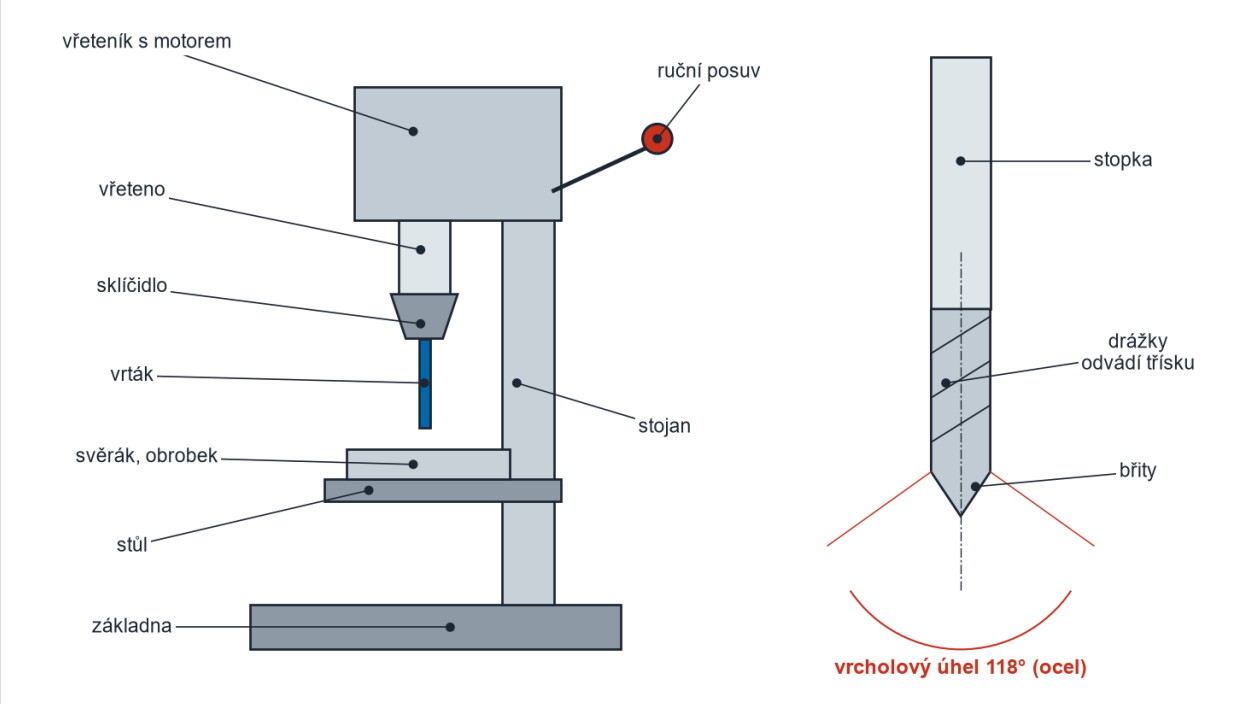
9

STROJE V DÍLNĚ

Stolní vrtačka

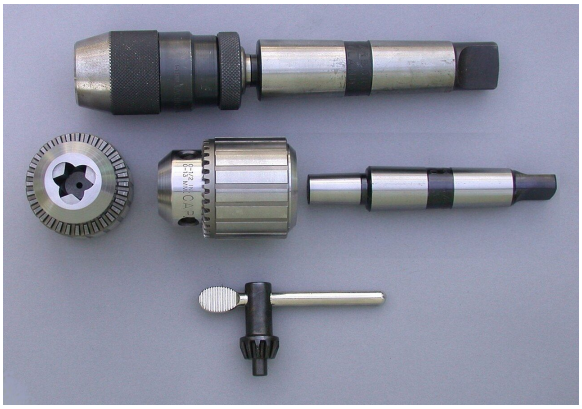
Nástroje a práce na vrtačce, výpočet otáček, postup vrtání, upínání, chyby a chlazení.

Vrtačka dělá díry. Vrták se točí a zároveň ho rukou posouváš dolů do materiálu. Protože díra vzniká v plném materiálu a na malém prostoru, je tu důležité chlazení a odvod třísky.



Obr. 9.1 Stolní vrtačka a šroubovitý vrták.





Obr. 9.2 Vrtačka se sloupem, sklíčidlem a pracovním stolem (vlevo). Sklíčidla na kuželové stopce a klíč (vpravo). *Vlastník obrázku: vlevo: Hardyplants, Wikimedia Commons, licence CC0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Induction_motor_drill_press.jpg; vpravo: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ChuckDrillKeyedKeylessArbor.jpg*

Nástroje a práce na vrtačce

Práce	Nástroj	K čemu
Navrtání	navrtávák	přesný začátek díry
Vrtání	šroubovitý vrták	díra do plného materiálu
Zahlubování	kuželový nebo válcový záhlubník	sražení hrany, místo pro hlavu šroubu
Vystružování	výstružník	přesná a hladká díra
Řezání závitů	závitník	jen na vrtačce, která to umožňuje

Otáčky

Řezná rychlost **vc** říká, jak rychle se pohybuje obvod nástroje. Tabulka ji udává v metrech za minutu. Otáčky spočítáš takto:

> $n = (1000 \cdot vc) / (\pi \cdot d)$ n ot/min, vc m/min, d mm
>
> Příklad: vrták Ø10, ocel S235, vc = 25 m/min
> $n = (1000 \cdot 25) / (3{,}14 \cdot 10) = 796$ ot/min, nastav nejbližší nižší stupeň

Materiál	vc pro vrták HSS (m/min)	Poznámka
Ocel S235	25 až 35	chlaď emulzí
Ocel C45	15 až 25	chlaď emulzí nebo olejem
Litina	20 až 30	za sucha
Hliník	60 až 100	s mazáním, pozor na zalepení

PAMATUJ
Hodnoty v tabulkách jsou orientační, vycházej z pokynů UOV a údajů výrobce nástroje. Čím větší vrták, tím menší otáčky.

Postup vrtání

1. Orýsuj a důlčíkem označ střed díry.
2. Obrobek upni do svěráku. Malé díly **nikdy nedrž v ruce**. Vrták může obrobek strhnout.
3. Vrták upni do sklíčidla a klíč vyndej. Nastav otáčky.
4. Velkou díru předvrtej menším vrtákem. Vrtej od Ø8 výš po stupních.
5. Tlač plynule. Při hluboké díře vrták pravidelně vytahuj a odstraňuj třísky.
6. Před provrtáním zmenši tlak, vrták by se mohl zaseknout.
7. Sraz hrany záhlubníkem a změř.



Obr. 9.3 Šroubovitý vrták HSS v hliníku s mazáním.
Vlastník obrázku: JJ Harrison (https://www.jjharrison.com.au/), Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HSS_Twist_Drill_into_Aluminium_with_Lubricant.jpg

Chyby

Chyba	Příčina	Náprava
Díra mimo střed	chybí důlčík, tupý vrták	důlčík, navrtání, naostřit
Vrták pískne a modrá	velké otáčky, chybí chlazení	snížit otáčky, chladit
Vrták se zlomí	třísky v drážkách, velký tlak při výstupu	vytahovat vrták, snížit tlak
Díra větší než vrták	nestejné břity	správně naostřit

POZOR
Rukavice ne. Vlasy a rukávy pryč od vřetene. Svěrák na stole pojisti proti protočení. Třísky odstraňuj jen za klidu háčkem.

Druhy vrtaček

Vrtačka	Popis	Použití
Ruční	elektrická, aku	montáž, díry na místě
Stolní	na stole, malé díry	dílna, nejběžnější ve škole
Sloupová	těžší, na podlaze	větší průměry a hloubky
Otočná (radiální)	rameno s vřetenem se přesouvá nad díl	velké těžké obrobky

Otáčky pro vrták HSS, ocel S235, vc = 25 m/min

Ø vrtáku (mm)	3	5	8	10	12	16	20
n (ot/min)	2653	1592	995	796	663	497	398

Upínání nástrojů a obrobků

Co	Čím	Poznámka
Vrták s válcovou stopkou	sklíčidlo	dotáhni klíčem, vrták dosedá hladce
Vrták s kuželovou stopkou	kužel Morse, případně redukce	vyráží se klínem, nikdy kladivem
Malý obrobek	strojní svěrák	upnout a svěrák zajistit
Plech	podložka a svorka	pod plech dřevo, jinak se díra otřepí a vrták zasekne
Kulatina	V-prizma	aby se neprotáčela

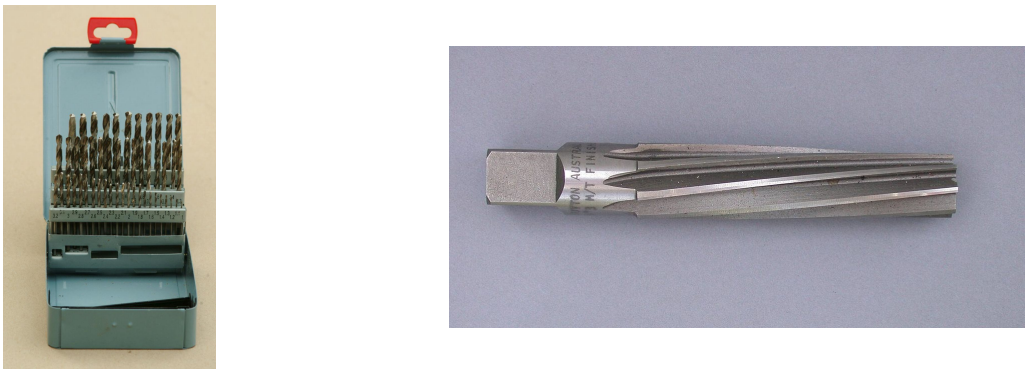




Obr. 9.4 Vrtáky s kuželovou stopkou (vlevo) a malý strojní svěrák (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DrillsMorseTaperShank1234.jpg; vpravo: Germ Halter, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maschinenschraubstock_DDR_Ansicht_von_oben.jpg

Další práce

- **Slepá díra**: nastav hloubkový doraz. Hloubka se bere po válcovou část, špička je delší o asi 0,3 × průměr.
- **Zahlubování**: kuželový záhlubník 90° pro hlavu zápustného šroubu, válcový pro šroub s válcovou hlavou. Otáčky jsou asi poloviční proti vrtání.
- **Vystružování**: přídavek asi 0,1 až 0,3 mm na průměr, nízké otáčky, olej. Výstružníkem netoč zpět.
- **Závit na vrtačce**: jen s řezacím zařízením a nízkými otáčkami.



Obr. 9.5 Sada šroubovitých vrtáků (vlevo) a výstružník (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo: Emrys2, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Drill_set_1.jpg; vpravo: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ReamerMorseTaper3.jpg

Postup: čtyři díry M6 v desce

1. Orýsuj osy a označ středy důlčíkem.
2. Desku upni do svěráku na podložky, aby vrták nevyjel do čelistí.
3. Navrtej navrtávákem.
4. Vrtej Ø5 podle tabulky závitů.
5. Sraz hrany záhlubníkem Ø8.
6. Zařízni závit závitníkem M6 s olejem, nasazuj kolmo.
7. Očisti a přeměř závit protikusem nebo kalibrem.

Chladicí a mazací prostředky

Materiál	Co použít
Ocel	emulze nebo řezný olej
Litina	za sucha, s odsáváním prachu
Hliník	líh nebo olej proti zalepení
Měď a mosaz	málo nebo vůbec, mosaz se obrábí za sucha

CO SI ZAPAMATOVAT

- Otáčky spočítáš ze vzorce n = (1000 · vc) / (π · d) a nastavíš nejbližší nižší stupeň.
- Malé díly nikdy nedrž v ruce, upni je do svěráku. Klíč ze sklíčidla vyndej.
- Střed díry orýsuj a označ důlčíkem, velkou díru předvrtej menším vrtákem.
- Při hluboké díře vrták pravidelně vytahuj, před provrtáním zmenši tlak.
- Rukavice ne. Vlasy a rukávy pryč od vřetene.

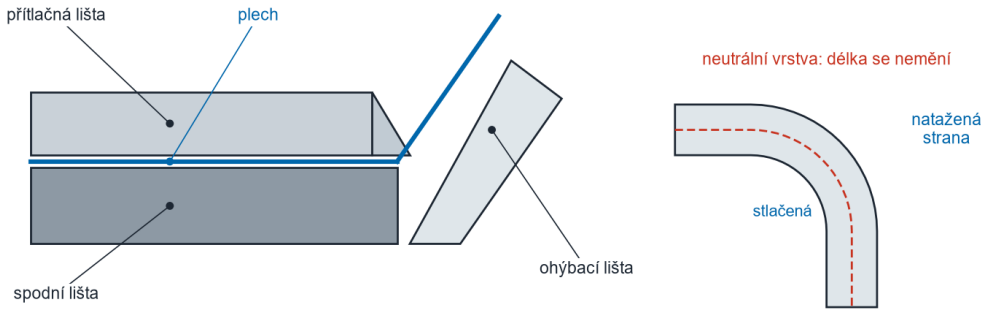
10

STROJE V DÍLNĚ

Ohýbačka

Neutrální vrstva, druhy ohýbání, výpočet rozvinuté délky, odpružení a postup na ruční ohýbačce.

Ohýbání mění tvar bez odběru materiálu. Plech se v místě ohybu na vnější straně natahuje a na vnitřní stlačuje. Mezi tím je vrstva, jejíž délka se nemění. Říká se jí **neutrální vrstva** a podle ní se počítá délka polotovaru.



Obr. 10.1 Ruční ohýbačka plechu a neutrální vrstva v ohybu.

Druhy

- **Ohýbání ve svěráku**: jednoduché kusy, kladivem přes měkkou podložku.
- **Ruční ohýbačka plechu**: plech se sevře přítlačnou lištou a ohne ohýbací lištou.
- **Ohýbačka tyčí a trubek**: ohýbá kolem tvarového kotouče, trubky se proti zborcení podpírají.
- **Ohraňovací lis**: velká a přesná průmyslová verze, často s CNC.



Obr. 10.2 Starší ohýbačka plechu v historické dílně.
Vlastník obrázku: Andreas Praefcke, Wikimedia Commons, licence Public domain, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flaschnerei_Huber_Historische_Werkstatt_19.jpg

Rozvinutá délka

Délka polotovaru je součet rovných částí a oblouku v neutrální vrstvě. Vrstva leží ve vzdálenosti **k · t** od vnitřní plochy, kde **t** je tloušťka. U malých poloměrů je **k** kolem 0,4, u velkých 0,5.

oblouk 90° = (π / 2) · (R + k · t)

Příklad: rovné části 30 a 40 mm, t = 2 mm, R = 4 mm, k = 0,4
oblouk = 1,571 · (4 + 0,4 · 2) = 7,54 mm
L = 30 + 40 + 7,54 = 77,5 mm

TIP
Skutečný plech se může chovat jinak. Při důležitém díle si nejdřív ohni zkušební kus a změř ho.

Na co si dát pozor

- **Odpružení**: po uvolnění se plech trochu vrátí. Ohni proto o něco víc a zkontroluj úhloměrem.
- **Minimální poloměr**: při příliš ostrém ohybu vnější strana praskne. Běžně se volí vnitřní poloměr aspoň rovný tloušťce plechu.
- **Směr vláken**: ohyb napříč směru válcování praská méně.
- Ohýbací čáru rýsuj tužkou nebo fixem, ne jehlou. Vryp na vnější straně může být začátkem trhliny.

Postup na ruční ohýbačce

1. Odstraň otřepy, narýsuj čáru ohybu.
2. Přítlačnou lištu zvedni, plech vlož a čáru srovnej s hranou lišty.
3. Pevně sevři. Plech se nesmí pohnout.
4. Zvedej ohýbací lištu plynule a podle úhloměru. Počítej s odpružením.
5. Uvolni, vyjmi a zkontroluj úhel a rozměry.

> **POZOR**
> Prsty mimo přítlačnou lištu. Při vracení ohýbací lišty hlídej ostatní, plech drž z bezpečné strany.

Příklad se dvěma ohyby

Profil tvaru U: rovné části 20, 40 a 20 mm, plech tloušťky 2 mm, vnitřní poloměr R = 3 mm, k = 0,4.

> oblouk = 1,571 · (3 + 0,4 · 2) = 5,97 mm
> L = 20 + 40 + 20 + 2 · 5,97 = 91,9 mm

Orientační nejmenší poloměry

Materiál	Vnitřní R, ohyb napříč vláken	Poznámka
Měkká ocel	asi 1 × tloušťka	S235, plechy z běžné oceli
Tvrdší ocel	2 až 3 × tloušťka	podle pevnosti
Hliník měkký	asi 1 × tloušťka	tvrdé slitiny mnohem víc, praskají
Měď, mosaz	asi 1 × tloušťka	tvrdé stavy víc, případně vyžíhat

Ohýbání ve svěráku

1. Čáru ohybu nastav přesně na hranu čelisti.
2. Použij měkké čelisti nebo podložku, aby se povrch nepoškodil.
3. Paličkou klepej blízko ohybu, ne na konec. Plech se tak nevlní.
4. Roh dotvaruj přes dřevěný hranol nebo podložku.

5. Zkontroluj úhelníkem.

Ohýbání tyčí a trubek

- Silnější tyče se ohýbají za tepla, to smí jen se svolením a v určeném prostoru.
- Trubka se bez podpory zborcuje, proto se ohýbá přes kotouč, s výplní nebo trnem.
- Ohyb měřený podle šablony je rychlejší než výpočet.

Časté chyby

Chyba	Příčina	Náprava
Trhlina na vnější straně	malý poloměr, ohyb podél vláken	větší R, otočit plech
Malý úhel	odpružení	ohnout víc, zkušební kus
Vlna v plechu	málo přítlaku, malá šířka	pevně sevřít, delší lišta
Špatná délka	špatná rozvinutá délka	přepočítat, změřit zkušební kus

CO SI ZAPAMATOVAT

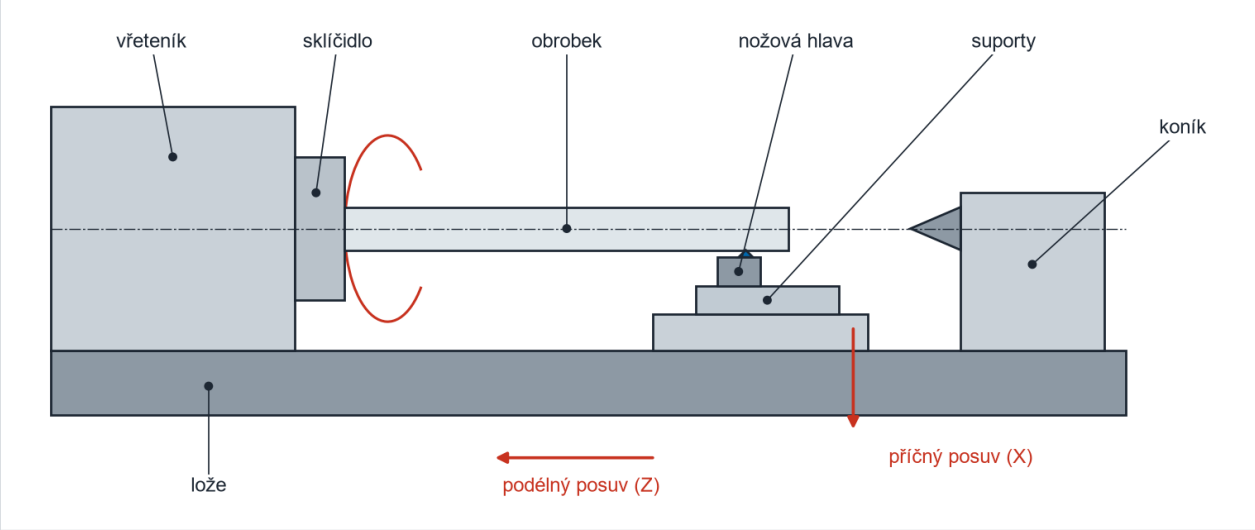
- Délka neutrální vrstvy se při ohybu nemění a podle ní se počítá délka polotovaru.
- Délka polotovaru je součet rovných částí a oblouků v neutrální vrstvě.
- Plech se po uvolnění trochu vrátí, proto ohni o něco víc a zkontroluj úhloměrem.
- Ohýbací čáru rýsuj tužkou nebo fixem, ne jehlou. Vryp může být začátkem trhliny.
- Prsty mimo přítlačnou lištu.

KLASICKÉ OBRÁBĚNÍ

11 Klasický soustruh (ruční ovládání)

Části a ovládání stroje, základní práce, nože, řezné podmínky, práce s kolečkem a postup soustružení.

Při soustružení se **otáčí obrobek** a nástroj se posouvá. Tak vznikají válce, čela, kužele a závity. Na klasickém soustruhu otáčíš kolečky suportů sám, nebo zapneš automatický posuv. Rozměr hlídáš dílky na kolečku a měřidlem.



Obr. 11.1 Hrotový soustruh: základní stroj v každé dílně.



Obr. 11.2 Klasický hrotový soustruh s vřeteníkem vlevo a koníkem vpravo. Není to stroj ze školy.
Vlastník obrázku: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HwacheonCentreLathe_460x1000.jpg

Části soustruhu

Část	Funkce
Lože	pevný základ, po vodicích plochách jezdí suport a koník
Vřeteník	motor, převody a vřeteno, volí se tu otáčky
Sklíčidlo	upíná obrobek, běžně se třemi samostředicími čelistmi
Suporty	podélný, příčný a nožový: posouvají nástroj
Nožová hlava	drží soustružnický nůž

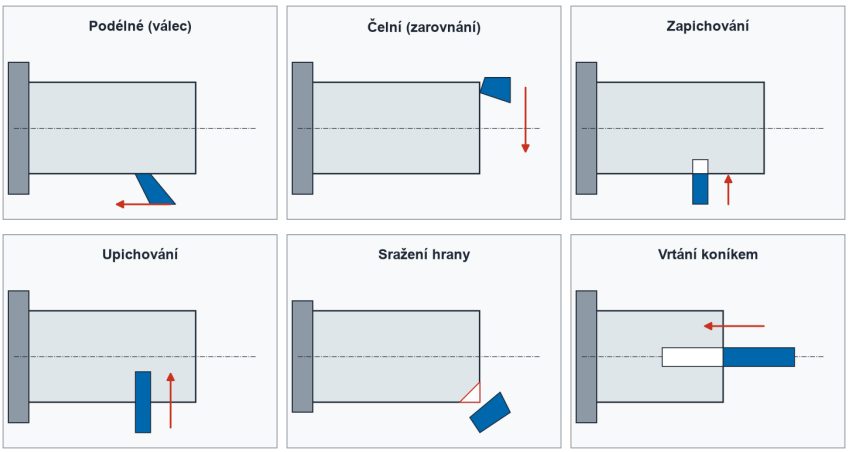
Část	Funkce
Koník	podepírá dlouhé díly hrotem, do jeho pinoly se upíná vrták
Posuvová skříň, vodicí šroub	automatický posuv a řezání závitů





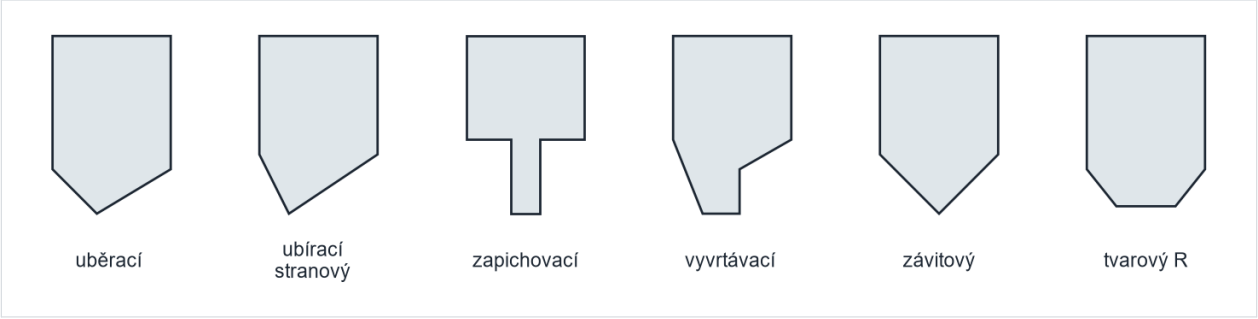
Obr. 11.3 Klasické soustruhy ve škole, snímky z galerie oboru na webu školy: páky a kolečka suportů (vlevo), sklíčidlo s obrobkem a nožová hlava (vpravo).
Vlastník obrázku: Střední odborná škola - Frýdek-Místek, web sosfm.cz, stránka oboru Obráběč kovů se zaměřením na obsluhu CNC strojů, galerie

Základní práce

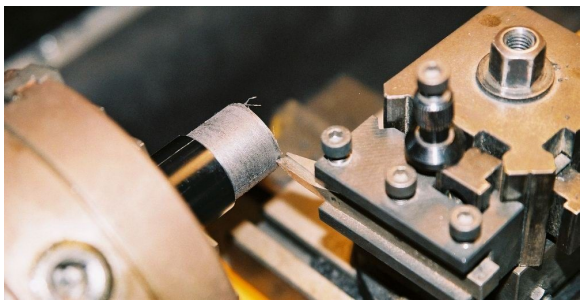


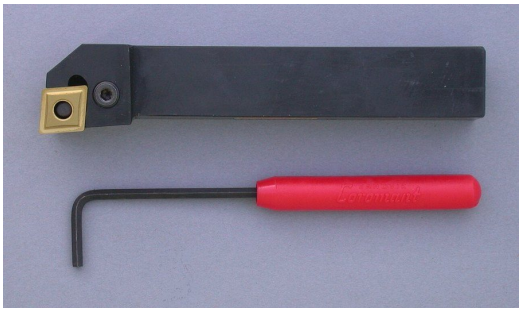
Obr. 11.4 Základní soustružnické práce. Modrý je nůž, červeně směr posuvu.

Soustružnické nože



Obr. 11.5 Nejběžnější tvary nožů.





Obr. 11.6 Nůž upnutý v nožové hlavě při soustružení (vlevo) a nůž s tvrdokovovou destičkou (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo: Greudin, Wikimedia Commons, volné dílo (public domain), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tour-chariotage-couteau.jpg; vpravo: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LatheCarbideTippedTool.jpg

Jak upnout nůž

- Špička nože musí být přesně **ve výšce osy**. Kontroluj ji o špičku koníku a vyrovnej podložkami.
- Vyložení co nejkratší. Dlouhé vyložení způsobuje chvění.
- Dotáhni všechny šrouby nožové hlavy.

Řezné podmínky

Tři hodnoty rozhodují o tom, jak se ti bude pracovat:

- **Otáčky n** (ot/min): z řezné rychlosti a průměru, stejným vzorcem jako u vrtačky.
- **Posuv f** (mm/ot): o kolik se nůž posune za jednu otáčku.
- **Hloubka řezu ap** (mm): kolik ubereš na jeden průchod. Na poloměru, na průměru ubude dvojnásobek.

> Příklad: ocel S235, nůž HSS, vc = 30 m/min, Ø40
> n = (1000 · 30) / (3,14 · 40) = 239 ot/min, nastav nejbližší nižší stupeň

Práce	Posuv f (mm/ot)	Hloubka ap (mm)	Výsledek
Hrubování	0,2 až 0,4	1 až 3	rychle odeber materiál, nech přídavek
Dokončování	0,05 až 0,15	0,2 až 0,5	přesný rozměr, hladký povrch

PAMATUJ

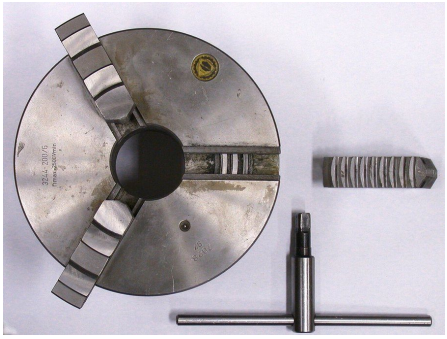
Pro nůž z rychlořezné oceli je u oceli S235 orientačně vc = 25 až 40 m/min. Nůž s tvrdokovovou destičkou snese i několikanásobek. Konkrétní hodnoty určuje UOV.

Kolečko a dílky

Kolečka suportů mají stupnice. Na příčném suportu se často udává, že dílek znamená změnu **průměru**, ale jsou stroje, kde se počítá na poloměr. Než začneš, ověř to na svém stroji zkušebním řezem a změřením. Vůli v kolečku vybereš vždy tak, že k rozměru najedeš jedním směrem.

Postup: stupňovitý čep

1. Přečti výkres, připrav nástroje a měřidla. Spočítej otáčky.
2. Upni polotovar do sklíčidla. Vysunutí bez podepření nejvýše asi trojnásobek průměru. Klíč vyndej.
3. Zarovnej čelo od kraje ke středu.
4. Naškrábni nožem povrch, vynuluj kolečko a odjeď.
5. Hrubuj po průchodech, nech přídavek 0,5 mm na průměr.
6. Změř, spočítej zbytek a dokonči rozměr a délku.
7. Sraz hrany, případně upíchni. Změř hotový kus.



Obr. 11.7 Tříčelisťové sklíčidlo s klíčem. *Vlastník obrázku: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ThreeJawChuckKey.jpg*

Časté chyby

Chyba	Příčina	Náprava
Chvění, vlnitý povrch	dlouhé vyložení, tupý nůž, velké otáčky	zkrátit, naostřit, snížit otáčky
Na čele zůstane čípek	špička není v ose	srovnat výšku nože
Dlouhá stuha třísky	malý posuv u houževnaté oceli	zvětšit posuv, utvářeč třísky
Rozměr se liší po délce	obrobek se ohýbá, špatně upnutý	podepřít koníkem, zkrátit vysunutí



Obr. 11.8 Dlouhá stuha třísky.
Vlastník obrázku: Niharsd.mech, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Long_chip.jpg

POZOR

Klíč nikdy nenechávej ve sklíčidle. Otáčky přepínej jen za klidu. Dlouhou stuhu třísky trhej jen háčkem a jen když stroj stojí. Ruce nedávej přes běžící sklíčidlo. Pilování a broušení na běžícím soustruhu je povolené jen se svolením UOV.

Ovládací prvky

Prvek	K čemu slouží	Pozor
Páky převodovky	otáčky vřetena	přepínej za klidu
Spouštěcí páka	směr otáčení a stop	levý chod jen na povolení
Posuvová skříň	velikost posuvu nebo stoupání	podle tabulky na stroji
Páka matice	zapnutí vodicího šroubu	jen pro závity
Kolečko podélného suportu	pohyb podél osy	dbej na sklíčidlo
Kolečko příčného suportu	pohyb napříč	určuje průměr
Kolečko nožového suportu	jemný pohyb, kužely	má krátký zdvih

Otáčky pro ocel S235 a nůž HSS, vc = 30 m/min

Ø (mm)	10	20	30	40	60	80	100
n (ot/min)	955	477	318	239	159	119	95

Práce krok za krokem

Čelo

- Nůž postav tak, aby špička ležela v ose. Jinak na konci zůstane čípek.
- Řež od kraje ke středu nebo opačně, malým posuvem, a zajisti podélné saně.

Válec

- Naškrábni povrch, vynuluj kolečko, odjeď doprava a přisuň.
- Prvním řezem udělej krátký kousek, zastav a změř. Tak si ověříš dílky.
- Délku hlídej značkou, dorazem nebo dílky na podélném kolečku.

Sražení hrany a osazení

- Malé sražení udělej nožem natočeným pod 45°. Hrana bez sražení řeže a brání montáži.
- Vnitřní roh osazení nech s rádiusem nože. Ostrý roh je slabé místo dílu.

Středicí důlek a vrtání

1. Zarovnej čelo.
2. Do koníku upni navrtávák a navrtej.
3. Vyměň za vrták a vrtej. Hloubku odečítej na pinole.
4. Často vytahuj a čisti třísky. Nízké otáčky u velkého vrtáku.



Obr. 11.9 Vrtání na soustruhu ve škole: vrták ve sklíčidle v koníku. Snímek 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*

Zapichování a upichování

- Břit musí být přesně v ose a kolmý. Vyložení co nejmenší.
- Otáčky menší, posuv rovnoměrný, hodně chlazení.
- Upichování je nejrizikovější: dobře upnout, řezat co nejblíž ke sklíčidlu, nikdy mezi hroty.

Vůle v kolečku

Mezi šroubem a maticí je vůle. Když kolečkem otočíš opačně, chvíli se suport nehýbe, i když se dílek mění. Když přejedeš rozměr, vrať se o více než vůli a pak najeď znovu stejným směrem jako předtím.

Výpočet přísuvu: příklad

Máš průměr 40,2, chceš 39,8. Rozdíl průměrů je 0,4 mm, takže přísuv na poloměr 0,2 mm. Pokud má tvůj stroj kolečko značené na průměr, otočíš o 0,4. Pokud je značené na poloměr, otočíš o 0,2. To si vždy ověř.

Údržba soustruhu

- Vodicí plochy po práci očisti a lehce naolejuj.
- Maž podle mazacího plánu.
- Třísky odstraňuj štětcem a háčkem. Stlačeným vzduchem ne, dostanou se do vedení.
- Čelisti sklíčidla pravidelně čisti a maž.

CO SI ZAPAMATOVAT

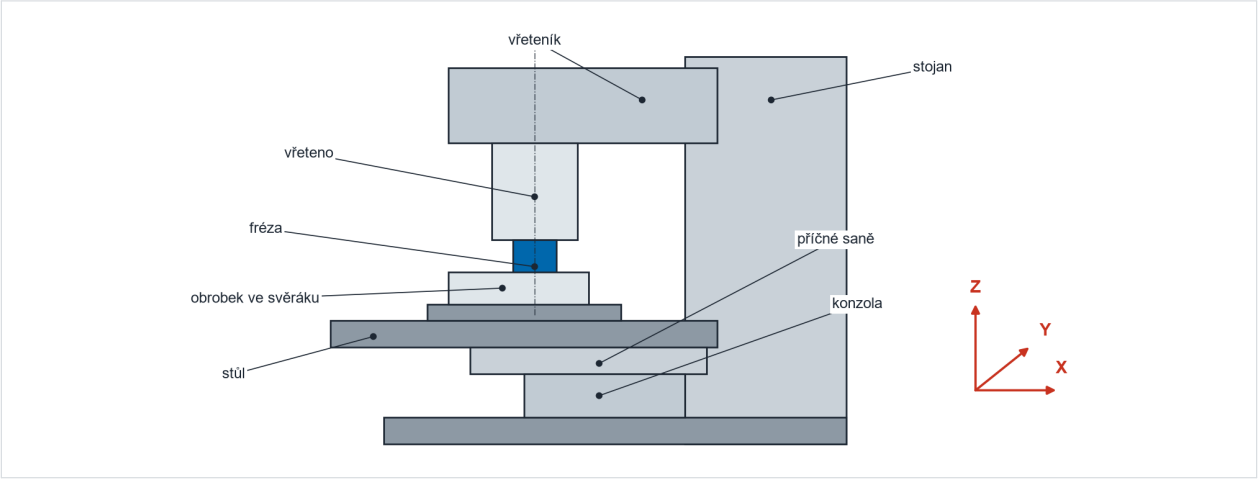
- Při soustružení se otáčí obrobek a nástroj se posouvá.
- Špička nože musí být přesně ve výšce osy, vyložení co nejkratší.
- Ověř si, jestli dílek na kolečku příčného suportu znamená průměr, nebo poloměr. K rozměru najížděj jedním směrem.
- Hrubuj s přídavkem 0,5 mm na průměr, pak změř, spočítej zbytek a dokonči.
- Klíč nikdy nenechávej ve sklíčidle. Otáčky přepínej jen za klidu.

12 KLASICKÉ OBRÁBĚNÍ

Klasická frézka (ruční ovládání)

Druhy frézek, frézy, upnutí, sousledné a nesousledné frézování, řezné podmínky a postup na přesný kvádr.

Při frézování se **otáčí nástroj** a posouvá se obrobek na stole. Fréza má více zubů, každý odebere malou třísku. Na frézce vznikají roviny, osazení, drážky a kapsy.



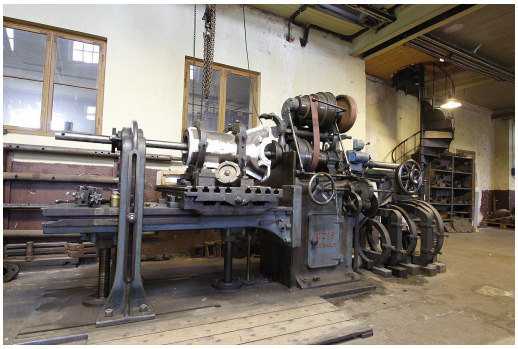
Obr. 12.1 Konzolová svislá frézka. Stůl se pohybuje v X, příčné saně v Y a konzola v Z.



Obr. 12.2 Konzolová frézka se svislým vřetenem (vlevo) a univerzální frézka (vpravo). Nejsou to stroje ze školy.
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: Sunny Zhao, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Unique_universal_milling_machine_XQ6226W.jpg

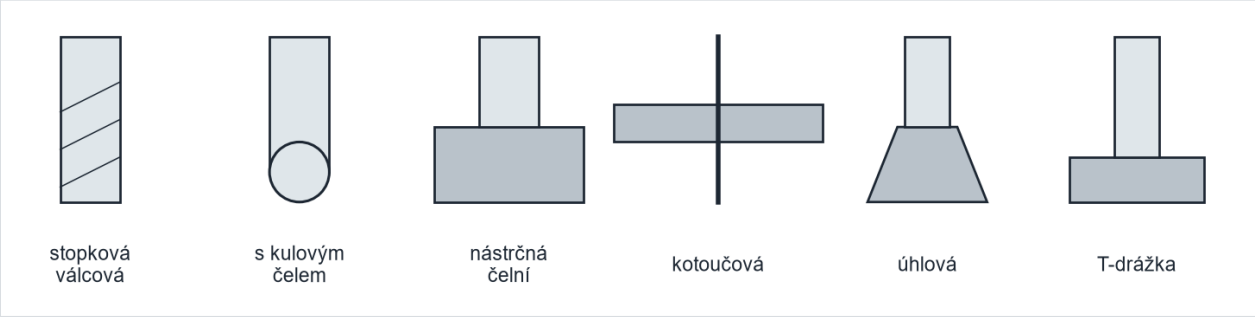
Druhy klasických frézek

Frézka	Poloha vřetena	Použití
Svislá konzolová	svisle	roviny, drážky, kapsy, nejčastější ve škole
Vodorovná konzolová	vodorovně	válcové a kotoučové frézy, drážky
Univerzální	vodorovně, s otočným stolem a nástavci	nejvíc možností



Obr. 12.3 Starší vodorovná frézka, výrobce Atlas ze Stockholmu.
Vlastník obrázku: Work With Sounds, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Horizontal_milling_machine.JPG

Frézy



Obr. 12.4 Nejběžnější tvary fréz.





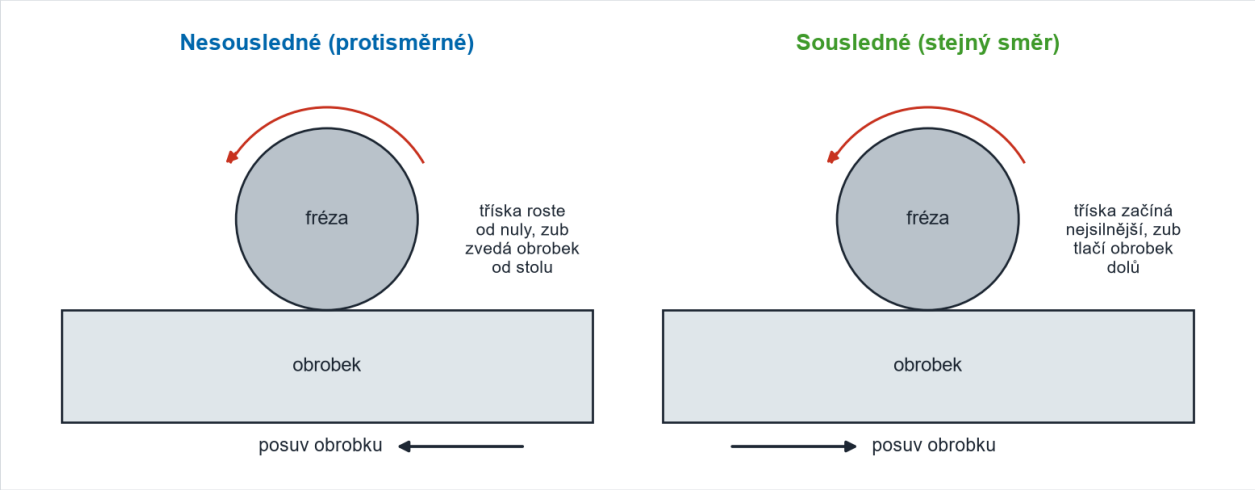


Obr. 12.5 Zleva stopkové frézy, kotoučová fréza a čelní fréza s tvrdokovovými břity v držáku.
Vlastník obrázku: zleva 1: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillingCutterSlotEndMillBallnose.jpg; 2: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillSideAndFaceCutter.jpg; 3: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillingCutterCarbideTippedFaceMill-INT40.jpg

Upnutí obrobku

1. Očisti stůl, svěrák a obrobek. Tříska pod obrobkem znamená šikmou plochu.
2. Svěrák ustav rovnoběžně s osou X, případně ho zkontroluj úchylkoměrem.
3. Obrobek polož na podložky. Musí z čelistí vyčnívat víc, než je hloubka frézování.
4. Sevři a paličkou lehce doklepni na podložku. Podložka se nesmí viklat.

Sousledné a nesousledné frézování



Obr. 12.6 Rozdíl je v tom, jestli se zub při řezu pohybuje proti posuvu obrobku, nebo s ním.

POZOR

Na klasické frézce s vůlí v šroubu používej **nesousledné** frézování. Při sousledném může fréza stůl vtáhnout a nástroj nebo obrobek poškodit. Sousledně se pracuje hlavně na CNC, které mají vůli ve šroubech jen velmi malou.

12

Řezné podmínky

n = (1000 · vc) / (π · d) otáčky
vf = fz · z · n posuv stolu v mm/min

Příklad: stopková fréza HSS Ø16, 4 zuby, ocel S235,
vc = 25 m/min, fz = 0,05 mm na zub
n = (1000 · 25) / (π · 16) = 497 ot/min
vf = 0,05 · 4 · 497 = 99 mm/min

Postup: frézování kvádru

Přesný kvádr se dělá v pořadí, aby každá nová plocha vycházela z předchozí:

1. Ofrézuj první rovinu A.
2. Plochu A přilož k pevné čelisti, za pohyblivou dej váleček. Ofrézuj plochu B, je kolmá na A.
3. Plochu A nech u pevné čelisti, plochu B polož dolů na podložky. Ofrézuj plochu C, je rovnoběžná s B.

4. Plochu A polož dolů na podložky, plochu B opři o pevnou čelist. Ofrézuj protilehlou plochu D na rozměr.
5. Oba konce ofrézuj nakonec, kus ustav svisle podle úhelníku. Kolmost ověř úhelníkem.
6. Odjehli a změř.

Chyby

Chyba	Příčina	Náprava
Plocha není kolmá	tříska pod obrobkem, chybí váleček	očistit, dát váleček
Stopky na ploše	velký posuv nebo tupá fréza	zmenšit posuv, vyměnit nástroj
Chvění	velké vyložení, volné osy	zkrátit, zajistit nepoužívané osy
Rozměr se mění	vůle v kolečku	najíždět jedním směrem

POZOR
Polohu stolu ani obrobku neměň, dokud se fréza dotýká materiálu a stroj není pod kontrolou. Obrobek neměř a neupínej za chodu. Třísky odstraňuj štětcem až po zastavení.

Ovládací prvky a pohyby

Osa	Pohybuje	Ovládání
X	stůl vlevo a vpravo	kolečko na konci stolu, strojní posuv
Y	stůl k obsluze a od ní, příčné saně	kolečko vpředu
Z	konzola nahoru a dolů	klika nebo kolečko, přísuv do materiálu

Upnutí frézy

- Stopková fréza se upíná do kleštiny nebo držáku. Fréza má vyčnívat jen tolik, kolik je potřeba.
- Nástrčná fréza se upne na trn, zub nesmí házet.
- Před spuštěním zkontroluj smysl otáčení, zuby musí řezat správným směrem.

Otáčky a posuv pro HSS, ocel S235, vc = 25 m/min

Ø frézy (mm)	6	8	10	12	16	20	40
n (ot/min)	1326	995	796	663	497	398	199
vf (mm/min), z = 4, fz = 0,05	265	199	159	133	99	80	40

Jak najet na obrobek

1. Stroj spusť a nástroj přibliž pomalu.
2. Dotkni se lehce plochy, až fréza zanechá slabou stopu, případně použij papírek.
3. Vynuluj kolečko.
4. Odjeď mimo obrobek, přisuň v Z a začni řez ze strany.

Frézování drážky

1. Orýsuj nebo spočítej polohu a najeď na hranu.
2. Posuň o polovinu průměru frézy plus vzdálenost od hrany.
3. Zanoř se do díry nebo frézou, která řeže středem.
4. Hloubku rozděl do několika průchodů. Šířka drážky odpovídá frézě.
5. Po řezu změř šířku, hloubku a polohu.

Frézování osazení

Osazení udělej v několika vrstvách. Nejprve hrubě s přídavkem asi 0,3 mm, potom dokonči bok a dno jedním tenkým průchodem. Hrana bude ostrá, proto ji odjehli.

Vrtání na frézce

Frézka je tužší než malá vrtačka a stůl nastaví polohu díry bez důlčíku. Do vřetena upni sklíčidlo s navrtávákem a vrtákem. Polohu najeď kolečky a osu nepoužitou v danou chvíli zajisti. Přísuv dělej pinolou nebo konzolou.

Údržba frézky

- Stůl čisti a chraň proti poškození. Nikdy na něj nepokládej nářadí bez podložky.
- Upínací drážky udržuj bez třísek.
- Maž vedení a šrouby podle plánu.
- Vůli kontroluj a hlas UOV.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Při frézování se otáčí nástroj a obrobek se posouvá na stole.
- Na klasické frézce s vůlí v šroubu používej nesousledné frézování.
- Posuv stolu spočítáš jako vf = fz · z · n.
- Tříska pod obrobkem znamená šikmou plochu, proto před upnutím očisti stůl, svěrák i obrobek.
- Přesný kvádr se dělá v pořadí, aby každá nová plocha vycházela z předchozí.

13

OVĚŘENÍ ZNALOSTÍ

Kontrolní otázky a řešení

Otázky k ověření znalostí s řešením, slovníček pojmů a zdroje včetně vlastníků obrázků.

Otázky

1. Proč se k otáčející se vrtačce nesmějí nosit rukavice?
2. Jak velká smí být mezera mezi opěrkou a brusným kotoučem?
3. Co znamená na výkrese 30 ±0,1?
4. Nonius 0,1: nula je za rysou 42, kryje se ryska 6. Jaký je rozměr?
5. Mikrometr: poslední viditelná je dolní ryska za 8, bubínek ukazuje 15. Jaký je rozměr?
6. Čím se u mikrometru dotahuje, aby byl tlak vždy stejný?
7. Co je nádrh a k čemu slouží?
8. Proč se plocha před rýsováním natírá barvou?
9. Jaký vrták použiješ na závit M8?
10. Kolik zubů má být v řezu podle pravidla pro strojní pilu?
11. Jaký je rozdíl mezi rámovou a pásovou pilou?

12. Kam vložíš materiál do pákových nůžek, aby byla síla největší?
13. Spočítej otáčky vrtáku Ø8 pro vc = 25 m/min.
14. Proč se malý obrobek na vrtačce nesmí držet v ruce?
15. Co je neutrální vrstva při ohýbání?
16. Co je odpružení a jak s ním počítáš?
17. Co se při soustružení točí a co při frézování?
18. Kde musí být špička soustružnického nože?
19. Co se stane, když zůstane klíč ve sklíčidle a zapneš vřeteno?
20. Proč se na klasické frézce používá nesousledné frézování?
21. Co je rozdíl mezi pevností a tvrdostí?
22. Jakou hmotnost má ocelová kulatina Ø30 x 100?
23. Co znamená na výkrese čerchovaná čára?
24. Co znamená značka na výkrese 4x Ø8?
25. Který tvar pilníku použiješ do díry?
26. Jak se odečítá mikrometr s rozsahem 25 až 50 mm?
27. Jak má být přesné měřidlo vůči toleranci rozměru?
28. Proč se u strojní pily volí jemné zuby na tenké stěny?
29. Jak se kontroluje brusný kotouč před nasazením?
30. Pod jakým úhlem se přikládá vrták ke kotouči při ostření?
31. Proč se plech na vrtačce podkládá dřevem?
32. Jaký je přídavek pro vystružování?
33. Vypočítej délku U profilu: rovné části 15, 30, 15, oblouk 5 mm na jeden ohyb.
34. Co je vůle v kolečku a jak s ní pracuješ?
35. Průměr je 30,3 mm a chceš 29,9 mm. O kolik ubereš na poloměru?
36. Proč se upichuje blízko sklíčidla?
37. Jak najedeš frézou na hranu obrobku?
38. Fréza Ø10, 4 zuby, n = 796, fz = 0,05. Jaký je posuv?

Řešení

1. Rukavici zachytí rotující část a vtáhne ruku.
2. Nejvýše 3 mm.
3. Správný rozměr je od 29,9 do 30,1 mm.
4. 42 + 6 × 0,1 = 42,6 mm.

5. 8,5 + 0,15 = 8,65 mm.
6. Řehtačkou.
7. Výškoměr s rýsovací jehlou. Na příměrné desce rýsuje čáry v přesně nastavené výšce a měří výšky.
8. Aby byla tenká čára dobře vidět.
9. 6,8 mm (8 − 1,25).
10. Alespoň tři.
11. Rámová kmitá tam a zpět a řeže jedním směrem. Pásová běží nepřetržitě, je rychlejší a dělá tenký řez.
12. Co nejblíže k čepu.
13. n = 25 000 / (3,14 · 8) = 995 ot/min, nastaví se nejbližší nižší stupeň.
14. Vrták ho může strhnout a poranit ruku. Vždy se upíná.
15. Vrstva uvnitř materiálu, jejíž délka se při ohybu nezmění. Podle ní se počítá délka polotovaru.
16. Vrácení plechu po uvolnění o malý úhel. Ohneš o něco víc a kontroluješ úhloměrem.
17. Při soustružení obrobek, při frézování nástroj.
18. Přesně ve výšce osy obrobku.
19. Klíč vyletí a může vážně zranit. Proto ho po upnutí vždy vyjmi.
20. Stůl má vůli ve šroubu. Při sousledném frézování by ho fréza mohla vtáhnout.
21. Pevnost říká, jakou sílu materiál vydrží, tvrdost, jak odolává vnikání jiného tělesa.
22. V = 3,14 · 15² · 100 = 70 650 mm³, m = 70 650 · 0,00785 = asi 555 g.
23. Osa, střed.
24. Čtyři stejné díry o průměru 8 mm.
25. Kulatý.
26. K odečtu přičteš spodní hranici rozsahu, tedy 25 mm.
27. Rozlišení má být zhruba aspoň pětkrát lepší než tolerance.
28. V řezu mají být aspoň tři zuby, jinak se hrubý zub zasekne a vylomí.
29. Prohlídkou a zvukovou zkouškou. Dobrý kotouč zvoní.
30. 59° k obvodu kotouče, vrcholový úhel pak vychází 118°.
31. Aby se díra neotřepila a vrták se při výjezdu nezasekl.
32. Asi 0,1 až 0,3 mm na průměr.
33. 15 + 30 + 15 + 2 · 5 = 70 mm.
34. Prázdný chod mezi šroubem a maticí. K rozměru najíždíš vždy stejným směrem.
35. Rozdíl průměru je 0,4 mm, na poloměru 0,2 mm.
36. Obrobek tam má největší tuhost a nekmitá.
37. Pomalu se dotkneš až do slabé stopy nebo přes papírek a vynuluješ kolečko.

38. vf = 0,05 · 4 · 796 = 159 mm/min.

Slovníček

Pojem	Vysvětlení
Nádrh	výškoměr s rýsovací jehlou pro rýsování na desce
Nonius	pomocná stupnice pro přesnější odečet
Otřep	ostrý zbytek materiálu po obrábění
Paralaxa	chyba odečtu při šikmém pohledu
Přídavek	materiál ponechaný pro další operaci
Suport	část soustruhu, která nese a posouvá nástroj
Tolerance	dovolený rozdíl od předepsaného rozměru
UOV	učitel odborného výcviku

Zdroje

- SOŠ Frýdek-Místek: stránka oboru Obráběč kovů se zaměřením na obsluhu CNC strojů, sosfm.cz. Vlastní školní osnova nebyla při přípravě dostupná, rozpis témat určuje učitel odborného výcviku.
- ŠVP Obráběč kovů 23-56-H/01: SOŠ Josefa Sousedíka Vsetín (2021), SŠ Edvarda Beneše Břeclav (2024), SŠ polytechnická Vyškov, zaměření CNC (2025). Sloužily jako inspirace pro rozložení učiva do ročníků.
- Rámcový vzdělávací program 23-56-H/01 Obráběč kovů, MŠMT, 2020.
- Hoffmann Group: technické listy výškoměrů s nádrhem. Hodnoty řezných podmínek jsou běžné orientační dílenské údaje, před použitím je potvrď s UOV.
- Schémata a tabulky bez uvedeného vlastníka jsou vlastní zpracování autora manuálu.

Vlastníci obrázků

Obrázek	Vlastník a zdroj
Logo školy	Střední odborná škola - Frýdek-Místek, web sosfm.cz
Obálka	Greudin, Wikimedia Commons, volné dílo (public domain), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tour-chariotage-couteau.jpg

Obrázek	Vlastník a zdroj
Obálka	Stephanie cheks, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Micrometer_screw_gauge.jpg
Obr. 1.1	Střední odborná škola - Frýdek-Místek, web sosfm.cz, stránka oboru Obráběč kovů se zaměřením na obsluhu CNC strojů, galerie
Obr. 2.1	Jacek Halicki, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2023_Okulary_ochronne_(1).jpg
Obr. 2.1	Francis Flinch, Wikimedia Commons, licence CC BY 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:S3_safety_footwear.jpg
Obr. 2.2	Cjp24, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Emergency_stop_button.jpg
Obr. 2.2	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. 2.2	Denis kasozi, Wikimedia Commons, licence CC BY 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fire_extinguisher_tool.jpg
Obr. 3.1	Cdang, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Barre_hexagonale.jpg
Obr. 3.1	David Wright, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Steel_Pipes,_Old_Ferry_Wharf_-_geograph.org.uk_-_1871905.jpg
Obr. 4.2	ArtMechanic, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Messschieber.jpg
Obr. 4.2	Mkronsteiner, Wikimedia Commons, licence CC0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:45er_2.jpg
Obr. 4.5	ArtMechanic, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, oříznuto, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Messschieber.jpg
Obr. 4.7	Lucasbosch, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mahr_Micromar_40A_0–25_mm_Micrometer.jpg
Obr. 4.7	Lucasbosch, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, oříznuto, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mahr_Micromar_40A_0–25_mm_Micrometer.jpg
Obr. 4.11	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:VernierHeightGauge-CloseUp.jpg
Obr. 4.11	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ScriberBlock.jpg

Obrázek	Vlastník a zdroj
Obr. 4.12	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Scribers.jpg
Obr. 4.12	Luke Milburn, Wikimedia Commons, licence CC BY 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Centre_Punch.jpg
Obr. 4.13	Brian Heath, Wikimedia Commons, licence Public domain, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lichtspalt.jpg
Obr. 4.13	User:Wickipädiater based on file of Jahobr, Wikimedia Commons, licence CC0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gewindeschablone-waagerecht.jpg
Obr. 4.13	Craig Howell from San Carlos, CA, USA, Wikimedia Commons, licence CC BY 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Measuring_the_studs_with_a_thread_gauge.jpg
Obr. 5.1	Roger Rössing / Renate Rössing, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0 de, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fotothek_df_roe-neg_0006230_030_Porträt_eines_Lehrlings_an_einer_Werkbank.jpg
Obr. 5.1	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ViceBench-insetSoftJaws.jpg
Obr. 5.2	Luke Milburn, Wikimedia Commons, licence CC BY 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hacksaw_with_grey_handle.jpg
Obr. 5.3	Schumi4ever, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Threading_dies_and_screw_taps.jpg
Obr. 6.2	Shoot stufz, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hacksaw_Machine_01.jpg
Obr. 6.2	Visitor7, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HE&M_Automatic_Horizontal_Bandsaw.JPG
Obr. 6.2	Quantum Machinery, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cold_Saw.jpg
Obr. 7.2	Nemo5576, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Einhell_DSC_125_Pa191756_(Nemo5576).jpg
Obr. 7.2	Martink at Dutch Wikipedia, Wikimedia Commons, licence Public domain, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Werkbank_slijpmachine.JPG
Obr. 7.3	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SurfaceGrinder-Proth-insetMagChuck.jpg

Obrázek	Vlastník a zdroj
Obr. 7.3	Jorge Royan, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Steel_iron_construction_worker_-_8338.jpg
Obr. 7.4	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GrindingWheelDressersDiamond.jpg
Obr. 8.2	Audrius Meskauskas (Audriusa), Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LeverShears.jpg
Obr. 8.2	Eyrian at English Wikipedia, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ThroatlessShear.jpg
Obr. 8.3	Advliege, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Metal_sheet_shear.PNG
Obr. 9.2	Hardyplants, Wikimedia Commons, licence CC0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Induction_motor_drill_press.jpg
Obr. 9.2	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ChuckDrillKeyedKeylessArbor.jpg
Obr. 9.3	JJ Harrison (https://www.jjharrison.com.au/), Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HSS_Twist_Drill_into_Aluminium_with_Lubricant.jpg
Obr. 9.4	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DrillsMorseTaperShank1234.jpg
Obr. 9.4	Germ Halter, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maschinenschraubstock_DDR_Ansicht_von_oben.jpg
Obr. 9.5	Emrys2, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Drill_set_1.jpg
Obr. 9.5	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ReamerMorseTaper3.jpg
Obr. 10.2	Andreas Praefcke, Wikimedia Commons, licence Public domain, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flaschnerei_Huber_Historische_Werkstatt_19.jpg
Obr. 11.2	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HwacheonCentreLathe_460x1000.jpg
Obr. 11.3	Střední odborná škola - Frýdek-Místek, web sosfm.cz, stránka oboru Obráběč kovů se zaměřením na obsluhu CNC strojů, galerie
Obr. 11.3	Střední odborná škola - Frýdek-Místek, web sosfm.cz, stránka oboru Obráběč kovů se zaměřením na obsluhu CNC strojů, galerie

Obrázek	Vlastník a zdroj
Obr. 11.6	Greudin, Wikimedia Commons, volné dílo (public domain), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tour-chariotage-couteau.jpg
Obr. 11.6	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LatheCarbideTippedTool.jpg
Obr. 11.7	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ThreeJawChuckKey.jpg
Obr. 11.8	Niharsd.mech, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Long_chip.jpg
Obr. 11.9	Střední odborná škola - Frýdek-Místek, web sosfm.cz, stránka oboru Obráběč kovů se zaměřením na obsluhu CNC strojů, galerie
Obr. 12.2	Dan Bollinger, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bridgeport_knee_mill_restored.jpg
Obr. 12.2	Sunny Zhao, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Unique_universal_milling_machine_XQ6226W.jpg
Obr. 12.3	Work With Sounds, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Horizontal_milling_machine.JPG
Obr. 12.5	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillingCutterSlotEndMillBallnose.jpg
Obr. 12.5	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillSideAndFaceCutter.jpg
Obr. 12.5	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MillingCutterCarbideTippedFaceMill-INT40.jpg

PAMATUJ

Tento manuál vysvětluje základy a nenahrazuje školení ani návod ke stroji. Na konkrétním stroji vždy platí jeho návod a pokyny UOV.