

PRAXE - Základy soustružení a CNC soustružení

1. Úvod

Mezi hlavní obory strojního obrábění patří soustružení. Je nejrozšířenějším způsobem obrábění a představuje až 30% celkového objemu strojírenské výroby.

Znalost technologických pravidel soustružnické práce je základním předpokladem zvyšování produktivity práce na univerzálních, automatických i CNC soustruzích.

2. Význam soustružení

V současné době se hledají nové způsoby výroby mnoha součástí, které se dříve soustružily. Některé součásti lze vyrobit levněji, například tvářením. Použije se k tomu buď dosavadních materiálů (ocel, neželezné kovy atd.), nebo se i tyto materiály nahrazují levnějšími plastickými hmotami.

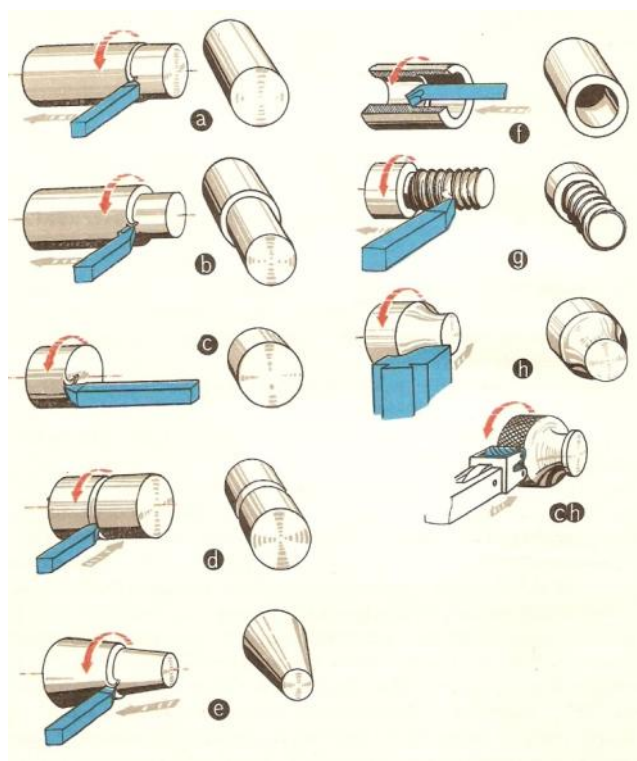
Ani vývoj soustruhů není ukončen. Nové typy jsou stále výkonnější a mění dosavadní způsob výroby součástí. Od kusové výroby se přechází k výrobě sériové a hromadné.

Přestože značná část celkového počtu soustružených součástí se bude v budoucnu vyrábět jinak, bude v kusové výrobě, v nářadovnách, v opravnách a v jiných dílnách, kde je již soustružení prováděno na CNC strojích, zapotřebí kvalifikovaných pracovníků, na něž se kladou vysoké požadavky. Soustružník musí znát stroj, všechny jeho funkce, vlastnosti i tvar (geometrii) nástrojů z různých materiálů, musí znát vlastnosti obráběných materiálů, podmínky, za nichž se má obrábět, technologické postupy apod.

I svými teoretickými znalostmi z jiných příbuzných oborů, nejen z technologie soustružení bude dobrý soustružník přispívat k zvyšování produktivity práce na všech typech soustruhů.

3. Definice soustružení

Soustružením lze obrábět vnější i vnitřní válcové plochy, vnější i vnitřní kuželové plochy, tvarové plochy i plochy obecné (soudkovité, podsoustružené plochy fréz, vačky apod.). Na soustruzích lze vrtat, vystružovat, řezat závity, soustružit rovinné i kulové plochy. Kromě toho na nich lze konat i zvláštní práce, jako vroubkování, dokončovací operace a pomocí přídavného zařízení lze brousit i frézovat.



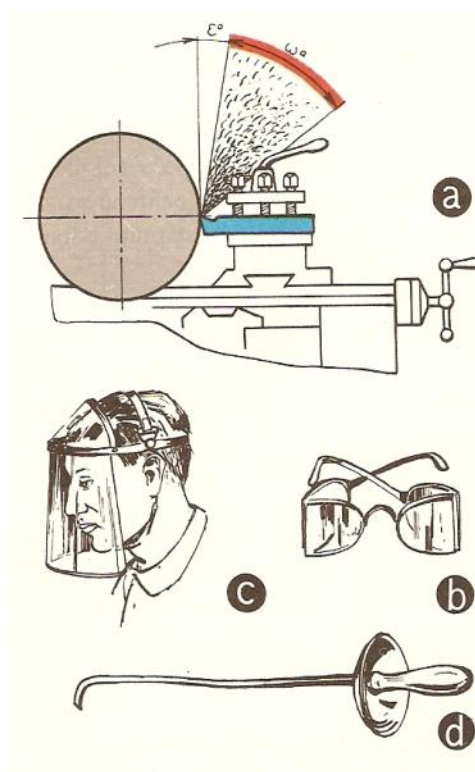
Základní soustružnické práce

a - soustružení vnější válcové plochy, b – soustružení stupňů, c – soustružení čelní plochy, d – soustružení zápchů, e – soustružení vnější kuželové plochy, f – soustružení vnitřní válcové plochy, g – soustružení závitů šroubu, h – soustružení tvarové plochy, ch - vroubkování

4. Bezpečnost při soustružení

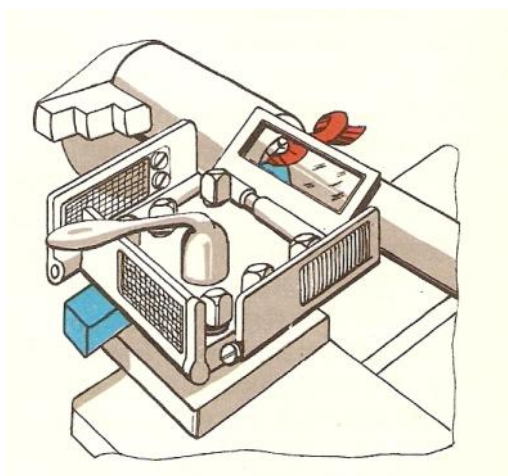
Pro práci na soustruzích platí bezpečnostní předpisy podle ČSN 20 0701 až 20 0705, z nichž jsou uvedeny základní pravidla :

1. Nesnímat ochranné kryty, zejména u ozubených kol.
2. Nenosit příliš volný oděv. Ženy nesmějí pracovat bez šátku na hlavě.
3. Třísky neodstraňovat rukou. K tomu účelu použít vhodné pomůcky (háčky, smetáky nebo štětce).
4. Proti odlétávajícím třískám používat ochranných brýlí nebo obličejového štítu.
5. Za chodu stroje nic neměřit, nečistit a nemazat.
6. Okolo stroje udržovat čistou podlahu a tím zabránit uklouznutí.
7. Nad rotující vyčnívající části obrobků dát ochranné kryty připevněné na upínací desku.
8. Pro upnutí obrobků nepoužívat takové upínací prvky, které by se odstředivou silou uvolnily.



Osobní ochranné pomůcky soustružníka

a - směr odlétajících třísek – chránit oči a ostatní části těla proti popálení, b - brýle s bočními skly, c – ochranný štít, d – háček s chráničem



Ochranný kryt

Mimo uvedené je nutné dodržovat pravidla osobní hygieny, předcházet únavě, dbát na životosprávu, dodržovat čistotu pracovního ovzduší a nevystavovat se nadměrnému hluku a otřesům.

5. Soustruhy

V průmyslu se používají rozmanité typy soustruhů, jejich konstrukce, velikost a různé stupně automatizace splňují podmínky a náročnost výroby. Rozdělují se na: **hrotové, čelní, revolverové, svislé, poloautomatické, automatické a CNC (počítačem řízené soustruhy).**

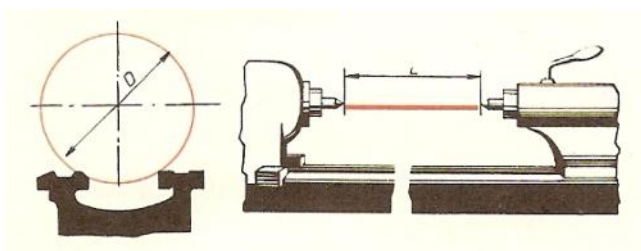
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

5.1. Hrotové soustruhy

Hrotové soustruhy jsou určeny k obrábění válcových ploch obrobků upnutých v hrotech, ve sklíčidle, na trnech, upínací desce atd.

Velikost hrotového soustruhu je dána oběžným průměrem D nad ložem a největší vzdáleností hrotů L . Podle velikosti oběžného jsou :

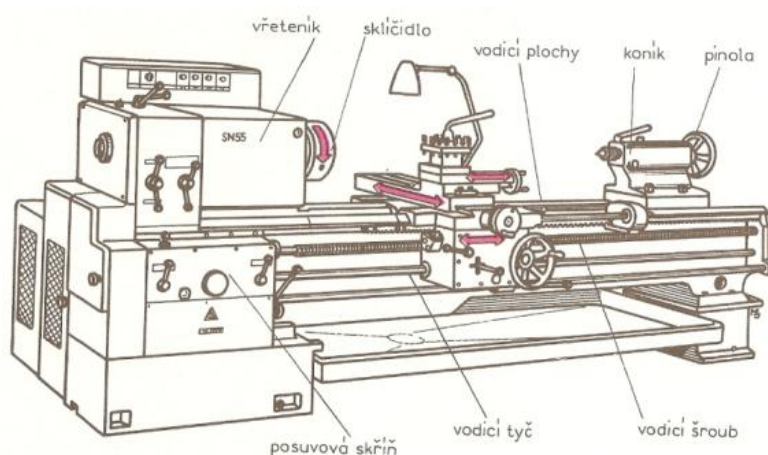
- malé - D do 250 mm,
- střední - D od 600 do 900 mm,
- velké - D nad 1 000 mm.



Základní rozměry soustruhu

Hlavní části univerzálního soustruhu jsou :

- a) Lože soustruhu - je v horní části rámu – vnější, pro pohyb suportu a vnitřní pro pohyb koníku.
- b) Vřeteník – v levé části stroje, je v něm uloženo vřeteno a převodovka pro volbu otáček a posuvů, elektromotor.
- c) Posuvové ústrojí - spojuje vřeteník se suportem (posuvová tyč a posuvový šroub)
- d) Support – suportová skříň – příčný, podélný (lze ovládat strojně i ručně) a nožový posuv (ovládá se jen ručně, lze otočit dle úhlové stupnice), v horní části je otočná nožová hlava. Součástí všech posuvů je dělicí kroužek pro určení velikosti třísky nebo vzdálenosti pohybu posuvu.
- e) Koník – těleso koníku, hrotová objímka (pinola) je součástí s pracovním vřetenem. Do vnitřního kužele se upíná soustružnický hro, vrtáky, výhrubníky, výstružníky, závitníky apod.

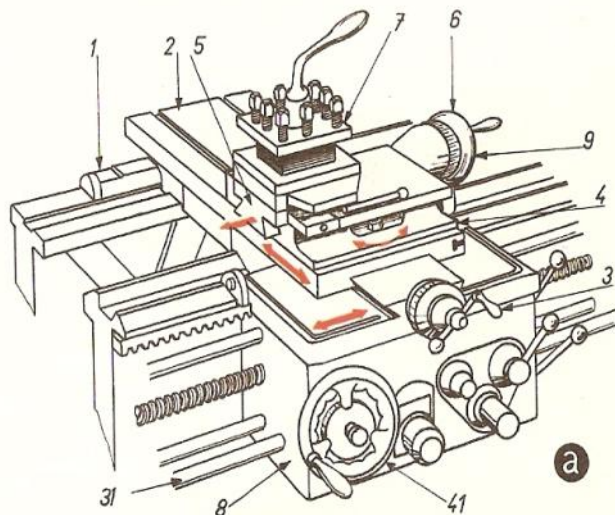


Univerzální hrotový soustruh

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Suport soustruhu

- 1 – podélné saně
- 2 – příčné saně
- 3 – klička
- 4 – otočná část
- 5 – nožové saně
- 6 – ruční kolečko
- 7 – nožová hlava
- 8 – suportová skříň
- 41 – ruční kolečko podélných saní
- 31 – posuvová tyč

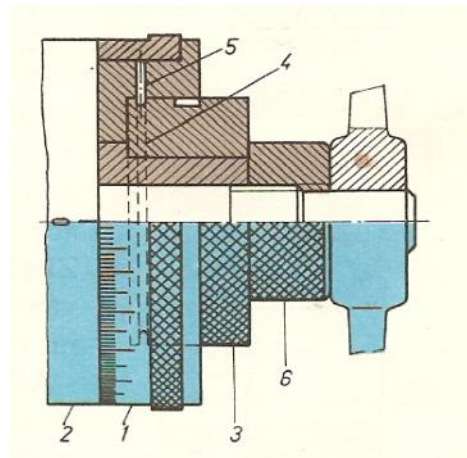


Dělicí kroužek příčného posuvu

K rychlému a přesnému nastavení nože na přesnou hloubku řezu a k dosažení požadovaného průměru obrobku se používá dělicích kroužků. Na válcovém obvodu kroužku jsou vyryty rysky. Na nástavci je pevná ryska, od níž se čte počet dílků.

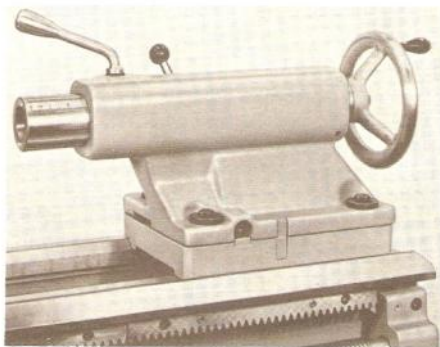
Má-li například závit posuvového šroubu stoupání 5 mm a dělicí kroužek má na obvodě 100 dílků, bude 1 dílek příslušet posuvu nože $5 : 100 = 0,05$ mm. Přisune-li se nuž příčně k obrobku o 1 dílek, zmenší se soustružením průměr obrobku o $0,05 \cdot 2 = 0,1$ mm. Podle toho, v kterém smyslu se otočí šroubem s dělicím kroužkem o 1 dílek, průměr obrobku se zmenší nebo zvětší o 0,1 mm.

Tomuto kroužku se říká kroužek s desetinným dělením. Otočí-li se např. o 8 dílků doprava, znamená to, že se průměr obrobku zmenší o 0,8 mm ($0,1 \cdot 8$). Při otočení o 25 dílků doprava se průměr obrobku zmenší o 2,5 mm ($0,1 \cdot 25$).



Dělicí kroužek

- 1 – kroužek se stupnicí, 2 – nástavec, 3 – zajišťovací kroužek, 4 – výstředná drážka, 5 – kolíček, 6 – matice



Koník hrotového soustruhu

Speciální soustruhy

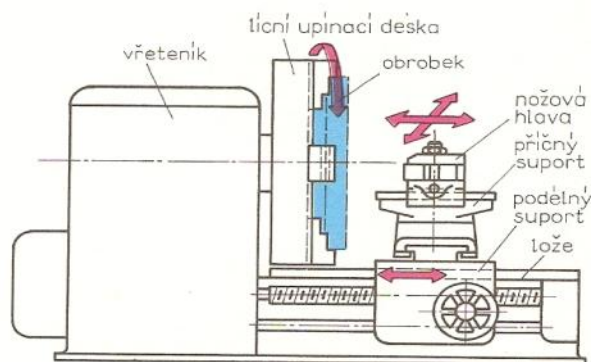
Produktivní hrotové soustruhy nemají vodící šroub. Rozsah a počet otáček i posuvů je omezený. Mají motor o větším výkonu a slouží pro hrubovací operace. Upínání a ovládání koníku je mechanizováno.

Mezi speciální hrotové soustruhy patří soustruhy kopírovací, na klikové hřídele, podtáčecí, na válcové stolice, na řezání závitů apod.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

5.2. Čelní soustruhy

Používají se v kusové výrobě pro soustružení rozměrných přírubovitých součástí. Jejich konstrukce je jednoduchá, nemají koník. Obrobek se upíná na lícni desku s vodorovnou osou otáčení. Lože se suportem tvoří samostatnou jednotku. Nevýhodou čelních soustruhů je obtížné upínání a vyrovnávání součástí. Výhodou je malá hmotnost a půdorysná plocha.



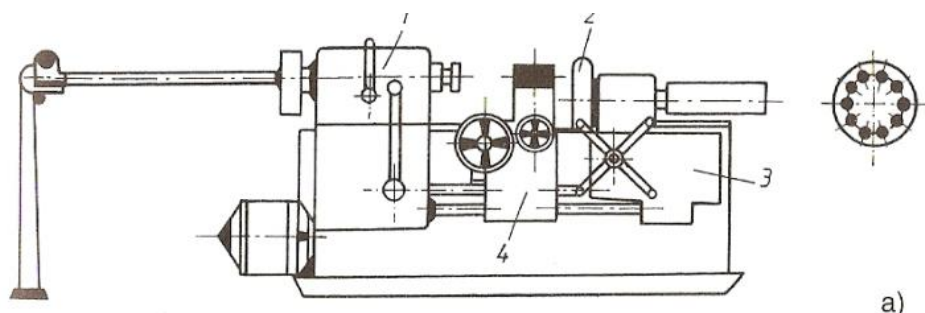
Čelní soustruh

5.3. Revolverové soustruhy

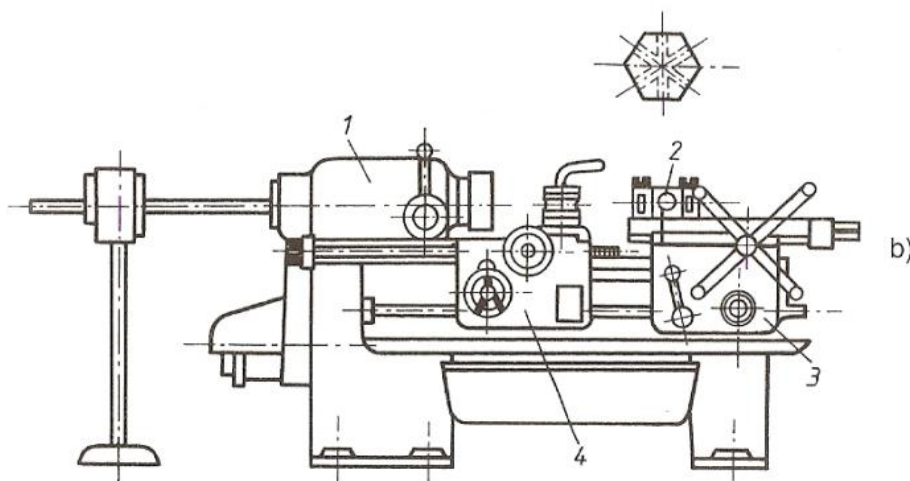
Uplatnění v sériové výrobě, hlavně pro obrábění rotačních součástí, jejichž výrobní postup umožňuje provedení více úkonů na jedno upnutí (např. soustružení, vrtání, vyvrtávání, vystružování, řezání závitů). Pro výrobu se využívá nejčastěji polotovarů ve formě dlouhých tyčí.

Charakteristickou částí revolverového soustruhu je revolverová hlava, která umožňuje upnutí potřebných nástrojů. Velikost se určuje podle průměru tyče materiálu, která projde vřetenem.: malé – průměr tyče 12 až 25 mm, střední – průměr tyče 32 až 63 mm a velké – průměr tyče 80 až 315 mm.

Podle polohy osy revolverové hlavy jsou soustruhy - s vodorovnou osou a se svislou osou.



a)



b)

Revolverový soustruh

a - s hlavou otáčející se kolem vodorovné osy, b - s hlavou otáčející se kolem svislé osy, 1 - vřeteník, 2 - revolverová hlava, 3 - support revolverové hlavy, 4 - suport

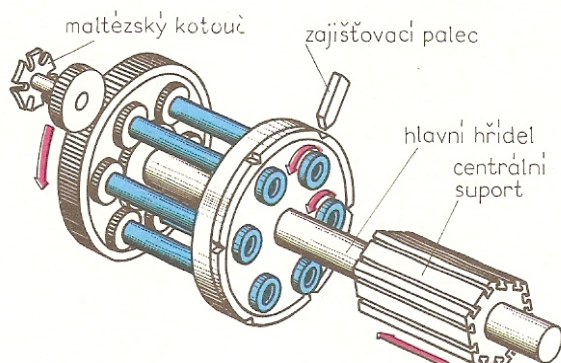
5.4. Poloautomatické soustruhy

Jsou odvozeny od hrotových a čelních soustruhů. Jejich pracovní cyklus je automatický. Poloautomatické soustruhy se dělí na hrotové a revolverové, svislé a vodorovné, jednovřetenové a několikavřetenové.

Hrotové soustruhy mají dva až tři suporty, které mohou pracovat současně. Posuvy příčných suportů jsou hydraulické, otáčky vřetene se mění automaticky. Lože je za obrobkem, takže nebrání volnému odchodu třísek. Automatický pracovní cyklus umožňuje odebrání přídku.

Revolverové soustruhy mají revolverovou hlavu s nástroji a v některých případech i příčný zapichovací suport. Obrábějí se na nich příblovité součásti. Automatický pracovní cyklus je řízen vačkami.

Svislé soustruhy se vyrábějí **jednovřetenové a několikavřetenové**.

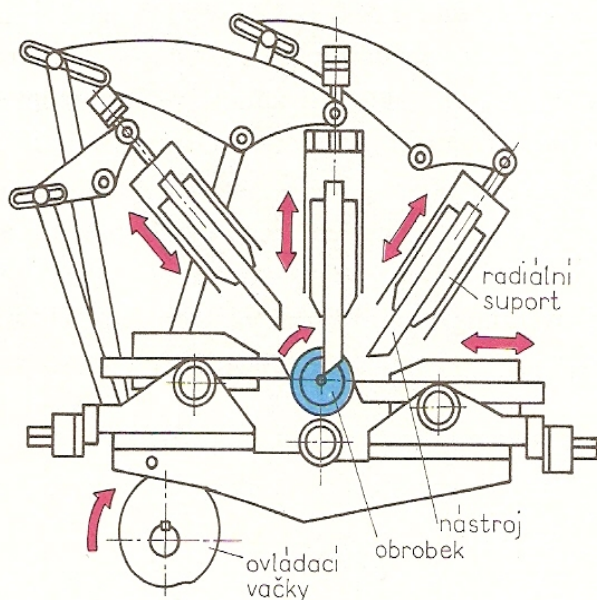


Několikavřetenové soustruhy slouží

k současnému obrábění více součástí upnutých v několika vřetenech. Jsou 4 až 8 vřetenové, vhodné pro obrábění jednoduchých součástí. Nástrojová hlava je uložena posuvně na centrální tyči, na jejímž konci je upevněn vřetenový buben s vřeteny. Nezbytným doplňkem jsou přídatné přístroje, např. rychlovtací přístroj, frézovací přístroj apod.

Vřetenový buben

Uspořádání nožových suportů u jednovřetenových automatických soustruhů



5.5. Automatické soustruhy

Pracovní cykly probíhají automaticky.

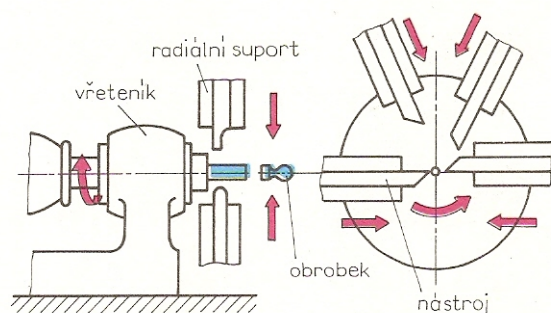
Automatizace vkládání a vyjímání polotovarů je zajištěna přídatným zařízením. Jsou jednovřetenové a vícevřetenové. Podle systému automatizace jsou **křivkové** – funkce jsou ovládány pevnými nebo vyměnitelnými vačkami na hlavním podélném hřídeli a **bezkrivkové** – pracovní cyklus je řízen nárazkami.

Jednovřetenové automatické soustruhy se dělí na **zapichovací** a **revolverové**. Mají několik suportů, většinou rozložených kolem konce pracovního vřetene. Tyto suporty mohou vykonávat pouze příčný (zapichovací) posuv.

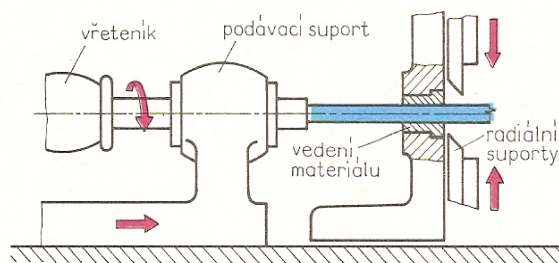
Zapichovací automatické soustruhy jsou buď s **pevným**, nebo **posuvným** vřeteníkem. Na

automatech s pevným vřeteníkem lze obrábět tvarovými noži pouze krátké součásti. U automatů s posuvným vřeteníkem (tzv. dlouhých) je materiál veden v pevném pouzdru. Podélný posuv je vyvozen pohybem vřeteníku, v jehož kleštině je materiál upnut. Nože zabírají do materiálu v těsné blízkosti vodícího pouzdra, což umožňuje obrábět dlouhé součásti malých průměrů. Zapichovací automaty se doplňují přídatným zařízením pro vrtání, řezání závitů, frézování atd.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



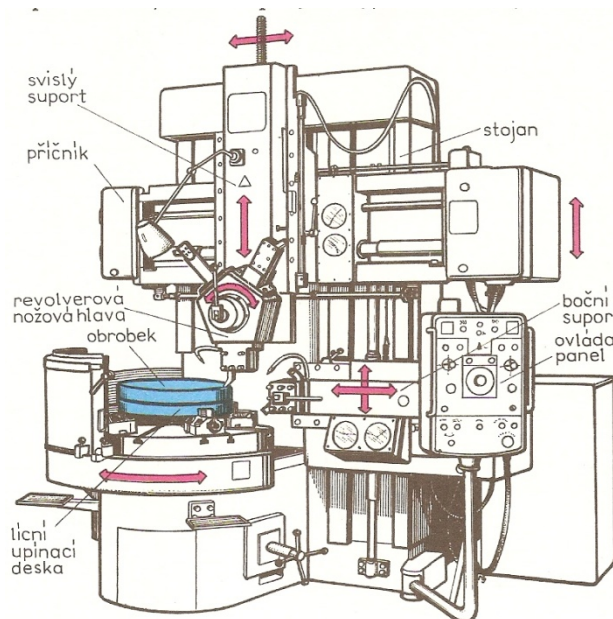
Princip tvarového zapichovacího automatu



Princip dlouhotočného automatu

5.6. Svislé soustruhy

Využívají se pro obrábění válcových, kuželových a čelních ploch rozměrných a těžkých součástí. Je možné na nich vrtat, vyvrtávat, řezat závity nožem, po určité úpravě stroje též obrážet, brousit a frézovat. Velikost svislých soustruhů je charakterizována největším oběžným průměrem. Tyto průměry jsou normalizovány v řadě R 10 od 800 do 20 000 mm. Do průměru 1 200 mm jsou svislé soustruhy jedno stojanové, větší pak dvoustojanové.



Jednostojanové mají na stojanu příčník pohybující se svisle po vedení stojanu. Na příčníku je suport, který má obvykle pětibokou revolverovou hlavu pro upínání nástrojů. Další, boční suport, je na vedení stojanu.

Dvoustojanové svislé soustruhy mají příčník vedený na dvou stojanech a na něm většinou dva suporty. Další suport je na jednom nebo obou stojanech. Jako zvláštní příslušenství se dodává zařízení na soustružení kuželů, na řezání závitů a kopírovací zařízení. Konstrukce svislých soustruhů umožňuje obrábět několika nástroji najednou.

Svislý soustruh

5.7. Počítačem řízené stroje - CNC stroje

První programovatelné automaty označené jako NC stroje vykonávaly příkazy programu, který byl na paměťovém médiu odpovídající úrovni vývoje – na děrném štítku, děrné pásce, později na magnetické pásce. Vyplňovaly prostor mezi jednoúčelovými automaty s mechanickým řízením a klasickými obráběcími stroji s ručním ovládním. Postupem doby byly NC stroje vybavovány počítačem (CNC stroje), který zjednodušil a urychlil programování a uchovávání dat, jejich opětovné použití i přenos.

V současné době jsou CNC stroje svojí efektivností nejlepším řešením. Pokrývají široký rozsah způsobů obrábění, ať už jako specializované stroje (CNC soustruhy) nebo jako univerzální CNC stroje (CNC obráběcí centra, CNC stavebnicové stroje, apod.). Existují provedení od CNC automatů pro hromadnou a velkosériovou výrobu, až po CNC stroje pro malosériovou a kusovou výrobu.

Hrotové CNC soustruhy se používají v klasické koncepci s vodorovnými vodíci plochami jen u těžkých a velkých soustruhů. U ostatních velikostí CNC hrotových a sklíčovacích soustruhů se používá šikmých nebo

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

svislých loží, což zaručuje jejich tuhost a při tom dobrý odvod horkých třísek, které padají přímo na dopravník. Zároveň tato koncepce umožňuje uspořádání stroje do výšky, čímž se zmenšuje půdorysná plocha stroje.

Revolverové CNC soustruhy jsou uspořádány podobně jako konvenční stroje. Ruční obsluha a mechanické řízení je nahrazena CNC řízením. Využívá se dvou revolverových hlav, což rozšiřuje pracovní možnosti stroje.

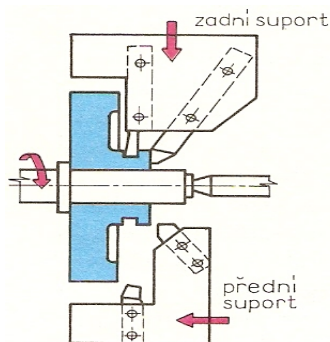
Svislé CNC soustruhy jsou různých velikostí, shodné koncepčně s konvenčními stroji, často však využívají větší revolverové hlavy a systém automatické výměny nástrojů. Některé CNC svislé soustruhy umožňují kromě soustružení i nesouosé vrtání a frézování.

6. Práce na soustruzích

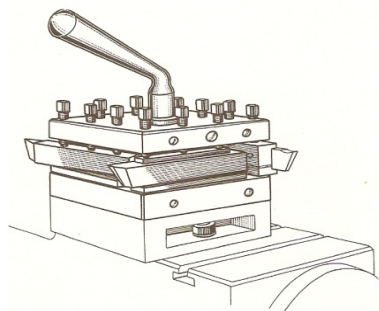
6.1. Upínání nožů a obrobků

Při soustružení vznikají velké řezné síly, proto se musí věnovat upnutí nástroje a obrobku náležitá pozornost. Nůž musí mít co nejmenší vyložení, musí dosedat celou základní plochou. Nože se upínají do nožové hlavy, která je otočná a umožňuje upnout 4 nože. Některé jsou řešeny jako revolverové hlavy, umožní tak upnout více nástrojů, seřazených podle výrobního postupu. Produktivitu obrábění lze

podstatně zvýšit současným řezáním několika nástroji, při tom se nástroje upínají do nožových držáků.



Vícenožový držák

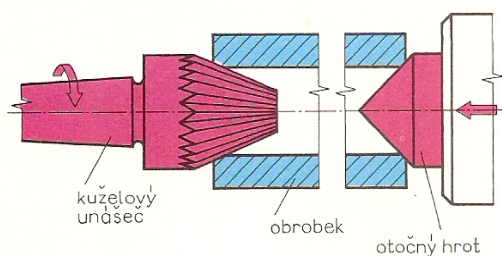


Nožová hlava pro 4 nože

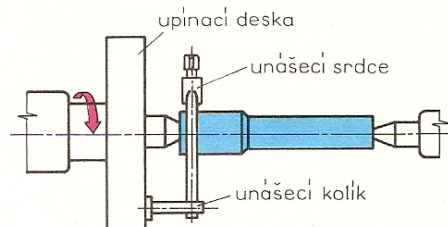
Upínání obrobků má zajistit spolehlivě přenášení krouticího momentu z pracovního vřetene na obrodek. Upnutí má být tuhé, jednoduché a rychlé. Způsob upnutí se řídí podle tvaru a tloušťky obrobku, podle jeho velikosti, požadované přesnosti a druhu soustruhu.

Mezi hroty se upínají hřídele a součásti s poměrem $L/D > 3$. Požaduje se přesná souosost mezi povrchem a osou otáčení. Před upnutím mezi hroty se obrodek zarovná na délku a do čel se navrtají středícími vrtáky důlky. Druhy a velikost středících důlků jsou normalizovány. Přídavný hrot v upínací desce je pevný, v koniku obvykle otočný. Na poloautomatických a automatických soustruzích bývají také odpružené hroty, které usnadňují automatické upínání obrobku a zajišťují konstantní upínací tlak. Krouticí moment se přenáší **unášecím srdcem**.

Rychlejší výměnu obrobků umožňuje **kuželový unášec**.



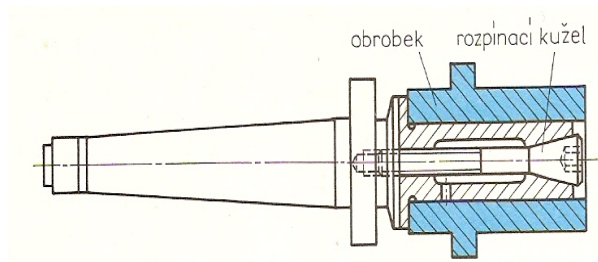
Kuželový unášec



Upínání mezi hroty

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

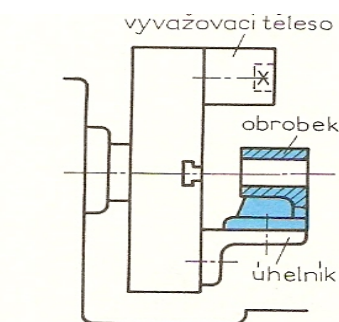
Obrobky s přesným otvorem upínáme na **soustružnické trny**. Trn má mírně kuželový povrch (asi 1 : 2 500), na který se nalisuje obrobek. Potom se trn upne mezi hroty. Pro díry s větší tolerancí a tenkostěnné obrobky jsou vhodné **rozpínací trny**. Letmé upínání se uplatňuje pro odlitky, výkovky a polotovary při obrábění povrchů, čelních i vnitřních ploch. Nejběžnější je upínání do sklíčidla.



vhodné **rozpínací trny**. Letmé upínání se uplatňuje pro odlitky, výkovky a polotovary při obrábění povrchů, čelních i vnitřních ploch. Nejběžnější je upínání do sklíčidla.

Upínání na rozpínací trn

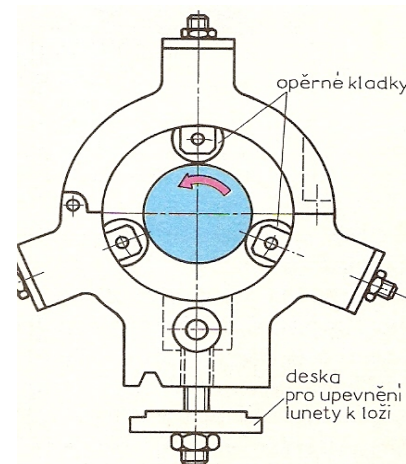
Do univerzálních sklíčidel upínáme v kusové i malosériové výrobě dlouhé i krátké obrobky. Nejpresnější jsou **tříčelist'ová sklíčidla**. Pohyb čelistí je ruční, pneumatický, hydraulický nebo elektromotorem. Těžší a kratší obrobky nepravidelného tvaru upínáme na **lícni upínací desku**, která má 4 samostatně stavitelné čelisti a drážky pro upnutí upínek. Někdy je vhodné použít upínací úhelníky, při větším počtu obrobků i speciální přípravky.



Upínání odlitku na úhelník

Tyče menších i středních průměrů se upínají na revolverových soustruzích a automatech do kleštin. Nevýhodou kleštin je, že mohou upínat jen materiál v malém rozsahu průměrů. Proto jsou kleštiny menších průměrů odstupňované po 0,5 mm, větších průměrů po 1 mm.

Dlouhé štíhlé hřídele podepíráme při soustružení zvláštními podpěrami – lunetami, které jsou připevněny k suportu nebo jsou pevně upnuty k loži.



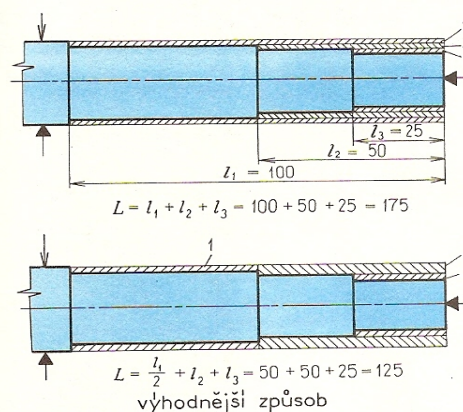
Pevná podpora - luneta

6.2. Soustružení podélné a čelní

Při podélném soustružení se nůž posouvá rovnoběžně s osou vřetena, obvykle od koníku ke vřeteníku. Obrábějí se tak vnitřní i vnější válcové plochy. Při čelním soustružení má nůž posuv kolmý na osu vřetene. Zhotovují se tak rovinné plochy, např. zarovnávání čela obrobku, osazení, zápichy, drážky, soustružení desek, upíchnutí obrobku apod.

Obrobky se obrábějí postupně: nejprve se hrubuje, pak se obrábí na čisto, popř. se ještě provádějí dokončovací operace.

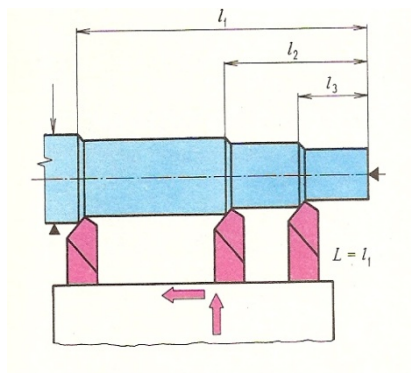
Hrubování mírně odstupňovaných hřídelů lze dělat různými způsoby. V prvním případě se každý stupeň soustruží od čela. V druhém případě (je-li hřídel dost tuhý) lze některé úseky spojit, takže se celková dráha nástroje zkrátí. Z hlediska trvanlivosti nože má přednost druhý způsob.



Soustružení stupňovitých hřídelů

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Aby se dodržela souosost, soustruží se co nejvíce úseků při jednom ustavení. Stupňovitý hřídel však lze jen zřídka obrobít při jednom ustavení. Která strana hřídele se má soustružit nejprve, se obvykle řeší podle zásady co nejméně ztenčit hřídel, tj. soustružit nejdříve stranu tlustší.

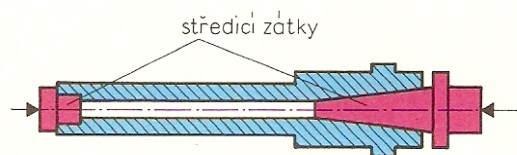


Hrubování zapichováním a podélným posuvem

Produktivita obrábění se dá postupně zvýšit několika noži najednou. Tento způsob vyžaduje větší tuhost a výkon stroje.

Obrábění dlouhých dutých hřídelů je spojeno s vrtáním hlubokých děr. Aby bylo dosaženo souososti povrchu a díry, soustruží se nejprve povrch hřídele s velkým přídkem. Po vyvrtání díry se větší část přídku odstraňuje, takže se za základnu při

soustružení zvolí vyvrtaná díra. (hřídel se upne středícími zátkami vsazenými do konců děr). Tím je souosost zajištěna.



Obrábění vřetena obráběcího stroje

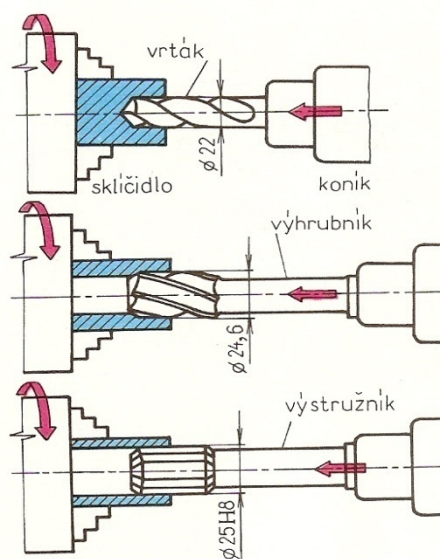
6.3. Vrtání a vystružování

Na soustruhu lze díry vrtat do plného materiálu nebo díry rozšiřovat (vyvrtávat, vyhrubovat, vystružovat aj.). Aby byla zajištěna souosost ploch, obrábí se díry po soustružení ostatních ploch obrobku. Před vrtáním se musí čelní plocha zarovnat a navrtat středící důlek pro ustředění šroubovitého vrtáku. Šroubovitý vrták se upne do kuželové dutiny pinoly koníku. Posuv vrtáku je ruční (může být i strojní).

Díry se vyvrtávají vnitřními soustružnickými noži. Posuv a hloubka řezu se volí menší než při soustružení vnějších ploch, protože jinak by nůž příliš pružil.

Pro vystružování se používají pevné nebo stavitelné výstružníky. Výstružník se upne kuželovou stopkou do kuželové dutiny pinoly koníku.

Vrtání, vyhrubování a vystružování na soustruhu



6.4. Soustružení kuželů

Krátké kužele se soustruží nastavením nože, dlouhé vyosením koníku. Příčným přestavením koníku o hodnotu

$$e = L \sin \alpha \doteq L \operatorname{tg} \alpha = L \frac{d_1 - d_2}{2l} = L \frac{k}{2}, \quad \text{kde} \quad k = \frac{d_1 - d_2}{l},$$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

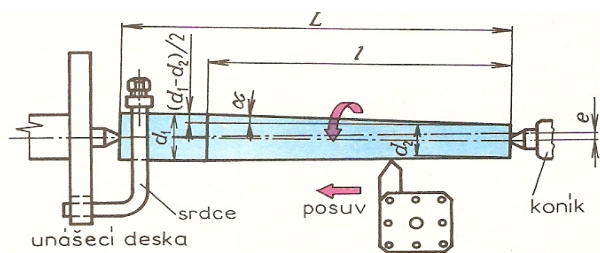
se nakloní přední povrchová přímka soustruženého kužele tak, že je rovnoběžná s osou vřeteníku. Tyto kuželové plochy se proto mohou soustružit podélným strojním posuvem.

Strmější kužele soustružíme natočením nožových saní podle úhlové stupnice o polovinu vrcholového úhlu α ,

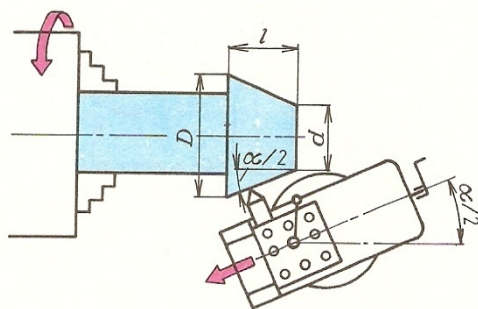
$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{D - d}{2l}.$$

Obdobně soustružíme vnitřní kuželové plochy.

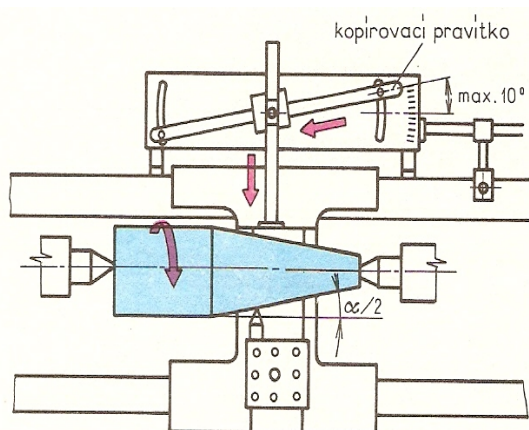
Soustružení krátkých kuželů nožem



Soustružení dlouhých kuželů vyosením koníku



Soustružení strmějších kuželů natočením nožových saní

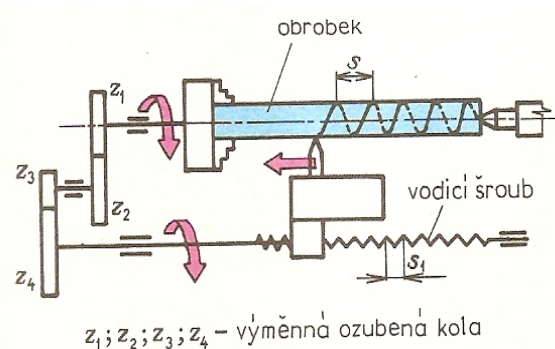


Soustružení kuželů kopírovacím pravítkem

6.5. Řezání závitů

Na soustruhu se závitů řezou **závitníky**, **závitovými čelistmi** nebo se soustruží **závitovými noži**.

Řezání závitů závitníky a závitovými čelistmi je jednoduché a levné. Těmito nástroji se řezou na hotovo hlavně metrické závit. Závitník nebo závitová čelist jsou vedeny hrotovou objímkou koníku.



Řezání závitu na soustruhu

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Na univerzálních soustruzích se řezou závity různé velikosti a tvaru, např. metrické, lichoběžníkové, oblé apod., závitovými noži. V posuvové převodovce zařazuje soustružník převody podle tabulky posuvu, který odpovídá stoupání závitů.

Jen v ojedinělých případech musí soustružník nahrazovat výměnná kola jinými (u starších nebo jednoduchých soustruhů a pro netypická stoupání). Potom se převodové číslo, a tím i potřebná výměnná kola určí ze vztahu:

$$i = \frac{s}{s_1} = \frac{\text{stoupání řezného závitu}}{\text{stoupání vodícího šroubu}} = \frac{z_1 z_3}{z_2 z_4}.$$

K univerzálním soustruhům patří souprava výměnných kol s počty zubů např.: 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 115, 120, 125, 127. Kolo se 127 zubů umožňuje řezat závity Whitworthovy ($5'' = 5 \cdot 25,4 = 127 \text{ mm}$).

Na některých soustruzích (i revolverových) lze řezat závity kopírováním. Nůž upnutý na saních se posouvá kopírovací maticí a šroubem. K řezání závitů o různém stoupání se použije soupravy kopírovacích matic s příslušnými šrouby.

Příklad. Určete výměnná ozubená kola pro řezání závitů na soustruhu. Řezaný závit má stoupání 5 mm a vodící šroub má stoupání 4 závitů na 1".

Řešení

$$i = \frac{s}{s_1}, \quad s = 1,5; \quad s_1 = \frac{25,4}{4},$$

$$i = \frac{1,5}{\frac{25,4}{4}} = \frac{4 \cdot 15}{25,4} = \frac{5 \cdot 4 \cdot 1,5}{127} = \frac{30}{127},$$

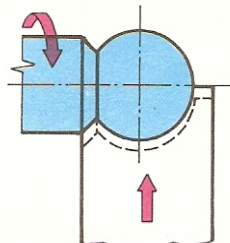
$$i = \frac{z_1 z_3}{z_2 z_4} = \frac{30}{127} = \frac{20 \cdot 60}{127 \cdot 40}.$$

Výměnná kola mají tyto počty zubů: $z_1 = 20$, $z_2 = 127$, $z_3 = 60$, $z_4 = 40$.

6.6. Soustružení tvarových ploch

Tvarové plochy se soustruží tvarovými noži pomocí přípravku nebo kopírování.

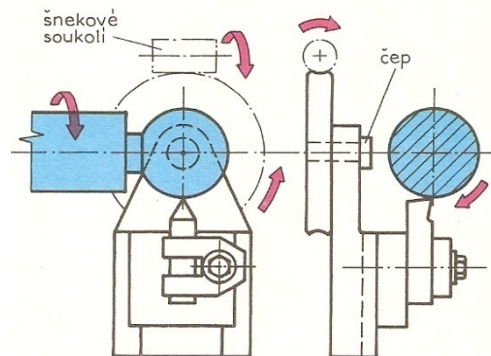
Tvarovými noži se součásti tvarují zapichováním. Používají se pro tvarování krátkých částí, při soustružení dlouhých tvarů vzniká chvění.



Soustružení tvarovým nožem

Přípravky různých konstrukcí různých konstrukcí se používají při soustružení kulovitých a jiných tvarových ploch.

Mechanické kopírování je vhodné pro soustružení podlouhlých obrysů. Kovová šablona má přesný tvar obrobku. Princip je podobný jako při soustružení kuželových ploch.

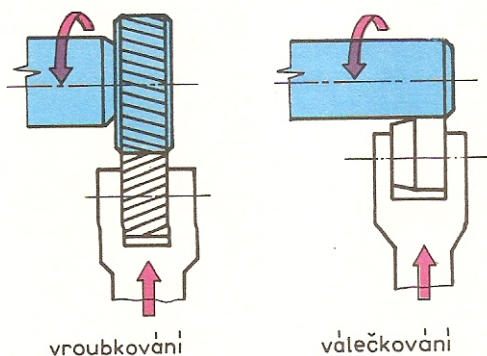


Soustružení kulových ploch pomocí otočného přípravku

6.7. Válečkování a vroubkování

Válečkováním se získává hladký a zpevněný povrch. Patří mezi dokončovací operace povrchu obrobků i když se neprovádí úběrem materiálu. Podstatou je **plastická deformace** povrchových nerovností způsobená přitlačováním jednoho nebo více válečků vysoké tvrdosti na obrobenou plochu. Válečky jsou otočně uloženy v držáku a na obrobek jsou přitlačovány mechanicky pružinami nebo hydraulicky. K vyrovnání působících tlaků se používají válečkovací přípravky. Válečkovat lze plochy soustružené, broušené, ale i hoblované či frézované. Výchozí drsnost povrchu má být asi $R_a = 3,2$. Válečkováním se po několika průchodech drsnost sníží na $R_a = 0,25$. Současně se do určité hloubky zpevňuje materiál povrchové vrstvy a zvyšuje se mez únavy materiálu. Plochy dokončené válečkováním mají taky větší odolnost proti korozi. Válečkování pevně upnuté součásti se na soustruzích provádí při obvodové rychlosti 10 m/min. Válečkování vnitřních válcových ploch se provádí **speciálními plečkovacími hlavami**.

Účelem vroubkování (rýhování) je zdrsnění povrchu. Válečky nebo kotouče mají na povrchu podélné nebo šikmé rýhy. Jsou otočné v držáku, který se upíná stejným způsobem jako soustružnický nůž. Vroubkují se válcové matice, válcové hlavy šroubů, kroužkové kalibry, rukojeti válečkových kalibrů apod.



7. Základy měření a měřidla používaná při soustružení

7.1. Význam měření při práci na soustruhu

Při práci na soustruhu se kontroluje tvar, jakost povrchu a rozměry obrobku. Ty musí souhlasit s rozměry na výkrese, není-li tomu tak a obrobek nelze opravit, vzniká zmetek. Zmetky snižují hospodárnost výroby, proto jedním z hlavních úkolů pracovníka je věnovat velkou péči měření.

Druh měřidla se volí podle přesnosti, s jakou má být součást vyrobena. Pro méně přesné rozměry stačí jednoduchá a levnější měřidla. Jsou-li u rozměrů předepsány dovolené úchytky, např. $50 \pm 0,2$ mm, stačí k měření posuvné měřítko, které obvykle měří s přesností 0,1 mm. Použití přesnějšího měřidla, např. mikrometru, by bylo nevhodné.

Měřidla mají dále vyhovovat těmto podmínkám :

- musí se jimi měřit snadno a rychle
- při změně teploty se jejich rozměry nesmějí příliš měnit
- měřením se nesmějí mnoho opotřebovat
- přesnost měřidla musí být asi 10krát větší než je požadovaná přesnost měřené součásti

Soustružník obvykle měří :

- a) před obráběním – hrubé rozměry polotovaru
- b) během obrábění – zda dodržuje předepsané rozměry a to vždy po zastavení stroje

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- c) Po soustružení, aby zjistil je-li obrobek dobrý

Při výrobě součástí nelze dosáhnout předepsaných rozměrů naprosto přesně. Skutečné rozměry se proto liší od rozměrů udaných na výkrese.

Aby bylo možno správně určit, jak velké mohou být nepřesnosti u jednotlivých rozměrů, rozlišují se podle účelu a důležitosti rozměry:

- funkční, které se jsou rozhodující pro funkci součásti
- montážní, které jsou důležité při montáži a opravách
- technologické, potřebné jen při výrobě, např. při upevnění součásti v přípravku
- netolerované (volné), které nemají význam pro funkci ani pro montáž, ale pouze pro výrobu

Obecné směrnice, které by určovaly, pro který rozměr má být na výrobním výkrese vymezena nepřesnost, nelze přesně určit. Zásadně se však vymezuje nepřesnost u rozměrů důležitých pro funkci a montáž součásti, popř. u technologických rozměrů důležitých při výrobě.

V dílně se musí vyrobit s určitou přesností i rozměry, u kterých nejsou uvedeny úchytky. To znamená, že i tyto netolerované rozměry jsou omezeny určitými dílenskými výrobními mezemi. Byla pro ně vydána norma mezních úchytek netolerovaných rozměrů (ČSN 01 4240), viz. Strojnické tabulky.

7.2. Druhy měření a měřidel

Měřením se kontrolují výsledky výrobních pochodů: zjišťuje se, zda všechny rozměry součásti odpovídají hodnotám předepsaným na výkrese nebo s jakou přesností byly dodrženy. Má velký význam pro vyměnitelnost součástí a hospodárnost výroby.

Měření délek

Základní jednotkou délky je jeden metr (1m). V desítkové soustavě dělíme metr na decimetry, centimetry, milimetry (mm) a při přesném měření na desetiny, setiny a tisíciny milimetru, tj. mikrometry (μm).

Příklad:

1 m = 10dm = 100 cm = 1000 mm

1 mm : 10 = 0,1 mm

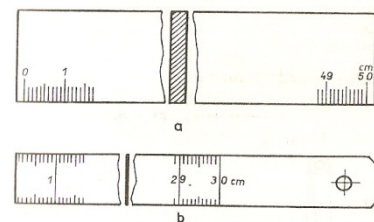
1 mm : 100 = 0,01 mm

1 mm : 1000 = 0,001 mm

Ve strojírenství jsou rozměry součásti udávány v milimetrech a jeho částech. Pouze u některých druhů závitů se jejich rozměry udávají v palcích ($1'' = 25,4 \text{ mm}$).

K měření délek se používají různá měřidla, z nichž nejběžnější jsou jednoduchá:

- (přesnost **0,3 až 0,5 mm**, kde se přesnost určuje odhadem) - **ocelové pravítko, svinovací metr, pásmo**
- pro méně přesná délková měření - **hmatadla** - vnější rozměry měříme **obkročným měřidlem**, vnitřní rozměry **dutinovým hmatadlem**. Velikost naměřeného rozměru zjišťujeme odečtením hodnot na měřidle.

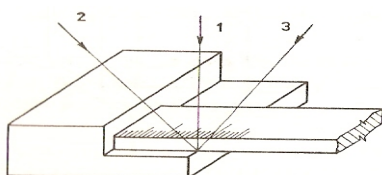


Ocelové pravítko

a) neohebné, b) ohebné

Při odečítání naměřené hodnoty je důležité odčítat na stupnici měřidla kolmo, abychom vyloučili paralaxní chybu měření.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

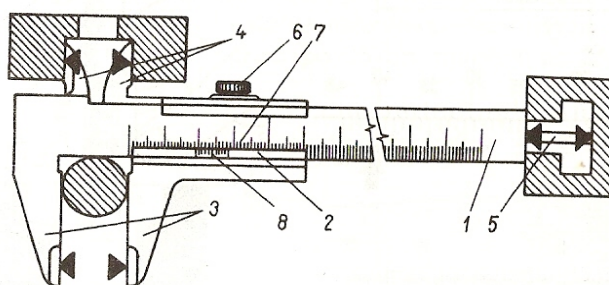
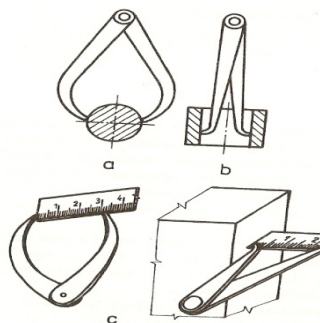


Odčítání naměřené hodnoty

1 – správný směr pohledu, 2,3 – nesprávný směr pohledu

Hmatadla

a – obkročné, b – dutinové, c – odčítání naměřené hodnoty



Posuvné měřítko

1 – pevná část, 2 – posuvná část,

3 – hlavní měřicí ramena, 4 – pomocná měřicí ramena, 5 – hloubkoměr, 6 – nastavovací šroub, 7 – hlavní stupnice (milimetrová), 8 – pomocná stupnice (nonius)

- **posuvné měřítko**, přesnost posuvného měřítka je dána noniovou stupnicí a může být:
 - a) **0,1 mm**; 9 milimetrů hlavní stupnice je rozděleno na 10 stejných dílů stupnice nonia,
 - b) **0,05 mm**; 19 milimetrů hlavní stupnice je rozděleno na 20 stejných dílů noniové stupnice,
 - c) **0,02 mm**; 49 milimetrů hlavní stupnice je rozděleno na 50 stejných dílů noniové stupnice

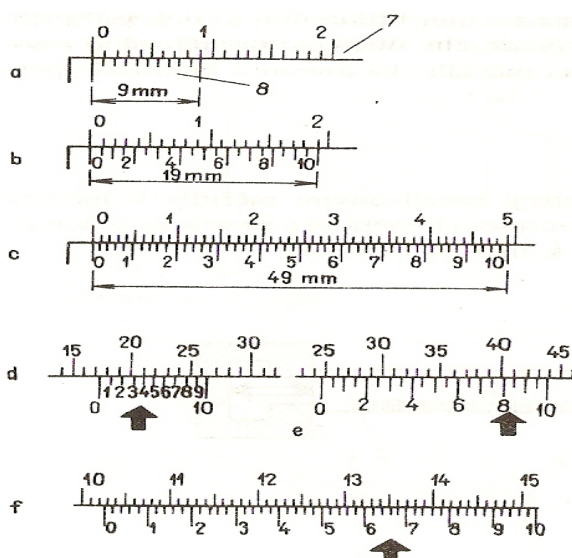
Naměřený rozměr odečítáme takto:

Počet celých milimetrů udává **nulová ryska noniové stupnice**. Části (zlomky, resp. Počet desetin, dvacetin nebo padesátin) udává ta **ryska noniové stupnice**, která se shoduje s kteroukoli **ryskou hlavní stupnice**.

Posuvná měřítka mívají často na hlavním měřítku nad milimetrovou stupnicí také stupnici palcovou a nad nonickou stupnicí nonius palcový.

Noniová stupnice

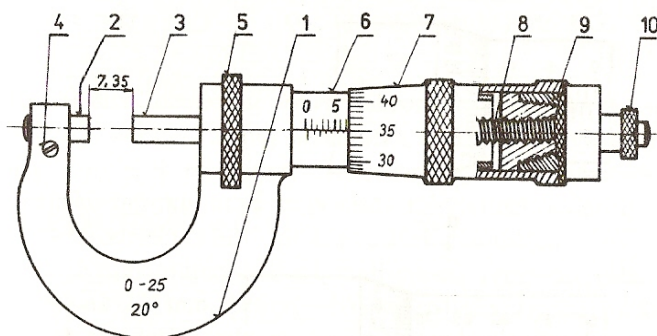
a – desetinný nonius, b – pětisetinový nonius, c – dvousetinový nonius, d, e, f – příklady naměřených hodnot



Posuvný hloubkoměr je založen na stejném principu jako posuvné měřítko. Hlavní měřítko je bez ramen a vedlejší měřítko má místo ramen souměrný můstek, který se při

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

měření dutin přikládá na výchozí rovinu obrobku. Hlavní měřítko se posouvá, až jeho dotyk dosedne na druhou měřenou plochu. Pak se poloha můstku zajistí přitážením stavěcího šroubu a rozměr se přečte podobně jako na posuvném měřítku.

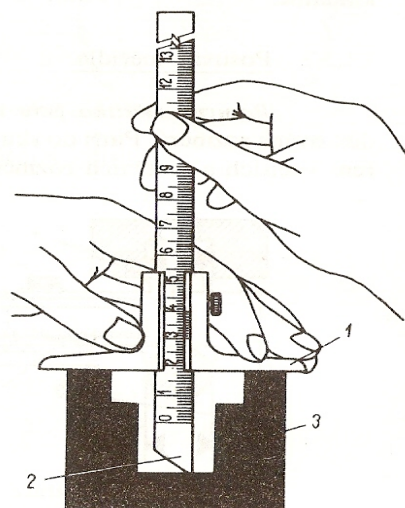


Mikrometr

1 - třmen, 2 - pevný dotyk, 3 - posuvný dotyk, 4 - zabezpečovací šroub, 5 - zabezpečovací kroužek, 6 - trubka milimetrovou stupnicí, 7 - bubínek se setinovou stupnicí, 8 - mikrometrický šroub, 9 - dvojité matice s kuželovým závitem, 10 - řehtačka

Posuvný hloubkoměr

1- můstek, 2-hlavní měřítko, 3- obrobek



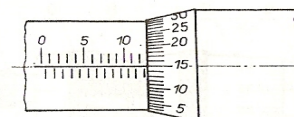
- **mikrometrické měřidlo třmenové**, hlavní součástí je přesný mikrometrický šroub se stoupáním 0,5 mm, takže se měřicí dotyk na jednom konci posune za jednu otáčku o 0,5 mm. Běžnými typy těchto měřidel je možno měřit s přesností 0,01 mm. Rozsah měření je 25 mm, protože při větší délce není závit dostatečně přesný. Proto se mikrometrická měřidla vyrábějí s odstupňovaným rozsahem měření po 25 mm (např. 0 až 25, 25 až 50, 50 až 75 atd.)

Třmenové mikrometry se používají pro měření vnějších rozměrů. Měřený obrobek se vkládá mezi pevný měřicí dotyk šroubu a pohyblivý dotyk třmenu. Pohyblivý dotyk se vysouvá otáčením bubínku, který je spojen s mikrometrickým šroubem. Kuželovitě zešikmený konec bubínku je na obvodě rozdělen na 50 dílků, tzn., že jedna otáčka bubínku je rozdělena na 50 částí. Mikrometrickým šroub má stoupání závitu 0,5 mm a to znamená, že se za 1 otáčku bubínku posune pohyblivý dotyk o 0,5 mm. Jeden dílek na stupnici potom odpovídá jedné padesátině toho posunutí (stoupání mikrometrického šroubu)

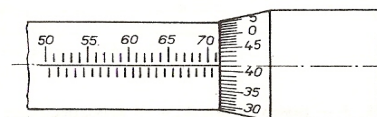
$$1 \text{ dílek na bubínku} = \frac{\text{stoupání mikrometrického šroubu}}{\text{počet dílků na bubínku}} = \frac{0,5}{50} = 0,01 \text{ mm.}$$

Počet celých milimetrů a poloviny milimetru odečítáme na stupnicích trubky. Obě stupnice jsou milimetrové, navzájem posunuté o 1/2 mm. Od sebe jsou odděleny podélnou osovou ryskou.

K jemnému a rovnoměrnému dotažení měřicích dotyků mikrometru k měřené součásti slouží řehtačka. Nastavená poloha pohyblivého dotyku se zabezpečuje nastavovacím (brzdícím) kroužkem.



a



b

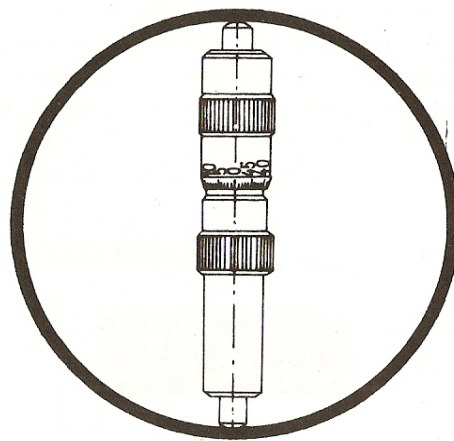
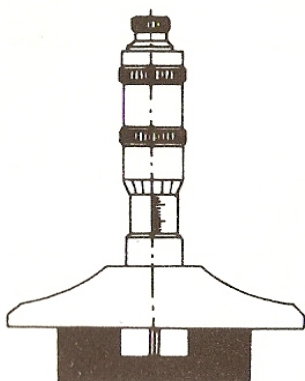
Příklady naměřených hodnot

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Mikrometrické hloubkoměry se používají k přesnému měření hloubek děr, drážek a různých osazení. Skládají se z mikrometrické hlavice a z měřicího můstku, který se pokládá na výchozí rovinu obrobku.

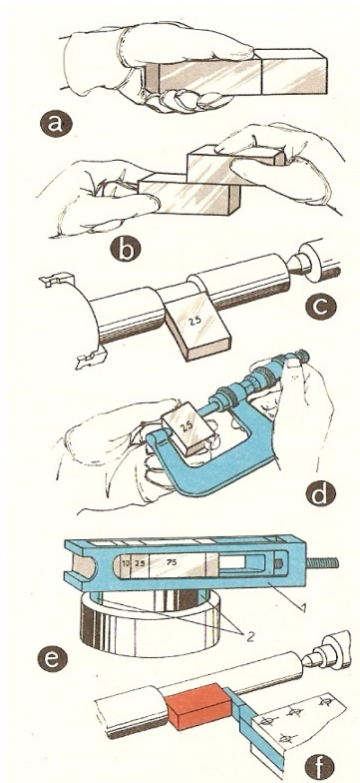
Mikrometrické odpichy se používají pro měření větších vnitřních rozměrů. Skládají se z mikrometrické hlavice s měřícím dotykem, z prodlužovacího nástavce, z koncového nástavce s měřícím dotykem a z brzdy. Při měření válcové díry se odpich musí držet přesně v průměru díry a kolmo na její osu.

Mikrometrický hloubkoměr



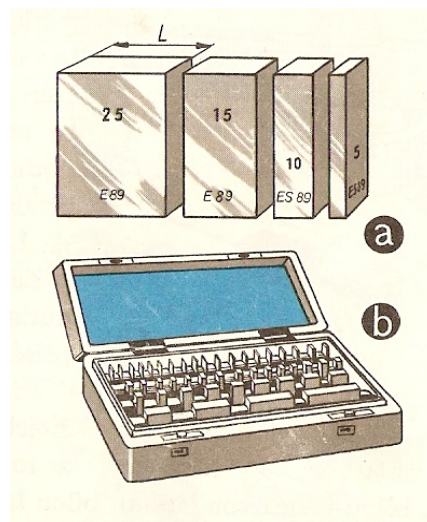
Mikrometrický odpich

- **Základní měrky** – Johansonovy, jsou nejpřesnější základní měřidla pro strojírenskou výrobu. Mají tvar kolmých a pravidelných čtyřbokých hranolů. Délkový rozměr (jmenovitou délku) představuje vzdálenost L jejich dvou protilehlých, přesně a jemně obrobených stěn (měřících ploch)



Měřící plochy základních měrek jsou tak přesné a hladké, že měrky k sobě přilnou tak, že se spojí a drží pohromadě. Základní měrky jsou normalizovány ve čtyřech stupních přesnosti (0., 1., 2., 3.) Nejpřesnější vyrobené v 0. stupni jsou pro laboratorní účely, v 1. stupni pro kontrolu, ve 2. stupni pro výrobu nástrojů a ve 3. stupni pro dílenskou výrobu.

Měrky se používají především ke kontrole a nastavení měřících přístrojů, měřidel, přípravků a pro veškeré přesné měření.

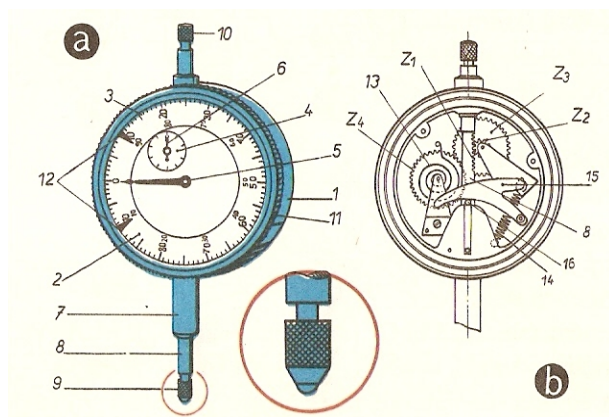


Základní měrky

Použití základních měrek

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- **Číselníkový úchylkoměr** – je délkové měřidlo s ozubeným převodem. Pohyb dotyku se tímto převodem převádí na ručičku, která na stupnici číselníku ukazuje úchytky od předepsaného tvaru nebo rozměru obrobku.



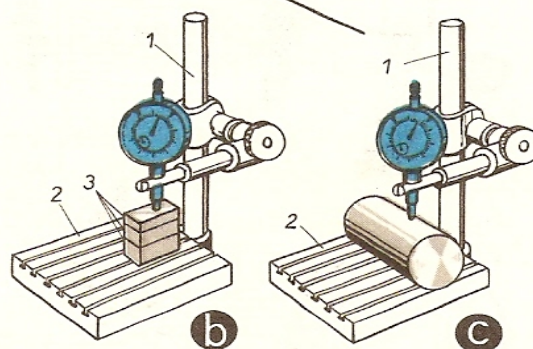
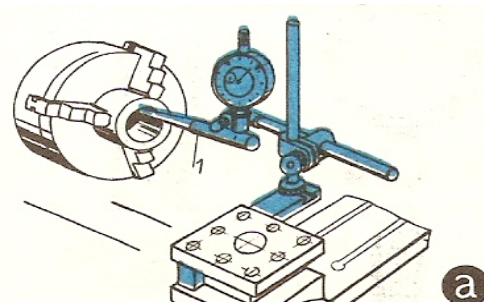
Číselníkový úchylkoměr

1- pouzdro, 2-číselník, 3-hlavní stupnice, 4-vedlejší stupnice, 5-velká ručička, 6-malá ručička, 7-stopka, 8-dřík (tyčka dotyku), 9-dotyk, 10-pevný knoflík, 11-objímk, 12-mezní ukazatele

Číselníkový úchylkoměr měří s přesností 0,01 mm. Hlavní stupnice má 100 dílků a velká ručička se při posunutí dotyku o 1 mm otočí jednou dokola, tzn., že 1 dílek stupnice představuje 0,01 mm.

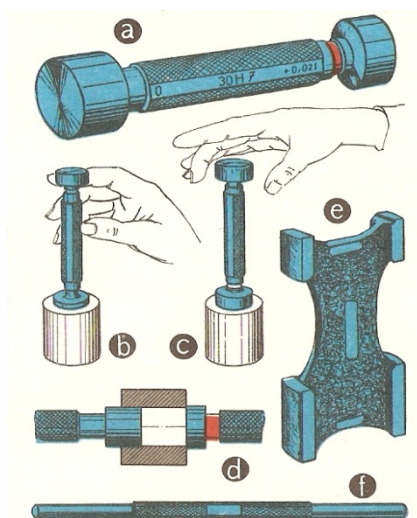
Měřicí rozsah je 0 až 3 mm nebo 0 až 10 mm. Mezních ukazatelů se využívá při porovnávacím měření, úchylkoměr je upnut ve stojánu.

Středění obrobku lze provádět podle povrchu nebo podle díry. Pro nastavení úchylkoměru na mezní hodnotu se nejlépe hodí základní měrky. Krajní polohy pro pohyb velké ručičky se stanoví mezními ukazateli.



Použití číselníkového úchylkoměru

- **Kalibry** – používají se ke kontrole rozměrů s předepsanými dovolenými úchytkami.



Mezní válečkové kalibry se používají ke kontrole průměrů válcových děl. Na těchto měřidlech se neodečítá velikost rozměrů, nýbrž kontroluje se jimi, je-li dosažený průměr v dovolených mezích, tzn. Není-li větší nebo menší. Vzniklou tolerancí jsou určeny průměry obou válečků mezního kalibru. Delší strana je dobrá, zmetková je kratší.

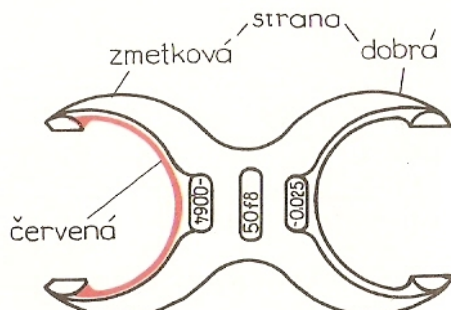
Po kontrole dobrou stranou kalibru, která se do díry lehce zasune se provede kontrola díry zmetkovou stranou. Ta strana smí jen zachytit za okraj díry. K měření větších děl se používá plochých kalibrů. Mají jen výseče měřících válcových ploch.

Velikost kalibru je vyznačena na obroušené ploše rukojeti spolu s mezními úchytkami, značkou kalibru a teplotou 20 °C.

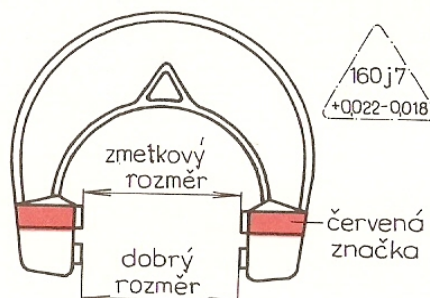
Kalibry ke kontrole válcových děl

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Třmenové kalibry - mají podobnou funkci jako válečkové kalibry – používají se ke kontrole vnějších rozměrů s předepsanými dovolenými úchylkami.



Oboustranný třmenový kalibr



Jednostranný třmenový kalibr

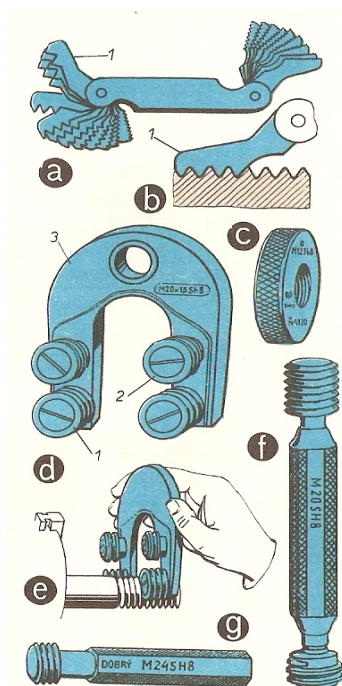
Měření a kontrola závitů

Měřením se zjišťují skutečné hodnoty závitů a každý jednotlivý rozměr se měří zvlášť. V praxi se obvykle měří střední průměr závitů. Kontrolou se porovnávají rozměry závitů s rozměry závitového měřidla (např. závitového kalibru). Přitom se závit nejčastěji posuzuje jako celek.

V praxi se používají soupravy závitových šablon, kterou se kontrolují závitů s různě velkým stoupáním.

Vnější závit se kontroluje buď mezními závitovými kroužky (dobrým a zmetkovým) nebo mezními závitovými třmenovými kalibry (na několika místech).

Vnitřní závit se kontrolují oboustrannými mezními závitovými válečkovými kalibry. Dobrá strana se našroubuje do závitů kontrolované matice, zmetková strana je zkrácená a v závitů matice se smí jen zachytit. Závitů nad 30 mm se kontrolují dvěma jednostrannými závitovými válečkovými kalibry.



Měřidla ke kontrole závitů

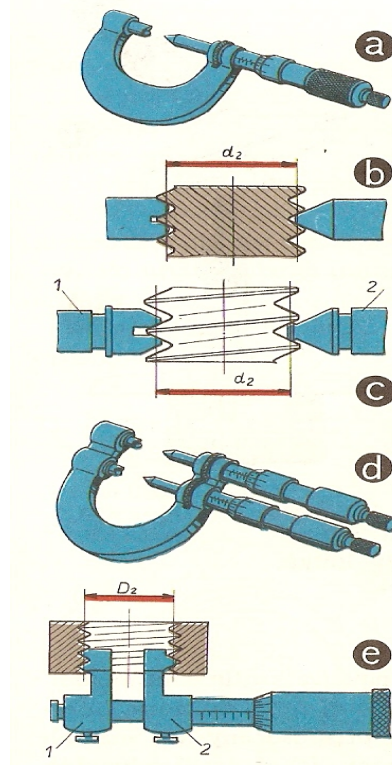
Měření středního průměru závitů třmenovým mikrometrem na závitů

Třmenový mikrometr na závitů se používá k přímému měření (čtení) středního průměru závitů. Neliší se konstrukcí od základního mikrometru,

avšak jeho měřicí čelisti jsou přizpůsobeny pro měření závitů. Pevná měřicí čelist má tvar hřebenu, jehož profil odpovídá profilu měřeného závitů. Pohyblivá měřicí čelist má kuželové zakončení se stejným vrcholovým úhlem jako měřený závit. Při měření lze číst hodnoty středního průměru závitů d_2 s přesností 0,01 mm.

K meznímu měření závitů se používá mezních třmenových mikrometrů na závitů, které mají dva mikrometrické šrouby, jejichž čelisti se nastaví na mezní hodnoty středního průměru závitů.

K měření středního průměru D_2 vnitřních závitů se používá mikrometru na vnitřní závitů.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Měřicí drátky – nejpřesněji lze zjistit střední průměr závitu pomocí měřících drátků, které jsou přesně broušené a lapované. Při měření se obvykle používá sady tří měřících drátků stejného průměru. Měřicími drátky lze měřit střední průměr jen u vnějších závitů. Střední průměr d_2 se zjistí nepřímo z rozměru Md_2 , naměřeného přes drátky třmenovým mikrometrem. K naměřené hodnotě se podle tabulek určí střední průměr závitu d_2 .

Rozměr přes drátky Md_2 se stanoví ze vzorce

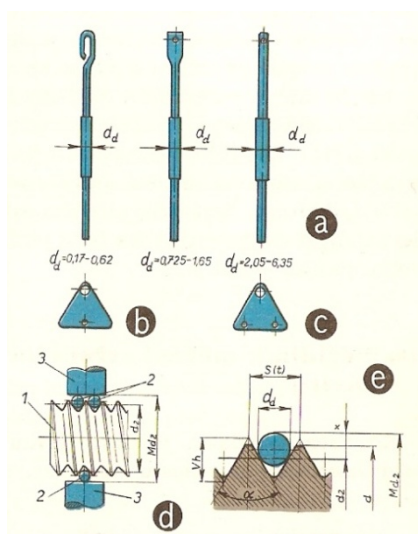
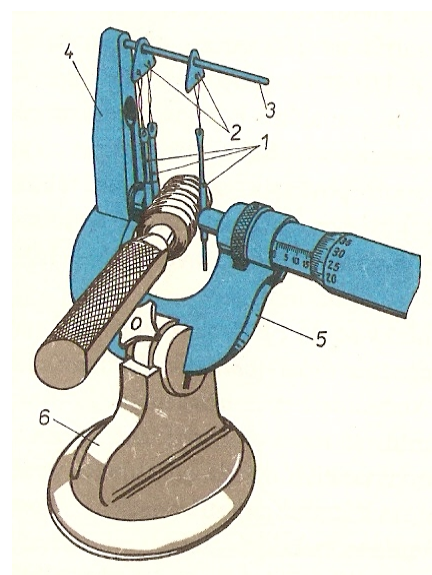
$$Md_2 = d_2 + 2x,$$

$$\text{Z čehož } d_2 = Md_2 - 2x.$$

Hodnoty $2x$ jsou vypočteny a jsou sestaveny do tabulek. Z tabulky lze zjišťovat střední průměr závitu d_2 pro metrický závit základní řady.

Velký průměr šroubu d	Stoupání $s(t)$	Průměr drátku d_d	Rozměr přes drátky (měřicí tlak = 0)	
			Md_2	$2x$
36	4	2,55	37,591	4,189
39	4	2,55	40,590	4,188
42	4,5	2,55	42,832	3,755
45	4,5	2,55	45,832	3,755
48	5	3,2	50,025	5,273
52	5	3,2	54,024	5,272

Měření středního průměru závitu měřicími drátky a třmenovým mikrometrem



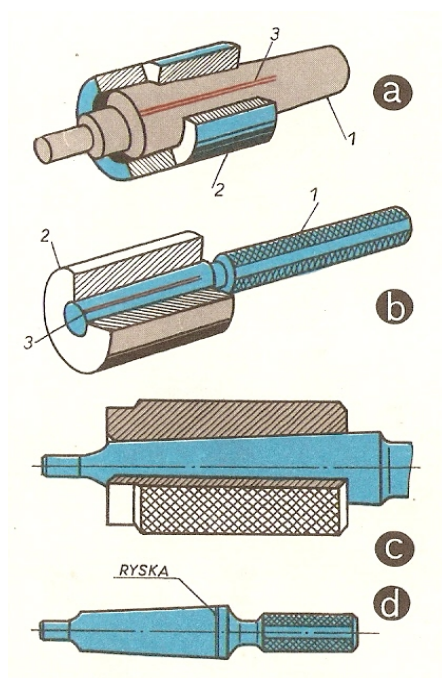
Měření středního průměru závitu pomocí měřících drátků

Měření kuželů

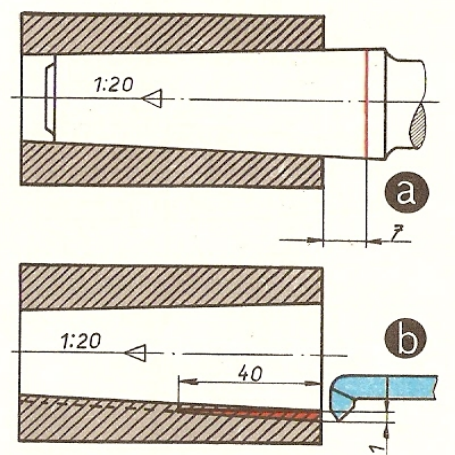
Kuželové plochy normalizovaných kuželů vnitřních i vnějších se kontrolují kuželovými kalibry v průběhu obrábění pro dosažení co největší přesnosti. Kuželové plochy se označí pomocí tužky ryskami a pootočením kalibru se rysky smažou, tím se zjistí, zda má kužel správný úhel. Kalibry lze též zkontrolovat, jsou-li povrchové úsečky obrobeného kužele přímé. Jsou-li čáry smazány jen na koncích, znamená to, že povrch je hyperbolický. Rovněž správnost průměru kužele se zjišťuje kalibrem.

Netoleranční kuželové kalibry se používají ke kontrole kuželových stopek nástrojů. Tolerančními kalibry se kontrolují délky nebo průměry kužele. Od netolerančních se liší tím, že mají dvě rysky, omezující dolní a horní mezní rozměr.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



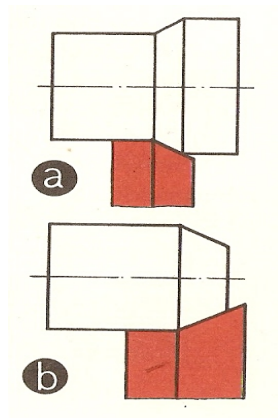
**Kontrola kuželů
kuželovými
kalibry**



Kontrola průměru a délky kuželové díry kalibrem

Měrky a šablony

Základní úhlové měrky – používají se k velmi přesné kontrole úhlů. Sady měrek jsou sestaveny tak, že všechny úhly odstupňované po jedné minutě nebo pěti minutách lze složit vždy ze dvou měrek. Při měření se jich používá samostatně nebo sestavují a vkládají do držáku.

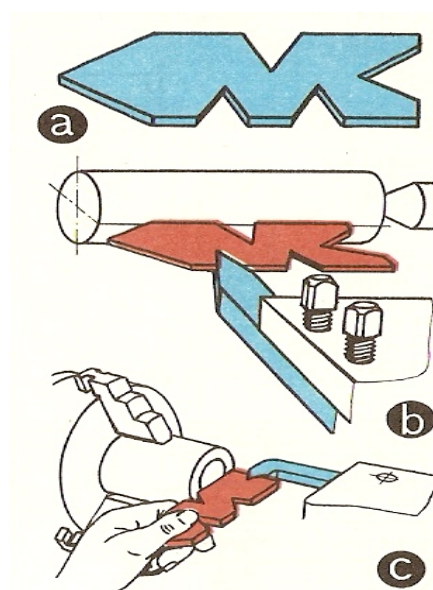


Šablony – se používají ke kontrole úhlu sklonu nebo vrcholových úhlů součástí s méně přesnými kuželovými plochami. Tvar šablon se podobá tvaru šablon pro kontrolu soustružnických nožů.

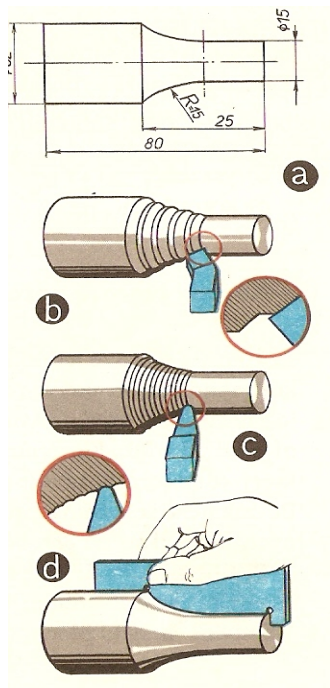
Kontrola kuželů základními úhlovými měrkami

Šablony a měrky lze využít při kontrole ostří ručně broušených nástrojů, aby geometrie břitu splňovala optimální podmínky pro co nejdelší trvanlivost ve výrobě. Dále se používají při ustavování nožů v přípravě před výrobou a ke kontrole dokonalosti různých tvarových ploch.

Nastavování závitových úhlů

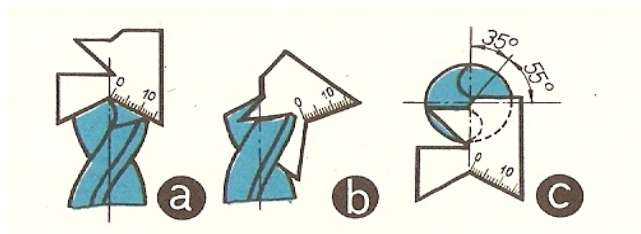


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Kontrola naostřených vrtáků šablonou

a-kontrola vrcholového úhlu a délky ostří, b-kontrola úhlu hřbetu, c-kontrola středového úhlu



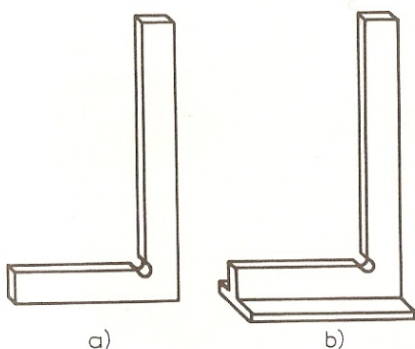
Kontrola soustružené plochy šablonou

Měření úhlů

Velikost úhlů se měří v stupních ($^{\circ}$) a jeho částech, tzn. V úhlových minutách ($'$) a úhlových vteřinách ($''$).
 $1^{\circ} = 60'$; $1' = 60''$; $1^{\circ} = 360''$.

Úhly měříme a přenášíme úhelníky, šablonami, úhloměry, přílohnými úhelníky a stavitelnými úhelníky. Nejjednodušším měřidlem k měření pravých úhlů (90°) je úhelník. K měření jiných než pravých úhlů se používají stavitelné úhelníky, v některých případech šablony a úhloměry.

K méně přesnému měření úhlů používáme obloukový úhloměr. Přesněji měříme úhly univerzálním úhloměrem. Univerzální úhloměr má kromě hlavní stupnice pro čtení stupňů i pomocnou stupnici pro čtení minut (úhlový nonius), který vznikne rozdělením 23° na 12 stejných částí. Nonius umožňuje číst velikost měřeného úhlu s přesností na 5 úhlových minut. Velikost naměřeného úhlu se čte takto: Počet celých stupňů na hlavní stupnici udává nulová ryska noniové stupnice. Počet minut udává ta ryska noniové stupnice, která se shoduje s ryskou hlavní stupnice.

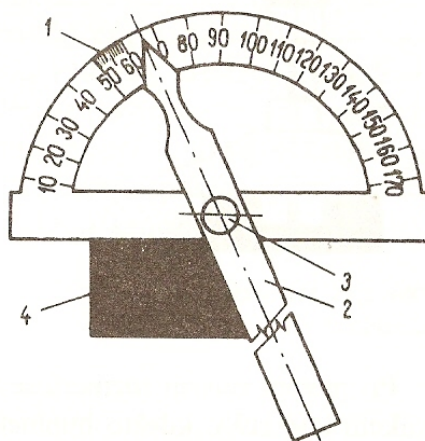


Úhelník

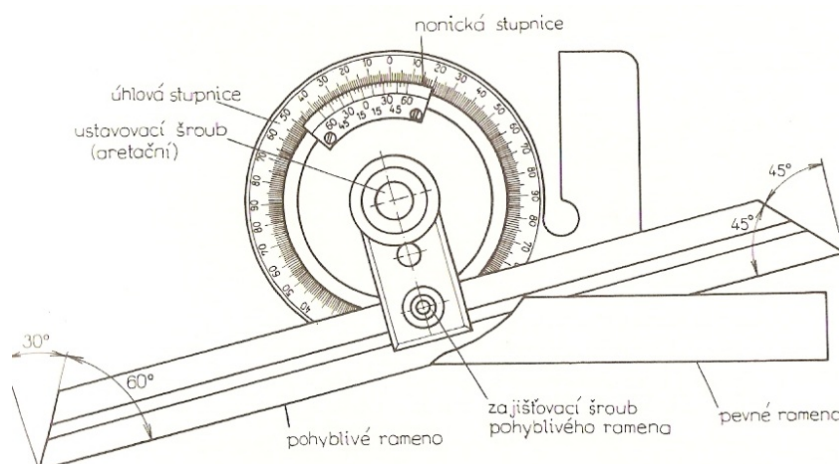
a) plochý, b) příložný

Obloukový úhloměr

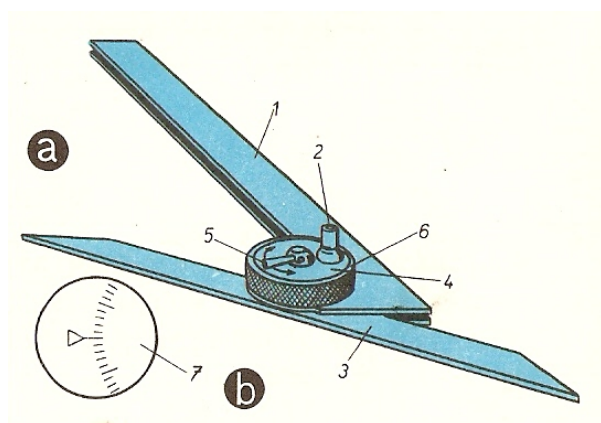
1. úhlová stupnice, 2. měřící rameno (otočné), 3. otočný čep se zabezpečovacím šroubem, 4. obrobek



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Univerzální úhloměr



Optický úhloměr

1 - dvojité pravítko, 2 - skleněné okénko, 3 - posuvné pravítko, 4 - otočná část úhloměru, 5 - zajišťovací páka

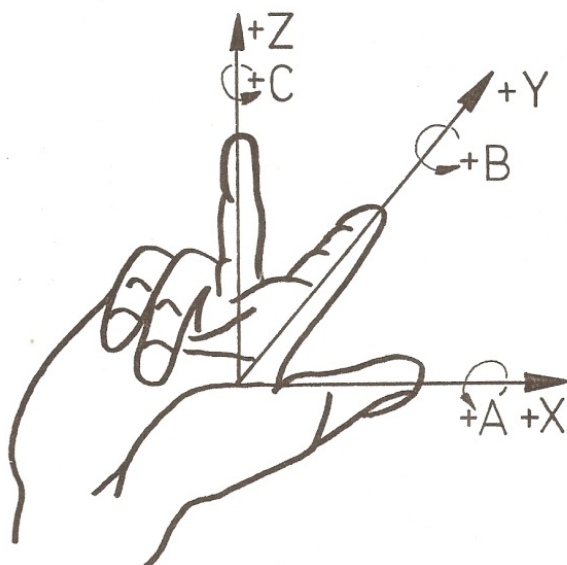
Se stejnou přesností (na 5 úhlových minut) měříme i optickým úhloměrem. Ten je konstrukčně podobný univerzálnímu úhloměru. Ke čtení úhlových minut se místo noniové stupnice používá lupa.

8. Souřadnicový systém CNC strojů

CNC program je soubor geometrických a technologických informací zapsaných formou dráhových a dalších funkcí ve formátu, který vyžaduje řídicí systém CNC stroje. Z důvodu jednoznačnosti geometrických informací je normou DIN 66217 definován souřadnicový systém stroje.

Bod je v prostoru jednoznačně určen souřadnicemi trojosého souřadného systému. U obráběcích strojů jsou normou předepsaná pravidla určující orientaci os a směry rotace kolem os. Vhodnou pomůckou je tzv. pravidlo pravé ruky. Při použití tohoto pravidla palec představuje osu „X“, ukazováček osu „Y“ a prostředník osu „Z“. Přitom špičky prstů ukazují kladné směry souřadnic. Pro orientaci rotačních pohybů okolo souřadnic platí, že kladný směr otáčení je proti směru pohybu hodinových ručiček při pohledu do počátku souřadnicového systému.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Zobrazení pravidla pravé ruky v souřadnicovém systému CNC programování

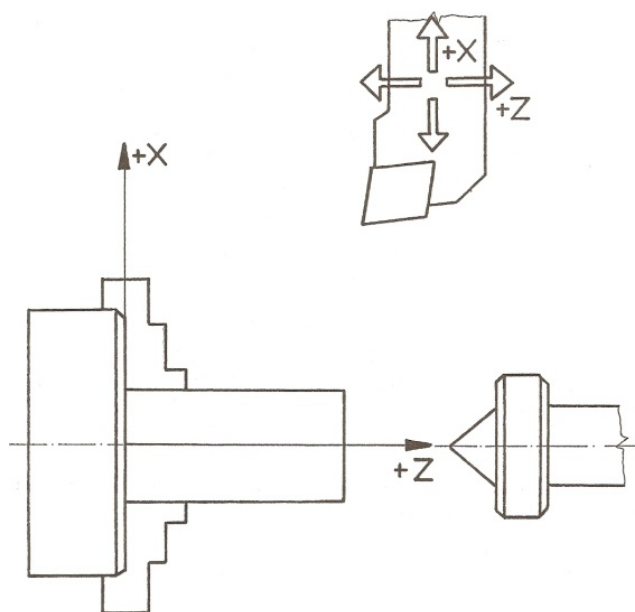
8.1. Souřadnicový systém soustruhu

Pro orientaci souřadného systému u obráběcích strojů platí pravidlo, že osa „Z“ je osou rotace hlavního vřetene stroje.

U soustruhu stačí k popisu pohybu dvě souřadnice. Osa „Z“ shodná s osou vřetena má kladný směr od vřetena ke koníku, osa „X“ má kladnou orientaci ve směru zvětšování rozměru obrobku.

Nastavení do referenčního bodu se provede najetím v ose „X“ a potom v ose „Z“ na koncové spínače. Následným nastavením polohy revolverové hlavy v pracovním prostoru stroje a přiřazením souřadnic špičky referenčního nástroje je seřízení stroje ukončeno.

Souřadnicový systém soustruhu



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

8.2. Seznam přípravných funkcí soustruhu

Funkce	Význam	Adresy
G 00	<u>Rychloposuv</u> - polohování nástroje po přímce do bodu (x,z) maximální rychlosti	XZ
G 01	<u>Lineární interpolace</u> - pracovní pohyb nástroje po přímce do bodu (x,z) posuvem F	XZF
G 02	<u>Kruhová interpolace ve směru pohybu hodinových ručiček</u> - pracovní pohyb nástroje po kružnici o poloměru R do bodu (x,z) posuvem F	XZRF
G 03	<u>Kruhová interpolace proti směru pohybu hodinových ručiček</u> - pracovní pohyb nástroje po kružnici o poloměru R do bodu (x,z) posuvem F	XZRF
G 04	<u>Časová prodleva</u> - přerušení běhu programu na T sekund	T
G 07	<u>Externí řízení dráhy</u> - z nadřazeného řídicího systému číslem externího programu H, posuvem F	HF
G 08	<u>Funkce další osy</u> - vyvolá pohyb další osy počtem pulsů A a posuvem F	AF
G 21	<u>Prázdný blok</u>	--
G 23	<u>Podmíněný skok</u> - na blok daný adresou L	LP
G 24	<u>Programování poloměrů</u> - přepíná řídicí systém na zadávání poloměrů	--
G 25	<u>Skok do podprogramu</u> - skok na blok L v podprogramu	L
G 26	<u>Programový cyklus</u> - skok na blok L v podprogramu, počet opakování H	LH
G 27	<u>Programový skok</u> - programový skok na blok L programu	L
G 28	<u>Přepnutí programové oblasti</u> - skok na blok programu L v programové oblasti %	L%
G 29	<u>Textová poznámka</u> - v rozsahu 20 znaků ACII	--
G 31	<u>Najetí na sondu</u> - najetí na sondu v jedné ose	XZ
G 33	<u>Řezání závitů</u> - řezání závitu se stoupáním K v délce Z	ZK
G 64	<u>Cyklus podélného soustružení</u> - na souřadnice (x,z) s hloubkou řezu U a posuvem F	XZUF
G 66	<u>Cyklus zapichování</u> - na souřadnice (x,z) nožem s šířkou ostří W, posuvem F	XZWF
G 68	<u>Cyklus příčného soustružení</u> - na souřadnice (x,z) s šířkou třísky W a posuvem F	XZWF
G 73	<u>Cyklus vrtání s prodlevou</u> - na souřadnici Z s krátkou prodlevou po odvrtání dráhy W posuvem F	ZWF
G 78	<u>Cyklus řezání závitů</u> - na souřadnice (x,z) s hloubkou řezu U a stoupáním závitu K	XZUK
G 79	<u>Cyklus řezání závitů</u> - na souřadnice (x,z) s hloubkou řezu U a stoupáním závitu K	XZUK
G 81	<u>Cyklus vrtání</u> - na souřadnici Z posuvem F	ZF
G 83	<u>Cyklus vrtání s vyplachováním třísky</u> - na souřadnici Z s výplachem třísky po odvrtání dráhy W posuvem F	ZWF
G 85	<u>Cyklus vystružování</u> - na souřadnici Z posuvem F	ZF

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

G 90	Absolutní programování	--
G 91	Přírustkové (inkrementální) programování	--
G 92	<u>Absolutní programování s posunutím nulového bodu</u> - X, Z – souřadnice polohy nástroje vzhledem k definovanému souřadnému systému	XZ
G 94	<u>Posuv mm/min</u>	--
G 95	<u>Posuv mm/ot</u>	--
G 96	<u>Konstantní řezná rychlost</u>	--
G 98	<u>Najetí do referenčního</u> - X, Z – definované souřadnice	XZ

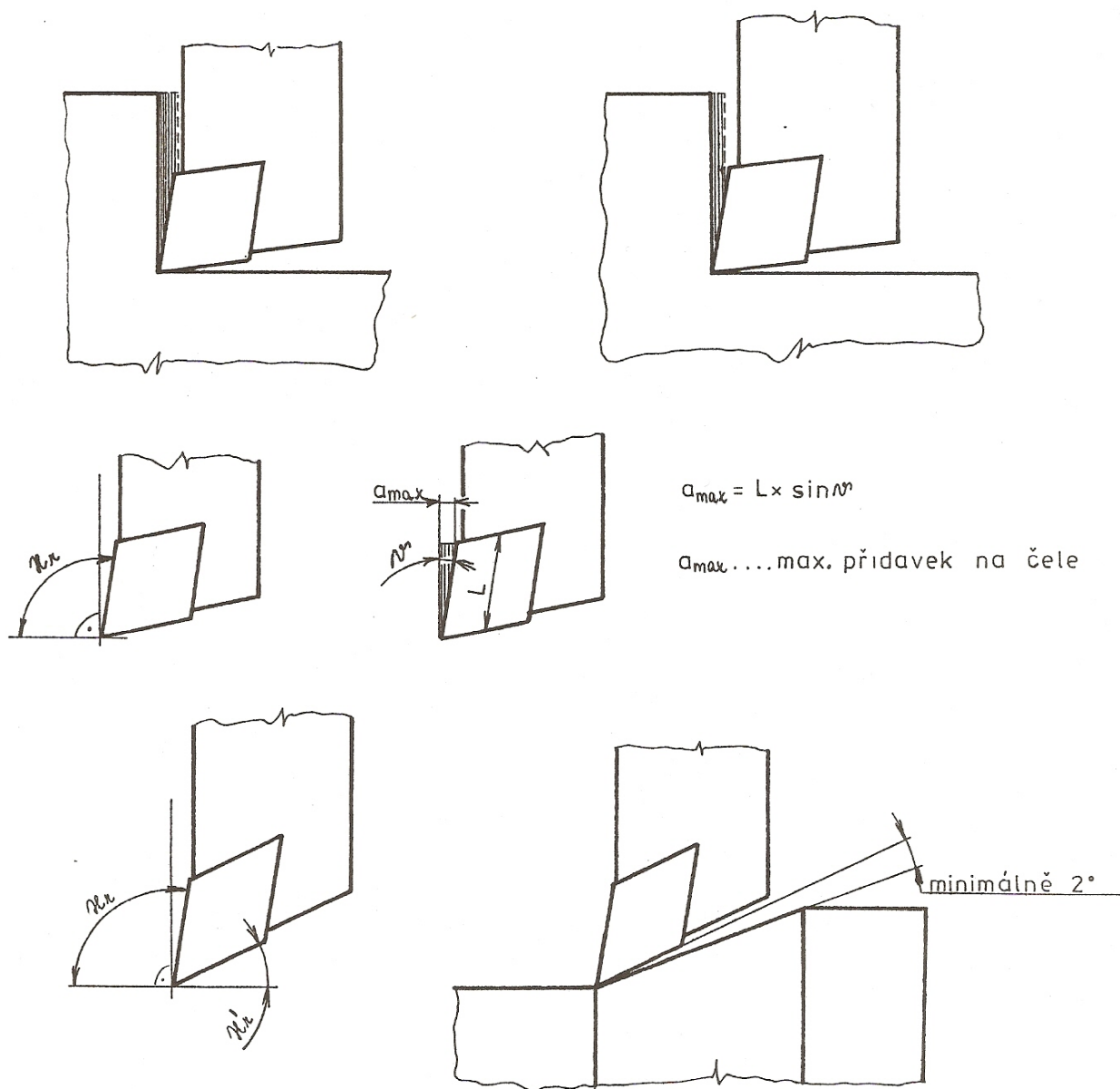
8.3. Seznam pomocných funkcí

Funkce	Význam	Adresy
M 00	<u>Programové zastavení</u>	--
M 01	<u>Podmíněné zastavení</u> - po dobu aktivity vstupního signálu P	P
M 03	<u>Spuštění otáček vřetena doprava</u> - (ve směru hodinových ručiček), otáčky vřetena S	S
M 04	<u>Spuštění otáček vřetena doleva</u> - (proti směru hodinových ručiček), otáčky vřetena S	S
M 05	<u>Zastavení vřetena</u>	--
M 06	<u>Výměna nástroje</u> - X, Z – korekce polohy nástroje - T - číslo nástroje (poloha revolverové hlavy)	XZT
M 17	<u>Konec programu nebo cyklu</u>	--
M 20	<u>Výstupní signál</u> - aktivuje výstupní signál na lince Q	Q
M 21	<u>Konec v vstupního signálu</u> - ukončení aktivací výstupního signálu na lince Q	Q
M 25	<u>Výstup souřadnic polohy</u>	--
M 29	<u>Výstup textového hlášení</u>	--
M 30	<u>Konec programu</u>	--
M 63	<u>Vysunutí pinoly koníku</u>	--
M 64	<u>Zasunutí pinoly koníku</u>	--
M 99	<u>Definice posuvu</u> - velikost F	F

8.4. Možnosti použití nástrojů

Možnost použití nástrojů při soustružení závisí na jejich geometrii. Určující jsou úhly nastavení nože. Jejich velikost je třeba kontrolovat při zarovnávání čel, soustružení kuželů a zaoblení.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

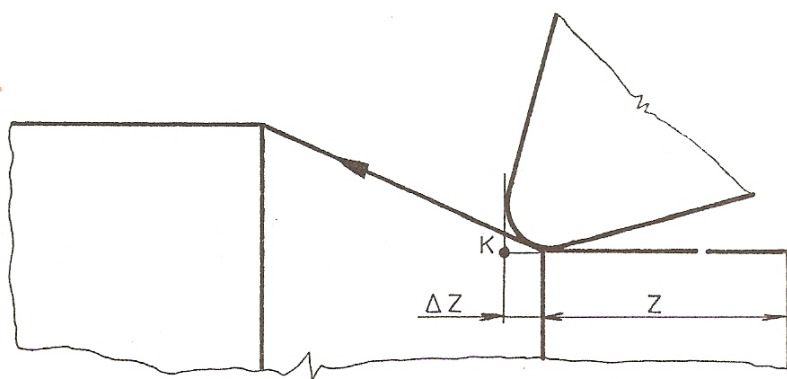
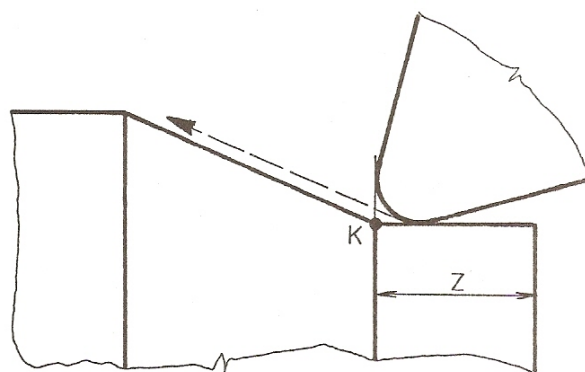
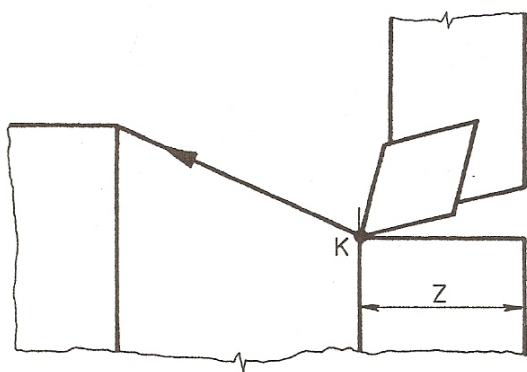
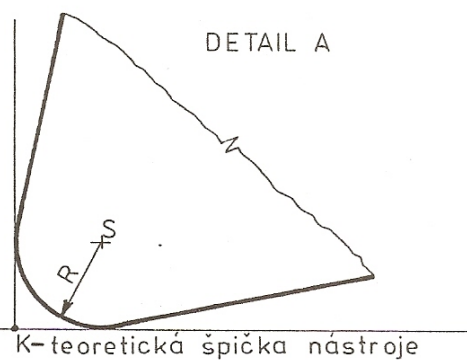
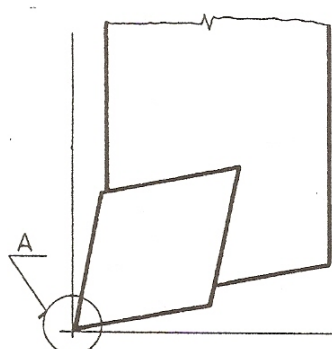


8.5. Korekce dráhy nástrojů

Při soustružení kuželů, zkosení a zaoblení je nutné při programování dráhy nástroje zohlednit vliv zaoblení špičky nástroje.

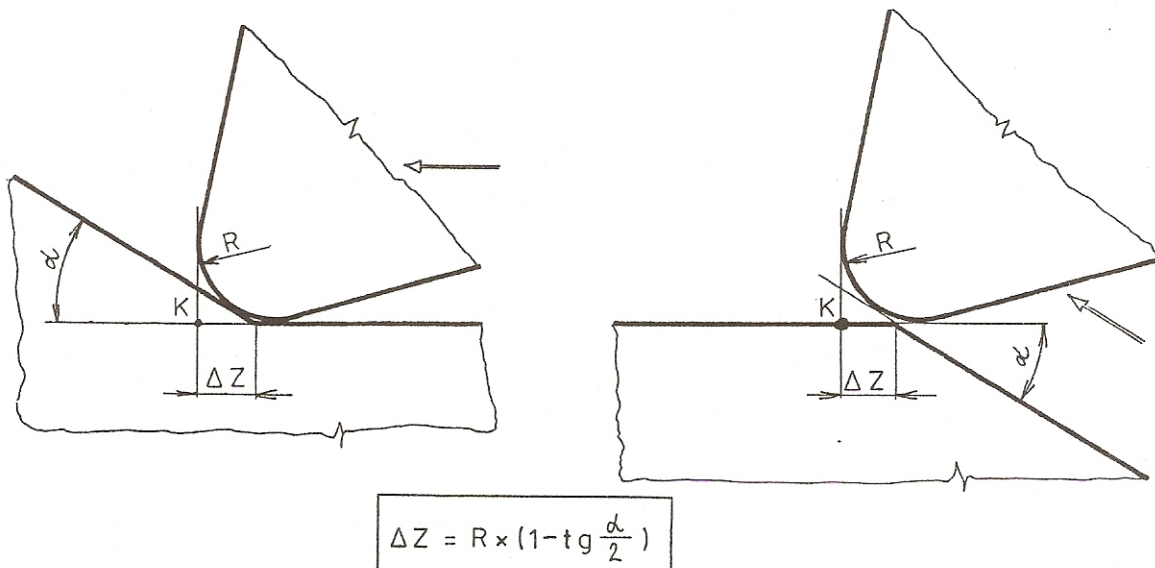
Při programování se popisuje pohyb teoretické špičky nástroje. Ve skutečnosti je špička nástroje zaoblená poloměrem R .

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

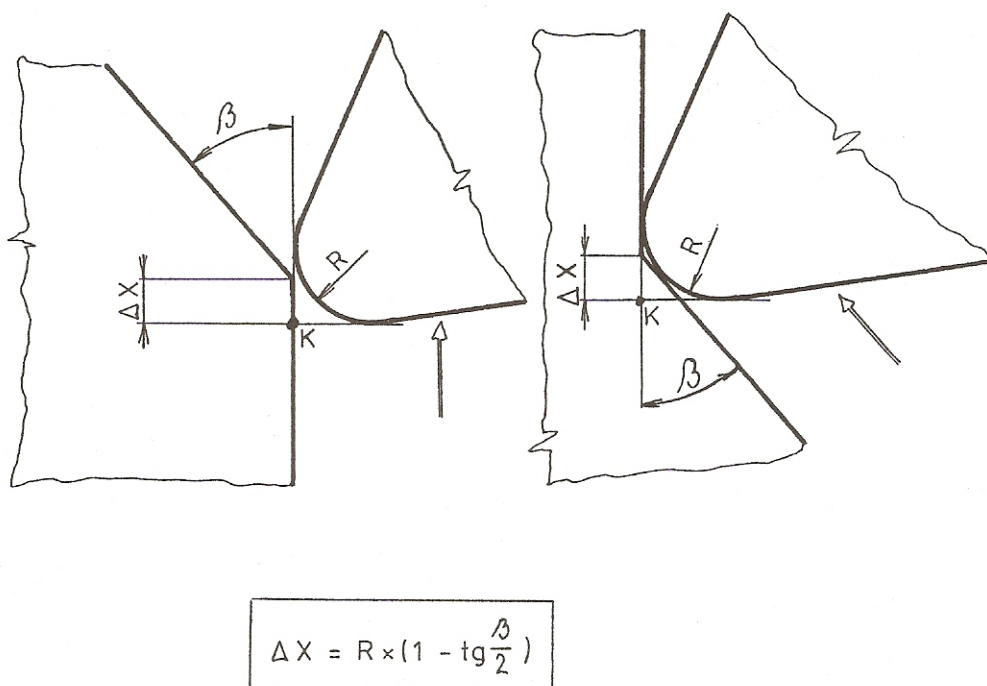


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VÁLEC $\rightleftarrows$ KUŽEL



ČELO $\rightleftarrows$ KUŽEL

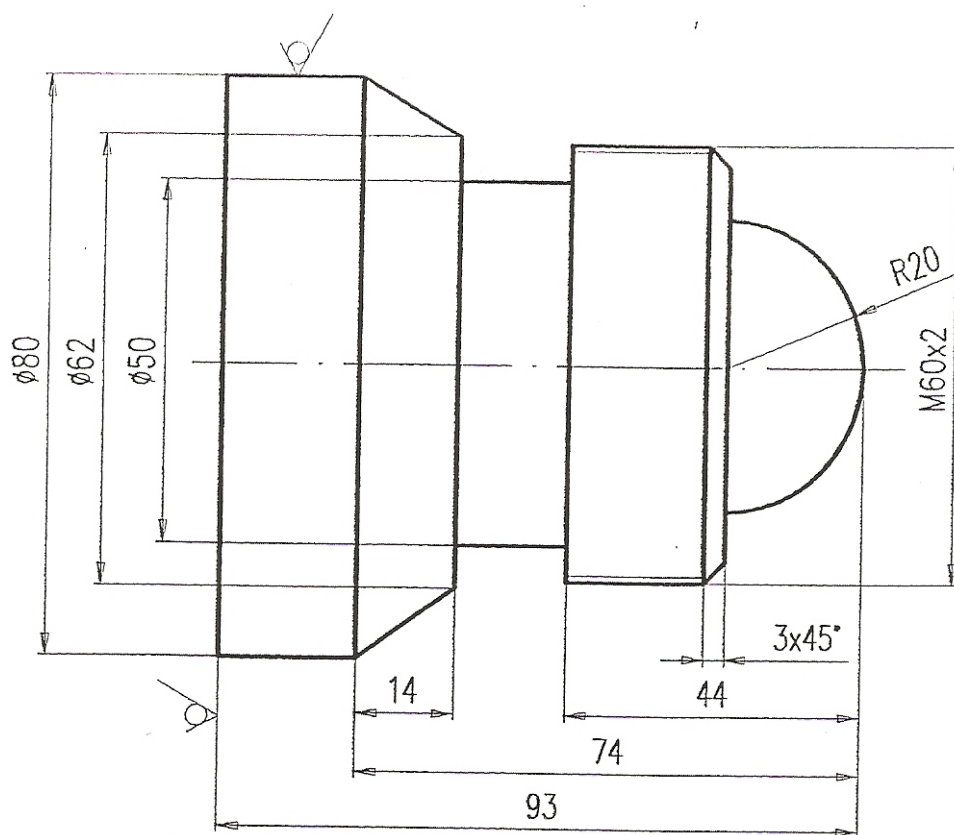


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

8.6. Příklad programování na CNC soustruhu

Vnější soustružení

3.2/ (✓)



Program vnějšího soustružení

```

N04 G29 >D=80, L=95      <
N8  G92 X120.000 Z-73.000
N12 M06 X0.000 Z0.000 T1.000
N16 M04 S800.000
N20 G00 X120.000 Z2.000
N24 G00 X84.000 Z2.000
N28 G68 X-2.000 Z0.000 W1.000 F50.000
N32 G00 X80.000 Z2.000
N36 G64 X60.000 Z-60.000 U1.000 F80.000
N40 G00 X60.000 Z2.000
N44 G64 X40.000 Z-20.000 U1.000 F80.000
    
```

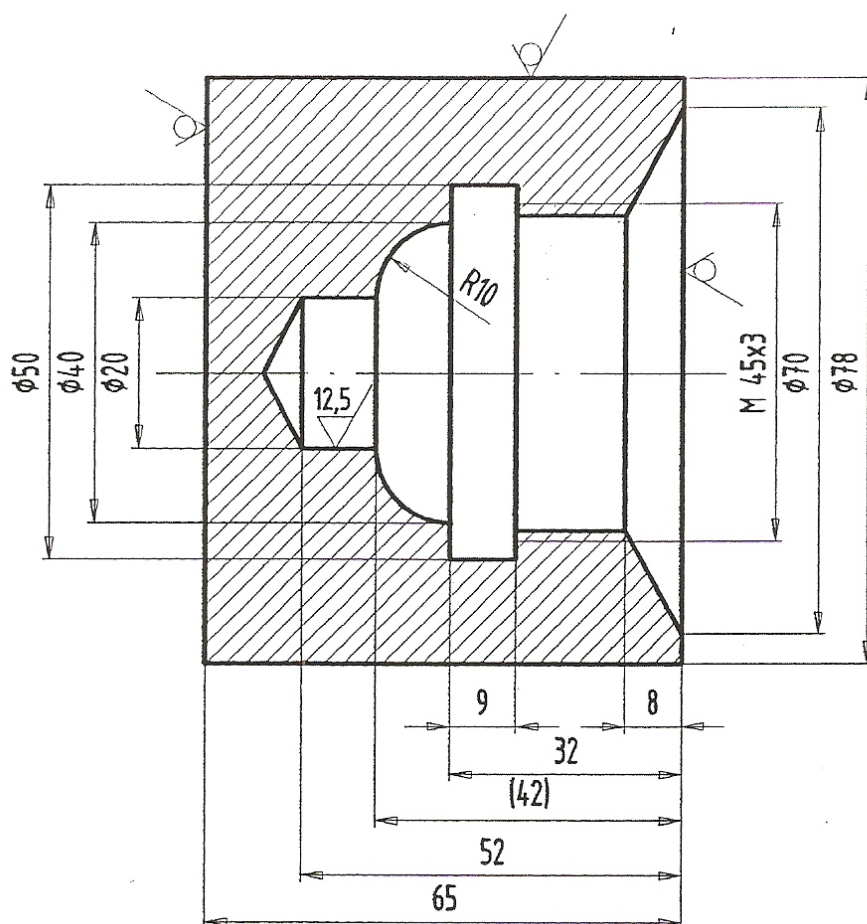
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

N48	G00 X30.000	Z2.000		
N52	G01 X30.000	Z0.000	F100.000	
N56	G03 X40.000	Z-7.500	R15.000	F80.000
N60	G00 X40.000	Z2.000		
N64	G00 X9.000	Z2.000		
N68	G01 X9.000	Z0.000	F100.000	
N72	G03 X40.000	Z-15.500	R20.500	F80.000
N76	G00 X71.600	Z-15.500		
N80	G00 X71.600	Z-58.000		
N84	G01 X71.600	Z-60.000	F100.000	
N88	G01 X80.000	Z-66.500	F80.000	
N92	G00 X80.000	Z-58.000		
N96	G00 X63.200	Z-58.000		
N100	G01 X63.200	Z-60.000	F100.000	
N104	G01 X80.000	Z-73.000	F80.000	
N108	G00 X80.000	Z-18.000		
N112	G00 X54.000	Z-18.000		
N116	G01 X54.000	Z-20.000	F100.000	
N120	G01 X60.000	Z-23.000	F80.000	
N124	G00 X60.000	Z-23.000		
N128	M05			
N132	M04	S1000.000		
N164	G00 X60.000	Z2.000		
N168	G00 X0.000	Z2.000		
N172	G01 X0.000	Z0.000	F100.000	
N176	G03 X40.000	Z-20.000	R20.000	F70.000
N180	G00 X64.000	Z-20.000		
N184	G00 X64.000	Z-58.000		
N188	G01 X64.000	Z-60.000	F100.000	
N192	G01 X60.000	Z-60.000	F100.000	
N196	G01 X80.000	Z-74.000	F70.000	
N200	G00 X120.000	Z-74.000		
N204	M05			
N208	M06 X-6.400	Z4.300	T2.000	
N212	M04	S600.000		
N216	G00 X120.000	Z-60.000		
N220	G00 X64.000	Z-60.000		
N224	G66 X50.000	Z-44.000	W3.000	F50.000
N228	G00 X120.000	Z-60.000		
N232	M05			
N236	M06 X-4.400	Z3.100	T3.000	
N240	M04	S150.000		
N244	G00 X120.000	Z-46.000		
N248	G00 X60.000	Z-46.000		
N252	G78 X57.546	Z-18.000	U0.100	K2.000
N256	G00 X120.000	Z-46.000		
N260	M30			

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vnitřní soustružení

3,2 / (12,5 / √)



Program vnitřního soustružení

```

N4 G29 >D=78, L=65
N8 G92 X120.000 Z-45.000
N12 M6 X0.000 Z0.000 T1.000
N16 M03 S1000.000
N20 G00 X120.000 Z2.000
N24 G00 X0.000 Z2.000
N28 G81 Z-7.000 F50.000
N32 G00 X120.000 Z2.000
N36 M05
N40 M06 X0.000 Z16.400 T2.000
N44 M03 S400.000
    
```

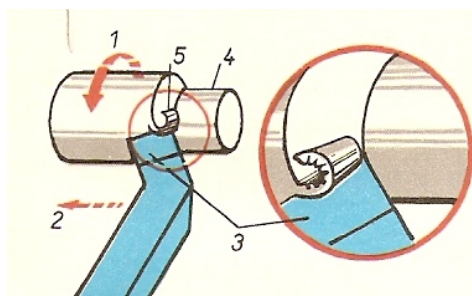
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

N48	G00 X0.000	Z2.000		
N52	G81	Z-57.700	F50.000	
N56	G00 X120.000	Z2.000		
N60	M05			
N64	M06 X-13.500	Z30.000	T3.000	
N68	M04	S800.000		
N72	G00 X20.000	Z2.000		
N76	G64 X41.752	Z-32.000	U1.000	F80.000
N80	G00 X54.600	Z2.000		
N84	G01 X54.600	Z0.000	F100.000	
N88	G01 X41.752	Z-3.500	F80.000	
N92	G00 X41.752	Z2.000		
N96	G00 X68.000	Z2.000		
N100	G01 X68.000	Z0.000	F100.000	
N104	G01 X41.752	Z-7.300	F80.000	
N108	G00 X30.000	Z-7.300		
N112	G00 X30.000	Z-30.000		
N116	G01 X30.000	Z-32.000	F100.000	
N120	G03 X20.000	Z-37.000	R5.000	F80.000
N124	G00 X20.000	Z-30.000		
N128	G00 X39.000	Z-30.000		
N132	G01 X39.000	Z-32.000	F100.000	
N136	G03 X20.000	Z-41.500	R9.500	F80.000
N140	G00 X20.000	Z2.000		
N144	G00 X70.000	Z2.000		
N148	M05			
N152	M04	S1000.000		
N156	G01 X70.000	Z0.000	F100.000	
N160	G01 X41.752	Z-8.000	F70.000	
N164	G00 X40.000	Z-8.000		
N168	G00 X40.000	Z-30.000		
N172	G01 X40.000	Z-32.000	F100.000	
N176	G03 X20.000	Z-42.000	R10.000	F70.000
N180	G00 X20.000	Z2.000		
N184	G00 X120.000	Z2.000		
N188	M05			
N192	M06 X-13.500	Z30.000	T4.000	
N196	M04	S500.000		
N200	G00 X38.000	Z2.000		
N204	G00 X38.000	Z-32.000		
N208	G66 X50.000	Z-23.000	W3.000	F50.000
N212	G00 X38.000	Z8.000		
N216	G00 X120.000	Z8.000		
N220	M05			
N224	M06 X-13.500	Z26.000	T5.000	
N228	M04	S100.000		
N232	G00 X38.000	Z8.000		
N236	G00 X38.000	Z-26.000		
N240	G01 X41.752	Z-26.000	F100.000	
N244	G78 X45.000	Z-4.000	U0.100	K3.000
N248	G00 X38.000	Z-26.000		
N252	G00 X38.000	Z8.000		
N256	G00 X120.000	Z8.000		
N260	M30			

9. Soustružnické nože

Soustružnický nůž je obvyklý nástroj používaný při soustružení. Skládá se z tělesa z tělesa nože *1*, jímž se nůž upíná a z řezné části *2* (nos nože), která při soustružení vniká do materiálu a odděluje z něho třísky. Řezná část nože ve tvaru řezného klínu se nazývá břit *3*.

Na soustruženém obroku jsou tyto tři plochy:



a) řezná plocha 4, tj. plocha obrobku, vznikající bezprostředně za břitem,

b) obráběná plocha 5, tj. část neobrobeného povrchu obrobku (před obráběním),

c) obrobená plocha 6, tj. plocha na obrobku vzniklá obráběním.

Na soustružnickém noži rozeznáváme tyto důležité plochy:

a) čelo nože 7, tj. plocha po níž odchází třísky,

b) hlavní hřbet nože 8, tj. plocha řezné části obrácená směrem k řezné ploše obrobku,

c) vedlejší hřbet nože 9, tj. plocha řezné části odvrácená od řezné plochy obrobku.

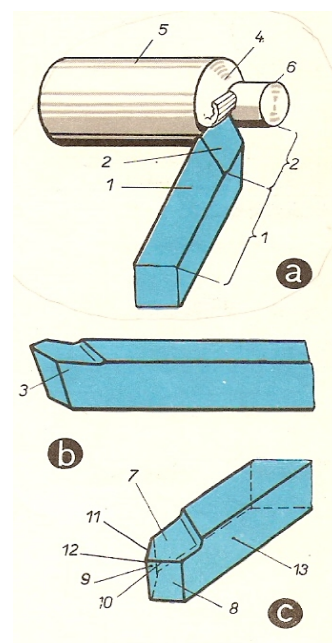
Průsečnice čela s hřbetem nože je ostří (řezná hrana). Řezná část nože má hlavní ostří a vedlejší ostří. Hlavní ostří *10* je obráceno ke směru posuvu. Vedlejší ostří *11* je připojeno na hlavní ostří *12* rozumíme oblast proniku čela, hlavního a vedlejšího břitu.

Plocha spodní části tělesa nože *13*, kterou nůž dosedá v nožové hlavě, se nazývá ložná plocha

9.1. Druhy soustružnických nožů

Soustružnické nože musí mít dobré řezné vlastnosti. Toho lze dosáhnout jednak správnou volbou materiálu k jeho výrobě (řezný materiál), jednak jeho dalším zpracováním (např. kalením, popouštěním, ostřením apod.).

Rozšířený řezný materiál je nástrojová ocel rychlořezná (zkratka RO). Potřebná tvrdost se získá kalením a popouštěním. Jejich tvrdost se podstatně snižuje až teprve při teplotě 600 °C. Použití k soustružení měkkých a středně tvrdých materiálů. Mohou být z RO celistvé nebo jen řezná část, která je přivařená k tělesu z konstrukční uhlíkové oceli 11 700.



Dále se k výrobě používají nože i z jiných materiálů, jako slinuté karbidy (zkratka SK) a slinutých korundů. Lze s nimi obrábět tvrdé materiály i velkými řeznými rychlostmi. Mají vysokou tvrdost a odolnost proti otěru při teplotách 800 až 1 050 °C.

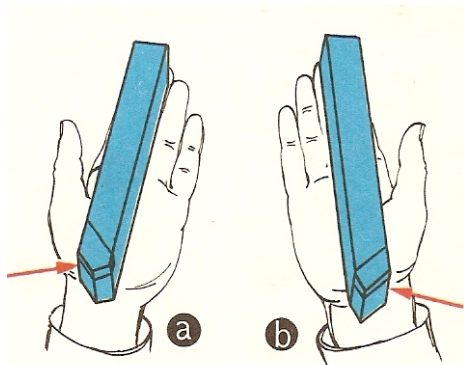
Nástroje, jimiž se obrábí malými řeznými rychlostmi (např. závitové nože), se mohou vyrábět z nástrojové oceli uhlíkové, která je měkká a méně odolná proti opotřebení a otěru než RO. Při teplotě 200 až 250 °C ztrácejí tyto nástroje řezací schopnost, měknou.

Řezné keramické materiály, ze kterých se vyrábějí výměnné břitové destičky a upínají se k nožovým držákům mechanicky, mají velmi dobré řezné vlastnosti a používají se k obrábění tvrdých materiálů a pro velké řezné rychlosti. Mají vysokou tvrdost, ale nízkou pevnost v ohybu. Proto volíme pokud možno záporný úhel čela nebo alespoň zápornou fazetku na čele.

Nože s destičkami z diamantů nebo polykrystalů jsou vhodné na dokončovací operace a soustružení oceli, bronzu, litiny, mosazi a plastů, protože jsou vysoce otěruvzdorné.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Nože z kubického nitridu boru (KNB) se používají na dokončovací operace obrobků z těžko obrobitelných materiálů (kalených ocelí a slitin). Někdy lze takovým soustružením nahradit broušení.



Nůž soustružnický

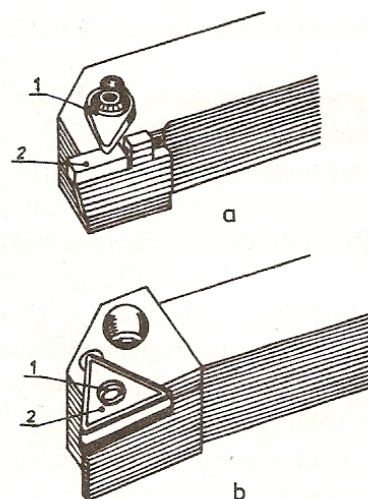
a – levý, b – pravý

Soustružnické nože se rozdělují podle několika hledisek:

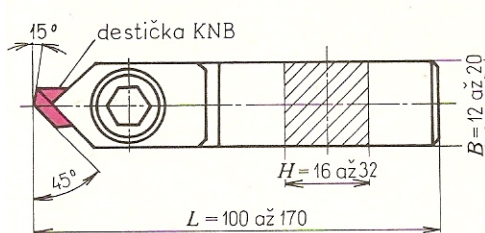
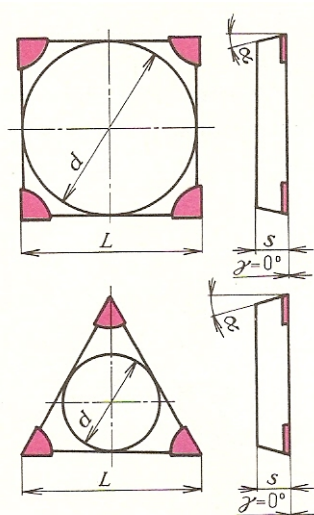
1. podle druhu obráběné plochy na nože **vnitřní a vnější**,
2. podle velikosti odřezávané vrstvy materiálu na **ubírací a hladící** – nože na práci na čisto (dokončovací).
3. podle způsobu výroby se dělí na **celistvé, svařené na tupo, s řeznými destičkami** (pájené, přivařené, přilepené, mechanicky upnuté atd. – viz ČSN 22 3514).
4. podle vykonávané práce se dělí na **ubírací, zapichovací a upichovací, závitové, vyvrtávací a tvarové**.
5. podle tvaru tělesa – **přímé, vyhnuté, ohnuté a osazené**.
6. podle základního názvosloví rozeznáváme nože (ČSN 22 0110): **pravé, levé, souměrné a osazené**.

Nože s vyměnitelnými destičkami

a – zapichovací nůž s destičkou upnutou pomocí upínky, 1 – upínka, 2 – vyměnitelná destička, b – stranový nůž s destičkou upnutou za otvor, 1 – upínací čep, 2 – vyměnitelná destička

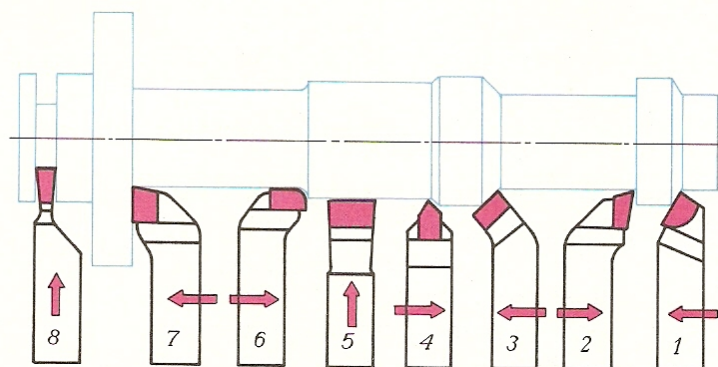


Nožový držák s destičkou KNB

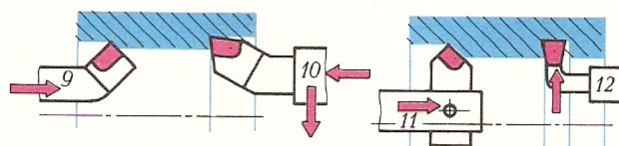


Vyměnitelné destičky s polykrystalickým řezným materiálem

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



soustružnické nože pro vnější soustružení



soustružnické nože pro vnitřní soustružení

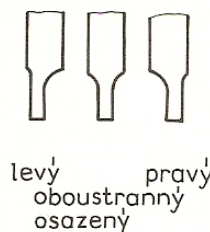
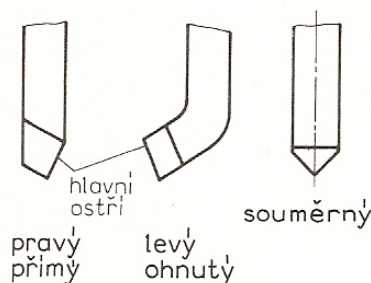
Soustružnické nože

Pro vnější soustružení: 1 – ubírací nůž přímý pravý, 2 – rohový nůž levý, 3 – ubírací nůž ohnutý pravý, 4 – hladicí nůž, 5 – nabírací nůž, 6 – rádiusový nůž levý, 7 – ubírací nůž stranový pravý, 8 – zapichovací nůž

Pro vnitřní soustružení: 9 – vnitřní ubírací nůž pravý, 10 – vnitřní rohový nůž, 11 – vyvrtávací nůž kolmý levý, 12 – vnitřní zapichovací nůž

názvosloví

Základní



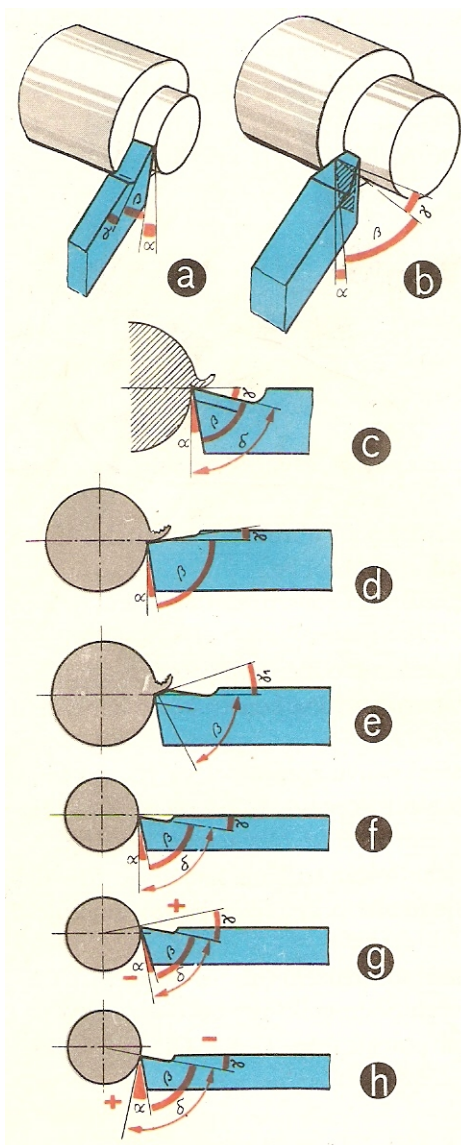
9.2. Úhly nožů a jejich význam

Soustružnický nůž musí mít neporušené ostří, co nejhladší čelo a hlavní hřbet a zejména správnou geometrii, tj. řezné úhly. Hlavními řeznými úhly jsou úhel břitu, hlavní úhel hřbetu, úhel čela a úhel řezu. Všechny úhly se měří v rovině hlavního řezu (obr a, b, c). Rovina hlavního řezu je kolmá k hlavnímu ostří a k ložné ploše nože. Velikost řezných úhlů nože má velký vliv na jakost obrobenej plochy a na výkon nože.

Úhel břitu β (beta) je úhel, který svírá hlavní hřbet s čelem nože. Jeho velikost má vliv na odpor, který klade materiál obrobku noži při soustružení. Čím menší je úhel břitu, tím lépe vniká do materiálu. Na druhé straně však příliš malý úhel β je málo pevný a poměrně hodně se při práci zahřívá. Může se ulomit a rychle se otupuje. Pro soustružení měkkých materiálů se volí nože s menším úhlem břitu než pro pevné a tvrdé materiály. Jeho velikost je nejčastěji 45° až 90°.

Hlavní úhel hřbetu α (alfa) je úhel mezi hlavním hřbetem nože a tečnou k řezné ploše obrobku. Tento úhel má vliv na velikost tření mezi hlavním hřbetem a řeznou plochou. Čím větší je úhel hřbetu, tím menší je tření mezi oběma plochami a tím méně se nůž zahřívá. Přitom se však zmenšuje úhel břitu, a proto se hlavní hřbetu nože volí poměrně malý. U nožů z RO bývá úhel α nejčastěji 6° až 10°. Menší se volí většinou u nožů k obrábění tvrdších materiálů.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Úhel čela γ (gamma) je úhel mezi čelem nože a rovinou, procházející hlavním ostřím, která je kolmá k řezné ploše obrobku. Jeho velikost při soustružení má vliv na směr odvádění třísky a na odpor materiálu proti vnikajícímu břitu nože. Čím větším úhlem čela, tím snadněji odchází tříška po čele nože. Větší úhel čela však zeslabuje břit nože, takže se jeho pevnost zmenšuje. Pro měkké materiály se volí poměrně velký úhel čela (až 40°), pro tvrdé materiály bývá jen několik stupňů, popř. nulový. Záporný (negativní) úhel čela (obr. d), nebo fasetku 1 (obr. e) se záporným úhlem čela γ_1 mají většinou jen nože ze slinutých karbidů. Těmito noži se obrábí nejpevnější a nejtvrďší materiály, popř. obrobky s přerušovanými povrchy.

Úhel řezu δ (delta), obr. c, je úhel mezi čelem nože a tečnou k řezné ploše obrobku. Jeho velikost se rovná součtu úhlů hlavního hřbetu a břitu ($\delta = \alpha + \beta$) a bývá obvykle menší než 90° . Pro volbu velikosti úhlu řezu platí tytéž zásady jako pro úhel břitu. Hlavní řezné úhly pro nože z rychlořezné nástrojové oceli jsou uvedeny v tabulce.

Úhlu hlavního hřbetu a čela nože podle tabulky se dosáhne jednak správným naostřením nože, jednak jeho výškovým nastavením vzhledem k ose soustružení (obr. f) při jeho upnutí. Změní-li se výškové nastavení nože (obr. g, h), změní se i jeho úhel čela γ , úhel hlavního hřbetu, a tím i úhel řezu.

Nastavíme-li nůž na d osu soustružení (obr. g), zvětší se jeho úhel čela γ , kdežto úhel hlavního hřbetu α , a tím i úhel řezu δ se zmenší. Při přílišném nastavení nože nad osu soustružení vzniká velké tření hřbetu o řeznou plochu obrobku. Špička nože se zasekává do obráběného materiálu a nůž se může snadno zlomit. Nad osu soustružení nastavujeme nože z RO (o 2 až 5% průměru obrobku) jen při ubírání třísek většího průřezu. Pod osu soustružení se někdy nože nastavují při hlazení – nůž dobře vyhlazuje povrch obrobku (velký úhel řezu δ) a nezasekává se do něj.

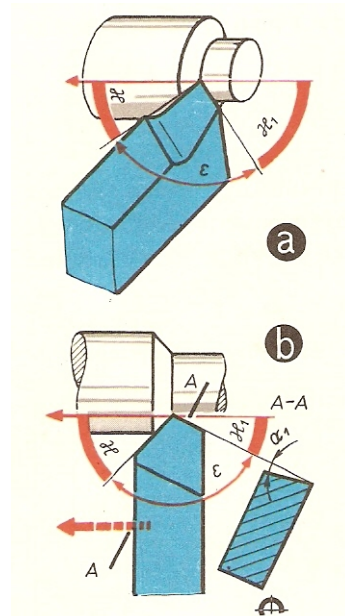
Geometrie soustružnického nože

a – levý nůž, b – pravý nůž

Kromě hlavních řezných úhlů jsou ještě tyto další úhly nože: vedlejší úhel hřbetu, hlavní úhel nastavení, úhel špičky nože a úhel sklonu hlavního ostří.

Vedlejší úhel hřbetu α_1 (obr. b) je úhel mezi vedlejším hřbetem a rovinou vedenou vedlejším ostřím kolmo k ložné ploše nože.

Vedlejší úhel hřbetu, úhly nastavení a úhel špičky nože



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Řezné úhly pro nože z nástrojové oceli rychlořezné

Obráběný materiál	Pevnost (MPa) nebo tvrdost (HB)	Řezné úhly		
		α (°)	γ (°)	κ (°)
Nelegovaná ocel	< 350	8	20	
	450 až 500	8	18	
	600 až 700	8	16	
	850 až 1 000	6	12	
	1 000 až 1 400	8	10	
Slitinová ocel chrommolybdenová	350 až 500	8	14	
Ocelová litina	500 až 600	8	10	
Šedá litina měkká	120 až 180 HB < 160	8	12	
Šedá litina středně tvrdá	180 až 250 HB = 150 až 250	8	10	45
Temperovaná litina středně tvrdá	< 400	8	12	
Měď	220 až 350	10	25	
Mosaz měkká	HB = 80 až 120	10	15	
Mosaz tvrdá	HB 120	8	8	
Bronz měkký		8	8	
Bronz tvrdý		6 až 8	2	
Hliník čistý	HB < 50	10	40	
Hliníkové slitiny	HB < 50	10	35	
Elektron	140 až 250	10	16	

Hlavní úhel nastavení κ (kappa) je úhel mezi hlavním ostřím a směrem posuvu nože (obr. a, b).

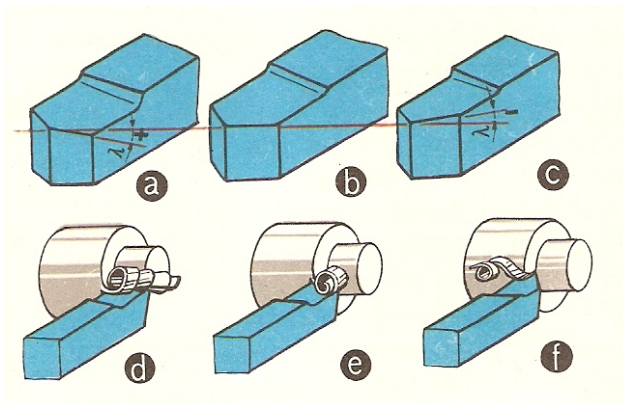
Vedlejší úhel nastavení χ_1 je úhel mezi vedlejším ostřím a směrem posuvu nože. Spolu s vedlejším úhlem hřbetu má vliv na tření vedlejšího hřbetu nože o obrobenou plochu obrobku.

Úhel špičky ϵ (epsilon) je úhel mezi hlavním a vedlejším ostřím nože měřený v průmětu do základní roviny. Čím větší je tento úhel, tím více hmoty má nůž ve špičce a méně se opotřebovává.

Úhel sklonu hlavního ostří λ (lambda), je úhel mezi hlavním ostřím a rovinou rovnoběžnou s ložnou plochou nože a procházející jeho špičkou. Tento úhel má být buď kladný (obr. a), je-li špička nože nejvyšším bodem ostří, nebo se může rovnat nule (obr. b), je-li hlavní ostří rovnoběžné se základní rovinou, anebo je záporný (obr. c), je-li špička nože nejnižším bodem ostří. Při záporném sklonu hlavního ostří je břit nože velmi pevný a proto se hodí pro nože k soustružení materiálů velké pevnosti. Úhel λ nože má rovněž vliv na směr odvíjení třísky (obr. d, e, f).

Význam úhlu sklonu hlavního ostří

a, d – kladný úhel λ , b, e – nulový úhel λ , c, f – záporný úhel λ



9.3. Řezné podmínky při soustružení

Řezná rychlost – je měřítkem pro hlavní pohyb. Optimální velikost řezné rychlosti závisí hlavně na mechanických vlastnostech materiálu obrobku, tj. na stupni obrobitelnosti, na druhu materiálu nože, tj. na jeho řezivosti, na velikosti průřezu třísky, tj. na velikosti posuvu a hloubky odebírané vrstvy materiálu, a na zvolené trvanlivosti nástroje. Také závisí na geometrii břitu (úhel α , γ , χ), na druhu soustružnické práce (např. při řezání závitů se volí menší řezné rychlosti), tuhosti soustruhu a chlazení.

Rozsah řezných rychlostí používaných při soustružení je uveden v tabulce.

Materiál obrobku	Posuv za otáčku s (mm)								
	hrubování $s > 0,3$			na čisto $s = 0,3$ až $0,05$			jemné soustružení $s < 0,05$		
	materiál nástroje RO SK KM			materiál nástroje RO SK KM			materiál nástroje RO SK KM		
Uhlíková ocel do 800 MPa	15	60	—	20	90	150	60	150	300
	až	až		až	až	až	až	až	až
	40	140	—	60	180	400	100	250	600
Uhlíková ocel nad 800 MPa	10	40	—	15	70	120	50	120	350
	až	až		až	až	až	až	až	až
	35	100	—	50	140	300	80	200	500
Legované oceli	8	35	—	15	45	—	30	60	—
	až	až		až	až		až	až	
	35	110	—	50	160	—	60	150	—
Šedá litina	15	30	—	20	60	120	—	—	—
	až	až		až	až	až	—	—	—
	30	90	—	50	100	200	—	—	—
Slitiny hliníku	20	80	—	40	120	150	80	150	300
	až	až		až	až	až	až	až	až
	80	200	—	100	300	600	120	350	800

Řezné rychlosti při soustružení

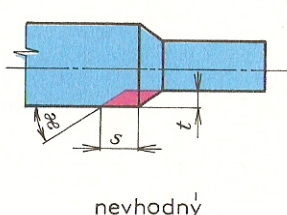
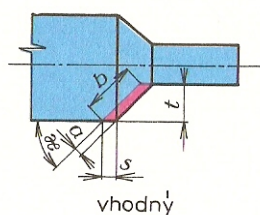
Posuv s závisí na požadované jakosti plochy a tuhosti obrobku. Zásadně se volí maximální velikost posuvu, která odpovídá uvedeným požadavkům. Velikost posuvu se volí:

při hrubování	0,4 až 5 mm
při práci na čisto	0,06 až 0,3 mm
při jemném soustružení	0,005 až 0,05 mm

Hloubka řezu t , tj. hloubka odřezávané vrstvy materiálu, závisí na mechanických vlastnostech materiálu obrobku, jeho tuhosti a na způsobu obrábění. Z hlediska hospodárnosti se musí volit maximální hloubka řezu přípustná pro dané obrábění:

hrubování	3 až 30 mm
práci na čisto	0,5 až 2 mm
jemném soustružení	0,03 až 0,3 mm

Vzhledem k využití břitu nástroje a jeho trvanlivost se musí přihlížet také ke tvaru třísky. Používají se menší posuvy a větší hloubky třísky, zachovává se tedy poměr $s : t = 1 : 3$ až $1 : 10$ při úhlu nastavení asi 45° .



Tvar třísky při soustružení

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Průřez třísky S je určen velikostí řezné síly, a tím i potřebným výkonem stroje.

Zvolené řezné podmínky musí vždy odpovídat optimální trvanlivosti nástroje. V dílenské praxi se řezné podmínky určují podle dílenských tabulek, kalkulátorem nebo nejlépe podle tzv. normativů řezných podmínek, které byly vypracovány na základě výzkumných prací a ověřeny praxí. Pro určení řezných podmínek materiálu jiné trvanlivosti a jiné třídy obrobiteľnosti se hodnota řezné rychlosti násobí příslušnými opravnými součiniteli.

Hloubka řezu h (mm)	v (m min ⁻¹) $P_{už}$ (kW)	Posuv za otáčku s (mm)					
		0,1	0,18	0,25	0,35	0,50	0,70
0,5	v	73	63	57	50	—	—
	$P_{už}$	0,22	0,22	0,22	0,26	—	—
1,0	v	68	59	54	47	42	—
	$P_{už}$	0,4	0,4	0,44	0,48	0,56	—
2,0	v	61	53	47	42	37	—
	$P_{už}$	0,74	0,7	0,81	0,8	1,0	—
3,0	v	54	47	42	38	33	30
	$P_{už}$	0,95	0,95	1,0	1,25	1,4	1,6
5,0	v	48	41	37	33	29	26
	$P_{už}$	1,6	1,3	1,55	1,8	2,0	2,4
Trvanlivost T (min)		30	45	60	90		
Opravný součinitel		1,08	1	0,94	0,88		
Třída obrobiteľnosti		11b	12b	13b	14b	15b	16b
Opravný součinitel		0,5	0,63	0,8	1	1,26	1,6

Příklad normativů řezných podmínek pro materiál třídy obrobiteľnosti 14 b pro trvanlivost $T = 45$ min, nástroj z RO.

Zvolené řezné podmínky musí vždy odpovídat optimální trvanlivosti nástroje. V dílenské praxi se řezné podmínky určují podle dílenských tabulek, kalkulátorem nebo nejlépe podle tzv. normativů řezných podmínek, které byly vypracovány na základě výzkumných prací a ověřeny praxí. Pro určení řezných podmínek materiálu jiné trvanlivosti a jiné třídy obrobiteľnosti se hodnota řezné rychlosti násobí příslušnými součiniteli.

10. Použitá literatura

Strojírenská technologie 3, strojní obrábění. – Dobroslav Němec a kol.
 Programování CNC strojů FC 16 CNC, SUV 16 CNC-A – Kopřivnice 1993
 Základy CNC obráběcích strojů – Vlastimil Bartoš, Mojmír Král, Roman Minárik, Miloslav Štulpa
 Soustružník, technologie pro 1. ročník OU a UŠ – B. Janyš, K. Raftl
 Strojírenská technologie 2, Koroze, základy obrábění, výrobní postupy – M. Hluchý, V. Haněk

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obsah

PRAXE - Základy soustružení a CNC soustružení	1
1. Úvod.....	1
2. Význam soustružení	1
3. Definice soustružení.....	1
4. Bezpečnost při soustružení.....	2
5. Soustruhy	2
5.1. Hrotové soustruhy	3
Dělicí kroužek příčného posuvu.....	4
Speciální soustruhy	4
5.2. Čelní soustruhy	5
5.3. Revolverové soustruhy.....	5
5.4. Poloautomatické soustruhy	6
5.5. Automatické soustruhy.....	6
5.6. Svislé soustruhy	7
5.7. Počítačem řízené stroje - CNC stroje	7
6. Práce na soustruzích.....	8
6.1. Upínání nožů a obrobků	8
6.2. Soustružení podélné a čelní.....	9
6.3. Vrtání a vystružování	10
6.4. Soustružení kuželů	10
6.5. Řezání závitů.....	11
6.6. Soustružení tvarových ploch	12
6.7. Válečkování a vroubkování.....	13
7. Základy měření a měřidla používaná při soustružení.....	13
7.1. Význam měření při práci na soustruhu.....	13
7.2. Druhy měření a měřidel	14
Noniová stupnice.....	15
8. Souřadnicový systém CNC strojů	23
8.1. Souřadnicový systém soustruhu	24
8.2. Seznam přípravných funkcí soustruhu	25
8.3. Seznam pomocných funkcí	26
8.4. Možnosti použití nástrojů.....	26
8.5. Korekce dráhy nástrojů	27
8.6. Příklad programování na CNC soustruhu	30
Program vnějšího soustružení	30
Program vnitřního soustružení	32
9. Soustružnické nože	34
9.1. Druhy soustružnických nožů.....	34



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

9.2. Úhly nožů a jejich význam.....	36
9.3. Řezné podmínky při soustružení	39
10. Použitá literatura	40