

Soustružení

Soustružení jako výrobní metoda vzniklo již před našim letopočtem. Soustruh velmi podobný dnešnímu zkonstruoval Leonardo da Vinci kolem roku 1500.

Jak již bylo řečeno, z technologického hlediska je možno soustružení pokládat za základní způsob obrábění, neboť zahrnuje asi 30 % těchto prací.

1.1.1 Charakteristika výrobní metody

Základem tohoto způsobu obrábění je *hlavní - rotační pohyb obrobku*. Pohyb nástroje je *vedlejší*, obvykle *přímočarý* a to buď ve směru osy obrobku – *podélný posuv* (výsledná dráha špičky nástroje tvoří šroubovici), nebo ve směru kolmém na osu obrobku – *příčný posuv* (výsledná dráha špičky nástroje tvoří Archimédovu spirálu). Oba pohyby se mohou také konat současně, například na CNC soustruhu nebo při kopírovacím soustružení.

1.1.2 Druhy soustruhů a jejich použití

Soustruhy rozdělujeme podle možností provádění prací a jejich charakteru na:

1. **univerzální hrotové** – k obrábění vnějších a vnitřních válcových ploch, čelních ploch, k obrábění kuželů, různě tvarovaných rotačních těles a k řezání závitů. Umožňují upnutí obrobků do sklíčidla, do hrotů nebo na upínací desku. Jsou charakterizovány tzv. **oběžným průměrem** D_0 nad ložem a **největší vzdáleností hrotů** L_0 . Podle toho se dělí na:

malé – oběžný průměr do 250 mm

střední – oběžný průměr od 300 do 900 mm

velké – s oběžným průměrem nad 1000 mm

Základní části tvoří **lože** (nosič pevných a pohyblivých celků; zachycuje všechny síly vznikající při obrábění), **vřeteník** (zabezpečuje uložení pracovního vřetena a hlavního převodu), **pracovní vřeteno** (přenáší řezný pohyb na obrobek a zachycuje řezné síly – hlavně radiální a axiální), **spojková tyč** (slouží k zapínání a vypínání pravého a levého chodu pracovního vřetena), **posuvová převodovka** (přenáší řezný pohyb na tažné elementy – vodící šroub a tažný hřídel – umožňuje zařazení 60 až 80 podélných, příčných a závitových posuvů), **tažné elementy** (zabezpečují převod otočného pohybu z posuvové převodovky k suportové skříni. Tvoří je tažný hřídel [tyč] pro podélný a příčný posuv a vodící šroub pro závitový posuv), **koník** (slouží jako opěrné rameno pro obrobek, eventuálně pro upnutí středových nástrojů – tj. vrtáků, výstružníků, případně nástrojů na řezání závitů), **saně se suportem** (slouží k uložení nástrojů a zabezpečují pohyb nástroje. Podélné saně se suportovou skříní nesou příčný suport pro příčný a rovinný pohyb nástroje a horní nožové saně pro podélný a šikmý pohyb. Na nožových saních je umístěna nožová hlava – držák pro upínání nástrojů), **suportová skříň** (je v ní uložen pohon suportu a zabezpečuje převod rotačního pohybu tažných elementů na podélný pohyb saní a příčný pohyb suportu), **elektromotory a příslušenství**.

2. **čelní soustruhy** – pro soustružení rozměrnějších přírubových součástí malých délek. Obrobek se upíná na lící desku. Proti univerzálním soustruhům nemají koníka.
3. **revolverové soustruhy** – používají se hlavně v sériové výrobě k obrábění součástí, jejichž výrobní postup umožňuje provést více úseků na jedno upnutí (například soustružení, vrtání, vyvrtávání, vystružování, řezání závitů).

Charakteristickou částí je **revolverová hlava**, v níž jsou upnuty potřebné nástroje. Jejich velikost je dána maximálním průměrem tyče materiálu, která projde vřetenem. Podle toho je dělíme na:

malé – průměr tyče 12 až 25 mm
střední – průměr tyče 32 až 63 mm
velké – průměr tyče 80 až 315 mm.

Podle polohy osy revolverové hlavy se dělí na:

soustruhy RN – s vodorovnou osou
soustruhy R – se svislou osou (nejčastěji s šestibokou revolverovou hlavou).

4. **svislé soustruhy (*karusely*)** – používají se k obrábění rozměrných a těžkých součástí. Jsou vhodné pro soustružení válcových, kuželových a čelních ploch. Lze na nich vrtat, vyvrtávat, řezat závity a po určité úpravě také frézovat, obrážet a brousit. Podle **největšího oběžného průměru** jsou normalizovány v řadě R 10 od 800 do 20.000 mm. Do průměru 1200 mm jsou jednostojanové, s větším průměrem dvoustojanové. Mají většinou na příčniku suport s pětibokou revolverovou hlavou a jejich konstrukce umožňuje obrábět několika nástroji současně.
5. **poloautomatické soustruhy** – jsou zdokonalené hrotové, čelní, svislé a revolverové soustruhy. Jejich **pracovní cyklus je automatizován**, obsluha pouze vyměňuje soustružené obrobky v upínači a spouští stroj i automatický pracovní cyklus.
6. **automatické soustruhy** – uplatňují se hlavně ve velkosériové a hromadné výrobě. Výchozím polotovarem jsou obvykle tyče, jejichž obrábění včetně podávání je zcela automatizováno. Mohou být buď **jednovřetenové** (*zapichovací, podélné nebo revolverové*) nebo **několikavřetenové**.
Podle použitého systému automatizace se dělí na **křivkové**, u nichž jsou všechny funkce ovládány pevnými nebo výměnnými vačkami na hlavním podélném hřídeli, a **bezkrivkové**, jejichž pracovní cyklus je řízen nárazkami.
7. **číslicově řízené soustruhy** - označované zkratkou *NC* (z anglického Numerical Control), tj. **číslicové řízení**. Jsou řízeny číselnými příkazy zaznamenanými děrováním na papírovou děrnou pásku, na magnetickou pásku nebo uloženými do vnitřní paměti **řídícího systému**. V dnešní době jsou postupně nahrazovány tzv. CNC (z angl. Computer Numerical Control) soustruhy, jejichž základem je **počítač**. Číslicově řízené soustruhy se vyrábějí v různých konstrukčních provedeních, aby v širokých mezích splňovaly požadavky uživatelů. Mají velmi široký rozsah použití – od kusové až po sériovou výrobu. Umožňují velkou flexibilitu a operativnost výroby – úpravou programů přímo na stroji. Těmto strojům patří budoucnost, neboť jsou zárukou prosperity, která nutně vede k úspěchu na trhu. Proto v dalším odstavci si popíšeme alespoň zevrubně výukový soustruh **SMT 20 CNC**, na kterém bude probíhat praktická část výuky.

1.1.2.1 Soustruh SMT 20 CNC

je určen pro výrobu menších součástí v našich podmínkách hlavně z plastů, ale také z kovových materiálů. Jeho vlastnosti vyniknou především při obrábění tvarově složitých a přesných součástí, kde se v plné míře uplatní výhody programového řízení a vysoké přesnosti stroje. Je velmi vhodný pro všechny typy škol a učilišť, pro výuku programování a obsluhy číslicově řízených obráběcích strojů.



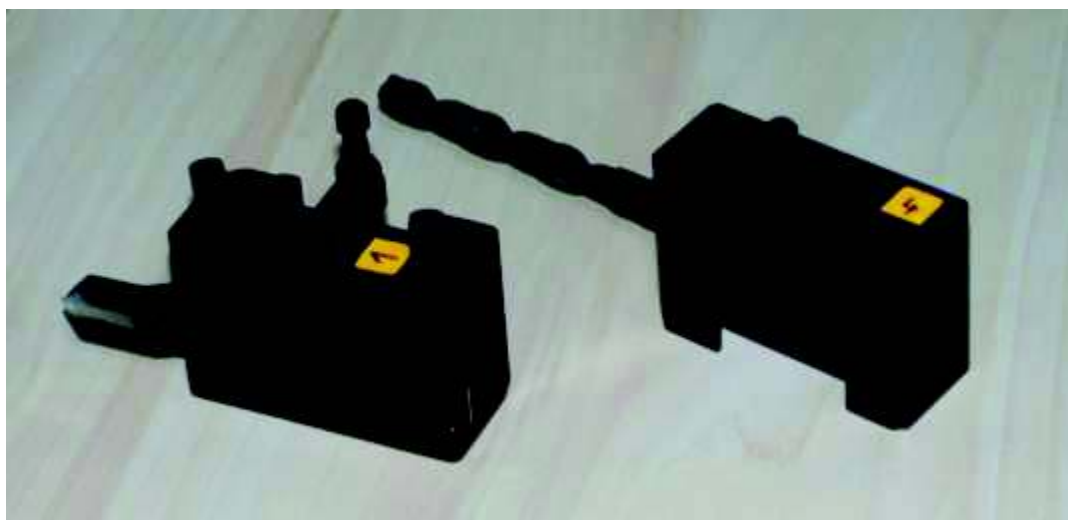
Obr. 231 Soustruh SMT 20 CNC s řídicím systémem

Technický popis stroje

Rám stroje svařený z ocelových profilů a uzavřený odnímatelnými kryty tvoří tuhou prostorovou konstrukci pro upevnění *lože stroje*, a *vřeteníku*. Na šikmém loži soustruhu se po samostatných valivých vedeních pohybují *suport* a *koník*. Na příčném valivém vedení je upevněna *upínací lišta nástrojů* s rychloupínací hlavou pro ruční výměnu nástrojů. (Alternativně se dá výrobcem zaměnit s šestipolohovou revolverovou hlavou pro automatickou výměnu nástrojů.) Upínat je možno vnější, vnitřní i osové nástroje prostřednictvím speciálních držáků.



Obr. 232 Pracovní prostor soustruhu SMT 20 CNC



Obr. 233 Držáky nástrojů pro upnutí do rychloupínací hlavy nástrojové lišty

Pohybové přesné kuličkové šrouby podélného i příčného posuvu jsou poháněny **krokovými motory**. Krajní poloha pohybů je na obou stranách jištěna přesnými **koncovými spínači**, které slouží zároveň jako **spínač referenční**.

Pohybové přesné kuličkové šrouby podélného i příčného posuvu jsou poháněny **krokovými motory**. Krajní poloha pohybů je na obou stranách jištěna přesnými **koncovými spínači**, které slouží zároveň jako **spínač referenční**.

Pracovní vřeteno je uloženo v předepjatých kuličkových ložiscích s kosoúhlým stykem a je poháněno motorem s plynulou změnou otáček frekvenčním měničem. Pro přesné měření otáček při závitování je instalován **rotační snímač**.

K upínání obrobků je stroj vybaven **univerzální hlavou**, alternativně je možné stroj vybavit kleštinovým upínačem ovládaným ručně nebo pneumaticky.

Pracovní prostor je opatřen krytem z plexiskla a je do něj připraven výstup pro chladicí kapalinu. **Chladicí agregát** stroj však neobsahuje – je součástí zvláštního příslušenství.

Popis řídicího systému

CNC řídicí systém stroje je umístěn na otočné konzole připevněné k rámu stroje. Napáječe motorů jsou umístěny ve skříni elektro, která je zabudovaná v rámu stroje.

Řídicí systém MIKROPROG S je tvořen dvaatřicetibitovým počítačem s barevným grafickým displejem. Funkce PLC části zajišťuje samostatný procesorový modul. Na čelním panelu systému jsou soustředěny všechny **ovládací prvky**. Řídicí systém je vybaven pevným diskem, disketovou mechanikou 3,5“, rozhraním pro tiskárnu a rozhraním RS 232 C pro komunikaci s nadřazeným systémem a výstupem na tiskárnu.

Systém je rovněž vybaven dostatečným počtem programovatelných vstupů a výstupů tak, aby umožnil připojení zákaznických periférií, například spouštění chladicí kapaliny, elektrický upínač, referenční koncové spínače, připojení manipulátoru aj.

Zápis programů do řídicího systému je ve standardním **ISO kódu**, data jsou uložena ve formátu ASC II. Tím je zaručena vysoká kompatibilita s NC programy generovanými vyššími programovacími jazyky.

Specializovaný editor vhodným způsobem podporuje správný zápis programu (automatické číslování bloků, formátování, testy, blokové operace atd.). Vytvořené programy je možno testovat kontrolním během a **grafickou simulací obrábění**. Řídicí systém umožňuje přenos programů vytvořených jinými editory nebo programovacími jazyky, popřípadě je možno řídicí systém přímo vybavit některým vyšším programovacím jazykem dle výběru zákazníka. Mezi **standardní funkce řídicího systému** patří:

- absolutní a relativní souřadnice
- lineární a kruhová interpolace
- funkce OVERRIDE pro posuvy a rychloposuvy
- řezání závitů na válci a na kuželu
- konstantní řezná rychlost
- parametrické programování
- tvorba podprogramů
- pevné cykly pro obrábění standardních tvarů (podélný hrubovací cyklus, zapichovací cyklus, čelní hrubovací cyklus, závitovací cyklus atd.)
- korekce na poloměr špičky nástroje
- výměna nástroje včetně korekce polohy špičky nástroje
- funkce pro práci s dotykovou sondou
- programově řízené výstupy pro spolupráci s perifériemi

Ovládací prvky

Pro ovládání stroje s řídicím systémem MIKROPROG S slouží jednak **klávesnice 101 PC** s ochrannou fólií v průmyslovém provedení s krytím IP 67 zabudovaného osobního počítače a jednak **speciální klávesnice** zabudovaná do ovládacího panelu k ovládání tzv. **silové části stroje**. Mezi oběma klávesnicemi je rozdělení funkcí provedeno z bezpečnostních důvodů tak, že z klávesnice počítače nelze spustit žádný pohyb stroje.



Obr. 234 CNC řídicí systém stroje s ovládacími prvky

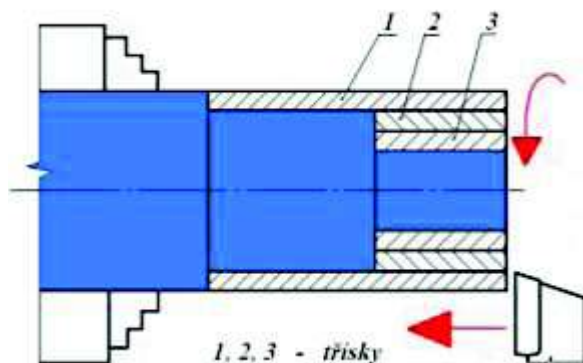
Základní technické parametry soustruhu SMT 20 CNC

- | | |
|--|-------------------------------|
| • oběžný průměr nad ložem | 160 [mm] |
| • oběžný průměr nad suportem | 100 [mm] |
| • vzdálenost mezi hroty | 300 [mm] |
| • průměr průchozího otvoru vřetene | 20 [mm] |
| • maximální hmotnost obrobku | 8 [kg] |
| • výkon hlavního motoru | 1,1 [kW] |
| • maximální otáčky | 3000 [l.min^{-1}] |
| • maximální rychlost posuvu | 1500 [mm.min^{-1}] |
| • inkrement posuvu | 0,005 [mm] |
| • průřez tělesa nástroje | 12 x 12 [mm] |
| • půdorysná plocha stroje (bez řídicího systému) | 1000 x 780 [mm] |
| • největší výška stroje | 1700 [mm] |
| • celková hmotnost stroje | 235 [kg] |
| • napájecí napětí | 3 x 400 [V] |

1.1.3 Postupy při soustružení

členíme a rozlišujeme většinou podle těchto tří základních hledisek:

– **podle směru posuvu** – soustružení válcových ploch a to buď *podélným soustružením* (provádí se posuv rovnoběžně s osou otáčení obrobku), nebo *soustružením příčným* (posuvem kolmo k ose otáčení obrobku).



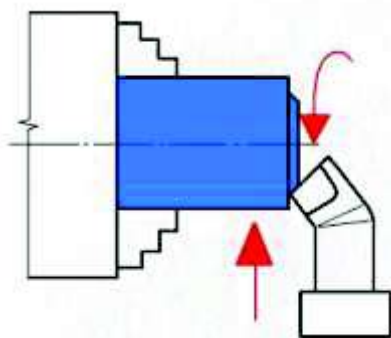
Obr. 235 Postupné odebrání třísek podélným soustružením [zdroj 5]

– **podle místa, které má být obráběno** – soustružení vnější a vnitřní

– **podle postupu soustružení**

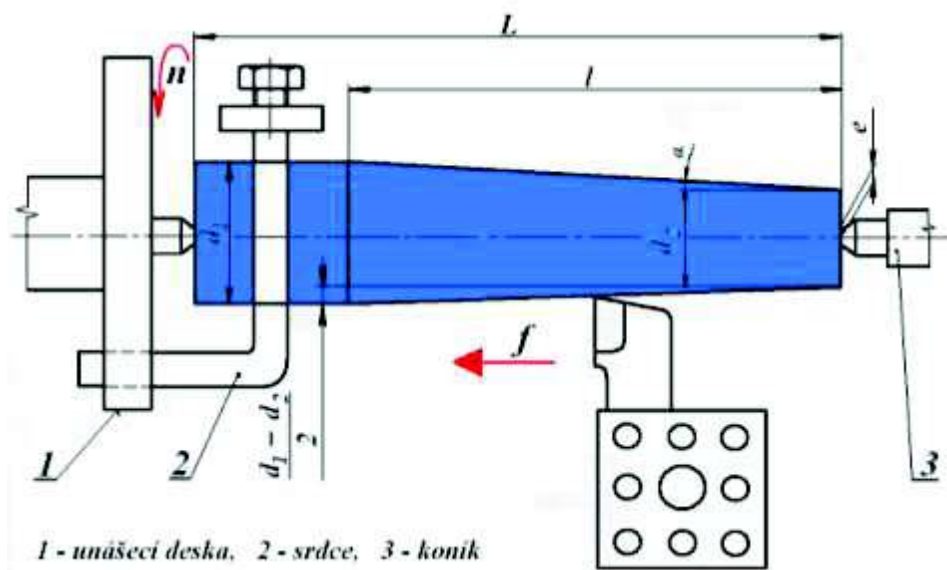
a) **Soustružení válcových ploch** – vytváří se kruhové a válcové plochy.

b) **Čelní soustružení** – plocha se vytváří kolmo k ose otáčení obrobku. Při *příčném čelním soustružení* se provádí posuv kolmo k ose otáčení obrobku. Při *soustružení podélném čelním* je posuv rovnoběžný s osou otáčení. Při *příčném vypichování* jde o příčné čelní soustružení za účelem vytvoření drážky do čela obrobku, případně až do oddělení obrobku.

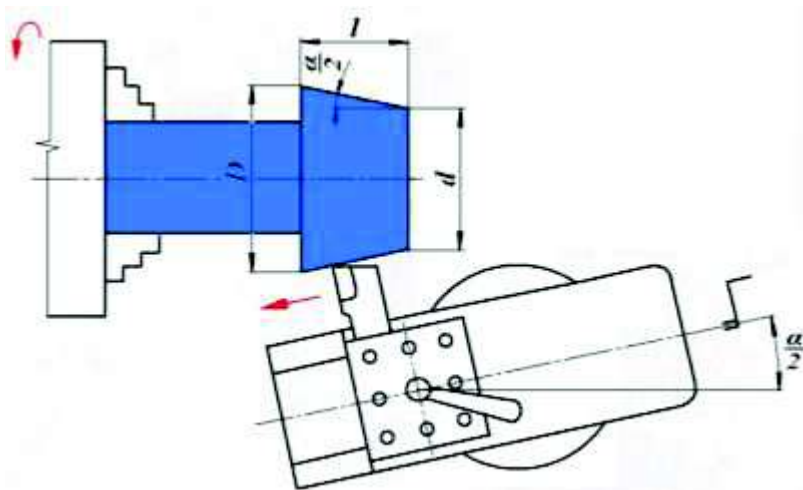


Obr. 236 Čelní soustružení [zdroj 5]

c) *Soustružení kuželových ploch* – vytváří se kužel nebo komolý kužel na obrobku.

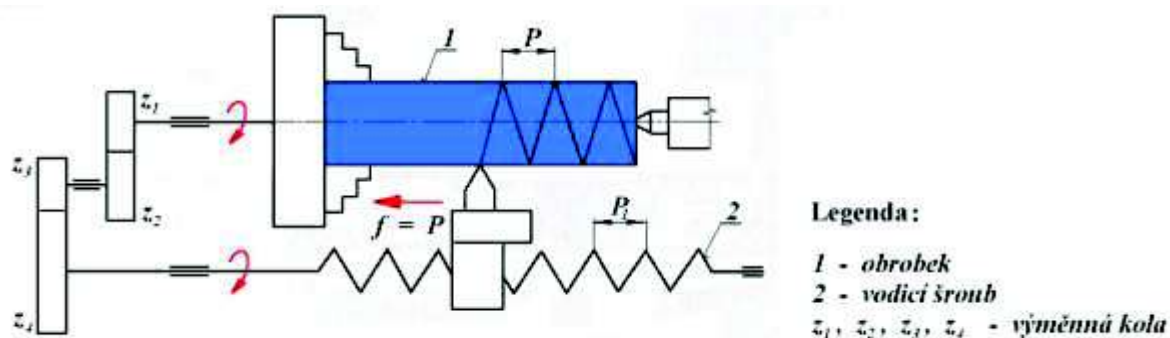


Obr. 237 Soustružení kuželů vyosením koníku [zdroj 5]

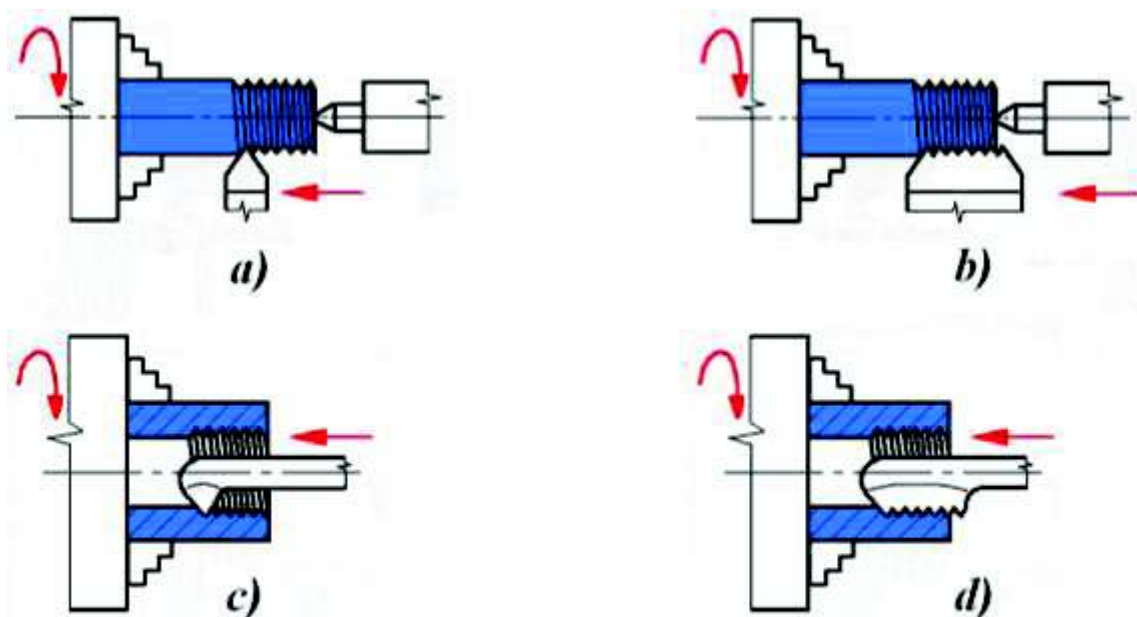


Obr. 238 Soustružení strmých kuželů natočením nožových saní [zdroj 5]

d) **Soustružení šroubových ploch** – provádí se *profilovým nástrojem*, přičemž posuv za jednu otáčku je stejný jako stoupání šroubovice. Tímto způsobem se provádí např. soustružení závitů.



Obr. 239 Princip soustružení šroubových ploch (závitů) [zdroj 5]

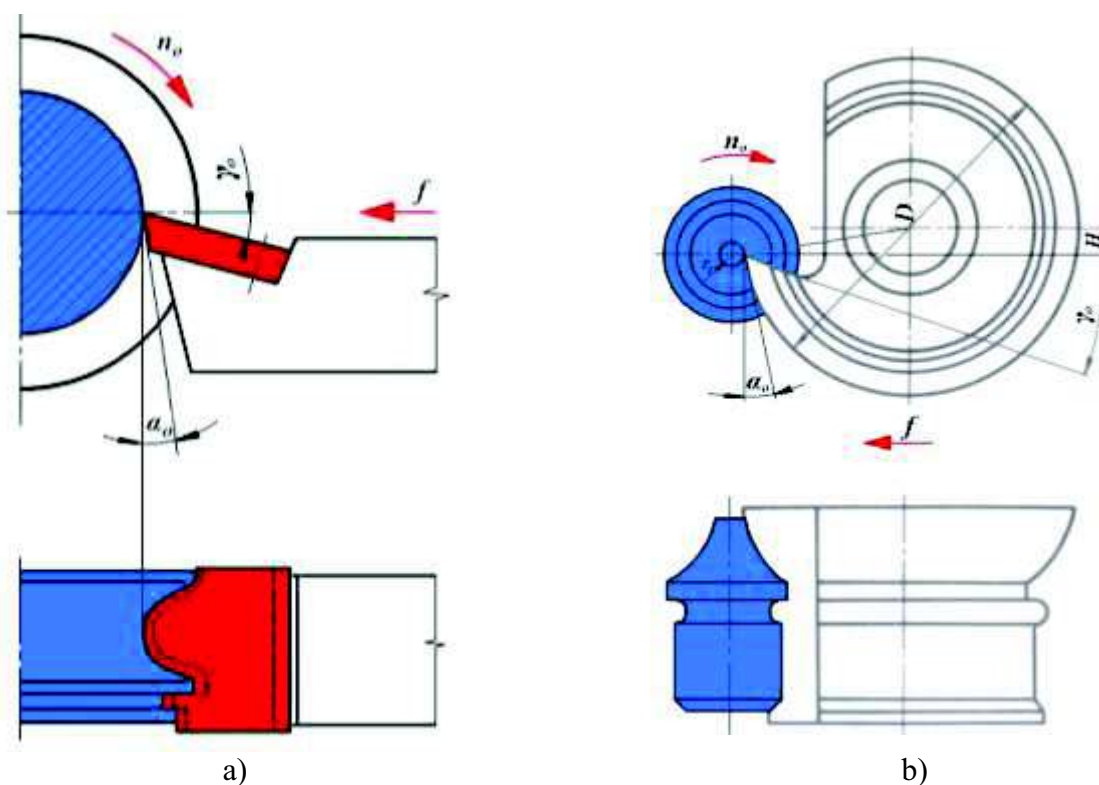


Legenda:

- a) jednoduchý závitový nář vnější; b) hřebenový závitový nář vnější;
c) jednoduchý závitový nář vnitřní; d) hřebenový závitový nář vnitřní

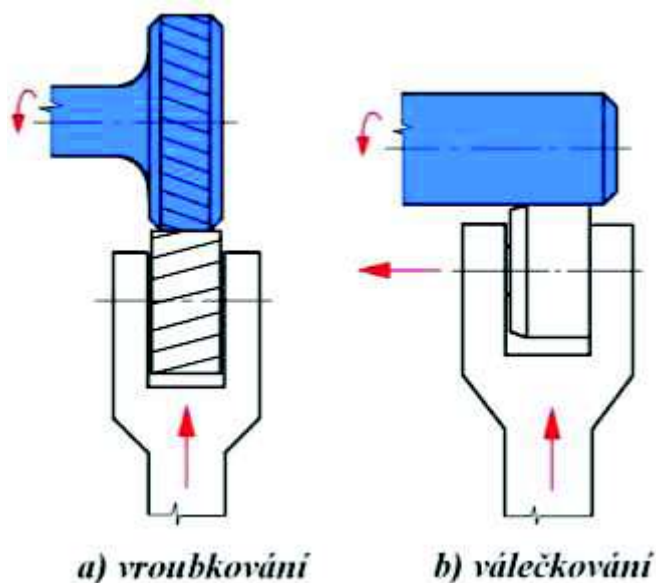
Obr. 240 Soustružení vnějších a vnitřních závitů [zdroj 5]

- e) **Tvarové soustružení** – vytvoří se při něm tvar obrobku řízením posuvného pohybu nástroje ručně, podle šablony (vzorovým kusem), nebo programem CNC.
f) **Profilové soustružení** – provádí se *profilovým nástrojem* (tvarovým soustružnickým nožem).



Obr. 241 Profilové soustružení - a) plochým tvarovým nožem, b) kotoučovým radiálním nožem [zdroj 5]

g) Rýhování a vroubkování – na povrch obrobku se vytlačuje pomocí rýhovacího kolečka s drážkami vzor.



Obr. 242 Vroubkování a válečkování [zdroj 5]

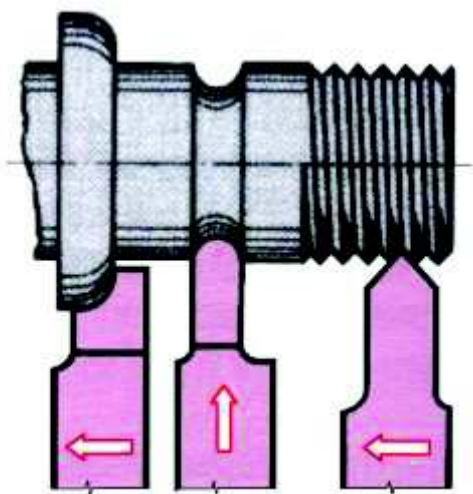
h) Válečkování a kuličkování – slouží ke konečné úpravě povrchu, tj. pro zlepšení jakosti povrchu a zvýšení jeho povrchové tvrdosti.

1.1.4 Nástroje pro soustružení

nazýváme **soustružnické nože**, což jsou obvykle jednobřité nástroje, které umožňují použití v různých podmínkách obrábění. Ve strojírenské výrobě jsou to nejrozšířenější nástroje. Základní tvar soustružnického nástroje je zachycen na obrázku 192., jeho geometrie podrobně popsána v kapitole 3.5.4 a vlivy geometrie na proces řezání jsou analyzovány v kapitole 3.8.

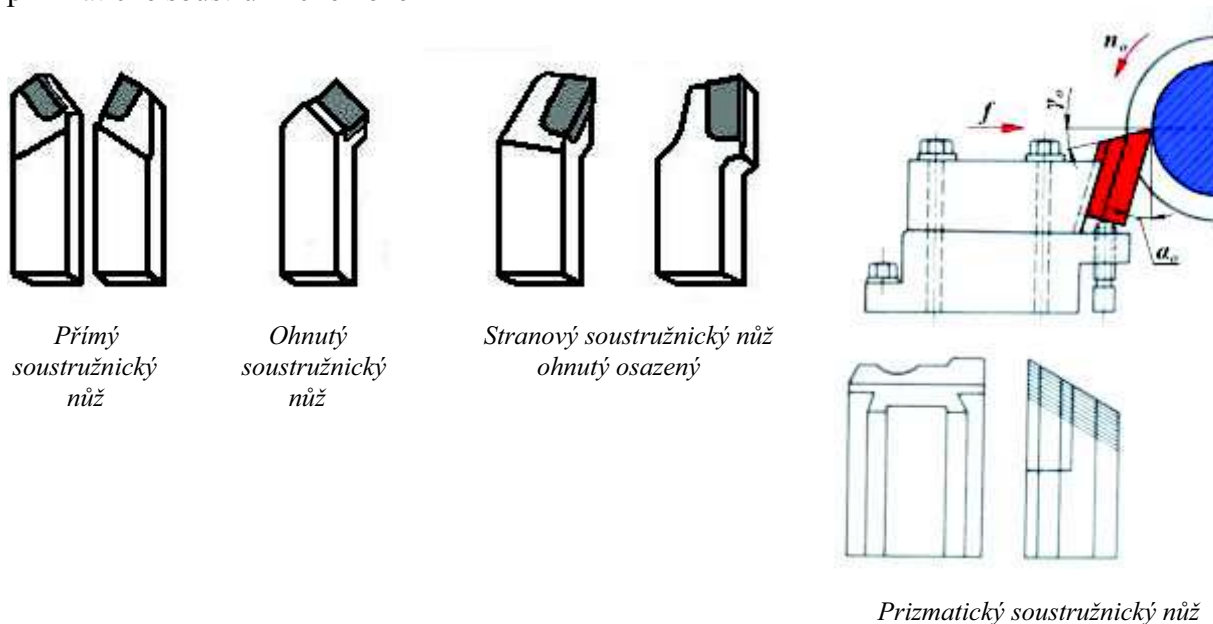
Tvary soustružnických nožů rozlišujeme podle:

- **druhu obráběcího stroje** – soustružnické, revolverové, automatové
- **charakteru obrábění** – hrubovací a pro práci na čisto (jemné soustružení)
- **způsobu obrábění** – ubírací, zapichovací a upichovací, vyvrtávací, rohové a tvarové



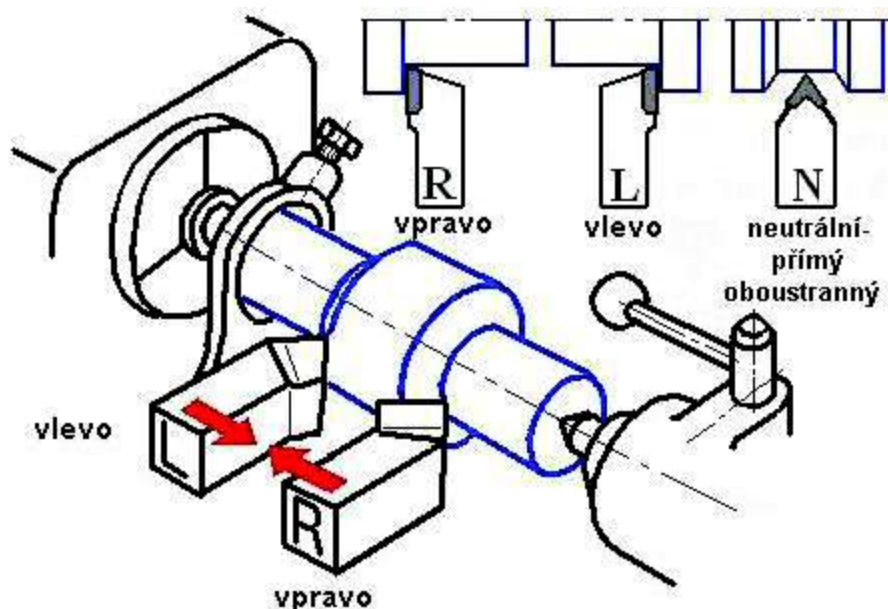
Obr. 243 Tvarové soustružnické nože [zdroj 1]

- **tvary tělesa soustružnického nástroje** – přímé, ohnuté, stranové, osazené, kotoučové a prizmatické soustružnické nože



Obr. 244 Tvary těles soustružnických nožů [zdroj 1, 5]

- **směru řezu** – pravé soustružnické nože (provedení P [R] – řezou zprava doleva)
 - levé (provedení L – řezou zleva doprava)
 - oboustranné, neutrální (provedení N – řezou do obou směrů)



Obr. 245 Směr řezání soustružnického nože [zdroj 1]

- **místa záběru** – vnější a vnitřní soustružnické nože (viz obr. 246)
- **způsobu upevnění řezné části** – celé z rychlořezné oceli, s připájenými břitovými destičkami ze slinutého karbidu, s mechanicky upevněnými vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutého karbidu, oxidové keramiky apod. (viz obr. 247)

1.1.4.1 Nože z rychlořezné oceli (RO)

V praxi se tyto nože zhotovují jako:

- **celistvé z RO** do rozměru 12 x 12 mm
- **s navařenou řeznou částí z RO** na těleso nože z konstrukční oceli od průřezu 16 x 16 do 40 x 40 mm
- **s přivařenou destičkou z rychlořezné oceli** od rozměru 50 x 50 mm

V současnosti se pro běžné tvary používají téměř výhradně nože s břitovými destičkami ze slinutých karbidů. Nože z rychlořezné oceli jsou však vhodné pro tvarové (profilové) nástroje, zejména kotoučové (viz obrázek 241). Pro řeznou část nože se používá rychlořezná ocel 19 802 a pro tvarové nože 19 830.

1.1.4.2 Nože s břitovou destičkou ze slinutých karbidů

jsou dnes nejpoužívanějšími nástroji. Břítové destičky jsou k tělesu nože buď připájeny nebo mechanicky upnuty.

Soustružnické nože s připájenými břitovými destičkami ze slinutého karbidu mají vysoce pevná tělesa (držáky) nástroje vyrobené většinou z oceli 11 700 se čtvercovým, obdélníkovým nebo kruhovým průřezem. Po připájení břitové destičky je tato destička opatřena úhlem hřbetu a utvářečem třísky.

Držáky nástrojů a břitové destičky nejdůležitějších tvarů soustružnických nožů jsou stanoveny mezinárodní normou ISO, která stanovuje:

- tvar soustružnického nože
- tvary průřezů a velikosti průřezů, jakož i délku držáků
- vyložení ohnutých soustružnických nožů
- velikost úhlu čela, úhlu hřbetu a přiřazení břitových destiček

Příklad označení soustružnického nože:

Soustružnický nůž ISO 2 (ČSN 22 0905) P 25 x 25 K 10 (ČSN 22 0110)

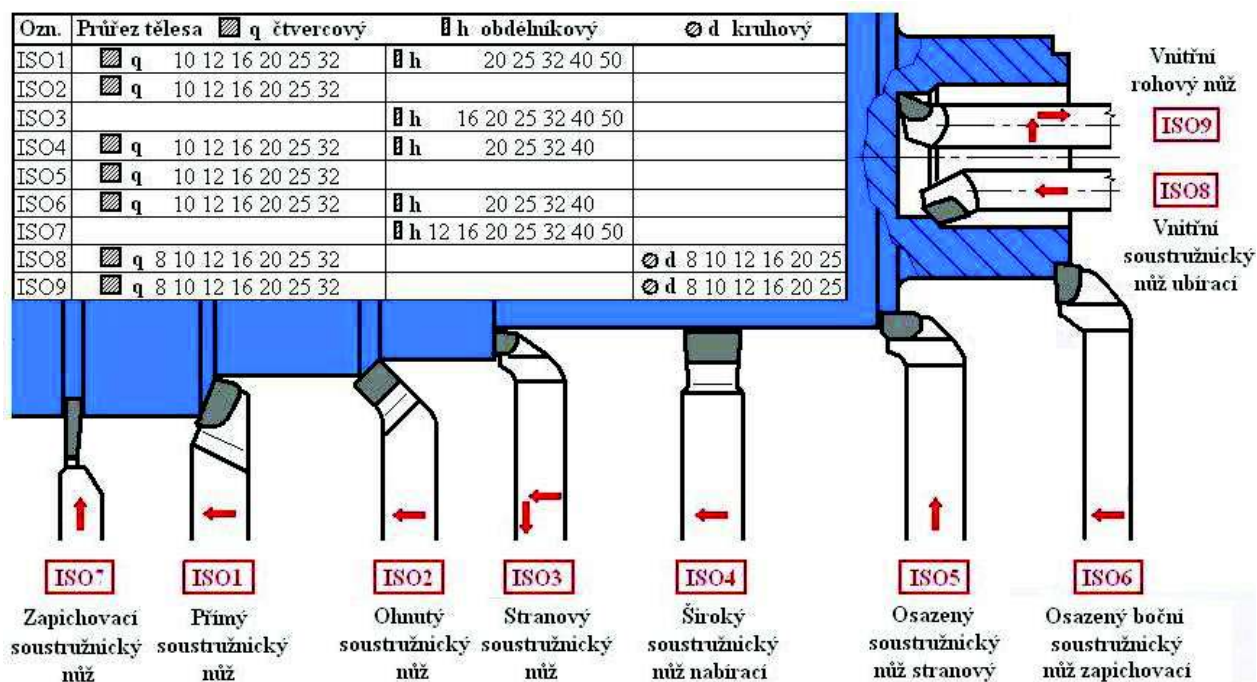
tvar držáku (druh nože)

pravý nůž

Těleso čtvercového průřezu, délka strany 25 [mm]

Druh slinutého karbidu

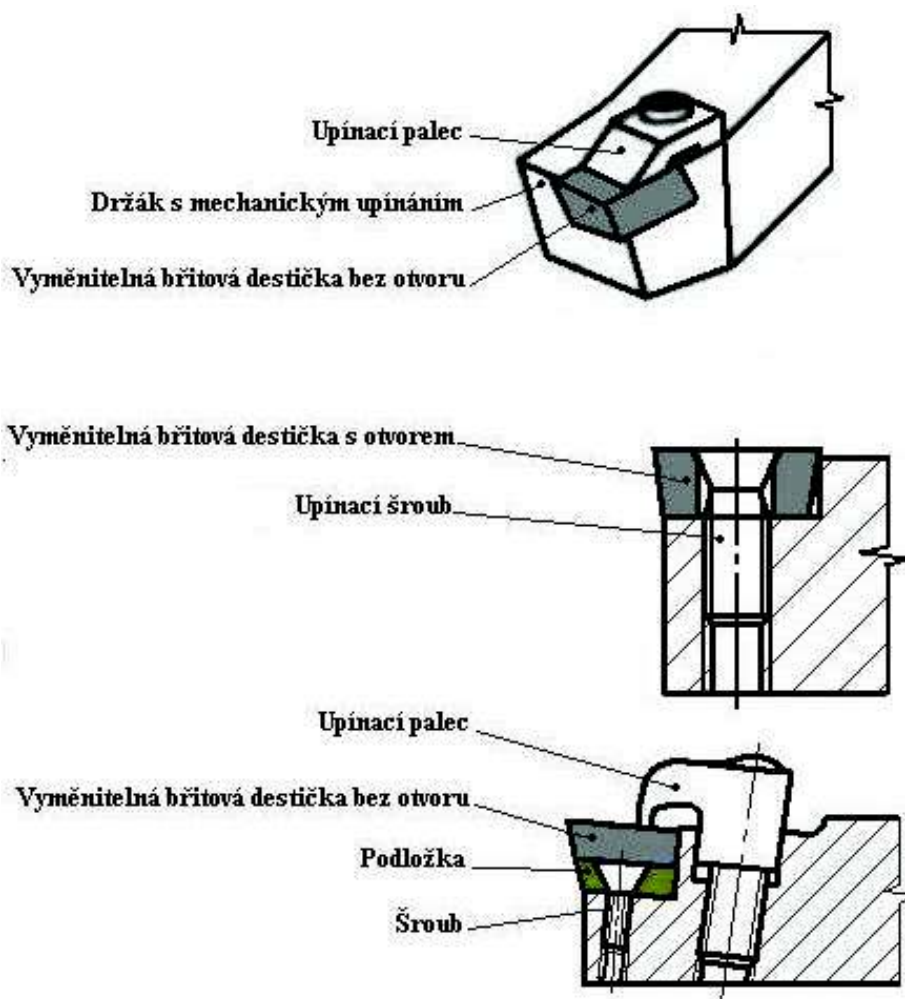
Vyobrazení výše uvedeného nože (a také jiných) v pracovní poloze je zřejmé z následujícího obrázku 246.



Obr. 246 Soustružnické nože s připájenými břitovými destičkami v pracovní poloze, tvary, názvy a rozměry těles [zdroj 1]

Soustružnické nože s vyměnitelnými břitovými destičkami, které jsou nejčastěji ze slinutých karbidů – bez povlaku, případně jako povlakované, z oxidové keramiky, cermetů, případně z jiných rezných materiálů – např. z kubického nitridu bóru, diamantu aj. Vyměnitelné břitové destičky jsou nejen z různých rezných materiálů, ale i různé konstrukce – bez otvoru nebo s otvorem, a tvaru – čtvercové, kosodélníkové, trojúhelníkové – jednostranné, nebo oboustranné – lze je užívat na horní nebo spodní straně – trojhranná destička má tedy šest břitů, čtyřhranná osm apod. S ohledem na jejich konstrukci se upínají k tělesu nože – k tzv. nástrojovému držáku s mechanickým upínáním - upínkou, resp. upínací pákou (upínacím palcem) nebo upínacím šroubem s kuželovou hlavou – viz obrázek 247, ze kterého jsou patrné výše jmenované a tedy nejčastější systémy upínání VBD. Zajímavý je třetí případ - s podložkou, která tlumí rázy a vibrace, vhodný hlavně pro režim obrábění přerušovaným řezem. Po otupení břitů se VBD otočí nebo vymění, takže se použije nový břit. Kompletací normalizovaných držáků s mechanickým upínáním a normalizovaných vyměnitelných břitových destiček vzniknou obráběcí nástroje s velmi rychlým seřizením a vysokou výkonností s relativně nízkou pořizovací cenou.

V současné době je mnoho výrobců a dodavatelů nástrojů pro soustružení – nožů pro vnější i vnitřní soustružení včetně vyměnitelných břitových destiček. Z našich firem je to především **Pramet Tools, s.r.o.. Šumperk**, jehož katalog poskytuje velmi širokou škálu sortimentu, z níž je možno vybrat a objednat nástroje pro konkrétní případ obrábění podle metodiky uvedené rovněž v tomto katalogu a jejíž podstata s ohledem na obráběný materiál, režim obrábění, tvar a polohu obrobenej plochy, směr obrábění a rezné podmínky byla naznačena v kapitole 3. 10. 2. Předností této metodiky je komplexnost řešení daného technologického problému.



Obr. 247 Konstrukční provedení upevnění vyměnitelných břitových destiček [zdroj 1]

Z obr. 248 a 252 je patrný systém značení nožů s vyměnitelnými břitovými destičkami podle ISO pro vnější a vnitřní soustružení. Další obrázky pak zachycují ukázky výrobního sortimentu nástrojů pro vnější a vnitřní soustružení s ohledem na způsob upnutí VBD, na tvar a polohu obráběné a obrobené plochy, která je ve schématech vždy zvýrazněna. Ukázky jsou doplněny také příklady katalogových listů nástrojů pro vybrané případy. Katalogové listy uvádějí vyobrazení a schéma s obecnými kótami hlavních rozměrů, dále tabulku s označení nože dle ISO s uvedením hlavních rozměrů, hmotnosti, náhradních dílů a doporučení použití vyměnitelných břitových destiček.

Celý katalog firmy Pramet Tools, s.r.o. uvádí pochopitelně celý svůj výrobní sortiment, který je velmi široký. Mimo výše uvedeného zde jsou modulární systémy nožů zapichovacích a upichovacích, nožů pro soustružení závitů, nožů pro kopírování, karuselových hlavic a stavitelných hlavic pro soustružení otvorů a jiné.

Katalog má také **technickou část**, která kromě již zmíněné metodiky uvádí velké množství tabulek s identifikací obráběných materiálů včetně značení a porovnání ekvivalentů v různých zemích, povlakovaných i nepovlakovaných řezných materiálů, dále tabulky s řeznými podmínkami a nechybí ani geometrie nástrojů. Jsou zde uvedeny také nejčastěji používané vztahy pro výpočet důležitých parametrů obrábění včetně jednotek. Zajímavé a potřebné jsou i tabulky týkající se opotřebení vyměnitelných břitových destiček a nežádoucích jevů při obrábění s vyobrazením závad vzniklých při procesu obrábění, jejich popis, příčiny vzniku a opatření k jejich odstranění nebo jak je eliminovat.

SYSTÉM ZNAČENÍ NOŽŮ S VYMĚNITELNÝMI BŘITOVÝMI DESTIČKAMI - ISO VNĚJŠÍ SOUSTRUŽENÍ

1	2	3	4
Způsob upínání	Tvar destičky	Tvar nože - úhel nastavení	Úhel hřbetu
C  D  P  M  S  X  G 	S  T  R  W  L  C  D  K  V  X Speciál	A  B  C  D  E  F  G  H  J  K  L  M  N  P  Q  R  S  S  T  U  V  W  X SPECIÁL Y  Z 	Úhel hřbetu  N $\alpha_n = 0^\circ$ C $\alpha_n = 7^\circ$ P $\alpha_n = 11^\circ$
5			
Směr řezu			
R  L  N 			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
P	C	L	N	R	-	32	25	L	12	-	S

6					
Výška držáku (mm)					
					
08	10	12	16	20	25
32	38	40	45	50	

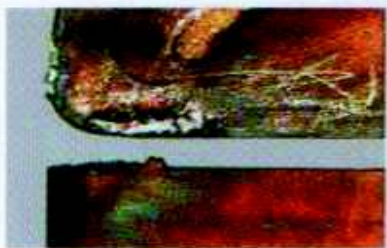
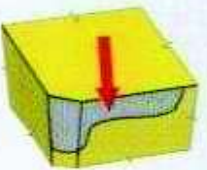
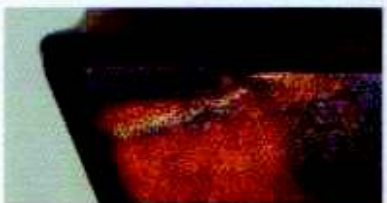
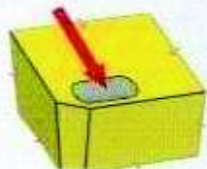
7					
Šířka držáku (mm)					
					
08	10	12	16	20	25
32	38	40	45	50	

10	
Údaje výrobce	
M	Způsob upínání "S" s podložkou
S	Se seřizovacími šrouby

8	
Celková délka	
	
	l_1 [mm]
D	60
E	70
F	80
H	100
J	110
K	125
L	140
M	150
N	160
P	170
Q	180
R	200
S	250
T	300
U	350
V	400
W	450
X	Spec
Y	500

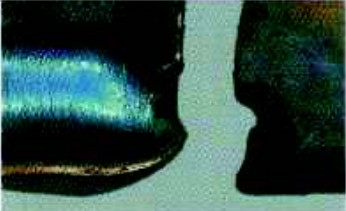
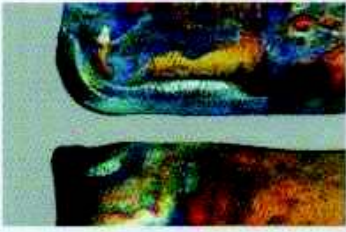
9								
Velikost destičky								
	S	C	D	V	K	W	T	R
d [mm]								
6,00								06
6,35		06	07	11			11	
8,00								08
9,525	09	09	11	16	19	06	16	
10,00								10
12,00								12
12,70	12	12	15			08	22	12
15,875	15	16					27	15
16,00								16
19,05	19	19						19
20,00								20
25,00								25
25,40	25	25						25

Obr. 248 Systém značení nožů s vyměnitelnými břitovými destičkami dle ISO pro vnější soustružení

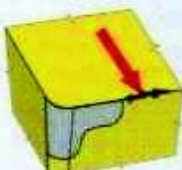
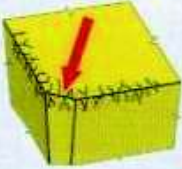
DRUHY OPOTŘEBENÍ VYMĚNITELNÝCH BŘITOVÝCH DESTIČEK PŘI SOUSTRUŽENÍ	
obrázek	TVORBA NÁRŮSTKU
	Popis a příčiny: Jedná se o nalepování obráběného materiálu na břit nástroje. Nárůstek má charakter návaru na břitu. Při jeho odtrhávání může dojít ke křehkému porušení břitu nástroje. Tento jev je dále charakterizován snížením jakosti obrobené plochy.
	Opatření: - zvýšit řeznou rychlost - zvýšit posuv - aplikovat povlakované typy slinutých karbidů - použít jinou řeznou geometrii - použít chladicí emulzi s vyšším protinárůstkovým účinkem (pokud není k dispozici, raději upustit od chlazení zcela)
obrázek	OPOTŘEBENÍ HRBTU
	Popis a příčiny: Otěr hřbetu je jedním z hlavních kritérií charakterizujících trvanlivost VBD. Vzniká v důsledku styku nástroje a obráběného materiálu v průběhu řezného procesu. Jeho velikost (intenzitu) lze pouze snížit.
	Opatření: - použít otěruvzdornější typ slinutého karbidu - snížit řeznou rychlost - zvýšit posuv (v případě, že je menší než $0,1 \text{ [mm} \cdot \text{ot}^{-1}\text{])}$ - použít chladicí emulzi resp. zvýšit intenzitu chlazení
obrázek	OPOTŘEBENÍ NA ČELE
	Popis a příčiny: Výmol na čele je typ opotřebení, které se nejvýrazněji projevuje u VBD s rovným čelem. Jeho výskyt však není omezen pouze na tento typ destiček. Při obrábění měkkých materiálů vzniká výmol širší a mělký, u tvrdých materiálů naopak výmol úzký a hluboký.
	Opatření: - použít otěruvzdornější typ slinutého karbidu - použít povlakovaný typ zjména CVD - snížit řeznou rychlost - použít jiný (pozitivnější) typ řezné geometrie - použít chladicí emulzi resp. zvýšit intenzitu chlazení

Obr. 269 Druhy opotřebení vyměnitelných břitových destiček – 1. část

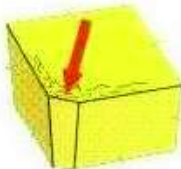
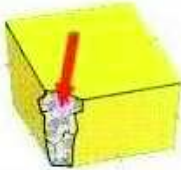
**DRUHY OPOTŘEBENÍ
VYMĚNITELNÝCH BŘITOVÝCH DESTIČEK PŘI SOUSTRUŽENÍ**

obrázek	OXIDAČNÍ RÝHA NA VEDLEJŠÍM BŘITU
	Popis a příčiny: Oxidační rýha na vedlejším břitu - je jedním z nejvýznamějších kritérií limitujících životnost VBD. Setkáváme se s ní zejména u soustružení. Propojení oxidační rýhy s výmolem na čele se jednoznačně projeví zvýšením drsnosti povrchu obrobku. Jev slangově nazýváme "chlupacení".
	Opatření: - použít povlakovaný resp. otěruvzdornější typ slinutého karbidu, dovolují-li to podmínky, použít VBD s povlakem obsahujícím Al_2O_3 - použít chladicí emulzi resp. zvýšit intenzitu chlazení - snížit řeznou rychlost
obrázek	PLASTICKÁ DEFORMACE ŠPIČKY
	Popis a příčiny: Plastická deformace špičky - důvodem tohoto typu opotřebení je přetížení břitu v důsledku vysokých teplot řezání - tedy vysokých rychlostí a posuvů.
	Opatření: - použít otěruvzdornější typ slinutého karbidu - snížit řeznou rychlost - snížit posuv - použít chladicí emulzi resp. zvýšit intenzitu chlazení - použít VBD s větším poloměrem zaoblení špičky - použít VBD s větším úhlem špičky
obrázek	VRUBOVÉ OPOTŘEBENÍ NA HLAVNÍM BŘITU
	Popis a příčiny: Vrubové opotřebení na hlavním břitu - vzniká v oblasti styku břitu nástroje s povrchem obrobku. Je zapříčiněno převážně zpevněním povrchových vrstev obrobku a ořepy. Tento typ opotřebení se vyskytuje zejména u nerezavějících austenitických ocelí.
	Opatření: - použít povlakovaný resp. otěruvzdornější typ slinutého karbidu, dovolují-li to podmínky, použít VBD s povlakem obsahujícím Al_2O_3 - zvolit nástroj s menším úhlem nastavení - nerovnoměrně rozdělit třísku

**DRUHY OPOTŘEBENÍ
VYMĚNITELNÝCH BŘITOVÝCH DESTIČEK PŘI SOUSTRUŽENÍ**

obrázek	KŘEHKÉ PORUŠOVÁNÍ ŘEZNÉ HRANY
	Popis a příčiny: Křehké porušování řezné hrany (mikrovyštipování) ve většině případů se vyskytuje v kombinaci s jiným typem opotřebení, je samostatně těžko identifikovatelné. Jeho příčinou bývá nízká tuhost soustavy stroj-nástroj-obrobek.
	Opatření: - použít houževnatější typ slinutého karbidu - zvolit méně intenzivní řezné podmínky - použít jinou řeznou geometrii - při najíždění do záběru zmenšit posuv
obrázek	PORUŠOVÁNÍ ŘEZNÉ HRANY MIMO ZÁBĚR
	Popis a příčiny: Porušování řezné hrany mimo záběr - jeho příčinou je nevhodné utváření třísky, která při svém odchodu naráží na břit a ten mechanicky poškozuje.
	Opatření: - změnit posuv - zvolit nástroj s jiným úhlem nastavení - použít jinou řeznou geometrii (jiný utvařec) - použít houževnatější typ slinutého karbidu
obrázek	HŘEBENOVÉ TRHLINY
	Popis a příčiny: Hřebenové trhliny - tento jev je důsledkem dynamického tepelného zatížení při přerušovaném řezu.
	Opatření: - upustit od chlazení kapalinou (možno použít vzduch pro odstranění třísek z místa řezu) - zvolit houževnatější materiál VBD - snížit řeznou rychlost

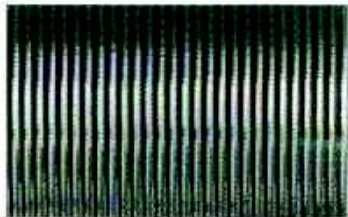
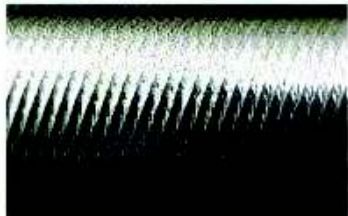
Obr. 269 Druhy opotřebení vyměnitelných břitových destiček – 3. část

DRUHY OPOTŘEBENÍ VYMĚNITELNÝCH BŘITOVÝCH DESTIČEK PŘI SOUSTRUŽENÍ	
obrázek	ÚNAVOVÉ TRHLINY PODÉL HRBETU
	Popis a příčiny: Vznikají v důsledku dynamického zatížení oblasti těsně za břitem.
	Opatření: - použít houževnatější typ slinutého karbidu - změnit způsob najíždění a vyjíždění nástroje - změnit záběrové podmínky - použít jiný typ řezné geometrie resp. VBD s jinou úpravou řezné hrany (.....T,S,K,P) - změnit posuv
obrázek	DESTRUKCE BŘITU RESP. ŠPIČKY NÁSTROJE
	Popis a příčiny: Destrukce břitu resp. špičky nástroje - příčiny tohoto jevu mohou být různé a jsou závislé na materiálu nástroje i materiálu obrobku, stavu a zejména tuhosti soustavy stroj-nástroj-obrobek, velikosti a typu opotřebení a také na záběrových podmínkách.
	Opatření: - použít houževnatější typ slinutého karbidu - zvolit méně intenzivní řezné podmínky - snížit posuv i hloubku řezu - použít VBD s větším poloměrem zaoblení špičky - použít VBD s větším úhlem špičky - použít jinou řeznou geometrii - jiný utvařec - stabilizovat řeznou hranu (břit) - při najíždění do záběru zmenšit posuv

Obr. 269 Druhy opotřebení vyměnitelných břitových destiček – 4. část

Na výše uvedeném *obr. 269* jsou **základní druhy opotřebení vyměnitelných břitových destiček** včetně popisu a příčin jejich vzniku a také opatření jak jim předejít.

Podobně na následujícím *obr. 270* jsou **nežádoucí jevy při obrábění**, které se nejčastěji vyskytují - opět s vyobrazením, popisem a s opatřením jak je eliminovat.

NEŽÁDOUCÍ JEVY	
obrázek	VYSOKÁ DRSNOST POVRCHU OBROBENÉ PLOCHY
	Popis a příčiny: U finálních operací, kde je kladen požadavek na drsnost povrchu, která je ovlivněna mnoha faktory - materiálem obrobku, řezným prostředím, provedením a stavem břitu nástroje, řeznými podmínkami (hlavně posuvem a řeznou rychlostí) a stabilitou soustavy stroj-nástroj-obrobek. - špatná volba nástroje - špatná tloušťka třísky - vysoký posuv - špatně zvolená řezná rychlost - obrábění materiálu vyžaduje použití řezné kapaliny Opatření: - použít hladicí VBD resp. VBD s hladicím segmentem - použít VBD s vhodnou geometrií - snížit posuv a zvýšit řeznou rychlost - použít chlazení a mazání - eliminovat chvění - upravit záběrové podmínky - změnou tloušťky třísky
obrázek	POCHVĚLÝ POVRCH
	Popis a příčiny: Velice častý jev způsobený hlavně nevyvážeností obrobku resp. nestabilním upnutím obráběné součásti, případně vysokými hodnotami řezných sil. - nízká tuhost soustavy stroj-nástroj-obrobek - příliš velká hloubka řezu - házení - špatná vyváženost obrobku - velké vyložení nástroje Opatření: - přezkoušet stabilitu upnutí obrobku a nástroje - použít nástroj s menším vyložení - zmenšit hloubku řezu a tloušťku třísky - upravit řeznou rychlost - vhodnou geometrií nástroje minimalizovat silovou bilanci řezného procesu (použít nástroj ostrý - s pozitivní geometrií, tj. s malým řezným odporem) - použít nástroj s úhlem nastavení blízkým 90°, aby radiální složka řezné síly byla co nejmenší
obrázek	NEVHODNÝ TVAR TŘISKY
	Popis a příčiny: Vhodný tvar třísky - je v současnosti stejně důležitým kritériem jako trvanlivost. Na vhodné utváření třísky má vliv zejména materiál obrobku, posuv, hloubka řezu a samozřejmě vhodná volba řezné geometrie - utvařeče. Dlouhá (neutvářená) tříska je z mnoha důvodů neakceptovatelná, ale i příliš krátká "drcená" tříska je nežádoucí - svědčí o přetížení břitu a vede ke vzniku vibrací, což má za následek např. také pochvělý povrch obrobku. Opatření: - upravit posuv a hloubku řezu - zvolit vhodnější geometrii - změnit záběrové podmínky

Obr. 270 Nežádoucí jevy při obrábění (1. část)

NEŽÁDOUCÍ JEVY	
obrázek	TVORBA OTŘEPU
	Popis a příčiny: Tento jev je velmi častý, nelze mu vždy zabránit. Otřep vzniká zejména při obrábění měkkých ocelí a plastických materiálů. Opatření: - použít VBD s ostrým břitem - použít VBD s pozitivní geometrií - použít nástroj s menším úhlem nastavení
obrázek	ROZMĚROVÁ A TVAROVÁ NEPŘESNOST OBROBKU
	Popis a příčiny: Je ovlivněna velkým množstvím faktorů resp. vlastnostmi soustavy stroj-nástroj-obrobek. Opatření: - zvolit VBD s dostatečnou odolností proti opotřebení - přezkoušet stabilitu upnutí obrobku a nástroje - snížit vyložení nástroje - vhodně zvolit velikost přídávku na obrábění

Obr. 270 Nežádoucí jevy při obrábění (2. část)

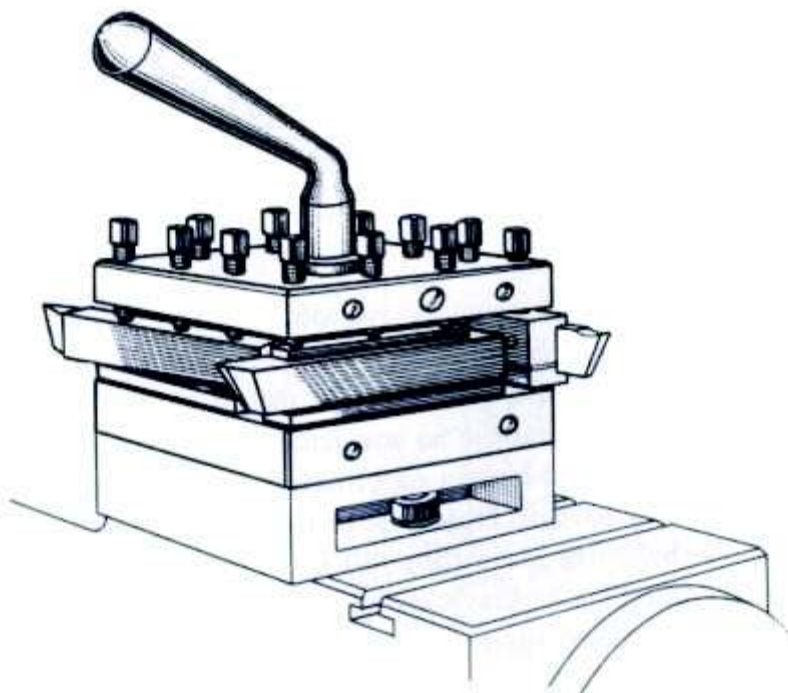
1.1.5 Upínání nástrojů a obrobků

Při tvoření třísky působí na soustružnický nůž a obrobek síly, jejichž velikost a směr musí být bezpečně zachyceny upínacími prvky tak, aby se dosáhlo **maximální tuhosti** soustavy **stroj – nástroj – obrobek** ($S - N - O$). Je třeba dát do souvislosti *obr. 178 a 198*. Z nich vyplývá, že při odebírání třísky působí nástroj na obrobek řeznou silou F , která má v prostoru obecný směr. Stejně velkou silou tzv. řezným odporem F' stejného směru, ale opačné orientace působí obrobek na nástroj. Obdobně jako řeznou sílu můžeme i řezný odpor rozložit do tří navzájem na sebe kolmých složek – axiální F'_x (při podélném soustružení působí rovnoběžně s osou obrobku a namáhá soustružnický nůž na ohyb ve vodorovné rovině), radiální F'_y (jako reakce proti složce řezné síly F_y , která namáhá na ohyb obrobek) a největší tangenciální F'_z , která působí ve směru hlavního pohybu a namáhá soustružnický nůž na ohyb ve svislé rovině.

1.1.5.1 Upínání nástrojů

Z výše uvedených skutečností vyplývají **základní pravidla pro upínání nástrojů**:

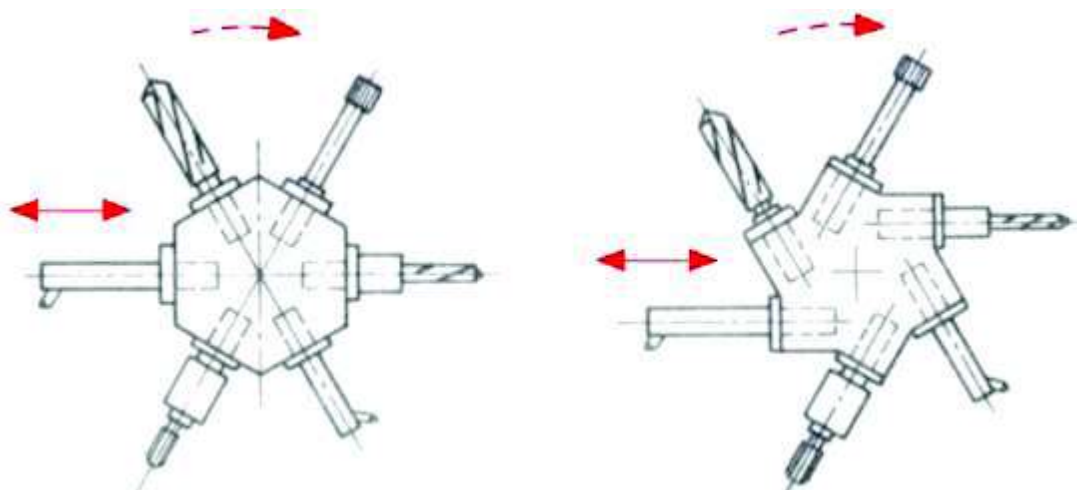
1. soustružnický nůž je třeba **upínat na krátko**, tak aby vyložení nože bylo *co nejmenší*. Jinak vzniká dlouhé rameno páky, vznikají vibrace, drsný povrch obrobku a nůž se může zlomit.
2. soustružnický nůž je třeba **upínat pevně**, jinak hrozí nebezpečí, že se nůž uvolní z upínacího držáku – na obrobku vzniknou rýhy (při obrábění na čisto to znamená zmetek) a hrozí také nebezpečí úrazu.



Obr. 271 Otočná čtyřpolohová nožová hlava se čtyřmi nástroji

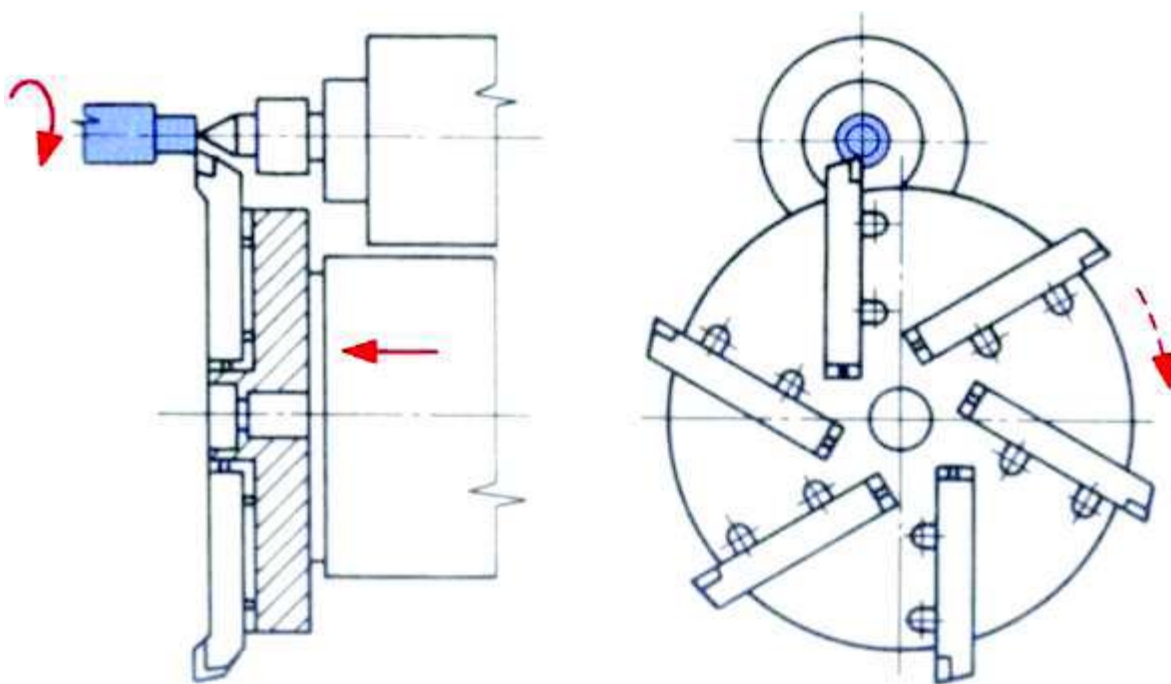
Na univerzálních soustruzích se nástroje upínají do **otočné čtyřpolohové nožové hlavy**, která musí zabezpečit požadavky na upnutí a umožnit většinou podložením výškové nastavení soustružnického nože tak, aby hlavně v případě prací tvarovými soustružnickými noži, při soustružení závitů, soustružení kuželových ploch, při zapichování a upichování byla **špička nástroje vždy přesně v ose obrobku**. Naopak například u těžkých hrubovacích řezů musí umožnit nastavit špičku nože až o 2 % průměru obrobku nad osu otáčení, což umožní vznik *technologických úhlů* – viz obr. 195.

U revolverových soustruhů, například R 5 a u R 63 CNC se uplatňuje **šestiboká nástrojová hlava**, do níž jsou upínány zejména osové nástroje na soustružení děr. Používá se v kombinaci s druhou nástrojovou hlavou na křížovém suportu s nástroji pro vnější soustružení.



Obr. 272 Šestiboká nástrojová hlava

Například u strojů SPT 16 CNC a SPT 32 CNC se s výhodou uplatňuje **kotoučová nástrojová hlava s vloženými noži**, která se uplatňuje pro vnější soustružení. Její konstrukce vylučuje kolize s koníkem při soustružení minimálního průměru u hrotu koníku, což ilustruje obr. 273.



Obr. 273 Kotoučová nástrojová hlava s vloženými noži

1.1.5.2 Upínání obrobků

Různé tvary a velikosti obrobků, které mají být upínány vyžadují rozmanité upínací prostředky. Musí přenášet hlavní kruhový pohyb na obrobek a bezpečně zachycovat řezné síly a odpory. Mezi tyto prostředky patří:

1. **Tříčelist'ové sklíčidlo** – k upínání válcových, trojhranných a šestihranných obrobků. Utahuje se pomocí nástrčného sklíčidlového klíče.
2. **Čtyřčelist'ové sklíčidlo** – k upínání čtyřhranných a osmihranných obrobků.
Důležitá zásada: nikdy nenechat nástrčný klíč ve sklíčidle a nepřibrzďovat dobíhající sklíčidlo rukou!
3. **Upínání mezi hroty** – v případě, je-li obrobek příliš dlouhý nebo chceme-li mít zajištěno minimální házení, upneme součást mezi upínací hroty pracovního vřetena a koníku. **Unášecí kotouč a unášecí srdce** přenášejí otáčivý pohyb na obrobek, který musí mít na čelních plochách ve středících otvorech kužel s vrcholovým úhlem 60°.
4. **Pevná luneta** – opírají se jí dlouhé tenké obrobky, aby se zabránilo průhybu při obrábění. Luneta se upevňuje na vodící plochy lože soustruhu. Při nasazování opěrných čelistí většinou s kladičkami nesmí obrobek házet.
5. **Upínací lícní deska** – používá se k upínání obrobků s velkým průměrem nebo s asymetrickým tvarem. Má čtyři jednotlivě přestavitelné upínací čelisti, které se dají otáčet o 180° a mohou být proto užívány jako vnitřní a vnější čelisti. Obrobek se nejdříve upne přibližně a potom se středí stojánkovým nádrhem nebo číselníkovým úchytkoměrem. U asymetrických součástí vzniká nevyváženost, která se musí odstranit vyvažovacím tělesem!
6. **Upínací trn** – užívají se pokud má být díra vůči vnější ploše obrobku přesně centrická.
 - a) **Pevný trn** – jeho průměr souhlasí s průměrem díry. Je kalený a broušený s mírnou kuželovitostí v poměru 1 : 400, čímž vznikají velké upínací síly. Jeden konec trnu má unášecí plochu čelní plochy mají přesně vystředěné upínací kužele k upnutí mezi hroty. Obrobky se nasazují na trny tlakem, nebo narážením na měkkou podložku (dřevo).
 - b) **Rozpínací trn** – na kuželovitý upínací trn se nasazuje pouzdro s kruhovou maticí s jemným závitem. Pouzdro je z vnější strany válcovité a z vnitřní strany kuželovité. Z obou stran je rozříznuté třemi drážkami. To umožňuje jeho rozvírání, čímž upíná obrobek za otvor. Rozpínací trn se upíná mezi hroty.
7. **Kleštiny** – slouží k upínání krátkých válcovitých obrobků s malými průměry, které se dají takto rychle, přesně a bezpečně upnout.

1.1.6 Dosahovaná přesnost a drsnost povrchu

Tyto vlastnosti závisí především na řezných podmínkách, zejména na posuvu, o čemž již byla řeč. Z výše uvedeného také vyplývá, že přesnost a drsnost povrchu ovlivňuje velmi i geometrie břitu nástroje, jakost jeho ostří a způsob chlazení a mazání. Na přesnost a drsnost povrchu soustružené plochy má nepříznivý vliv chvění, které je možno odstranit pouze za předpokladu zabezpečení tuhosti soustavy **stroj – nástroj – obrobek**, což hlavně pro moderně koncipované CNC soustruhy je naprostou samozřejmostí. Při hospodárném soustružení se dosahuje těchto parametrů:

Tab. 24 Dosahovaná přesnost a drsnost povrchu při soustružení

Způsob práce	Stupeň přesnosti IT	Drsnost povrchu Ra
Hrubování	11 až 14	12,5 až 100
Na čisto	9 až 11	1,6 až 12,5
Jemné soustružení	7 až 8	0,4 až 1,6

1.1.7 Produktivita a strojní časy při soustružení

Jak již bylo dříve uvedeno mírou produktivity soustružení hlavně při hrubování je objem odebraných třísek za jednotku času při optimální trvanlivosti břitu nástroje, z čehož vyplývá pro technologa velmi důležitý parametr, kterým je **hospodárny úběr**:

$$Q_{hosp} = v_c \cdot f \cdot a_p \quad [cm^3 \cdot min^{-1}]$$

v_c finální startovní řezná rychlost $[m \cdot min^{-1}]$
 f posuv na otáčku $[mm \cdot ot^{-1}]$
 a_p hloubka řezu (je rovna přísuvu t) $[mm]$

Na velikost hospodárního úběru má velký vliv použití řezného materiálu nástroje. V současnosti platí, jestliže při použití rychlořezné oceli je hospodárny úběr materiálu $Q_{hosp} = Q_{RO}$, pak při použití nepovlakovaných slinutých karbidů je $Q_{SK} = 3 Q_{RO}$ a při použití povlakovaných slinutých karbidů je $Q_{SK} = až 8 Q_{RO}$.

Produktivita při obrábění na čisto je dána hlavně velikostí a kvalitou plochy obrobené za jednotku času.

1.1.7.1 Výpočet strojních časů při soustružení

Strojní čas t_s , v normativech označovaný t_{A12} můžeme vypočítat pro podélné i pro čelní soustružení ze vztahů, které vyplývají z obrázku 274.

Pro **podélné soustružení** platí:

$$t_s = \frac{L \cdot i}{f \cdot n} = \frac{(l + l_n) \cdot i}{f \cdot n} \quad [min]$$

L délka dráhy nástroje $[mm]$

l skutečná soustružená délka na obrobku $[mm]$

l_n délka náběhu $[mm]$; $l_n = 2 až 10 mm$

f posuv na otáčku $[mm \cdot ot^{-1}]$

n počet otáček $[ot \cdot min^{-1}]$

i počet záběrů (třísek); $i = \frac{p}{2 a_p}$

p celkový přídavek na podélné soustružení $[mm]$

a_p hloubka řezu (přísuv nástroje) $[mm]$

Pro **čelní soustružení** platí:

$$t_s = \frac{L \cdot i}{f \cdot n} = \frac{\left(\frac{d}{2} + l_n\right) \cdot i}{f \cdot n} \quad [min]$$

L délka dráhy nástroje $[mm]$

d obráběný průměr čela obrobku $[mm]$

l_n délka náběhu $[mm]$; $l_n = 2 až 10 mm$

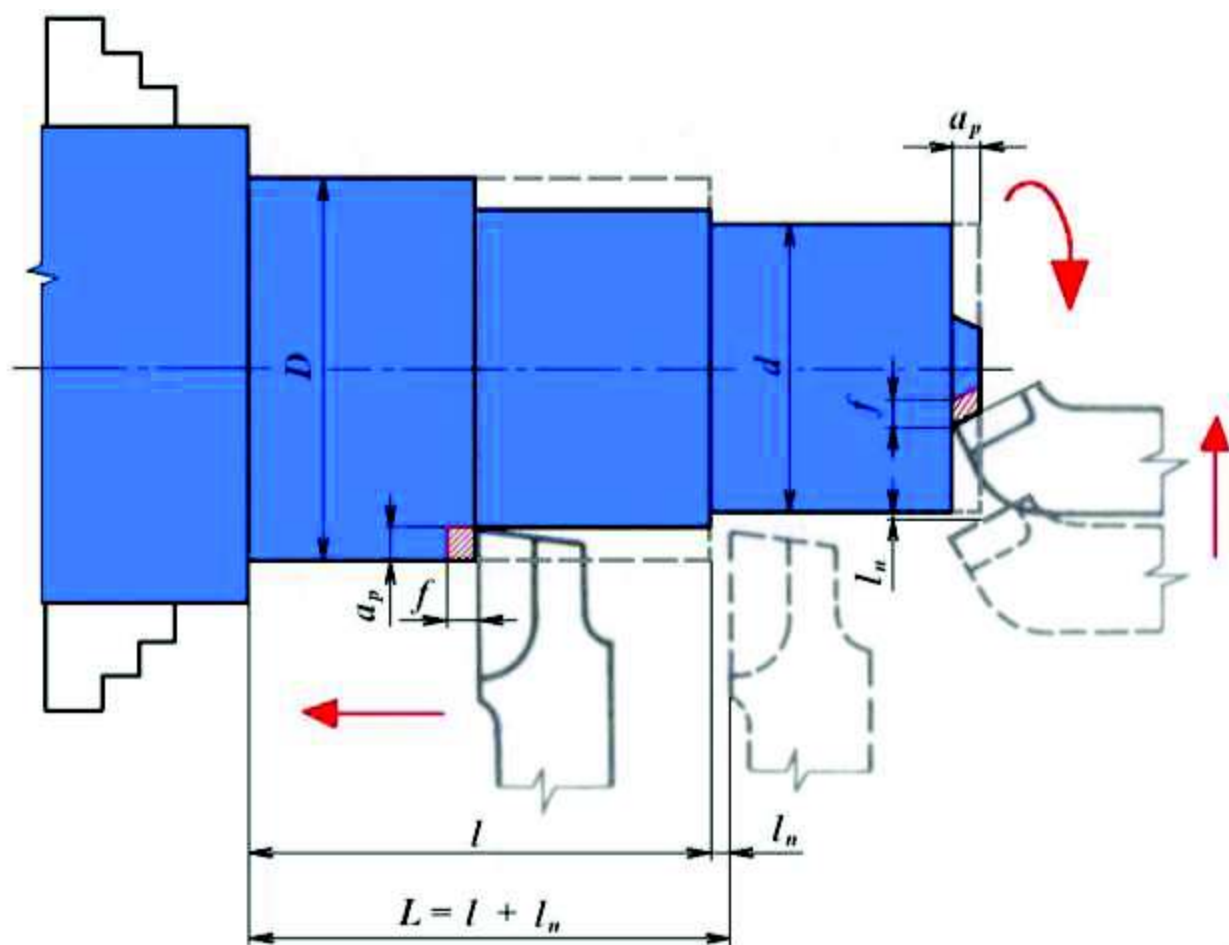
f posuv na otáčku $[mm \cdot ot^{-1}]$

n počet otáček $[ot \cdot min^{-1}]$

i počet záběrů (třísek); $i = \frac{p}{a_p}$

p celkový přídavek na příčné soustružení $[mm]$

a_p hloubka řezu $[mm]$



Obr. 274 Podélné a čelní soustružení