

Technológia

2.ročník

Ing. Zuzana Slaninková
Ing. Jozef Filípek

Považská Bystrica 2011

Názov: Technológia 2. ročník

Autor: Ing. Zuzana Slaninková, Ing. Jozef Filípek

Odborný garant: Ing. Vladimír Adamík

Vydavateľ: Stredná odborná škola strojnícka, Považská Bystrica

OBSAH

ÚVOD

1 Sústruženie	7
1.1 Sústruženie vonkajších a vnútorných valcových plôch	7
1.1.1 Sústruženie vonkajších valcových plôch	7
1.1.2 Sústruženie vnútorných valcových plôch	10
1.2 Sústruženie osadených a čelných plôch	13
1.2.1 Sústruženie osadených valcových plôch	13
1.2.2 Sústruženie čelných plôch	14
1.3 Rezné podmienky	15
1.4 Zapichovanie	16
1.5 Sústruženie kužeľových plôch	18
1.5.1 Sústruženie vonkajších kužeľových plôch	19
1.5.2 Sústruženie vnútorných kužeľových plôch	21
1.5.3 Sústruženie kužeľových plôch na programových strojoch	22
1.6 Rezné podmienky a nástroje pre sústruženie kužeľových plôch	24
1.7 Upichovanie	25
1.8 Vypichovanie	27
1.9 Strojové rezanie závitov závitníkmi a závitovými čeľusťami	29
1.10 Nástroje, rezné podmienky, závitové cykly na NC strojoch	31
1.11 Požiadavky na prechod na NC a CNC stroje	33
2 Frézovanie	35
2.1 Frézovanie pravouhlých spojených plôch	35
2.2 Frézovanie pravouhlých osadených plôch	37
2.3 Frézovanie drážok	38
2.4 Frézovanie šikmých plôch	40
2.5 Frézovanie jednoduchých tvarových plôch	43
2.6 Využitie programového riadenia	46
2.7 Rezanie materiálu na frézovačkách	47
2.8 Nové technológie rezania	48
2.9 Elektroerozívne metódy	50
2.10 Plazmové metódy	52
2.11 Frézovanie pomocou deliaceho prístroja	54
2.11.1 Jednoduché deliace prístroje	54
2.11.2 Univerzálny deliaci prístroj	56
2.11.2.1 Priame delenie	58
2.11.2.2 Nepriame jednoduché delenie	59
2.11.2.3 Nepriame zložené delenie	60
2.12 Zadávanie programových informácií	62
2.13 Prechod na NC a CNC frézovačky	64
3 Brúsenie	66
3.1 Brúsenie úkosov	66
3.1.1 Výpočet a kontrola úkosov	67
3.2 Brúsenie vonkajších priemerov rotačných súčiastok	69
3.2.1 Brúsenie v klzných opierkách	69
3.2.2 Brúsenie medzi hrotmi	69
3.3 Brúsenie zložitých valcových plôch	72
3.4 Brúsenie otvorov	74
3.5 Brúsky na otvory	78

3.6 Brúsenie pomocou luniet	79
3.7 Výhody zavádzanie programových technológií	81
3.8 NC a CNC brúsky	83
4 Vrtanie	85
4.1 Nástroje na vrtanie, rezné podmienky	85
4.2 Zhlbovanie	87
4.3 Výroba presných dier	88
4.4 Vrtacie prípravky	91
4.5 Rezanie závitov na vŕtačkách	93
4.6 NC a CNC vrtacie stroje	95
4.7 Systémy riadenia vrtacích strojov	96
4.8 Pravouhlý súradnicový systém a vzťahné body pri programovaní	100
4.9 Vyvrtávanie	102
4.10 Vyhrubovanie	107
4.11 Vystružovanie	110
4.12 Závitový cyklus	113
Použitá literatúra	116

ÚVOD

Polotovary vyrábané tvárnením, odlievaním, zvaraním a pod. strojársku výrobu mení odoberaním triesky – obrábaním na hotové výrobky, súčiastky. Obrábanie je teda dôležitou oblasťou strojárskej technológie. Obrábanie (sústruženie, frézovanie, brúsenie, vŕtanie) zabezpečuje pre súčiastky presný geometrický tvar, presné rozmery a kvalitný povrch.

Obrábanie v porovnaní s inými technológiami je zvyčajne nákladnejšie, ale z hľadiska zvýšených požiadaviek na presnosť obrobených plôch, súčiastok strojov a zariadení na presnosť geometrických tvarov a polohy a drsnosť sú procesy obrábania len ťažko nahraditeľné v kusovej resp. malosériovej výrobe.

Zákazníci požadujú kratšie dodacie termíny, časovo presné dodávky, rastie tlak na znižovanie cien výrobkov. Tieto požiadavky spĺňajú nové progresívne technológie strojového obrábania s vysokovýkonnými programovými NC a CNC strojmi.

V súčasnosti sa vyrábajú viacvretenové obrábacie stroje – obrábacie centrá, ktoré môžu pri jednom upnutí opracovať celú súčiastku na hotovo a pritom združujú rôzne operácie napr. sústruženie, frézovanie, vŕtanie, rezanie závitov atď. Tieto operácie sa postupne vykonávajú podľa vopred spracovaného a vloženého programu do riadiaceho systému stroja. Automaticky je vykonávaná aj výmena náradia a manipulácia s materiálom pomocou manipulátorov a robotov.

Pre lepšie pochopenie základných princípov strojného obrábania kovov je prospešné oboznámiť sa s touto problematikou od samotných základov t.j. od konvenčného obrábania, ktoré v súčasnosti považujeme už za klasické obrábanie.

1 Sústruženie

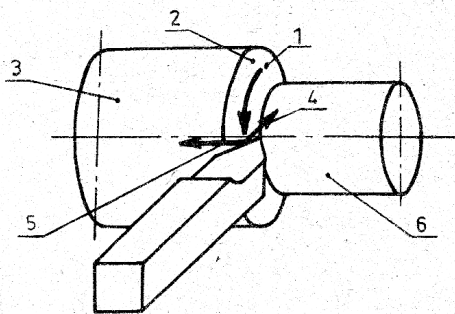
Sústruženie je metóda obrábania, pri ktorej hlavný rezný pohyb vykonáva obrobok a je to pohyb otáčavý, vedľajší pohyb vykonáva nástroj (sústružnícky nôž) a je to pohyb posuvný. Ak smer pohybu noža je rovnobežný s osou otáčania obrobku, hovoríme o pozdĺžnom posuve a ak smer pohybu noža je kolmý na os otáčania obrobku ide o priečny posuv.

Pri strojovom obrábaní je potrebný ešte ďalší pohyb – prísuv. Je to pohyb nástroja v smere kolmom na sústruženú plochu a nastavujeme ním hĺbku rezu.

Sústružením je možné obrábať rôzne rotačné plochy – valcové, kužeľové, tvarové a čelné. Okrem toho je možné vŕtať, vyvrtávať, rezať závit, vyhrubovať, vystružovať a pod.

Pri sústružení vznikajú na obrobku tieto plochy (obr. 1.1) :

- obrábaná plocha – je časť povrchu obrobku pretváraná obrábaním,
- obrobená plocha – je plocha obrobku, ktorá vznikne obrábaním,
- rezná plocha – je plocha obrobku, ktorá vznikne tesne za reznou hranou nástroja.



Obr. 1.1. Základné pojmy a pracovné pohyby pri sústružení

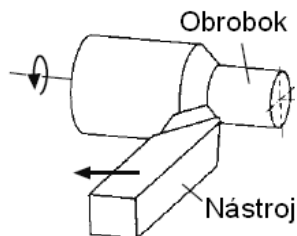
1 – hlavný rezný pohyb, 2 – rezná plocha, 3 – obrábaná plocha, 4 – prísuv, 5 – posuv, 6 – obrobená plocha

1.1 Sústruženie vonkajších a vnútorných valcových plôch

1.1.1 Sústruženie vonkajších valcových plôch

K súčiastkam s valcovými plochami patria napr. hriadele, čapy, kolíky, puzdra, základné telesá skrutiek a pod.

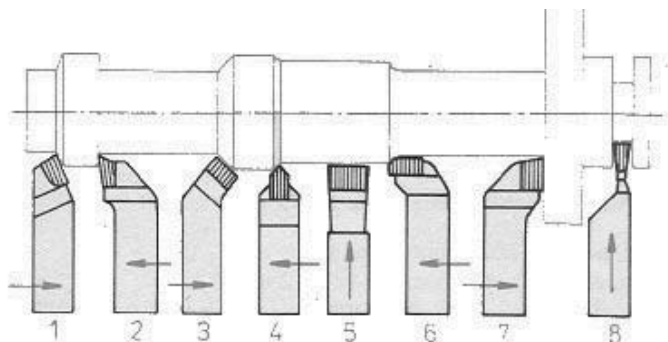
Pri sústružení vonkajších valcových plôch sa nôž posúva rovnobežne s osou otáčania obrobku. (obr. 1.2)



Obr. 1.2. Sústruženie vonkajších valcových plôch

Sústruženie valcových plôch môžeme rozdeliť na tri základné operácie :

- hrubovanie,
- sústruženie na čisto,
- jemné sústruženie.



Obr. 1.3. Sústružnícke nože na sústruženie vonkajších valcových plôch

1 – ľavý priamy uberací nôž, 2 – pravý rohový nôž, 3 – ľavý ohnutý uberací nôž, 4 – hladiaci nôž, 5 – naberací nôž, 6 – pravý rádiusový nôž, 7 – ľavý stranový uberací nôž, 8 – zapichovací nôž

Hrubovanie.

Cieľom hrubovania je odrezat' z obrobku čo najväčšiu vrstvu materiálu za časovú jednotku. Pritom sa nekladú osobitné požiadavky na drsnosť povrchu, pretože po hrubovaní obvyčajne nasleduje ešte ďalšia operácia. Charakteristickým nástrojom pre hrubovanie sú rôzne uberacie nože (obr. 1.3). Tieto nože uberajú materiál pri väčšom priereze triesky a pri menších rezných rýchlostiach, pretože treba odobrať čo najviac materiálu (vo forme triesok) za časovú jednotku.

Tvar noža závisí od druhu materiálu, tvaru a veľkosti obrobku. Najpoužívanjšie uberacie nože sú priamy, ohnutý a stranový.

Priamym uberacím nožom (obr. nôž č.1) sa pozdĺžne aj priečne sústružia dlhšie obrobky s väčším priemerom. Aby sa nôž veľmi mechanicky a tepelne nenamáhal, jeho hrot je zaoblený. Zlepší sa tým aj akosť obrobeného povrchu. Dobré odvádza teplo a uberá triesky s veľkými prierezmi.

Ohnutý uberací nôž (obr. nôž č.3) je výkonný aj pri pozdĺžnom, aj pri priečnom sústružení. Hrot noža je zaoblený. Ohnutým nožom sa môže sústružiť bližšie pri čelustiah upínača ako priamym nožom.

Stranovým uberacím nožom (obr. nôž č.7) sa sústružia väčšinou kratšie stupňovité hriadele (obrábajú sa súčasne aj čelné plochy). Nôž sa nastavuje pod uhlom 90° . Pri sústružení pôsobí tlak v smere osi obrobku, takže tenšie hriadele sa takmer neprehýbajú. Pozdĺžny posuv sa volí malý, aby hrot noža vydržal namáhanie, ktoré naň pôsobí.

Nastavenie a upínanie nástrojov.

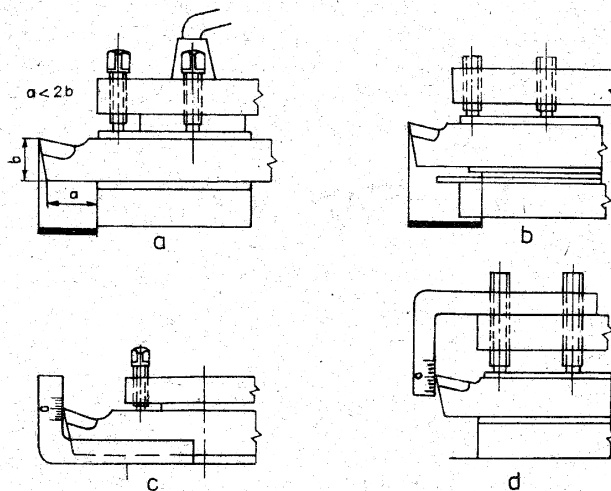
Správne nastavené nože, upnuté v nožovej hlave, musia byť dobre naostrené, aby sa nechveli a nezlomili, ale aby obrábali. Pritom treba dodržiavať tieto pravidlá :

a) Nože majú byť čo najmenej vyložené, aby neboli veľmi namáhané na ohyb, nechveli sa a ich rezné hrany sa nevylamovali. Vyloženie noža nemá byť väčšie ako je dvojnásobok výšky noža (obr. 1.4 a).

b) Uberacie nože sa najčastejšie výškovo nastavujú do osi sústruženia. Je možné ich však nastaviť niekedy aj nad os sústruženia a to asi o 2 až 5 % priemeru obrobku.

Výškové nastavenie noža závisí od veľkosti priemeru obrobku. Čím je priemer väčší, tým menšie je výškové nastavenie (pri priemeroch do 50 mm sa volí maximálne 5 % priemeru). Nôž nastavený nad os sústruženia sa môže zaseknúť a vytvoriť ryhu (pri hrubovaní to nie je závadou). Pri väčšom nastavení noža nad os sústruženia vzniká nebezpečenstvo, že sa hrot noža zlomí (pri malom uhle chrbta je väčšie trenie medzi chrbtom noža a obrábaným materiálom). Výškové nastavenie noža sa kontroluje rôznymi pomôckami, najjednoduchšie podľa upínacieho hrotu koníka. Na výškové nastavenie noža sa najčastejšie používa

nastavovací uholník. Nulová ryska uholníka je vo výške osi sústruženia. Uholník je položený na hornej ploche nožových saní alebo na hornej ploche nožového držiaka (obr. 1.4 c,d).



Obr. 1.4. Nastavenie a upínanie uberacích nožov

a – správne vyloženie noža, b – nesprávne vyloženie noža, c,d – kontrola výškového nastavenia noža

Rezné podmienky.

Dobré výsledky pri hrubovaní závisia aj od rezných podmienok t.z. od reznej rýchlosti, posuvu a hĺbky rezu. Rezné podmienky vplyvajú na výkon obrábania, drsnosť povrchu, trvanlivosť reznej hrany a pod.

Konkrétne hodnoty sa nachádzajú v Strojníckych tabuľkách.

Vplyv chladenia.

Chladením sa odvádza značné množstvo tepla. Tým sa zvyšuje trvanlivosť reznej hrany a možno zvyšovať aj reznú rýchlosť. Ak je použitá správna chladiaca kvapalina a privádza sa do miesta rezu v primeranom množstve, možno zvýšiť reznú rýchlosť o 25 až 40 % pri sústružení ocele. Použitím chladiacej kvapaliny s veľkým mazacím účinkom sa dosiahne, že aj rezný odpor bude menší ako pri práci bez chladenia.

Sústruženie na čisto.

Týmto spôsobom sústruženia sa odstraňujú nepresnosti po hrubovaní. Obrobok dostáva konečný tvar, predpísané rozmery a požadovanú akosť povrchu. Hladký povrch sa docieli odoberaním triesky s menším prierezom pri väčšej reznej rýchlosti.

Ako nástroj pri sústružení na čisto sa používajú hladiace nože (obr. 1.3 nôž č.4).

Hladiace nože sa pri sústružení vonkajších valcových plôch nastavujú do osi sústruženia alebo pod ňu o 1 až 2 % priemeru. To preto, aby sa zmenšilo nebezpečenstvo zasekávania nástroja do materiálu obrobku, keď sa zväčší rezný odpor. Keď sa nôž upne pod os sústruženia, zmenší sa uhol čela, zväčší uhol chrbta a uhol rezu. Nôž pracuje ako škrabadlo a povrch obrobku vyhladzuje. V takomto prípade sa však vyžaduje vysoká tuhosť sústava stroj – nástroj – obrobok, lebo popísané zmeny môžu vplyvať na zvýšenie náchylnosti na chvenie.

Požadovaná drsnosť povrchu pri práci na čisto sa dosiahne vhodným posuvom. Čím jemnejší má byť povrch, tým sa volí menší posuv a väčšie zaoblenie hrotu noža.

Hĺbka rezu závisí od prídavku na čisto. Volí sa čo najmenšia, aby bola geometrická presnosť obrobku čo najväčšia. Pri veľmi jemnom sústružení na čisto sa prídavok môže rozdeliť na dva zábery.

Rezná rýchlosť pri sústružení vonkajších valcových plôch musí byť väčšia ako pri hrubovaní. Konkrétne hodnoty sa nachádzajú v Strojníckych tabuľkách.

Jemné sústruženie.

Je to obrábanie súčiastky na čisto pri malých posuvoch (do 0,1 mm) aj pri malých hĺbkach odoberaných vrstiev. Rezné rýchlosti sa používajú buď veľmi vysoké (nad 100 m.min^{-1}) alebo veľmi nízke (do 5 m.min^{-1}). Jemným sústružením sa dosiahne akosť povrchu a presnosť tvaru a rozmerov obrábaného obrobku ako pri brúsení. Podmienkou je však nastavenie stroja pred obrábaním. Treba prekontrolovať hádzanie upínacieho hrotu vo vretene, súosovosť s hrotom v koníku, vymedziť vôľu vo všetkých vedeniach a pod. Ako nástroj sa používajú hladiace sústružnícke nože.

Spôsoby upínania materiálu pri obrábaní vonkajších valcových plôch.

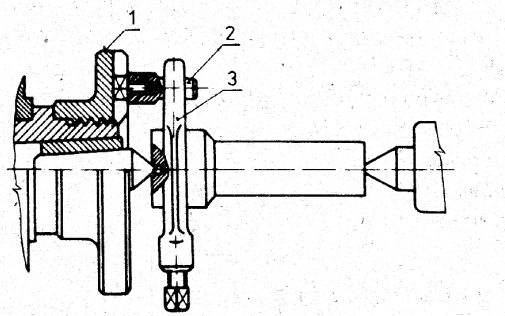
Na upínanie menších a kratších obrobkov sa používa univerzálne skľučovadlo.

Na veľmi presné upínanie rotačných súčiastok malého priemeru sa používajú klieštiny (obr. 1.5), ktoré sa vsádzajú do upravených skľučovadiel.

Dlhšie obrobky sa upínajú medzi hroty vo vretene a koníku (obr. 1.6).



Obr. 1.5. Upínacie klieštiny



Obr. 1.6. Upínanie medzi hroty

1 – unášacia platňa, 2 – unášací kolík,
3 – unášacie srdce

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Čo je to sústruženie a aké plochy vznikajú pri sústružení ?
2. Aký pohyb vykonáva nástroj pri sústružení vonkajších valcových plôch ?
3. Na aké operácie delíme sústruženie vonkajších valcových plôch ?
4. Čo je to hrubovanie ?
5. Čo je to sústruženie na čisto ?
6. Popíšte jemné sústruženie.
7. Aké nástroje sa používa pri sústružení vonkajších valcových plôch ?
8. Popíšte návrh rezných podmienok.

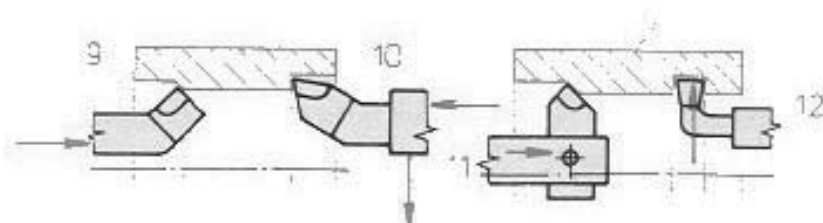
1.1.2 Sústruženie vnútorných valcových plôch

Jedná sa o obrábanie otvorov a dier. Ako nástroj sa používajú sústružnícke nože na obrábanie otvorov (obr. 1.7).

Nôž sa upína tak ako pri sústružení vonkajších valcových plôch do nožovej hlavy. Dbáme na to, aby sa teleso noža neotieralo o sústruženú plochu. Príslušný prísuv sa nastavuje kolmo na os sústruženia. Nôž sa posúva ručne alebo strojovo rovnobežne s osou sústruženia, obvyčajne smerom k vretenu (obr. 1.8). Nôž, ktorý pracuje z prava do ľava sa označuje ako pravý, pretože obrába pravú stranu obrobku.

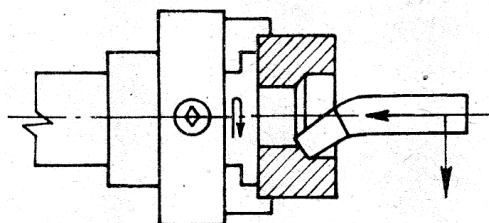
Sústružnícke nože podľa polohy reznej hlavy ku stopke nástroja rozdeľujeme na : rovné, vyhnuté a osadené.

Pri upínaní nožov pre vnútorné sústruženie neplatí zásada o vyložení noža, že vyloženie nemá byť väčšie ako dvojnásobok výšky noža. Nôž musí vyčnievať z nožovej hlavy o dĺžku, ktorá sa rovná hĺbke sústruženej diery. Vyloženie noža sa nastaví tak, že sa k hĺbke diery zistenej podľa výkresu pripočíta 20 až 25 mm od okraja nožovej hlavy. To preto, aby nožová hlava nenarazila na obrobok. Nôž sa výškovo nastaví a pevne upne. Po upnutí sa znova skontroluje dĺžka vyloženia aj výškové nastavenie.



Obr. 1.7. Sústružnícke nože na sústruženie vnútorných valcových plôch

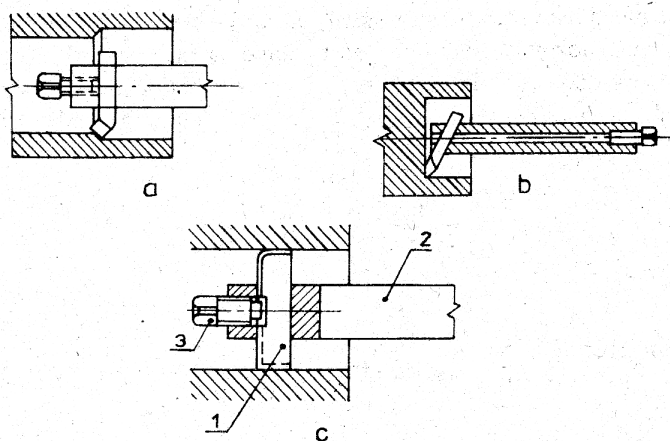
9 – vnútorný uberací nôž, 10 – vnútorný rohový nôž, 11 – kolmý vyvrtávací nôž, 12 – vnútorný zapichovací nôž



Obr. 1.8. Vnútorné sústruženie

Pretože nože na vnútorné obrábanie nemajú vysokú tuhosť, možno nimi uberať iba triesky menšieho prierezu.

Tieto nože sa musia podbrusovať, aby sa zmenšilo trenie medzi chrbtom noža a reznou plochou. Veľkosť podbrúsenia závisí od priemeru diery. Čím menší je priemer diery, tým väčšie musí byť podbrúsenie.



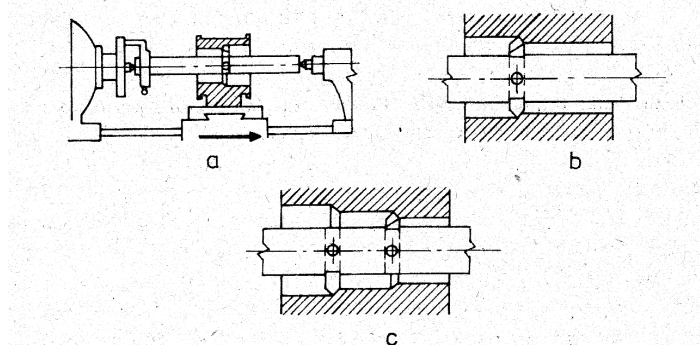
Obr. 1.9. Vyvrtávacie tyče

a – na priebežné otvory, b – na slepé otvory, c – hladiaci nôž s čelnou obojstrannou hranou
1 – rezná časť noža, 2 – upínacia časť noža, 3 – upínacia skrutka

Vnútorné valcové plochy sústružíme vtedy keď :

- vrtaním a vyhrubovaním nemožno dosiahnuť požadovanú presnosť rozmerov diery,
- vrták ani výhrubník nemá požadovaný rozmer,
- priemer obrábanej diery je väčší ako priemer vrtáka a výhrubníka,
- dĺžka diery je malá.

Diery veľkých priemerov, napr. v odliatkoch, na obrábanie ktorých nemáme vhodnejší stroj, sa môžu obrábať na sústruhu. Pri takomto obrábaní sa používajú vyvrtávacie tyče (obr. 1.9). Obrobok sa upne v priečných saniach suportu a vyvrtávací tyč medzi hrotmi (obr. 1.10 a). Posuv do záberu vykonáva obrobok. Na dosiahnutie vyššieho výkonu pri obrábaní dlhších plôch sa používajú vyvrtávacie tyče s dvoma nožmi, alebo jeden nôž, ktorý má rezné hrany z oboch strán (obr. 1.10 b). Ak má vyvrtávací tyč niekoľko nožov, možno obrábať súčasne aj viac vnútorných valcových plôch (obr. 1.10 c).



Obr. 1.10. Sústruženie valcových dier väčšieho priemeru

a – sústruženie odliatku, 2 – vyvrtávací tyč s nožom s obojstrannou reznou hranou, c – vyvrtávací tyč s dvoma nožmi

Rezné podmienky.

Nože pre vnútorné obrábanie pracujú v podmienkach, pri ktorých sa nemôže zrakom kontrolovať priebeh a výsledok práce noža v diere obrobku. Tieto nepriaznivé okolnosti vplývajú na určenie rezných podmienok. Tieto majú nižšie hodnoty ako pri sústružení vonkajších valcových plôch.

Veľkosť posuvov volíme podľa hĺbky rezu, podľa vyloženia noža a podľa prierezu telesa.

Veľkosť rezných rýchlostí sa pri vnútornom sústružení znižuje asi o 1/10 voči tabuľkovým hodnotám t.j., že hodnoty z tabuliek násobíme súčiniteľom 0,8 až 0,9.

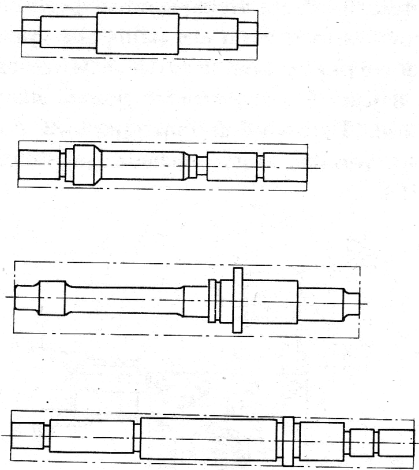
KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Kedy hovoríme o sústružení vnútorných valcových plôch ?
2. Ako upínáme nástroje pri sústružení vnútorných valcových plôch ?
3. Kedy sústružíme vnútorné valcové plochy ?
4. Ako sa obrábajú diery veľkých priemerov ?
5. Popíšte návrh rezných podmienok.

1.2 Sústruženie osadených a čelných plôch

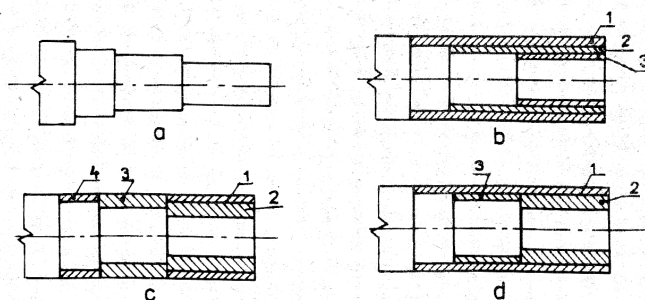
1.2.1 Sústruženie osadených valcových plôch

Typickou súčiastkou na sústruženie osadených valcových plôch je odstupňovaný (osadený) hriadeľ, pri ktorom sa priemer stupňovite mení. Takéto hriadele sú výrobne drahšie ako hriadele s rovnakým priemerom po celej dĺžke (obr. 1.11). Pri ich sústružení je potrebné zvoliť najvhodnejší spôsob uberania materiálu. Osadené hriadele sústružíme tak, že hrot nástroja nastavíme na jednotlivé požadované polomery súčiastky. Tým medzi jednotlivými osadeniami (stupňami) vzniká prechod pod uhlom nastavenia reznej hrany s polomerom zodpovedajúcim polomeru hrotu noža. Pri navrhovaní osadených hriadeľov by sa priemery jednotlivých osadení nemali príliš odlišovať. Aby sa mohol použiť len jeden nôž, všetky polomery prechodov medzi osadeniami by mali byť rovnaké. Ostré prechody sa prakticky nedajú urobiť. Ak sa vyžaduje ostrý prechod, riešime tento problém zápichom. Výhodnejšie však je vhodne zraziť hranu protiľahlej súčiastky.



Obr. 1.11. Osadené (odstupňované) hriadele

Na obrázku (obr. 1.12) je znázornený trikrát osadený hriadeľ a tri spôsoby jeho sústruženia.

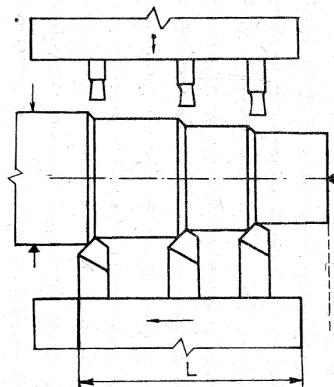


Obr. 1.12. Sústruženie osadeného (stupňovitého) hriadeľa

a – stupňovitý hriadeľ, b, c, d – spôsoby sústruženia, 1, 2, 3, 4 – postup sústruženia

Podľa obrázku b sa sústruží každý stupeň osobitne. Hriadeľ sa zhotoví na trikrát. Dráha noža je najdlhšia a takisto aj čas potrebný na obrobenie. Najvhodnejší je spôsob podľa obrázku d, lebo celková dráha sústruženia je kratšia a tým aj čas potrebný na obrobenie hriadeľa.

Na opracovanie takéhoto typu hriadeľov je výhodné používať na sústruženie tri nože. Nože sa v príslušnom poradí nastavujú podľa vzorky a upnú sa do nožovej hlavy (obr. 1.13).



Obr. 1.13. Sústruženie viacnožovým držiakom

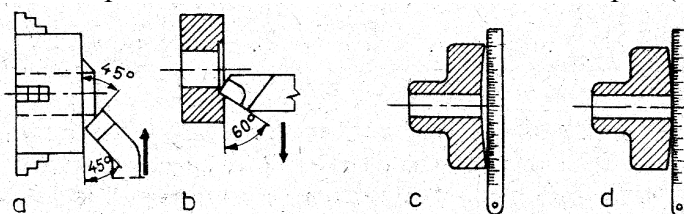
1.2.2 Sústruženie čelných plôch

Čelná plocha je priečna rovinná plocha kolmá na os otáčania.

Čelné plochy sústružíme na predpísaný tvar a na potrebnú dĺžku.

Voľba nástroja závisí od tvaru a veľkosti obrábanej plochy, od spôsobu upnutia obrobku, od veľkosti prídavku na obrábanie a od materiálu obrobku. Najčastejšie sa používajú ohnuté uberacie nože. Pri menších čelných plochách a pri čelných plochách v ťažko prístupných miestach ako aj pri obrobkoch upnutých medzi hrotmi sa používajú stranové uberacie nože. Väčšie čelné plochy s dierou možno sústružiť priamymi uberacími nožmi.

Nástroj sa môže posúvať od obvodu do stredu alebo naopak (obr. 1.14 a,b).



Obr. 1.14. Sústruženie čelných plôch

a – sústruženie od obvodu do stredu, b – sústruženie od stredu k obvodu, c,d – kontrola rovinnosti obrobenej plochy pravítkom

Rovinnosť obrobenej plochy sa kontroluje pravítkom (obr. 1.14 c,d).

Pri sústružení čelných plôch sa obrobky upínajú najčastejšie do skľučovadiel. Nože sa upínajú s malým vyložením, aby sa nechveli a výškovo sa nastavujú do osi sústruženia. Pri nastavení nad os vznikne uprostred osi výkružok, na ktorý by nôž narazil a zlomil sa. Pri nastavení pod os, zostane na obrobku neobrobená časť plochy.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Popíšte, čo je to osadená valcová plocha ?
2. Ako sústružíme osadené hriadele ?
3. Popíšte sústruženie osadených plôch viacerými nožmi ?
4. Popíšte, čo je to čelná plocha ?
5. Aké nástroje používame pri sústružení čelných plôch ?
6. Ako kontrolujeme rovinnosť obrobenej plochy ?

1.3 Rezné podmienky

Valcové plochy sa opracúvajú jedným alebo niekoľkými zábermi. Počet záberov závisí od veľkosti prídavku na obrábanie.

Prídavok na obrábanie je hrúbka vrstvy materiálu, ktorý treba odobrať, aby sa z polovýrobku dosiahol požadovaný tvar. Veľkosť prídavku závisí od konkrétnych podmienok napr. od materiálu polovýrobku, od spôsobu obrábania, od požadovaných vlastností súčiastky a pod.

Prídavok na priemer materiálu kruhového prierezu môžeme vypočítať :

$$p = \frac{5d}{100} + 2 \quad (\text{mm})$$

kde p – je prídavok na priemer (mm),

d – je priemer hotového výrobku (mm).

Rezná rýchlosť pri sústružení sa udáva v $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$. Vypočítať ju môžeme zo vzťahu

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$$

kde D – priemer obrobku v mm

n – otáčky obrobku (min^{-1})

Veľkosti hodnôt prídavkov na obrábanie ako aj rezných rýchlostí sú doporučované normou STN.

Rezné podmienky majú zodpovedať určitej trvanlivosti nástroja. V dielenskej praxi sa rezné podmienky určujú podľa dielenských tabuliek alebo podľa normatívoov rezných podmienok, ktoré sú vypracované na základe výskumných prác a overené praxou.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Čo sa skrýva za pojmom rezné podmienky ?
2. Ako vypočítame alebo ako zistíme prídavok na obrábanie ?
3. Ako vypočítame alebo ako zistíme reznú rýchlosť ?

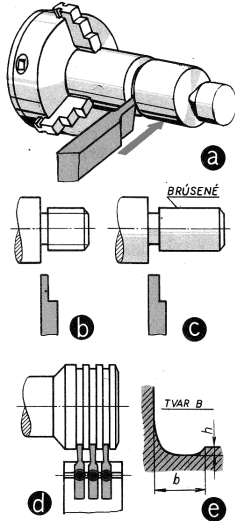
1.4 Zapichovanie

Zapichovanie je sústruženie drážok s rôznymi profilmi a to na vonkajšom obvode obrobkov alebo v dierach (obr. 1.15).

Najčastejšie sa na súčiastkach zhotovujú zápichy pri výrobe závitov (obr. 1.15 b) a pri brúsení súčiastok, ktoré majú ostré prechody (obr. 1.15 c).

Drážky na súčiastkach so závitmi sa robia preto, aby sa mohol závit rovnakej hĺbky rezať až do konca požadovanej dĺžky alebo po čelnú plochu osadenia – nôž vybehne do drážky.

Pri brúsených súčiastkach, ktoré majú ostré prechody a ktoré sa brúsiacim kotúčom nevytvoria, na mieste prechodu sa vysústruží drážka.



Obr. 1.15. Sústruženie drážok

a – sústruženie drážky, b – súčiastka so závitom, c – brúsená súčiastka, d – sústruženie viac drážok naraz, e – zápich tvaru G

Drážky sú normalizované a na výkresoch sa nekótujú. Označujú sa veľkými písmenami D až G podľa normy STN 01 4960, napr. G 1,6x1 (zápich tvaru G, šírka noža x hĺbka zápichu).

Často sa vyskytujú tvarové drážky, ako sú napr. drážky pre klinové remene na remeniciach, drážky pre rôzne tesnenia a pod.

Ostré drážky nerobíme na súčiastkach, ktoré sú veľmi namáhané na ťah alebo na ohyb. Drážka totiž zoslabuje prierez a súčiastky v týchto miestach praskajú. Normalizované drážky majú preto zaoblené prechody.

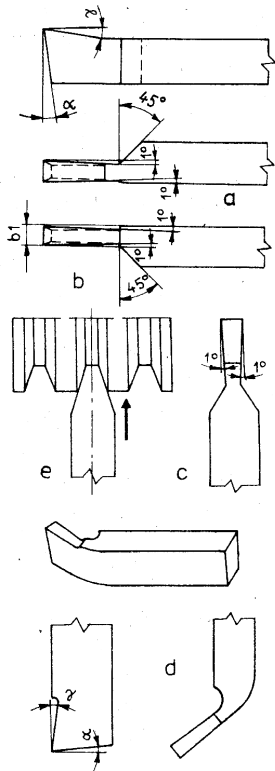
Zapichovacie nože sú normalizované a môžu byť pravé a ľavé (obr. 1.16, obr. 1.17).

Tvarové drážky sa sústružia zapichovacími nožmi s tvarovou reznou hranou napr. drážky pre klinové remene na remeniciach (obr. 1.16 e).

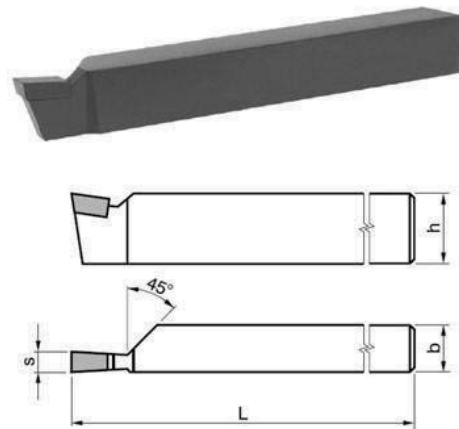
Dĺžka reznej hrany zapichovacích nožov je prispôsobená šírke drážky.

Zapichovacie nože sa posúvajú iba kolmo na os obrobku. Pri pozdĺžnom posuve by sa zlomili. Aby sa zmenšilo trenie medzi reznou časťou noža a obrábaným materiálom, zbrusujú sa vedľajšie chrbyty o 2° a smerom k telesu noža o 1° . Uhol nastavenia býva 90° .

Zapichovacie nože sa nastavujú do osi sústruženia. Pri nastavení nad os alebo pod os, by sa nôž mohol zlomiť. V nožovej hlave sa nože upínajú s veľmi krátkym vyložením.



Obr. 1.16. Zapichovacie nože – a – pravý nôž, b – ľavý nôž, c – súmerný nôž, d – ohnutý nôž, e – s tvarovými reznými hranami



Obr. 1.17. Zapichovací nôž pravý

Pri obrobkoch, ktoré majú vedľa seba viac drážok, môžeme sústružiť tieto súčasne (napr. na piestoch) (obr. 1.15 d). Nože sa nastavujú podľa vzdialenosti drážok od seba a na správnu hĺbku. Sústruženie drážok sa tým zrýchli. Obrábanie môžeme ešte zrýchliť, ak sa použijú nárážky na priečny posuv.

Posuv pri výrobe zápichov môže byť ručný alebo strojový. Musí však byť plynulý a rovnomerný.

Rezné podmienky.

Posuv a rezná rýchlosť sa volí menšia ako pri hrubovaní vonkajších valcových plôch. Ich hodnoty sú doporučené normou STN.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Čo je to zapichovanie ?
2. Na akých súčiastkach sa najčastejšie zhotovujú zápichy a prečo ?
3. Aké druhy zápichov poznáme ?
4. Aký pohyb vykonávajú zapichovacie nože ?
5. Aké rezné podmienky používame pri výrobe zápichov ?

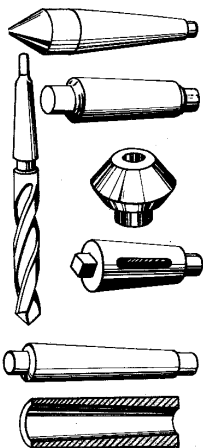
1.5 Sústruženie kužeľových plôch

Kužeľová plocha je každá plocha, ktorá s osou súčiastky zvierá iný uhol než je 0° (jedná sa o valcovú plochu) alebo 90° (jedná sa o čelnú plochu).

Na súčiastkach rozoznávame kužeľové plochy vonkajšie a vnútorné.

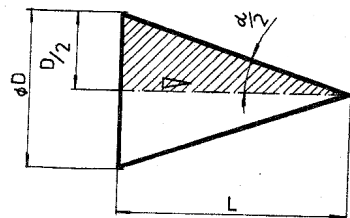
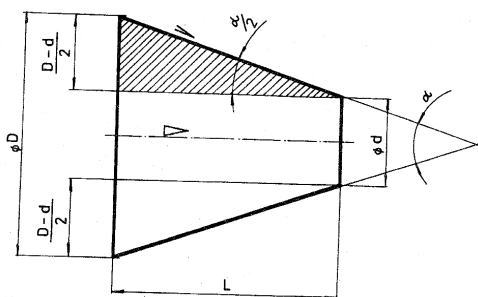
Súčiastky s kužeľovými plochami sa najčastejšie používajú na upevňovanie (kužeľové kolíky, upínacie stopky, redukčné puzdra a pod.) (obr. 1.18) alebo pri uzatváracích prístrojoch (kohúty, kužeľové ventily a pod.).

Výhodou súčiastok s kužeľovými plochami je, že pri vzájomnom uložení sa ľahko odstraňuje vzniknutá vôľa zasunutím kužeľa do kužeľovej diery. Často používané kužele sú normalizované (napr. Morseho kužeľ, metrický a pod.).



Obr. 1.18. Súčiastky s kužeľovými plochami

Základné výpočty :



D – veľký priemer kužeľa

d – malý priemer kužeľa

L – dĺžka kužeľa

α – vrcholový uhol kužeľa

$\alpha/2$ – uhol sklonu kužeľa

k – kužeľovitosť

$$k = \frac{D}{L} \quad k = \frac{D-d}{L}$$

Kužeľovitosť určuje pomer dvoch čísel, napr. $1 : 50$. Tento pomer udáva, že na dĺžke 50 mm sa priemer kužeľa zmení (zmenší alebo zväčší) o 1 mm. Všeobecne sa dá vyjadriť pomerom $1 : x$, t.z., že na dĺžke x mm sa priemer zmení o 1 mm.

s – sklon kužela, je to polovičná kužeľovitosť

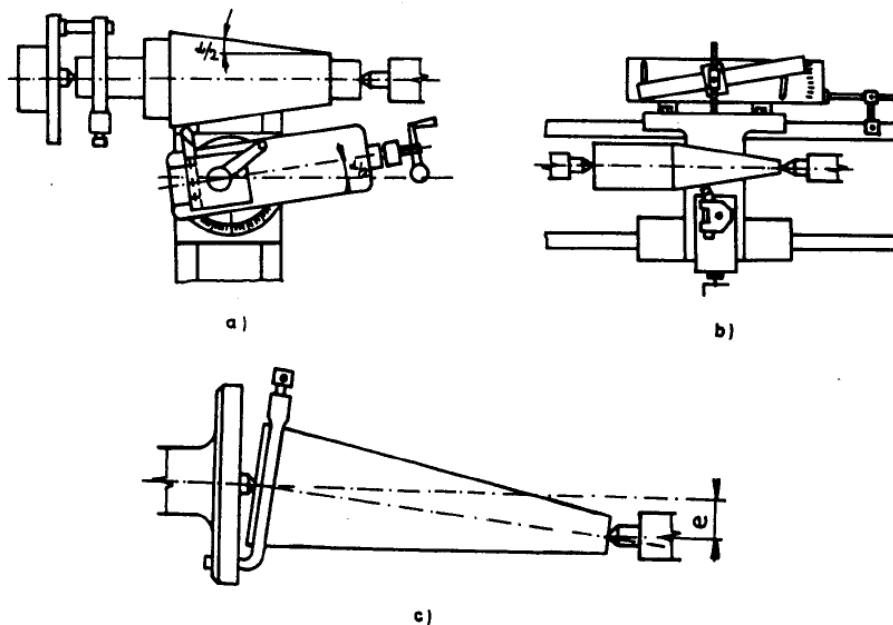
$$s = \frac{D}{2L} \quad s = \frac{D - d}{2L} = \operatorname{tg} \alpha/2$$

Sklon kužela sa vo všeobecnosti udáva pomerom 1 : 2x, t.z., že na dĺžke 2x sa zmení polomer o 1 mm. Napr. $s = 1 : 50$ – na dĺžke 50 mm sa zmení polomer o 1 mm.

1.5.1 Sústruženie vonkajších kužeľových plôch

Vonkajšie kužeľové plochy sa môžu obrábať (obr. 1.19).:

1. s pootočenými nožovými saňami,
2. pomocou vodiaceho pravítka,
3. s koníkom vysunutým z osi sústruženia.



Obr. 1.19. Spôsoby výroby kužeľov na sústruhu

a – pootočením nožových saní, b – pomocou vodiaceho pravítka, c – vyosením koníka

Sústruženie vonkajších kužeľových plôch s pootočenými nožovými saňami

Povrchové úsečky kužeľovej plochy sú sklonené k osi sústruženia pod uhlom $\alpha/2$ (obr. 1.19 a). Sústružnícky nôž sa musí posúvať rovnobežne s povrchovou úsečkou kužela, preto sa musia nožové sane pootočiť tiež o uhol $\alpha/2$, ktorý možno vypočítať zo vzťahu : $\operatorname{tg} \alpha/2 = (D - d) / 2L$.

Týmto spôsobom možno obrábať iba pomerne krátke kužeľové plochy.

Posuv pri tomto spôsobe je len ručný, preto kvalitu obrobenia ovplyvňuje obsluha stroja.

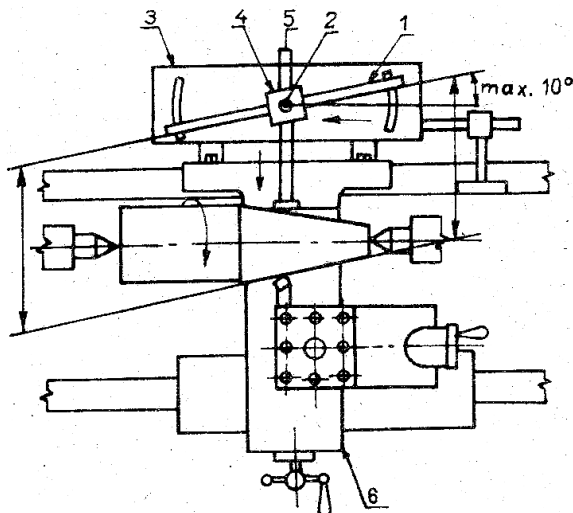
Nožové sane do požadovanej polohy možno nastaviť :

1. podľa uhlovej stupnice na nožovom suporte,
2. uhlomerom,
3. pomocou vzorky alebo kalibra a číselníkového odchyľkomera.

Nevýhodou tohto spôsobu je nastavovanie nožových saní do pôvodnej polohy.

Sústruženie vonkajších kužeľových plôch pomocou vodiaceho pravítka

Vodiace pravítko (obr. 1.19 b, obr. 1.20) je uložené na konzolách na zadnej strane stroja a je otočné okolo čapu 2 na základovej platni 3. Po pravítku sa posúvajú sane 4, ktoré sú ťahadlom 5 spojené s priečnymi saňami. Posuvová skrutka sa musí vopred uvoľniť, aby sa priečne sane mohli radiálne posúvať. Na nastavenie hĺbky rezu sa nožové sane 6 pootočia o 90°. Vodiace pravítko sa nastavuje pomocou uhlovej stupnice, ktorá je na základovej platni 3 (na saniach). Rozsah nastavenia je 10 až 15° na obidve strany, čiže pre vrcholový uhol 20 až 30°. Po nastavení uhla sklonu kužeľa ($\alpha/2$) sa pravítko zabezpečí skrutkami.



Obr. 1.20. Sústruženie vonkajších kužeľových plôch pomocou vodiaceho pravítka

1 – vodiace pravítko, 2 – čap, 3 – základová platňa, 4 – sane, 5 – ťahadlo, 6 – priečne nožové sane

Výhodou tohto spôsobu je možnosť sústruženia plných a dutých kužeľových plôch, ľahké nastavenie na žiadaný sklon kužeľa a tiež možnosť rezania kužeľového závitu, strojový posuv a netreba nastavovať koník ani nožové sane.

Sústruženie vonkajších kužeľových plôch s vysunutým koníkom

Vysunutím koníka z osi sústruženia pod polovičným vrcholovým uhlom kužeľovej plochy, vznikne na obrobku, upnutom medzi hrotmi, kužeľová plocha (obr. 1.20 c). Dĺžka priečného vysunutia koníka sa nazýva excentricita a označuje sa e . Vysunutie môže byť iba malé, preto sa týmto spôsobom sústružia len dlhé kužele.

Výhodou tohto spôsobu sústruženia kužeľových plôch je, že môžeme použiť aj strojový pozdĺžny posuv suportu, čím sa dosiahne hladký povrch obrobenej plochy.

Vysunutie koníka sa musí presne vypočítať. V praxi sa môžu vyskytnúť dva prípady :

1. kužeľová plocha je po celej dĺžke obrobku (obr. 1.21 a,b),
2. kužeľová plocha je len na časti obrobku (obr. 1.21 c,d).

Ak je kužeľová plocha po celej dĺžke obrobku, potom excentricitu vypočítame :

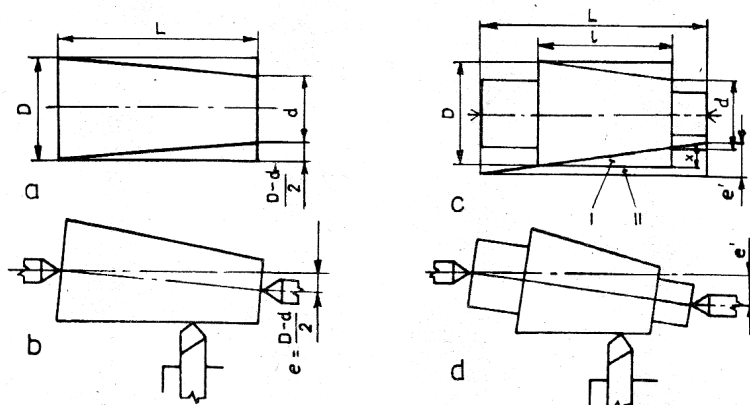
$$e = \frac{D - d}{2}$$

Príklad : O akú hodnotu e treba vysunúť koník pri sústružení kužeľa, ak $D = 60$ mm, $d = 56$ mm a dĺžka kužeľa $L = 400$ mm ?

Riešenie :

$$e = \frac{D - d}{2} = \frac{60 - 56}{2} = 2 \text{ mm}$$

Koník treba vysunúť o 2 mm.



Obr. 1.21. Priechne vysunutie koníka

a,b – kužeľová plocha je po celej dĺžke obrobku, c,d – kužeľová plocha je len na časti obrobku

Ak je kužeľová plocha len na časti obrobku, potom sa excentricita vypočíta :

$$e' = \frac{D-d}{2} \cdot \frac{L}{l} = L \cdot \frac{D-d}{2 \cdot l} = L \cdot \frac{k}{2}$$

Príklad : O akú hodnotu e' treba vysunúť koník, ak je dĺžka obrobku $L = 200$ mm, dĺžka kužeľa $l = 100$ mm, $D = 60$ mm, $d = 57$ mm ?

Riešenie :

$$e' = L \cdot \frac{D-d}{2 \cdot l} = 200 \cdot \frac{60-57}{2 \cdot 100} = 3 \text{ mm}$$

Koník treba vysunúť o 3 mm.

Veľkosť priečného vysunutia koníka nemá presahovať $1/50$ dĺžky obrobku, aby upínacie hroty v strediacich jamkách priliehali, nevyláčali sa a obrobok sa neuvoľňoval. Odporúča sa použiť upínací hrot s guľovým zakončením.

Výhodou tohto spôsobu je strojový posuv, nevýhodou je nepevné upnutie obrobku a zdĺhavé nastavovanie koníka do pôvodnej polohy.

Cvičenie 1 :

O koľko sa musí vysunúť koník pri sústružení kužeľa, ak $D = 100$ mm, $d = 94$ mm a dĺžka kužeľa $L = 500$ mm ?

Cvičenie 2 :

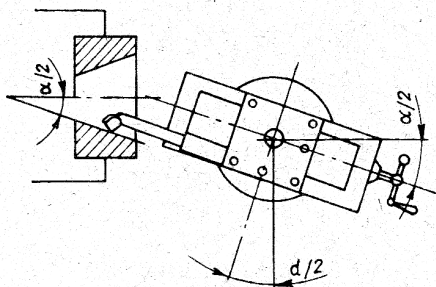
O koľko sa musí vysunúť koník, ak je dĺžka obrobku $L = 400$ mm, dĺžka kužeľa $l = 200$ mm, $D = 86$ mm, $d = 82$ mm ?

1.5.2 Sústruženie vnútorných kužeľových plôch

Vnútorné kužeľové plochy sa môžu obrábať :

1. s pootočenými nožovými sahami (obr. 1.22),
2. pomocou vodiaceho pravítka,
3. kužeľovými výstružníkmi.

Prvé dva spôsoby sú zhodné s obrábaním vonkajších kužeľov. Na sústruženie sa používajú nože na vnútorné sústruženie alebo vyvrtávacie tyče.

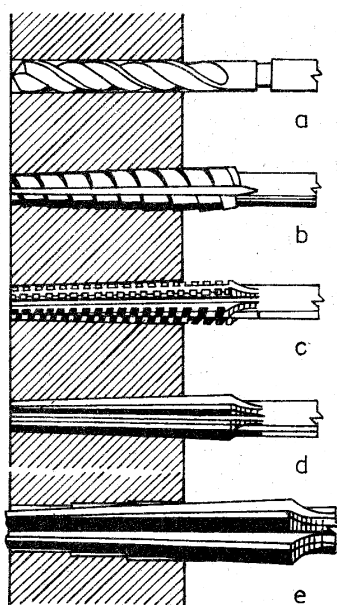


Obr. 1.22. Sústruženie vnútorných kužeľov pootočenými nožovými saňami

Sústruženie vnútorných kužeľových plôch výstružníkmi

Vnútorné kužeľové plochy s malým vrcholovým uhlom sa obrábajú kužeľovými výstružníkmi rozširovaním valcovej diery. Odoberá sa tak nerovnomerné množstvo materiálu po dĺžke. Používajú sa sady výstružníkov s 3 kusmi – predhrubovací, hrubovací a hladiaci. Predhrubovací výstružník (obr. 1.24 b) odoberá najviac materiálu. Hrubovací výstružník (obr. 1.24 c) vyhrubuje predhrubovaný kužeľ a dá mu správny tvar. Hladiacim výstružníkom (obr. 1.24 d) sa vyhrubovaný otvor obrobí na čisto.

Pri kužeľoch s väčšími priermi je uberanie materiálu pomalé a zdĺhavé. Preto v takomto prípade sa otvor vopred stupňovito predvrtá a potom vystruží (obr. 1.23 e).



Obr. 1.23. Vystružovanie kužeľových otvorov

a – vrták, b – predhrubovací výstružník, c – hrubovací výstružník, d – hladiaci výstružník, e – vystružovanie stupňovitých otvorov

1.5.3 Sústruženie kužeľových plôch na programových strojoch

Číslicové riadenie prinieslo do sústruženia nové možnosti práce. Zjednodušilo a umožnilo výrobu obecných a tvarových rotačných plôch, zjednodušilo spôsoby výroby závitov a nahradilo kopírovacie zariadenia. Kinematickú väzbu nahradilo väzbou v riadiacom počítači. To znamená, že tieto stroje pracujú samostatne podľa zadaného programu. Pri výrobe kužeľových plôch sa namiesto mechanických úprav sústruhu využíva číslicové

riadenie. Riadiaci systém (súvislý) vypočíta a riadi trajektóriu pohybu. Tým sa zabezpečí relatívny pohyb medzi nástrojom a obrobkom po takej dráhe, aby bol vyrobený obrobok požadovaného tvaru.

Pri výrobe kužeľových plôch sa využíva lineárna interpolácia t.z , že výsledný pohyb bude po sklonenej priamke o určitý uhol. Riadiaci systém musí regulátoru polohy dodávať o akú hodnotu a akou rýchlosťou sa musí pohybovať servomotor v osiach napr. X a Y, aby zložením dvoch pravouhlých pohybov došlo k výslednému pohybu po sklonenej priamke.

Ďalšou výhodou výroby na NC a CNC sústruhoch je automatická výmena obrobkov aj nástrojov, práca v automatickom cykle, možnosť rôznych technologických operácií (napr. sústruženie, vŕtanie, frézovanie a pod.), automatický odvod triesok, aktívna kontrola v priebehu obrábania aj mimo obrábací proces a pod.

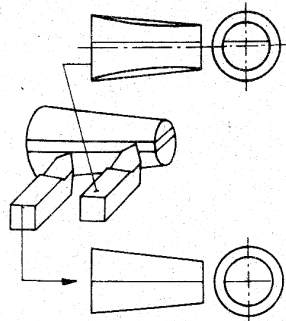
Signály z odmeriavacieho zariadenia sú vyhodnocované a porovnávané s naprogramovanou polohou a v prípade nezrovnalostí dochádza automaticky k náprave.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Vysvetlite, aké sú to kužeľové plochy a načo slúžia ?
2. Akými spôsobmi sa obrábajú vonkajšie kužeľové plochy ?
3. Akými spôsobmi sa obrábajú vnútorné kužeľové plochy ?
4. Popíšte výrobu kužeľov s pootočenými nožovými saňami.
5. Popíšte výrobu kužeľov pomocou vodiaceho pravítka.
6. Popíšte výrobu kužeľov priečnym vysunutím koníka.
7. Popíšte výrobu vnútorných kužeľov výstružníkmi.
8. Aké sú výhody výroby kužeľových plôch na programových strojoch ?

1.6 Rezné podmienky a nástroje pre sústruženie kužeľových plôch

Pri sústružení kužeľových plôch sa musí nôž nastaviť presne do osi sústruženia. Pri nastavení noža nad alebo pod os, kužeľová plocha nie je presná (obr. 1.24).



Obr. 1.24. Nastavovanie nožov pri sústružení kužeľových plôch

Upnutie obrobku medzi hrotmi musí byť súosové a dĺžky aj hĺbky strediacich jamiek musia byť rovnaké.

Rezné podmienky pri sústružení vonkajších aj vnútorných kužeľových plôch sú ako pri sústružení valcových plôch. Pre súčiastky upnuté medzi hrotmi sa pri väčšom vysunutí koníka volí menší prierez triesky, pretože hrot nedosadá po celej ploche strediacej jamky. Jamka sa môže veľkým tlakom odtlačať, obrobok uvoľňovať a po sústružení je nepresný.

Rezné podmienky pri obrábaní vnútorných kužeľových plôch výstružníkmi sú ako pri vystružovaní valcových otvorov výstružníkmi. Posuv musí byť plynulý a pohybuje sa od 0,02 do 0,05 mm.

Tak ako pri voľbe rezných podmienok aj pri voľbe nástrojov platia rovnaké zásady ako pri sústružení valcových plôch (vonkajších aj vnútorných).

Na meranie a kontrolu kužeľových plôch sa najčastejšie používajú uhloмеры, kužeľové kalibre, uhlové mierky a šablóny.

Na meranie vrcholového uhla a uhla sklonu sa používa univerzálny uhlomer.

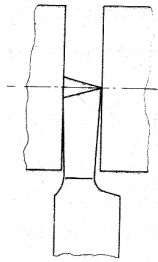
Normalizované kužele sa v praxi najčastejšie kontrolujú kužeľovými kalibrami.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Prečo sa musí nôž nastaviť presne do osi sústruženia ?
2. Aké rezné podmienky sa volia pri sústružení kužeľových plôch ?
3. Aké nástroje sa používajú ?

1.7 Upichovanie

Upichovaním na sústruhoch sa oddeľuje obrobok od polotovaru (tyče) alebo sa materiál rozdeľuje na niekoľko kusov (obr. 1.25).



Obr. 1.25. Upichovanie na sústruhu

Obrobky väčších priemerov sa musia upichovať veľmi opatrne, pretože nôž sa ľahko zasekáva.

Upichovacie nože sa podobajú nožom zapichovacím, ale majú dlhšiu reznú časť (obr. 1.28). Jej dĺžka závisí od priemeru upichovaného materiálu. K polomeru materiálu sa pripočítava ešte niekoľko milimetrov na vôľu medzi obrobkom a osadením noža.

Upichovacie nože musia mať úzke ostrie, aby pri upichovaní nevznikalo veľmi veľa triesok a neplytvalo sa materiálom. Dĺžka reznej hrany závisí od pevnosti a tvrdosti obrábaného materiálu a od jeho priemeru.

Rezná časť upichovacieho noža sa zbrusuje rovnako ako rezná časť zapichovacieho noža.

Niekedy je rezná hrana upichovacích nožov šikmá (obr. 1.28 b). Dosiahne sa tým to, že sa najprv hladko upichne hotová súčiastka a až pri ďalšom posune sa upichne zvyšok materiálu na ďalšej súčiastke. Šikmá rezná hrana odtláča nôž smerom k upichovanému obrobku a na obrobkoch väčších priemerov vzniká vydutá čelná plocha. Túto nevýhodu odstraňuje upichovací nôž s dvojitou reznou hranou (obr. 1.28 c).

Z hľadiska hospodárnosti sa využívajú delené upichovacie nože (obr. 1.28 d), kde pracovná časť je z kvalitného materiálu a držiak je z konštrukčnej ocele.

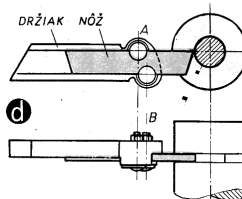
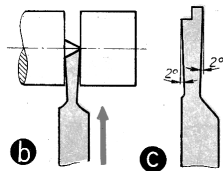
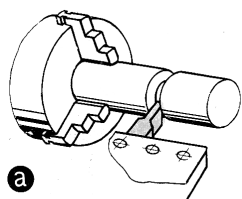
Pri upichovaní tvrdého materiálu s väčším priemerom sa používa vyhnutý upichovací nôž s čelom otočeným dole (obr. 1.29 a,b). Obrobok sa pritom musí otáčať v opačnom smere. Ak je v materiáli jadro a ostrie naň pri upichovaní narazí, nôž odpruží nahor, nezasekne sa a nezlomí sa.

Väčší počet menších súčiastok (napr. podložky, krúžky, kotúčky) sa dá súčasne úsporne upichovať viacerými nožmi. Nože sa nastavujú a upínajú podľa obr. 1.29 c. Tak sa dosiahne, že jednotlivé upichovacie nože sa dostávajú do záberu postupne. Upichnuté súčiastky začínajú odpadávať od pravej strany. Výhodou takéhoto usporiadania nožov je, že sa skráti výrobný čas a že upichnuté súčiastky majú rovnaké rozmery.

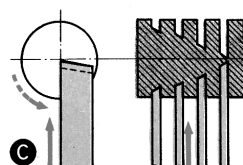
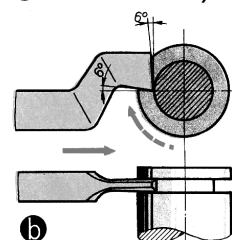
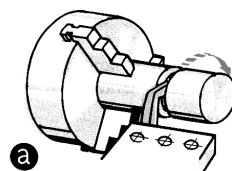
Rezné podmienky.

Posuv pri upichovaní je ručný alebo strojový. Musí však byť plynulý a rovnomerný. Zvlášť opatrne sa musí upichovací nôž posúvať pri dokončovaní rezu, aby ho nezlomil zvierajúci materiál. Ručný posuv je malý, volí sa asi 30 až 40% strojového posuvu.

Posuv a rezná rýchlosť sa volí menšia ako pri hrubovaní vonkajších valcových plôch. Ich hodnoty sú doporučené normou STN. Ich hodnoty sú uvádzané v kapitole Zapichovanie.



Obr. 1.26. Upichovacie nože
a – upichovanie, b – so šikmou reznou hranou, c – s dvojitou reznou hranou
d – delený upichovací nož



Obr. 1.27. Špeciálne spôsoby upichovania
a, b – nož otočený čelom dole, c – upichovanie viacerými nožmi

KONTROLNÉ OTÁZKY :

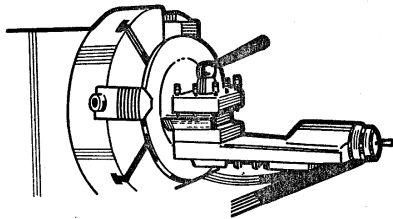
1. Čo je to upichovanie ?
2. Aké druhy upichovacích nožov poznáme ?
3. Popíšte rezné podmienky pri upichovaní.

1.8 Vypichovanie

Okrem upichovania, čiže rozdeľovania materiálu kolmo na jeho os, možno na sústruhu materiál rozdeľovať aj vypichovaním (obr. 1.28). Touto operáciou možno vysústružiť diery väčšieho priemeru (napr. príruby, vence a pod.), pričom sa získa jej vnútorná časť, ktorú možno ďalej prakticky spracovať.

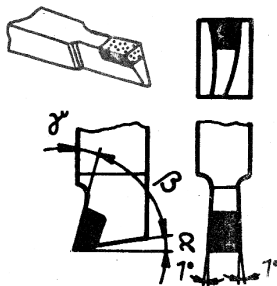
Výhodou vypichovania dier veľkého priemeru je okrem hospodárneho využitia vzniknutého odpadu aj pomerne krátky čas, ktorý je potrebný na ich osústruženie, na rozdiel od ich výroby vŕtaním a postupným vyvrtávaním vnútornými sústružníckymi nožmi.

Vypichovať môžeme krúžky z tyčového materiálu alebo z narezaných alebo upichnutých kotúčov.

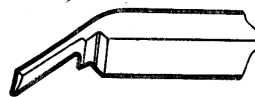


Obr. 1.28. Vypichovanie materiálu

Na vypichovanie sa používajú vypichovacie nože (obr. 1.29, obr. 1.30), ktorých základný tvar je rovnaký ako pri upichovacích nožoch. Líšia sa od nich len tým, že majú viac podbrúsené vedľajšie chrbtové plochy. Veľkosť podbrúsenia sa riadi priemerom vypichovanej diery. Čím menší je priemer vypichovanej diery, tým sa musí nôž viac podbrusovať. Veľkosť uhla čela vypichovacieho noža sa riadi predovšetkým pevnosťou obrábaného materiálu.



Obr. 1.29. Priamy vypichovací nôž



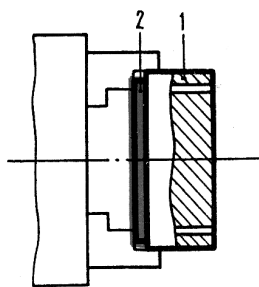
Obr. 1.30. Vypichovací nôž na vypichovanie dier väčšej dĺžky

Postup prác pri vypichovaní je podobný ako pri upichovaní.

Pri vypichovaní dier obrobok 1 treba v upínači podložiť 2 až 3 mm tenkou kruhovou podložkou 2 z mäkkej ocele (obr. 1.31), aby nôž pri dokončovaní diery nenarazil do kalených upínacích čelustí. Výškovo sa vypichovací nôž nastavuje do osi sústruženia rovnobežne s osou obrobku a s čo najmenšou dĺžkou vyloženia, aby sa zamedzilo jeho zasekávaniu do materiálu obrobku.

Vypichovanie z tyče.

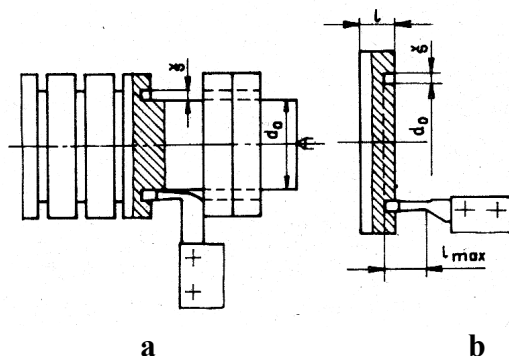
Pri vypichovaní z tyče (obr. 1.34 a) sa vonkajší priemer tyče obyčajne sústruží na čisto, prípadne s prídavkom na brúsenie. Dĺžka tyče sa zvolí podľa počtu vyrábaných krúžkov so zreteľom na priehyb tyče. Tyč sa upína v skľučovadle a podopiera sa hrotom. Do tyče sa sústružia zápichy vo vzdialenosti rovnajúcej sa hrúbke krúžku s prídavkom asi 0,8 mm na konečné obrobenie čiel a do hĺbky rovnajúcej sa šírke medzikružia krúžku, s prídavkom na konečné obrobenie diery. Zapichnuté krúžky sa postupne oddeľujú vypichovaním, pričom tieto krúžky sa navliekajú na vypichovací nôž.



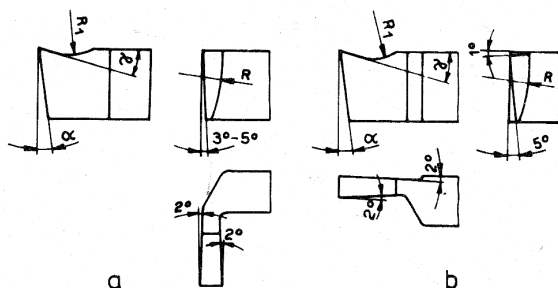
Obr. 1.31. Podkladanie vypichovaného obrobku kruhovou podložkou
1 – obrobok, 2 – kruhová podložka

Nástrojom je zohnutý vypichovací nôž, upravený podľa priemeru diery. Vypichuje sa pri opačnom zmysle otáčania vretena. Nôž sa upevňuje reznou hranou dolu, vo výške osi vretena.

Vypichovanie z kotúčov (obr. 1.32 b). Je to v podstate čelné upichovanie. Umožňuje vypichovať do väčšej hĺbky a väčšími reznými rýchlosťami. Výhodne sa uplatňuje vypichovanie dvoma nožmi, ktoré sú oproti sebe. Pri vypichovaní z obidvoch strán je možné vypichovať až dĺžku 80 mm a aj viac. Najskôr sa obrobok vypichuje z jednej strany asi do $\frac{1}{2}$ dĺžky, potom sa upne obrátene a vypichnutie sa dokončí. Veľkú pozornosť treba venovať tesne pred dokončením diery, aby sa nôž nezasekol a nezlomil. Preto sa musí včas vypnúť strojový posuv a pri ručnom posuve treba prácu dokončiť veľmi opatrne.



Obr. 1.32. Vypichovanie krúžkov
a – z tyče, b – z kotúčov



Obr. 1.33. Geometria vypichovacích nožov
a – ohnutý vypichovací nôž, b – priamy vypichovací nôž

Pri všetkých spôsoboch vypichovania treba výdatne chladiť. Chladiaca kvapalina umožňuje súčasne aj odvod triesok.

Nástroje na vypichovanie nie sú normalizované.

Rozmery obrobku meriame posuvným meradlom a hĺbkomerom.

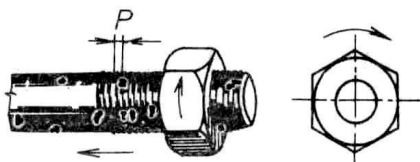
Rezné podmienky sú doporučované normou STN.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Čo je to vypichovanie ?
2. Aké výhody dosiahneme vypichovaním ?
3. Aké nástroje sa používajú na vypichovanie ?
4. Popíšte vypichovanie z tyče a kotúčov.

1.9 Strojové rezanie závitov závitníkmi a závitovými čeľust'ami

Závity sú funkčnou časťou skrutky a matice. Vznikajú vyrezaním skrutkovitej drážky určitého profilu do drieru skrutky - vonkajší závit alebo do diery matice - vnútorný závit (obr. 1.34).

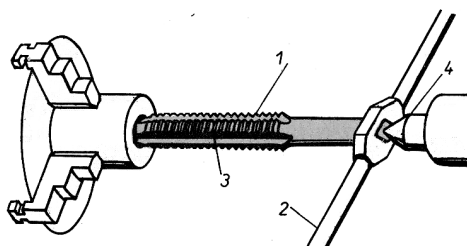


Obr. 1.34. Vonkajší a vnútorný závit

Strojové rezanie závitov závitníkmi

Diera, v ktorej sa bude rezať závit, musí byť predvŕtaná alebo inak predpracovaná na správny priemer. Teoretický sa má rovnať hodnote zodpovedajúcej malému priemeru matice. Potom sa na nej vyrobí kužeľové zahĺbenie, to kvôli lepšiemu zavádzaniu závitníka.

Závitník sa nasadí kužeľom na začiatok diery (obr. 1.35) a podoprie sa upínacím hrotom 4 koníka, aby sa zabezpečila súosovosť závitníka s dierou. Proti otáčaniu sa zabezpečí vratidlom 2, ktoré sústružník drží v ruke, alebo ho môže oprieť o nožové sane, prípadne ho nahradiť unášacím srdcom. Počas rezania závitu musí byť stále závitník podopretý hrotom koníka.



Obr. 1.35. Rezanie pomocou závitníka

1 – vodiaca časť závitníka, 2 – vratidlo, 3 – zubová drážka, 4 – upínací hrot koníka

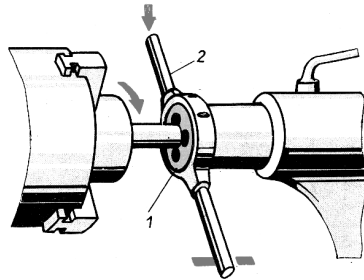
Podľa zvolenej reznej rýchlosti a priemeru rezaného závitu si pracovník nastaví príslušný počet otáčok. Posuv sa nenastavuje.

Použitím vhodnej chladiacej kvapaliny sa dosiahne hladký povrch závitu a opotrebenie závitníka bude menšie.

V slepých otvoroch sa musí rezať závit veľmi opatrne, aby sa nezlomil závitník. Pred rezaním sa označí na závitníku dĺžka jeho zasunutia. Ak je to potrebné, treba včas zastaviť stroj a závit dorezať ručne.

Strojové rezanie závitov závitovými čeľust'ami

Najskôr sa musí osústružiť teleso obrobku na požadovaný priemer. Teoretický sa má rovnať hodnote zodpovedajúcej veľkému priemeru skrutky. Aby sa závitová čeľusť ľahšie zarezala, zrazí sa na začiatku telesa obrobku hrana pod uhlom 45° a to na dĺžku stúpania závit. Závitová čeľusť upnutá vo vratidle 2 sa počas rezania závit mierne pritláča čelom hrotovej objímky koníka k obrobku (obr. 1.36). Tým sa dosiahne súosovosť závitovej čeľuste s obrobkom, čiže vyrezaný závit bude mať správny profil. Vratidlo je opreté o nožovú hlavu alebo o nožové sane suportu alebo ho sústružník drží v ruke. Pri rezaní závit sa závitová čeľusť samočinne posúva a zaskrutkováva na teleso obrobku. Po vyrezaní závit sa zmení zmysel otáčania vretena a závitová čeľusť sa vyskrutkuje.



Obr. 1.36. Rezanie závitov závitovou čeľusťou
1 – kruhová závitová čeľusť, 2 - vratidlo

Pri strojovom rezaní je výhodné použiť aj závitorezné hlavy. Od závitovej čeľuste sa odlišujú tým, že po narezaní závit možno nože vysunúť zo záberu a nástroj voľne vrátiť do pôvodnej polohy rýchloposuvom.

Aby mal vyrezaný závit hladký povrch, odporúča sa použiť vhodnú chladiacu kvapalinu.

Podľa zvolenej reznej rýchlosti a priemeru závit sa vyhl'adá v tabuľkách vhodný počet otáčok vretena a tie sa nastavujú na sústruhu.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

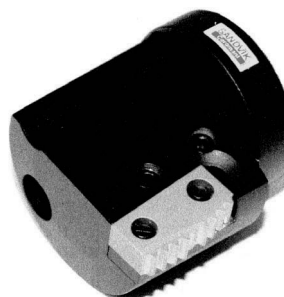
1. Na čo slúžia závity a ako vznikajú ?
2. Ako režeme závity na sústruhu závitníkmi ?
3. Ako režeme závity na sústruhu závitovými čeľusťami ?

1.10 Nástroje, rezné podmienky, závitové cykly na NC strojoch

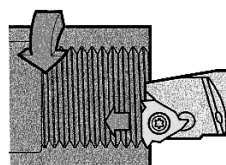
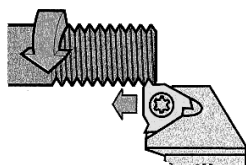
Výroba závitov je na dnešných CNC strojoch naprosto bežnou operáciou, robenou s vysokou produktivitou a prevádzkovou spoľahlivosťou hlavne vďaka použitiu vymeniteľných rezných doštičiek (obr. 1.39). Používajú sa jednak rôzne druhy závitníkov (obr. 1.37), ale aj rezné doštičky, ktorých rezné hrany odpovedajú profilu závitov (obr. 1.38), ktorý chceme vyrobiť.



Obr. 1.37. Nové druhy závitníkov



Obr. 1.38. Rezné doštičky odpovedajú profilu závitov



Obr. 1.39. Spôsob použitia – vonkajšie závitov vnútorné závitov

Rezné podmienky

Posuv obrábacieho stroja je veľmi dôležitý, pretože pri výrobe závitov musí odpovedať stúpaniu závitov. Koordináciu stúpania závitov a posuvu na otáčku u CNC strojov zaisťujú podprogramy

Dnešné moderné rezné doštičky dokážu pracovať s vysokými reznými rýchlosťami.

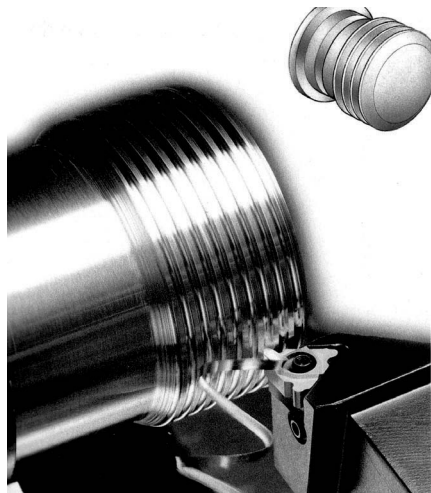
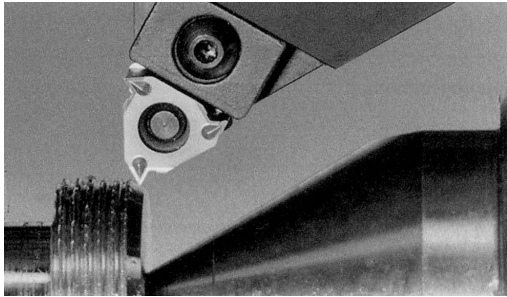
Rezné podmienky sú dané typom použitej reznej doštičky a sú doporučené výrobcom náradia v prehľadných tabuľkách.

Sústruženie závitov neprebíha na jedenkrát, ale hĺbka rezu závitov sa rozdelí obvykle na šesťkrát. Pri každom prechode sa obrobí len časť hĺbky závitov, aby nedochádzalo k preťaženiu tvarovanej reznej hrany.

Ak je požadovaná presnejšia tolerancia závitov, vtedy posledný prechod pri výrobe závitov môžeme previesť bez posuvu. Pri tvrdých materiáloch je potrebné počet prechodov zvýšiť.

Najbežnejší je spôsob obrábania smerom ku skľučovadlu. Opačný smer – od skľučovadla – môžeme využiť len za predpokladu použitia ľavoreznej reznej doštičky. Výhodou použitia pravorezných nástrojov na výrobu pravých závitov a ľavorezných nástrojov k výrobe ľavých závitov je to, že konštrukcia držiaka nástroja zaisťuje maximálnu oporu reznej doštičky.

Použitie závitového cyklu je dané tvorcom programu.



Obr. 1.40. Sústruženie závitov

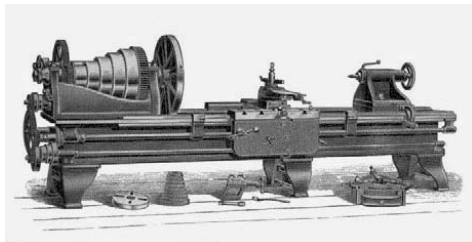
KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Aké nástroje používame pri výrobe závitov na NC strojoch ?
2. Aké sú výhody výroby závitov na NC a CNC strojoch ?
3. Aké závitové cykly poznáme ?

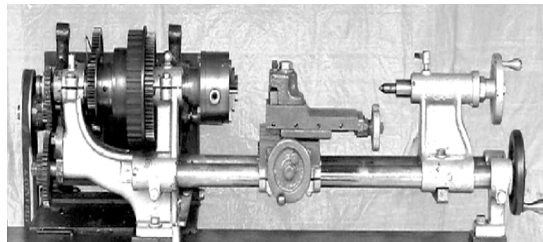
1.11 Požiadavky na prechod na NC a CNC stroje

Vývoj strojov pre sústruženie :

1883



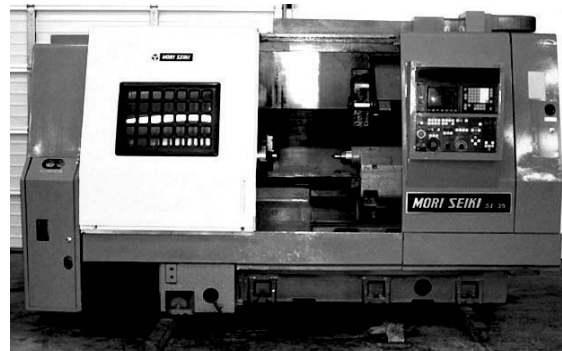
1920



1954



1990



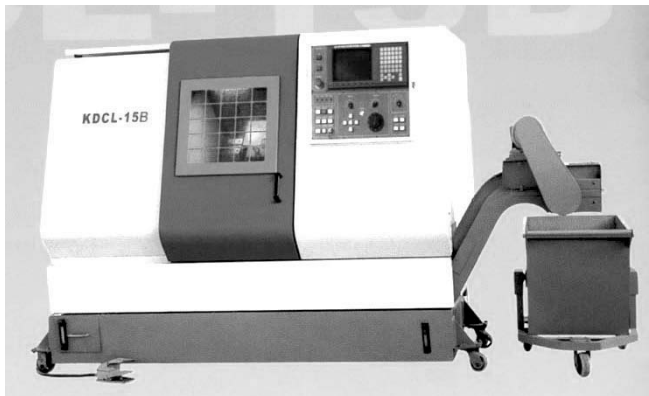
2000



2000...



2000...



V strojárstve prevláda kusová a malosériová výroba, preto treba použiť také stroje, ktorých nastavovanie je podstatne jednoduchšie a ľahšie, pri ktorých môžeme pomerne rýchlo zmeniť výrobný program. Takéto stroje sa nazývajú obrábacími strojmi s pružnou automatizáciou. Sú to stroje s vysokým stupňom automatizácie, pracujú s automatickým pracovným cyklom, ktorý zabezpečuje číslícové riadenie – NC stroje. Vyšším stupňom sú CNC stroje, ktorých základom je malý počítač.

CNC stroj je riadený pomocou tzv. programu, ktorý je vytváraný programátormi, technológmi a je vždy rozdielny pre iný typ súčiastky. V programe sú určené rezné podmienky a tvar finálneho obrobku. Ešte neobrobená súčiastka, tzv. polotovar sa upína do stroja a výstupom je po automatickej práci stroja obrobok v želanej podobe. Veľkým rozdielom medzi CNC a konvenčným strojom je schopnosť vytvárať zložité kontúry. Zatiaľ čo s konvenčným strojom si zložitejší tvar produktu vyžaduje náročné manuálne operácie, ak sa vôbec vyrobiť dá, CNC stroj vyprodukuje akúkoľvek krivku, ktorú možno naprogramovať. CNC stroj je teda jednoznačne vhodný na stredne a veľkosériovú výrobu s veľkým počtom kusov. Hoci aj tu treba zdôrazniť, že na trhu je bežne dostupná široká paleta CNC strojov s rôznym stupňom automatizácie, od ktorého sa odvíjajú ich schopnosti. Stroje s najvyšším stupňom automatizácie a množstvom pohybových osí sa nazývajú obrábacie centrá. V ich prípadoch je integrovaná maximálna automatizácia vrátane podávacích, odoberacích, meracích a korekčných systémov. Obsluha iba kontroluje výstupný výrobok a v prípade potreby vykonáva korekcie v programe.

Ale pozor! NC sústruhy nemusia byť vždy nutne produktívnejšie. Majú zmysel hlavne tam, kde vyniknú ich vlastnosti, teda obrábanie tvarovo zložitých súčiastok (rádiusy, kužele, zložité zápichy a pod.) alebo tam, kde využijeme ich presnosti a odstránime následné dokončovanie a pod. Väčšinou je potrebný menší počet špeciálnych tvarových nástrojov alebo sa bez nich zaobídeme úplne.

Moderné výkonné sústruhy majú väčšinou zvislé alebo šikmé lôžko, ktoré umožňuje dobrý odvod triesok z pracovného priestoru. Niektoré druhy číslícovo riadených sústruhov majú zásobník nástrojov, zariadenie na nesúosové a na os rotácie kolmé vŕtanie a frézovanie. Tým sa z nich stávajú obrábacie centrá na výrobu rotačných súčiastok. Podstatné zvýšenie objemu odoberaného materiálu za jednotku času dosahuje sa predovšetkým obrábaním dvoma nástrojmi súčasne. Súčasný a pritom vzájomne nezávislý pohyb dvoch nástrojov umožňujú dva oddelené pracovné suporty s revolverovými hlavami riadené štvorosovým riadiacim systémom. Navyše majú tieto stroje automaticky ovládaný koník, ktorý podopiera dlhšie prírubové súčiastky a tak zabezpečuje, bezpečné upnutie pri výkonnom obrábaní. Doplnením číslícovo riadených sústruhov zásobníkom obrobkov a manipulátorom na ich automatickú výmenu vznikajú automatizované technologické pracoviská ATP.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

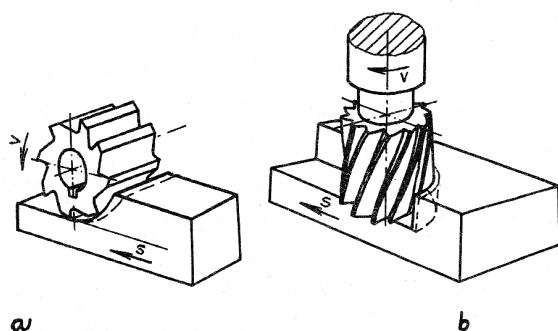
1. Aké sú to stroje s pružnou automatizáciou ?
2. Charakterizujte NC a CNC stroje.
3. Čím sa odlišujú od konvenčných sústruhov ?

2 Frézovanie

Frézovanie patrí medzi najpoužívanejšie spôsoby obrábania. Môžeme ním obrábať jednoduché aj zložené rovinné plochy, závit, rôzne zložené nepravidelné tvary a rotačné plochy. Výhodne sa frézovaním obrábajú najmä široké rovinné a tvarové plochy.

Frézovanie je obrábanie, pri ktorom sa rotačný nástroj s viacerými reznými klinmi (zubami) otáča a obrobok sa rovnomerne posúva tak, aby jednotlivé zuby postupne prichádzali do záberu a odrezávali samostatnú triesku.

Frézovací nástroj – fréza má na svojom obvode alebo čele vytvorený určitý počet rezných klinov. Rotačný pohyb, čiže otáčanie frézy je hlavný rezný pohyb v . Pohyb obrobku je posuvný pohyb s (obr. 2.1).



Obr. 2.1. Pohyby pri frézovaní – a – valcovom, b – čelnom
 v – hlavný rezný pohyb, s – posuvný pohyb

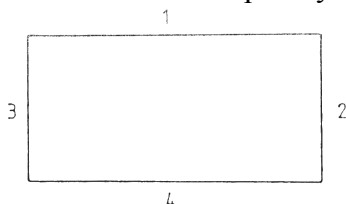
2.1 Frézovanie pravouhlých spojených plôch

Pri frézovaní pravouhlých spojených plôch určíme najskôr tzv. technologickú základňu t.j. plochu, od ktorej budeme vychádzať pri stanovení pracovného postupu. K nej sa budú vzťahovať aj všetky merania počas obrábania - označíme ju číslom 1 (obr. 2.2),

číslom 2 a 3 označíme tie, ktoré sú kolmé na plochu 1,

číslom 4 označíme plochu rovnobežnú s plochou 1,

číslom 5 a 6 označíme čelné plochy.



Obr. 2.2. Označenie plôch pri frézovaní pravouhlých spojených plôch, 5 a 6 – čelné plochy

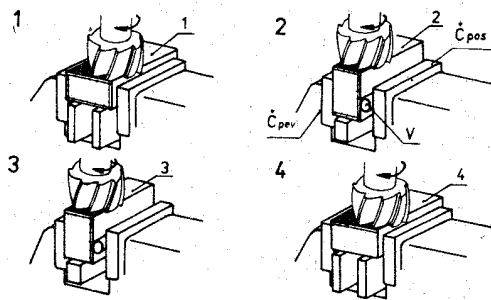
Jednotlivé plochy ofrézujeme v poradí :

1. Najprv ofrézujeme širokú plochu 1, ktorú zvolíme za technologickú základňu (obr. 2.3-1). Obrobok upneme do strojového zveráka. Zverák treba vyuhlovať, čiže upnúť tak, aby pevná čeľusť bola rovnobežná s čelnou plochou stojana frézovačky. Výška použitých podloží na podloženie obrobku musí byť taká, aby obrobok vyčnieval zo zveráka viac, ako je celý prídavok na frézovanie. Po upnutí obrobku a nastavení hĺbky záberu ofrézujeme plochu 1 hrubovacím aj hladiacim záberom.

3. Potom treba ofrézovať úzku plochu 2, kolmú na plochu 1 (obr. 2.3-2). Obrobok pri upínaní treba dať obrobenou plochou 1 k pevnej (nepohyblivej) čeľusti zveráka. Aby táto plocha správne priláhla na pevnú čeľusť zveráka, musíme medzi pohyblivú

čelúšť a obrobok vložiť valček v. Tým zabránime spriečeniu upínaného obrobku tlakom pohyblivej čelúšte zveráka. Nastavíme hĺbku frézovania a ofrézujeme plochu 2 hrubovacím aj hladiacim záberom.

4.



Obr. 2.3. Postup pri frézovaní hranola

$\check{c}_{pev}$ – pevná čelúšť zveráka, $\check{c}_{pos}$ – pohyblivá čelúšť zveráka, v - valček

3. Ako ďalšiu ofrézujeme druhú úzku plochu 3 (obr. 2.3-3). Obrobok vložíme do zveráka tak, aby ofrézovaná plocha 1 priliehala na pevnú čelúšť a ofrézovaná plocha 2 bola dole (na dne zveráka, respektíve na podložkách). Medzi obrobok a pohyblivú čelúšť opäť vložíme valček. Obrobok zovrieme medzi čelúste a súčasne ho doklepáme, aby celou plochou 2 dosadol na dno zveráka alebo na podložky. Skontrolujeme upnutie a nastavenie obrobku a ofrézujeme plochu 3 hrubovacím aj hladiacim záberom.

4. Ako štvrtú ofrézujeme širokú plochu 4, rovnobežnú s plochou 1 (obr. 2.3-4). Obrobok položíme plochou 1 na podložky (musí prevyšovať čelúste zveráka). Správne dosadenie obrobku na podložky dosiahneme jeho doklepávaním pri ťahovaní čelústí zveráka. Po skontrolovaní nastavenia a upnutia obrobku ofrézujeme túto plochu 4 hrubovacím aj hladiacim záberom.

5. Nakoniec ofrézujeme čelné plochy hranola a to tak, že nastavíme vzájomnú polohu nástroja a obrobku vo zveráku a čelné plochy frézujeme na požadovaný rozmer valcovým frézovaním, čiže zubami na obvode frézy.

Ofrézované plochy sa chránia pred poškodením pri upínaní ochrannými plechmi na čelúste zveráka. Kolmosť obrobených plôch kontrolujeme uholníkom, rovinnosť vlasovým pravítkom. Rozmery meriame posuvným meradlom.

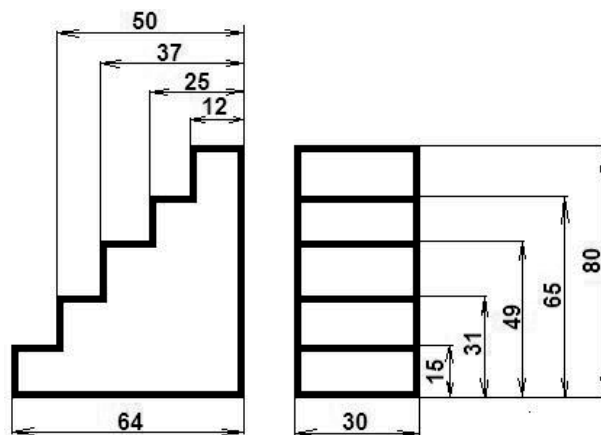
Pri frézovaní spojených pravouhlých plôch sa môžu vyskytnúť nepodarky spôsobené nedodržaním rozmerov, kolmosti a rovnobežnosti plôch a ich drsnosti. Príčinou týchto chýb je spravidla nesprávne nastavenie obrobku, nedodržanie čistoty pri upínaní, málo pevné upnutie obrobku (obrobok sa počas frézovania uvoľní).

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Čo je to frézovanie ?
2. Na čo nám slúži technologická základňa ?
3. Aký je postup pri frézovaní pravouhlých spojených plôch ?
4. Prečo pri upínaní do zveráka používame valček ?
5. Aké spôsoby kontroly používame ?
6. Ako sa dá predísť vzniku nepodarkov ?

2.2 Frézovanie pravouhlých osadených plôch

Frézovanie osadených plôch si vysvetlíme na príklade podľa obrázku :



1. Polotovár upneme do zveráka a zuhlujeme podľa kapitoly 2.1 na rozmer 30x64x80. Ako nástroj použijeme frézovaciu SK hlavu.

Pri ďalších prácach použijeme čelnú valcovú frézu, ktorá odoberá materiál zubami na čele ale aj zubami na obvode frézy.

2. Potom ofrézujeme osadenú plochu č. 1 na rozmery 12 a 65.

3. Ofrézujeme osadenú plochu č. 2 na rozmery 25 a 49.

4. Osadenú plochu č. 3 len vyhrubujeme.

5. Obrobok otočíme o 90° a ofrézujeme plochu č. 4 na rozmery 50 a 15.

6. Osadenú plochu č. 3 dokončíme na rozmery 37 a 31.

Počas obrábania obrobok chladíme.

Na kontrolu použijeme posuvné meradlo, uholník, nožové pravítko a vzorkovnicu drsnosti povrchu.

Ako ste si určite všimli, frézovanie pravouhlých osadených plôch sa výrazne podobá obrábaniu rovinných plôch čelnými valcovými frézami. Preto aj rezné podmienky sa tu používajú ako pri frézovaní rovinných plôch.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

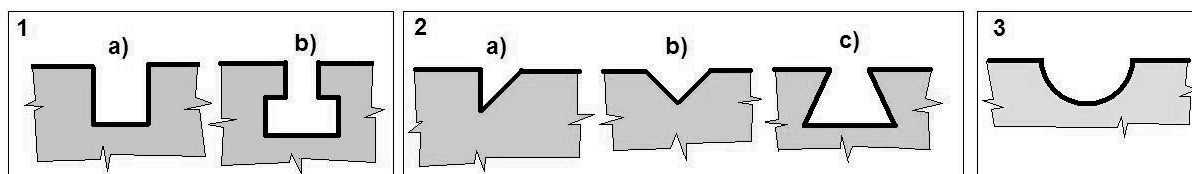
1. Vysvetlite postup frézovania pravouhlých osadených plôch.
2. Aké nástroje a aké rezné podmienky pri tom používame ?

2.3 Frézovanie drážok

Drážky sa môžu vyrábať obrázaním, hobľovaním, preťahovaním alebo pretláčaním a frézovaním.

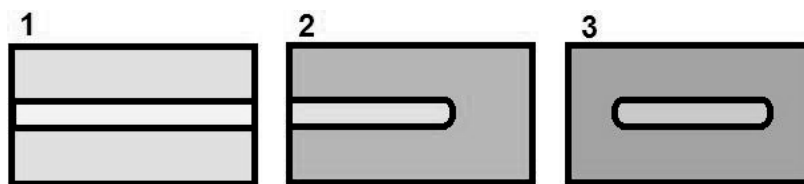
Drážky môžeme rozdeliť na :

- a) Podľa tvaru : 1. – pravouhlé – drážky tvaru U – obr. 1a)
drážky tvaru T – obr. 1b)
 - 2. – uhlové – drážky tvaru V nesúmerné – obr. 2a)
drážky tvaru V súmerné – obr. 2b)
rybinovité – obr. 2c)
 - 3. – tvarové – rádiusové – obr. 3
Modulové



Obr. 2.4. Delenie drážok podľa tvaru

- b) Podľa hĺbky : 1. – priechodné – prechádzajú celou hrúbkou materiálu,
2. – zapustené – len do určitej hĺbky.
- c) Podľa smeru : 1. – rovné
2. – skrutkové – pravotočivé
ľavotočivé
- d) Podľa dĺžky : 1. – priebežné – obr. 1
2. – polouzavreté – obr. 2
3. – uzavreté – obr. 3



Obr. 2.5. Delenie drážok podľa dĺžky

Frézovanie pravouhlých drážok

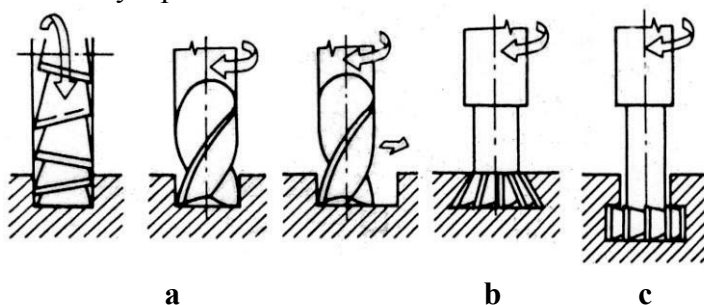
Pravouhlé drážky tvaru U frézujeme kotúčovými frézami alebo stopkovými drážkovými frézami. Drážky väčšej šírky frézujeme čelnými stopkovými frézami. Drážku podľa potreby rozšírime na požadovaný rozmer (obr.2.6 a).

Pravouhlé drážky tvaru U sa využívajú napr. drážka pre pero, ktorá je uzavretá a zapustená, alebo drážka pre upínací skrutku v úpinke, ktorá je priechodná.

Pravouhlé drážky tvaru T frézujeme dvoma frézami. Najskôr kotúčovou alebo stopkovou frézou vyfrézujeme pravouhlú drážku tvaru U a potom špeciálnou frézou na T drážky dofrézujeme rozšírenú časť drážky (obr. 2.6 c).

Drážky tvaru T sa najčastejšie vyskytujú na stoloch obrábacích strojov (napr. na pozdĺžnom stole frézovačiek), na upínacích doskách a platniach rôznych prípravkov (napr. kruhová upínacia doska otočného stola), v základových doskách a pod. Vkladajú sa do nich skrutky

s hlavou tvaru T, ktorými sa upevňujú zveráky, deliace prístroje, upínacie prípravky, opierky alebo priamo súčiastky a pod.



Obr. 2.6. Frézovanie drážok – a – tvaru U, b – rybinovitých, c – tvaru T

Frézovanie rybinovitých drážok

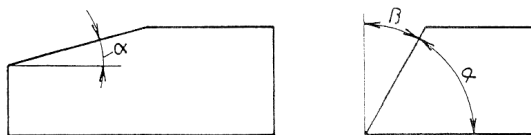
Rybinovité drážky patria do skupiny uhlových drážok a vyhotovujú sa podobným spôsobom ako drážky pravouhlé tvaru T, t.j. dvoma nástrojmi. Čelnou valcovou frézou alebo kotúčovou frézou sa vyfrézuje pravouhlá drážka tvaru U a potom uhlovou frézou sa dofrézuje uhlová rozšírená časť drážky (obr. 2.6 b). Rybinovité drážky sa najčastejšie vyskytujú na obrábacích strojoch ako vodiace plochy (napr. vedenie pozdĺžneho stola frézovačiek a pod.).

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Ako rozdeľujeme drážky ?
2. Ako vyrábame pravouhlé drážky ?
3. Ako vyrábame rybinovité drážky ?

2.4 Frézovanie šikmých plôch

Šikmé plochy sú také plochy, ktoré so základnou vodorovnou plochou (technologickou základňou) zvierajú iný uhol než 0° (rovnobežné plochy) alebo 90° (kolmé plochy).



Obr. 2.7. Frézovanie šikmých plôch: α – uhol sklonu šikmej plochy od vodorovnej roviny, β – uhol sklonu šikmej plochy od zvislej roviny

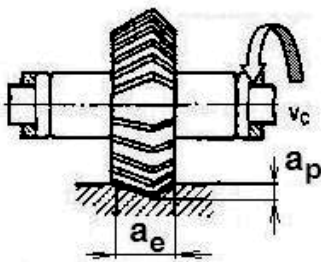
Šikmé plochy môžeme frézovať niekoľkými spôsobmi :

1. uhlovými frézami,
2. podľa orysovania,
3. s použitím špeciálnych šikmých podložiek,
4. natočením alebo sklopením zveráka,
5. vyklonením vreteníkovej hlavy (vretena).

Voľba spôsobu frézovania a frézovačky závisí najmä od veľkosti šikmej plochy, počtu frézovaných obrobkov a technického vybavenia dielne.

Frézovanie šikmých plôch uhlovými frézami

Uhlovými frézami sa frézujú úzke šikmé plochy, pretože tieto frézy majú pomerne malú dĺžku rezných hrán. Uhlové frézy môžu byť jednostranné (obr. 2.9), obojstranné súmerné alebo obojstranné nesúmerné (obr. 2.8). Rezné hrany uhlových fréz musia mať uhol sklonu rovnaký, ako je uhol šikmej plochy. Obrobky upínáme najčastejšie do strojového zveráku.



Obr. 2.8. Frézovanie uhlovou frézou



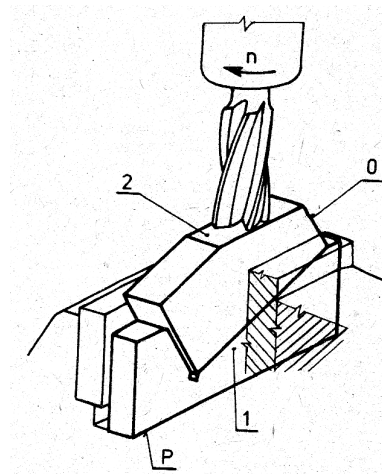
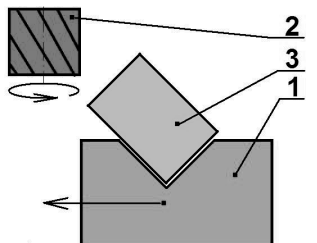
Obr. 2.9. Uhlová fréza jednostranná STN 22 2254

Frézovanie šikmých plôch podľa orysovania

Frézovanie šikmých plôch podľa orysovania sa používa najmä pri obrábaní v kusovej výrobe, pri obrábaní jednotlivých obrobkov. Obrobok sa najskôr orysuje, aby bolo jasné, ktoré plochy sa budú obrábať a aký veľký je prídavok na obrábanie. Pri upínaní obrobok nastavíme tak, aby ryska označujúca šikmú plochu bola vo vodorovnej polohe. Os čelnej frézy pri frézovaní na zvislej frézovačke je na šikmú obrábanú plochu kolmá, os valcovej frézy pri frézovaní na vodorovnej frézovačke je s obrábanou šikmou plochou rovnobežná. Obrobok sa môže pri nastavovaní vyrovnať aj podľa čeluste zveráka alebo môžeme nastavovať pomocou orysovadla. Potom obrobok obrábame ako rovinné obrábanie.

Frézovanie šikmých plôch použitím špeciálnych šikmých podložiek

Tento spôsob sa s výhodou používa pri väčšom počte frézovaných súčiastok. Sklon obrobku sa zabezpečuje tak, že sa do zveráka vložia špeciálne podložky so šikmou opornou plochou, na ktorú položíme obrobok (obr. 2.10). Potom obrobok obrábame ako rovinné obrábanie. Týchto podložiek má frézar spravidla celú sadu – t.z. pre rôzne uhly sklonu šikmej plochy.



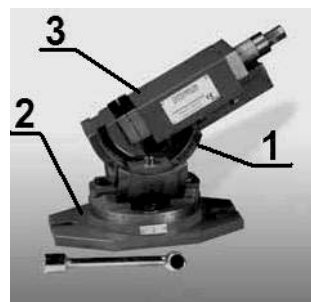
Obr. 2.10. Frézovanie šikmou podložkou

1 – šikmá podložka, 2 – fréza, 3 - obrobok

Frézovanie šikmých plôch natočením alebo sklopením zveráka

Obidva typy zverákov patria k príslušenstvu frézovačiek. Rozsah pootočenia býva 0 až 45° na obidve strany. Uhol pootočenia sa odčíta na uhlovej stupnici. Rozsah vyklonenia je od –30° do +60°. Obrobok sa upne do zveráka (obr. 2.11), ktorý sa potom pootočí alebo naklopí v požadovanom sklone. Potom obrobok obrábame ako rovinné frézovanie.

- 1 – otočné uloženie
- 2 – upevňovacia podložka
- 3 – čeľuste zveráka



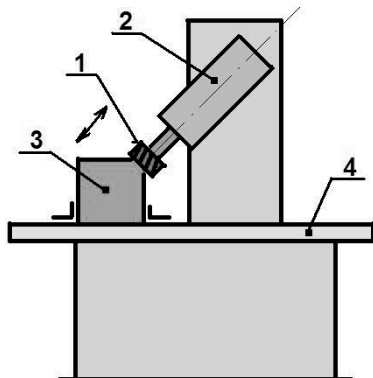
Obr. 2.11. Sklopný zverák

Frézovanie šikmých plôch vyklonením vretena

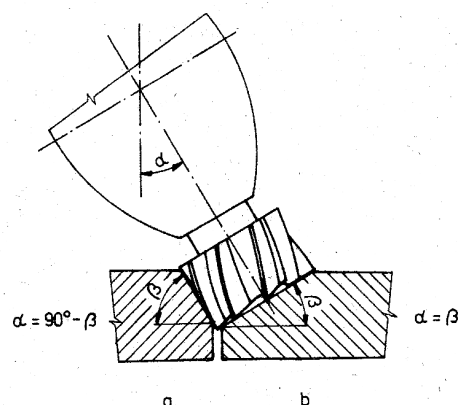
Väčšina frézovačiek so zvislým vretenom má vreteník uložený otočne, čo umožňuje vykloniť frézu upnutú vo vretene do šikmej polohy (obr. 2.12, obr. 2.13). Rozsah vyklonenia (natočenia) býva od 0° do 45° na obidve strany. Uhol vyklonenia sa odčíta na uhlovej stupnici. Šikmé plochy môžeme frézovať valcovou alebo čelnou frérou.

Pri použití valcovej frézy, kedy režu rezné hrany na valcovej ploche, je uhol vyklonenia frézovacieho vretena doplnkovým uhlom do 90°. Napr. ak chceme frézovať šikmú plochu odklonenú od vodorovnej roviny o 65°, potom uhol vyklonenia $\beta = 90^\circ - 65^\circ = 25^\circ$ (obr. 2.14).

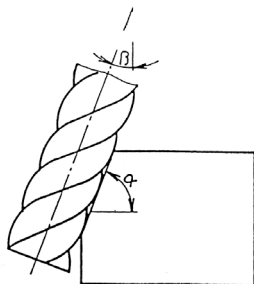
Pri použití čelnej frézy, kedy režu rezné hrany na čelnej ploche frézy, je uhol vyklonenia frézovacieho vretena zhodný s uhlom odklonu šikmej plochy od vodorovnej roviny (obr. 2.15).



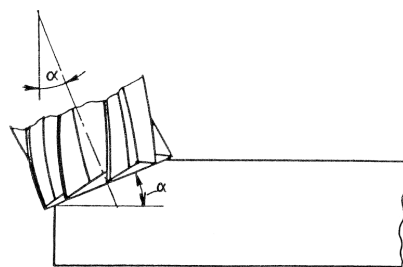
Obr. 2.12. Frézovanie vyklonením vretena
 1 – fréza, 2 – vreteník, 3 – obrobok,
 4 – pracovný stôl



Obr. 2.13. Vyklonenie vreteníkovej hlavy
 α – uhol vyklonenia hlavy
 β – uhol sklonu šikmej plochy



Obr. 2.14. Frézovanie valcovou frézou



Obr. 2.15. Frézovanie čelnou frézou

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Čo sú to šikmé plochy ?
2. Ake možnosti výroby šikmých plôch poznáme ?
3. Popíšte frézovanie šikmých plôch uhlovými frézami.
4. Popíšte frézovanie šikmých plôch podľa orysovania.
5. Popíšte frézovanie šikmých plôch použitím špeciálnych šikmých podložiek.
6. Popíšte frézovanie šikmých plôch natočením alebo sklopením zveráka.
7. Popíšte frézovanie šikmých plôch vyklonením vretena.

2.5 Frézovanie jednoduchých tvarových plôch

V strojárkej výrobe sa veľmi často vyskytujú súčiastky, ktorých tvar sa líši od tvaru pravidelných telies (ako sú hranol, kužeľ, valec a iné). Obrysové plochy týchto súčiastok sú rôzne zakrivené – majú rôzny tvar. Takéto plochy sa nazývajú tvarové. Môžu sa vytvárať rôznymi spôsobmi. Jedným z nich je aj frézovanie. Tvarové plochy môžeme frézovať :

1. podľa orysovania,
2. tvarovými frézami,
3. na otočnom stole,
4. kopírovaním.

Frézovanie tvarových plôch podľa orysovania

Podľa orysovania sa frézujú tvarové plochy v kusovej výrobe spravidla na zvislých frézovačkách. Tento spôsob umožňuje použiť bežné frézovacie nástroje a upínacie zariadenia. Výsledný tvarový pohyb (podľa rysiek) sa docieľuje ručne spojením pozdĺžneho a priečného posuvu. Presnosť vyfrézovaného tvaru a akosť obrobených plôch závisí hlavne od zručnosti a svedomitosti frézara.

Jednoduché tvary (napr. polomery) orysuje frézar sám, zložitejšie tvary rysovač. Na zlepšenie viditeľnosti rysiek sa obrobok natiera roztokom plavenej kriedy (odliatky a výkovky) alebo roztokom modrej skalice, ktorý vytvorí na obrobenej ploche obrobku tenký medený povlak. Na obrysových ryskách sa veľmi často robia ešte jamky jamkovačom.

Obrobok sa pri upínaní položí na podložky, aby fréza nezaberala do hornej plochy stola frézovačky. Orysovanú časť najprv ofrézujeme na hrubo, podľa potreby aj niekoľkými zábermi. Počas frézovania musí frézar ustavične pozorovať orysovanú čiaru, pretože je vodidlom pri vytváraní potrebného tvarového pohybu.

Tvarový obrys sa kontroluje šablónou, dĺžkove rozmery posuvným meradlom.

Nevýhodou tohto spôsobu je, že obrobená plocha je vlnitá. Ak sa vyžaduje hladký a presný tvarový povrch obrobku, musí sa dokončiť pilovaním, leštením, brúsením a pod.

Frézovanie tvarových plôch tvarovými frézami

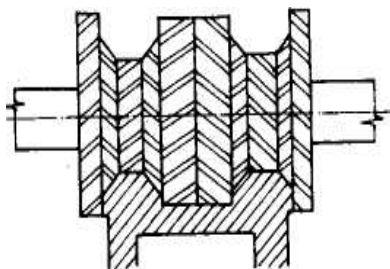
Tvarové frézy sa používajú väčšinou na obrábanie krátkych a jednoduchých tvarových profilov. Jedným záberom (prechodom) sa ofrézuje buď celý tvarový povrch alebo iba jeho určitá časť. Najčastejšie sa tvarové frézy používajú na obrábanie polomerového (rádiusového) zakrivenia, načo sa používajú tzv. zaoblňovacie (rádiusové) frézy (obr. 2.16)



Obr. 2.16. Tvarové frézy – rádiusová vypuklá

rádiusová vydutá

Širšie a zložitejšie tvarové plochy sa frézujú zloženými tvarovými frézami (obr. 2.17), ktoré sú zostavené z niekoľkých jednoduchých tvarových fréz upevnených na spoločnom trní.



Obr. 2.17. Zložená tvarová fréza

Výhodou obrábania plôch tvarovými frézami je, že sa nimi ofrézujú aj veľmi zložité tvarové plochy pri jednom zábere (prechode) na čisto.

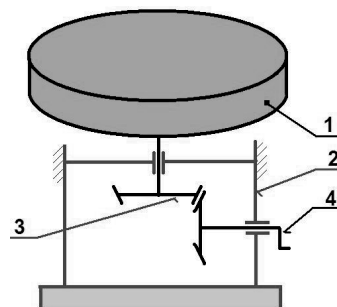
Nevýhodou sú veľké výrobné a udržiavacie náklady a nízke rezné rýchlosti, pretože materiál z obrobku odrezáva pomerne dlhá rezná hrana, čím sa zvyšuje rezný odpor.

Frézovanie tvarových plôch na otočnom stole

Otočné stoly sú v podstate kruhové upínacie dosky vodorovne položené a otočné okolo zvislej osi, s radiálnymi upínacími drážkami tvaru T na hornej ploche (obr. 2.18).



Obr. 2.18. Otočný upínací stôl : 1 – kruhová upínacia doska
2 – základné teleso
3 – závitkové súkolesie
4 – ručné koliesko



Spodná plocha dosky má na obvode ozubenie, do ktorého zaberá skrutka uložená v základnej doske (telese) stola. Na ručné otáčanie kruhovej dosky slúži kľuka (ručné koliesko), ktorá je nasadená na vyčnievajúcom konci hriadeľa.

Otočný stôl umožňuje obrobenie vonkajších aj vnútorných valcových plôch obrobku, prípadne ich častí. Obrábame na ňom najmä také obrobky, ktorých tvar je zložený nielen z valcových plôch, ale aj z rovinných plôch. Obrábanie tohto povrchu je postupné, prestavovaním obrobku v priečnom a pozdĺžnom smere.

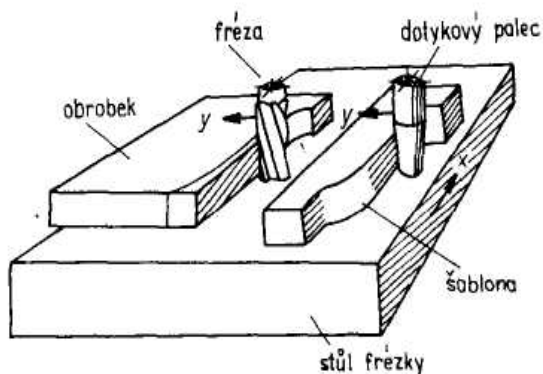
Otočný stôl sa upína na hornú plochu pozdĺžneho stola frézovačky upínacími skrutkami. Nastaví sa do základnej polohy, v ktorej os otáčania kruhovej dosky je zhodná s osou vretena frézovačky.

Vyrábajú sa aj otočné stoly, ktoré majú mechanizmus pre samočinný pohyb kruhovej upínacej dosky. Pohyb sa prenáša do mechanizmu stola od pohybovej skrutky pozdĺžneho stola frézovačky väčšinou kĺbovým teleskopickým hriadeľom.

Frézovanie tvarových plôch kopírovaním

Kopírovanie používame pri frézovaní zložitých nepravidelných obvodových tvarov alebo tvarových dutín (zápustky, razidlá).

Pri obvodovom kopírovaní sú potrebné tvarové pohyby riadené dotykovým palcom, ktorý ohmatáva (sleduje) riadiacu plochu šablóny (obr. 2.19).



Obr. 2.19. Obvodové kopírovanie

Pri priestorovom kopírovaní je dotykový palec v stálom styku so vzorkou alebo modelom. Výsledný tvarový pohyb je zložený z pozdĺžneho a priečneho pohybu (x , y). Jeden z týchto pohybov je odvodený od riadiacej plochy kopírovacej šablóny alebo vzorky, s ktorou je v styku dotykový palec. Druhý pohyb, ktorý je kolmý na prvý, je spravidla ručný. Neustály dotyk palca s riadiacou plochou šablóny sa docieľuje rôznymi spôsobmi (napr. mechanicky účinkom závažia alebo pružiny, hydraulicky tlakom kvapaliny alebo elektricky). Výhodou obvodového kopírovacieho frézovania je použitie normalizovaných fréz a pomerne veľmi presný tvarový povrch. Priemer frézy a priemer dotykového palca musí byť rovnaký.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Aké sú to tvarové plochy ?
2. Popíšte frézovanie tvarových plôch podľa orysovania.
3. Popíšte frézovanie tvarových plôch tvarovými frézami.
4. Popíšte frézovanie tvarových plôch na otočnom stole.
5. Popíšte frézovanie tvarových plôch kopírovaním.
6. Aké je praktické využitie programového riadenia ?

2.6 Využitie programového riadenia

Programové riadenie sa využíva pri frézovaní tvarových plôch, ale aj šikmých plôch. Frézovanie týchto plôch NC programom umožňuje :

- dvojosé frézovanie – je to frézovanie v jednej rovine,
- trojosé frézovanie – je to priestorové frézovanie.

Pri výrobe obecných a tvarových plôch sa využíva číslkové riadenie. Riadiaci systém vypočíta a riadi trajektóriu pohybu. Tým sa zabezpečí relatívny pohyb medzi nástrojom a obrobkom po takej dráhe, aby bol vyrobený obrobok požadovaného tvaru.

Pri obrábaní obrysu súčiastok sa využíva interpolácia a to kruhová alebo lineárna. Zložením je získaná výsledná dráha. Ak požadujeme tvarovú plochu, musí interpolátor dodávať do regulátora polohy hodnoty o akú hodnotu a akou rýchlosťou sa musí pohybovať servomotor napr. v osi X a Y, aby zlúčením dvoch pravouhlých pohybov došlo k požadovanému tvarovému pohybu.

Výhodou programového riadenia je možnosť vyrobiť prakticky každý tvar. Ďalšou výhodou výroby na NC a CNC frézovačkách je automatická výmena obrobkov aj nástrojov, práca v automatickom cykle, možnosť rôznych technologických operácií (napr. sústruženie, vŕtanie, frézovanie a pod.), automatický odvod triesok, aktívna kontrola v priebehu obrábania aj mimo obrábací proces a pod.

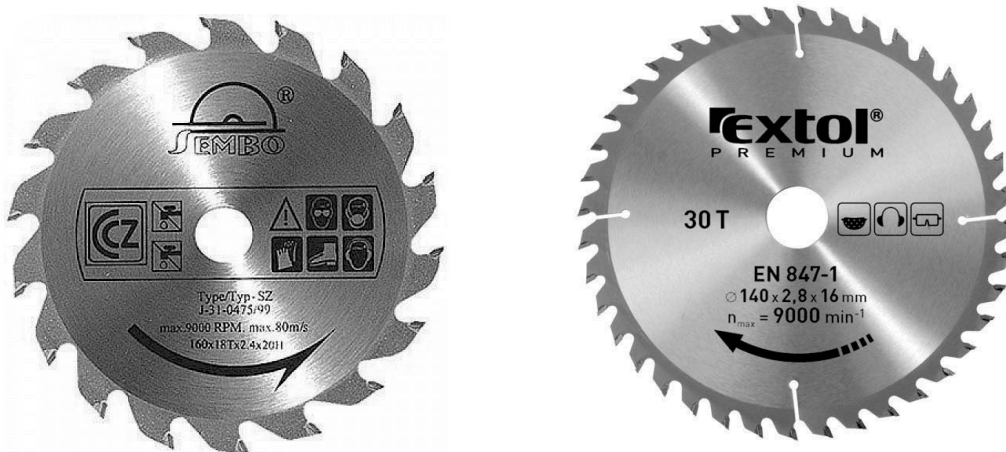
Nevýhodou je vysoká cena stroja, potreba programátora, náročné vybavenie a cena práce obsluhy.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Pri akom frézovaní sa využíva programové riadenie ?
2. Aké je praktické využitie programového riadenia ?
3. Vymenujte výhody a nevýhody programového riadenia.

2.7 Rezanie materiálu na frézovačkách

Na frézovačkách môžeme materiál aj rezať (rozdeľovať). Na túto prácu používame pílové kotúče, ktoré sa podobajú úzkym kotúčovým frézam. Vyrábajú sa v priemeroch od 32 mm do 300 mm (obr. 2.20). Môžu mať jemné, polohrubé alebo hrubé ozubenie.



Obr. 2.20. Rôzne druhy pílových kotúčov

Pílové kotúče menších hrúbok nemajú spravidla drážku pre unášacie pero, takže sa upínajú iba trením. Pri upínaní treba pílový kotúč umiestniť čo najbližšie k vretenu frézovačky alebo k podpornému ramenu, aby sa zmenšilo chvenie na minimum.

Veľká hĺbka rezu pri rovnakej hrúbke pílového kotúča a šírke rezu môže spôsobiť značné trenie a zahrievanie nástroja. Aby trenie bolo čo najmenšie, musí byť hrúbka nástroja menšia ako šírka rezu. Preto sa pílové kotúče zabrusujú na čelách po celom priemere telesa rovnobežne alebo kužeľovitě.

Obrobok sa upína najčastejšie do zveráka tak, aby jeho pozdĺžna os bola rovnobežná s osou upínacieho tŕňa a miesto rezania bolo čo najbližšie pri čel'ust'iach zveráka. Pílový kotúč má rezať v smere odhora (do materiálu), aby sa obrobok reznou silou zatláčal do zveráka (na podložky), čím sa zvyšuje tuhosť upnutia.

Veľkosť reznej rýchlosti závisí od šírky rezu, od druhu materiálu obrobku a nástroja a od tuhosti frézovacej sústavy.

Pri kotúčoch z RO sa volí rezná rýchlosť :

- 10 až 30 m/min pre oceľ,
- 10 až 15 m/min pre liatinu,
- 150 až 350 m/min pre hliník.

Pri kotúčoch z SK sa volí rezná rýchlosť :

- 20 až 60 m/min pre oceľ,
- 20 až 40 m/min pre liatinu,
- 200 až 500 m/min pre hliník.

Veľkosť posuvu je obmedzená veľkosťou zubovej medzery, do ktorej sa musí vmestiť celá vytvorená trieska. Volí sa v rozsahu 0,01 až 0,2 mm na zub.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Čo rozumieme pod pojmom rezanie materiálu ?
2. Aké nástroje používame pri rezaní materiálu na frézovačkách ?
3. Aké sú zásady práce pri rezaní materiálu na frézovačkách ?

2.8 Nové technológie rezania

Výkonnosť trieskových postupov obrábania, ale aj rezania je ohraničená mechanickými vlastnosťami opracovávaného materiálu a komplikovanými tvarmi obrobkov. Na základe mechanických vlastností obrábaných materiálov je možné napr. vysoko legované a zušľachtené ocele alebo tvrdé kovy obrábať alebo rezať iba s veľkými ťažkosťami. Z toho vyplývajú dlhé časy opracovania, drahé výrobné zariadenia a často drahá ručná práca. Spomínané skutočnosti (materiál alebo tvar) boli základom pre vývoj a použitie nových metód, ktoré sa vyznačujú tým, že materiál je odoberaný fyzikálnym alebo chemickým postupom.

Nové technológie rezania, na rozdiel od klasických trieskových technológií, v prevažnej miere nevyužívajú mechanickú prácu. Sú založené na využívaní niektorého fyzikálneho alebo fyzikálno-chemického princípu úberu materiálu, pri bez silovom pôsobení na obrábaný materiál a bez vzniku triesok. Pri fyzikálnych spôsoboch je materiál odoberaný nepriamym pôsobením elektrického prúdu, ktorého energia sa mení na energiu tepelnú. Energolúčové procesy spracovania a delenia materiálov boli vyvinuté ako pokrokové technológie. V týchto procesoch energia potrebná na úber je dodávaná priamo k atómom alebo molekulám obrobku ako energia lúčov orientovaná v prúde extrémne jemných energetických čiastočiek, ako sú elektróny, fotóny, protóny, ióny a pod.

Praktické procesné systémy tohto druhu sa klasifikujú ako úber účinkom :

1. elektrónových lúčov – účinky sú termálne a proces prebieha vo vákuu,
2. laserových lúčov – účinky sú termálne a proces prebieha v normálnej atmosfére,
3. plazmových lúčov (explozívny plynový prúd) – účinky sú termálne a proces prebieha vo vzdušnej atmosfére,
4. iónových lúčov – účinky sú prskavo-odleptávajúce a proces prebieha vo vákuu,
5. reaktívnych iónových lúčov – účinky majú povahu chemického a prskavo-odleptávajúce a proces prebieha vo vákuu, ,
6. brúsnych prúdov – účinky sú mechanické a proces prebieha v normálnej atmosfére,
7. tekutinových prúdov – účinky sú mechanické a proces prebieha vo vzdušnom prostredí,
8. chemicko-kvapalinových prúdov – účinky sú chemicko-leptajúce a proces prebieha v chemicko-kvapalnom prostredí,
9. elektrolytických prúdových lúčov – účinky sú elektro-chemicko odleptávajúce a proces prebieha v elektrolyte,
10. elektrického vyiskrenia – účinky sú termálne a proces prebieha v kvapaline (olej).

Rozdelenie podľa normy DIN 8580 :

1. termický úber,
2. chemický úber,
3. elektrochemický úber.

Termický úber ďalej rozdeľujeme :

- a) termický úber plynom,
- b) termický úber elektrickým plynovým výbojom,
- c) termický úber plazmovým lúčom

Nové technológie obrábania a rezania sa rozčleňujú na procesy (podľa použitej energie a spôsobu úberu) :

1. mechanické,
2. chemické,

3. elektrochemické,
4. elektroerozívne,
5. energolúčové.

Nedostatky týchto nových technológií :

- v niektorých prípadoch relatívne malá produktivita,
- vysoká zriaďovacia cena kvalitných obrábacích strojov,
- značná energetická náročnosť niektorých výrobných spôsobov,
- ekologická potreba likvidácie pracovných kvapalín a splodín obrábania.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Na akom princípe sú založené nové technológie ?
2. Aké je rozdelenie podľa normy DIN ?
3. Ako ich rozdeľujeme podľa spôsobu úberu a použitej energie ?

2.9 Elektroerozívne metódy

Úber materiálu pri obrábaní vzniká ako dôsledok elektrických výbojov medzi dvoma elektródami. Praktické využitie je hlavne pri použití dielektrickej kvapaliny. Ako pracovné kvapaliny sa používajú elektricky nevodivé dielektriká, najčastejšie technický petrolej, transformátorový olej, zmes petroleja a oleja, destilovaná a deionizovaná voda a vodné sklo.

Ku vzniku výboja dochádza v mieste najsilnejšieho elektrického napäťového poľa. Vplyvom pôsobenia tohto poľa sa uvoľňujú do pohybu voľné záporné a kladné ióny, zrýchľujú sa a nadobúdajú vysokú rýchlosť. To vedie k vytvoreniu ionizovaného (vodivého) kanála. V tomto stave začína medzi elektródami pretekať elektrický prúd a medzi elektródami vzniká výboj. Vzniká plazmové pásmo, ktoré dosahuje veľmi vysoké teploty 3 000 až 12 000°C. To spôsobuje tavenie a odparovanie určitého množstva materiálu.

Všeobecne možno povedať, že sa elektroerozívna metóda s výhodou používa pri :

- zle obrobitelných materiáloch,
- zložitých alebo nepravidelných tvaroch,
- dierach malých priemerov,
- dierach s veľkým pomerom hĺbky k priemeru,
- veľkom množstve malých dier,
- úzkych štrbinách a pod.

Presnosť rozmerov a kvalitatívne parametre pri elektroerozívnom obrábaní :

- opracovanie na hrubo – presnosť $\pm 0,02$ až $\pm 0,5$ mm, drsnosť $R_a > 6 \mu\text{m}$,
- normálne opracovanie – presnosť $\pm 0,01$ až $\pm 0,02$ mm, drsnosť $R_a = 2$ až $6 \mu\text{m}$,
- jemné a veľmi presné – presnosť $\pm 0,005$ až $\pm 0,01$ mm, drsnosť $R_a = 0,8$ až $2 \mu\text{m}$,
- elektroerozívne leštenie – presnosť až $\pm 0,002$ mm, drsnosť $R_a = (0,1), 0,2$ až $0,8 \mu\text{m}$.

V závislosti od druhu elektrického výboja (iskra, oblúk), od parametrov obrábania a zdrojov impulzného toku elektroerozívne obrábanie rozdeľujeme :

- elektroiskrové,
- elektroimpulzné,
- elektrokontaktné (elektromechanické),
- anódo-mechanické.

Elektroerozívne rezanie je určené hlavne na :

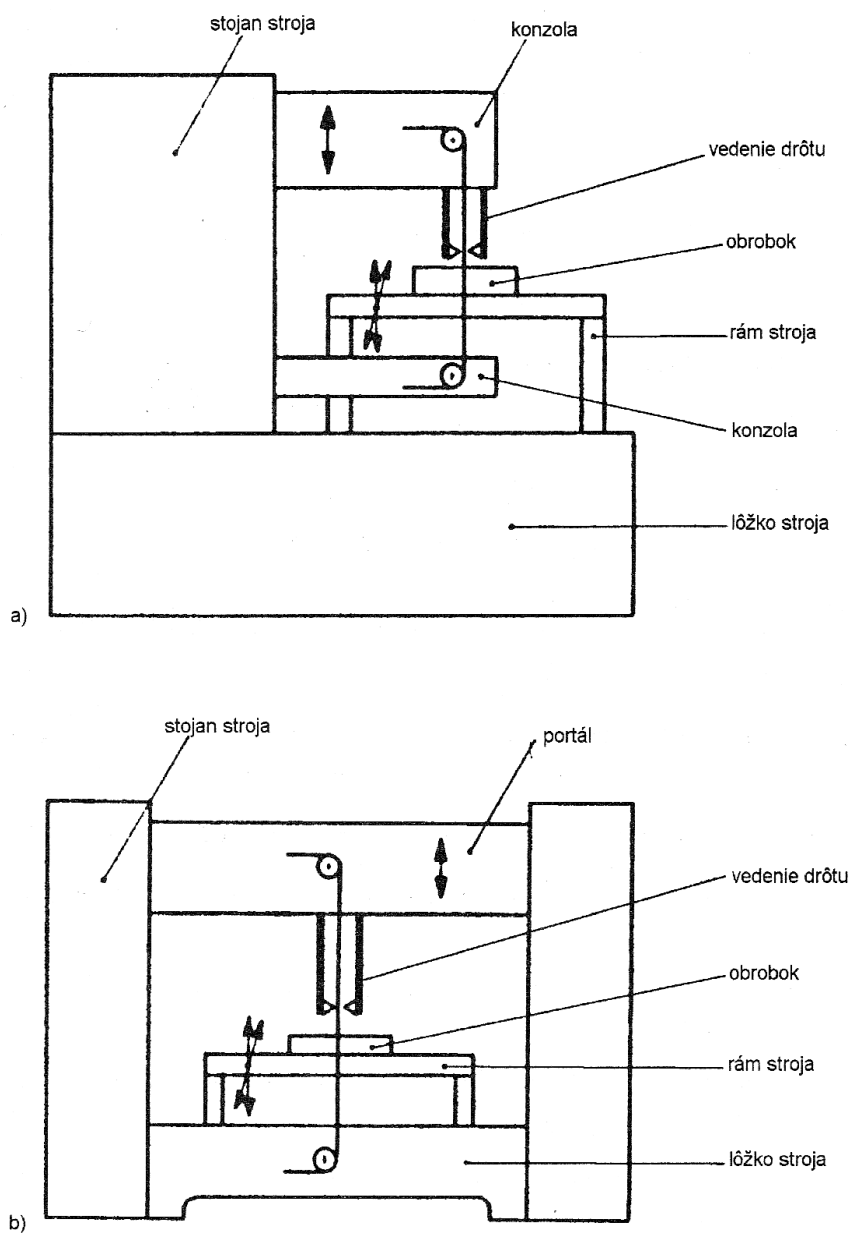
- výrobu tvarovo zložitých priechodných otvorov,
- vyrezávanie zložitých tvarov priestrižníkov, ako náhrada frézovania,
- obrábanie ultratvrdých vodivých materiálov,
- rezanie nitridu bóru na orovnávanie brúsnych kotúčov,
- rezanie polykrištáľov diamantu na výrobu tvarových rezných nástrojov,
- superpresné elektroiskrové brúsenie jemných ihl drôtovou elektródou.

Stroje na elektroerozívne rezanie drôtom sa vyrábajú stojanové alebo portálové (obr. 2.21).

Celý pracovný proces je riadený automaticky CNC riadením alebo počítačom. Môže sa vykonávať hrubovanie aj dokončovanie. Stroje sú vybavené optimalizačným procesorom, ktorý prispôsobuje vlastný technologický proces elektroerózie okamžitým podmienkam v mieste obrábania. Výrobcovia dodávajú stroje, ktoré sú vybavené automatickým vŕtaním zavádzacích dier, automatickým zavádzaním rezacieho drôtu, automatickou reguláciou napínania drôtu, dokonalým systémom vedenia drôtu, vyrovnávaním tepelných deformácií častí stroja a zanesením výrobných nepresností mechanických častí stroja do pamäti

riadiaceho systému, čo umožňuje vykonávať korekciu rozmerov v jednotlivých súradnicových osiach.

Elektroerozívne drôtové rezanie umožňuje výrobu veľmi komplikovaných súčiastok.



Obr. 2.21. Schematické zobrazenie elektroerozívneho rezacieho zariadenia

a – stojanová konštrukcia – vhodná pre menšie obrobky,

b – portálová konštrukcia – pre väčšie obrobky

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Aké sú to elektroerozívne metódy ?
2. Pri akých prácach sa používajú elektroerozívne metódy ?
3. Aké presnosti pri nich dosahujeme ?
4. Popíšte elektroerozívne rezanie drôtom.

2.10 Plazmové metódy

Plazma je skrátený názov pre hmotu, ktorá je v plazmatickom stave. Je to štvrtý stav hmoty (tuhý, kvapalný, plyný a plazma). Toto skupenstvo predstavuje hmotu úplne alebo neúplne ionizovanú, teda s veľkým obsahom energie. Hmotu v tomto stave sa niektorými vlastnosťami podobá stavu plynému a niektorými stavu tuhému.

Plazma sa na našej Zemi vyskytuje len výnimočne. V našej slnečnej sústave je z plazmy zložené Slnko, ktorého hmotu je asi tristotridsaťtisíckrát väčšia ako hmotu Zeme. Na Zemi je prirodzenou formou ohriatia plynu do plazmového stavu blesk, v ktorom je teplota až $30\,000^{\circ}\text{K}$.

Plazma je plyn, ktorý sa skladá z kladne a záporne nabitých častíc v takom pomere, že výsledný celkový náboj je nulový, čiže plazma ako celok je v plazmatickom stave elektricky neutrálna. Najdôležitejšou vlastnosťou plazmy je, že pohyb častíc možno v nej usporiadať t.j. prinútiť častice, aby sa pohybovali usporiadane. Dosiahne sa to použitím magnetického poľa. V zmagnetizovanej plazme sa nespočetné množstvo elektrónov pohybuje ako jeden usporiadaný celok. O plazme sa dá hovoriť ako o chladnej alebo horúcej. Pri chladnej plazme sa berie za jednotku teploty elektrón volt (eV), ktorému prislúcha teplota $11\,600^{\circ}\text{C}$. Za horúcu plazmu sa považuje tá, ktorej teplota je najmenej 100 elektrón voltov. V praxi sa najčastejšie využíva horúca plazma.

Plazma môže byť čiastočne alebo úplne ionizovaná. Teplota čiastočne ionizovanej plazmy je $5\,000$ až $15\,000^{\circ}\text{K}$, úplne ionizovanej asi $100\,000^{\circ}\text{K}$. Plazma je vodivý plyn.

Plazma sa môže dosiahnuť :

- elektrickými výbojmi – elektricky,
- kompenzovaným iónovým zväzkom – mechanicky,
- rozpadovými a zlučovacími jadrovými reakciami.

Pre technickú prax má význam plazma, ktorá vzniká elektrickými výbojmi. Elektrický výboj vzniká medzi dvoma elektródami.

Teplota plazmy závisí od použitého plynu, ktorý sa bude uvádzať do plazmatického stavu.

Rezacie plyny sa používajú čisté, alebo ako zmesi rôznych aktívnych alebo inertných plynov.

Elektrický oblúk má vzhľadom na použité plyny tieto teploty :

- vodíková plazma do $8\,000^{\circ}\text{K}$,
- dusíková plazma do $7\,000^{\circ}\text{K}$,
- argónová plazma do $15\,000^{\circ}\text{K}$,
- héliová plazma do $20\,000^{\circ}\text{K}$.

V praxi má použitie plazmy široké uplatnenie napr. pri zváraní, rezaní kovov, pri povrchových úpravách, obrábaní kovov a pod.

Pri plazmovom rezaní sa kov natavuje teplom plazmového oblúka. Princíp rezania v podstate spočíva vo využívaní pár ľubovoľného média ohriatych na takú teplotu, pri ktorej sa dostávajú do ionizovaného stavu. Lúč plazmy je zúžený na malý priemer pomocou trysky a taví rezaný materiál teplotou asi $10\,000^{\circ}\text{C}$ a viac.

Plazma na rezanie vzniká použitím týchto médií :

- zmes plynov,
- stlačený vzduch,
- vodný prúd,
- kombinácia plynu a vody.

Pri rezaní klasickou plazmou sa najčastejšie používa zmes Ar a H_2 .

Princíp rezania plazmou je založený na tavení rezaného materiálu extrémne vysokou teplotou.

Výhody plazmového rezania :

- stabilita plazmového lúča,
- dosiahnutie čistých rezov,

- vysoká kvalita reznej hrany,
- úzka rezná štrbina,
- veľká rezná rýchlosť,
- úzka zóna tepelne ovplyvneného materiálu v okolí rezu.

Plazmové rezanie sa používa pri rezaní prevažne elektricky vodivých materiálov. Keďže pre výbeh lúča plazmy je potrebný voľný priestor, nie je možné ním obrábať nepriechodné otvory.

Rezanie konštrukčných ocelí je z ekonomického hľadiska nevýhodné voči kyslíkovému rezaniu. Preto boli vyvinuté nové technológie s vírivým plynom.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Čo je to plazma ?
2. Ako môžeme dosiahnuť plazmu ?
3. Aké teploty sa dosahujú pri plazmovom obrábaní ?
4. Aké média sa používajú pri rezaní plazmou ?

2.11 Frézovanie pomocou deliaceho prístroja

Deliace prístroje sú najdôležitejším príslušenstvom frézovačiek a dodávajú sa ako zvláštne príslušenstvo frézovacích strojov. Konštrukcia deliacich prístrojov umožňuje splniť tieto tri hlavné úlohy pri obrábaní :

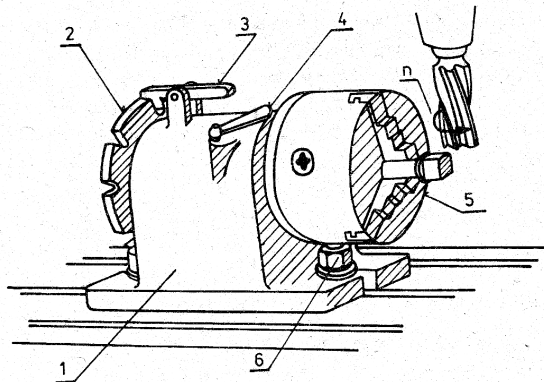
1. rozdeliť obvod obrobku na požadovaný počet dielov a natočiť ho do polohy pre ďalší frézovací záber (napr. pri frézovaní mnohohranov, zárezov, drážok a pod.),
2. nastaviť obrobok do šikmej polohy vzhľadom na vodorovnú os (napr. pri frézovaní drážok na telese uhlovej frézy),
3. natočiť obrobok pri súčasnom priamočiarom pohybe pozdĺžneho stola (napr. pri frézovaní skrutkových drážok na vrtáku alebo fréze).

Podľa konštrukcie a spôsobu delenia rozdeľujeme deliace prístroje do troch skupín :

- jednoduché,
- univerzálne,
- špeciálne.

2.11.1 Jednoduché deliace prístroje

Jednoduché deliace prístroje (obr. 2.22) umožňujú splniť iba prvú z uvedených úloh, čiže rozdeliť obvod obrobku na požadovaný, spravidla obmedzený počet dielov. Preto sa používajú iba pri jednoduchom obrábaní ako napr. pri frézovaní štvorhranných hláv skrutiek a matic a pod. Môžu mať vodorovnú alebo zvislú os pracovného vretena. Deliaci kotúč je väčšinou uložený priamo na pracovnom vretene prístroja. Počet dielov deleného obvodu je obmedzený počtom drážok, výrezov alebo dierok na deliacom kotúči. Prístroj sa upína na stôl frézovačky. Obrobky sa väčšinou upínajú do univerzálneho skľučovadla alebo medzi hroty. Ich obsluha je veľmi jednoduchá, ale sú menej presné.



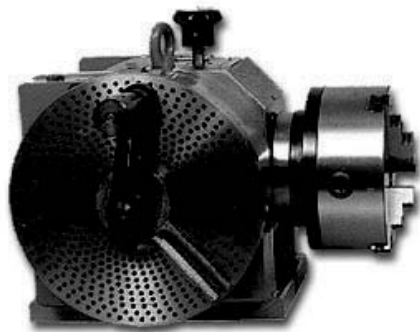
Obr. 2.22. Jednoduchý deliaci prístroj

1 – teleso prístroja, 2 – deliaci kotúč, 3 – západka, 4 – skrutka na zabezpečenie vretena, 5 – skľučovadlo, 6 – upínacia skrutka, n – smer otáčania frézy

Medzi jednoduché deliace prístroje patria aj tie prístroje, pri ktorých možno otáčanie vretena docieľiť pomocou skrutkového prevodu (deliaceho mechanizmu), t.j. nepriamo, ale ktoré nemajú mechanizmus na frézovanie skrutkových drážok a drážok na kužeľových plochách, teda bez prevodového a sklápacieho mechanizmu (obr. 2.23).

Priame delenie

Pri jednoduchých deliacich prístrojoch sa delenie obvodu robí spravidla ručným natáčaním deliaceho kotúča (pracovného vretena prístroja). Hodnotu pootočenia (počet dierok) odčítame priamo na deliacom kotúči a natáčanie sa prenáša na obrobok bez pomocného mechanizmu (ozubeného prevodu). Preto sa toto delenie nazýva priamym delením.



Obr. 2.23. Deliaci prístroj so skrutkovým prevodom

Veľkosť pootočenia vretena deliaceho prístroja (súčiastky) sa vypočíta ako podiel počtu zárezov (otvorov) na deliacom kotúči a počtu požadovaných dielov na súčiastke :

$$\text{natočenie} = \frac{\text{počet zárezov (otvorov) na deliacom kotúči}}{\text{počet dielov na súčiastke}} = \frac{P}{z}$$

Pri priamom delení musí mať deliaci kotúč počet zárezov (dierok) zhodný s vyžadovaným počtom dielov (roztupov) alebo s ich násobkami. Deliaci kotúč má najčastejšie 24 zárezov alebo dierok, takže obrobok môžeme rozdeliť iba na 2, 3, 4, 6, 8, 12 a 24 rovnakých dielov. Ak je vyžadovaný počet dielov prvočíslo (napr. 3, 5, 7, 11, 13 atď.), používame špeciálne deliace kotúče so súhlasným počtom drážok (dielov) alebo ich násobku. Napr. pre 7 frézovaných drážok môžeme použiť deliaci kotúč so 7, 14, 21, 28 alebo 35 zárezmi (dierkami).

Príklad : Vypočítajte veľkosť pootočenia vretena jednoduchého deliaceho prístroja na frézovanie 12 drážok na rohatke, ak počet zárezov na deliacom kotúči je 24 ?

Riešenie :

Veľkosť pootočenia určíme dosadením daných hodnôt $P = 24$ a $z = 12$ do vzorca

$$n = \frac{P}{z} = \frac{24}{12} = 2$$

Pri výrobe uvedenej rohatky sa musí po vyfrézovaní každej drážky pootočiť vreteno o 2 zárezy (otvory).

Cvičenie 1 : Vypočítajte veľkosť pootočenia vretena jednoduchého deliaceho prístroja na frézovanie 8 drážok, ak počet zárezov na deliacom kotúči je 24 ?

Cvičenie 2 : Vypočítajte veľkosť pootočenia vretena jednoduchého deliaceho prístroja pri frézovaní šesťhrannej hlavy skrutky, ak počet zárezov na deliacom kotúči je 24 ?

Cvičenie 3 : Vypočítajte veľkosť pootočenia vretena jednoduchého deliaceho prístroja na frézovanie 5 drážok a určite aký deliaci kotúč by ste použili ?

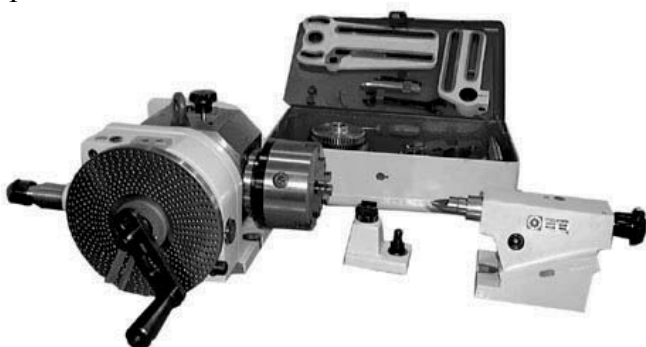
KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Na čo sa používajú deliace prístroje ?
2. Do akých skupín delíme deliace prístroje ?
3. Popíšte jednoduchý deliaci prístroj.
4. Popíšte princíp priameho delenia.
5. Ako sa vypočíta veľkosť pootočenia vretena jednoduchého deliaceho prístroja ?

2.11.2 Univerzálny deliaci prístroj

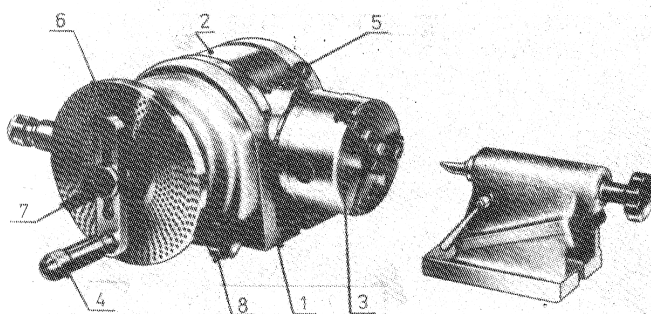
Deliace prístroje sa dodávajú ako zvláštne príslušenstvo frézovacích strojov.

Univerzálne deliace prístroje (obr. 2.24) spĺňajú všetky tri úlohy pri obrábaní (deliť obvod obrobku na požadovaný počet dielov, nastaviť obrobok do šikmej polohy vzhľadom na vodorovnú os, natočiť obrobok pri súčasnom priamočiariom pohybe pozdĺžneho stola). V technickej praxi majú všestranné využitie : umožňujú delenie valcových, kužeľových a plochých súčiastok na diely aj uhlové stupne, možno na nich frézovať skrutkovité drážky, jednoduchové aj viacchodové závit, ozubené kolesá s priamymi aj skrutkovitými zubmi a rad ďalších prác.



Obr. 2.24. Univerzálny deliaci prístroj s príslušenstvom

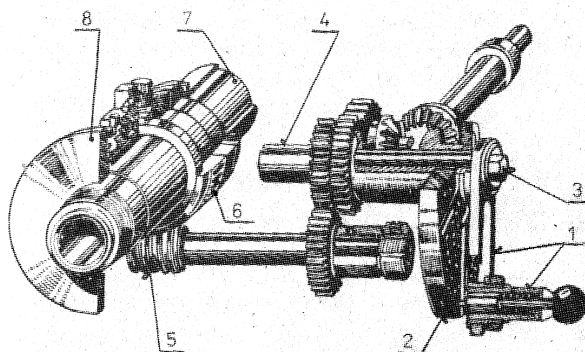
Univerzálny deliaci prístroj sa líši od jednoduchého deliaceho prístroja predovšetkým usporiadaním svojich mechanizmov, konštrukciou jednotlivých častí a celkovým vzhľadom. Na obrázku sa nachádza univerzálny deliaci prístroj s koníkom (obr. 2.25).



Obr. 2.25. Univerzálny deliaci prístroj s koníkom

1 – základné teleso, 2 – valcové teleso, 3 – skľučovadlo, 4 – deliaca kľuka, 5 – kľuka na zabezpečenie polohy skľučovadla, 6 – deliaci kotúč, 7 – prestaviteľné ramená, 8 – ručné koliesko

Liatinové základné teleso 1 má rovinnú upínaciu plochu s vodiacimi kameňmi a výrezmi na upínacie skrutky. V základnom telese je otočne uložené hlavné valcové teleso 2 s vretenom, a deliacim prevodovým mechanizmom. Hlavné valcové teleso s vretenom sa dá po uvoľnení skrutiek sklopiť o 10° od vodorovnej osi nadol a o 100° nahor, teda spolu o 110° . Uhol sklopenia sa odčíta na uhlovej stupnici prístroja a na nóniu s presnosťou na 5 minút. Táto konštrukcia umožňuje obrábanie potrebných geometrických tvarov nielen na valcových plochách, ale aj na kužeľoch a pri sklopení do zvislej polohy aj na plochých súčiastkach. Vreteno deliaceho prístroja je presne obrobený dutý hriadel, ktorý má na prednej strane presný závit na pripojenie univerzálného skľučovadla 3 alebo unášacej vidlice. V prednej časti má kužeľový upínací otvor, do ktorého sa vkladá upínací hrot alebo iné upínacie prvky. Vreteno je presne uložené v ložiskách a je na ňom upevnené závitovkové koleso, do ktorého zaberá hnacia závitovka (obr. 2.26). Prevod závitovkového súkolesia býva najčastejšie 1 : 40.



Obr. 2.26. Deliaca časť univerzálneho deliaceho prístroja

1 – deliaca kľuka, 2 – deliaci kotúč, 3 – skrutka, 4 – hriadel, 5 – závitovka, 6 – závitovkové koleso, 7 – vreteno deliaceho prístroja

Po vytiahnutí odpruženého zabezpečovacieho kolíka možno kľukou otáčať a pohyb sa prenáša cez dvojicu presných čelných ozubených kolies s prevodom 1 : 1 na závitovku a závitovkové koleso a vreteno sa otáča. Konštrukcia deliaceho prístroja umožňuje vysunúť závitovku zo záberu so závitovkovým kolesom. Potom možno otáčať vretenom iba rukou a priamo deliť prostredníctvom kruhovej deliacej platne. Platňa má obyčajne 24 dierok a je nasadená na prednú časť vretena.

Poloha vretena pri priamom delení sa zabezpečuje kolíkom, ktorý sa zasúva do príslušnej dierky deliacou kľukou 4 na prednej časti deliaceho prístroja. V danej polohe možno vreteno uvoľniť. Ostatné ozubené prevody, ktoré vidno na obrázku deliacej časti univerzálneho deliaceho prístroja, sa využívajú pri diferenciálnom delení a pri frézovaní skrutkovitých drážok. Deliaci kotúč 6 a prestaviteľné ramená 7 sú nevyhnutnými súčiastkami prístroja pri nepriamom delení a ostatných spôsoboch delenia. Ručným kolieskom 8 sa deliaci kotúč v danej polohe upevňuje prípadne sa uvoľňuje, napr. pri diferenciálnom delení alebo frézovaní skrutkovitých drážok.

K univerzálnemu deliacemu prístroju sa dodáva bežné a špeciálne príslušenstvo.

Bežné príslušenstvo tvorí : deliaci kotúč, koník, unášacia vidlica, kryt ozubených kolies, upínacie skrutky, sada vymeniteľných ozubených kolies, lýra na frézovanie skrutkovic, lýra na diferenciálne delenie, univerzálne skľučovadlo, hrot, súprava kľúčov a pod. a dodáva sa v plechovej skrinke spolu s osvedčením akosti a s návodom na obsluhu.

Deliaci kotúč je obojstranný a má deliace kružnice s týmito počtami dierok : 24, 25, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 46, 47, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 62 a 66.

Sada vymeniteľných ozubených kolies obsahuje kolesá s počtami zubov : 24 (2x), 25, 26, 28, 30, 32, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 80, 86, 88, 100 a 127.

Ako špeciálne príslušenstvo sa k univerzálnemu deliacemu prístroju dodáva :

- výškovo prestaviteľný koník, ktorý sa používa napr. pri obrábaní drážok na dlhých kuželoch. Ložisko s pinolou je výškovo prestaviteľné a naklápacie v rozsahu 30°. Naklápanie pinoly je potrebné preto, aby výrobok bol správne vystredný.
- nastaviteľná podpera,
- krížová platňa, ktorá umožňuje upevnenie deliaceho prístroja v rovine kolmej na smer pohybu stola,
- lýra na frézovanie závitov a skrutkovic so stúpaním do 75 mm,
- pomocné priame delenie na frézovanie viacchodových závitov,
- klieštinové upínanie, ktoré umožňuje rýchle a presné upnutie valcových súčiastok menších priemerov.

Aby univerzálny deliaci prístroj mohol zabezpečovať všetky tri hlavné úlohy, musí mať :

- deliaci mechanizmus,
- sklápací mechanizmus,
- prevodový mechanizmus.

Deliaci mechanizmus slúži na natáčanie obrobku o vyžadovaný rozstup. Potrebný rozstup sa nastaví na deliacom kotúči pomocou deliacej kľuky podľa vopred vypočítaného delenia. Otáčavý pohyb deliacej kľuky sa na pracovné vreteno s upnutým obrobkom prenáša ozubeným prevodom. Odčítanie potrebného počtu rozstupov (dierok) na príslušnej rozstupovej kružnici uľahčuje použitie nastaviteľných ramien. Ramená sú vo vyžadovanej polohe t.j. otvorené na žiadaný počet rozstupov a zabezpečené skrutkou a pružinou.

Sklápací mechanizmus umožňuje nastavenie obrobku do šikmej polohy pod ľubovoľným uhlom k rovine stola frézovačky. Frézovaný obrobok sa upína do univerzálneho sklúčovadla alebo medzi hroty. Podperný hrot v koníku možno výškovo prestaviť. Aby sa časť, v ktorej je pracovné vreteno, dala vykláňať, musí byť otočná okolo vodorovnej osi. V príslušnej polohe sa táto časť zabezpečuje skrutkou a maticou. Keď je to nutné, možno vreteno prestaviť aj do zvislej polohy napr. pri frézovaní čelných fréz, zubových spojok a pod.

Prevodovým mechanizmom sa spája deliaci prístroj s pohybovou skrutkou pozdĺžneho stola frézovačky. Tento mechanizmus umožňuje frézovanie skrutkovitých drážok, pričom je potrebné, aby sa vreteno deliaceho prístroja s upnutým obrobkom pootočilo o určitý uhol a pozdĺžny stôl sa posunul o určitú dĺžku (veľkosť stúpania skrutkovice). Od pohybovej skrutky stola frézovačky sa pohyb prenáša ozubeným prevodom (ozubenými kolesami) na deliaci kotúč. Pri zasunutom kolíku do niektorej z dierok v deliacom kotúči sa potom s deliacim kotúčom otáča aj skrutkové súkolesie a tým aj vreteno s upnutým obrobkom.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Aké je využitie univerzálnych deliacich prístrojov v praxi ?
2. Popíšte konštrukciu a základné časti univerzálneho deliaceho prístroja.
3. Aké bežné príslušenstvo sa dodáva k univerzálnemu deliacemu prístroju ?
4. Aké špeciálne príslušenstvo sa dodáva k univerzálnemu deliacemu prístroju ?
5. Popíšte deliaci mechanizmus,
6. Popíšte sklápací mechanizmus,
7. Popíšte prevodový mechanizmus.

2.11.2.1 Priame delenie

Aj na univerzálnom deliacom prístroji môžeme použiť priame delenie. Musíme však najskôr vysunúť skrutku zo záberu so skrutkovým kolesom (skrutka je uložená výstredne). Potom uvoľníme zabezpečovací kolík, ktorý je uložený v telese prístroja a deliaci kotúč natočíme tak, aby kolík zapadol niektorej dierky na rozstupovej kružnici. Počet dierok je na každej kružnici vyrazený. Pri ďalšom delení natočíme vreteno s upnutým obrobkom ručne o potrebný rozstup, kolík zasunieme do príslušnej dierky a zabezpečíme pracovné vreteno. Priame delenie používame iba v jednoduchých prípadoch. Počet dielov (rozstupov), na ktoré môžeme rozdeliť obvod obrobku, je závislý od počtu dierok deliaceho kotúča (rovnako ako pri jednoduchých deliacich prístrojoch). Priame delenie používame hlavne pri obrábaní štvorhranných a šesťhranných hláv skrutiek, jednoduchých drážok, rovnobežných plôch a pod.

Príklad : Pomocou priameho delenia rozdeľte obvod na tri rovnaké diely.

Riešenie :

Použiť môžeme hociktorú deliacu kružnicu na deliacom kotúči, ktorá má počet dierok deliteľný tromi. Napríklad ak vyberieme kružnicu s počtom dierok 30, potom $P = 30$, $z = 3$

$$n = P / z = 30 / 3 = 10$$

Na kružnici s 30 dierkami pootáčame vreteno o 10 dierok.

2.11.2.2 Nepriame jednoduché delenie

Pri nepriamom delení sa vreteno deliaceho prístroja neotáča rukou, ale otáčaním deliacej kľuky. Vreteno deliaceho prístroja sa natáča prostredníctvom deliaceho mechanizmu. Deliaci kotúč 2 (obr. 2.26) má na oboch čelných plochách kruhové rady dierok. Deliaci kľuka 1 má pozdĺžny výrez a rukoväť s odpruženým kolíkom, ktorý presne zapadá do dierok v deliacom kotúči. Pozdĺžny výrez umožňuje po povolení skrutky 3 prestaviť deliacu kľuku na potrebnú deliacu kružnicu. Utiahnutím skrutky sa poloha kľuky zabezpečí.

Nastaviteľnými ramenami 7 (obr. 2.25) si frézár presne označuje veľkosť potrebného natočenia deliacej kľuky, aby nemusel dierky stále prácne počítat'. Ramená sa na deliacom kotúči voľne natáčajú, pričom nastaviteľná brzda zabezpečuje požadovanú polohu ramien. Rozvretie ramien sa v potrebnej polohe zabezpečuje skrutkou.

Otáčaním deliacou kľukou 1 (obrázok deliaca časť univerzálneho deliaceho prístroja) sa pohyb prenáša na hriadeľ 4 a odtiaľ prostredníctvom dvojice čelných ozubených kolies na závitovku 5, ktorá je v zábere so závitovkovým kolesom 6, pevne spojeným s vretenom deliaceho prístroja 7. Závitovka je obyčajne jednoduchová a závitovkové koleso má 40 zubov. Vreteno deliaceho prístroja sa pri nepriamom delení natáča prostredníctvom závitovkového prevodu s prevodovým pomerom $1 : 40$. Hovoríme, že takýto deliaci prístroj má charakteristiku 40. To znamená, že treba vykonať 40 otáčok deliacou kľukou, aby vreteno vykonalo jednu otáčku. Deliace prístroje zahraničnej výroby môžu mať aj iné prevodové pomery, napr. $1 : 30$, $1 : 60$, $1 : 80$ a pod.

Natočenie pracovného vretena deliaceho prístroja do žiadanej polohy prostredníctvom závitovkového prevodu a deliacej kľuky označujeme n_k . Veľkosť potrebného natočenia potom vypočítame zo vzťahu :

$$\text{natočenie} = \frac{\text{charakteristika deliaceho prístroja}}{\text{počet dielov, na ktorý treba deliť}}$$

Pri deliacom prístroji s charakteristikou 40 teda platí :

$$n_k = \frac{40}{z}$$

kde z je počet dielov, na ktorý treba deliť.

Príklad 1 : Frézár má obrobiť na obode súčiastky 40 drážok v rovnakých rozstupoch. Určte veľkosť natočenia vretena pre deliaci prístroj s charakteristikou 40.

Riešenie :

$$n_k = 40 / z = 40 / 40 = 1$$

Frézár bude otáčať deliacou kľukou o jednu celú otáčku. Na ľubovoľnej deliacej kružnici si označí jednu dierku, otočí deliacou kľukou o jednu otáčku a zasunie kolík do označenej dierky. Takto bude natáčať kľukou pri každom delení.

Príklad 2 : Frézár má frézovať pravidelný šesťuholník. Určte veľkosť natočenia vretena pre deliaci prístroj s charakteristikou 40.

Riešenie :

$$n_k = \frac{40}{z} = \frac{40}{6} = 6 \frac{4}{6} = 6 \frac{10}{15}$$

Z výpočtu vyplýva, že frézár bude pri delení natáčať kľukou o $6 \frac{2}{3}$ otáčky. Zlomok sa rozšírením upraví tak, aby sme v menovateli dostali číslo zodpovedajúce počtu dierok na niektorej kružnici deliaceho kotúča. V našom príklade sú kotúče s týmito počtami dierok :

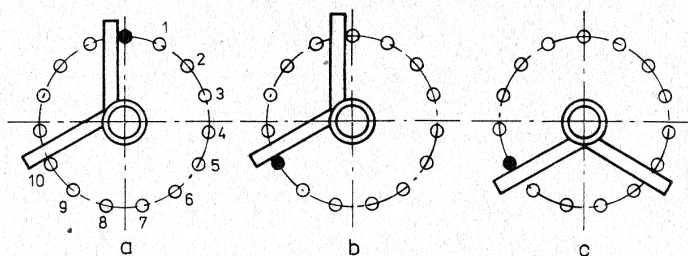
kotúč I : 15, 16, 17, 18, 19, 20,

kotúč II : 21, 23, 27, 29, 31, 33,

kotúč III : 37, 39, 41, 43, 47, 49,

Na deliacom prístroji bol namontovaný kotúč I a frézár sa rozhodol použiť deliacu kružnicu s 15 dierkami.

Nastaviteľné ramená nastaví frézár podľa obrázku a :



a – nastavenie prestaviteľných ramien, b – natočenie, c – prestavenie ramien pre ďalšie natočenie

Aby bolo medzi nimi 10 rozstupov (medzi ramenami je 11 dierok, dierka v ktorej je zasunutý kolík deliacej kľuky sa nepočíta). Pri delení otočí frézár deliacou kľukou šesťkrát plus ďalších 10 dierok na kružnici s 15 dierkami a zasunie kolík do dierky (obr. b). Potom presunie nastaviteľné ramená, aby ich mal pripravené na ďalšie delenie (obr. c).

Príklad 3 : Frézár má rozdeliť na deliacom prístroji s charakteristikou 40 a s obojstranným deliacim kotúčom s počtom dierok, ktoré sú na str. ... obvod súčiastky na 72 dielov. Vypočítajte veľkosť natočenia vretena a určte príslušnú deliacu kružnicu.

Riešenie :

$$n_k = \frac{40}{z} = \frac{40}{72} = \frac{5}{9} = \frac{30}{54}$$

Delenie sa bude robiť na deliacej kružnici s 54 dierkami a deliť sa bude po 30 dierkach. Prestaviteľné ramená nastaví tak, aby medzi nimi bolo 30 rozstupov, čiže 31 dierok.

V praxi sa na určovanie natočenia používajú tabuľky s už vypočítanými potrebnými hodnotami.

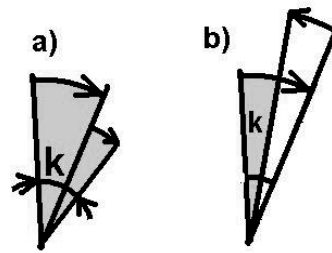
2.11.2.3 Nepriame zložené delenie

Je to kombinovaný spôsob, pri ktorom sa delí na dvoch deliacich kružniciach. Najprv sa deliacou kľukou nastaví určený počet rozstupov na jednej a potom na druhej deliacej kružnici. Pritom natáčanie deliacej kľuky môže byť súhlasné, čiže pohyby sa sčítajú (obr. 2.27 a) alebo nesúhlasné, pohyby sa odčítajú (obr. 2.27 b).

Nepriame zložené delenie má rad nevýhod, preto sa v praxi používa iba výnimočne. Hlavnou nevýhodou je zložitá manipulácia pri delení a to, že jeho výsledky nie sú vždy celkom presné. Preto sa týmto spôsobom delenia nebudeme zaoberať podrobnejšie.

Cvičenie : Určte veľkosť natočenia vretena pri delení na nasledujúce počty dielov : 15, 21, 39, 44, 57, 72, 96, 112 a 135. Deliaci prístroj má charakteristiku 40 a obojstranný deliaci kotúč s počtami dierok, ktoré sú na str. 50.

Obr. 2.27. Natáčanie deliacej kľuky
a) súhlasný pohyb, b) nesúhlasný pohyb



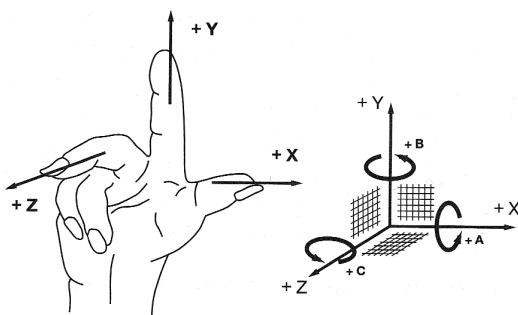
KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Popíšte spôsob priameho delenia na univerzálnom deliacom prístroji.
2. Vysvetlite, čo je to jednoduché nepriame delenie.
3. Čo je to charakteristika deliaceho prístroja ?
4. Ako sa vypočíta veľkosť natočenia pri delení ?
5. Na čo slúžia prestaviteľné ramená ?
6. Popíšte postup pri delení na univerzálnom deliacom prístroji.

2. 12 Zadávanie programových informácií

Aby bolo zadávanie trajektórií a polôh referenčných bodov pri programovaní NC strojov jednoznačné a jednotné, musíme rešpektovať určité pravidlá, ktoré sú platné pre „preloženie“ súradnicového systému príslušným NC strojom. Pre obrábacie stroje s klasickou sériovou kinematickou štruktúrou sa rešpektuje odporúčanie ISO, podľa ktorého sa používa klasická karteziánska trojosová pravotočivá súradnicová sústava s označením základných osí X, Y a Z. Pre ich usporiadanie platí pravidlo pravej ruky (palec – X, ukazovák – Y, prostredník – Z). Okrem priamočiarych pohybov rovnobežných s uvedenými osami zavádzajú sa ešte rotačné pohyby okolo týchto osí A (okolo osi X), B (okolo osi Y) a C (okolo osi Z). Kladný zmysel rotačných osí je zhodný so smerom a zmyslom posuvov pravotočivých skrutiek – napríklad ak sa pozeráme v smere osi X, tak kladný zmysel rotačnej osi A je v zmysle pohybu hodinových ručičiek (obr. 2.28).

Podľa definície NC stroja vieme, že každý číslicovo riadený stroj má všetky svoje funkcie (geometrické, technologické a pomocné) ovládané riadiacim systémom na základe **programu**, ktorý je v číslicovej (lepšie je výraz digitálnej) forme. Program teda pre riadiaci systém predstavuje určitý návod – predpis, podľa ktorého sa jednotlivé inštrukcie vykonávajú. Tento „návod“ je dielom človeka, ktorým vlastne komunikujeme s riadiacim systémom stroja a tým nepriamo vlastne i so strojom. Podobne ako sa ľudia medzi sebou dorozumievajú v určitom jazyku, ktorého základným stavebným prvkom je slovo a slová spájame do viet, ktoré vyjadrujú určité ucelené myšlienky, aj pri tvorbe programu pre NC stroj v podstate využívame tú istú procedúru.



Obr. 2.28. Orientácia osí a pohybov NC stroja

Informácie obsiahnuté na nosiči programu pre obrábanie danej súčiastky preto môžeme rozdeliť do viet - tzv. **blokov**, ktoré vstupné čítacie zariadenie postupne číta a riadiaci systém spracováva ako celok. V rámci jedného bloku sa môže vykonať určitý ucelený úsek činnosti stroja - napríklad obrobenie určitého úseku alebo premiestnenie stola stroja, výmena nástroja a pod. Tak ako „naše“ vety pozostávajú zo slov a tie sú vytvorené z písmen, aj bloky programu môžeme ešte ďalej rozdeliť na **slová** a tieto na jednotlivé **znaky**.

Rozmerové slová pozostávajú z tzv. adresného znaku, znamienka + alebo - a určitého počtu čísiel. Pomocou rozmerových slov sa vyjadrujú geometrické informácie (súradnice, počet inkrementov, uhly pootočenia a pod.).

Bezrozmerné slová sa skladajú z adresného znaku a určitého počtu čísiel a vyjadrujeme nimi inštrukcie pre riadenie technologických a pomocných funkcií stroja (otáčky, posuvy, výmena nástroja a pod.).

Ako adresné znaky sa pre programovanie NC strojov využívajú písmená latinskej abecedy, pričom každé má svoj význam.

Aby sa význam jednotlivých slov v bloku dal jednoznačne určiť, používa sa dohodnutý spôsob ich zápisu, definovaný ako tzv. **formát bloku**. V priebehu vývoja NC techniky sa vyvinuli dva druhy formátu bloku, a to s pevnou dĺžkou a s premenlivou dĺžkou.

Formát bloku s pevnou dĺžkou obsahuje iba číselné znaky, teda významovú časť slov. Vyznačuje sa tým, že poradie i počet slov a znakov je vo vnútri bloku stále ten istý. Ak sa v určitom slove príslušná hodnota nevyskytuje, programujú a zapisujú sa nuly. Bloky s pevnou dĺžkou sa využívali u systémov s tzv. blokovou čítačkou diernej pásky. V súčasnosti sa s nimi možno stretnúť už len výnimočne na ešte pracujúcich starších zariadeniach.

Formát bloku s premenlivou dĺžkou obsahuje slová, ktoré sa vždy skladajú z dvoch častí, adresy určujúcej druh slova a číselnej časti, ktorá vyjadruje podobne ako u pevného bloku jeho významovú časť. Preto je možné vynechávať slová, ktoré sa v príslušnom bloku nevyskytujú, alebo nemenia. Tým sa zjednodušuje programovanie a celý program sa skráti, čo je výhodné z hľadiska objemu informácií na nosiči programu, resp. v pamäti riadiaceho systému alebo riadiaceho počítača. Poradie slov i ich dĺžka sa však aj tu musí väčšinou zachovávať.

Podrobný zápis klasifikácie formátu bloku môže byť napríklad takýto:

N5 G2 X±33 Y±33 Z±33 F31 S4 T4 M2*

Z uvedeného zápisu vieme prečítať tieto údaje:

- N5 päťciferné číslo bloku (program môže obsahovať maximálne 99999 blokov);
- G2 dvojciferná prípravná funkcia (G00 až G99);
- X±33 posunutie v osi X so znamienkom „plus“ alebo „mínus“, 3 číslice naľavo od desatinnej čiarky a tri číslice napravo. Z tohto údaju môžeme dedukovať, že maximálny rozsah programovanej dráhy je 999,999 mm. Počet číslic za desatinnou čiarkou okrem toho poskytuje informáciu o základnom kroku stroja (inkremente), ktorý je rovný $1 \cdot 10^{-3}$ mm;
- Y±33 to isté pre os Y;
- Z±33 to isté pre os Z;
- F31 rýchlosť posuvu, tri číslice naľavo od desatinnej čiarky a jedna číslica napravo, čo znamená, že rýchlosť posuvu je možné zadať maximálnou hodnotou 999,9 jednotiek (v špecifikácii musí byť potom udaná príslušná jednotka pre zadávanie rýchlosti posuvu);
- S4 štyri číslice vyjadrujúce kód funkcie hlavného pohybu, napr. otáčok vretena (v špecifikácii sa potom uvádza konkrétny spôsob kódovania otáčok);
- T4 štyri číslice vyjadrujúce kód funkcie nástroja. Ak nie je uvedený iný spôsob, potom prvé dve z týchto štyroch číslic definujú číslo nástroja a posledné dve číslice definujú príslušný korekčný prepínač pre daný nástroj. V uvedenom prípade teda možno na stroji použiť celkom 99 rôznych nástrojov, ktoré majú čísla 01 až 99 a rovnako sú číslované aj ich korekčné prepínače. Slovo T potom môže nadobudnúť niektorý z tvarov T0101 až T9999, pričom prvá a posledná dvojica číslic v kóde nástroja sa spravidla musia zhodovať (nemôžeme zadať napr. T0295, ale len T0202 alebo T9595).
- M2 dve číslice vyjadrujúce kód pomocnej funkcie (M00 až M99); používa sa symbol tabulácie niektorým z dohodnutých symbolov (musí byť presne deklarovaný);
- * označuje sa koniec bloku niektorým z dohodnutých symbolov (musí byť presne deklarovaný).

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Aká je to karteziánska trojosová pravotočivá súradnicová sústava ?
2. Na čo slúži program ?
3. Aký môže byť formát bloku ?

2.13 Prechod na NC a CNC frézovačky

Frézovacie stroje umožňujú okrem samotného frézovania aj ďalšie operácie trieskového obrábania ako napr. vŕtanie, rezanie závitov a pod. a môžu byť doplnené zásobníkom nástrojov a ich automatickou výmenou.

Frézky konzolové sú charakteristické výškovo prestaviteľnou konzolou. Na túto konzolu môže byť upnutý obrobok alebo prídavný stôl, ktorý môže byť ručne riadený alebo CNC riadený. Výmena nástrojov je realizovaná napr. spôsobom Pick-Up alebo pomocou skladovacieho zásobníka. Pre pohon je použité valivé profilové vedenie a guľčková skrutka s remeňovým náhonom. Na vodorovne sa vysúvajúcim šmýkadle je upevnená horizontálne vertikálna vretenová hlava umožňujúca rôzne polohy obrábania. Stroj je vybavený diagnostickými prvkami ako je kontrola nástroja a obrobku a pod.

Stolové frézky sú novším typom a v určitej oblasti nahrádzajú aj konzolové frézky. Ich výhodou je nemenná výška upínacej plochy stola. Zvislý pohyb vykonáva vreteník. Pri nových koncepciách sa obrobok posúva iba v jednej - pozdĺžnej súradnici (X) za použitia vreteníka s otočnou hlavou (jedno alebo dvojvretenovou), ktorá umožňuje nastavenie polohy vretena do vodorovnej alebo zvislej polohy v automatickom cykle. Základné posuvové súradnice dvojice obrobok – nástroj sú :

- obrobok – posuv v pozdĺžnej súradnici X,
- nástroj – posuv v priečnej a zvislej súradnici Y, Z.

Ďalšie možnosti sú, že priečny posuv vykonáva celý stojan s vreteníkom zvislo posuvným po vedení stojanu alebo priečny posuv vykonáva iba šmýkadlový vreteník, ktorý je tiež posuvný vo zvislom smere po vedení stojana.

Z konštrukcie boli vypustené krížové sane pre posuvy obrobku, čím sa dosiahla vysoká tuhosť stroja a je možné obrábanie vodorovným aj zvislým vretenom.

Výhodnejšie riešenie pracovného priestoru frézky dáva predpoklady pre zaradenie do automatizovaných výrobných sústav s ohľadom na dobré možnosti v automatizácii výmeny obrobku (konštantná výška stola) aj v automatizácii odvodu triesok z pracovného priestoru, či možnosť výhodnej aplikácie priemyselných robotov a manipulátorov pri tvorbe pružných výrobných systémov. Je snaha po dosiahnutí maximálnej tuhosti napr. vodiace plochy sú riešené na princípe dvojitého, plochého, uzavretého vedenia na princípe kalených dlhších vodiacich plôch s protiplochou vytvorenou obložením liatinového stola umelou hmotou (najčastejšie turcitom). Tým dosiahneme dobré dynamické vlastnosti stroja, lebo klzné vedenie s obloženou plochou umelou hmotou má veľmi dobré tlmiace vlastnosti. Pre väčšie rýchlosti posuvu (nad 15 m/min) je možné použiť profilové valivé vedenie.

Uloženie pracovných vretien je riešené z hľadiska maximálnej tuhosti. Uložené sú v dvojradových valčekových ložiskách s možnosťou radiálneho vymedzenia vôle a predpätia. Osové sily zachytávajú axiálne guľčkové ložiská. Na mazanie sa používa trvanlivý tuk. Vretená sú vybavené automatickým upínaním nástrojov, kde stálu upínaciu silu vyvodzuje stĺpec tanierových pružín a uvoľnenie sa prevádza hydraulickým valcom na zadnej strane vretena.

Frézky určené pre automatickú prevádzku sú vybavené blokovaním krytovania pracovného priestoru – kryty musia byť v priebehu rezného procesu uzavreté. Zvýšená pozornosť je venovaná odvodu triesok využívaním intenzívneho oplachovania a zabudovaním vhodných vynášacích dopravníkov triesok pre plynulý odvod vznikajúcich triesok z pracovného priestoru. Tiež sú vybavené zariadením pre vnútorné ochladzovanie nástrojov.

Okrem výmeny nástrojov môže byť frézka vybavená, pre zvýšenie technologickej variability, systémom výmenných hláv.

Pohony lineárnych ôs zaisťujú v priečnej a zvislej osi samostatné servopohony, ktoré nahádzajú priamo guľčkové skrutky s dvojicou predpätých matic. Zvislá skrutka je vybavená

elektromagnetickou brzdou. Pohony v pozdĺžnej osi sú zaistené pomocou ozubeného hrebeňa a dvoch prevodových skriň so servomotormi.

Odmeriavanie jednotlivých osí je priame pomocou odmeriavacích pravítok Heidenhain. Otočné časti sú odmeriavané pomocou rotačných snímačov. Presnosť 0,001 mm a 0,001°.

Obsluha všetkých základných funkcií je v automatickom režime prevádzaná riadiacim systémom, v ručnom režime je možné základné funkcie prevádzať tlačítkami z ovládacieho panelu.

Portálové frézky sú určené pre obrábanie veľkých rovinných plôch alebo skriňových obrobkov. Základným znakom je posuvný portál a umožňuje obrábanie v troch až piatich súvisle riadených osiach.

Pohyby zaisťujú v priečnej a zvislej osi samostatné servopohony, ktoré cez remeňový prevod s ozubeným remeňom naháňajú priamo guľčkové skrutky s predpätou maticou. Zvislá skrutka je vybavená mechanickou brzdou. V pozdĺžnom smere je pohon odvodený od dvoch servopohonov cez posuvovú skriňu s vymedzením vôle a ozubené pastorky na ozubené hrebene umiestnené na obidvoch stranách stola.

Odmeriavanie je prevádzané pomocou lineárnych inkrementálnych pravítok (osi X, Y, Z) a pomocou rotačných snímačov (rotačné osi B, C). Presnosť 0,001 mm a 0,001°.

Frézku možno vybaviť reťazovým zásobníkom nástrojov, ktorý umožňuje automatickú výmenu. Výmenu nástrojov možno prevádzať vo zvislej alebo vodorovnej polohe, podľa použitej vretenovej hlavy. Vlastnú výmenu obstaráva manipulátor.

Možná je aj koncepcia s automatickými výmennými vretenovými hlavami, ktoré sú uložené v zásobníku výmenných vretenových hláv. Tento zásobník môže byť otočný alebo s ručným vozíkom. Vlastnú výmenu zaisťuje vreteník zvislým pohybom v ose Z.

Mazanie vodiacich plôch a guľčkových skrutiek je prevádzané pre každú súradnicovú os zo samostatného mazacieho agregátu. Jednotlivé mazacie miesta sú vybavené dávkovačmi a množstvo oleja je regulované početnosťou spínania, ktoré je možné samostatne ovládať v závislosti na prešlej dráhe v príslušnej osi.

Pomocné funkcie ako radenie otáčok, uvoľňovanie nástrojov a pod. sú realizované hydraulicky. Zdrojom tlakového oleja je hydraulický agregát.

Chladiaci systém a chladenie nástrojov je každé tvorené samostatným okruhom a realizované chladiacim agregátom.

Krytovanie vodiacich plôch je prevedené teleskopickými krytmi. Všetky vodiace plochy sú vybavené stieračmi. Triesky sú odvádzané z pracovného priestoru pomocou článkových dopravníkov.

Stroj môže byť vybavený systémom S 840D. Umožňuje súvisle riadenie súradníc a pracovného vretena. Súčasne môže byť v lineárnej interpolácii päť a v kruhovej dve osi. V pamäti systému sú uložené štandardné podprogramy napr. hlboké vrtanie, rezanie závitov, frézovanie drážok a pod. a môže byť doplnený ďalšími samostatne vytvorenými cyklami. Systém tiež umožňuje tzv. súbežnú prevádzku t.j., že pri obrábaní je možné súčasne zadávať alebo opravovať iný program. Umožňuje tiež posúvanie počiatku, natočenie súradníc, zrkadlenie, zmenu merítka a pod.

Tiež môže byť vybavený prídavnými hlavami, kedy je možné obrábať v 4D a 5D.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

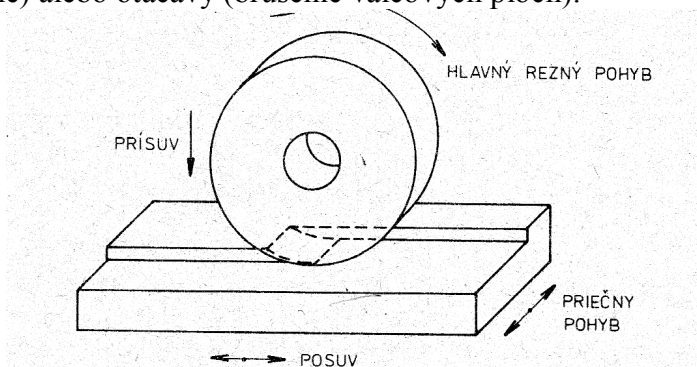
1. Aké konštrukčné úpravy majú NC a CNC frézky voči klasickým ?
2. Ako je riešené odmeriavanie ?
3. Na čo slúži systém S 840D ?

3 Brúsenie

Brúsenie je dokončovacia operácia po predchádzajúcom obrábaní, pri ktorom súčiastka dostane presné rozmery, požadovaný tvar a drsnosť povrchu. Brúsením sa obnovuje aj rezacia schopnosť otupených nástrojov. Tomuto spôsobu brúsenia sa hovorí ostrenie. Nástrojom na brúsenie je brúsny kotúč. Brusný kotúč je mnohoklinný rezný nástroj. Rezné klíny tvoria tvrdé zrná brusiva. Každé jednotlivé zrno pôsobí ako samostatný rezný nástroj. Triesky majú veľmi malé rozmery a vplyvom vysokej teploty odletujú ako iskry. Zrná brusiva sú v spojive brusného kotúča rozmiestnené nepravidelne a súčasne majú aj nepravidelný tvar a zaoblené vrcholy.

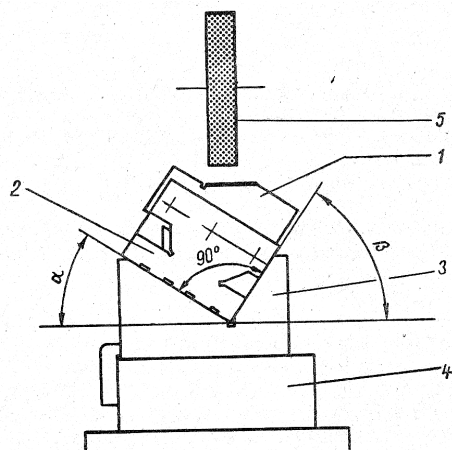
Brusný kotúč vykonáva hlavný otáčavý rezný pohyb (obr. 3.1). Obrába pri veľmi veľkých rezných rýchlostiach.

Vedľajší pohyb pri brúsení vykonáva obrobok a tento pohyb môže byť posuvný (rovinné brúsenie) alebo otáčavý (brúsenie valcových plôch).



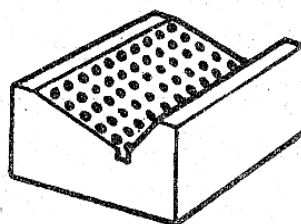
Obr. 3.1. Pohyby pri rovinnom brúsení

3.1 Brúsenie úkosov



Obr. 3.2. Brúsenie úkosov

1 – obrobok, 2 – zverák, 3 – lamelová prizmatická podložka, 4 – magnetická upínacia platňa, 5 – brúsny kotúč



Obr. 3.3. Lamelová prizmatická podložka

Úkoso sa brúsia väčšinou na rovinných brúskach. Je to v podstate rovinná plocha, ale sklonená pod požadovaným uhlom (šikmá plocha). Pri brúsení sa používajú rôzne pomôcky. Napr. naklápacie elektromagnetické a magnetické platne a hranoly, sínusové zveráky, pevné klíny a pod.

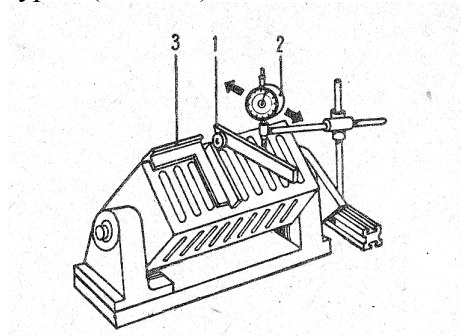
Na menších obrobkoch, ktoré je možné upnúť do zveráka, dajú sa brúsiť šikmé plochy pomocou lamelových podložiek s pravouhlými zárezmi (obr. 3.3) sklonenými pod rôznymi

uhlami α a β (obr. 3.2). Obrobok je upnutý do zveráka s lamelovou prizmatickou podložkou a spolu sú upnuté na magnetickej upínacej platni.

Používajú sa aj sklopné zveráky, ktoré možno nakláňať priamo podľa stupnice.

Väčšie obrobky s úkosmi sa upínajú na naklápacie magnetické hranoly, ktoré majú tiež uhlovú stupnicu. Na presné nastavovanie však stupnica nestačí, používajú sa preto uholníky alebo nastavovacie uhloмеры a číselníkové odchylkomery (obr. 3.4).

Pri brúsení veľmi presných šikmých plôch sú pre nastavovanie obrobku najvhodnejšie sínusové pravítka, ktoré sa nastavujú základnými rovnobežnými mierkami (obr. 3.5). Na brúskach sa používajú zväčša široké sínusové pravítka alebo zveráky rôznych špeciálnych typov (obr. 3.6).



Obr. 3.4. Naklápanie magnetického hranola podľa nastaveného uhlomera

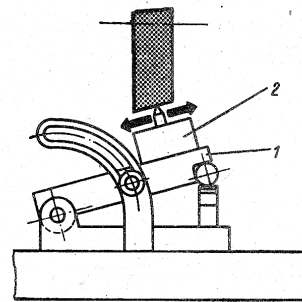
1 – uhlomer, 2 – číselníkový odchylkomer, 3 – uholník



Obr. 3.5. Sínusové magnetické pravítko



Obr. 3.6. Sínusový zverák



Obr. 3.7. Tvarovanie brúsneho kotúča podľa sínusového pravítka

1 – sínusové pravítko, 2 – diamantový orovnávač

Ak rozmery alebo tvar obrobku nedovolia upnutie v naklápacích upínadlách, musí sa úkos brúsiť tvarovým brúsnym kotúčom. Aj na tvarovanie kotúča sa používa sínusové pravítko, po ktorého naklonenej ploche sa posúva hranolový orovnávač s diamantom (obr. 3.7).

3.1.1 Výpočet a kontrola úkosov

Postup pri brúsení úkosu a jeho výpočte si vysvetlíme na príklade.

Brusič má brúsiť klin s uhlom $4^{\circ} 30'$. Klin je vyrobený z ocele, ofrézovaný s prídavkami na brúsenie (obr. 3.8). Teda $\alpha = 4^{\circ} 30'$.

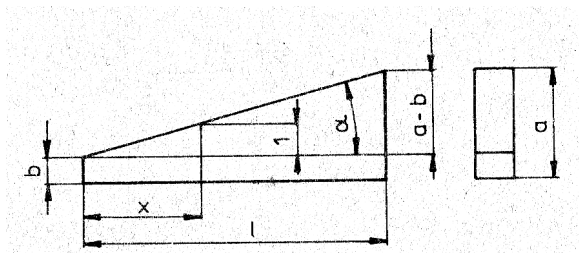
Z obrázku 3.8 vyplýva :

$$\text{úkos } U = (a-b) / l = 1 : x = \tan \alpha$$

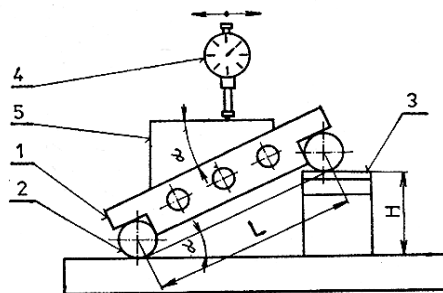
Na elektromagnetickú platňu brusič postaví a vyrovná upínací uholník. Sínusové pravítko podloží príslušnými koncovými mierkami, ktorých hodnotu vypočíta zo vzťahu :

$$h = L \cdot \sin \alpha$$

V našom prípade táto hodnota bude 7,846 mm.



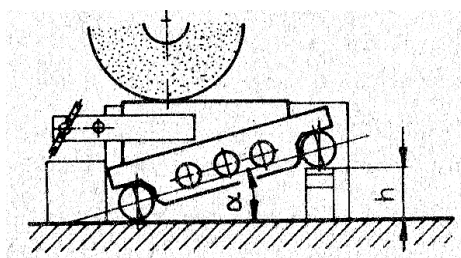
Obr. 3.8. Klin na brúsenie



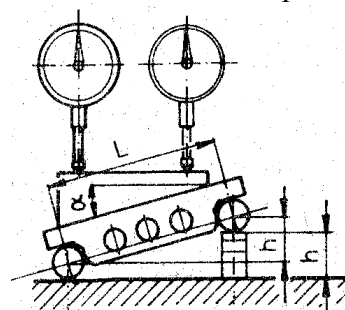
Obr. 3.9. Princíp sínusového pravítka

1 – sínusové pravítko, 2 – základňa, 3 – koncové mierky, 4 – číselníkový odchytkomer, 5 – brúsená súčiastka

Nastavené pravítko sa zabezpečí z obidvoch strán podložkami, aby sa nemohlo pohnúť a celá sústava sa magneticky upne. Brúsený klin sa položí skosenou plochou na sínusové pravítko, pritiahne sa k upínaciemu uholníku zvierkou a obrúsi sa rovinná plocha (obr. 3.10).



Obr. 3.10. Brúsenie rovinatej plochy kliny

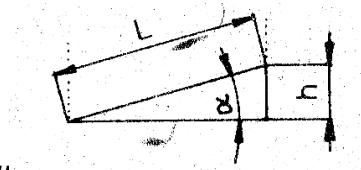


Obr. 3.11. Kontrola brúseného úkosu

Potom sa klin obráti a brúsi sa úkos.

Správnosť brúseného úkosu skontrolujeme na prímernavacej platni sínusovým pravítkom a číselníkovým odchytkomerom (obr. 3.11).

Z uvedeného príkladu vyplýva, že tak ako výroba, tak aj kontrola brúsených úkosov sa robí pomocou sínusového pravítka.



Obr. 3.12. Pomery na sínusovom pravítku

Zo schematickeho obrázku 3.12 je jasné, že pri známej dĺžke sínusového pravítka L (dĺžky sú udávané normou), vieme vypočítať pre požadovaný uhol výšku h t.z. koľko máme podložiť koncovými mierkami : $h = L \cdot \sin \alpha$

alebo pri známej výške h vieme vypočítať veľkosť uhla α , ktorý pri tomto uložení vybrúsime :

$$\sin \alpha = h / L$$

Kontrola na sínusovom pravítku prebieha takto.

Súčiastku s úkosom položíme skosenou plochou na sínusové pravítko. Podľa známeho uhla α vypočítame veľkosť h – hodnota koncových mierok na nastavenie tohto uhla. Ak je úkos správne vybrúsený, číselníkový odchytkomer, ktorým prechádzame po rovinatej ploche súčiastky, neukáže žiadnu odchýlku.

V praxi sa pri meraní postupuje takto :

- vypočítanú hodnotu h podložíme na sínusovom pravítku koncovými mierkami,
- súčiastku položíme na sínusové pravítko skosenou plochou dole,
- priečnym pohybom číselníkového odchytkomera po rovinatej ploche súčiastky zistíme najvyššie miesto a odchytkomer nastavíme na nulu,
- odchytkomer presunieme priečnym pohybom z jednej krajnej polohy do druhej a zistíme prípadnú odchýlku,
- pri správnom uhle úkosu ukazuje odchytkomer nulovú odchýlku.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Čo je to brúsenie a na čo slúži ?
2. Čo sú to úkosy ?
3. Aké pomôcky využívame pri brúsení úkosov ?
4. Aké poznáme spôsoby brúsenia úkosov ?
5. Popíšte postup pri kontrole brúseného úkosu.

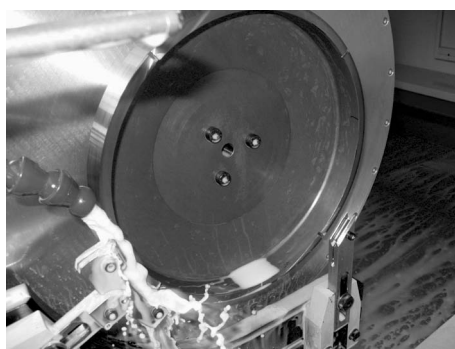
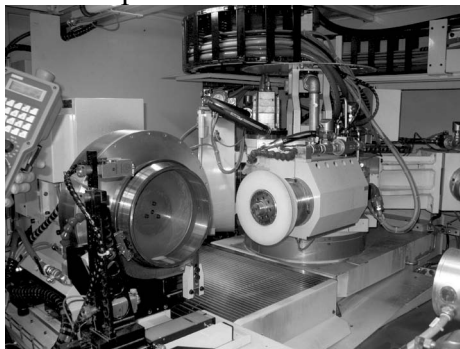
3.2 Brúsenie vonkajších priemerov rotačných súčiastok

Podľa spôsobu upnutia rozdeľujeme brúsenie na :

- brúsenie v klzných opierkach
- brúsenie medzi hrotmi

3.2.1 Brúsenie v klzných opierkach (obr. 3.13).

Súčiastka je upnutá na otáčajúcej sa magnetickej doske a podopretá za vonkajší povrch dvoma klznými opierkami najčastejšie s tvrdokovu. Brúsný kotúč odoberá materiál oproti zadnej opierke. Brúsená súčiastka je podopretá odspodu druhou opierkou. Opierky sú v princípe nastavené tak, že držia súčiastku (brúsený krúžok) nad stredom osi otáčania magnetickej upínacej dosky. Týmto dochádza k upínaciemu efektu, lebo súčiastka je pri otáčaní neustále vtlačaná do klinu klzných opierok. Rozostavenie klzných opierok má veľký vplyv na kvalitu brúseného povrchu.



Obr. 3.13. Brúsenie v klzných opierkach

3.2.2 Brúsenie medzi hrotmi

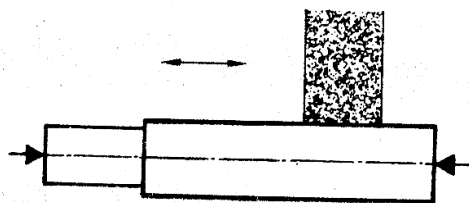
Pozdĺžne brúsenie. Brúsenie s pozdĺžnym pohybom stola sa používa pri obrobkoch, ktorých dĺžka je väčšia ako šírka brusného kotúča. Obrobok vykonáva okrem rotačného pohybu ešte pozdĺžny pohyb. Pozdĺžne brúsenie sa rozdeľuje podľa počtu záberov na :

- pozdĺžne brúsenie s väčším počtom záberov,
- pozdĺžne brúsenie na jeden záber (hlboké brúsenie).

Pozdĺžne brúsenie s väčším počtom záberov

Tento spôsob brúsenia je najpoužívanejší. Dosahuje sa ním najväčšia presnosť rozmerov a geometrického tvaru a najmenšia drsnosť povrchu.

Brúsiaci vreteník sa prisúva do rezu v jednej alebo oboch úvratiach stola (obr. 3.14).



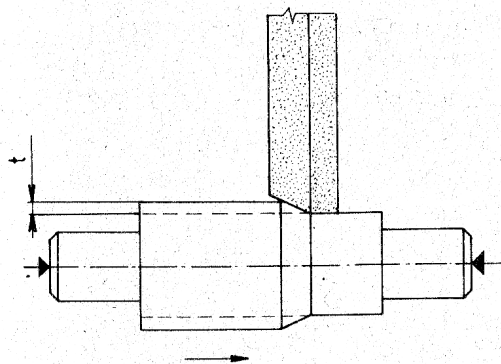
Obr. 3.14. Pozdĺžne brúsenie

Brúsenie týmto spôsobom sa rozdeľuje na hrubovanie a na brúsenie na čisto.

Pri hrubovaní netreba dosiahnuť presné rozmery, ani akostný povrch, ale rýchle odobratie čo najväčšej časti z celkového prídavku na brúsenie. Preto posuv stola býva 23 až 34 x šírka kotúča a prisuv v úvratiach 0,005 až 0,070 mm na dvojzdvih stola. Používajú sa podľa možnosti čo najširšie brusné kotúče hrubšej zrnitosti. Len pri brúsení obrobkov z kalenej ocele treba pracovať s takými podmienkami, aby obrobky ohrevom nestratili svoju tvrdosť.

Brúsením na čisto sa musia odstrániť všetky stopy po hrubovaní a obrobok musí dostať správny tvar, predpísané rozmery a požadovanú drsnosť povrchu. Výhodné je použiť o niečo užšie brusné kotúče s jemnejšou zrnitosťou. Posuv stola musí byť podstatne menší ako pri hrubovaní asi 1/4 až 1/3 šírky kotúča a tiež aj prisuv, ktorý sa udáva v tisícinách milimetra. Brúsenie na čisto sa vždy dokončuje vyiskrením.

Pozdĺžne brúsenie na jeden záber. Týmto spôsobom, nazývaným aj brúsenie hlbokým spôsobom, možno podstatne zvýšiť produktivitu práce, najmä pri brúsení krátkych tuhých súčiastok. Brusný kotúč odoberá celý prídavok naraz t.j. počas jedného pozdĺžneho zdvihu obrobku (obr. 3.15).

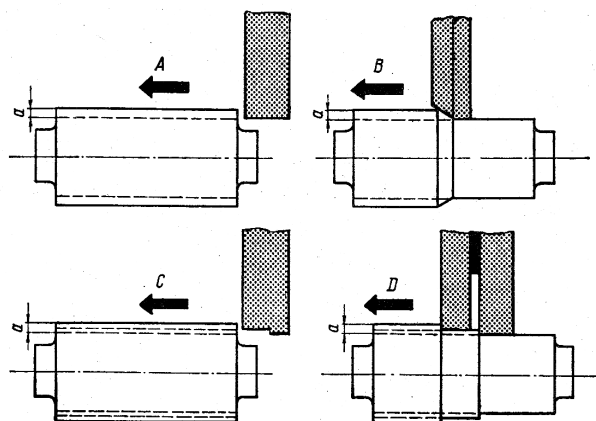


Obr. 3.15. Brúsenie hlbokým spôsobom

Keďže hrana brusného kotúča sa veľmi rýchle opotrebováva, priemer brusného kotúča sa znižuje a vytvára sa kužeľová plocha, ktorá sa postupne zväčšuje (obr. 3.16A). Takýto kotúč sa musí orovnať, aby povrch obrobku nebol veľmi drsný. Niekedy sa preto kotúč už vopred upraví tak, aby mal primeraný rezný kužeľ (obr. 3.16B).

Taktiež sa používa aj brúsenie stupňovitým kotúčom (obr. 3.16C). Každý stupeň kotúča odoberá z obrobku časť prídavku na brúsenie a posledný stupeň povrch vyhladí. Prácu stupňovitého kotúča zlepšujú zápichy medzi jednotlivými stupňami, ktorými sa zabráni vzniku kužeľových prechodov, ktoré zhoršujú akosť povrchu.

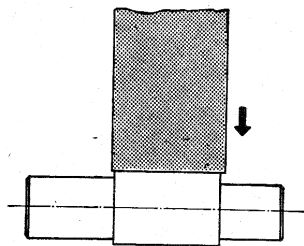
Namiesto tvarových stupňovitých kotúčov možno použiť aj dva kotúče upnuté v spoločných prírubách alebo na jednom vretene (obr. 3.16D). Menším kotúčom sa potom brúsi na hrubo a väčším kotúčom na čisto.



Obr. 3.16. Rôzne spôsoby hlbokého brúsenia

A – plochým kotúčom, B – s rezným kužeľom, C – so stupňovitým kotúčom, D – dvoma kotúčmi

Zápichové brúsenie. Alebo sa mu tiež hovorí zápichovací spôsob brúsenia. Je to veľmi produktívny spôsob brúsenia a výhodný je najmä pre krátke a tuhé obrobky. Brúsi sa brusným kotúčom, ktorý je o niečo širší ako dĺžka brúseného povrchu. Kotúč sa len radiálne posúva do rezu, bez pozdĺžneho pohybu stola (obr. 3.17).



Obr. 3.17. Brúsenie zápichovacím spôsobom

Pri tomto pohybe sa dosiahne lepšia akosť brúsenej plochy.

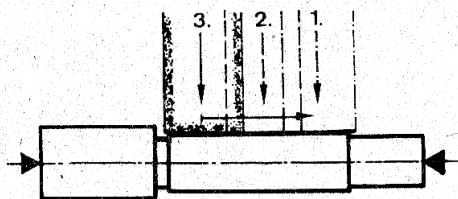
Aj pri tomto spôsobe môžeme brúsenie rozdeliť na brúsenie na hrubo a brúsenie na čisto.

Pri zápichovacom brúsení na hrubo sa brusný kotúč prisúva do záberu pri každej otáčke obrobku a volí sa v medziach 0,002 až 0,02 mm na otáčku podľa rýchlosti obrobku. Čím väčšia je obvodová rýchlosť obrobku, tým menší musí byť prisuv do záberu.

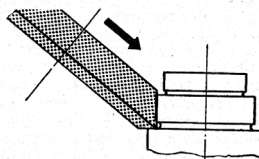
Pri brúsení na čisto je prisuv do záberu asi polovičný.

Nevýhodou zápichovacieho brúsenia je veľká styková plocha brusného kotúča s obrobkom, takže sa obrobok ohrieva viacej ako pri pozdĺžnom spôsobe brúsenia. Tak isto sa aj brusný kotúč zanáša rýchlejšie, takže sa musí častejšie orovnávať. Brusný kotúč musí byť orovnaný presne, pretože od tvarovej presnosti kotúča závisí presnosť obrobku.

Pri dlhších súčiastkach môžeme použiť kombinovaný spôsob brúsenia s postupným zápichovaním. Postupným zápichovaním sa odoberie väčšia časť prídavku a súčiastka sa dokončí pozdĺžnym pohybom obrobku (obr. 3.18).



Obr. 3.18. Postupné zápichovanie



Obr. 3.19. Zápichovací spôsob so šikmým prisuvom

Poznáme aj zápichovací spôsob brúsenia so šikmým prisuvom brusného kotúča. Tento spôsob sa využíva tam, kde okrem valcovej časti treba brúsiť aj čelo osadenia (obr. 3.19).

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Popíšte brúsenie v klzných opierkach.
2. Kedy používame pozdĺžne brúsenie ?
3. Popíšte postup pozdĺžneho brúsenia s väčším počtom záberov.
4. Popíšte brúsenie pozdĺžnym spôsobom na jeden záber.
5. Popíšte zapichovací spôsob brúsenia.
6. Aké sú výhody a nevýhody zapichovacieho spôsobu brúsenia ?
7. Popíšte brúsenie s postupným zapichovaním.

3.3 Brúsenie zložitých valcových plôch

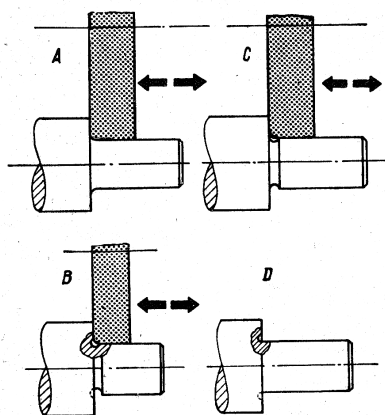
Do tejto skupiny obrobkov patria napr. odstupňované (osadené) hriadele.

V takomto prípade sa hrany brúsneho kotúča opotrebovávajú rýchlejšie ako ostatná časť jeho povrchu a preto sa zaoblujú. Pri brúsení osadených hriadeľov (obr. 3.20) možno nimi brúsiť medzi valcovou plochou menšieho priemeru a čelnou plochou väčšieho priemeru len rádiusový prechod (obr. A). Ak je rádiusový prechod predpísaný na výkrese, možno kotúč presne tvarovať zaobl'ovačom hrán. Tam, kde sa zaoblenie nepripúšťa, musí sa na obrobku vytvoriť zápich, ktorý vytvára priestor pre výbeh hrany brúsneho kotúča. Zápich sa umiestňuje podľa potreby do :

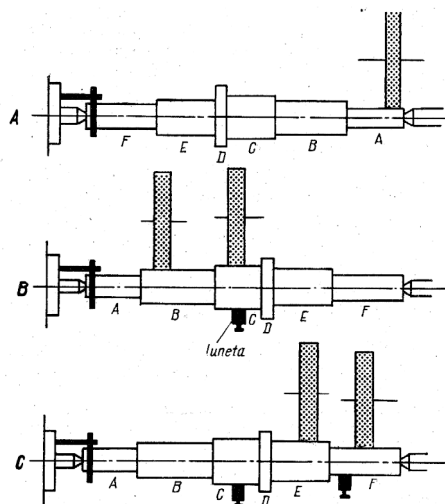
- rohu (obr. B), keď záleží od správneho geometrického tvaru valcovej a čelnej plochy,
- valcovej časti (obr. C), keď záleží predovšetkým od valcovej plochy,
- čelnej plochy (obr. D), keď záleží od rovinnosti čelnej plochy.

Šírku zápichu určuje norma tak, aby zabezpečila výbeh zaoblenej časti brúsneho kotúča.

Na osadených hriadeľoch sa najskôr brúsi menší priemer na hrubo a potom na čisto a až potom sa brúsi väčší priemer na hrubo a na čisto.



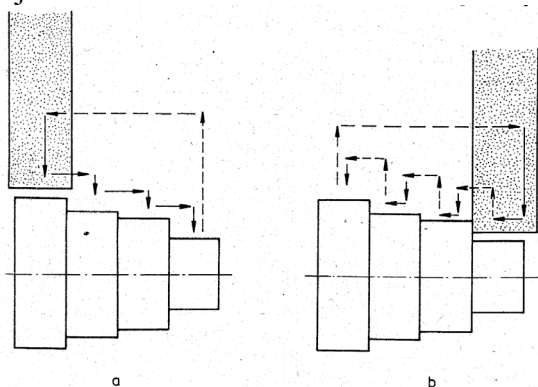
Obr. 3.20. Brúsenie osadených hriadeľov



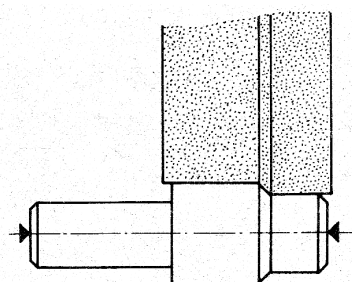
Obr. 3.21. Brúsenie odstupňovaného hriadeľa

Na odstupňovaných hriadeľoch (obr. 3.21) sa začína brúsením najmenej valcovej plochy A na hrubo a na čisto (obr. A). Potom za túto plochu upneme unášacie srdce a obrobok v hrotoch obrátime. Potom sa brúsi na hrubo plocha C a po nej plocha B. Až potom sa obidve plochy brúsi na čisto (obr. B). Ďalej sa pokračuje brúsením plôch E a F na hrubo a brúsením na čisto v poradí F a E (obr. C).

Pretože štíhle dlhé hriadele sa tlakom kotúča prehýbajú, treba voliť postup brúsenia tak, aby deformácie boli čo najmenšie, resp. treba podoprieť hriadeľ proti kotúču opierkami - lunetami. Prvá luneta sa postaví pri hrubovaní plochy C (obr. B), len čo je brúsený úsek po celom obvode obrúsený. Obidve čeluste lunety sa nastavujú tak, aby obrobok ľahko nadnášali. Obrobok sa pritom musí dať ručne otáčať. Počas brúsenia sa obidve čeluste nastavujú na čoraz menší priemer, aby sa tým zamedzilo chvenie a aby sa dosiahla priamosť a kruhovitosť obrobku. Luneta, ktorá je umiestnená približne v strede brúseného úseku, sa môže ponechať v nastavenej polohe aj pri brúsení obidvoch susedných plôch. Druhá luneta sa nastavuje pri hrubovaní plochy E a zostáva vo svojej polohe aj pri brúsení plochy F (obr. C). Odstupňované hriadele môžeme brúsiť aj zapichovacím spôsobom. Začína sa brúsiť od najväčšieho priemeru, pretože nepracovné pohyby brúsneho kotúča sú v tomto prípade najkratšie (obr. 3.22a). Pri opačnom postupe, čiže pri brúsení od najmenšieho priemeru, je pohyb kotúča omnoho zložitejší a časové straty sú väčšie (obr. 3.22b). Ak sa brúsi viac kusov obrobkov, potom sa po obrúsení obrobku zľava doprava upne ďalší obrobok tak, aby jeho najväčší priemer bol na pravej strane. Pri tomto striedaní strán sú dráhy brúsneho kotúča najkratšie.



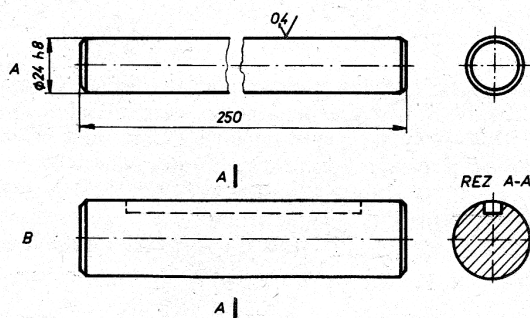
Obr. 3.22. Zapichovacie brúsenie odstupňovaných hriadel'ov



Obr. 3.23. Brúsenie tvarovým kotúčom

Na brúskach, na ktorých sa môžu upínať široké brúsne kotúče, dajú sa brúsiť osadené obrobky vhodne tvarovaným brúsnym kotúčom (obr. 3.23) alebo súpravou niekoľkých brúsných kotúčov upnutých na jednej prírubu. Brúsne kotúče sú oddelené rozpernými krúžkami s príslušnou šírkou.

Okrem brúsenia hladkých valcových plôch (obr. 3.24A) sa v praxi vyskytuje aj brúsenie valcových plôch s klinovou drážkou (obr. 3.24B). Pri takomto brúsení sa musí pred brúsením drážka vyplniť vložkou z dreva, kovu alebo plastu. Keby sa brúsilo bez vložky, počas každej otáčky obrobku by sa menil tlak brúsneho kotúča na obrobok a nedosiahol by sa správny kruhový prierez. Brúsny kotúč by sa vždy trochu posunul do zníženej drážky a nadmerne by obrusoval jej okraje.



Obr. 3.24. Hriadele – A – hladký hriadeľ, B – hriadeľ s drážkou

KONTROLNÉ OTÁZKY :

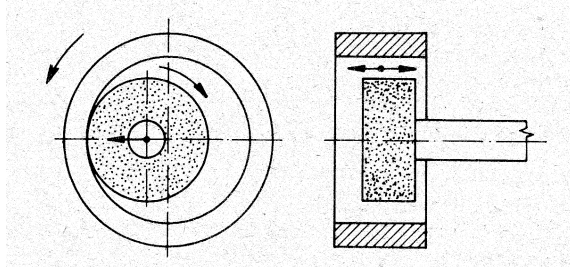
1. Na čo slúži zápich pri brúsení osadených hriadeľov ?
2. Popíšte postup brúsenia odstupňovaného hriadeľa.
3. Na čo nám slúži pri brúsení luneta ?
4. Popíšte zapichovací spôsob brúsenia odstupňovaného hriadeľa.
5. Popíšte brúsenie tvarovými kotúčmi.
6. Ako sa brúsia hriadele s drážkou ?

3.4 Brúsenie otvorov

Brúsenie otvorov je obťažnejšie ako brúsenie vonkajších valcových plôch. Brúsny kotúč má zvyčajne omnoho menšie rozmery, preto aj materiál sa odoberá podstatne menším počtom brúsnych zŕn a výkon je menší. Pomerne veľká styková plocha zhoršuje odvod triesok, preto treba používať väčšie brúsne kotúče. Tie sú však menej trvanlivé. Aj rezná rýchlosť vyžaduje, aby sa malé brúsne kotúče otáčali veľkými otáčkami, čo kladie nároky na konštrukciu a vyhotovenie vretena.

Pri brúsení otvorov sú tieto pohyby (obr. 3.25) :

- otáčavý pohyb brúsneho kotúča,
- otáčavý pohyb obrobku (obrobok a kotúč majú opačný smer otáčania),
- pozdĺžny vratný pohyb brúsneho kotúča alebo obrobku,
- prísuv do rezu brúsneho kotúča alebo obrobku.



Obr. 3.25. Pohyby pri brúsení otvorov

Vnútorne valcové plochy môžeme brúsiť týmito základnými spôsobmi :

- pozdĺžnym brúsením,
- zapichovacím brúsením,
- planétovým brúsením,
- vnútorným bezhrotovým brúsením.

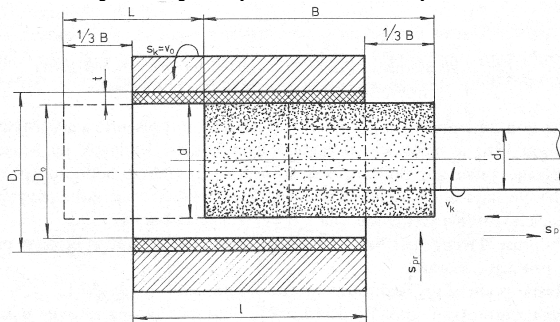
Brúsenie otvorov pozdĺžnym brúsením

Pozdĺžne brúsenie otvorov na hrotových brúskach sa používa najčastejšie (obr. 3.26). Brúsny kotúč sa otáča v opačnom smere ako obrobok. Otvory sa brúsia na hrubo aj na čisto pri jednom upnutí súčiastky. Kotúč sa volí čo najširší, pokiaľ to dovoľí tuhosť brúsiaceho vretena. Pritom treba dodržiavať tieto zásady :

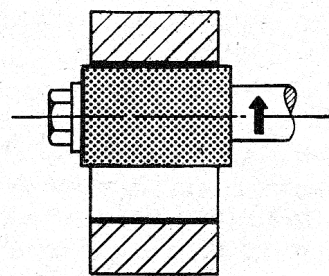
- priemer brúsneho kotúča nemá presahovať $9/10$ priemeru otvoru a volí sa v rozpätí $3/4$ až $4/5$,
- pri veľkej hĺbke otvoru sa používajú dlhé a tenké nadstavce, ktorých tuhosť je malá, preto sa pracuje s malými prísuvmi na viac záberov,

- pri vnútornom brúsení je styková plocha kotúča s obrobkom veľká, súčiastka sa viac zahrieva, preto ju treba výdatne chladieť (najmä pri brúsení kalených alebo cementovaných súčiastok),
- pri obrábaní otvorov sa používajú vretená rôznych priemerov, preto vreteno musí byť krátke a hrubé, aby obrábacia sústava bola tuhá,
- pri brúsení otvorov sa používajú väčšie kotúče, ktoré sú menej trvanlivé a vyžadujú častejšie orovnávanie, najmä pred každým záberom na čisto,
- vnútorné valcové plochy sa brúsia menšími reznými rýchlosťami ako vonkajšie valcové plochy.

Pri pozdĺžnom brúsení sa začína hrubovaním, pri ktorom sa rýchlo odoberá väčšia časť prídavku pri hĺbke rezu 0,005 až 0,02 mm (podľa priemeru diery). Po orovnaní brúsneho kotúča sa brúsia na čisto s prísuvom 0,002 až 0,01 mm na jeden dvojzdvih. Menší prísuv (hĺbka rezu) sa volí pri brúsení malých (pod 40 mm) alebo dlhých diery. Pozdĺžny posuv sa volí takým istým spôsobom ako pri brúsení medzi hrotmi.



Obr. 3.26. Pozdĺžne brúsenie otvorov



Obr. 3.27. Zapichovacie brúsenie

Pri otvoroch, na ktorých presnosť a akosť povrchu sa kladú mimoriadne veľké požiadavky, brúsia sa na čisto na niekoľko záberov postupne zmenšovanou hĺbkou rezu.

Počas brúsenia nesmie brúsny kotúč vybiehať z otvoru, pretože to spôsobuje kužeľovité zväčšenie priemeru na začiatku otvoru.

Rezné podmienky :

Rezná rýchlosť brúsneho kotúča :

- pre húževnaté materiály 25 až 30 m.s⁻¹,
- pre krehké materiály 18 až 25 m.s⁻¹.

Obvodová rýchlosť obrobku :

- mäkká oceľ 16 až 21 m.min⁻¹,
- kalená oceľ 18 až 24 m.min⁻¹,
- sivá liatina 19 až 24 m.min⁻¹,
- mosadz 24 až 40 m.min⁻¹.

Pozdĺžny posuv pri brúsení na hrubo :

- oceľ 0,5 až 0,7 šírky kotúča na otáčku,
- sivá liatina 0,2 až 0,5 šírky kotúča na otáčku.

Pri brúsení na čisto :

- oceľ 0,2 až 0,5 šírky kotúča na otáčku,
- sivá liatina 0,2 až 0,4 šírky kotúča na otáčku.

Prísuv pri brúsení na hrubo má byť 0,01 až 0,02 mm,
na čisto 0,002 až 0,01 mm.

Zapichovací spôsob brúsenie otvorov

Zapichovací spôsob brúsenia (obr. 3.27) sa používa menej ako brúsenie pozdĺžnym spôsobom, lebo obrábacia sústava má obyčajne menšiu tuhosť. Je však omnoho výkonnejší,

najmä pri kratších otvoroch. Dĺžka diery závisí od šírky brúsneho kotúča a je obmedzená tuhosťou použitého vretena. Brúsi sa bez pozdĺžneho posuvu, kotúč sa len prisúva do rezu. Veľkosť prisuvu treba zmenšiť asi na polovicu hodnôt bežných pri pozdĺžnom brúsení otvorov. Lepšia akosť povrchu a väčšia trvanlivosť tvaru kotúča sa dosahuje krátkymi oscilačnými pozdĺžnymi pohybmi.

Brusný kotúč je o niečo širší ako je hĺbka diery.

Zapichovacím spôsobom sa brúsia valcové povrchy otvorov, valcové aj čelné plochy rôznych vnútorných drážok, osadí a pod.

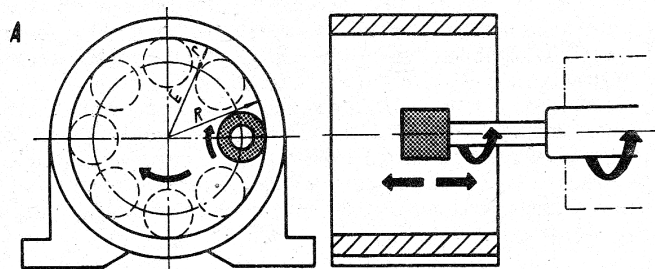
Planétové brúsenie

Väčšie obrobky alebo obrobky, ktoré sa nedajú dobre upnúť na unášací vreteník, sa musia brúsiť planétovým spôsobom (obr. 3.28). Obrobok je upnutý nepohyblivo na stole brúsky a brúsiace vreteno vykonáva všetky pracovné pohyby – otáča sa okolo svojej osi, obieha okolo osi obrobku a súčasne vykonáva posuvný pohyb v smere osi otvoru. Pohybuje sa teda po kružnici a jeho výsledný pohyb je planétový.

Os vretena sa preto musí nastaviť mimo os diery o tzv. výstrednosť E .

$$E = R - r$$

kde R – vnútorný polomer diery
 r – polomer brúsneho kotúča



Obr. 3.28. Planétové brúsenie otvorov

Aby bolo možné dodržať požadovanú reznú rýchlosť pri brúsení dier veľmi malých priemerov, musia mať vretená otáčky až $120\,000\text{ min}^{-1}$. V takýchto prípadoch sa veľmi často využívajú elektrovretená, prípadne uloženie vretien v pneumostatických ložiskách alebo pohon vretena vzduchovou turbínkou.

Na planétovej brúske je možné brúsiť aj vonkajšiu valcovú plochu na nehybnom obrobku.

Vyloženie vretena je často dosť veľké, z čoho vyplýva menšia tuhosť.

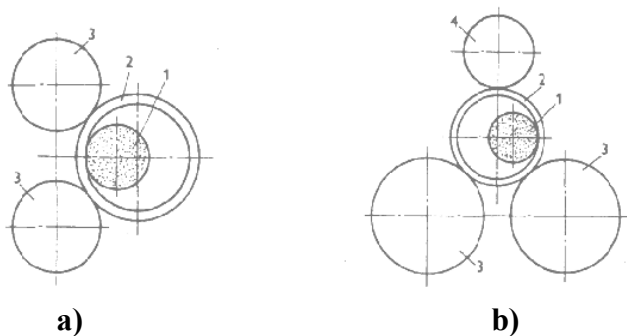
Vnútorné bezhrotové brúsenie

Je vhodné na brúsenie valcových, kužeľových aj tvarových vnútorných plôch. Taktiež sa môžu brúsiť otvory v obrobkoch, ktoré majú na vonkajšom povrchu osadenia a stupne.

Súčiastky sa neupínajú, ale vkladajú sa medzi dva kotúče – brúsny a podávací.

Pri bezhrotovom brúsení dier sa využívajú v podstate tri spôsoby. V prvom prípade (obr. 3.29a) slúži brúsny kotúč zároveň na pritlačovanie obrobku k podávacím kotúčom. V druhom prípade (obr. 3.29b) slúži na pritlačovanie obrobku zvláštny (unášací) kotúč a brúsny kotúč iba brúsi. Unášací kotúč otáča obrobok a zabraňuje, aby ho brúsny kotúč unášal rýchlejšie.

V treťom prípade sa využíva princíp brúsenia v klzných opierkach. Tento princíp je zhodný ako pri brúsení vonkajšieho povrchu, rozdiel je v polohe brúsneho kotúča, ktorý odoberá materiál v otvore proti zadnej opierke.



Obr. 3.29. Vnútorné bezhrotové brúsenie – 1 – brúsny kotúč, 2 – obrobok, 3 – podávacie kotúče, 4 – unášací kotúč

Prvý spôsob je vhodný pre hrubovanie.

Vo všetkých prípadoch musí byť obrobok vopred obrúsený na vonkajšom povrchu.

Pri brúsení otvorov na brúskach na otvory sa obrobok a brúsny kotúč otáčajú v opačnom zmysle, ale pri bezhrotovom brúsení v rovnakom zmysle.

Pri vnútornom bezhrotovom brúsení sa dá dosiahnuť dokonalá súosovosť vnútorného a vonkajšieho povrchu.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Aké pohyby sú pri brúsení otvorov ?
2. Popíšte brúsenie otvorov pozdĺžnym spôsobom.
3. Popíšte brúsenie otvorov zapichovaním.
4. Čo je to planétové brúsenie ?
5. Popíšte vnútorné bezhrotové brúsenie.

3.5 Brúsky na otvory

Brúsky na otvory sa používajú na brúsenie valcových, kužeľových aj tvarových vnútorných rotačných plôch a čelných plôch pri otáčavom pohybe obrobku. Vyrábajú sa najčastejšie vo vodorovnom prevedení. Obrobky sa neupínajú medzi hroty alebo do skľučovadla alebo na magnetickú platňu. Brúska nemá koník. Obrobok a brúsny kotúč majú opačný smer otáčania. Na ľavej strane skriňového stojana je umiestnený pracovný vreteník, ktorý sa dá obyčajne natáčať okolo zvislej osi až o 45° , teda možno brúsiť aj kužeľové diery. Oproti je umiestnený brúsny vreteník, ktorý má pozdĺžny aj priečny posuv (prísuv), čo je vhodné pre brúsenie veľkých a ťažkých obrobkov.

Podľa spôsobu upnutia obrobku ich možno rozdeliť na brúsky s otáčajúcim sa obrobkom a na brúsky s nehybným obrobkom.

Prvá skupina je najbežnejšia a vyrábajú sa na nich súčiastky rotačných tvarov.

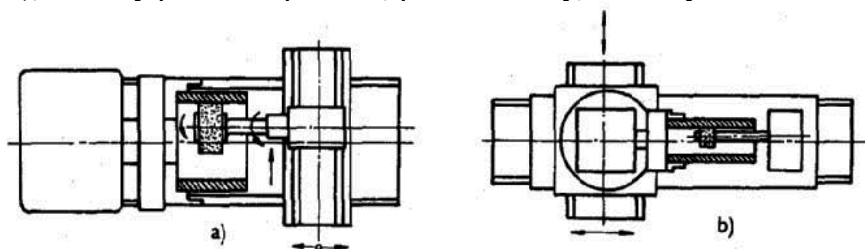
Druhá skupina zahŕňa planétové brúsky, na ktorých sa brúsia prevažne veľké obrobky alebo obrobky, ktoré možno upnúť do skľučovadla len obtiažne.

Osobitnú skupinu tvoria bezhrotové brúsky na otvory, ktoré sa používajú pri hromadnej výrobe jednoduchých rotačných súčiastok.

Brúsky s otáčajúcim sa obrobkom podľa konštrukčného usporiadania ešte rozdeľujeme na brúsky, u ktorých pracovný posuv aj prísuv vykonáva brúsny vreteník (obr. 3.30a) a na brúsky, u ktorých pracovný posuv aj prísuv vykonáva unášací vreteník (obr. 3.30b). Sú možné aj ďalšie dva kombinované varianty – pracovný posuv vykonáva unášací vreteník a prísuv brúsny vreteník alebo naopak. Vo všetkých prípadoch sa dá unášací vreteník natáčať, aby bolo možné brúsiť aj kužeľové plochy.

Pretože pri otvoroch s rôznymi priermi sa používajú vretená rôznych veľkostí, majú brúsky na otvory vymeniteľné vretená. Malé priemery brúsnych kotúčov vyžadujú vysoké otáčky – 10 000 až 120 000 min^{-1} .

Charakteristický parameter brúsok na otvory je priemer brúsenia – uvádza sa minimálna a maximálna hodnota. Doplňujúcimi rozmerovými parametrami sú najväčšia dĺžka brúsenia a najväčší obehový priemer (pre brúsky s otáčajúcim sa obrobkom). Ostatné základné technické parametre brúsok na otvory sú predovšetkým : natočenie pracovného vreteníka, otáčky pracovného vreteníka, otáčky brúsneho vretena, najväčší zdvih brúsneho vreteníka, najväčší priečny pohyb pracovného vreteníka, najväčšia dĺžka oscilačného pohybu, rozsah posuvov a rychloposuvov brúsneho vreteníka, orovňavací posuv, rýchlosť prísuvu (hrubovacieho, jemného), celkový prísuv na priemer, príkon brúsky, rozmery a celková hmotnosť.



Obr. 3.30. Typy brúsok s otáčajúcim sa obrobkom

Pracovný posuv aj prísuv vykonáva : a) brúsny vreteník, b) unášací vreteník

KONTROLNÉ OTÁZKY :

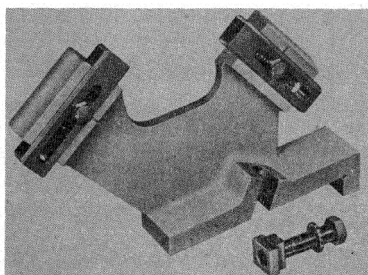
1. Na čo slúžia brúsky na otvory ?
2. Ako delíme brúsky na otvory ?
3. Aké sú charakteristické a aké doplňujúce parametre brúsok na otvory ?

3.6 Brúsenie pomocou luniet

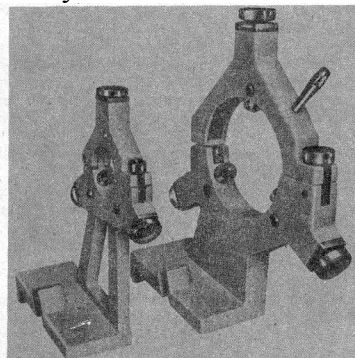
Dlhé a tenké hriadele, ktoré sa upínajú medzi hroty, sa pri obrábaní vplyvom vlastnej hmotnosti a reznej sily prehýbajú a chvejú. Prehýbanie možno zmenšiť podoprením obrobku. Lunety alebo opierky sú v podstate oporné zariadenia upnuté na lôžkach hrotovej brúsky. Podopierajú štíhle obrobky, ktoré by sa pri brúsení pod tlakom kotúča prehýbali. Majú dve alebo tri samostatne nastaviteľné čeľuste, ktoré sa opierajú po obvode obrobku a pri brúsení ho podopierajú.

Rozoznávame pevné alebo pohyblivé lunety a otvorené alebo uzavreté lunety.

Otvorená dvojčeľusťová luneta (obr. 3.31) sa používa pri brúsení vonkajších valcových plôch a umiestňuje sa na vodiacich plochách stola brúsky.



Obr. 3.31. Dvojčeľusťová otvorená luneta



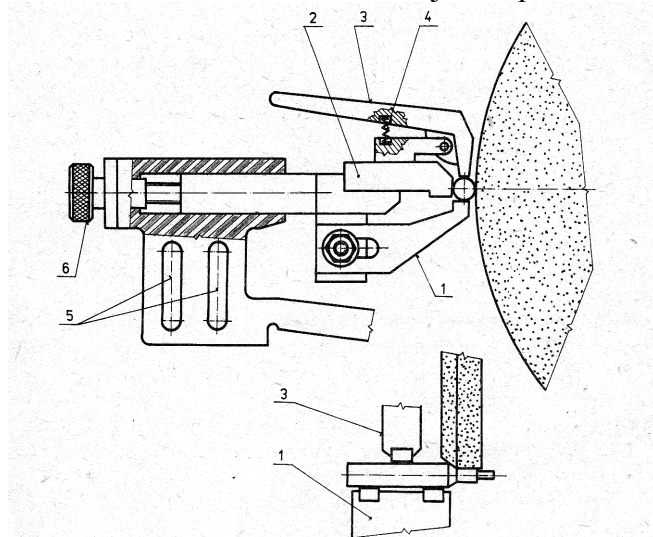
Obr. 3.32. Trojčeľusťová luneta

Trojčeľusťové lunety (obr. 3.32) sú uzavreté a používajú sa pri brúsení dier v dlhých obrobkoch, keď je obrobok upnutý jedným koncom v skľučovadle alebo kuželi unášacieho vretena. Čeľuste lunet nesmú zanechať na obrobku žiadne stopy, preto sa vyrábajú z vhodného materiálu. Predtým sa tieto vložky robili z tvrdého dreva alebo fibry. Ich hlavnou nevýhodou bolo rýchle opotrebovanie, dôsledkom čoho luneta neplní svoju funkciu. Vhodnejšie sú čeľuste z kalenej ocele, ktoré sa leštia alebo majú vložky zo spekaného karbidu, prípadne polyamidu. Tieto lepšie odolávajú opotrebeniu. Pozornosť treba venovať starostlivému a presnému nastaveniu čeľuste lunety, aby sa obrobok správne vyrovnal. Povrch obrobku treba namazať vhodným olejom, aby sa pri brúsení nepoškodil. Podľa dĺžky a priemeru sa musí obrobok podopierať primeraným počtom lunet – zväčša 1 až 3. Voľba počtu závisí od celkovej dĺžky obrobku so zreteľom na priemer najdlhšej brúsenej plochy. Počet potrebných lunet sa určí podľa tabuľky :

Počet lunet pri brúsení valcových plôch								
Dĺžka v mm	Priemer obrobka v mm							
	10	16	25	40	65	100	160	250
250	1							
400	1	1	1					
650		2	2	1	1			
1 000			2	2	1	1		
1 500				3	2	1	1	
4 000					4	3	2	1

Mimoriadny význam majú lunety pri výrobe miniatúrnych súčiastok. Majú špeciálnu konštrukciu a sú veľmi tuhé. Môžu byť mechanické alebo magnetické.

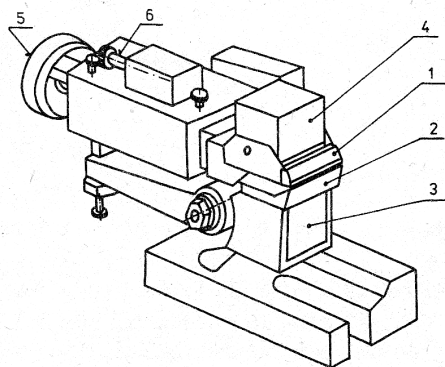
V mechanických lunetách možno brúsiť valcové obrobky s priemerom 1 až 6 mm. V praxi sa využíva mechanická luneta s prítlačnou čeľusťou (obr. 3.33), ktorá umožňuje brúsenie drobných súčiastok dĺžky od 30 do 150 mm. Obrobok pri brúsení podopiera dolná čeľusť, pritláča predná čeľusť, ale aj horná prítlačná čeľusť, na ktorú pôsobí pružina. Čeľuste majú vložky zo spekaných karbidov. Celú lunetu možno v zvislom smere prestaviť na pozdĺžnych výrezoch. Vo vodorovnom smere sa čeľuste prestavujú výsuvnou pinolou s ručným kolieskom. Dolnú čeľusť možno jemne prestavovať.



Obr. 3.33. Mechanická luneta s prítlačnou čeľusťou

1 – dolná čeľusť, 2 – predná čeľusť, 3 – prítlačná čeľusť, 4 – pružina, 5 – výrezy na zvislé postavenie lunety, 6 – ručné koliesko na jemné prestavovanie

V magnetických lunetách (obr. 3.34) možno brúsiť presné obrobky od priemeru 0,05 až 1 mm. Magnetická luneta má len dve čeľuste. Tretiu čeľusť nahrádzajú permanentné magnety, ktoré priťahujú obrobok k pevným oporám. Súčiastky do rezu prisúva skrutka ovládaná ručným kolieskom s nóniovou stupnicou. Vôľu v závite podávacej skrutky vymedzuje pružina. Veľkosť prisuvu sa dá nastaviť pomocou dorazu.



Obr. 3.34. Magnetická luneta

1 – predná čeľusť, 2 – dolná čeľusť, 3,4 – permanentné magnety, 5 – ručné koliesko na jemné nastavovanie, 6 – doraz

Obrobky sa pri brúsení v mechanických a magnetických lunetách upínajú v skľučovadle – je to pomalý a pracovný spôsob, alebo unášačom a unášacím srdcom – čo je rýchlejšie.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Na čo nám slúžia lunety ?
2. Ako delíme lunety ?
3. Kde sa používa otvorená dvojčel'ust'ová luneta ?
4. Pri akých prácach sa používajú trojčel'ust'ové lunety ?
5. Popíšte mechanické lunety.
6. Popíšte magnetické lunety.

3.7 Výhody zavádzanie programových technológií

Rozvoj strojárskej výroby, rast produktivity práce a efektívnosti je cieľom komplexnej racionalizácie. Automatizácia je prostriedkom racionalizačných snáh. Komplexná automatizácia strojárkeho výrobného procesu je zložitá úloha. Tvrdá automatizácia sa úspešne uplatňuje niekoľko desaťročí v oblasti veľkosériovej a hromadenej výroby, pričom jej podiel predstavuje približne 25%. Podiel kusovej a stredne sériovej výroby predstavuje 60 až 70 %. Pružná automatizácia v porovnaní s tvrdou automatizáciou je odlišná nielen svojím uplatnením ale aj prostriedkami, ktoré využíva. Technika pre pružnú výrobu je v porovnaní s konvenčnou technikou zložitá.

Obrábací stroj sa vyberá na základe technologických požiadaviek a ekonomickej efektívnosti. Čím menšia je výrobná dávka, tým dôležitejšia je schopnosť výrobného zariadenia adaptabilne sa prispôbovať zmenám ako aj jeho dlhodobá spoľahlivosť a najmä geometrická presnosť. Je dôležité aby obrábací stroj bol dynamicky a tepelne stabilný.

Jeden z hlavných zdrojov zvyšovania produktivity práce v kusovej a stredne sériovej výrobe je mechanizácia a automatizácia. Vývoj NC a CNC obrábacích strojov bol od začiatku motivovaný úsilím o ich efektívne využitie.

Programové riadenie NC a CNC obrábacieho stroja umožňuje samočinný priebeh pracovného cyklu výrobného zariadenia alebo celého procesu podľa určitého programu. NC riadenie je definované ako spôsob samočinného riadenia strojov alebo celých procesov pomocou vopred pripravenej postupnosti informácií uložených v pamäti stroja. Program pohybového a funkčného cyklu sa vkladá vo forme čísiel do riadiaceho systému.

Informácie potrebné na riadenie obrábacieho stroja je možné rozdeliť nasledovne :

- informácie o geometrii obrábania opisujúce dráhu nástroja vzhľadom na súčiastku (vytvorenie tvaru),
- informácie o technológií obrábania, ktoré zabezpečujú dosiahnutie technologických podmienok (rezné pomery),
- pomocné informácie zabezpečujúce napr. prívod reznej kvapaliny, kontrolné operácie a pod.

Údaje zaznamenané na nositeľoch informácií sníma čítacie zariadenie. Po spracovaní v riadiacom systéme sa privádzajú ako povely k akčným členom obrábacieho stroja.

NC a CNC výrobné stroje a vo všeobecnosti NC technika vyžaduje vyšší stupeň pracovných prostriedkov a vyžaduje taktiež iné podmienky pre svoju prácu ako konvenčné stroje. Preto je vhodné vytvárať z NC a CNC strojov samostatne skupiny, pričom hlavné dôvody sú nasledovné :

- vyššia smennosť,
- špecializovaná príprava výrobných pomôcok,
- špecializovaná údržba strojov a ich riadiacich systémov,

- mimoriadne požiadavky na čistotu prostredia,
- odlišné hmotné zainteresovanie pracovníkov obsluhujúcich NC a CNC stroje.

Medzi hlavné výhody uplatnenia NC a CNC strojov vo výrobe patrí :

- vyššia presnosť,
- existujú programové vybavenia na automatizovanú tvorbu NC programov,
- vyššie využitie strojných zariadení,
- komplexnejšie riešenie automatizácie strojárkej výroby,
- skrátenie kusových a dávkových časov,
- skrátenie priebežného času výroby asi na 1/3,
- zvýšenie využitia času z celkového efektívneho časového fondu stroja (60 až 70 %),
- zvýšenie koncentrácie operácií,
- zvýšenie efektívnosti pri obrábaní malých výrobných dávok,
- zvýšenie úspory pracovných síl v dôsledku zavedenia viacstrojovej obsluhy, automatizovanej manipulácie a pod.,
- zvýšenie kvality výroby,
- zvýšenie kultúry práce - humanizácia práce.

Funkčná spoľahlivosť a kvalita stroja je zabezpečovaná :

- adaptívnym riadením,
- aktívnou kontrolou,
- prevádzkovou diagnostikou.

Adaptívne riadenie. Princíp spočíva v regulácii rezných podmienok, predovšetkým posuvu v závislosti od okamžitých podmienok obrábania reprezentovaných predovšetkým zaťažením nástroja. V súčasnosti sa adaptívne riadenie najviac používa na hrubovacie sústružnícke, frézovacie a vyvrtávacie operácie. Zaťaženie nástroja je počítané pomocou merania príkonu pohonu vretena, prípadne samostatného posuvového motora.

Aktívna kontrola. Hlavnou úlohou systému aktívnej kontroly je automatická eliminácia rôznych vplyvov a faktorov, ktoré negatívne ovplyvňujú presnosť súčiastok a pracovnú spôsobilosť stroja. Prispieva k skracovaniu prípravných a vedľajších časov a to korekciou nastavenia nástroja v pracovnej polohe na stroji. Automatická modifikácia partprogramov patrí do funkcií aktívnej kontroly.

V závislosti od umiestnenia príslušných snímačov, spôsobu merania, vyhodnocovania výsledkov a spôsobu realizácie korekčných zásahov sa systémy rozdeľujú na dva typy :

on line (inprocesné),

off line (postprocesné)

Pri on line systémoch sa meria v priebehu rezného procesu alebo pri jeho prerušení a príslušné korekčné zásahy sa prenášajú na práve opracovanú súčiastku. Úlohou on line systémov je sledovanie stavu zariadenia a zaťaženia nástrojov. Úlohou týchto systémov je zabezpečovať vyžadovanú pracovnú presnosť stroja a presnosť súčiastok.

Off line systémy aktívnej kontroly premeriavajú súčiastku mimo stroj (nie počas rezného procesu) na meracej stanici a príslušné korekčné zásahy sa realizujú na ďalších súčiastkach.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Porovnajte tvrdú a pružnú automatizáciu.
2. Ako delíme informácie potrebné na riadenie obrábacieho stroja ?
3. Aké sú hlavné dôvody vytvárania z NC a CNC strojov samostatné skupiny ?
4. Vymenujte hlavné výhody uplatnenia NC a CNC strojov vo výrobe.

3.8 NC a CNC brúsky

Brúsiace stroje patria do skupiny strojov pracujúcich s geometricky nedefinovaným ostrým. Okrem brúsok sem patria aj stroje pre honovanie a lapovanie. Oblasť využívania týchto strojov je veľmi rozsiahla. Používajú sa hlavne vtedy, ak je požadovaný presný tvar (napr. kruhovitost' aj pod $0,2\mu\text{m}$), rozmer obrobku s presnosťou 1 až $3\mu\text{m}$ a pre získanie vysokej akosti povrchu obrábanej plochy ($R_a = 0,8$ až $0,2$), ktoré iným spôsobom trieskového obrábania nie je možno doceliť. Dôležitou vlastnosťou spôsobu obrábania na týchto strojoch je i možnosť obrábania kalených materiálov.

Zvláštnosti technológie brúsenia :

- približne 90 až 92 % výkonu pri brúsení sa mení na teplo vďaka treniu, úbytku kotúča a deformácií,
- trenie sa generuje medzi trieskou a hranou rezného kryštálu,
- efektívne chladenie a mazanie výrazne znižuje brusný výkon,
- voda má 2x väčšiu teplotnú kapacitu než olej a 5x väčšiu teplotnú vodivosť, ale nie je možné ju použiť pre vysokorýchlostný brúsiaci proces (bod varu má 100°C). Nízko viskózne oleje majú teplotu varu 240°C ,
- kvalitnejšieho povrchu obrábania sa dosiahne pri chladení olejom. Olej tiež aj maže všetky pohybové prvky stroja (nedochádza ku korózii),
- pretože je olej zápalný, musia byť stroje pri jeho použití vybavené kontrolným zariadením – protipožiarnym a protivýbušným.

Uplatnenie NC techniky pri brúsiacich strojoch narážalo spočiatku na špecifické problémy brúsiaceho procesu. Prvé praktické využitie hardwarovej číslicovo riadenej techniky bolo na hrotových brúskach. Až nástupom softwarových (voľne programovateľných) číslicových riadiacich systémov CNC na báze mikropočítačov s použitím mikroprocesorov a polovodičových pamätí dochádza k rýchlemu rozšíreniu na všetky druhy brúsok. Dnešné číslicovo riadené brúsky sú vybavené nielen CNC riadením pre súvislé riadenie dráhy, ale aj jednoduchým NC riadením jednej osy alebo dokonca len indikáciou polohy. Rozšírenie CNC riadenia u brúsok bolo dané aj zvýšením jeho spoľahlivosti, ale hlavne zjednodušením programovania a tým jeho sprístupnením pre bežnú obsluhu. Pre vývoj NC a CNC brúsok nebolo zanedbateľné ani zmenšenie prírastku odmeriavania až na $0,1\mu\text{m}$.

Ložiská brúsiacich vreteníkov môžu byť kombináciou hydrodynamicko-hydrostatickou. Vedenie stola je hydrostatické, čo je zárukou dobrého povrchu brúsených súčiastok. Špeciálny prísuvový mechanizmus je navrhnutý pre presnosť prísuvu $0,1\mu\text{m}$. Brúsiaci stroj môže byť vybavený dotykovou sondou pre meranie a optickým vyvažovacím zariadením prípadne môže mať integrovaný dynamický vyvažovací systém. Pre pohyb sa využívajú guľčkové skrutky. Vodiace plochy môžu byť obložené klznou hmotou.

CNC brúsiace stroje môžeme rozdeliť na :

- vonkajšie brúsky – hrotové, profilové, rovinné, bezhrotové,
- vnútorné brúsky – otvorové,
- univerzálne – vodorovné, zvislé,
- multifunkčné – vodorovné, zvislé,
- iné (špeciálne) – nástrojové, na ozubenie, dvojkotúčové a pod.

Univerzálne NC a CNC brúsiace stroje sú navrhnuté tak, aby bolo možné na nich brúsiť ako vonkajšie, tak aj vnútorné plochy. Vyrábané sú so zvislou aj vodorovnou osou brúsiacich vretien.

Multifunkčné brúsiace stroje (obr. 3.35) kombinujú pri svojej práci väčšinou tvrdé sústruženie a brúsenie a to vo zvislej aj vodorovnej osi brúsiacich vretien. Tvrdé sústruženie sa využíva vtedy, keď množstvo odoberaného materiálu je väčšie než pri brúsení. Aplikácie týchto

rozdielnych technológií dávajú nemalé možnosti nasadenia pre rôzne obrobky a šetria tak finančné prostriedky.

Pre brúsenie špeciálnych technológií (brúsenie rezných nástrojov, brúsenie ozubených kolies a pod.) sú využívané jednoúčelové typy brúsiacich strojov. NC brúsky na brúsenie nástrojov (obr. 3.36) majú viac stupňov voľnosti z dôvodu brúsenia nástrojových uhlov. Tieto brúsky je možné vybaviť automatizačným zariadením (robot, sklz a pod.).



Obr. 3.35. Multifunkčný brúsiaci stroj



Obr. 3.36. NC brúška na nástroje



Obr. 3.37. CNC brúška používaná vo firme PSL

KONTROLNÉ OTÁZKY :

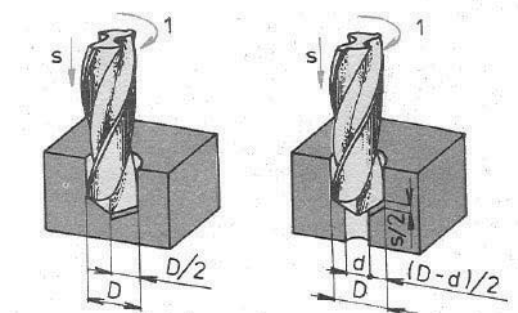
1. Ako sa uplatnila NC technika u brúsiacich strojoch ?
2. Kedy sa rozšírili CNC brúsiace stroje ?
3. Ako môžeme rozdeliť CNC brúsiace stroje ?

4 Vrtanie

Vrtanie patrí k najstarším a najčastejším spôsobom obrábania. Možno ho použiť pri výrobe slepých aj priebežných otvorov rôznych priemerov. Okrem vrtania do plného materiálu rozlišujeme ešte tzv. vyvrtávanie, ktorým už predvrtané, predliate a iné diery iba zväčšujeme a spresňujeme (obr. 4.1).

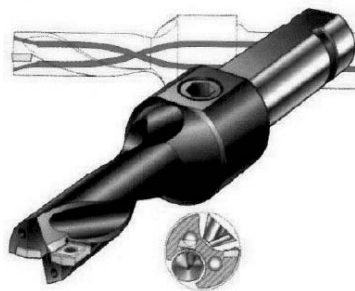
Vrtaním sa v obrábanom predmete vytvárajú valcové otvory. Patrí medzi trieskové obrábanie. Vyhrubovanie, vystružovanie a zahlbovanie sú ďalšie spôsoby obrábania dier. Zvyšujú sa nimi kvalitatívne parametre dier (vyhrubovanie, vystružovanie) alebo nimi dokončujeme tvary dier (zahlbovanie).

Hlavný rezný pohyb pri vrtaní je otáčavý pohyb a vykonáva ho nástroj – vrták, ktorý sa zároveň ručným alebo strojovým posuvom posúva do rezu. Obrobok stojí.



Obr. 4.1. Princíp vrtania

1. otáčavý pohyb, s – posuv do rezu



Obr. 4.2. Vrták s vymeniteľnými platničkami a vnútorným prívodom chladiacej kvapaliny

4.1 Nástroje na vrtanie, rezné podmienky

Vrtacie nástroje sú určené na vrtanie do plného materiálu. Vyvrtávacie nástroje priemery dier len zväčšujú a dokončujú. Medzi vyvrtávacie nástroje patria aj nástroje na zahlbovanie, vyhrubovanie a vystružovanie.

Základné rozdelenie :

- normalizované nástroje,
- špeciálne nástroje.

Rozdelenie podľa materiálu :

- z nástrojovej RO,
- s reznými platničkami (obr. 4.2).

Rozdelenie podľa spôsobu upínania :

- s valcovou stopkou,
- s kužeľovou stopkou,
- nástrčné.

Podľa rozstupu zubov :

- rovnomerné,
- nerovnomerné.

Podľa tvaru :

- valcové,
- kužeľové,
- tvarové.

Podľa spôsobu obrábania :

- vrtáky - normalizované, skrutkovité, stupňovité, vystred'ovacie na dlhé diery, kopijovité a špeciálne nástroje na hlboké diery,
- záhlbníky – valcové, kužeľové, nástrčné,
- výhrubníky – nástrčné, stopkové,
- výstružníky - strojové, ručné, rozpínacie, nastaviteľné,
- vyvrtávacie hlavy a tyče - pre sústružnícke a vyvrtávacie hrubovanie a jemné vyvrtávanie

Rezné podmienky.

Rezné podmienky pri vŕtaní tvoria :

- rezná rýchlosť – v ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$),
- otáčky – n (min^{-1}),
- posuv za minútu – s_m (mm) a posuv na otáčku – s_o (mm)

Pri vŕtaní sa rezná rýchlosť v ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$) a posuv s určujú v závislosti od druhu obrábaného materiálu tak, aby sa dosiahla čo najvyššia produktivita práce pri čo najnižších nákladoch. Rezné podmienky, pri ktorých sa dosiahne vhodný pomer medzi časom vŕtania a trvanlivosťou rezných hrán, sa nazývajú hospodárne. Pri znižovaní rezných podmienok pod túto hodnotu sa čas potrebný na zhotovenie diery predlžuje, pri ich zvýšení prudko klesá trvanlivosť rezných hrán a tým aj životnosť nástroja.

Rezná rýchlosť v ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$) sa počíta podľa obvodovej rýchlosti bodu reznej hrany, ktorý je najviac vzdialený od osi otáčania. Vypočíta sa z dráhy, ktorú prejde tento bod za určitý čas (minútu) a udáva sa v metroch za minútu :

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$$

kde π je Ludolfovo číslo ($\pi = 3,14$),

D – priemer vŕtacieho nástroja (mm),

n – počet otáčok nástroja za minútu (min^{-1}).

Z toho otáčky n (min^{-1})

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

Posuv s je priamočiary pohyb, ktorý vykonáva v smere osi otáčania nástroj alebo obrobok. Pri vŕtaní sa posuv vyjadruje najčastejšie ako posuv za minútu s_m (mm) alebo posuv na otáčku s_o (mm). Ak poznáme posuv za minútu, môžeme vypočítať posuv na otáčku podľa vzťahu

$$s_o = s_m / n \quad (\text{mm})$$

Optimálna rezná rýchlosť a posuv, ktorých veľkosť závisí od materiálu obrobku, materiálu vrtáka a priemeru vrtáka je normalizovaná a udáva ju norma STN v prehľadných tabuľkách.

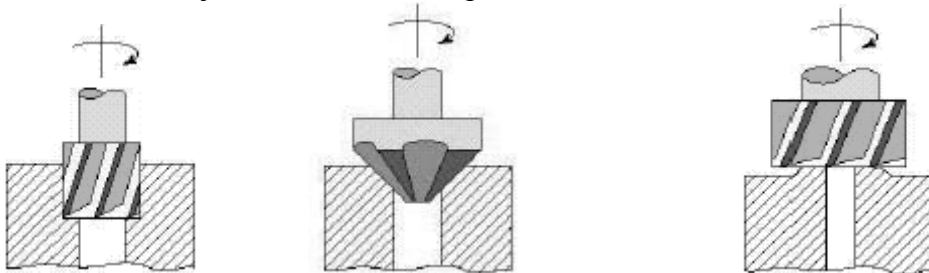
KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Čo je to vŕtanie ?
2. Aké rozdelenie vrtákov poznáme ?
3. Ako sa vypočíta rezná rýchlosť pri vŕtaní ?
4. V čom sa vyjadruje posuv pri vŕtaní ?

4.2 Zahlbovanie

Zahlbovanie sa používa na úpravu čelných plôch predhotovených otvorov, napr. na úpravu otvorov na zapustenie valcových, alebo kužeľových hláv skrutiek, na zrážanie hrán, zarovnávajú sa ním osadené diery, naliatky a pod. (obr. 4.3, obr. 4.4, obr. 4.5).

Záhlbníky sa konštrukciou podobajú vrtákom. Sú to nástroje s jednou alebo viacerými reznými hranami. Pri práci sa otáčajú a súčasne posúvajú v smere osi otáčania. Sú normalizované. Vyrábajú sa buď s vodiacim čapom, alebo bez neho. Kalený vodiaci čap má presný brúsený priemer podľa veľkosti vrtáka. Vodiaci čap zabezpečuje súosovosť zahlbenia s osou predvrtanej diery. Vodiace čapy môžu byť pevné, alebo s vymeniteľným vodiacim puzdrom, čím sa zväčšuje univerzálnosť ich použitia.



Obr. 4.3. Valcový záhlbník Obr. 4.4. Kužeľový záhlbník Obr. 4.5. Zarovnávanie čelnej plochy

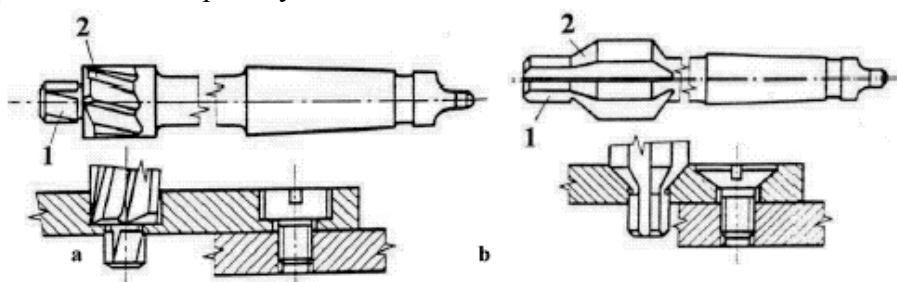
Záhlbníky sa rozdeľujú podľa tvaru na valcové a kužeľové s valcovou alebo kužeľovou stopkou, prípadne nástrčné.

Rôzne kužeľové zahlbenia sa obrábajú normalizovanými kužeľovými záhlbníkmi. Do priemeru 16 mm sa používajú kužeľové Záhlbníky s valcovou stopkou. Väčšie priemery majú kužeľovú stopku. Veľké otvory sa zahlbujú nástrčnými záhlbníkmi.

Na zarovnanie čelných plôch naliatkov alebo na veľké zahlbenia sa používajú nože s dvoma ostriami, vsadené do upínacích strmeňov s kužeľovou stopkou a s vodiacim čapom. Vyrábajú sa až do priemeru 200 mm.

Zahlbovanie sa vykonáva ako následná operácia po vrtaní pri jednom upnutí priamo na vrtačke. Rezné podmienky sa volia rovnaké ako pri vyhrubovaní.

Záhlbníky a zahlbovacie nože sa vyrábajú z rýchloreznej ocele prípadne s reznými platničkami zo spekaných karbidov.



Obr. 4.6. Záhlbníky a. – pre valcové hlavy skrutiek, b. – pre kužeľové hlavy skrutiek
1 – vodiaca časť, 2 – rezná časť

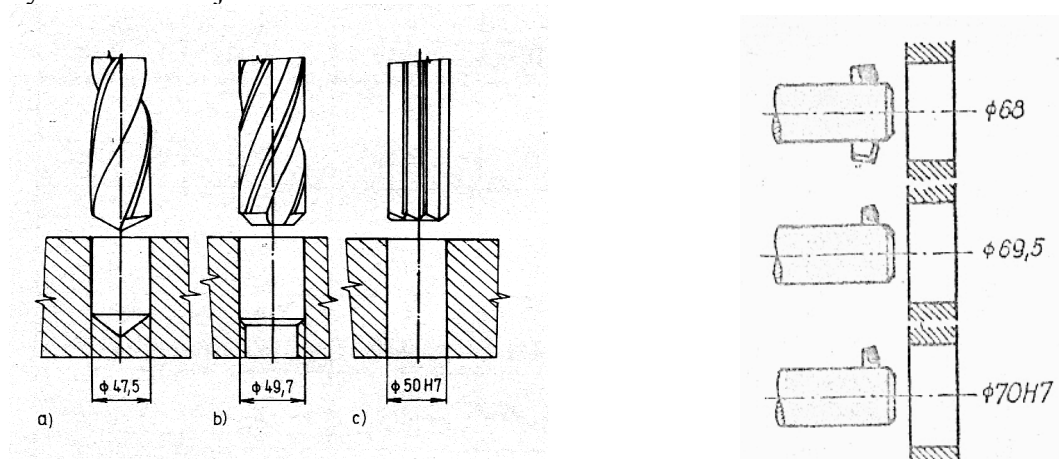
KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Na čo slúži zahlbovanie ?
2. Ako sa delia záhlbníky podľa tvaru ?
3. Z akého materiálu sa vyrábajú záhlbníky ?

4.3 Výroba presných dier

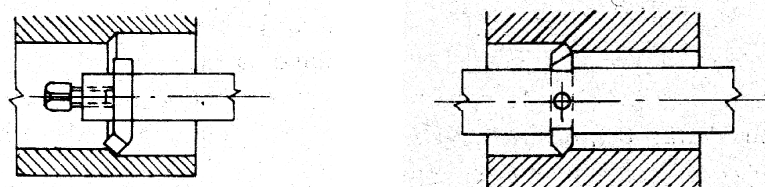
S výrobou presných dier na vrtáčkách sme sa zaoberali v TECHNOLÓGII I.

O výrobe presných dier hovoríme vtedy, keď požadovaný rozmer je tolerovaný na **H7**. Takýto rozmer nie sme schopný vyrobiť len samotným vrtaním, ale vyrábanú diery musíme ešte dokončiť vyhrubovaním a vystružovaním (obr. 4.7). Presné diery môžeme vyrábať aj na vyvrtávačkách. Najčastejšie sa používajú zvislé súradnicové vyvrtávačky alebo vodorovné vyvrtávacie stroje.



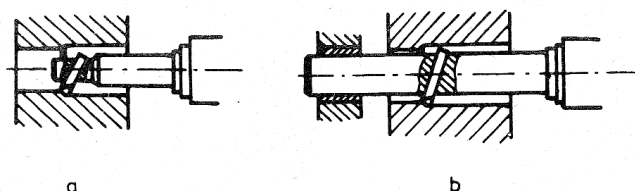
Obr. 4.7. Postup výroby presnej (lícovanej) diery Ø50 H7 a Ø70 H7 vyvrtávaním
a) vrtanie, b) vyhrubovanie, c) vystružovanie

Na obrázku 4.7 je znázornený aj postup výroby presnej diery Ø70 H7 pomocou vyvrtávacích tyčí. Pri vyvrtávaní sa okrem vrtákov používajú aj vyvrtávacie nože s jedným alebo dvoma reznými klinmi (obr. 4.8).



Obr. 4.8. Vyvrtávacie nože s jedným a dvoma reznými klinmi

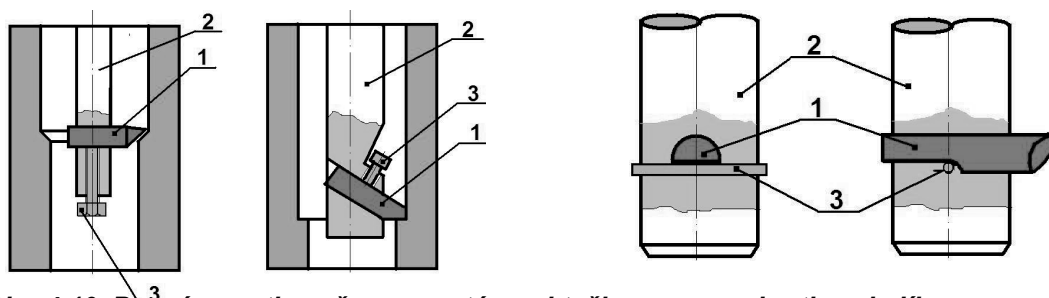
Základný rozdiel práce na vyvrtávacom stroji je v tom, že vreteno vyvrtávačky sa do osi diery nastavuje vždy jej prestavovaním v dvoch na seba kolmých smeroch. Vzhľadom na to, že priemer vrtanej diery určuje vzdialenosť rezného klina od osi otáčania, musí byť vyvrtávací nástroj nastaviteľný v držiaku, ktorý sa nazýva vyvrtávacia tyč. Vyvrtávacie tyče možno upínať letmo alebo podoprieť vo vodiacom ložisku (obr. 4.9).



Obr. 4.9. Vyvrtávacia tyč

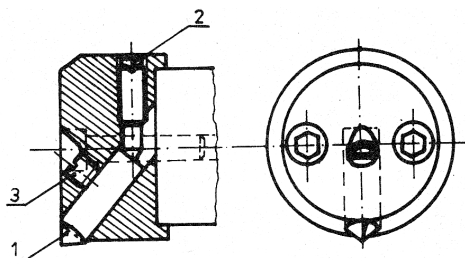
a – upnutá letmo, b – podopretá v ložisku

Vyvrtávací nôž sa upína do vyvrtávacej tyče pevne alebo nastaviteľne. Pri pevnom upínaní sa používajú skrutky, kolíky alebo klíny (obr. 4.10).

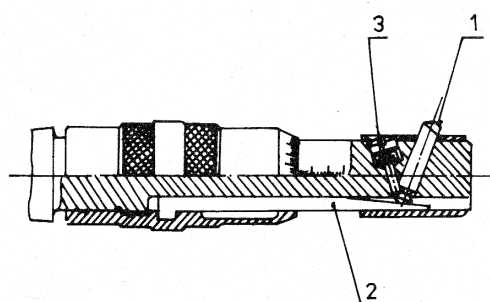


Obr. 4.10. Pevné upnutie noža vo vyvrtávacej tyči pomocou skrutky a kolíka
1 – nôž, 2 – vyvrtávací tyč, 3 – upínacia skrutka alebo kolík

Pri výrobe presných dier sa používajú prestaviteľné nástroje. Nôž sa nastavuje tak, že najprv sa upne na predpokladaný rozmer, potom sa urobí krátky záber a po zmeraní priemeru vyvrtaného otvoru sa vysunie na predpísaný rozmer a poistí proti uvoľneniu. Na vysúvanie sa používa skrutka (obr. 4.11).



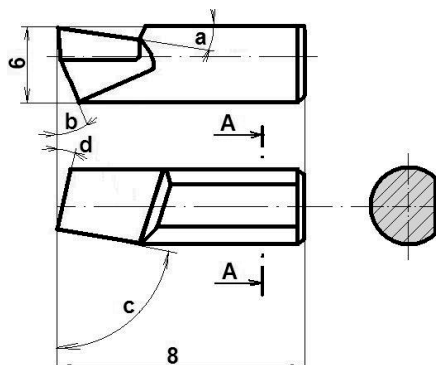
Obr. 4.11. Nastavovanie noža skrutkou a **obr. 4.12. mikrometrickým bubienkom**
1 – nôž, 2 – nastavovacia skrutka,
3 – poistná skrutka



Nôž 1 sa vysúva z vyvrtávacej tyče skrutkou 2 a v nastavenej polohe sa poistí skrutkou 3. Veľmi presné nastavenie sa dosiahne vyvrtávacou tyčou s mikrometrickým bubienkom, ktorou sa vyvrtávajú diery s priemerom 15 až 40 mm a hĺbkou od 60 do 120 mm (obr. 4.12). Nôž 1 sa vysúva klinom 2, ktorý sa pohybuje v pozdĺžnej drážke a späť zasúva odpruženým kolíkom 3.

Nástroje.

Vyvrtávacie nože sa podobajú sústružníckym nožom, ale ich geometriu podmieňuje tuhosť vyvrtávacej tyče, do ktorej sa upínajú (obr. 4.13).



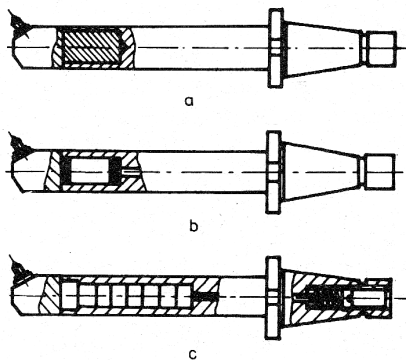
Obr. 4.13. Geometria vyvrtávacieho noža
 $a = \alpha_o = 12 \text{ až } 15^\circ$, $b = 20^\circ$, $c = \chi_r = 80 \text{ až } 90^\circ$, $d = \chi'_r = 3 \text{ až } 5^\circ$

Uhol čela γ_o sa zvolí v závislosti od vlastností obrábaného materiálu, od vlastností materiálu rezného klina, od tuhosti sústavy stroj – nástroj – obrobok a pod. Pri obrábaní ocelí je zvyčajne $\gamma_o = 5$ až 10° , pri sivých liatinách 0 až 10° . Uhol chrbta α_o závisí od rovnakých činiteľov ako uhol čela. Základnou požiadavkou, ktorú má splniť je, aby trenie, ktoré vzniká na chrbte noža následkom jeho opotrebovania, bolo malé. Volí sa v rozsahu 12 až 15° . Hlavný uhol nastavenia χ_r je obyčajne 80 až 90° . Menší uhol nastavenia sa neodporúča, lebo sa zvýši radiálna zložka reznej sily, čím vznikne priehyb alebo chvenie vyvrtávacej tyče. To môže zhoršiť drsnosť obrábaného povrchu a znížiť presnosť geometrického tvaru diery. Dôležitá je aj veľkosť uhla sklonu reznej hrany, ktorý sa volí vzhľadom na potrebu dobrého odvodu triesky z reznej plochy a na požiadavku bezvibračného procesu rezania v rozsahu 2 až 4° . Na kvalitu povrchu vplýva aj veľkosť polomeru hrotu noža r , ktorý je obyčajne $0,1$ až $0,2$ mm a veľkosť vedľajšieho uhla nastavenia γ_r , ktorý sa volí 3 až 5° . Najčastejšie používané vyvrtávacie nože sú normalizované (STN 22 3738 až STN 22 3741).

Rezné podmienky sú ďalším činiteľom, ktorý ovplyvňuje presnosť vyvrtávanej diery a drsnosť jej povrchu.

Hodnota posuvu s sa volí malá v rozsahu $0,02$ až $0,08$ mm.ot⁻¹.

Hĺbka rezu t je obyčajne $0,05$ až $0,1$ mm. Pri menšej hĺbke sa zhoršujú podmienky tvorenia triesky, čoho dôsledkom je drsnejší povrch diery. Pri väčších hĺbkach môže vzniknúť chvenie a to nepriaznivo ovplyvní nielen drsnosť povrchu, ale aj presnosť rozmeru a geometrického tvaru diery. Chveniu možno zabrániť tlmivými (obr. 4.14).



Obr. 4.14. Rôzne konštrukcie tlmivých chvenia

Rezná rýchlosť v má byť vysoká a určuje sa v závislosti od druhu materiálu obrobku aj materiálu vyvrtávacieho noža. Hodnoty rezných rýchlostí sú doporučené normou alebo normatívmi.

Presnosť jemne vyvrtaných dier sa pohybuje od IT 5 do IT 8. Hospodárne dosiahnuteľná presnosť rozmeru je obyčajne 5 až 8 μm , oválnosť 3 až 5 μm , kolmosť čela na os otvoru od 10 do 30 μm na 100 mm dĺžky.

Drsnosť povrchu diery, ktorú možno dosiahnuť je obyčajne $R_a = 0,1$ až $0,5$ μm .

Vyvrtávacie stroje, ktoré sa používajú pri jemnom vyvrtávaní, majú vysoký počet otáčok vretena, malé posuvy a pokojný chod vretena aj posuvového mechanizmu. Posuv je zväčša hydraulický.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Charakterizujte presnú diery.
2. Popíšte výrobu presnej diery.
3. Popíšte vyvrtávacie nástroje.
4. Popíšte geometriu vyvrtávacieho noža.

4.4 Vŕtacie prípravky

Funkcia vŕtacích prípravkov spočíva v ustavení a upnutí obrobku a vo vedení nástroja v požadovanej polohe oproti obrobku pri výrobe dier. Vŕtacie prípravky umožňujú vŕtať diery v presnej požadovanej polohe bez použitia súradnicových vŕtačiek alebo vodorovných vyvrtávacích strojov, pri nižších nárokoch na presnosť odstraňujú neproduktívne orysovanie obrobkov a značenie dier. Sú vo výrobe najpoužívannejšie špeciálne prípravky najmä pre tú ich vlastnosť, že umožňujú vŕtať viac dier v presných vzájomných polohách na obyčajných vŕtačkách. Zhotovujú sa preto už i pre malé série obrobkov.

Dieri sa pomocou vŕtacích prípravkov môžu vŕtať postupne (jedna za druhou) alebo súčasne, viac dier naraz s použitím niekoľkovretenových vŕtacích hláv.

Použitie vŕtacích prípravkov prináša zvýšenie presnosti, čo priaznivo ovplyvňuje vymeniteľnosť súčiastok.

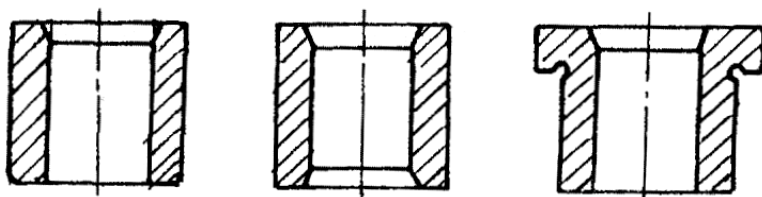
Pri vŕtaní malých dier môže byť prípravok na stole vŕtačky položený voľne a stačí ho pridržať rukou, ale prípravky musia byť opatrené vhodnými drždami. Pri postupnom vŕtaní dier sa posúva po stole tak, aby sa os vŕtacieho puzdra stotožnila s osou nástroja. Takéto prípravky sa používajú pri vŕtaní na vŕtačkách stojanových, stĺpových, stolových a ak ide o výrobu dier viacerými nástrojmi (vrták - výhrubník - výstružník - záhlbník alebo vrták - závitník prípadne vŕtanie dier rôznych priemerov), môže sa použiť vŕtačiek radových. Tieto prípravky musia byť ľahké.

Pri vŕtaní dier väčšieho priemeru a u ťažkých obrobkoch býva prípravok upevnený ku stolu pevne a vŕtanie sa prevádza na radiálnych vŕtačkách tak, že sa nástroj postupne zavádza do jednotlivých vŕtacích puzdier.

Pri súčasnom vŕtaní dier s použitím niekoľkovretenových vŕtacích hláv bývajú obvykle prípravok a hlava v priečnom smere nepohyblivé a majú spoločné vedenie. Iba keď sa vŕtajú diery na rozstupovej kružnici vŕtacou hlavou s menším počtom vretien ako je požadovaný počet dier (napr. má sa vŕtať 12 dier 6-vretenovou hlavou) prípravok sa pootáča.

Základným konštrukčným znakom vŕtacích prípravkov je vŕtacia doska, v ktorej sú upevnené **vŕtacie puzdra**. Tieto puzdra určujú polohu nástroja. Môžu byť pevné alebo nástrčné. Sú normalizované normou STN 24 3705 až 24 3714. Okrem toho sa vŕtacie puzdra vyrábajú aj špeciálne pre konkrétne použitie.

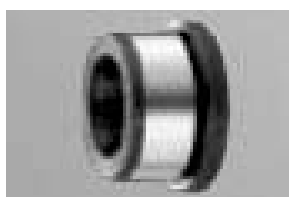
Pevné puzdra sú zalisované do vŕtacej dosky alebo telesa prípravku. Môžu byť v prevedení : jednostranne skosené, obojstranne skosené alebo s nákrúžkom (obr. 4.15, obr. 4.16 a obr. 4.17), ktoré tiež môžu byť skosené jednostranne alebo obojstranne.



Obr. 4.15. Pevné puzdra – jednostranne skosené, obojstranne skosené a s nákrúžkom



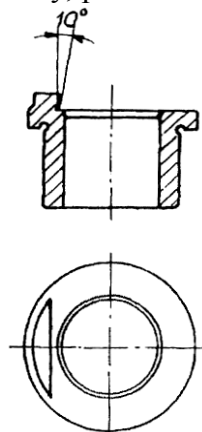
Obr. 4.16. Vŕtacie puzdro s jednostranným skosením



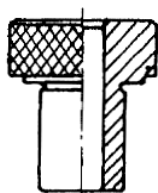
Obr. 4.17. Vŕtacie puzdro s nákrúžkom

Pevné vŕtacie puzdra podľa obr. 4.18 sú určené sú na vedenie a poistenie proti otáčaniu a vysunutiu puzdier nástrčných.

Nástrčné puzdra sa používajú vtedy, ak sa v jednom prípravku zhotovujú diery vŕtaním, vyhrubovaním a vystružovaním (každému nástroju prislúcha puzdro s iným vnútorným priemerom) alebo sa vŕtajú diery a režu závity (vŕtacie puzdro sa používa len pri predvŕtaní diery, pri rezaní závitu nie) alebo sa diery vŕtajú a zahlbujú.

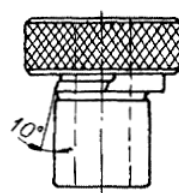


Obr. 4.18. Pevné puzdro



a)

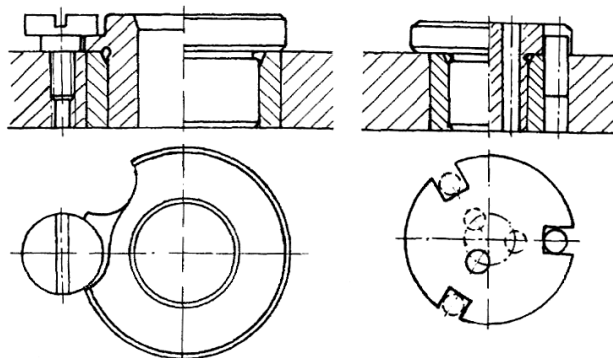
Obr. 4.19. Nástrčné puzdra



b)

Na obr. 4.19 a) je nástrčné puzdro bez poistenia, ktoré sa používa do $\varnothing 6$ mm. Na obr. 4.19 b) je väčšie puzdro s poistením výstrednou kužeľovou časťou. Známe sú aj iné konštrukcie poistenia napr. pomocou skrutky (obr. 4.20) alebo pri vŕtaní dier na malom rozstupovom priemere, kde sa puzdro pootáča a v nastavenej polohe sa blokuje kolíkom (obr. 4.21).

Vnútorný priemer vŕtacieho puzdra býva tolerovaný **F7** a vonkajší, ktorý sa zalisováva alebo nasúva do pevného puzdra býva tolerovaný **n6**. Menšie puzdra do priemeru 20 mm sa vyrábajú z uhlíkových nástrojových ocelí, väčšie sú z nízkouhlíkovej konštrukčnej ocele cementované a kalené.



Obr. 4.20. Nástrčné puzdro

Obr. 4.21. Nástrčné puzdro

Vŕtacie prípravky sa rozdeľujú podľa spôsobu spojenia vŕtacej dosky s prípravkom, prípadne priamo s obrobkom a podľa pohybu, aký môže prípravok oproti nástroju vykonávať. Podľa uvedeného vŕtacie prípravky rozoznávame :

- vŕtacie šablóny,
- doskové prípravky,
- vŕtacie prípravky s pevnou doskou,
- vŕtacie prípravky s odklopnou doskou,
- vŕtacie prípravky s odkladacou doskou,
- vŕtacie prípravky so zdvíhacou doskou,

- g) pevné vŕtacie prípravky,
- h) posuvné vŕtacie prípravky,
- i) sklápacie a preklápacie vŕtacie prípravky,
- j) otočné vŕtacie prípravky,
- k) kombinované vŕtacie prípravky.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Na čo slúžia vŕtacie prípravky ?
2. Čo je základným konštrukčným znakom vŕtacích prípravkov ?
3. Aké vŕtacie puzdra poznáme ?
4. Porozprávajte o pevných puzdrách.
5. Aké poznáme spôsoby poistenia nástrčných puzdier?

4.5 Rezanie závitov na vŕtačkách

Na vŕtačkách sa dajú robiť pri jednom upnutí obrobku tieto operácie : vŕtanie, vyvŕtávanie, zahľbovanie, vyhrubovanie, vystružovanie ale aj rezať závit.

Závity režeme maticovými (obr. 4.22) alebo sadovými (obr. 4.23) závitníkmi. Maticové závitníky sa používajú pri výrobe závitov do priebežných dier, sadové závitníky pri výrobe závitov do slepých dier.

Pri rezaní závitov na vŕtačke sa závitník upína do skľučovadla vretena a obrobok na stôl vŕtačky. Rezné rýchlosti sa volia malé, posuv je obyčajne ručný, niekedy strojový.

Pri ručnom posuve sa závitník sám zarezáva do diery v obrobku. Po vyrezaní závitu treba zmeniť zmysel otáčania vretena a závitník sa z obrobku vyskrutkuje.

Vŕtačky majú mechanizmus pre nútený posuv, napr. vodiace puzdro, ktorým možno rezať závit. Veľkosť posuvu závisí od stúpania závitu závitníka.

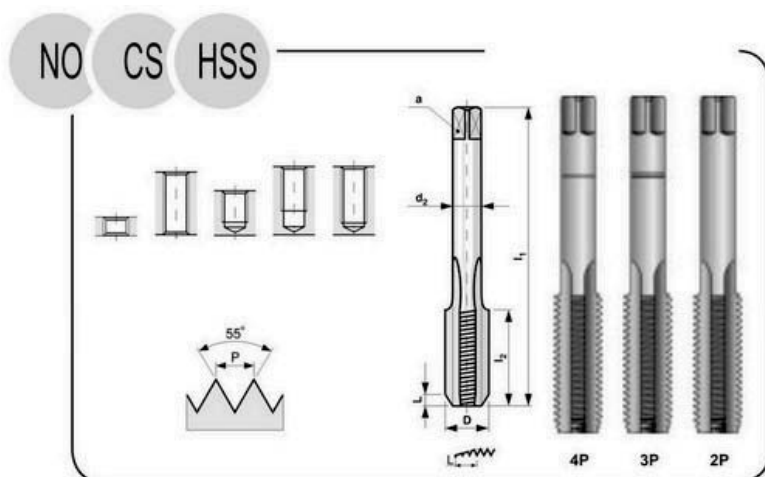
Maticové závitníky režu závit do priebežnej diery naraz, sadové závitníky postupne tak, že najprv obrába predrezávací, potom rezací a nakoniec dorezávací (dokončovací) závitník.

Mazať treba veľmi dobre, lebo trenie medzi závitníkom a obrobkom je mimoriadne veľké. Maže sa takými vŕtacími olejmi, ktoré majú zvýšenú mazaciu schopnosť (napr. repkový olej).

Pred rezaním závitu treba do obrobku vyvŕtať diery. Jej rozmer je vzhľadom na rezanie závitu mimoriadne dôležitý. Ak sa zvolí veľmi malá diera, prídavok na rezanie závitu je veľmi veľký, trieska sa vtlačí medzi drážky závitníka a poškodzuje závit. Ak sa zvolí veľmi veľká diera, môže sa stať, že hodnota prídavku na obrábanie je menšia ako polomer rezných klinov závitníka a tie potom materiál nerezú, ale vytlačujú pred reznou hranou (pravidlo minimálnej triesky), a tým závit poškodzujú. Priemer vŕtáka sa musí preto určovať v závislosti od tvaru a rozmerov rezaného závitu aj od druhu obrábaného materiálu podľa tabuliek a normy STN.



Obr. 4.22. Maticový závitník



Obr. 4.23. Sadové závitníky



Obr. 4.24. Závitorezná poistná hlava

Pri rezaní závitu na vrtáčkách sa používajú malé otáčky, preto nebezpečenstvo poranenia trieskou je menšie ako pri bežnom vrtaní. No tento spôsob je mimoriadne náročný na presnosť upnutia vrtáka a závitníka, ktorým treba dosiahnuť súosovosť predvrtanej diery a rezaného závitu a aj na tuhosť upnutia obrobku. Pri ručnom posuve má byť tlak na kľuku posuvového mechanizmu mierny, aby sa závitník zarezával do diery sám primeraným posuvom. Mazacia kvapalina má prúdiť do miesta plynule a v dostatočnom množstve. Pri rezaní závitov do slepých dier treba dĺžku posuvu nastaviť nárazkou podľa hĺbky diery.

Rezanie závitu na vrtáčke je podstatne rýchlejšie ako ručné rezanie, najmä pri priechodných dierach. Pri slepých dierach možno použiť poistné hlavy (obr. 4.24), kde sa po dosiahnutí určitého rezného odporu začne závitník s upínacím puzdrom v poistnej hlave súbežne otáčať.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Aké nástroje sa používajú pri rezaní závitov na vrtáčkách ?
2. Popíšte rezanie závitov na vrtáčkách.
3. Ako sa volia rezné podmienky ?

4.6 NC a CNC vŕtacie stroje

Vŕtačky sa používajú na obrábanie dier skrutkovitým vŕtákom, výhrubníkom a výstružníkom, zarovnávanie a zahlbovanie čiel otvorov a pre rezanie závitov závitníkom. Veľkosť vŕtačiek je charakterizovaná priemerom diery vŕtanej do plného materiálu do ocele o pevnosti 600 až 700 Mpa. U otočných (radiálnych) vŕtačkách sa ešte uvádza veľkosť pracovného priestoru, ktorý je daný najväčším a najmenším polomerom otáčania ramena, výškovým prestavením ramena a najväčším vysunutím pracovného vretena. Vŕtačky sú namáhané hlavne osovým tlakom a tiež momentovou dvojicou.

V dnešnej modernej technike sa obtiažne hľadajú hranice medzi tým, čo ešte sú a čo už nie sú NC a CNC vŕtacie stroje. Dochádza totiž k zlučovaniu týchto operácií :

- vŕtanie – frézovanie,
- frézovanie – sústruženie,
- stroje sú už obrábacími centrami.

Preto môžeme prehlásiť, že tam, kde môžeme frézovať alebo sústružiť, môžeme zároveň aj vŕtať. Napriek tomu sa však ešte zachovala aj konštrukcia čisto CNC riadených radiálnych vŕtačiek (obr. 4.25, obr. 4.26).



Obr. 4.25. CNC vŕtačka ZK5140C



Obr. 4.26. CNC radiálna vŕtačka DONAU

Tieto vŕtacie stroje majú lôže zvarené z ocele, vedenie je klzné z kalenej ocele. Po stojane sa pohybuje vreteník, ktorý na čele môže mať špeciálnu vŕtaciú hlavu. Zdvih sa prevádza pomocou guľčikovej skrutky a matice po kalených vodiacich plochách. Po premiestnení vreteníka s vŕtacou hlavou sa môže previesť zaindexovanie. Výsun vŕtákov z hlavy do rezu je realizovaný pomocou servomotoru s guľčikovou skrutkou. Prívod reznej kvapaliny je zaistený centrálnym systémom.

CNC stroje pre vŕtanie a frézovanie, o ktorých by sa už dalo povedať, že sú to obrábacie centrá, ale dominantnú operáciu majú ešte stále vŕtanie. Takýto CNC stroj (obr. 4.27).

Základ stroja tvorí lôža s podstavcom. Pracovný stôl sa pohybuje v pozdĺžnom smere po priečných saniach a spoločne v priečnom smere po pevných lôžach. Stojan stroja tvorí samostatný celok priskrutkovaný o lôžu. Po vedení stojana sa v zvislom smere pohybuje nosná doska na ktorej je priskrutkovaný vreteník. Posuvy sú poháňané elektrickými servopohonmi prostredníctvom guľčikových skrutiek. Snímanie polohy stolov je zabezpečené rotačnými snímačmi, ktoré sú súčasťou servopohonov. Vreteno je uložené vpredu v dvojici a vzadu v jednom ložisku s kosouhlým stykom. Krútiaci moment je z motora prenášaný ozubeným remeňom priamo na vreteno. Otáčky vretena sú plynulo meniteľné, čo zabezpečuje elektromotor s frekvenčnou reguláciou.



Obr. 4.27. CNC vŕtací a frézovací obrábací stroj

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Poznáme ešte klasické NC a CNC vŕtacie stroje ?
2. K akému zlučovaniu dochádza ?
3. Čo dokážu moderné CNC vŕtacie stroje ?

4.7 Systémy riadenia vŕtacích strojov

NC systémy vŕtacích strojov môžeme rozdeľovať do skupín podľa rôznych kritérií.

Ako základné sa spravidla používa kritérium zložitosti dráhy, po ktorej dokáže riadiaci systém viesť nástroj relatívne vzhľadom k objektu pôsobenia v technologickom procese (obrobok).

Podľa tohto kritéria rozoznávame NC systémy (obr. 4.28) :

- s pretržitým riadením (nespojité),
- systémy so súvislým riadením.

Systémy s pretržitým riadením ešte ďalej rozdeľujeme na :

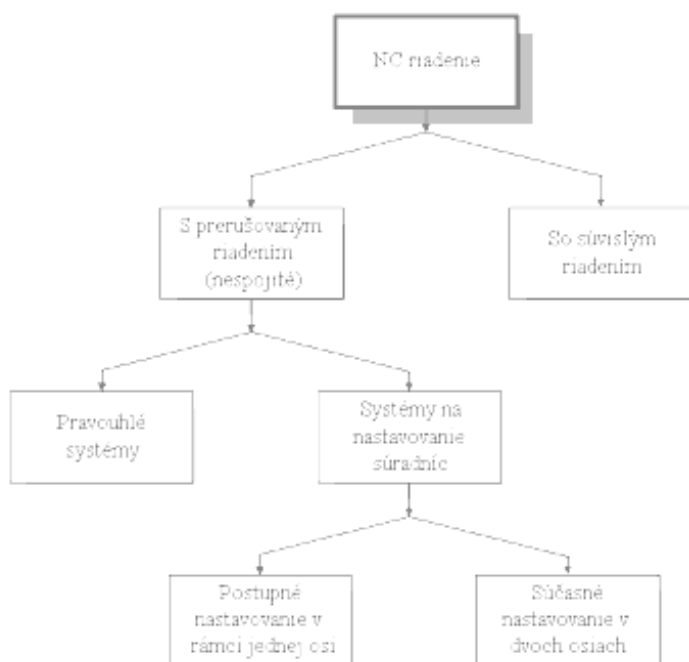
- systémy pre nastavovanie súradníc,
- systémy s pravouhlým riadením.

Ďalším dôležitým kritériom, podľa ktorého sa NC systémy rozdeľujú, je spôsob programovania geometrických inštrukcií. Podľa neho rozdeľujeme NC systémy na :

- systémy s absolútnym programovaním,
- systémy s prírastkovým (inkrementálnym) programovaním,
- systémy kombinované.

Podľa druhu odmeriavania sú riadiace systémy :

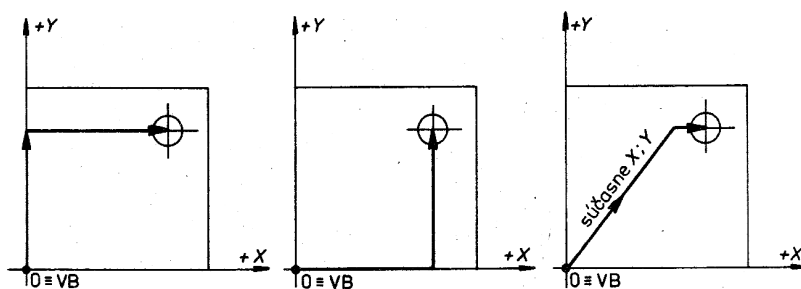
- s absolútnym odmeriavaním,
- s inkrementálnym odmeriavaním,
- s cyklicky absolútnym odmeriavaním.



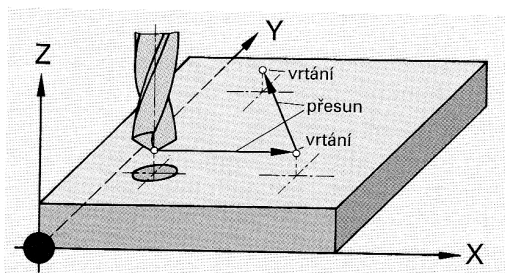
Obr. 4.28. Delenie NC riadiacich systémov

Systémy pre nastavovanie súradníc.

Základnou funkciou systémov pre nastavovanie súradníc (PTP: Point-to-Point Control, t.j. riadenie z bodu do bodu) je nastavovanie (polohovanie) objektu pôsobenia (obrobku) vzhľadom k nástroju postupne do jednotlivých vopred stanovených bodov, spravidla súradníc dier. Tieto systémy sa najčastejšie používajú na číslicovo riadených vŕtačkách, vyvrtávačkách, ale aj na dierovacích lisoch či bodových zváračkách. Naprogramovaná poloha sa nastavuje v dobe, kedy nástroj nie je v styku s objektom pôsobenia (neobrába). Po dosiahnutí tejto polohy sa vykoná pohybom v tretej súradnici vlastný úber materiálu. Nastavenie súradníc x a y sa pritom môže vykonať buď postupne, alebo súčasne v oboch riadených osiach (obr. 4.29 a 4.30).



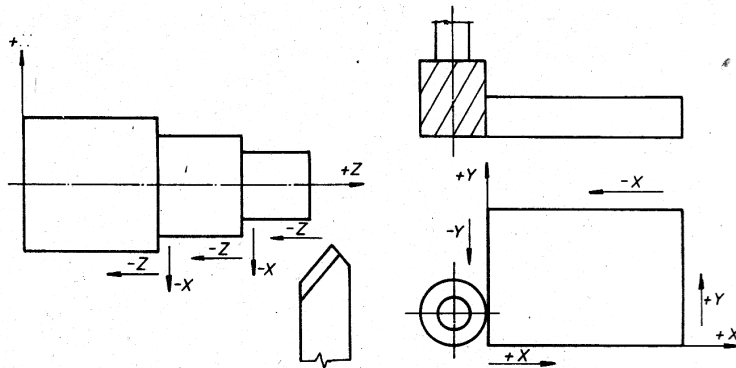
Obr. 4.29. Nastavovanie súradníc – spôsoby nabehnutia nástroja do východiskovej polohy



Obr. 4.30. Nastavovanie súradníc

Systémy s pravouhlým riadením.

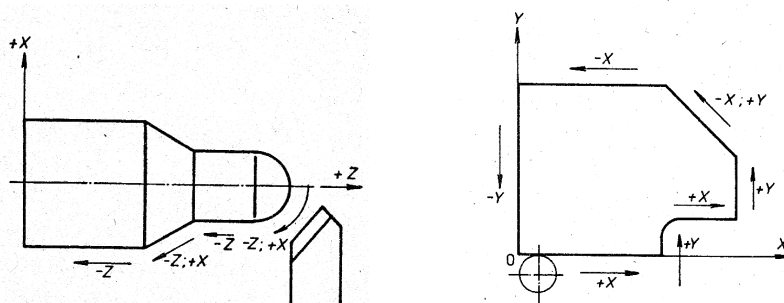
Systémy pravouhlé (LP: Longitudinal Path Control, t.j. riadenie po pozdĺžnej trajektórii) sa používajú na sústruhoch, frézkach a obrábacích centrách. Charakteristickým znakom pre ne je to, že počas pohybu nástroja vzhľadom k obrobku sa obrába, pričom tento pohyb prebieha vždy iba v smere jednej riadenej osi (súradnice). Až keď je pohyb v tejto súradnici ukončený, môže nasledovať obrábanie v súradnici druhej. Príklad tohto typu riadenia je na obr. 4.31.



Obr. 4.31. Pravouhlý riadiaci systém

Systémy so súvislým riadením.

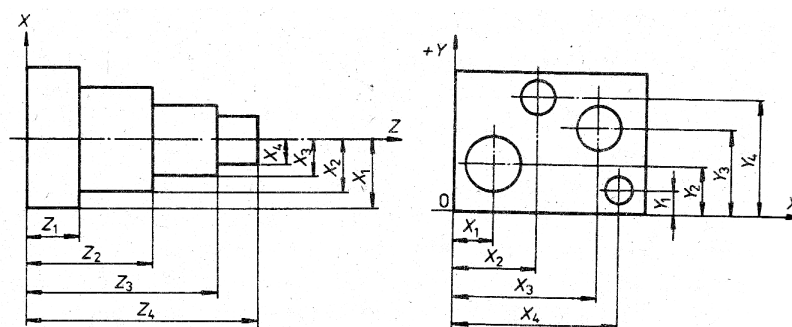
Systémy so súvislým riadením (CP: Continuous Path Control, t.j. riadenie po súvislej trajektórii) sú charakteristické tým, že u nich je relatívny pohyb nástroja a obrobku pri obrábaní riadený plynule a súčasne minimálne v dvoch riadených osách. Tým je daná možnosť obrábať všeobecné tvary či už v rovine (súvislé riadenie v dvoch osách), alebo v priestore (súvislé riadenie v troch osách). Medzi pohybmi v súčasne riadených osách, ako aj medzi dráhou a rýchlosťou posuvu existuje určitá závislosť, ktorá vyplynie z požadovaného tvaru obrobku. Príklad súvislého riadenia dráhy nástroja voči obrobku je na obr. 4.32.



Obr. 4.32. Súvislý riadiaci systém

Systémy s absolútnym programovaním.

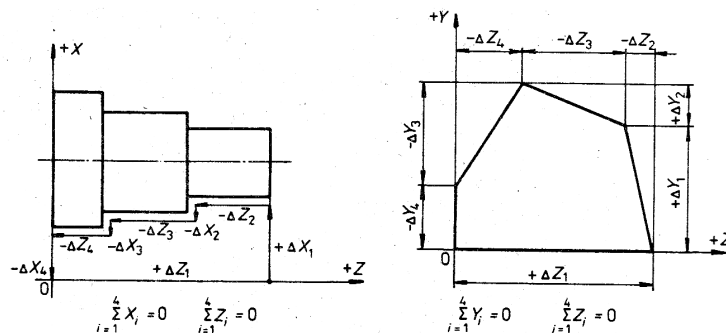
Systémy s absolútnym programovaním sú také, u ktorých sa súradnice programovaných bodov relatívnej dráhy nástroja a obrobku vyjadrujú v presne definovanom súradnicovom systéme. Príslušný číselný údaj sa vždy vzťahuje k príslušnému pevnému začiatku súradnicového systému (vopred zvolený začiatok súradníc) (obr. 4.33).



Obr. 4.33. Zadávanie súradníc pri absolútnom programovaní

Systémy s prírastkovým (inkrementálnym) programovaním.

Systémy s prírastkovým (inkrementálnym) programovaním sú také, u ktorých sa súradnice programovaných bodov relatívnej dráhy nástroja a obrobku vyjadrujú vždy ako hodnoty merané vzhľadom k predchádzajúcemu bodu (obr. 4.34). To znamená, že každý predchádzajúci bod sa súčasne pokladá za východiskový bod. Príslušný číselný údaj je vlastne celistvým násobkom inkrementov (základných jednotkových krokov), po prejdení ktorých sa nástroj dostane do požadovanej koncovej polohy.



Obr. 4.34. Zadávanie súradníc pri inkrementálnom programovaní

Systémy kombinované.

Systémy kombinované sú také systémy, u ktorých je možné podľa potreby v jednom programe kombinovať vyjadrenie dráhových inštrukcií v tvare absolútnych súradníc, alebo v tvare inkrementálnych súradníc.

Systémy s absolútnym odmeriavaním.

Systémy s absolútnym odmeriavaním podávajú informácie o polohe nástroja, obrobku alebo skupiny stroja voči na vopred zvolený začiatok súradníc.

Systémy s inkrementálnym odmeriavaním.

Systémy s inkrementálnym odmeriavaním vydávajú počas sledovaného uzla stroja periodický signál (napr. pulzy), ktorých perióda je v určitom nemennom vzťahu k základnej jednotke (napr. 1 pulz = 0,1 0,01; 0,001 a pod. podľa presnosti stroja). Signály sa musia ďalej spracovávať v riadiacom systéme, aby mohli podať informácie o skutočnej polohe.

Systémy s cyklicky absolútnym odmeriavaním.

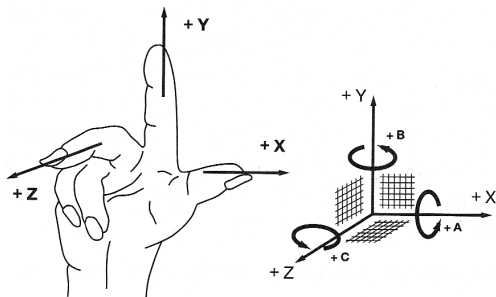
Systémy s cyklicky absolútnym odmeriavaním udávajú v určitom meracom rozsahu absolútne informácie o polohe, ktorá sa pri dlhších pohyboch cyklicky opakuje.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

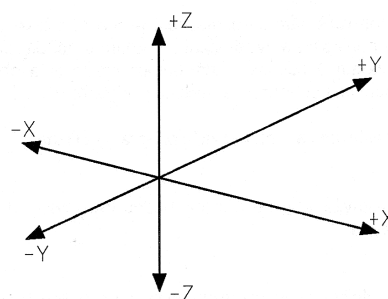
1. Aké systémy riadenia NC strojov poznáme ?
2. Popíšte systém pre nastavovanie súradníc, ktorý sa využíva pri vŕtacích strojoch.
3. Popíšte ostatné spôsoby zadávania súradníc.

4.8 Pravouhlý súradnicový systém a vzťahné body pri programovaní

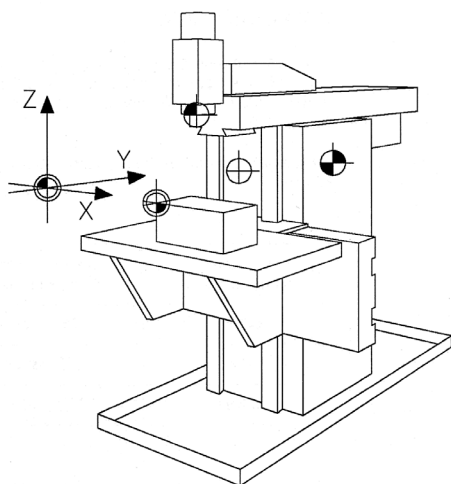
Aby mohli byť jednoznačne definované geometrické pomery v pracovnom priestore stroja a pri nástrojoch, je nutné definovať súradnicový systém a vzťahné body. Pri programovaní NC strojov je použitý pravouhlý súradnicový systém s pravidlom pravej ruky. Osy sú označené X, Y, Z (obr. 4.35 a obr. 4.36).



Obr. 4.35 Pravidlo pravej ruky



Obr. 4.36. Systém so zvislou osou Z



Obr. 4.37. Súradnicový systém a vzťahné body u vŕtacích a frézovacích strojov

Aby boli údaje o súradniciach a pohyby nástrojov jednoznačne určené, má obrábací stroj vlastný súradnicový systém, tzv. vzťahný systém. V tomto systéme sú definované nasledujúce vzťahné body (obr. 4.37) :

Nulový bod stroja – je pevne daný výrobcom stroja a nie je možné ho meniť.

Referenčný bod – slúži k očiachovaniu odmeriavacieho systému. Aby riadiaci systém poznal okamžitú polohu reznej hrany nástroja a mohol vnútorným meracím systémom kontrolovať každý pohyb nástroja, musí sa na referenčný bod nabehnúť po každom zapnutí stroja.

Vzťahný bod nástroja – riadiaci systém vzťahuje všetky vykonávané pohyby nástroja (hodnoty súradníc) na vzťahný bod nástroja. Ten sa nachádza na dorazovej ploche nástrojového držiaku.

Nulový bod obrobku – sa vzťahuje k nulovému bodu stroja a môže byť ľubovoľne premiestňovaný. Je vhodné ho voliť tak, aby bol zhodný s nulovým bodom na výkrese. Tím sa uľahčí práca a odstránime možnosť chýb pri prepočtoch.

Bod výmeny nástroja – v tomto bode sa budú meniť všetky nástroje. Musí byť zvolený tak, aby pri výmene nástrojov nedošlo ku kolízii.

Výmena nástrojov patrí k jednej z najdôležitejších manipulačných činností. Automatická výmena nástrojov musí zabezpečiť prísun a výmenu potrebných nástrojov ako aj výmenu opotrebovaných a poškodených nástrojov.

Systém na výmenu nástrojov musí spĺňať nasledovné funkcie :

1. čas na výmenu nástroja musí byť čo najmenší,
2. upínač nástroja v čase opracovávanie súčiastky musí byť dostatočne tuhý,
3. zásobník nástrojov musí mať dostatočnú kapacitu,
4. nástroje, ktoré sa momentálne nezúčastňujú na reznom procese nesmú obmedzovať pracovný priestor stroja,
5. bezpečnosť strojov,
6. dlhá životnosť a spoľahlivosť.

Nabehnutie nástroja do východiskovej polohy

Pred začiatkom vŕtania alebo po výmene nástroja musí koniec vrtáka nabehnúť na naprogramované cieľové súradnice. V takomto prípade musíme brať do úvahy aj dĺžku nástroja. Používané vrtáky nemusia mať totiž rovnakú dĺžku. Potom musí byť pri výpočte dráhy táto dĺžka braná do úvahy, aby nástroj nenarazil alebo sa nepoškodil. Z tohto dôvodu sú pre každý nástroj v zásobníku uložené potrebné geometrické údaje v pamäti korekcií. Korekcia dĺžky udáva vzdialenosť medzi vzťažným bodom nástroja a koncom vrtáka. Pri zadávaní výmeny nástroja musíme definovať číslo nástroja a číslo riadku jeho korekcií (napr. T 0104 : 01 – č. nástroja, 04 – č. riadku korekcií). Na základe týchto hodnôt riadiaci systém vypočíta dráhu nástroja.

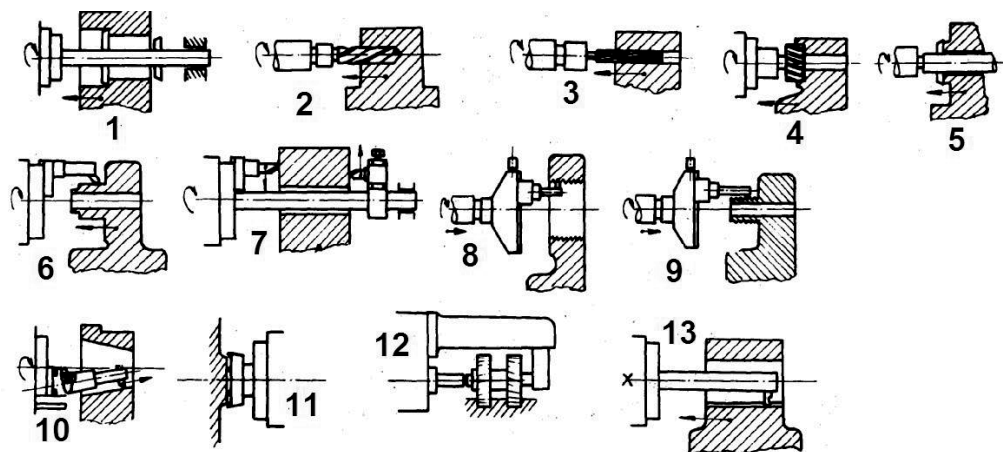
KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Aké pravidlo sa využíva pri programovaní NC strojov ?
2. Aké vzťažné body poznáme ?
3. Ako prebieha výmena nástrojov ?

4.9 Vyvrtávanie

Vyvrtávanie je metóda obrábania, ktorou sa rozširujú predliate, predkované, predlisované, predvrtávané alebo inými spôsobmi vopred zhotovené otvory. Obrába sa otáčajúcimi sa vyvrtávacími nožmi, alebo nožmi upevnenými vo vyvrtávacích tyčiach alebo hlavách (obr. 4.38.1). Obrábané plochy majú tvar valcový, kužeľový, čelného medzikružia, alebo rotačnej tvarovej plochy. Vyvrtávanie je podobné sústruženiu v kinematike, charaktere aj hlavných rezných podmienkach i druhu rezného nástroja.

Na vyvrtávanie sa používajú obrábacie stroje, ktoré sa nazývajú vyvrtávačky. Sú to stroje vysoko univerzálne, pretože umožňujú okrem vyvrtávania realizovať celý rad ďalších technologických operácií. Možno na nich vŕtať skrutkovitým vrtákom (obr. 4.38.2), vyhrubovať a vystruhovať (obr. 4.38.3), zahľbovať (obr. 4.38.4), zarovnávať čelné plochy naliatkov (obr. 4.38.5), sústružiť vonkajšie valcové plochy (obr. 4.38.6), sústružiť rovinné plochy (obr. 4.38.7), rezať závit vnútorné (obr. 4.38.8) a vonkajšie (obr. 4.38.9), pomocou zvláštneho príslušenstva vyvrtávať vnútorné kužeľové plochy (obr. 4.38.10). Veľmi častou operáciou vykonávanou na vodorovných vyvrtávačkách je frézovanie rovinných plôch frézovacou hlavou (obr. 4.38.11). Dá sa tiež frézovať kotúčovými aj tvarovými frézami navlečenými na tŕni podoprenom vo vonkajšom ložisku na ramene pripevnenom k čelu vreteníka (obr. 4.38.12). Na vyvrtávačkách je možné aj pretáhať, pretlačovať a obrážať (obr. 4.38.13).



Obr. 4.38. Práce, ktoré možno vykonávať na vyvrtávačkách

1. vyvrtávanie, 2. vŕtanie, 3. vyhrubovanie a vystruhovanie, 4. zahľbovanie, 5. zarovnávať čelné plochy naliatkov, 6. sústružiť vonkajšie valcové plochy, 7. sústružiť rovinné plochy, 8. rezanie vnútorných závitov, 9. rezanie vonkajších závitov, 10. vyvrtávať vnútorné kužeľové plochy, 11. frézovanie rovinných plôch, 12. frézovanie kotúčovými a tvarovými frézami, 13. pretáhovanie, pretlačovanie, obrážanie sústruženie, brúsenie

Charakteristický parameter a základné technické parametre vyvrtávačiek

Pre konštrukciu vyvrtávačiek je typické, že majú dve alebo tri súsové vretená, pričom vreteno najmenšieho priemeru – tzv. vyvrtávacie vreteno má možnosť súčasne sa otáčať a vysúvať. Pretože priemer tohto vretena v podstate vymedzuje najmenší priemer diery, ktorú možno na stroji vyvrtávať, bol ako charakteristický parameter vyvrtávačiek prijatý práve **priemer vyvrtávacieho vretena**.

Ďalšie základné technické parametre vyvrtávačiek sú predovšetkým tieto:

najväčší priemer vyvrtávaného otvoru, najväčší priemer čelne sústruženej plochy, najväčšie vysunutie vyvrtávacieho vretena, vzdialenosť osi vretena od plochy stola (upínacej dosky), vysunutie vreteníka (resp. pinoly alebo šmýkadla s frézovacím vretenom), priemer líčnej

dosky, upínacia plocha stola, pozdĺžny (priečny) pohyb stola, pozdĺžny, resp. priečny pohyb stojanu s vreteníkom, natočenie stola, maximálna vzdialenosť oporného ložiska od vretena, rozsah otáčok vyvrtávacieho (frézovacieho) vretena, rozsah pracovných posuvov (mm.min^{-1}), rýchloposuvy, maximálny krútiaci moment na vretene, výkony elektromotorov hlavného pohybu a vedľajších pohybov, hmotnosť stroja, maximálna hmotnosť obrobku (dovolené zaťaženie stola), celkové rozmery stroja.

Konštrukčné riešenie vyvrtávačiek je podmienené ich určením. Podľa tohto hľadiska rozdeľujeme vyvrtávačky na tzv. vodorovné, súradnicové, jemné a špeciálne.

Vodorovné vyvrtávačky

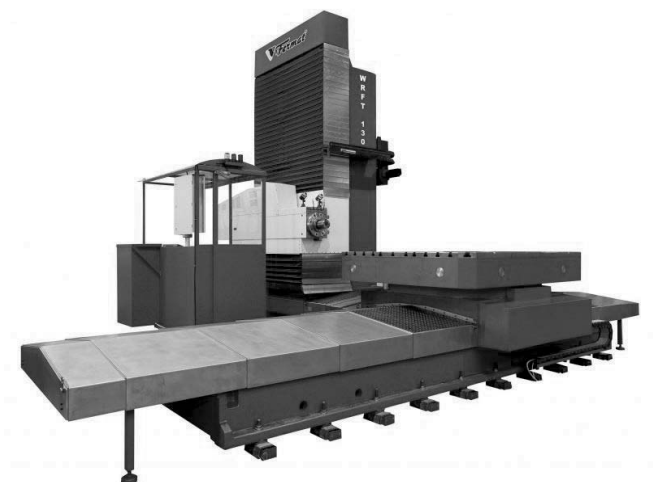
Vodorovné vyvrtávačky sú univerzálne stroje, a preto sa používajú v kusovej a malosériovej výrobe. Pri jednom upnutí možno na rôznych stranách obrobku urobiť súčasne alebo postupne najrôznejšie operácie, ako vŕtanie skrutkovitým vrtákom, vystružovanie, zahľbovanie, vyvrtávanie dier s presnými rozstupmi nožom upnutým v držiaku alebo obojstranne vedenou vyvrtávacou tyčou, sústruženie valcových plôch vonkajších a vnútorných, sústruženie čelných plôch, rezanie závitov závitníkom alebo nožom, frézovanie čelnými valcovými frézami alebo aj pretáhanie a obrábanie. Umožňujú presne nastavovať súradnice obrábaných plôch pri dosiahnutí dobrej kvality obrábaných povrchov. Najčastejšie sa používajú na obrábanie nerotačných súčiastok s väčším počtom rovnobežných, príp. na seba kolmých dier s presnými rozstupmi. Hlavný otáčavý pohyb pri obrábaní vykonáva vreteno s nástrojom uloženom vo vreteníku. Posuv pri vyvrtávaní vykonáva buď vreteno s nástrojom alebo stôl s obrobkom. Pri frézovaní sa pohybuje buď vreteník zvisle na stojane alebo stôl či stojan s vreteníkom priečne.

Vodorovné vyvrtávačky podľa konštrukčného vyhotovenia rozdeľujeme :

- Vodorovné stolové vyvrtávačky (obr. 4.39). Vreteník je zvislo prestaviteľný po stojane, obrobok je upnutý na krížovom stole, ktorý býva dopĺňaný otočným stolom umožňujúcim obrábať súčiastku pri jednom upnutí v ľubovoľných polohách. Pri vyvrtávaní a rezaní závitov vykonáva posuv vyvrtávacie vreteno.
- Vodorovné platňové vyvrtávačky. Obrobok sa nepohybuje, upnutý je na upínaciu platňu, vreteník sa pohybuje v zvislom smere. Použitím otočného stola možno pri jednom upnutí obrábať súčiastku zo štyroch strán. Na ľahšie nastavenie polohy vŕtanej diery sú moderné stroje vybavované číslícovou indikáciou polohy.
- Číslícovo riadené vyvrtávačky. Obyčajne bývajú riadené pravouhlým riadiacim systémom. Výmena nástrojov je ručná. Tieto vyvrtávačky sú často stavebnicové a z nich vznikli pridaním zásobníka a výmenníka nástrojov obrábacie centrá.

Hlavné časti vodorovných vyvrtávačiek :

- Elektromotor je najčastejšie na vreteníku, je buď prírubový alebo pätkový.
- Vreteník – jeho najdôležitejšou časťou je vyvrtávacie vreteno. Posúva sa v otáčajúcej sa objímke, s ktorou je unašavo spojené.
- Pracovný stôl sa pohybuje buď priamo na lôžku (na strojoch s priečne posuvným stolom), alebo na krížových saniach pozdĺžne (v smere osi vretena) a priečne (kolmo na os vretena).
- Stojan vreteníka – na stolových vyvrtávačkách je pevný. Na vyvrtávačkách s upínacou platňou a prenosných strojoch je stojan pohyblivý po lôžku.
- Oporné ložisko pre vyvrtávaciu tyč podopiera pri vyvrtávaní v miestach vzdialených od vreteníka voľný koniec vyvrtávacej tyče, aby sa neprehýbal vlastnou hmotnosťou a reznými odpormi.



Obr. 4.39. Vodorovná vyvrtávačka stolová WFT 130



Obr. 4.40. Súradnicová vyvrtávačka WKV

Technologická skladba odoberania triesok pri vyvrtávaní:

Hrubovanie - do priemeru dier 30 mm sa spravidla používa vrták. Na hrubovanie väčších priemerov sa používajú jednonožové alebo dvojnožové vyvrtávacie tyče.

Preddokončovanie - ak nie je požiadavka na presné dodržanie polohy osi vŕtania, použije sa výhrubník. Väčšinou sa však diery preddokončujú vyvrtávacími tyčami. Hlavný technologický význam preddokončovania vyvrtávacími tyčami je presné dodržanie polohy osi vyvrtanej diery a zabezpečenie prídavku na dokončenie.

Skosenie hrán - pri menších dierach sa na skosenie hrán používa vrták väčšieho priemeru alebo kužeľový záhlbník. Väčšinou sa však používa vyvrtávacia tyč s nožom.

Dokončovanie možno urobiť výstružníkom alebo nožom upnutým vo vyvrtávacej tyči. Nevýhodou výstružníka je nedodržanie vyžadovanej polohy osi. Preto všade tam, kde sa vyžaduje presná poloha osi, zásadne dokončujeme nožom upnutým vo vyvrtávacej tyči.

Vyvrtávanie sústavy dier. Jedným z možných spôsobov vyvrtávania sústavy dier v jednej osi je vyvrtávanie jednej diery na čisto, otočenie pracovného stola s upnutým obrobkom o 180°, nabehnutie do vyvrtávanej osi, t. j. v súradnici x a pomocou vodiaceho puzdra na vedenie vyvrtávacej tyče vyvŕtať zvyšujúce diery. V týchto prípadoch spravidla ide o operačný nástroj s dvoma nožovými jednotkami.

Rezanie závitov - závit sa reže strojovými závitníkmi. Technologická skladba sa zhoduje s prácami na vŕtačkách.

Frézovanie na vodorovných vyvrtávačkách (obr. 4.41). Frézovať možno nástrojmi letmo upnutými vo vretene alebo sa nástroj skladá z viacerých rezných častí, axiálne upnutých na spoločnom hriadeľi. Zložený nástroj je väčšinou vedený v koníku, čo zväčšuje jeho tuhosť. Pri frézovaní prerušovaným rezom a nástrojom upnutým letmo vhodné je použiť spevňovacie ložisko upnuté na lícnej platni.

Súradnicové vyvrtávačky

Súradnicové vyvrtávačky (podobne ako súradnicové vŕtačky) sa v minulosti stavali pre potreby obrábania dier s prísne tolerovanými osovými vzdialenosťami. Tieto stroje sú v súčasnosti nahradené buď číslícovo riadenými vyvrtávacími strojmi vodorovnými, alebo obrábacími centrami na nerotačné súčiastky.

Jemné vyvrtávačky

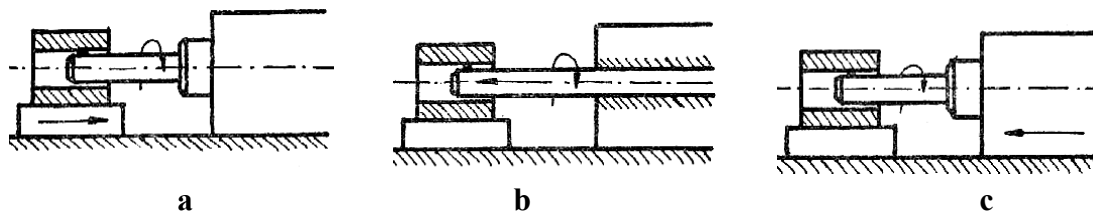
Jemné vyvrtávačky sa používajú na konečné obrábanie dier vyvrtávacím nástrojom zo spekaného karbidu alebo diamantu vysokými reznými rýchlosťami a jemným posuvom ($0,01$ až $0,1 \text{ mm.ot}^{-1}$) pri malej hrúbke triesky, čím sa dosahuje vysoká kvalita obrobenej plochy.

Pri takýchto rezných podmienkach sú rezné sily malé a obrobok sa zahrieva len nepatrne, takže nevzniká povrchové napätie v obrábanom materiáli a dosiahne sa vysoká akosť obrobeného povrchu a veľmi presné rozmery i presný geometrický tvar. Okrem vnútorných valcových plôch možno na týchto strojoch obrábať aj vonkajšie plochy valcové, ďalej plochy kužeľové, tvarové a čelné rovinné.

Využívajú sa predovšetkým v sériovej a hromadnej výrobe súčastí motocyklových, automobilových a leteckých motorov, piestov, valcov, motorových blokov a pod.

Podľa pracovných pohybov sa stroje rozdeľujú do troch základných skupín:

- a) pracovné vreteno s nástrojom koná len hlavný otáčavý rezný pohyb, posuv konajú sane s obrobkom (obr. 4.41 a). Na strojoch tohto druhu možno obrobok prípadne upnúť aj vo vretene, ktoré sa otáča, zatiaľ čo nástroj alebo skupina nástrojov sa upína na sane a koná posuv,
- b) pracovné vreteno s nástrojom sa otáča (koná rezný pohyb) a prisúva sa do rezu, pričom obrobok je nehybný (obr. 4.41 b),
- c) pracovné vreteno s nástrojom koná otáčavý rezný pohyb, posúva sa vreteník, obrobok je nehybný (obr. 4.41 c).



Obr. 4.41. Pracovné pohyby jemných vyvrtávačiek

a - pracovné vreteno s nástrojom koná len hlavný otáčavý rezný pohyb, posuv konajú sane s obrobkom,

b - pracovné vreteno s nástrojom sa otáča (koná rezný pohyb) aj sa prisúva do rezu, pričom obrobok je nehybný,

c - pracovné vreteno s nástrojom koná otáčavý rezný pohyb, posúva sa vreteník, obrobok je nehybný

Vreteno je uložené v klzných alebo valivých ložiskách. Nástroj sa upína buď letmo v držiaku, alebo vo vyvrtávacej tyči opretej v hrote koníka alebo vedenej opierkou. Držiak s nástrojom alebo vyvrtávacia tyč sa osadzuje do kužeľovej dutiny vo vretene a zabezpečuje sa prevlečenou maticou s bajonetovým výrezom, alebo sa upevňuje skrutkami na prírubu vretena.

Vreteno je uložené v klzných alebo valivých ložiskách. Nástroj sa upína buď letmo v držiaku, alebo vo vyvrtávacej tyči opretej v hrote koníka alebo vedenej opierkou. Držiak s nástrojom alebo vyvrtávacia tyč sa osadzuje do kužeľovej dutiny vo vretene a zabezpečuje sa prevlečenou maticou s bajonetovým výrezom, alebo sa upevňuje skrutkami na prírubu vretena.

Pracovné stoly, ak sa posúvajú do rezu, majú byť primerane ťažké, aby svojou hmotnosťou tlmili chvenie. Stoly, ktoré sa počas práce nepohybujú, sú spravidla prestaviteľné v dvoch na seba kolmých smeroch, aby sa obrobok ľahšie nastavil do potrebnej polohy.

Obrobok sa upína buď priamo na pracovnom stole v drážkach tvaru T alebo častejšie v rýchlopínacích prípravkoch.

Špeciálne vyvrtávačky

Špeciálne vyvrtávačky sú určené pre špeciálne prípady vyvrtávania, ako napr. vyvrtávanie dier do hlavni pušiek a iných strelných zbraní v sériovej a hromadnej výrobe.

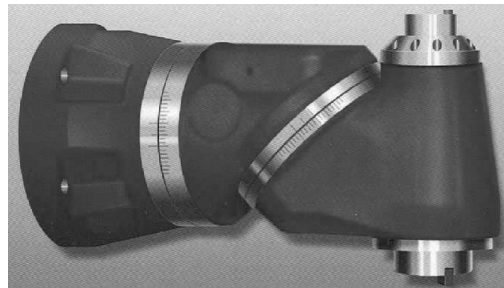
K vyvrtávačkám sa dodáva celý rad bežného a zvláštneho príslušenstva, pomocou ktorého sa dá na obrábacích strojoch rozšíriť spektrum vykonávaných operácií, resp. doplniť stroj systémom automatickej výmeny nástrojov zo zásobníka, prípadne systémom automatickej výmeny obrobkov a tým zvýšiť úroveň jeho automatizácie. Ďalšie možnosti poskytujú rôzne upínacie prípravky pre obrobky, dopravník triesok, chladiace zariadenie s prívodom chladiacej kvapaliny do miesta rezu stredom nástroja, alebo kryty pracovného priestoru.

Ako príklad sú na obr. 4.44 uvedené frézovacie hlavy HF 50 a HFU 50 ako zvláštne príslušenstvo ku strojom WHN 110 a WHN 130.

Frézovacia hlava HF 50 (obr. 4.42 a) má zvislú os vretena, hlava HFU 50 (obr. 4.42 b) je univerzálna – jej os sa dá natočiť zo zvislej až do vodorovnej polohy. Pripevnenie hlavy na vreteník obrábacieho stroja a nastavovanie ich prestaviteľných častí sa vykonáva ručne.



a



b

Obr. 4.42. Frézovacie hlavy dodávané k vyvrtávačkám

a – frézovacia hlava HF 50, b - frézovacia hlava HFU 50

KONTROLNÉ OTÁZKY :

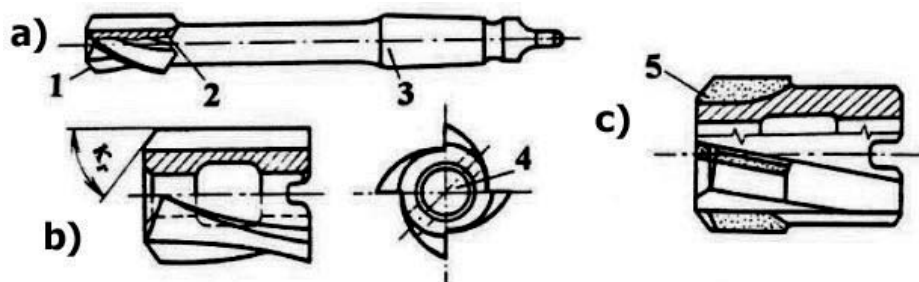
1. Čo je to vyvrtávanie ?
2. Aké technologické operácie môžeme prevádzať na vyvrtávačkách ?
3. Vymenujte základné technické parametre vyvrtávačiek.
4. Ako rozdeľujeme vyvrtávačky ?
5. Na čo slúžia vodorovné vyvrtávačky ?
6. Ako rozdeľujeme vodorovné vyvrtávačky ?
7. Vymenujte hlavné časti vodorovných vyvrtávačiek.
8. Na čo slúžia súradnicové vyvrtávačky ?
9. Pri akých prácach sa využívajú jemné vyvrtávačky ?
10. Ako rozdeľujeme jemné vyvrtávačky podľa pracovných pohybov ?
11. Kde využívame špeciálne vyvrtávačky ?
12. Popíšte aké príslušenstvo sa dodáva k vyvrtávačkám ?

4.10 Vyhrubovanie

Keď potrebujeme zlepšiť kvalitu, rozmerovú a geometrickú presnosť vŕtaného otvoru, musíme ho po vŕtaní ešte dokončiť následnou operáciou. Na toto môžeme použiť vyhrubovanie a vystružovanie.

Výhrubníky sú nástroje s tromi až štyrmi reznými hranami, ktoré môžu byť priame alebo častejšie v skrutkovici. Keďže výhrubníky nemajú priečnu reznú hranu, možno nimi dosiahnuť väčšiu presnosť diery ako vrtákmi. Výhrubníky rozdeľujeme na :

- výhrubníky s kužeľovou stopkou (obr. 4.43 a),
- nástrčné výhrubníky (obr. 4.43 b),
- výhrubníky so vsadenými reznými hranami (obr. 4.43 c).



Obr. 4.43. Výhrubníky

a) výhrubník s kužeľovou stopkou,

b) nástrčný výhrubník,

c) výhrubník s reznými platničkami

1 – rezný kužeľ, 2 – teleso, 3 – upínacia stopka, 4 – upínací otvor, 5 – rezná platnička

Výhrubníky sú normalizované normou STN 221400 až 221420.

V technologickom procese sa výhrubníky najčastejšie používajú na vyhrubovanie dier väčších ako 10 mm. Môžu zväčšiť priemer diery o 0,2 – 0,4 mm v závislosti od rozmerov diery a predchádzajúceho spôsobu obrábania. Pri vyhrubovaní dier v odliatkoch je vhodné viesť nástroj v prípravku.

Rezné hrany sú na tzv. reznom kuželi, ktorý je vybrúsený na zuboch pod uhlom 60° .

Valcová časť zubov nereže, ale má fazetku, aby lepšie viedla nástroj v otvore. Aby sa znížilo trenie, zadná časť zubov smerom k vretenu je mierne skosená.

Výhrubníky sa používajú na opracovanie predhotovených otvorov, ako aj na predlisované alebo predliate otvory, lebo nimi dosiahneme vyššiu tvarovú aj rozmerovú presnosť H9 až H12 s drsnosťou povrchu $R_a = 1,1$ až $1,8 \mu\text{m}$. Otvory s menšou drsnosťou povrchu musíme už vystružovať alebo brúsiť. Ich priemer býva o 0,5 až 4 mm väčší ako priemer predchádzajúceho otvoru. Keď je vyhrubovanie konečnou operáciou (rozmer a kvalita diery už vyhovuje), potom priemer výhrubníka sa rovná požadovanému priemeru diery. Ak je požadovaná vyššia presnosť a lepšia drsnosť povrchu diery, potom volíme priemer výhrubníka o 0,2 až 0,4 mm menší a nasleduje operácia vystružovanie.

Pri strojovom vyhrubovaní musíme výhrubník veľmi starostlivo zaviesť do diery tak, aby diera aj nástroj boli súosové. Pri vyhrubovaní na vŕtačke je výhodné najskôr výhrubník zaviesť do diery. Potom obrobok definitívne upnúť a až potom zapnúť stroj a začať vyhrubovať.

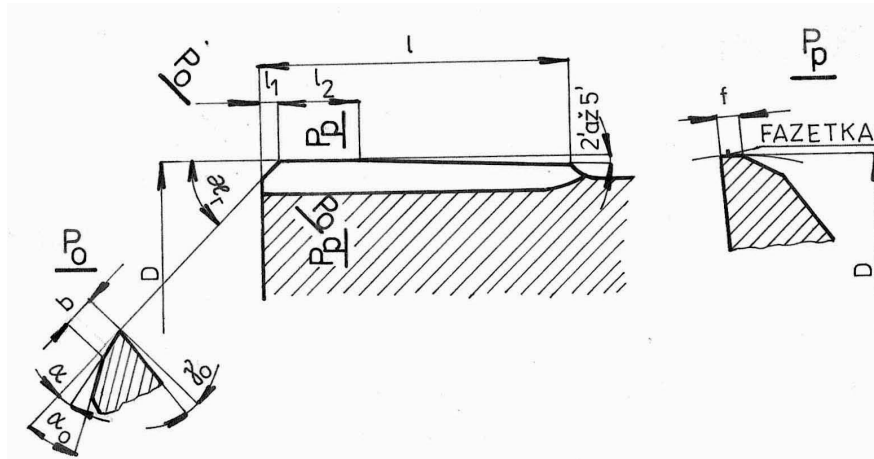
Rezná časť l_1 – má rozhodujúci vplyv na rezný proces (obr. 4.44). Uhol nastavenia reznej časti κ_r má vplyv na tvar a odvod triesky. Odporúča sa:

- pre oceľ $\kappa_r = 30^\circ$,
- pre liatinu $\kappa_r = 23$ až 30° ,
- pre ploché výhrubníky s VRD zo SK $\kappa_r = 30^\circ$,

- pre ploché výhrubníky s dvoma zubníkmi $\gamma_r = 37^\circ$.

Vodiaca časť l_2 – (kalibrujúca) vedie výhrubník pri obrábaní a dáva konečný rozmer obrábanému otvoru. Dĺžka vodiacej časti sa volí $(0,4 \div 0,75) \cdot l$, ďalšia časť je kužeľovito zúžená pod uhlom $\kappa_r' = 2$ až 5° .

Na zmenšenie trenia má vodiaca časť na každom zube fazetku f . Podľa priemeru výhrubníka sa šírka fazetky volí 0,8 až 3 mm.



Obr. 4.44. Geometria valcového výhrubníka

Uhol sklonu zubových drážok $\gamma_f = \alpha_s$ – volí sa v závislosti od priemeru výhrubníka a od vlastností obrábaného materiálu. Pre výhrubníky z RO sa volí:

- pre oceľ do 700 MPa $\gamma_f = 30^\circ$,
- pre oceľ 700 až 1000 MPa $\gamma_f = 20^\circ$,
- pre hliník $\gamma_f = 40^\circ$,
- liatina, bronz $\gamma_f = 10^\circ$,
- pre VRD zo SK $\gamma_f = 5$ až 10° .

Uhol chrbta α_o – určuje sa v rovina P_o . Vytvára sa podbrúsením a je pozdĺž reznej hrany premenný. Na vonkajšom priemere býva $\alpha_o = 8$ až 10° , smerom na os výhrubníka sa zmenšuje.

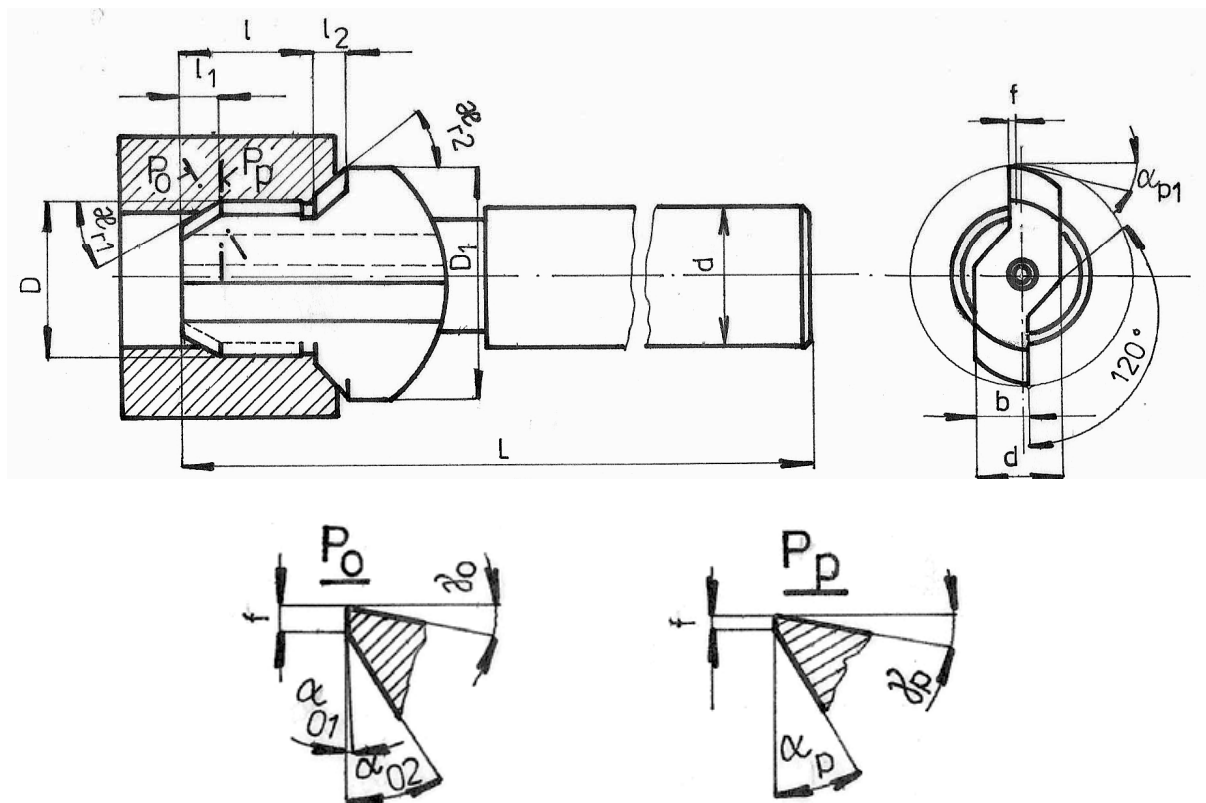
Uhol čela γ_o – jeho zväčšovaním sa rezná sila aj krútiaci moment zmenšujú. Volí sa v závislosti od druhu obrábaného materiálu v medziach 0 až 30° :

- hliník, mosadz $\gamma_o = 25$ až 30° ,
- mäkká oceľ $\gamma_o = 15$ až 20° ,
- oceľ strednej tvrdosti $\gamma_o = 8$ až 12° ,
- liatina strednej tvrdosti $\gamma_o = 6$ až 8° ,
- tvrdá liatina, tvrdá oceľ $\gamma_o = 0$ až 5° .

Výhrubníky sa vyrábajú z rýchloreznej ocele alebo s platničkami zo spekaných karbidov. Pre upínanie výhrubníka a obrobku platia takmer rovnaké zásady ako pri vŕtaní.

Výhrubníky pracujú pri vyhrubovaní oceľových obrobkov reznou rýchlosťou $v = 20$ až 35 m/min a s posuvom $s = 0,1$ až $0,6$ mm/ot. Pri obrábaní liatiny sa rezné podmienky pohybujú v rozmedzí $v = 15$ až 30 m/min a $s = 0,1$ až $0,7$ mm/ot.

Ploché výhrubníky sa používajú najmä pri obrábaní odstupňovaných priemerov a tvarových otvorov, pri odliatych súčiastkach z bronzu a pri obrábaní iných farebných kovov (obr. 4.45). Sú to obyčajne dvojklínové nástroje. Pri obrábaní slepých alebo odstupňovaných otvorov majú často vodiaci čap, ktorý sa využíva na vedenie výhrubníka a zabezpečenie súosovosti otvoru.



Obr. 4.45. Geometria plochého výhrubníka

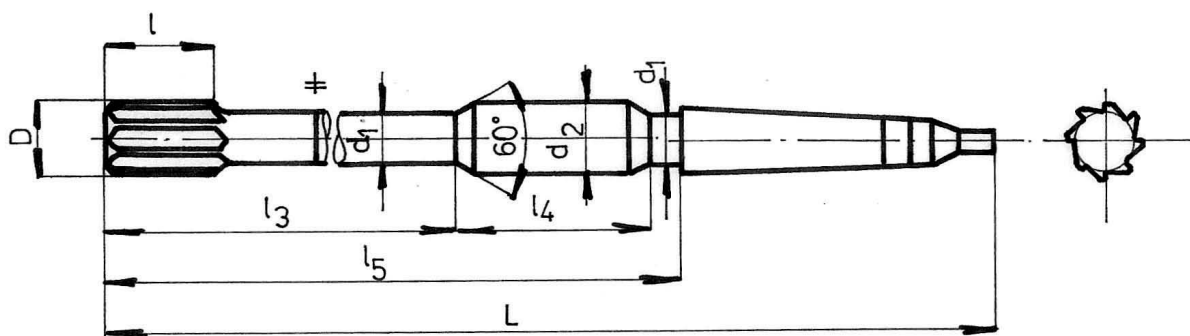
KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Na čo slúži vyhrubovanie ?
2. Aké výhrubníky poznáme ?
3. Popíšte geometriu valcového výhrubníka.
4. Porozprávajte o plochých výhrubníkoch.

4.11 Vystružovanie

Presné a lícované plochy dokončujeme vystružovaním.

Výstružník je nástroj s viacerými reznými hranami (spravidla 6 až 12), ktoré môžu byť priame alebo v skrutkovici (obr. 4.46). Pri práci sa otáča okolo svojej osi a súčasne v jej smere posúva do obrobku. Tým sa uberanie prídavku rozdelí na veľký počet rezných hrán a trieska je veľmi jemná a dosiahnutá drsnosť povrchu malá ($R_a = 0,8$ až $1,6\mu\text{m}$). V podstate výstružníkom dieru vyhladzujeme a dávame jej presný konečný tvar. Preto sa prídavok na vystružovanie pri strojovom vystružovaní ocelových obrobkov pohybuje 0,2 až 0,4 mm.



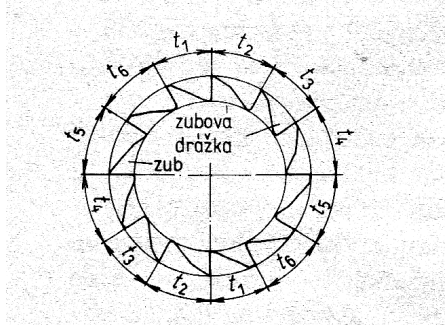
Obr. 4.46. Valcový výstružník

Výstružníky sa rozdeľujú podľa rôznych hľadísk :

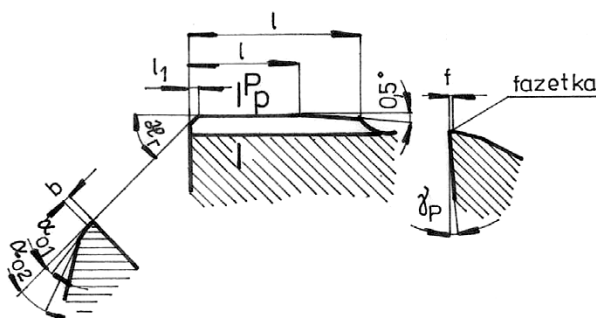
- podľa tvaru na valcové a kužeľové,
- podľa tvaru zubov na priame a v skrutkovici,
- podľa akosti vystruženého otvoru na jemné a hrubé,
- podľa spôsobu použitia na strojové a ručné,
- podľa spôsobu upínania na výstružníky - s valcovou alebo kužeľovou stopkou,
 - nástrčné s valcovou alebo kužeľovou dierou,
- podľa konštrukcie na – celistvé,
 - s priskrutkovanými zubami – pre priemery 52 až 100 mm,
 - so vsadenými zubami – pre priemery 105 až 200 mm,
 - rozpínacie,
 - nastaviteľné.

Výstružníky sú normalizované normou STN 221420 až 221471.

Výstružníky s priamymi zubami môžu mať párnny alebo nepárny počet zubov. Nástroje s párnym počtom zubov majú vždy protiľahlé zubové rozstupy rovnaké, čo neplatí o rozstupoch susedných zubov, ktoré môžu byť rôzne (obr. 4.47). To preto, aby sa zabezpečila pokojná práca nástroja (bez nárazov).



Obr. 4.47. Nerovnomerné rozstupy zubov výstružníkov



Obr. 4.48. Geometria ostria

Výstružníky s priamymi zubami sa používajú prevažne na obrábanie bežných ocelí a na liatinu. So skrutkovitými zubami na obrábanie húževnatejších materiálov a tiež na obrábanie dier s drážkami, aby nástroj bol v každej polohe dobre vedený.

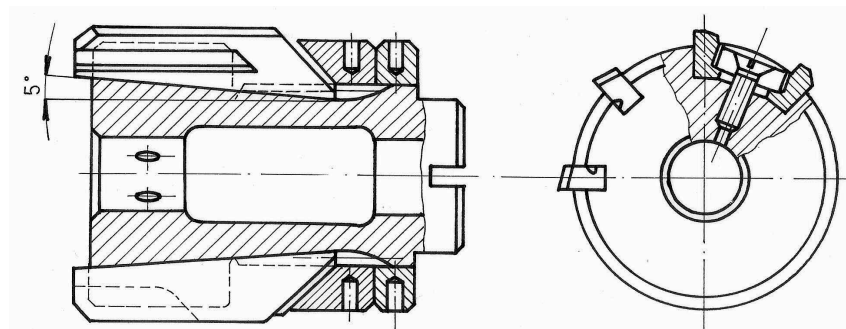
Strojové výstružníky majú krátky rezný kužeľ skosený pod uhlom 20 až 45°. Časť výstružníka za rezným kužeľom nástroj vedie a dieru kalibruje. Stopka výstružníkov je pri menších nástrojoch valcová, pri väčších kužeľová. Používajú sa aj nástrčné výstružníky, ktoré sa nasadzujú na rôzne dlhé unášacie trne s kužeľovou stopkou.

Rozpínacie výstružníky sú duté a pozdĺžne medzi zubami rozrezané. Do kužeľovej dutiny v telese výstružníka sa zatláča guľôčka, ktorou sa dá priemer výstružníka v určitom rozmedzí prestaviť (až o niekoľko desiatín mm). Opotrebené rozpínacie výstružníky umožňujú zväčšiť rozmer o 0,1 až 0,3 mm.

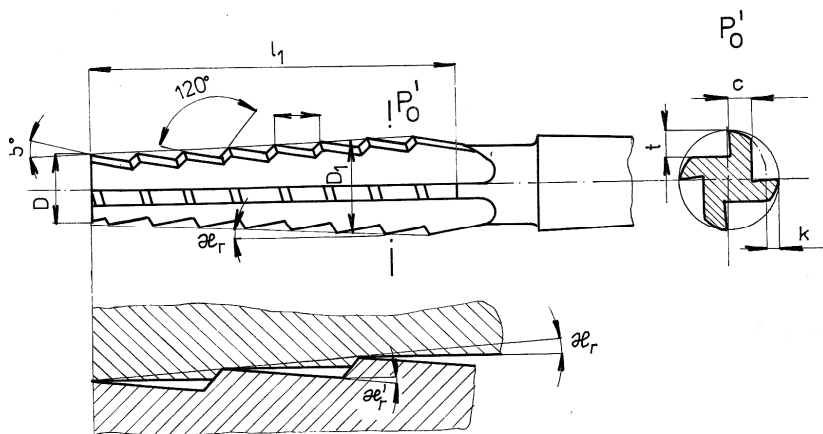
Nastaviteľné výstružníky umožňujú po opotrebovaní regulovať priemer o 0,8 až 1,5 mm (obr. 4.49). Vo výstružníku sú vybrúsené kužeľovito umiestnené drážky, v ktorých sa môžu pohybovať nože. Nože sú upevnené dvomi kruhovými maticami. Uvoľnením jednej matice a pritiahnutím druhej možno nože v kužeľovito vybrúsených drážkach posúvať v smere osi a meniť priemer výstružníka. Počet zubov sa volí 6 až 8.

Kužeľové výstružníky sa používajú na vystružovanie dier pre kužeľové kolíky, kužeľové dutiny vo vretenách a pod. Vyrábajú sa s kužeľovitosťou 1 : 50 alebo na diery pre metrické a Morseho kužeľe.

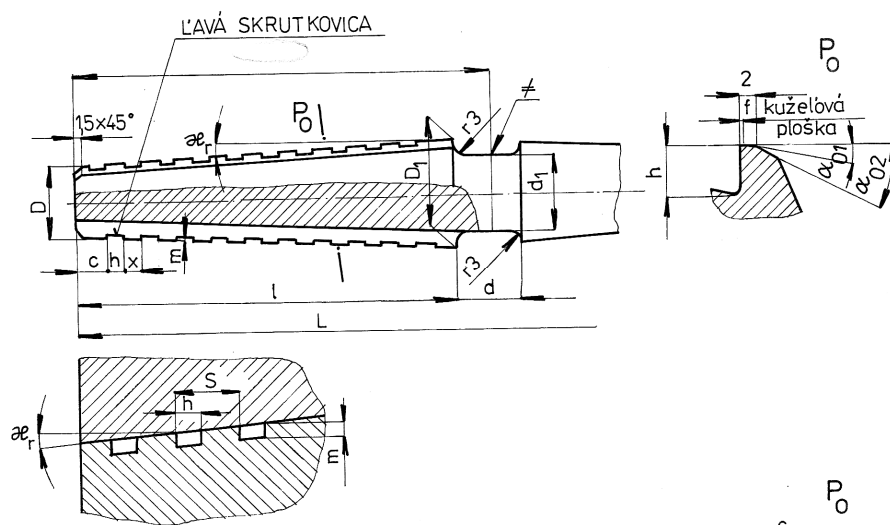
Kužeľové výstružníky s kužeľovitosťou 1 : 50 na diery pre kužeľové kolíky sa vyrábajú iba ako dokončovacie. Vŕta sa pre ne diera s priemerom rovnajúcim sa malému priemeru kolíka. Výstružníky pre Morseho a metrické dutiny musia odoberať množstvo materiálu a preto sa vyrábajú v súpravách ako predhrubovacie, hrubovacie a dokončovacie (obr. 4.50).



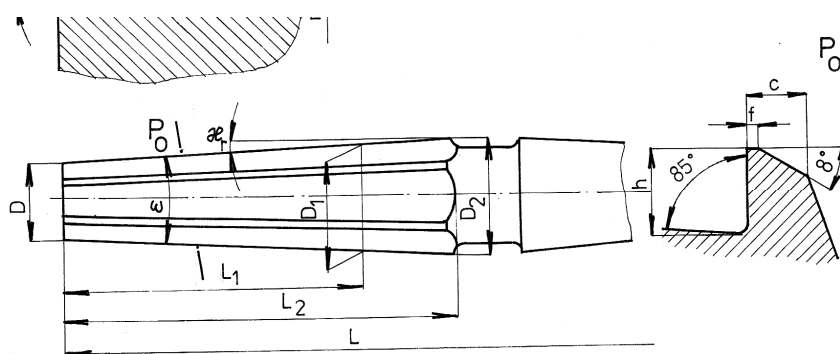
Obr. 4.49. Nastaviteľný výstružník



Predhrubovací



Hrubovací



Dokončovací

Obr. 4.50. Kužel'ové výstružníky

Technológia vystružovania.

Pri strojovom vystružovaní musíme výstružník veľmi starostlivo zaviesť do diery tak, aby diera aj nástroj boli súosové. Pri vystružovaní na vrtáčke je výhodné najskôr výstružník zaviesť do diery. Potom obrobok definitívne upnúť a až potom zapnúť stroj a začať vystružovať.

Vyhrubovať aj vystružovať sa dá aj na sústruhu. Obrobok je upnutý v pomaly sa otáčajúcom skl'učovadle vreteníka a nástroj je upnutý vo výsuvnej hrotovej objímke (pinole) koníka.

Výhodné je upínať výstružníky do výkyvných (plávajúcich) upínačov, ktoré umožňujú výstružníku zaujať správnu polohu voči diere.

Keď dieru obrábame vrtaním, vyhrubovaním aj vystružovaním pri jednom upnutí, výhodne je použiť rýchlopínacie hlavice, ktoré umožňujú rýchlu a presnú výmenu nástrojov.

Pri vystružovaní ocele, hliníka a jeho zliatin výstružníky mažeme vrtacou emulziou. Liatinu, meď, mosadz, bronz, plásty, zliatiny horčíka a pod. vystružujeme na sucho.

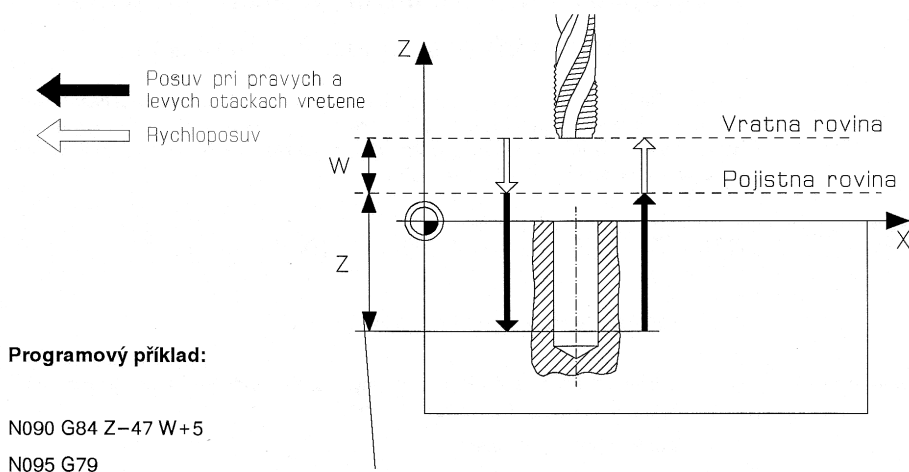
Rezná rýchlosť pri vystružovaní je značne nižšia než pri vrtaní a závisí najmä od materiálu výstružníka a od materiálu obrobku.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Na čo slúži výstružník ?
2. Aké rozdelenie výstružníkov poznáme ?
3. Popíšte jednotlivé druhy výstružníkov.
4. Popíšte technológiu práce s výstružníkmi.

4.12 Závitový cyklus

Pri súčasných NC a CNC obrábacích strojoch sa závitový cyklus s úspechom používa hlavne v obrábacích centrách.



Obr. 4.51. Závitový cyklus – Z – hĺbka vŕtania od poistnej roviny,
W – vzdialenosť poistnej roviny od vratnej roviny

Zapneme pravé alebo ľavé otáčky vretena. Z hĺbky závitů vypočítame počet otáčok potrebný pre dosiahnutie programovanej hĺbky Z. Posuv je zosynchronizovaný s otáčkami vretena. Po dosiahnutí naprogramovanej hĺbky Z sa automaticky zmenia otáčky vretena a nástroj sa vyskrutkuje na poistnú rovinu. Ak je naprogramovaná vratná rovina, nástroj sa do jej úrovne vráti rýchloposuvom. Na konci cyklu sa otáčky vretena opäť zmenia.

Obrábacie centrá sú viacprofesné obrábacie stroje.

Obrábacie centrum je číslícovo riadený obrábací stroj, na ktorom na jedno upnutie možno vykonať niekoľko rôznych operácií alebo úplne obrobiť celú súčiastku. K vykonaniu operácií, ktoré prebiehajú za sebou, súčasne vykonáva stroj automatickú výmenu nástrojov zo zásobníka, nastavuje vzájomnú polohu nástroja voči obrobku, nastavuje otáčky, posuvy a pomocné úkony, napr. otáčanie alebo sklopenie pracovného stola s obrobkom, polohovanie vretien a pod. Obrábacie centrá môžu byť vybavené mechanizmom aj na automatickú výmenu obrobkov. Z technologického hľadiska je výhodné, že na väčšine obrábacích centier možno obrobok obrábať z viacerých strán pri jednom upnutí použitím väčšieho počtu rôznych nástrojov. Tým sa dosahuje vysoká rozmerová a geometrická presnosť obrobku a výrazné zníženie nákladov na medzioperačnú dopravu.

Delíme ich z viacerých hľadísk :

a) delenie podľa typu obrábanej súčiastky :

- pre obrábanie rotačných súčiastok,
- pre obrábanie nerotačných súčiastok.

b) delenie podľa polohy osi vretena :

- s vodorovnou osou vretena,
- so zvislou osou vretena.

Napríklad:

Vertikálne obrábacie centrum FCS 28 CNC LV (obr. 4.52) pracuje v automatickom pracovnom cykle. Konceptným znakom frézky je nemenná výška pracovného stola. Stroj umožňuje prevádzkať jemné a stredné frézovacie, vŕtacie, vyvrtávacie, vystružovacie a závitovacie operácie, v osiach X, Y, Z a v 4. riadenej osi (otočný stôl IS 160 CNC). Základ stroja tvorí lôža s podstavcom. Pracovný stôl sa pohybuje v pozdĺžnom smere po priečných saniach a spoločne v priečnom smere po pevných lôžach. Stojan stroja tvorí samostatný celok priskrutkovaný o lôžu. Po lineárnom vedení stojana sa v zvislom smere pohybuje nosná doska na ktorej je priskrutkovaný vreteník. Posuvy sú poháňané elektrickými servopohonmi prostredníctvom guľčkových skrutiek. Snímanie polohy stolov je zabezpečené rotačnými snímačmi, ktoré sú súčasťou servopohonov. Vreteno je uložené vpredu v trojici a vzadu v dvojici ložísk s kosouhlým stykom. Krútiaci moment je z motora prenášaný remeňom typu HTD-5M priamo na vreteno. Otáčky vretena sú plynulo meniteľné, čo zabezpečuje elektromotor s frekvenčnou reguláciou.

Centrum má vo výbave štandardné príslušenstvo ako pneumatické upínanie nástroja ULMER-PNEUMAX , nepriame odmeriavanie polohy IRC snímačmi, vodotesné krytovanie stroja a pod.

Doplnené môže byť aj o špeciálne príslušenstvo ako strojný zverák 100, CNC otočný stôl IS 160 CNC V/H, koník $v=95$, trojčelust'ové skľučovač 125 s prírubou, automatický výmenník nástrojov Tomill 6, 10, držiaky nástrojov s kužeľom ISO 30, sonda na meranie nástrojov – TS 27 Renishaw, sonda na meranie obrobkov – TS 220 Heidenhain a pod.



**Obr. 4.52. Vertikálne obrábacie centrum
FCS 28 CNC LV**



**Obr. 4.53. Horizontálne obrábacie centrum
HAAS EC400**

Horizontálne obrábacie centrá - pre obrábacie centrá tejto skupiny je charakteristické, že majú automatické, číslicovo riadené mechanizmy na polohovanie a nastavenie obrobku. Majú

možnosť koncentrovať operácie a vykonávať rôzne operácie, možnosť zmeniť polohu obrobku natočením väčšieho počtu obrábaných plôch proti nástrojom na jedno upnutie obrobku a sú vybavené mechanizmami na automatickú výmenu nástrojov zo zásobníka do vretena a naopak. Na stroji možno frézovať nielen rovinné plochy, ale možno vykonávať aj súvislé riadené frézovacie operácie, (napr. kruhové frézovanie väčších otvorov), vŕtať, vystruhovať, vyvrtávať, zahlbovať a rezať závity a to na jedno upnutie obrobku na presnom otočnom stole. Môžu byť osadené sondou pre nastavovanie nástrojov a sondou pre rýchle a presné ustavenie ako aj kontrolu výrobkov (obr. 4.53).

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Čo sú to obrábacie centrá ?
2. Ako delíme obrábacie centrá ?
3. Popíšte závitový cyklus na NC a CNC obrábacích strojoch.

Použitá literatúra :

1. VOKÁL, V : Technológia I (Príroda Bratislava, 1978)
2. BUDA, J., SOUČEK, J., VASILKO, K. : Teória obrábania (ALFA Bratislava, 1988)
3. JAŠŠO, A., HRNČIAR, J. : Mechanická technológia (Vysoká škola dopravy a spojov Žilina, 1990)
4. DRIENSKY, D., FÚRIK, P., LEHMANNOVÁ, T., TOMAIDES, J. : Strojové obrábanie I (ALFA Bratislava, 1984)
5. ŠVAGR, J., VOJTÍK, J. : Technológia ručného spracovania kovov (ALFA- press Bratislava, 1995)
6. MIČIETOVÁ, A. : Nekonenčné metódy obrábania (EDIS Žilina, 2001)
7. PODKONICKÝ, M. : Prípravky (ALFA Bratislava, 1978)
8. PILC, J., PODKONICKÝ, M. : Prípravky a nástroje (VŠ dopravy a spojov v Žiline, 1991)
9. DRIENSKY, D., ZONGOR, J. : Strojové obrábanie II. - vŕtanie (ALFA Bratislava, 1988)
10. DRIENSKY, D., LEHMANNOVÁ, T. : Strojové obrábanie II. - sústruženie (ALFA Bratislava, 1988)
11. DRIENSKY, D., TOMAIDES, J. : Strojové obrábanie II. - frézovanie (ALFA Bratislava, 1988)
12. DRIENSKY, D., TOMAIDES, J. : Strojové obrábanie II. - brúsenie (ALFA Bratislava, 1989)
13. HÁJÍČEK, J., KOMÍŽ, S. : Technológia strojového obrábania III. (ALFA Bratislava, 1990)
14. OUTRATA, J., : Technológia I. – brusič (ALFA Bratislava, 1978)
15. OUTRATA, J., : Technológia II. a III. – brusič kovov (Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry Bratislava, 1965)
16. VYSLOUŽIL, Z., KOVAL, J. : Technologické a strojnícke merania (ALFA Bratislava, 1978)
17. SLEPININ, V. A. : Príručka sústružníka (ALFA Bratislava, 1982)
18. VACH J. : Technológia I. – frézar (ALFA Bratislava, 1976)
19. VACH J. : Technológia II. a III. – frézar (ALFA Bratislava, 1979)
20. BÉKÉS J. : Technológia II. – sústružník kovov (Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry Bratislava, 1966)
21. JANYŠ B., RAFTL K., VÁCLAVOVIČ A., BÍZA V. : Technológia II. a III. – sústružník (ALFA Bratislava, 1976)
22. JANYŠ B., RAFTL K. : Technológia I. – sústružník (ALFA Bratislava, 1974)