

Technológia

1.ročník

Ing. Jozef Filípek

Považská Bystrica 2011

Názov: Technológia 1. ročník

Autor: Ing. Jozef Filípek

Odborný garant: Ing. Vladimír Adamík

Vydavateľ: Stredná odborná škola strojnícka, Považská Bystrica

OBSAH

ÚVOD

1 Základy ručného spracovania	7
1.1 Meranie a orysovanie	7
1.1.1 Meranie dĺžok	7
1.1.1.1 Jednoduché meradlá	7
1.1.1.2 Posuvné meradlá	8
1.1.1.3 Mikrometrické meradlá	8
1.1.2 Meranie uhlov	9
1.1.3 Orysovanie	10
1.2 Rezanie kovov	12
1.3 Pilovanie	14
1.3.1 Druhy pilníkov	14
1.3.2 Zásady pilovania	15
1.3.3 Spôsoby pilovania	16
1.4 Sekanie a prebíjanie	17
1.4.1 Sekanie	17
1.4.2 Prebíjanie	18
1.5 Rovnanie a ohýbanie	19
1.5.1 Rovnanie	19
1.5.2 Ohýbanie	20
1.6 Rezanie závitov	23
1.6.1 Závitníky	23
1.6.2 Závitové čeluste	24
2 Sústava tolerancií a uloženia	26
2.1 Základné pojmy	26
2.2 Druhy uloženia	28
2.3 Sústava uloženia	29
3 Základy trieskového obrábania	33
3.1 Podstata obrábania	33
3.2 Rezný nástroj	36
3.3 Vznik a druhy triesok	39
3.4 Porovnanie konvenčného a programového obrábania	42
4 Sústruženie	43
4.1 Základné bezpečnostné a protipožiarne predpisy	43
4.2 Podstata sústruženia	44
4.3 Geometria sústružníckeho noža	47
4.4 Sústružnícke nástroje	48
4.5 Upínanie obrobkov	50
4.6 Rozdelenie sústruhov	51
4.6.1 Hrotové sústruhy	52
4.6.2 Čelné sústruhy	53
4.6.3 Zvislé sústruhy	53
4.6.4 Revolverové sústruhy	53
4.6.5 Sústružnícke automaty	54
4.6.6 Špeciálne sústruhy	55
4.6.7 Číslicovo riadené sústruhy	55
4.6.8 Sústružnícke obrábacie centrá	56

5 Frézovanie	57
5.1 Základné bezpečnostné a protipožiarne predpisy	57
5.2 Podstata frézovania	58
5.3 Rezné podmienky	59
5.4 Geometria rezného nástroja	61
5.5 Rozdelenie fréz	63
5.6 Upínanie fréz	66
5.7 Upínanie obrobkov	68
5.8 Rozdelenie frézovačiek	70
5.8.1 Konzolové frézovačky	70
5.8.2 Rovinné frézovačky	71
5.8.3 Špeciálne frézovačky	72
6 Brúsenie	74
6.1 Základné bezpečnostné a protipožiarne predpisy	74
6.2 Podstata brúsenia	75
6.3 Rezné podmienky	76
6.4 Brúsiace prostriedky	77
6.4.1 Druhy brúsiva	77
6.4.2 Druhy spojiva	78
6.4.3 Zrnitosť brúsiva	78
6.4.4 Tvrdosť brúsneho nástroja	79
6.4.5 Štruktúra brúsneho nástroja	79
6.4.6 Tvary brúsnych kotúčov	79
6.5 Upínanie, vyvažovanie a orovnávanie brúsnych kotúčov	80
6.6 Základné druhy brúsok	82
6.6.1 Jednoduchá stojanová brúska	82
6.6.2 Hrotové brúsky	83
6.6.3 Bezhrotové brúsky	84
6.6.4 Brúsky na otvory	84
6.6.5 Rovinné brúsky	85
6.6.6 Nástrojové brúsky	85
6.6.7 Špeciálne brúsky	86
6.6.8 Programovo riadené brúsky	86
6.7 Spôsoby práce na brúskach	87
7 Vrtanie	89
7.1 Nástroje na vrtanie	90
7.2 Vítačky	93
7.3 Zahlbovanie	97
7.4 Vyhrubovanie	97
7.5 Vystružovanie	99
8 Životné prostredie	103
8.1 Ochrana životného prostredia	103
8.2 Ochrana pred olejmi a chladiacimi kvapalinami	104
8.3 Ochrana ovzdušia	105
8.4 Ochrana z hľadiska hlučnosti pracovného prostredia	107
Použitá literatúra	109

ÚVOD

Rozvoj našej spoločnosti je úzko spojený s rozvojom výrobných technológií. Aj technológia obrábania kovov prešla významnými premenami. Od jednoduchého ručného opracovávania kovov cez strojové obrábanie až po vysoko výkonné programovo riadené obrábacie stroje. Neustále rastúce požiadavky na kvalitu vyrábaných súčiastok, ale aj hospodárnosť výroby nútia výrobcov obrábacích strojov k ďalšej a ďalšej modernizácii. 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. Takýto vývoj predpokladá aj presúvanie činností, ktoré doteraz vykonávali pracovníci obsluhujúci obrábacie stroje na programátorov NC a CNC strojov. Pre lepšie pochopenie základných princípov strojného obrábania kovov je prospešné oboznámiť sa s touto problematikou od samotných základov ručného obrábania.

1 Základy ručného spracovania

1.1 Meranie a orysovanie

Jednou zo základných operácií uplatňujúcich sa pri ručnom spracovaní kovov je presné meranie a orysovanie.

Aby sme z polovýrobov ako sú odliatky, výkovky, výlisky a pod. mohli vyrobiť súčiastku, musíme prekontrolovať, či prídavok na obrábanie je dostatočne veľký. To znamená či tvar a rozmery polovýrobu umožňujú z neho vyrobiť požadovanú súčiastku. Preto hovoríme, že meranie je vlastne porovnávanie rozmeru určitého predmetu s veľkosťou tzv. meracej jednotky, ktorá je vyjadrená v metroch (m), alebo v stupňoch (°). V strojárskych praxi sa rozmery súčiastok udávajú v milimetroch (mm), len u niektorých druhov závitov sú hodnoty udávané v palcoch (1" = 25,4 mm).

Na meranie používame rôzne meradlá, prípadne šablóny.

Pri meraní musíme zachovávať čo najväčšiu čistotu meradla aj meranej súčiastky.

Pri odčítavaní nameranej hodnoty sa na stupnicu meradla pozeráme vždy kolmo.

Pri veľmi presnom meraní je dôležitá teplota meranej súčiastky a meradla, ktorá by mala byť ustálená (referenčná teplota merania je 20°C).

1.1.1 Meranie dĺžok

Meradlá na meranie dĺžok delíme podľa charakteru merania na :

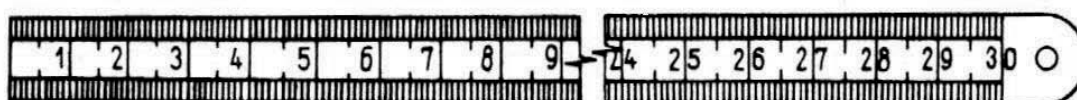
- meradlá na meranie skutočných hodnôt – meranú hodnotu môžeme priamo odčítať napr. pravítka, rôzne druhy metrov, posuvné meradlá, mikrometre, koncové mierky, uhlomery a pod.
- meradlá porovnávacie – zisťujeme, či rozmery súčiastok nepresahujú medzné hodnoty. Nezisťujeme skutočné rozmery súčiastok, ale či je rozmer dobrý alebo nie napr. kalibre, číselníkové odchýlkomery a pod.

Meradlá na meranie dĺžok podľa dosahovanej presnosti merania delíme na :

- presnosť merania 0,2 až 0,5 mm – oceľové pravítka, metre, hmatadlá, šablóny,
- presnosť merania 0,05 až 0,1 mm – posuvné meradlá, dielenské kalibre, hĺbkomery,
- presnosť merania 0,01 až 0,05 mm – digitálne posuvné meradlá, mikrometre, pas metre, číselníkové odchýlkomery, porovnávacie kalibre, uhlomery a pod.,
- presnosť merania 0,001 až 0,005 – koncové mierky, špáromery.

1.1.1.1 Jednoduché meradlá

Na hrubé zistenie meraného rozmeru sa používajú oceľové pravítka (obr. 1.1). Vyrábajú sa z pásovej ocele rôznych dĺžok – 200, 300, 500 mm aj viac. Stupnica je milimetrová. Časti milimetra sa určia odhadom. Preto dosahovaná presnosť merania je 0,2 až 0,5 mm. Na menej presné merania používame skladacie prípadne zvinovacie metre (obr. 1.2) a na meranie väčších dĺžok meracie pásma (obr. 1.2). Pásma majú rozličnú dĺžku 10 až 50 m a sú navinuté na hriadeľčeku v ochrannom puzdre.



Obr.1.1. Oceľové meradlo



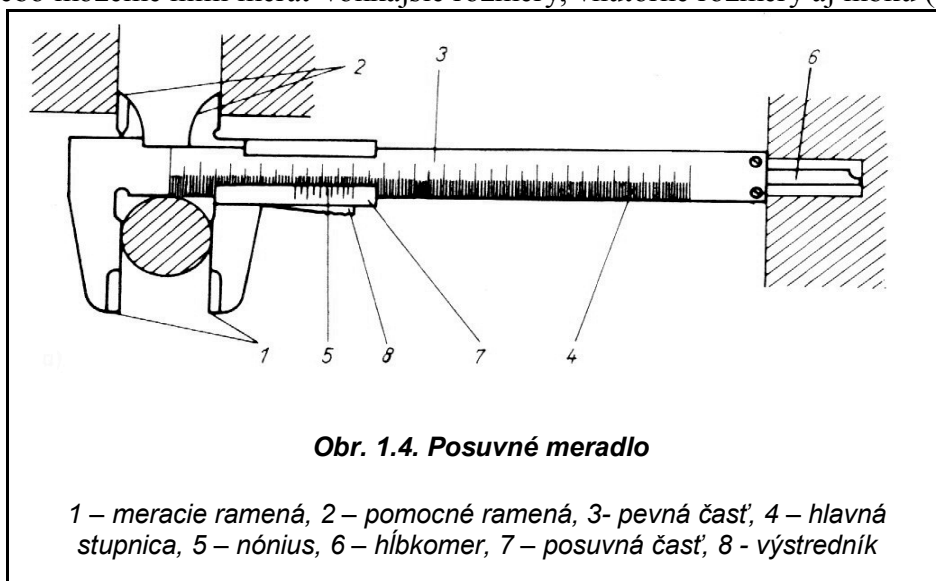
Obr. 1.2. Zvinovací meter a meracie pásma



Obr. 1.3. Digitálne posuvné meradlo

1.1.1.2 Posuvné meradlá

Sú to najčastejšie používané dielenské meradlá na meranie dĺžok. Hovoríme im aj univerzálne meradlá, lebo môžeme nimi merať vonkajšie rozmery, vnútorné rozmery aj hĺbku (obr. 1.4).



Skladajú sa z pevnej časti, na ktorej je milimetrová stupnica, z pohyblivej časti, na ktorej je nóniová stupnica a z hĺbkomeru.

Presnosť posuvného meradla je daná nóniovou stupnicou a môže byť:

- 0,1 mm (desatinová) – 9 mm hlavnej stupnice sa rozdeľuje na 10 rovnakých dielikov na stupnici nónia,
- 0,05 mm (pätstotinová) - 19 mm hlavnej stupnice sa rozdeľuje na 20 rovnakých dielikov na stupnici nónia,
- 0,02 mm (dvojstotinová) - 49 mm hlavnej stupnice sa rozdeľuje na 50 rovnakých dielikov na stupnici nónia,
- 0,01 mm (stotinová) – digitálne posuvné meradlá (obr. 1.3).

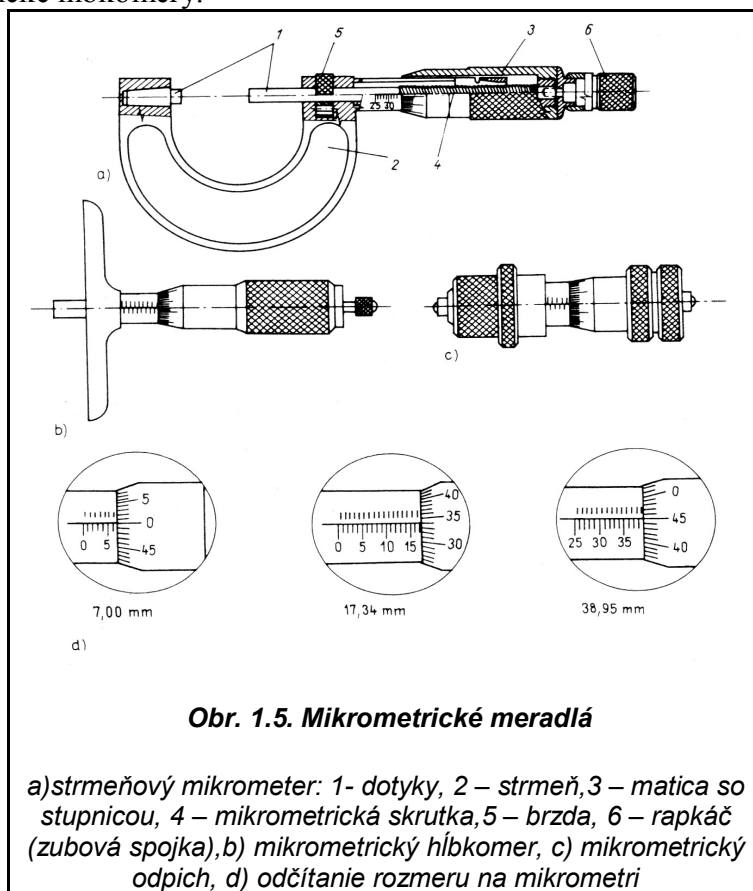
Okrem posuvných meradiel poznáme aj posuvné hĺbkomery a výškomery.

1.1.1.3 Mikrometrické meradlá

Mikrometre (obr. 1.5) sú veľmi presné meradlá, ktorými meriame rozmery s presnosťou 0,01 mm. Ich hlavnou časťou je presná mikrometrická skrutka so stúpaním 0,5 mm, čiže merací dotyk na jej konci sa za jednu otáčku posunie o 0,5 mm.

Najpoužívanejší je strmeňový mikrometer. Používa sa na meranie vonkajších rozmerov. Skladá sa z pevného dotyku a pohyblivého dotyku. Pohyblivý dotyk sa pohybuje otáčaním bubienka, ktorý je spojený s mikrometrickou skrutkou. Meracie rozsahy sú odstupňované po 25 mm. Znamená to, že mikrometer má rozsah napr. 0 až 25 mm, 25 až 50 mm, 50 až 75 mm a pod.

Na presné meranie vnútorných rozmerov sa používajú mikrometrické odpichy a na meranie hĺbok mikrometrické hĺbkomery.

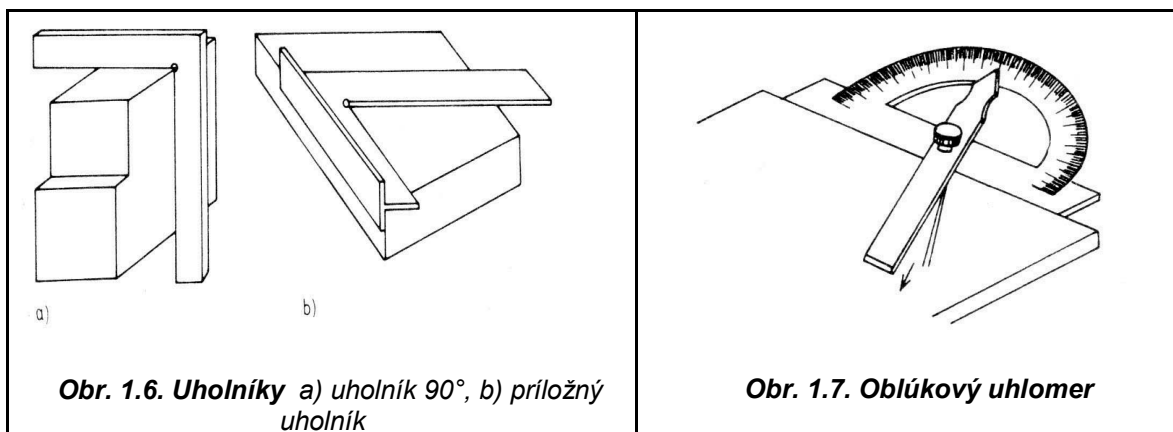


1.1.2 Meranie uhlov

Veľkosť uhlov sa meria v stupňoch ($^{\circ}$) a ich častiach, t.z. v minútach ($'$) a sekundách ($''$). Jeden stupeň má 60 minút a jedna minúta má 60 sekúnd ($1^{\circ} = 60'$, $1' = 60''$).

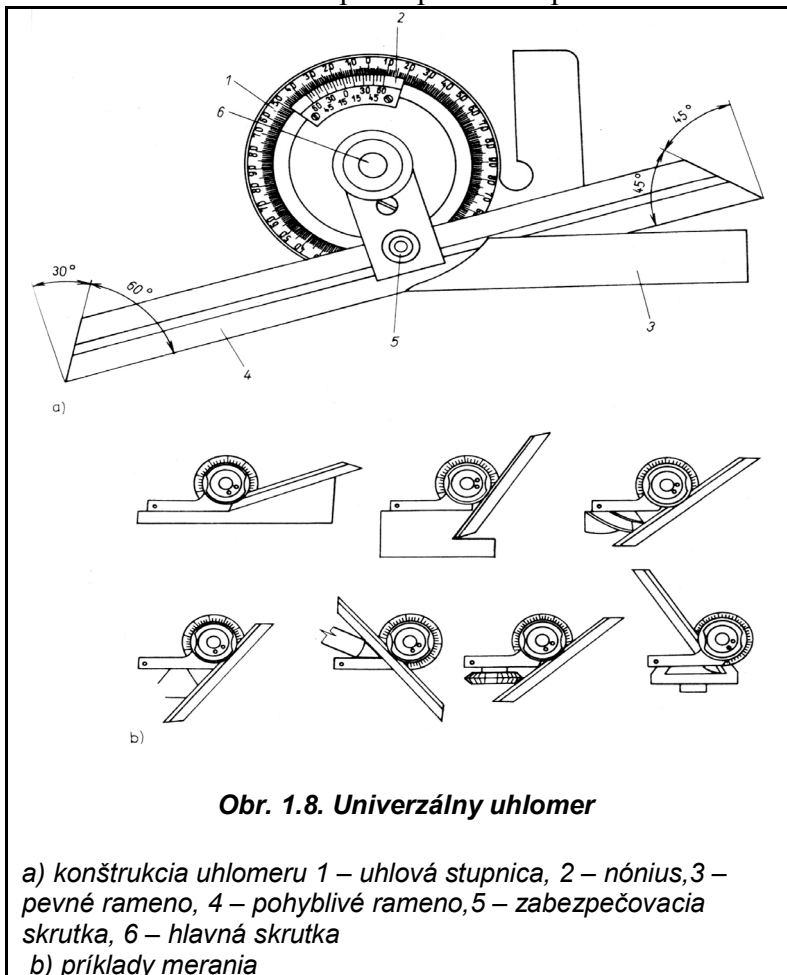
Na meranie uhlov používame pevné meradlá (uholníky) alebo nastaviteľné meradlá (uhlomery).

Uholníky (obr. 1.6) sú pevné meradlá na meranie najčastejšie pravých uhlov (90°). Odchýlka uhla sa prejavuje ako svetelná štrbina medzi meranou plochou a plochou meradla.



Uhlomery sú meradlá s kruhovou stupnicou. Na hrubé meranie uhlov sa používa oblúkový uhlomer (obr. 1.7), ktorý umožňuje odčítať iba celé stupne, minúty sa musia určovať odhadom.

Presnejšie meriame uhly univerzálnym uhlomerom (obr. 1.8). Možno ním odčítať okrem stupňov aj minúty s presnosťou na 5 minút. Jeho konštrukcia sa zhoduje s optickým uhlomerom, pri ktorom sa na odčítanie stupnice používa lupa.



KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Čo je to meranie ?
2. Pri akej teplote sa prevádzajú presné merania ?
3. Rozdelenie meradiel.
4. Popíšte jednoduché meradlá.
5. Popíšte posuvné meradlá.
6. Popíšte mikrometrické meradlá.
7. Popíšte meranie uhlov.

1.1.3 Orysovanie

Orysovanie súčiastok je veľmi presná a zodpovedná práca, ktorá si vyžaduje dostatočne veľké vedomosti z geometrie a matematiky. Je to rozmeriavanie, pri ktorom na polovýrobok nakreslíme podľa výkresu obrýs hotovej súčiastky. Presnosť obrábania, ktorú možno dosiahnuť orysovaním, je malá, asi 0,3 až 0,5 mm. Orysovanie uľahčuje aj správne uloženie

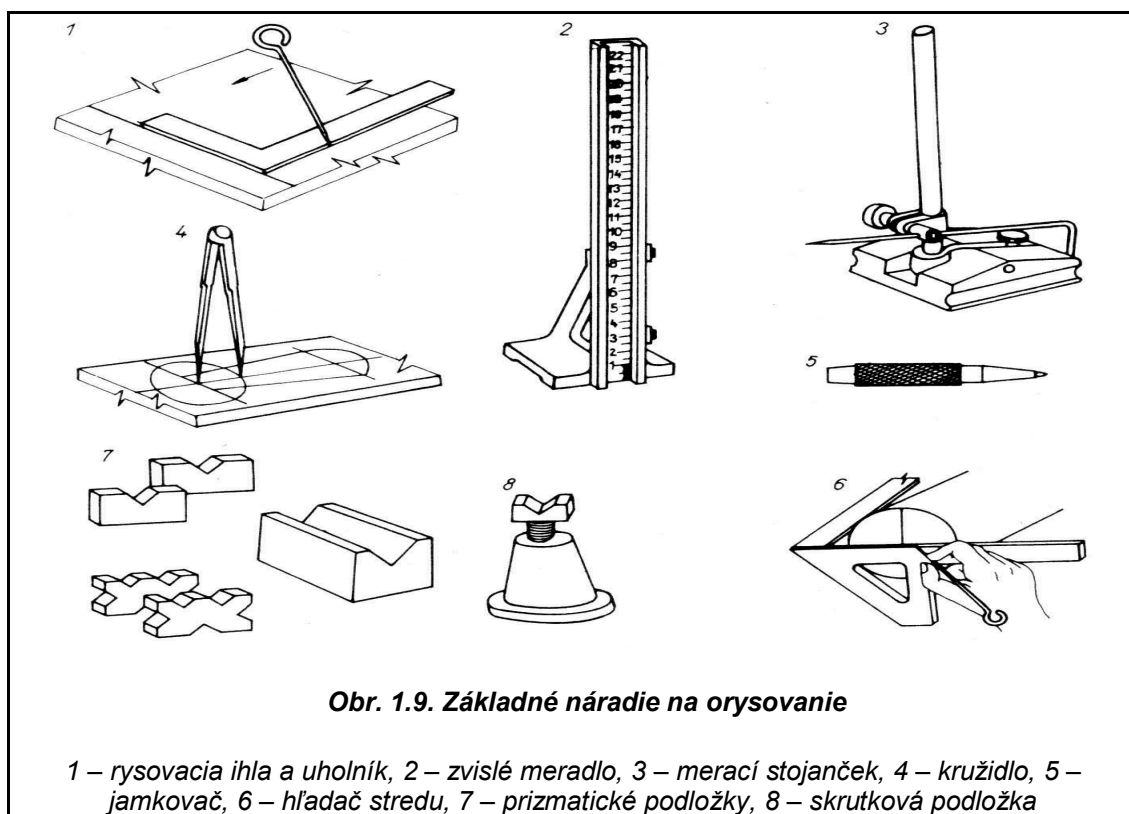
polovýrobku na stroji. Jednoduché súčiastky a tvary rysuje robotník, zložitejšie špeciálny pracovník – rysovač.

Orysovanie delíme na dva základné druhy :

- plošné – rovinné orysovanie,
- priestorové orysovanie – je veľmi náročné a vyžaduje si presnosť, trpezlivosť a veľké skúsenosti.

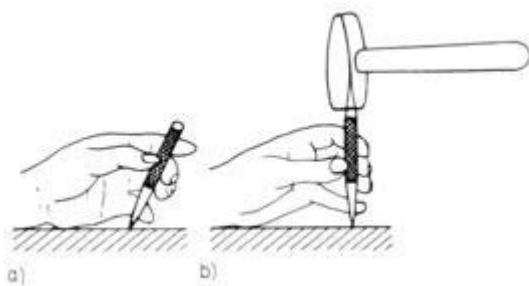
Rysovacie náradie a pomôcky

Pri rovinnom orysovaní sa najčastejšie používajú meradlá, oceľové pravítka, uholníky, uhloмеры, kružidlá, šablóny, stojančeky, rysovacie ihly, orysovadlá a jamkovače (obr. 1.9). Rysujeme na liatinovej rysovacej platni, ktorá má hornú plochu rovinnú a v prípade potreby vyhrievanú. Na podloženie a vyrovnanie orysovávanej súčiastky sa používajú drevené klíny, prizmatické podložky, podpery, hranoly a pod.



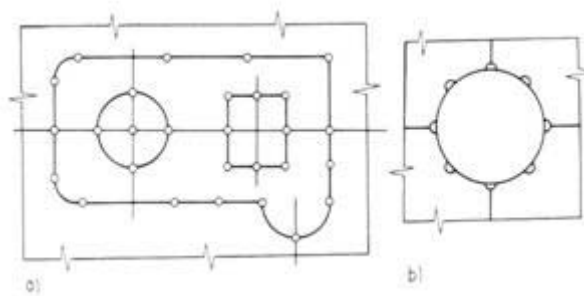
Rysovacie ihly sú zvyčajne oceľové a musia byť dobre naostrené. Pri rysovaní sa ihla drží mierne sklonená v smere pohybu a súčasne odklonená od hornej hrany pravítka či uholníka, aby hrot presne sledoval hranu priliehajúcu k obrobku. Ryska potrebnej dĺžky sa má robiť bez prerušenia pohybu. Je nesprávne robiť rysku viacerými ťahmi po tom istom mieste, pretože sa tak vytvorí neostrá čiara. Niekedy namiesto rysovacej ihly môžeme použiť plochý kalený nôž, ktorý leží a posúva sa po vhodnej podložke, alebo koncovej mierke.

Tvar súčiastky, ktorý na materiál vyznačujeme ryskou, označujeme ešte jamkami vyrazenými do materiálu jamkovačom. Potrebne je to preto, aby tvar súčiastky a stredy dier zostali vyznačené aj vtedy, keby sa pri obrábaní ryska zmazala (obr. 1.11). Pri nastavovaní jamkovača na rysku alebo priesečník rysiek drží sa jamkovač v opretej ruke šikmo, aby bolo dobre vidieť jeho hrot. Po nastavení sa jamkovač postaví do kolmej polohy a primeraným úderom kladiva sa vyrazí jamka (obr. 1.10). Jamky sa pri priamych úsekoch umiestňujú vo väčších vzdialenostiach, na krivkách musia byť hustejšie vedľa seba. Jamky pre stredy otvorov vyrážame starostlivo, pretože slúžia na vedenie vrtáka pri zavrtávaní.



Obr. 1.10. Postup vyrážania jamiek jamkovačom

- a) presné postavenie jamkovača
- b) vyrazenie jamky



Obr. 1.11. Orysovaná súčiastka s poistnými jamkami

- a) orysovaná súčiastka s vyrazenými jamkami
- b) obrobená diera so zvyškami jamiek

Rysovacie náradie a pomôcky treba udržiavať v dobrom stave a čistote, aby nedochádzalo k ich poškodeniu a zatupeniu. Pravidelne ich treba kontrolovať. Odkladajú sa vždy len na vyhradené miesto.

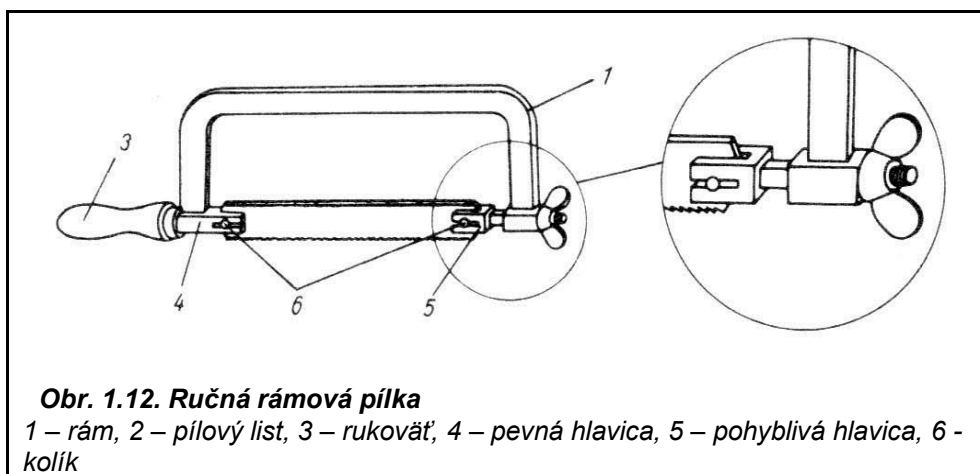
KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Čo je to orysovanie ?
2. Ako delíme orysovanie ?
3. Popíšte aké náradie a pomôcky používame pri orysovaní.
4. Postup pri orysovaní niektorých súčiastok.

1.2 Rezanie kovov

Rezanie patrí medzi základné druhy trieskového obrábania, pri ktorom materiál oddeľujeme mnohozubovým nástrojom – pílkou.

Na ručné rezanie používame ručnú pílkou (obr. 1.12). Skladá sa z rámu, rukoväte, pevnej upínacej hlavice, pohyblivej upínacej hlavice s upínacou skrutkou a krídlovou maticou a z pílového listu. Keďže sa skladá z rámu, nazýva sa ručná rámová píłka. Pílový list sa upína do rámu tak, aby zuby smerovali od rukoväti. Utiahnutím krídlovej matice sa pílový list napne.



Obr. 1.12. Ručná rámová píłka

- 1 – rám, 2 – pílový list, 3 – rukoväť, 4 – pevná hlavica, 5 – pohyblivá hlavica, 6 – kolík

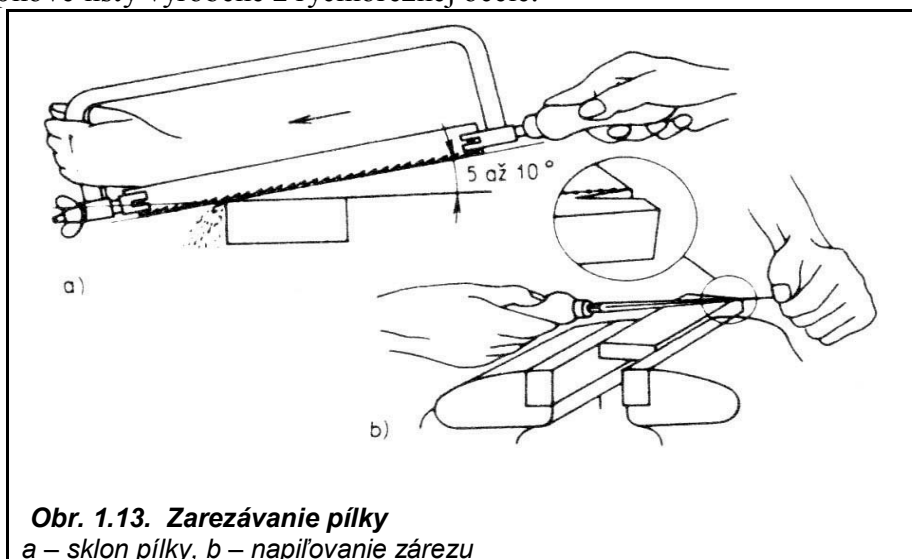
Pri rezaní kovov vznikajú triesky, ktoré sa odvádzajú zubovými medzerami trojuholníkového tvaru. Veľkosť medzier musí zodpovedať množstvu vytváraných triesok. Veľkosť zubovej medzery možno meniť zmenou rozstupu zubov.

Pri rezaní mäkkých kovov vzniká pomerne veľké množstvo triesok. Naopak pri rezaní tvrdých kovov sa tvorí menej triesok. Preto na rezanie tvrdých materiálov a pre krátke rezy sa volia jemné rozstupy a pre rezanie mäkkých materiálov a pre dlhé rezy sa volia hrubé rozstupy.

Hustota ozubenia píľky sa udáva počtom zubov na dĺžke jedného palca (1"= 25,4 mm). Pílové listy s hrubým ozubením majú na jeden palec 14 až 16 zubov, pílové listy s jemným ozubením 25 až 32 zubov.

Aby pílový list pri práci nezaškrábal o steny škáry, musí byť vznikajúca škára širšia, než je hrúbka pílového listu. Zuby sa preto striedavo vyhnú vpravo a vľavo, alebo je pílový list zvlnený. List môže mať ozubenie z jednej, alebo z oboch strán. V prípade vylomenia zubov tieto vybrúsime, aby sme zabránili lámaniu ďalších zubov.

Pílové listy na rezanie kovových materiálov nízkej pevnosti sa vyrábajú z konštrukčnej chrómovej, prípadne volfrámchrómovej ocele, na rezanie materiálov vysokej pevnosti sa používajú pílové listy vyrobené z rýchlořeznej ocele.



Obr. 1.13. Zarezávanie píľky

a – sklon píľky, b – napíľovanie zárezu

Píľka vykonáva pri rezaní priamočiary vratný pohyb. Reže iba smerom dopredu, preto ju pri spätnom pohybe odľahčujeme. Pri zarezávaní začíname rezať krátkymi ťahmi šikmo sklonenou píľkou (obr. 1.13) a v rezaní pokračujeme vo vodorovnej polohe pravidelnými pohybmi s frekvenciou 20 až 50 zdvihov za minútu. Vypilovaním zárezu na mieste kde chceme rezať si môžeme začiatok rezania uľahčiť. Pri rezaní využívame celú dĺžku pílového listu. Pri dorezávaní zase skrátime ťahy, spomalíme rezanie a na píľku už netlačíme. Ak pri rezaní hĺbka rámu píľky nestačí, môžeme pílový list otočiť o 90°.

Okrem ručného rezania poznáme aj strojové rezanie. Dosahujeme ním oveľa väčšiu produktivitu práce.

Poznáme tieto spôsoby strojového rezania :

- na rámových píľach – používa sa pílový list, ale väčší než pri ručnom rezaní,
- na pásových píľach – používajú sa pílové pásy, ktorých konce sú spojené a tvoria nekonečný (uzavretý) pás. Použitie pri tvarových rezoch,
- na kotúčových píľach – používajú sa celistvé pílové kotúče, alebo pri kotúčoch väčších priemerov kotúče so vsadenými segmentami. Využitie hlavne pri delení materiálu pre sériovú výrobu. Nevýhodou je šírka rezu až 10 mm a tým aj väčší odpad.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

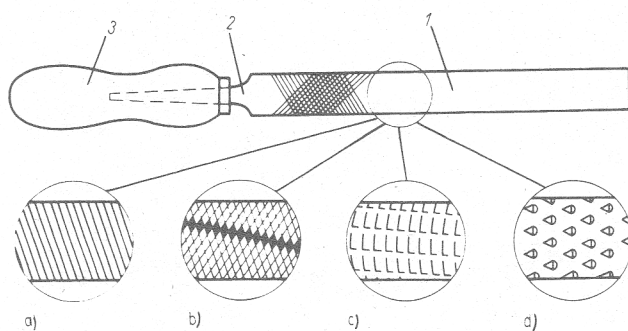
1. Čo je to rezanie ?
2. S čoho sa skladá ručná rámová píłka ?
3. Aké pílové listy používame ?
4. Postup pri ručnom rezaní.
5. Aké spôsoby strojového rezania poznáte ?

1.3 Pilovanie

Pilovanie je jedným z najstarších spôsobov ručného obrábania. V súčasnosti sa uplatňuje najmä pri ručnej úprave súčiastok, pri dokončovacích prácach a pod.

Pilovanie je oddeľovanie drobných triesok veľkým počtom zubov umiestnených na činnej časti pilníka. Tvar a veľkosť pilníka sa volí podľa charakteru obrábanej plochy, druhu materiálu obrobku, hrúbky odoberanej vrstvy a podľa vyžadovanej akosti povrchu.

1.3.1 Druhy pilníkov



V praxi sa vyskytuje veľké množstvo druhov pilníkov (asi 3000).

Pilníky sa rozdeľujú na pilníky na ručné pilovanie a pilníky na strojové pilovanie. Pri bežných ručných pilníkoch rozlišujeme : teleso pilníka, stopku a rukoväť (obr. 1.14).

Pri malých tzv. ihlových pilníkoch, ktoré sú určené na obzvlášť jemné práce, prechádza teleso pilníka do valcovej

Obr. 1.14. Základné časti a druhy zubov pilníkov

1. teleso, 2. stopka, 3. rukoväť

a) jednoduché zuby, b) krížové zuby, c) vyfrézované zuby, d) zuby rašple

stopky, za ktorú sa pilník pri práci priamo drží.

Pilníky majú aj rôzny tvar zubov. Zuby sa zhotovujú vysekávaním, vytláčaním, alebo vyfrézovaním. Tvar a usporiadanie zubov (tzv. sek) bude závisieť aj od toho, či je pilník určený na hrubovanie (uberanie veľkých vrstiev materiálu), alebo na hladenie (dokončovanie pilovaním). Zuby (seky) pilníka sú usporiadané šikmo na jeho pozdĺžnu os, takže pri práci nastáva postupný rez a zároveň sa dobre odvádzajú triesky.

Podľa tvaru a usporiadania zubov poznáme :

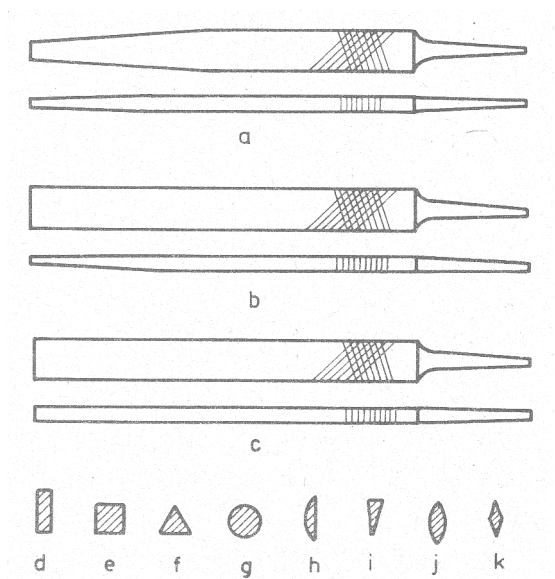
- pilníky s jednoduchým sekcom – zuby majú sklonené pod uhlom 70° a používajú sa na obrábanie mäkkých kovov,
- pilníky s krížovým sekcom – majú dva seky. Základný (vrchný) sek pod uhlom 70° rozdelený pomocným (spodným) sekcom pod uhlom 55° . Toto umožňuje lepšie oddeľovanie a odvádzanie vzniknutých triesok. Použitie na obrábanie ocele, mosadze a liatiny,
- pilníky s frézovanými zubami bývajú vyrobené buď s priamymi zubmi (obrábanie mäkkších materiálov), alebo s oblúkovými zubmi (obrábanie tvrdších materiálov),
- rašple – so strúhadlovým sekcom, ktoré sa používajú pri obrábaní najmä kovových materiálov, plastov a dreva.

Podľa účelu pilníky rozdeľujeme na :

- ľahké pilníky – majú pomerne malú hmotnosť a používajú sa na odoberanie menších triesok,
- ťažké pilníky – sú ťažšie a dlhé najmenej 300 mm, používajú sa na hrubšiu prácu s väčším odberom materiálu,
- uberacie pilníky – sú určené na najhrubšie práce a na odoberanie veľkého množstva materiálu, bývajú dĺžky 300 až 500 mm,
- brúsiace pilníky – používajú sa na veľmi tvrdé, alebo kalené materiály, vyrobené sú z bežných brúsiacich materiálov.

Medzi najpoužívanejšie tvary prierezu pilníkov patria : obdĺžnikový, štvorcový, trojuholníkový, kruhový, polkruhový, nožovitý, jazýčkovitý, mečovitý a pod. (obr. 1.15).

Na výrobu pilníkov sa používajú uhlíkové nástrojové ocele, prípadne nástrojové chrómové ocele.

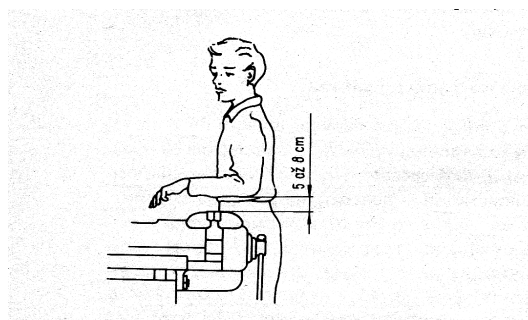


Obr. 1.15. Druhy pilníkov

a – zúžený, b – rovnomerne široký, c – lícovací, d – obdĺžnikový, e – štvorcový, f – trojuholníkový, g – kruhový, h – polkruhový, i – nožovitý, j – jazýčkový, k – mečovitý

1.3.2 Zásady pilovania

Základným predpokladom správneho pilovania je vhodne upevnený zverák, ktorého správna výška nad podlahou má zodpovedať podľa obrázku a správne upnutie obrobku.



Menšie obrobky sa pri pilovaní upínajú do zveráka tak, aby čo najmenej vyčnievali z čeľustí a nepružili. Keď chceme, aby sa povrch obrobku pri upnutí nepoškodil, nasadzujú sa na čeľuste zveráka mäkké podložky. Na upnutie valcových obrobkov sa medzi čeľuste zveráka vkladajú tvarované podložky so zárezmi.

Pri pilovaní sa ku zveráku stavíme šikmo s ľavou nohou mierne posunutou dopredu. Pohyb pilníka je

vyvolený mäkkými vláčnymi pohybmi takmer celého tela. Pri práci sa snažíme využiť celú dĺžku pilníka. Rukoväť pilníka držíme v dlani pravej ruky, pričom palec je hore. Ľavou rukou pilník na konci činnej časti vyvažujeme. Vždy sa snažíme, aby frekvencia bola pokiaľ možno

čo najrovnomernejšia, asi 40 až 60 zdvihov za minútu. Pri spätnom pohybe musíme pilník odľahčovať, prípadne aj nadvíhovať, ináč sa rýchlo otupuje.

Výhodné je používať nové pilníky najprv na bronz alebo mosadz a až neskôr na oceľ.

Pri hladení jemnými pilníkmi môžeme pilník natierať kriedou, zuby sa pritom čiastočne naplnia touto kriedou a odoberajú ešte jemnejšie triesky.

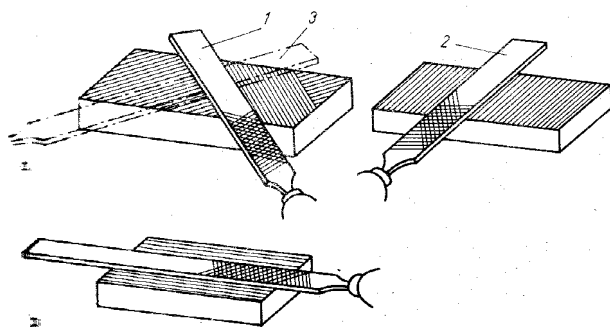
Ak sa pilník pri práci zanáša trieskami, znamená to, že sme pre danú prácu nezvolili pilník s vhodným sekcom.

Pilníky od triesok čistíme oceľovou kefou. Ak je znečistený olejom čistíme ho petrolejom alebo vyvarením v lúhu.

Pilníky sa odkladajú do drevených priehradok, aby sa nemohli navzájom otupiť alebo poškodiť. Nevhodným uložením sa pilník znehodnocuje.

1.3.3 Spôsoby pilovania

Pilovanie rovinných plôch – postupne meníme smer pilovania – pilujeme šikmo, potom kolmo na dĺžku a nakoniec opačným smerom (obr. 1.16). Pri hladení zvyčajne pilujeme rovnobežne s dlhšou hranou obrobku. Rovinnosť pilovaných plôch sa kontroluje obyčajným, alebo nožovým pravítkom, ktoré ku kontrolovanej ploche prikladáme na niekoľkých miestach pozdĺž, naprieč aj uhlopriečne. Odchýlky rovinnosti ukazuje priesvit medzi pravítkom a obrobenou plochou.



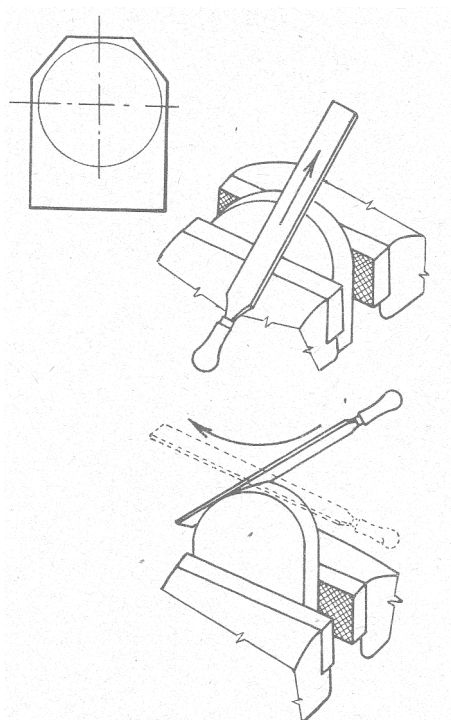
Obr. 1.16. Postup pri pilovaní rovinných plôch a) pri hrubovaní v poradí 1,2,3
b) pri hladení

Pilovanie plôch zvierajúcich uhol – najprv obrobíme jednu z týchto plôch a druhú tejto ploche prispôbujeme za neustáleho merania uholníkom alebo šablónou. S pribúdajúcou presnosťou uhla pilujeme opatrnejšie a častejšie meriame. Zároveň kontrolujeme aj rovinnosť pilovanej plochy. Opakovaním tohto postupu pilujeme aj plochy, ktoré majú byť spolu rovnobežné a zároveň majú zvierať s inou plochou predpísaný uhol napr. štvorhran.

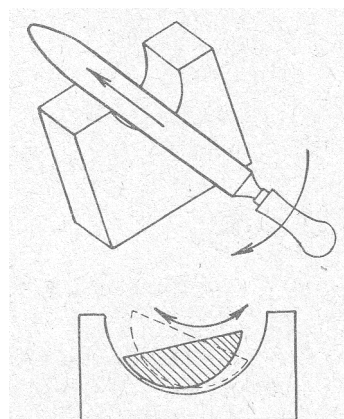
Pilovanie valcových a zaoblených plôch – tento spôsob pilovania je oveľa náročnejší ako pilovanie rovinných plôch a vyžaduje si určité skúsenosti.

Pri pilovaní vypuklej plochy (obr. 1.17) sa najskôr odrežú alebo odpíliť rohy. Potom sa tvar piluje na hrubo priečnymi zdvihmi plochého pilníka podľa orýsovania a nakoniec sa dokončuje hladením kývavými pozdĺžnymi zdvihmi. Rukoväť pilníka je na začiatku zdvihu hore a v priebehu zdvihu prejde do najnižšej polohy.

Pri pilovaní vydatých plôch a zaoblení (obr. 1.18) sa používajú pilníky s kruhovým alebo polkruhovým profilom a obrábaný tvar najčastejšie pilujeme podľa orýsovania. Pilujeme postupne priečnymi zdvihmi pilníka, ktorý zároveň pootáčame za pozvoľného posúvania do strán. Pilovaný tvar priebežne kontrolujeme šablónou.



Obr. 1.17. Pilovanie vypuklých zaoblených plôch



Obr. 1.18. Pilovanie vydutých plôch

Strojové pilovanie je oveľa produktívnejšie než ručné. Uplatňuje sa najmä pri výrobe nástrojov, zápustiek, foriem a šablón. Pilovacie stroje pracujú buď s priamočiaro sa pohybujúcim pilníkom, alebo s otáčavými pilníkmi.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

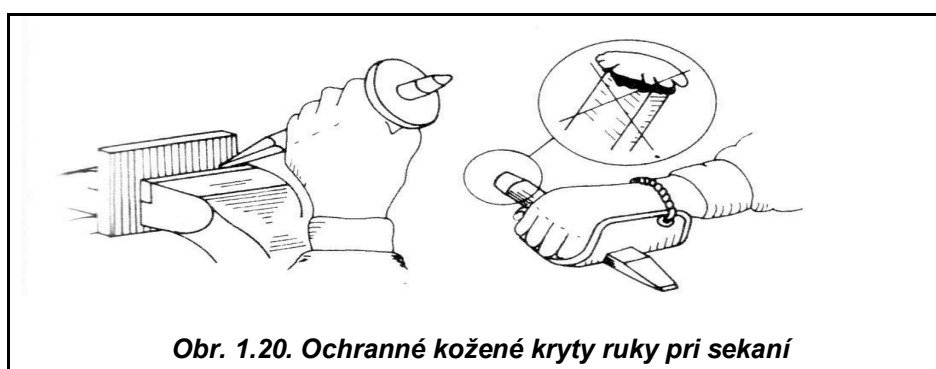
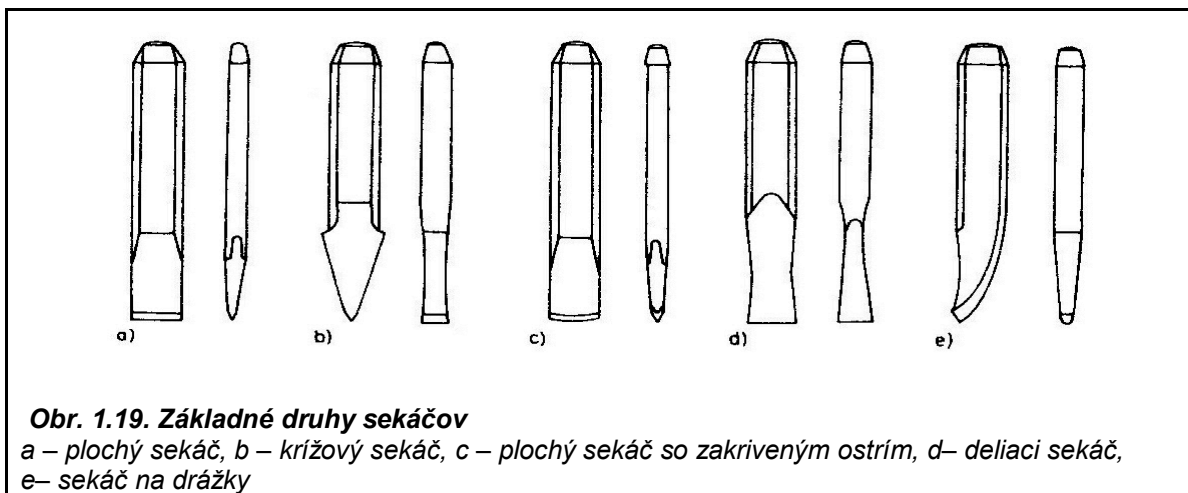
1. Čo je to pilovanie ?
2. Ako delíme pilníky ?
3. Popíšte zásady pilovania.
4. Popíšte jednotlivé spôsoby pilovania.
5. Aké je to strojové pilovanie ?

1.4 Sekanie a prebíjanie

1.4.1 Sekanie

Pri sekaní dochádza k oddelovaniu hrubých triesok alebo k rozdeľovaniu materiálu. Do materiálu vniká činná časť sekáča – ostrie, ktoré má tvar klina. Uhol ostria sekáča závisí od tvrdosti materiálu. Na mäkký materiál sa používa ostrie s uhlom 30° , na veľmi tvrdý materiál je vhodný uhol ostria 80° . Podľa spôsobu sekania, podľa osekávaného predmetu, jeho tvaru a tvrdosti rozlišujeme rôzne druhy sekáčov (obr. 1.19). Najpoužívanejší je plochý sekáč.

Správny postoj pri sekaní, vrátane držania sekáča, bude závisieť od charakteru práce. Pri presekávaní držíme sekáč kolmo k materiálu, pri odsekávaní materiálu držíme sekáč šikmo, aby sa kĺzal po ploche ostria. Údery kladiva smerujú na údernú plochu hlavy sekáča. Veľkosť úderov určujeme podľa druhu a spôsobu sekania. Pri sekaní dbáme na to, aby ostrie sekáča bolo vždy ostré a aby hlava sekáča nemala ostriny. Z bezpečnostných dôvodov ich treba včas odstrániť. Aby sme zabránili úrazom rúk pri sekaní, môžeme ruky chrániť koženými krytmi (obr. 1.20). Pred odletujúcimi trieskami chránime oči používaním ochranných okuliarov a sekáme buď proti stene, alebo proti mriežke z drôteného pletiva.



Základné spôsoby sekania : sekanie plochým sekáčom, sekanie drážky, vysekávanie oblúka, presekávanie a odsekávanie plechu.

Ručné sekanie je veľmi namáhavé, preto sa ho snažíme uľahčiť používaním pneumatických alebo elektrických kladív so zamontovanými vymeniteľnými sekáčmi.

Tupé sekáče ostríme na kotúčových brúskach buď ručne, alebo v prípravkoch.

1.4.2 Prebíjanie

Tenšie alebo mäkkšie kovové materiály, kožu a plasty dierujeme priebojníkom (obr. 1.21), prípadne výsečníkom (obr. 1.22). Prebíjanie a dierovanie sa uplatňuje najmä v kusovej výrobe, pri montáži a inde, kde sa nevyžaduje veľká presnosť otvorov.

Nástroje na ručné dierovanie a prebíjanie sa podobajú sekáčom, ale majú ostrie v tvare vysekávaného otvoru. Priebojníky vždy stavíme kolmo k materiálu, v ktorom vysekávame dieru. Väčšie otvory do kože alebo plástov vysekávame výsečníkom. Dierujeme na drevenej alebo olovej podložke. Hrubšie plechy dierujeme na oceľovej podložke s otvormi rôznych veľkostí a tvarov.

Na zhotovenie dier do tvrdých materiálov používame pákové dierovačky rôznych konštrukcií.



Obr. 1.21. Priebojníky



Obr. 1.22. Výsečníky

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Čo je to sekanie ?
2. Čo je to prebíjanie ?
3. Aké druhy sekáčov poznáme ?
4. Aké nástroje používame pri prebíjaní ?

1.5 Rovnanie a ohýbanie

Rovnaním a ohýbaním meníme tvar polovýrobovkov pôsobením vonkajších síl bez vzniku triesok, a to za tepla, alebo za studena.

1.5.1 Rovnanie

Rovnanie je pracovný postup, pri ktorom materiál získava opäť pôvodný rovný tvar. Rovnať možno len také materiály, ktoré majú schopnosť meniť tvar pôsobením vonkajších síl. Väčšinou sú to tie materiály, ktoré nadobudli konečný tvar valcovaním.

Materiál, ktorý chceme rovnať, musí byť tvárny, ale zároveň aj húževnatý. Napr. oceľová tyč sa dá ohnúť, liatinová tyč sa zlomí. Materiál môžeme rovnať aj ohriatím na rôznych miestach, vyrovnanie nastane pri chladnutí ohriatych miest.

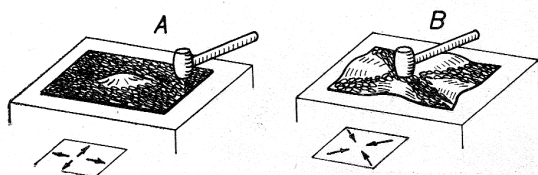
Rovnať môžeme ručne alebo strojo.

Náradie na ručné rovanie je väčšinou veľmi jednoduché. Používame rôzne kladivá, kyjaničky, nákovy, rovnacie platne, rovnacie zápustky, rovnacie lisy, rôzne podložky a pod. Pri rovaní sa uplatňujú kladivá rôznej hmotnosti. Kyjaničky môžu byť drevené, gumové, olovené alebo medené. Nákov sa môže použiť ako rovnacia plocha. Rovnaciú platňu používame na rovanie materiálu väčších rozmerov a môžeme ju použiť aj ako kontrolnú rovinu. Na rovanie materiálov väčších prierezov môžeme použiť aj hydraulický alebo skrutkový lis, alebo jednoduché rovnacie prípravky.

Drôt rovnáme najčastejšie preťahovaním tesným prievlakom, alebo ho vyrovnávame zámočníckym kladivom a to tak, že ho položíme na rovnaciú platňu vydutým miestom nahor. Potom primeranými údermi priamo na vyduté miesta odstránime veľké nerovnosti a ďalej postupne slabšími údermi vyrovnávanie dokončíme.

Rovnanie plechov a pásov (obr. 1.23). Tenké kovové fólie rovnáme na rovnej oceľovej platni pretiahnutím pod dreveným klátikom. Priečne zakrivené plechové pásy rovnáme na rovnacej platni tak, že kladivom udierame na skrátenú stranu plechu.

Vyrovnávanie vypuklín na tabuli plechu je veľmi náročné. Tabuľu položíme na rovnaciú platňu vydutým miestom nahor. Čelom kladiva neudierame na vyduté miesta, ale mimo nich tak, aby sa okolité rovné miesta plechu rovnomerne rozťahovali, čím sa vyduté miesta vyrovnávajú. Dosiahneme to striedavými údermi postupujúcimi od obidvoch protiľahlých okrajov plechu smerom k vydutému miestu. Pritom sú údery tým slabšie, čím sú bližšie k vydutému miestu. Plech je vyrovnaný vtedy, keď doľahne celou plochou na rovnaciú platňu. Nikdy sa nesmie udierať na vypukliny, ktoré by sa tým zväčšili.

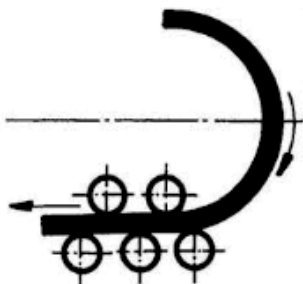


Obr. 1.23. Rovnanie plechu A – plech je vydutý uprostred, B – plech má deformované okraje

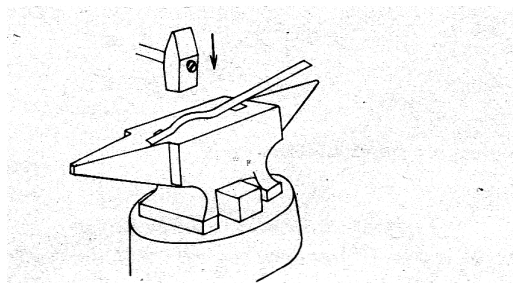
Rovnanie tyčového materiálu. Ohnutú kovovú tyč položíme na nákovu (obr. 1.25) alebo inú rovnú plochu ohnutou časťou smerom nahor. Najprv kladivom udierame na najvyšší bod ohybu. Potom striedavo udierame kladivom dopredu a dozadu od miesta prvého úderu.

Prehnuté hriadele rovnáme tlakom lisu na ohnutú časť hriadeľa.

Pri strojovom rovnaní tyčového materiálu sa používa jednoduché zariadenie so súpravou navzájom sklonených rovnacích valcov (obr. 1.24).



Obr. 1.24. Rovnanie na valcoch



Obr. 1.25. Rovnanie na nákovu

Výrobky z mäkkého materiálu (meď, bronz, mosadz, hliník a pod.) rovnáme kyjaničkami. Nikdy nie kladivom, aby sa pri rovnaní nepoškodili.

Hrubšie ohnuté predmety rovnáme pomocou lisu pokojným tlakom. Krivý predmet položíme na dve rovné alebo prizmatické podložky tak, aby krivé miesto bolo nahor. Tlakom sa predmet prehne na opačnú stranu, čím sa obyčajne vyrovná. Ak nie je dostatočne vyrovnaný, postup sa opakuje.

V súčasnosti sa na rovanie používajú moderné automatické NC a CNC rovnačky.

Bezpečnosť.

Pri rovnaní treba dbať na to, aby používané náradie a nástroje boli bezchybné. Ak rovnaný materiál pridriavame rukou, túto si chránime koženou rukavicou. Na vyrovnávaný obrobok treba správne udierať, ináč by sa mohol vymrštiť a zapríčiniť poranenie. Obzvlášť opatrne treba zaobchádzať s plechmi, aby sme sa neporezali o ich hrany.

1.5.2 Ohýbanie

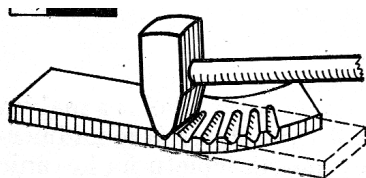
Ohýbaním sa trvale mení tvar materiálu. Ohýbaný materiál je v mieste ohybu namáhaný striedavo ťahom a tlakom. Ohýbať môžeme len také materiály, ktoré sa pri ohýbaní nepoškodia. Ohýbať môžeme za studena (bez ohriatia materiálu), alebo za tepla. Za tepla ohýbame spravidla tyčové materiály väčšieho prierezu a materiál ohrievame až na kovaciu teplotu. Ohýbanie za tepla používame tiež vtedy, keď vyžadujeme, aby sa miesto ohybu nedeformovalo alebo inak nepoškodilo.

V mieste ohybu sa materiál na vonkajšej strane ťahuje a na vnútornej strane stláča. To znamená, že na vnútornej strane ohybu sa ohýbaný materiál skracuje a na vonkajšej strane sa predlžuje. Dĺžka ohýbaného materiálu zostáva nezmenená len v jednom mieste ohybu a túto dĺžku nazývame neutrálna dĺžka. Pri meraní dĺžky materiálu pred ohnutím sa vždy ráta s touto neutrálnou dĺžkou, ktorú zistíme : Ak je polomer ohybu väčší ako päťnásobok hrúbky ohýbaného materiálu, neutrálna dĺžka je zmerateľná presne v polovici medzi vnútorným a vonkajším okrajom oblúka. Ak je polomer ohybu menší ako päťnásobok hrúbky, neutrálna dĺžka je zmerateľná asi v jednej tretine hrúbky od vnútorného oblúka.

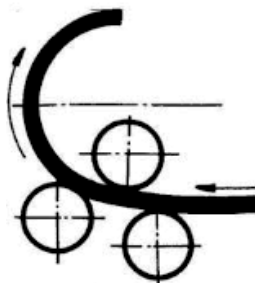
Náradie používané pri ohýbaní sa väčšinou zhoduje s náradím používanom pri rovnaní. Pre urýchlenie práce môžeme použiť najrôznejšie jednoduché prípravky, ktoré sa vkladajú do čelustí zveráka.

Pri valcovaných materiáloch volíme vždy ohyb naprieč vlákien. V opačnom prípade hrozí nebezpečenstvo prasknutia materiálu.

Plech, drôt a pásový materiál najčastejšie ohýbame vo zveráku. Pritom medzi čeľuste podľa potreby vkladáme podložky so zaoblenými, alebo ostrými hranami a udierame kladivom alebo kyjaničkou na ohýbanú časť. Drôty malých prierezov môžeme tvarovať aj v ruke pomocou špicatých kliešti. Pásový materiál a profily U a L môžeme ohýbať tepaním (obr. 1.26). Nosom kladiva udierame na vonkajšiu stranu ohýbaného materiálu, kde nastáva predlžovanie.



Obr. 1.26. Ohýbanie tepaním



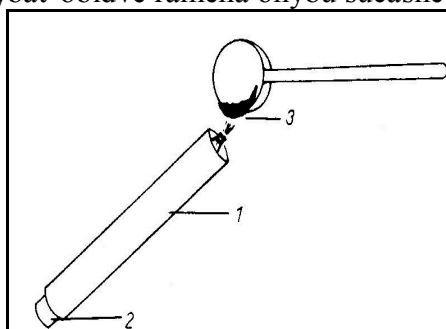
Obr. 1.27. Zakružovanie

Na vytváranie veľkých zaoblení (pri zakružovaní) používame trny určitého priemeru, pričom trň spolu s materiálom sa upne do zveráku. Po ohnutí prvého ramena sa ohne druhé rameno zovretím čeľustí zveráku.

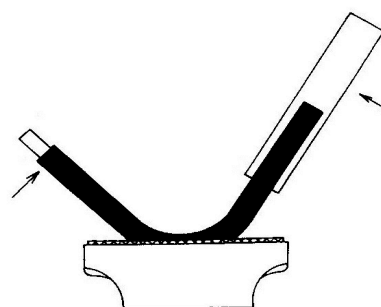
Zakružovanie (obr. 1.27) je tvarovanie plechov a rôznych profilových materiálov do tvaru kruhov, alebo oblúkov. Proces zakružovania prebieha medzi valcami. Materiál sa vloží medzi dva valce. Obidva valce sa otáčajú a posúvajú materiál k tretiemu valcu, ktorý ho ohýba - zakružuje.

Ohýbanie rúrok. Malé priemery rúrok (asi do $\frac{3}{4}$ ") ohýbame za studena a väčšie priemery za tepla. Najmenší polomer ohybu má byť väčší ako štvornásobok priemeru rúrky. Keď sa vyžaduje dokonalý ohyb bez viditeľných deformácií, naplníme ohýbanú rúrku pred ohýbaním suchým pieskom. Medené, mosadzné a hliníkové rúrky sa pred ohýbaním plnia roztopenou koloľoniou (obr. 1.28) alebo smolou, ktorá sa po ohnutí opäť vytaví.

Pri ohýbaní za studena ohýbanú rúrku upneme do rúrkového zveráku a urobíme časť ohybu. Na dokončenie ohybu upneme ohýbané miesto do zveráku tak (obr. 1.29), aby sme mohli ohýbať obidve ramená ohybu súčasne a ohyb dokončíme.

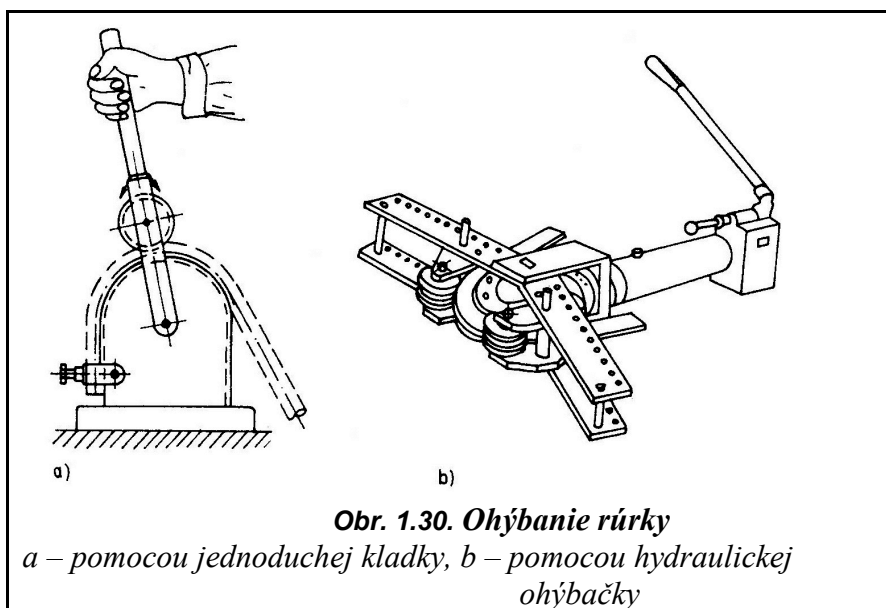


Obr. 1.28. Plnenie rúrky suchým pieskom alebo roztopenou koloľoniou
1 – rúrka, 2 – zátku, 3 - piesok



Obr. 1.29. Dokončenie ohybu rúrky vo zveráku

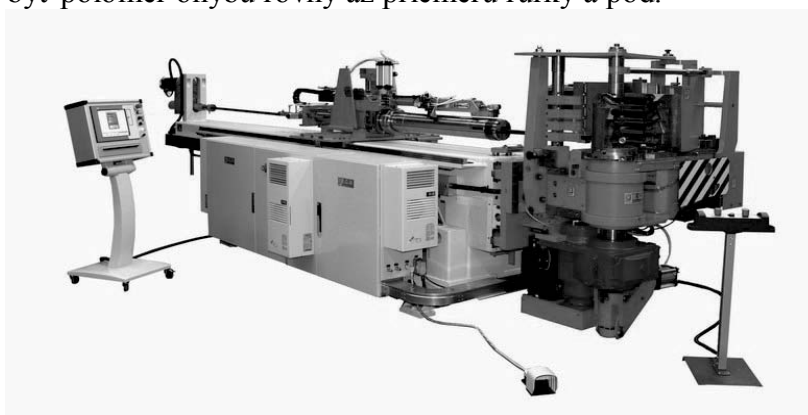
Rúrky a oceľové profily môžeme tiež ohýbať pomocou jednoduchkej kladky alebo pomocou hydraulických ohýbačiek rôznych konštrukcií (obr. 1.30). Väčšie priemery rúrok ohýbame za tepla.



Presné a dlhé ohyby na tabuliach plechu sa robia pomocou univerzálnych strojových ohýbačiek.

Pri ohýbaní väčšieho množstva rovnakých súčiastok, alebo tam, kde sú potrebné veľké sily na ohýbanie, používame ohýbacie stroje.

V súčasnosti sa na ohýbanie používajú moderné automatické NC a CNC ohýbačky (obr. 1.31), ktoré majú veľa výhod oproti klasickému ohýbaniu : najvyššia kvalita a presnosť ohybu, ohýbanie bez zanechania stopy po ťahu, vysoká produktivita a flexibilita, pri rúrkach môže byť polomer ohybu rovný až priemeru rúrky a pod.



Obr. 1.31. CNC ohýbačka

Bezpečnosť.

Základnou podmienkou je dôkladné a starostlivé upnutie obrobku a náradia do zveráka. Pri ohýbaní za tepla si chránime ruky pred popálením rukavicami. Na vyplňanie ohýbaných rúrok sa musí používať iba suchý piesok, pretože vlhký piesok môže pri ohrievaní zapríčiniť explóziu.

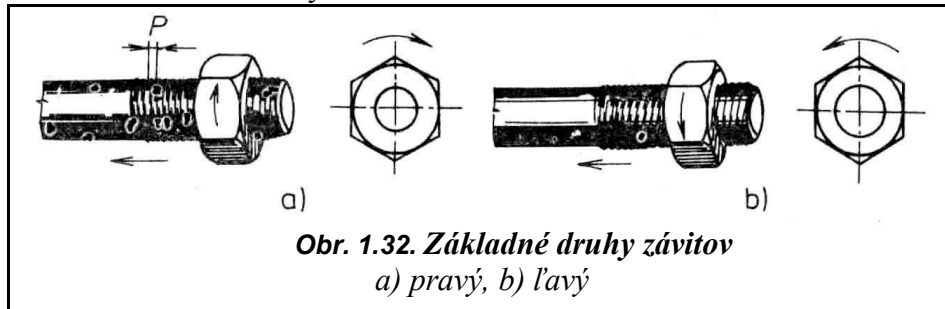
KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Čo je to rovnanie ?
2. Popíšte jednotlivé druhy rovnania.
3. Čo je to ohýbanie ?
4. Čo je to zakružovanie ?

5. Popíšte jednotlivé druhy ohýbania.
6. Aké sú bezpečnostné predpisy pri rovnaní a ohýbaní?

1.6 Rezanie závitov

Závity sú funkčnou časťou skrutky a matice. Vznikajú vyrezaním skrutkovitej drážky určitého profilu do drieru skrutky (vonkajší závit), alebo do diery matice (vnútorný závit). Závit sa obyčajne vinie v pravej skrutkovici (v smere hodinových ručičiek) a nazýva sa pravý. Ľavý závit sa vinie v ľavej skrutkovici (obr. 1.32), používa sa iba výnimočne tam, kde sú k tomu špeciálne konštrukčné dôvody.



Profil závitú je rez závitom vedený rovinou prechádzajúcou osou skrutky alebo matice. Väčšina najpoužívanejších profilov závitov je normalizovaná normou STN napr. metrický, whitworthov, rúrkový, oblý, lichobežníkový rovnoramenný, lichobežníkový nerovnoramenný a pod. Rovnako sú normalizované aj najpoužívanejšie hodnoty stúpania závitov pre dané priemery skrutiek. Stúpanie závitú „s“ je vzdialenosť dvoch susedných rovnolahlých bodov tej istej istej skrutkovice merané rovnobežne s osou závitú.

Nástroje na rezanie závitov.

Tvar a konštrukcia nástrojov na ručné rezanie závitov závisia od druhu a veľkosti závitú, od vyžadovanej presnosti vyrobeného závitú, od druhu obrábaného materiálu a pod. Ručné závitorezné nástroje sa delia na nástroje určené na výrobu vnútorných, alebo vonkajších závitov.

1.6.1 Závitníky

Závitníky sú mnohorezné nástroje podobné kaleným skrutkám, ktorých tvar je prispôsobený postupnému odoberaniu triesok pri vytváraní závitov. Vyrábajú sa ako ručné závitníky so stopkou zakončenou štvorhranom, alebo ako strojové závitníky s unášačom. Podľa zmyslu stúpania závitú rozoznávame pravé a ľavé závitníky.

Žiadaný profil závitú nemožno vyrezať naraz. Závitník má preto na pracovnej časti rezný kužel, ktorý umožňuje, aby sa závitník vrezával do materiálu postupne. Stredná časť sa nazýva aj vodiaca a slúži na vyhladenie vyrezaného závitú a udržiava závitník v správnej polohe vzhľadom na obrobok. Závitníky majú priame drážky rovnobežné s osou. Malé závitníky majú 3 drážky, väčšie 5 a výnimočne až 7 drážok, ktoré slúžia na odvádzanie triesok.

Závit v otvore môžeme vyrezať jedným (maticovým) závitníkom (obr. 1.34) určeným pre priechodné diery alebo postupne niekoľkými závitníkmi (obr. 1.33). Ide o súpravu závitníkov, najčastejšie trojčlennú, ktoré používame v priechodných otvoroch dlhších ako 1,5-násobok priemeru alebo v slepých otvoroch. Súpravu s tromi závitníkmi tvorí predrezávací závitník, ktorý odoberie asi 60 % materiálu, rezací závitník, ktorý odoberie asi 30 % materiálu a nakoniec dorezávací závitník s odberom asi 10 % materiálu. Postupne pracujeme

s predrezávacím závitníkom, označeným jednou ryhou pod štvorhranným zakončením stopky, potom s rezacím s dvoma ryhami a napokon s dorezávacím s tromi ryhami, alebo bez ryhy. Súpravu s dvoma závitníkmi tvorí predrezávací a dorezávací závitník. Používa sa na rezanie jemných závitov, pri ktorých sa neodoberá toľko materiálu.

Na štvorhranný koniec stopky závitníka sa nasadzuje vratidlo (obr. 1.35) primeranej veľkosti.



Obr. 1.33. Sadové závitníky



Obr. 1.34. Maticový závitník



Obr. 1.35. Vratidlo

1.6.2 Závitové čeľuste (závitové očka)

Závitové čeľuste môžu byť kruhové, delené a radiálne, na strojové rezanie aj tangenciálne.

Kruhové závitové čeľuste (obr. 1.36) svojim tvarom pripomínajú kalenú maticu, v ktorej je vytvorených 3 až 5 drážok kruhového tvaru. Rezná časť má tiež vybrúsený rezný kužeľ, ktorý je na obidvoch stranách čeľuste. Môžu byť taktiež pravé, alebo ľavé podľa zmyslu stúpania skrutkovice. Vyrábajú sa z jedného kusa a nimi vyrezaný závit je čistý a presný. Pri rezaní závitov sa upínajú do vratidla (obr. 1.37) a to buď priamo, alebo pomocou puzdier. Vratidlo má niekoľko upínacích skrutiek, ktoré dosadajú do jamiek na vonkajšej valcovej ploche čeľuste a rozovierajú skrutku na malé rozovieranie rozrezaných čeľustí.



Obr. 1.36. Kruhové závitové čeľuste



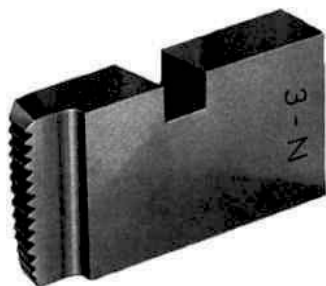
Obr. 1.37. Vratidlo

Delené závitové čeľuste umožňujú jemné nastavenie čeľuste a dovoľujú rezanie závitov rozdeliť na niekoľko menších triesok. Využíva sa to hlavne pri rezaní závitov väčších rozmerov. Väčšinou však neumožňujú rezanie presných závitov.

Radiálne závitové čeľuste (obr. 1.38) sa vkladajú do špeciálnych hlavíc a používajú sa na výrobu vonkajších rúrkových závitov. Pri rezaní závitov na zle prístupných miestach je výhodne používať rapkáčové rezacie hlavice, ovládané jednoramenným vratidlom.

Aby sa uľahčilo zarezávanie závitníka, alebo závitovej čeľuste, vŕtané diery sa pre závit upravujú kužeľovitým zahĺbením a na drieku sa vyhotoví kužeľovité zrazenie. Pri rezaní závitníky a závitové čeľuste mažeme a chladíme, čím šetríme nástroj a zároveň získame kvalitnejší povrch závitov. Podľa druhu obrábaného materiálu mažeme vŕtacou emulziou, alebo

častejšie olejom. Počas rezania treba závitníkom aj závitovou čelust'ou občas pootáčať naspäť, aby sa ľahšie uvoľňovali triesky.



Obr. 1.38. Radiálna závitová čelust'

Ručné závitníky a závitové čeluste sa vyrábajú z nástrojovej uhlíkovej, alebo zliatinovej ocele a určené sú na prácu s malými reznými rýchlosťami.

Meranie závitov.

Kontrola závitov sa robí pomocou závitových šablón alebo mikrometra so súpravou presných drôtikov. Je zameraná na kontrolu veľkého a stredného priemeru závitov a stúpania. V sériovej výrobe sa kontroluje pomocou závitových kalibrov.

Bezpečnosť.

Základným predpokladom bezpečnej práce je používanie vhodného a bezchybného náradia. Používať pracovný odev a vhodnú pracovnú obuv. Vlasy musia byť zakryté čiapkou alebo šatkou. Predovšetkým si treba dávať pozor, aby nedošlo k úrazu.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Čo je to závit a ako vzniká ?
2. Aké spôsoby ručného rezania závitov poznáme ?
3. Popíšte výrobu vnútorných závitov.
4. Popíšte výrobu vonkajších závitov.
5. Aké sú spôsoby kontroly vyrobených závitov ?

2 Sústava tolerancií a uloženia

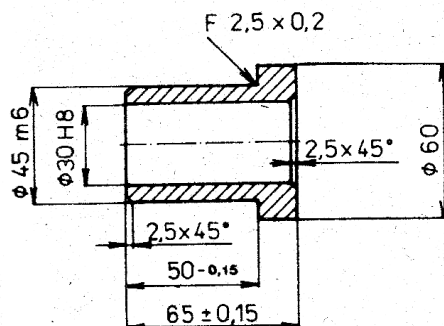
2.1 Základné pojmy

Každý stroj sa skladá z množstva strojových súčiastok spojených tak, aby sa mohli navzájom pohybovať alebo ich vzájomný pohyb nie je možný. Z praxe je zrejmé, že poškodené súčiastky možno vymieňať. Aby strojové súčiastky boli vymeniteľné, musia byť vyrobené tak presne, že ich rozmery a tvar sú takmer zhodné t.j. s vopred danou presnosťou. Táto požiadavka, ako aj sériovosť výroby si vynútili zavedenie jednotného systému vzájomných uložení súčiastok.

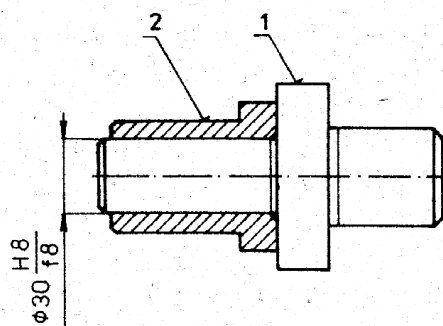
Presnosť výroby jednotlivých súčiastok podobne ako presnosť ich zmontovania bude závisieť aj od určenia stroja. Menšie požiadavky sa budú klásť na presnosť výroby rozličných poľnohospodárskych strojov, ťažkých banských a zemných mechanizmov, ako na výrobky presnej mechaniky, leteckého a automobilového priemyslu a pod., kde sa bude vyžadovať vysoký stupeň presnosti opracovania.

Určitá predpísaná presnosť sa vyžaduje najmä pri tzv. funkčných plochách, to je pri plochách, ktoré sa stýkajú s plochami iných súčiastok a ktorých tvar a veľkosť súvisia s rozmermi druhej súčiastky. Dodržanie určitých rozmerov často predpisujeme aj pri tzv. voľných plochách a to z rôznych dôvodov napr. z dôvodu vyvažovania výrobku a pod. Pochopiteľné je, že aj netolerované rozmery tzv. voľné rozmery, ktorých je pri strojových súčiastkach väčšina – asi 80 až 90 %, treba vyrobiť tiež s určitou presnosťou.

Súčiastky, ktoré chceme vyrábať, znázorňujeme na výrobnom výkrese (obr. 2.1). Rozmery kótujeme dĺžkovými alebo uhlovými kótami so zreteľom na funkciu, výrobu a meranie súčiastky. Pri výrobe súčiastok sa nedosahuje presnosť podľa predpísaných rozmerov, tým sa skutočné rozmery súčiastok odlišujú od rozmerov udaných na výkrese. Aby bola zaručená vymeniteľnosť strojových súčiastok, nesmú byť odchýlky od stanovených rozmerov veľmi veľké a musia sa pohybovať v hraniciach dovolenej nepresnosti – **tolerancie**. Tolerovanie je teda vymedzovanie nepresnosti rozmerov jednotlivých súčiastok.



Obr. 2.1. Výrobný výkres



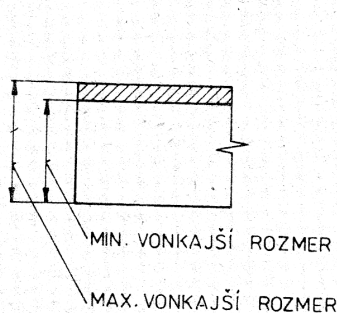
Obr. 2.2. Lícovanie
1 – čap, 2 – ložisko

Ak sa vymedzuje nepresnosť dvoch navzájom spojených súčiastok so zreteľom na ich funkciu, napríklad pri spojení čapu s ložiskom (obr. 2.2), ide o sústavu uloženia (lícovanie). Sústava uloženia určuje vzájomný vzťah medzi dvoma súčiastkami stroja, ktoré sú v sebe uložené s vôľou alebo s presahom.

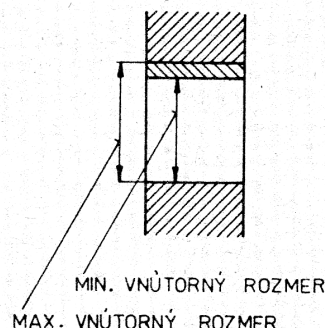
Strojové súčiastky majú vonkajšie a vnútorné rozmery.

Typickou súčiastkou, ktorá má len vonkajšie rozmery je **hriadel** (obr. 2.3). Hriadel je pojem na označenie vonkajších prvkov súčiastok. Hriadel nemusí mať len tvar valca, môže byť štvorhranný, šesťhranný, drážkovaný alebo inak tvarovaný.

Typickými prvkami na strojových súčiastkach, ktoré majú len vnútorné rozmery, sú **diera** (obr. 2.4). Diera je pojem na označenie vnútorných prvkov súčiastok. Ani diera nemusí byť len valcová, môže mať tvar štvorhranu, šesťhranu a pod. Za dieru sa považuje aj tvar ohraničený dvoma rovnobežnými vnútornými plochami. Na obrázku je schematický znázornený hriadeľ a diera.



Obr. 2.3. Schematický znázornený hriadeľ



Obr. 2.4. Schematický znázornená diera

Aby súčiastka zodpovedala svojmu účelu, musia jej skutočné rozmery ležať medzi dvoma dovolenými medznými rozmermi. Každý z obidvoch medzných rozmerov je určený odchýlkou od menovitého rozmeru.

Skutočný (nameraný) rozmer (obr. 2.5) môže ležať medzi horným medzným rozmerom (HMR, hmr) a dolným medzným rozmerom (DMR, dmr). To znamená, že skutočný rozmer môže mať maximálnu hornú odchýlku ES pri diere a es pri hriadeli a maximálnu dolnú odchýlku EI pri diere a ei pri hriadeli od menovitého (teoretického) rozmeru JR.

Menovitý rozmer (JR) je rozmer, ktorý je na výkrese predpísaný kótou a na ktorý sa vzťahujú obidva medzné rozmery (HMR aj DMR).

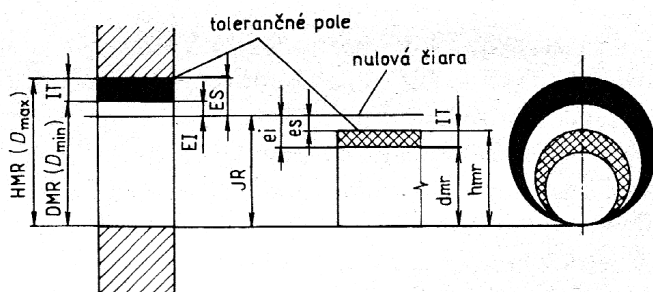
Horná medzná odchýlka ES (es) je určená ako algebrický rozdiel medzi horným medzným rozmerom HMR (hmr) a menovitým rozmerom JR.

Dolná medzná odchýlka EI (ei) je určená ako algebrický rozdiel medzi dolným medzným rozmerom DMR (dmr) a menovitým rozmerom JR.

Skutočná odchýlka leží niekde medzi skutočným (nameraným) rozmerom a menovitým rozmerom.

Medzné odchýlky od menovitého môžu byť kladné, záporné alebo nulové.

Tolerancia IT je rozdiel medzi horným a dolným medzným rozmerom, alebo algebrická hodnota rozdielu medzi hornou a dolnou odchýlkou.



Obr. 2.5. Základné pojmy jednotnej sústavy tolerancii a uložení

KONTROLNÉ OTÁZKY :

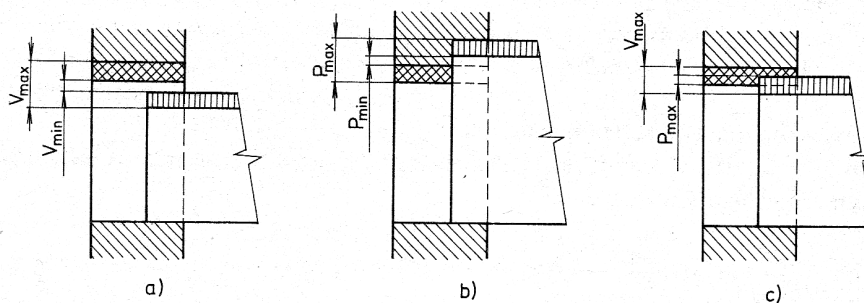
1. Čím je zaručená vymeniteľnosť strojových súčiastok ?

2. Definujte hriadeľ.
3. Definujte dieru.
4. Definujte základné pojmy jednotnej sústavy tolerancii a uložení.

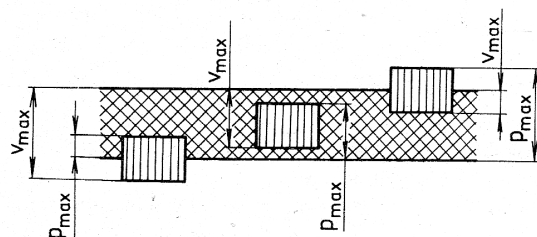
2.2 Druhy uloženia

Pri zmontovaní dvoch súčiastok, ktorých rozmery boli vyrobené v určitom rozsahu medzných odchýlok, môžu sa vyskytnúť tri základné druhy vzájomného uloženia :

- **Uloženie s vôľou (hybné)** (obr. 2.6.a) – diera je vždy väčšia ako hriadeľ. Patria sem aj uloženia, pri ktorých je dolný medzný rozmer diery totožný s horným medzným rozmerom hriadeľa. Použitie napr. hriadeľ v klznom ložisku – hriadeľ sa do diery ľahko nasunie.
- **Prechodné uloženie** (obr. 2.7 a obr. 2.6.c) – uloženie, pri ktorom sa môže vyskytnúť aj vôľa aj presah. Tolerančné pole hriadeľa a diery sa čiastočne alebo celkom prekrývajú.
- **Uloženie s presahom (nehybné)** (obr. 2.6.b) – hriadeľ je vždy väčší než diera. Použitie napr. ak má byť ozubené koleso pevne na hriadeľi. Hriadeľ sa do diery zatlačí určitou silou (nalisuje).



Obr. 2.6. Druhy uloženia a) s vôľou, b) s presahom, c) prechodné



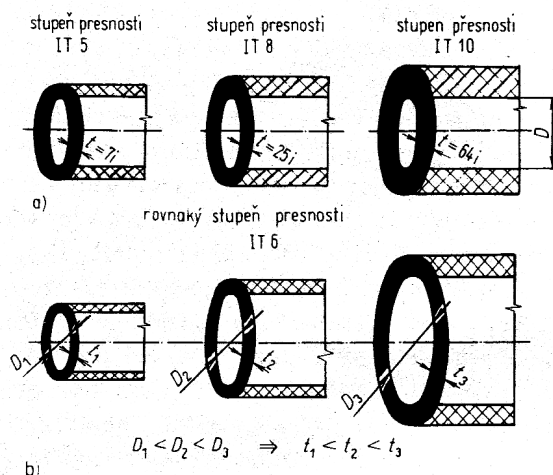
Obr. 2.7. Tri typy prechodného uloženia

Najmenšia vôľa je rozdiel medzi dolným medzným rozmerom diery a horným medzným rozmerom hriadeľa. Najväčšia vôľa je rozdiel medzi horným medzným rozmerom diery a dolným medzným rozmerom hriadeľa.

Najmenší presah je rozdiel medzi dolným medzným rozmerom hriadeľa a horným medzným rozmerom diery. Najväčší presah je rozdiel medzi horným medzným rozmerom hriadeľa a dolným medzným rozmerom diery.

V sústave tolerancii a uložení je stanovených 19 stupňov presnosti označených 01, 0, 1, 2, až 17. Od stupňa presnosti závisí veľkosť základnej tolerancie IT, ktorá je okrem stupňov 01 až 4 (hodnota tolerancie je určená iným spôsobom) vždy určitým násobkom tolerančnej jednotky. Veľkosť tolerancie teda závisí od :

- stupňa presnosti tolerančnej sústavy (obr. 2.8.a),
- menovitého rozmeru súčiastky (obr. 2.8.b).



Obr. 2.8. Závislosť veľkosti tolerancie a) od stupňa presnosti, b) od menovitého rozmeru

Poloha vybraných 28 tolerančných polí vzhľadom na nulovú čiaru je predpisovaná písmenami latinskej abecedy, pričom veľké písmena sa používajú pre diery a malé písmená pre hriadele. Písmená **I, L, O, Q, W** resp. **i, l, o, q, w** sa nepoužívajú.

Veľkosť tolerancie, t.j. výška tolerančného poľa, nezávisí od polohy tolerančného poľa a pri rovnakom rozmere a pri tom istom stupni presnosti tolerančnej sústavy je pre všetky hriadele a diery rovnaká.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Aké druhy vzájomného uloženia sa môžu vyskytnúť ?
2. Definujte najmenšiu a najväčšiu vôľu a najmenší a najväčší presah.
3. Koľko poznáme stupňov presnosti a ako sa označujú ?
4. Koľko poznáme polôh tolerančných polí a ako sa predpisujú ?

2.3 Sústava uloženia

Pretože sa kladú rôzne požiadavky na funkciu súčiastok a ich vzájomný vzťah, vytvorili sa tzv. sústavy uložení :

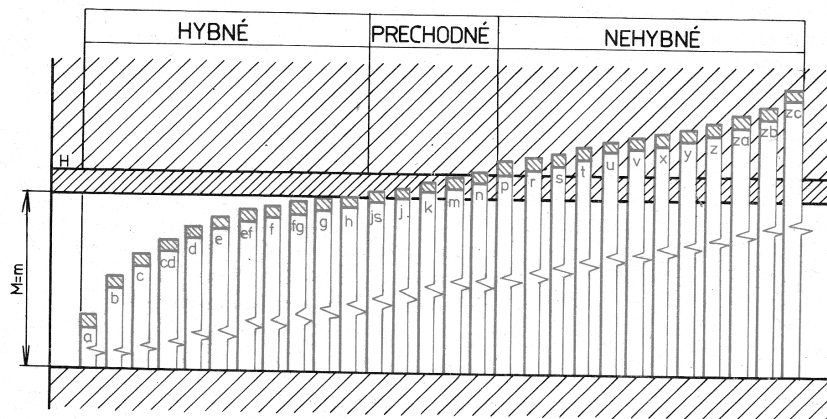
- sústava jednotnej diery,
- sústava jednotného hriadeľa.

Sústava jednotnej diery (obr. 2.9) znamená pre všetky uloženia (hybné, prechodné, nehybné) toho istého stupňa presnosti rovnaký priemer diery a podľa uloženia sa mení priemer hriadeľa. Dolná odchýlka diery je nulová, horná odchýlka je vždy kladná. Poloha tolerančného poľa takejto diery je označená písmenom **H**.

Všetky hriadele, ktorých poloha tolerančného poľa je označená písmenami **a** až **g** sú vždy menšie ako diera a s dierou **H** tvoria hybné uloženie. Obidve odchýlky týchto hriadeľov sú záporné. Hriadeľ s tolerančným poľom **h** sa svojim najväčším rozmerom dotýka najmenšieho rozmeru diery. Môže vzniknúť buď vôľou, buď dotyk. Je to uloženie šmykové.

Hriadele s tolerančným poľom označeným **j, j, k, m, n** tvoria s dierou **H** prechodné uloženie. Prechodné preto, lebo v skutočnosti dáva uloženie s vôľou alebo s presahom v závislosti od skutočných veľkostí rozmerov diery a hriadeľa.

Hriadele s tolerančným poľom označeným **p** až **zc** sú vždy väčšie ako diera **H** a spolu tvoria nehybné (lisované) uloženie. Obidve odchýlky týchto hriadeľov sú vždy kladné.



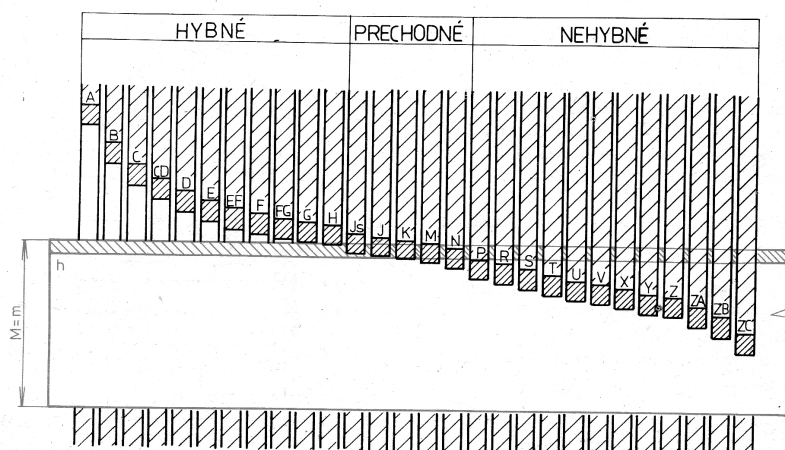
Obr. 2.9. Systava jednotnej diery

Sústava jednotného hriadeľa (obr. 2.10) znamená pre všetky uloženia (hybné, prechodné, nehybné) toho istého stupňa presnosti rovnaký priemer hriadeľa a podľa uloženia sa mení priemer diery. Horná odchýlka hriadeľa je nulová, dolná odchýlka je vždy záporná (mínusová). Poloha tolerančného poľa hriadeľa sa označuje písmenom **h**.

Všetky diery, ktorých poloha tolerančného poľa je označená písmenami **A** až **G** sú vždy väčšie ako hriadeľ **h** a spolu tvoria hybné uloženie. Obidve odchýlky týchto dier sú kladné. Diera s tolerančným poľom **H** sa svojim najmenším rozmerom dotýka najväčšieho rozmeru hriadeľa. Môže vzniknúť buď vôľa, buď dotyk. Je to uloženie šmykové.

Dieri s tolerančným poľom označeným **Js, J, K, M, N** tvoria s hriadeľom **h** prechodné uloženie.

Dieri s tolerančným poľom označeným **P** až **ZC** sú vždy menšie ako hriadeľ a s hriadeľom **h** tvoria nehybné (lisované) uloženie. Obidve odchýlky týchto dier sú vždy záporné.



Obr. 2.10. Systava jednotného hriadeľa

V strojárstve sa používa sústava jednotnej diery, pretože zhotovenie presných hriadeľov je výrobné ľahšie než zhotovenie dier.

Označenie tolerančných polí dier a hriadeľov písmenami určuje iba ich polohu so zreteľom na nulovú čiaru Šírka, veľkosť sa zapisuje číslom určujúcim už spomínané stupne presnosti napr. **H7, F8, h11, r6** atď.

Číselné hodnoty veľkostí tolerancií a ich odchýlok podľa ich označenia sú spracované v prehľadných tabuľkách a sú uvedené aj v Strojníckych tabuľkách napr. Ø55 N6 je horná odchýlka $-0,014$ mm a dolná odchýlka $-0,033$ mm. Výpočtom môžeme zistiť veľkosť

tolerancie, ktorá je 0,019 mm. Najväčší dovolený rozmer bude $\varnothing 54,986$ mm a najmenší dovolený rozmer bude $\varnothing 54,967$ mm.

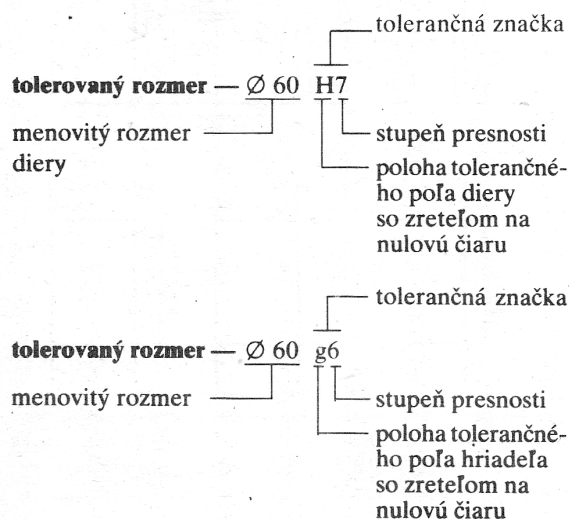
V praxi sa často používa termín **lícovanie**, pod ktorým rozumieme v širšom zmysle prispôsobovanie plôch, ktoré sú v sebe uložené alebo na seba dosadajú tak, aby sa medzi nimi vytvoril žiadaný vzťah. Zápis uloženia je napr. $\varnothing 55$ N6/h5, $\varnothing 88$ H7/g6, $\varnothing 122$ H11/h11 atď.

Podľa dôležitosti rozoznávame na súčiastke **funkčné** rozmery (rozmery plôch, ktoré sa stýkajú s plochami iných súčiastok – tvoria uloženie), **nefunkčné** rozmery (udávajú veľkosť plôch súčiastok nestýkajúcich sa s plochami iných súčiastok, ale sú dôležité z hľadiska pevnosti súčiastky, bezpečnosti, estetického tvaru, spôsobu výroby – umožňujú súčiastke plniť danú funkciu) a **informatívne** rozmery (zapisujú sa v zátvorke a uľahčujú prácu výrobe, kontrole a pod.).

Rozmerom funkčných plôch predpisujeme toleranciu a to :

- tolerančnou značkou,
- medznými odchýlkami,
- kombinovaným spôsobom.

Predpisovanie presnosti rozmerov tolerančnou značkou. Polohy tolerančných polí dier a hriadeľov určuje STN a sú označené písmenami. Veľkosť tolerančných polí je daná stupňami presnosti označených číslami. Poloha a veľkosť tolerancie (tolerančného poľa) sa stručne zapisuje písmenom a číslom k menovitému rozmeru, napr. :



Môže byť aj zápis obidvoch rozmerov napr. $\varnothing 60$ H7/g6. Tolerančnou značkou sa udáva presnosť vtedy, keď sa bude kontrovať medznými kalibrami.

Kontrola presnosti uloženia. Na kontrolu sa používajú tzv. medzné kalibre. Na meranie menších otvorov sa používajú medzné valčekové kalibre s dobrou (správnou) a nepodarkovou stranou. Na meranie väčších otvorov (do priemeru 100 mm) sa používajú oddelené kalibre s dobrou a nepodarkovou stranou v samostatnom držiaku. Na meranie nad priemer 100 mm používajú ploché kalibre alebo medzné odpichy. Na meranie presných vonkajších rozmerov sa používajú medzné strmeňové kalibre a to obojstranné alebo jednostranné. Pri meraní medznými kalibrami má dobrá strana kalibra prejsť cez meraný rozmer vlastnou tiažou, nepodarková strana nie. Pri meraní nesmieme používať väčšie meracie sily, pretože by sme získali chybné výsledky merania a navyše by sme poškodili meracie plochy kalibrov, dochádzalo by k ich rýchlemu opotrebovaniu.

Netolerované rozmery. V úvode kapitoly o lícovaní sme si povedali, že aj tzv. netolerované (voľné) rozmery treba vyrábať s určitou, vopred danou (normou určenou) presnosťou.

Medzné odchýlky netolerovaných rozmerov, netolerovaných polomerov zaoblenia a zrazenia hrán sú predpísané normou STN a ich číselné hodnoty sú spracované v prehľadných tabuľkách a sú uvedené aj v Strojníckych tabuľkách. Z hľadiska presnosti výroby sú odstupňované do štyroch tried presnosti a to presná, stredná, hrubá a veľmi hrubá.

Pri určovaní medzných odchýlok netolerovaných rozmerov sa prihliadalo najmä na to, aby bolo možné tieto rozmery vyrábať a kontrolovať pomocou bežných výrobných a meracích prostriedkov.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Charakterizujte sústavu jednotnej diery.
2. Charakterizujte sústavu jednotného hriadeľa.
3. Čo sú to medzné odchýlky ?
4. Kontrola presnosti.
5. Vysvetlite pojem netolerované rozmery.

3 Základy trieskového obrábania

3.1 Podstata obrábania

Rôzne časti strojov, prístrojov a zariadení ale aj mnohé iné výrobky sa spracúvajú obrábaním na rôznych druhoch obrábacích strojov, ktorými sa dosahuje vysoká tvarová aj rozmerová presnosť a požadovaná kvalita povrchu.

Na úvod je potrebná stručná charakteristika dvoch základných pojmov, ktoré sa budú vyskytovať pri všetkých druhoch trieskového opracovania.

Obrábatelnosť je vlastnosť kovového materiálu charakterizovaná najmä

- reznou rýchlosťou,
- rezným odporom,
- kvalitou povrchu.

Podľa týchto kritérií sú kovové materiály zaradené do štyroch skupín (a, b, c, d) a v nich do 20. tried. Materiály triedy 20 sú najlepšie obrábatelné.

Presnosť obrábania je závislá od presnosti, tuhosti a zahrievania celej sústavy stroj – nástroj – obrobok.

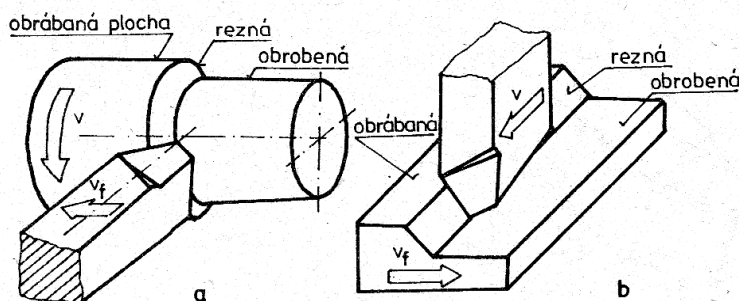
Obrábať môžeme za sucha, alebo mazať a chladit' nástroj pomocou reznej kvapaliny, čím môžeme výrazne zlepšiť obrábatelnosť materiálu a presnosť obrábania. Najčastejšie sa používajú emulzie olejov vo vode a rezné oleje.

Obrábanie je technologický proces, pri ktorom rezná sila vtláča nástroj tvaru rezného klina do povrchu polovýrobku a odoberá z neho pri vzájomnom pohybe polovýrobku a nástroja materiál v podobe triesky, za účelom dosiahnutia požadovaného tvaru, rozmerov aj drsnosti výrobku.

Obrábaný predmet nazývame obrobkom, hranu, ktorou nástroj odrezáva triesku nazývame reznou hranou a vzájomný pohyb medzi nástrojom a obrobkom nazývame rezným pohybom.

Pri obrábaní vznikajú pri pohybe reznej hrany nástroja do obrábaného materiálu určité charakteristické plochy (obr. 3.1). Sú to :

- **Obrábaná plocha** – je časť povrchu obrobku pretváraná obrábaním a pri rezaní sa z nej odstraňuje prebytočný materiál.
- **Rezná plocha** – vzniká pri obrábaní reznou hranou a tvorí prechod medzi obrábanou a obrobenou plochou.
- **Obrobená plocha** – vznikne obrábaním profilujúcou časťou nástroja. Vytvorí sa na povrchu materiálu po odstránení prebytočného materiálu (prídavku na obrábanie).



Obr. 3.1. Plochy na obrobku a) sústruženie, b) hobľovanie

Aby nastal proces rezania t.j. oddeľovanie častíc materiálu z obrobku, musí sa nástroj relatívne voči obrobku pohybovať určitou rýchlosťou po určitej dráhe, ktorá podľa druhu obrábania je buď priama (hobľovanie, pretahovanie a pod.), skrutkovitá (sústruženie, vŕtanie

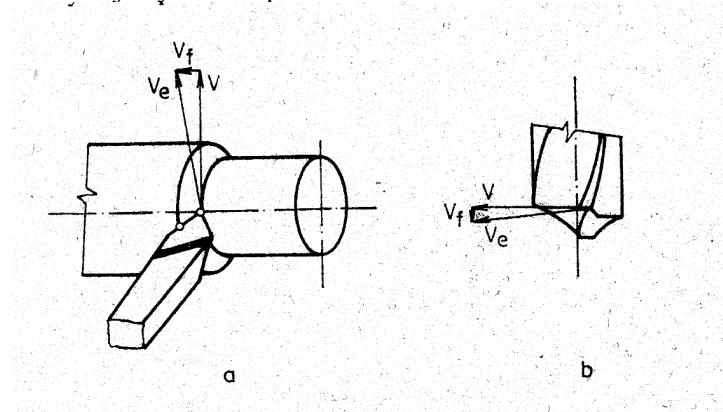
a pod.), alebo cykloidná (frézovanie, brúsenie a pod.). Tento tzv. rezný pohyb vykonáva buď nástroj, alebo obrobok, alebo oba súčasne. Spravidla je tento pohyb výslednicou dvoch pohybov – pohybu hlavného a posuvu, ktoré definujeme ako :

- **Rezný pohyb** – je relatívny pohyb medzi nástrojom a obrobkom.
- **Hlavný pohyb** – je zložka rezného pohybu, ktorá sa zhoduje so základným pohybom obrábacieho stroja. Koná ho buď nástroj, alebo obrobok a tento môže byť otáčavý, priamočiary alebo zložený. Zodpovedá mu väčšia rýchlosť a spotrebuje aj väčšiu časť príkonu obrábacieho stroja.
- **Posuv** – je pohyb nástroja alebo obrobku, prípadne oboch, ktorý spolu s hlavným pohybom umožňuje postupné odoberanie triesok. Spravidla sa koná v smere kolmom na smer hlavného pohybu a to plynule alebo prerušovane.
- **Prísuv** – je pohyb nástroja alebo obrobku umožňujúci vzájomné prestavenie obrobku a nástroja, nastavenie hĺbky úberu a pod. Prísuv sa nastavuje mimo obrábania (výnimku tvorí kopírovanie), preto neovplyvňuje rezný pohyb.
- **Rýchlosť výsledného rezného pohybu** sa vypočíta zo vzťahu (obr. 3.2) :

$$v_e = v + v_f \text{ (m/s, m/min)}$$

kde v - je rezná rýchlosť (rýchlosť hlavného rezného pohybu),

v_f - je rýchlosť posuvu.



Obr. 3.2. Určenie rýchlostí výsledného rezného pohybu
a) sústruženie, b) vŕtanie

- **Rezná rýchlosť** – je okamžitá relatívna rýchlosť uvažovaného bodu hlavnej reznej hrany v smere hlavného rezného pohybu a závisí od tvaru jeho dráhy. Ak je hlavný pohyb priamočiary, majú všetky body reznej hrany rovnakú rýchlosť (napr. obrážanie) a preto nezávisí od toho, ktorý bod reznej hrany uvažujeme pri určovaní rýchlosti hlavného pohybu. Ak je hlavný pohyb rotačný, rýchlosť rastie so vzdialenosťou od osi otáčania. Za rýchlosť hlavného pohybu potom považujeme rýchlosť toho bodu reznej hrany, ktorý má najväčšiu vzdialenosť od osi otáčania. Rezná rýchlosť pri rotačných pohyboch sa vypočíta podľa vzorca :

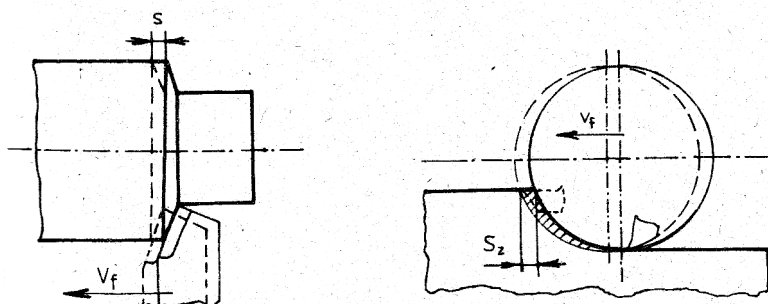
$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}, \text{m} \cdot \text{min}^{-1})$$

- **Rýchlosť posuvu** - je okamžitá relatívna rýchlosť uvažovaného bodu reznej hrany v smere posuvu (obr. 3.3). Vypočíta sa zo vzťahu :

$$v_f = s \cdot n \quad (\text{mm/min, mm/s})$$

kde s – je dráha posuvu (mm)

n – sú otáčky (1/min, 1/s)



Obr. 3.3. Určenie rýchlosti posuvu pri sústružení a frézovaní

Pri viaczubovom nástroji (fréze) je tento vzťah :

$$v_f = s_z \cdot z \cdot n \quad (\text{mm/min})$$

kde s_z – je posuv na zub

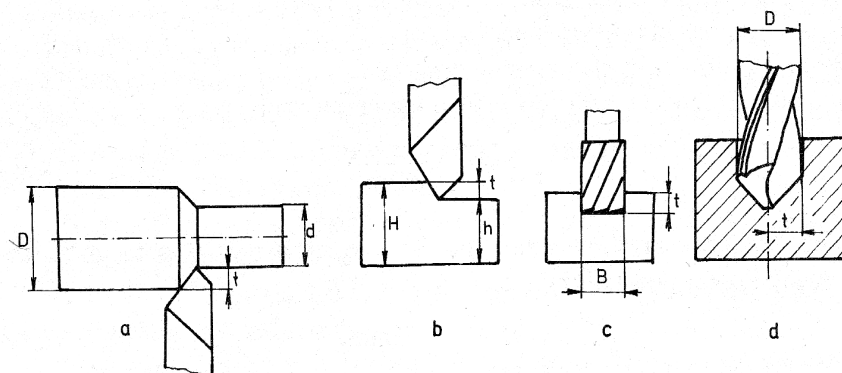
z – je počet zubov (rezných hrán) nástroja

Pri obrábaní s prerušovaným priamočiarym hlavným pohybom sa posuv vyjadruje dráhou nástroja na jeden zdvih s (mm/zdvih). V tomto prípade je dôležitá veľkosť a nie rýchlosť posuvu.

Keďže rýchlosť posuvu je voči rýchlosti hlavného rezného pohybu väčšinou veľmi malá, pri praktických výpočtoch sa obyčajne zanedbáva, takže potom platí :

$$v_e = v \quad (\text{m/s, m/min})$$

- **Hĺbka rezu** – je vzdialenosť medzi plochou obrábanou a obrobenou, meraná kolmo na obrobenú plochu (obr. 3.4). Označuje sa písmenom t (mm).



Obr. 3.4. Hĺbka rezu pri obrábaní a) valcových plôch, b) rovinných plôch c) drážok, d) otvorov

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Definujte pojmy obrábatel'nosť a presnosť obrábania.
2. Čo je to obrábanie ?
3. Vymenujte a popíšte základné plochy na obrobku.
4. Definujte základné pojmy pri obrábaní.
5. Čo je to rezný pohyb a z čoho sa skladá ?
6. Ako sa vypočíta rýchlosť rotačného hlavného pohybu ?
7. Ako sa vypočíta rýchlosť posuvu pri rotačnom hlavnom pohybe ?
8. Ako sa vypočíta rýchlosť posuvu pri viaczubovom nástroji ?

3.2 Rezný nástroj

Rezný nástroj je aktívnym činiteľom procesu rezania. Aby mohol pri obrábaní vniknúť do materiálu, musí mať reznú časť upravenú do tvaru **rezného klina**. Rezný klin pri práci vniká do materiálu obrobku a oddeľuje z neho postupne častice v tvare triesky.

Každý nástroj má upínaciu a pracovnú časť. Upínacia časť slúži na pripevnenie nástroja na stroj a nadväzuje priamo alebo prostredníctvom telesa nástroja na časť pracovnú. Pracovná časť pozostáva z jedného (napr. sústružnícky nôž), z dvoch (napr. vrták) alebo z viacerých (napr. fréza) rezných klinov. Tvar rezného klina je charakterizovaný tvoriacimi plochami a uhlami rezného klina – geometria rezného klina.

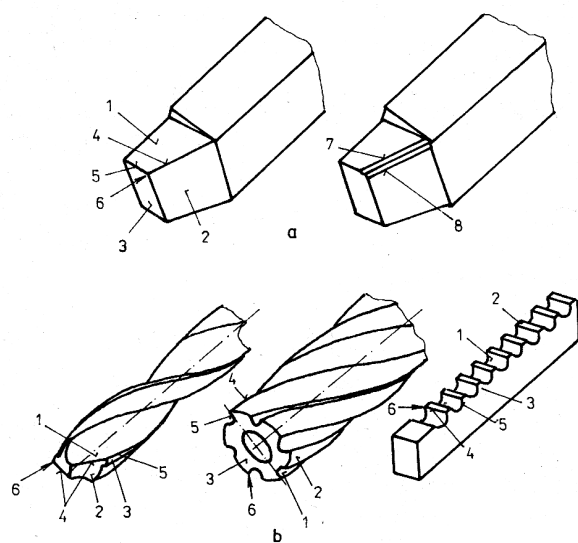
Pri obrábaní sa používajú rôzne druhy nástrojov, ktoré majú rozličný tvar aj rozmery, ale všetky majú určité spoločné prvky.

Základné prvky nástroja :

- Rezná časť nástroja – umožňuje rezný proces. Má tvar rezného klina a tvorí ju rezná hrana, čelo a chrbát nástroja.
- Držiak nástroja (stopka) – je časť, ktorou sa nástroj upína za vonkajší povrch.
- Upínací otvor - je časť, ktorou sa nástroj upína za vnútorný povrch (napr. čelná valcová fréza).
- Teleso nástroja – je časť, na ktorej sú vytvorené alebo upevnené rezné časti nástroja.
- Čelo – je plocha rezného klina, po ktorej sa odvádza odoberaná trieska.
- Hlavný chrbát – je plocha rezného klina, ktorá je priklonená k reznej ploche a ktorá po pretnutí s čelom vytvorí hlavnú reznú hranu.
- Vedľajší chrbát - je plocha rezného klina, ktorá sa prikláňa na obrobenú plochu a po pretnutí s čelom vytvorí vedľajšiu reznú hranu.
- Hlavná rezná hrana – vzniká prienikom čela a hlavného chrbta.
- Vedľajšia rezná hrana – vzniká prienikom čela a vedľajšieho chrbta.
- Hrot – je časť reznej hrany, ktorá leží v mieste spojenia hlavnej a vedľajšej reznej hrany. Hrot je vždy zaoblený, pričom polomer hrotu, je polomerom zaoblenia a meria sa v základnej nástrojovej rovine P_r .

Rezné hrany môžu byť priamky alebo krivky (obr. 3.5).

Niekedy má rezný klin na čele alebo na chrbte úzku plôšku, ktorú nazývame fazetkou.



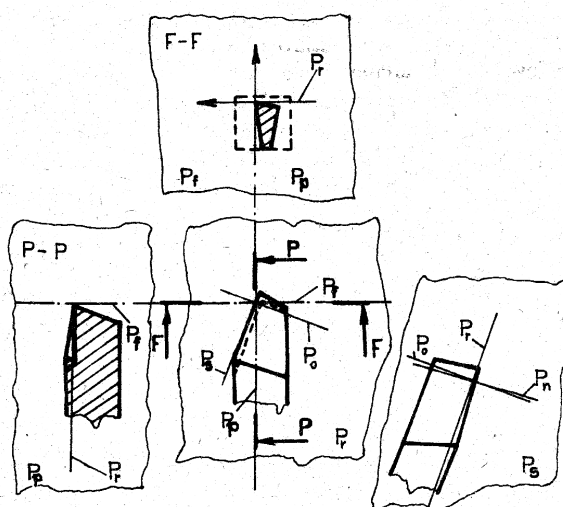
Obr. 3.5. Plochy a hrany na rezných nástrojoch a) rezné hrany priamkové, b) rezné hrany krivkové
1 – čelo, 2 – hlavný chrbát, 3 – vedľajší chrbát, 4 – hlavná rezná hrana, 5 – vedľajšia rezná hrana,
6 – hrot, 7 – fazetka na čele, 8 – fazetka na chrbte

Geometria reznej časti nástroja ovplyvňuje priebeh rezania , preto je dôležité, aby bola správne navrhnutá. Ovplyvňuje ju však nielen základný tvar nástroja ale aj ďalšie činitele. Uhly rezného klina sú definované normou STN.

Geometria reznej časti nástroja sa určuje v dvoch sústavách :

- v nástrojovej súradnicovej sústave (statickej sústave), ktorá sa uplatňuje pri konštrukcii, výrobe a kontrole nástroja,
- v pracovnej súradnicovej sústave (kinematickej sústave), ktorá sa používa na určenie geometrie nástroja pri rezaní.

Nástrojové uhly sa určujú prostredníctvom nástrojovej súradnicovej sústavy (obr. 3,6) ako uhly priestorového telesa, ktoré je v pokoji. Udvávajú polohu hlavných a vedľajších plôch rezných klinov, ktoré tvoria reznú časť nástroja.



Obr. 3.6. Nástrojová súradnicová sústava

Nástrojové uhly sa označujú písmenami gréckej abecedy a indexom určujúcim rovinu, v ktorej sa uhol meria (obr. 3.7) :

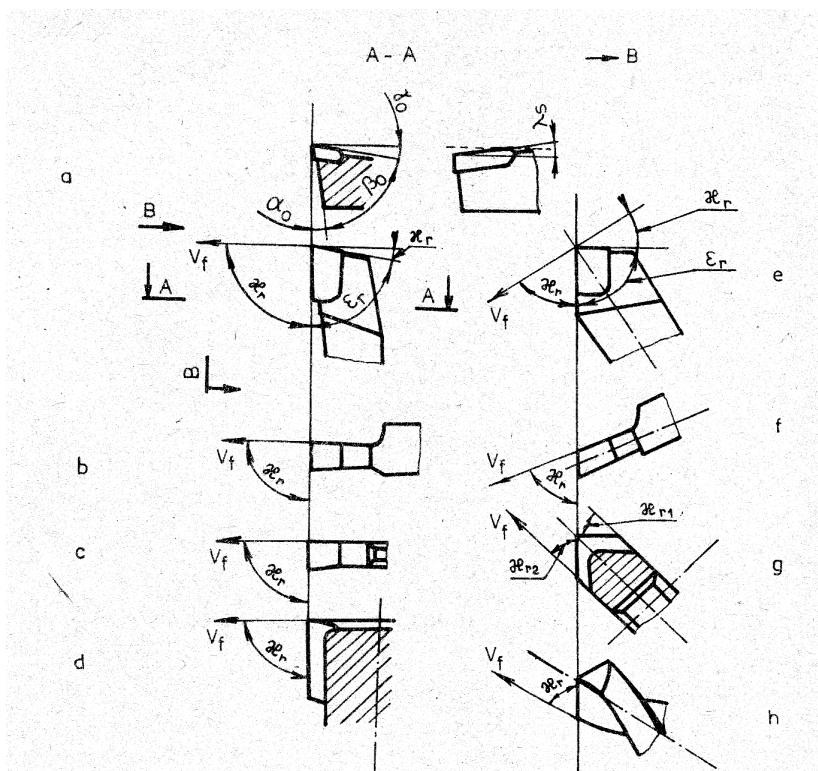
- α_o – ortogonálny nástrojový uhol chrbta,
- β_o – ortogonálny nástrojový uhol rezného klina,
- γ_o – ortogonálny nástrojový uhol čela,
- χ_r – nástrojový uhol nastavenia hlavnej reznej hrany,
- χ'_r – nástrojový uhol nastavenia vedľajšej reznej hrany,
- ϵ_r – nástrojový uhol hrotu,
- λ_s – nástrojový uhol sklonu reznej hrany,

Pracovné (technologické) uhly sa označujú rovnako ako príslušné nástrojové uhly, pripája sa k nim dodatkový index *e* (efektívny). Okrem prv uvedených uhlov sa priraduje ešte

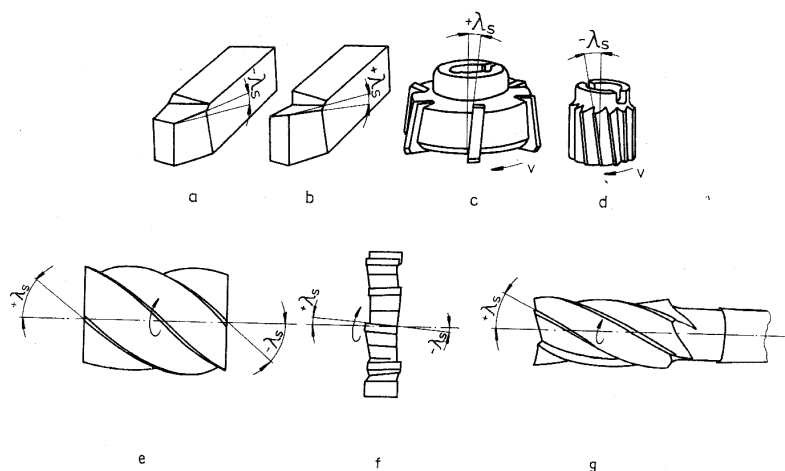
δ_{oe} – uhol rezu

$$\delta_{oe} = \alpha_{oe} + \beta_{oe}$$

Uhol sklonu reznej hrany λ_s (obr. 3.8) sa udáva v referenčnom bode reznej hrany a je daný uhlom tangenty k reznej hrane a k základnej rovine. Môže byť kladný, ak je hrot najvyšším miestom reznej hrany, ale môže byť aj záporný alebo nulový.



Obr. 3.7. Nástrojové uhly niektorých druhov nástrojov a) stranový nôž, b) zapichovací nôž, c) kotúčová fréza, d) čelná valcová fréza, e) priamy uberací nôž, f) zapichovací nôž $\chi=75^\circ$, g) obojstranná uhlová fréza, h) skrutkový vrták



Obr. 3.8. Uhol sklonu reznej hrany λ_s a, b – sústružnícky nôž, c – čelná frézovacia hlava, d – výstružník, e – valcová fréza, f – kotúčová fréza, g – čelná valcová fréza

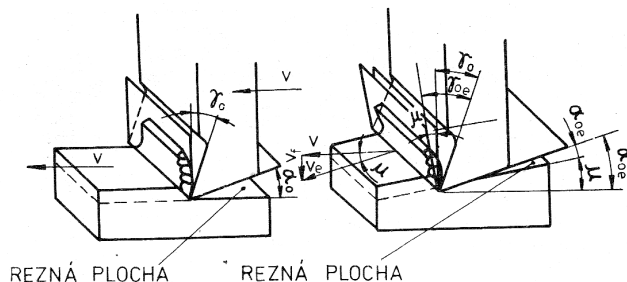
Pre uhly definované v základnej a ortogónálnej rovine platia vzťahy :

$$\alpha_o + \beta_o + \gamma_o = 90^\circ$$

$$\chi_r + \epsilon_r + \chi'_r = 180^\circ$$

Najväčší vplyv na priebeh rezania má uhol čela β_o a uhol chrbta α_o . Podľa veľkosti uhla rezného klinu β_o , ktorý volíme zásadne čo najmenší, môže byť uhol čela kladný aj záporný. Zväčšovanie uhla čela má za následok znižovanie rezného odporu materiálu a znižovanie intenzity utupovania nástroja.

Pracovné uhly medzi rezným klinom a obrobkom sú pri rezaní zvyčajne iné než uhly nástrojové. Zapríčiňuje to nielen poloha nástroja, ale aj kinematické pomery pri obrábaní (obr. 3.9).



Obr. 3.9. Vplyv kinematiky pohybu noža na geometriu rezného klina

Pracovné uhly v jednotlivých bodoch reznej hrany môžu byť rôzne, pričom ich veľkosť závisí od vzájomnej polohy reznej hrany, od smerov hlavného pohybu a posuvu a od výškového nastavenia nástroja.

Cvičenie 1 : Vypočítajte rýchlosť hlavného pohybu v pri rotačných pohyboch ak otáčky $n = 1500 \text{ min}^{-1}$ a priemer obrobku $D = 90 \text{ mm}$.

Cvičenie 2 : Vypočítajte rýchlosť posuvu obrobku pri frézovaní, ak posuv na zub $s_z = 0,1 \text{ mm}$, počet zubov $z = 12$ a otáčky $n = 36 \text{ min}^{-1}$.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Na čo nám slúži rezný nástroj?
2. Popíšte základné prvky rezného nástroja.
3. Čím je vytvorená rezná časť nástroja?
4. V akých sústavách sa určuje geometria reznej časti nástroja?
5. Aké nástrojové uhly poznáte?
6. Čo sú to pracovné uhly a ako ich označujeme?
7. Ako vypočítame uhol rezu?

3.3 Vznik a druhy triesok

Nástroj pri rezaní pôsobí na obrobok a vyvoláva napätie v materiáli, proti ktorému materiál kladie odpor. V dôsledku toho sa ustáli pole rezania, ktoré má výrazné charakteristiky stavu napätosti, teploty a deformácie. Nakoniec sa z obrobku oddeľuje časť materiálu a túto oddelenú časť nazývame *trieska*.

Trieska, ktorá je charakteristickým znakom obrábania, vzniká relatívnym pohybom reznej hrany nástroja voči obrobku a jeho silovým pôsobením na materiál obrobku v hĺbke odrezávanej vrstvy, ktorá sa týmto spôsobom transformuje na triesku.

Na pochopenie podstaty rezania materiálu pri obrábaní je potrebné poznať štruktúru materiálu, ktorá môže byť v podstate kryštalická alebo amorfná (beztvárna).

Vo vnútri kovov pôsobia dva druhy síl, ktoré určujú vlastnosti a štruktúru materiálu :

- *sily kryštalickej mriežky* pôsobiace medzi jej jednotlivými atómami určujú pružnosť,
- *súdržné sily* pôsobiace medzi kryštálmi určujú pevnosť.

Ak sú sily kryštalickej mriežky menšie ako súdržné sily, pevnosť materiálu je vyššia ako pružnosť a pôsobením vonkajších síl sa môže deformovať až po hranicu pevnosti, kedy sa poruší.

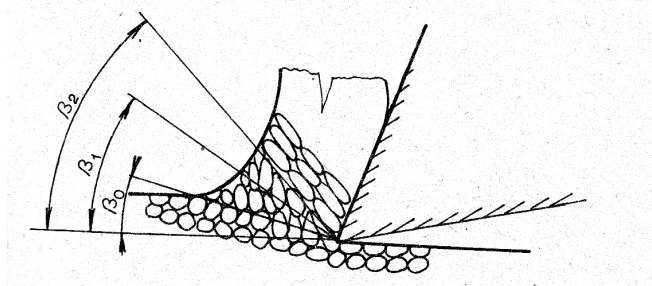
Ak sú sily kryštalickej mriežky väčšie ako súdržné sily, je pevnosť materiálu menšia ako jeho pružnosť a pôsobením vonkajších síl sa materiál poruší bez toho, aby sa deformoval.

Pri kryštalických materiáloch (kovy) najmä v dôsledku plastickej deformácie sa materiál oddeľuje rezným nástrojom. Pri rezaní nekryštalických látok (drevo, sklo, plasty a pod.) sa materiál oddeľuje krehkým lomom alebo štiepaním.

Charakter rezania závisí predovšetkým od obrábaného materiálu, na jeho priebeh však vplyvajú aj ďalšie činitele, ako sú druh rezného nástroja a jeho geometria, rezné podmienky, rezné prostredie a iné. Pritom treba zdôrazniť, že fyzikálno-mechanické vlastnosti obrábaného materiálu nezostávajú konštantné, ale sa pôsobením vznikajúcich napätí, deformácii a teploty menia, čo ovplyvňuje tvorenie triesky.

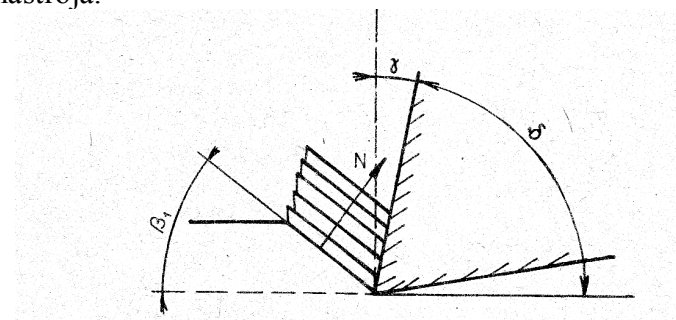
Vznik a ďalšie oddeľovanie triesky môžeme rozdeliť do troch fáz :

V prvej fáze, po začiatočnom dotyku nástroja s obrábaným materiálom, vyvolá tlak čela nástroja na povrch obrobku najprv pružnú a neskôr trvalú (plastickú) deformáciu, ktorá spôsobuje, že štruktúra obrábaného materiálu sa v oblasti pôsobenia rezného klina začne meniť a zreteľne sa odliší od nedeformovaného objemu a od smeru pohybu nástroja sa odkloní o uhol β_1 . Ďalším rezným pohybom sa napätie v odrezávanej vrstve zvyšuje, až dosiahne v rovine šmyku hranicu pevnosti materiálu v šmyku (obr. 3.14).



Obr. 3.14. Deformácia zŕn materiálu v trieske

Druhá fáza je šmyk častíc triesky. Plastickeú deformáciu charakterizuje nielen predlžovanie kryštálov približne v smere roviny šmyku, ale aj zmena ich tvaru, ktorú spôsobuje v zabrzdenej vrstve trenie medzi čelom nástroja a povrchom triesky. Tlakom chrbtovej plochy nástroja na obrobok sa deformujú aj kryštály na povrchu obrobennej plochy. Pri šmyku prvej častice triesky sa začínajú tvoriť ďalšie častice. Prvá častica sa musí pohybovať v smere kolmom na rovinu šmyku, teda v smere jej normály N (obr. 3.15). Môže nastať prípad, že smer N prechádza telesom nástroja a potom vzniká druhotná deformácia v trieske, ktorú spôsobuje tlak čela rezného klina, ktorý zabraňuje odchodu triesky alebo prechádza mimo telesa nástroja.

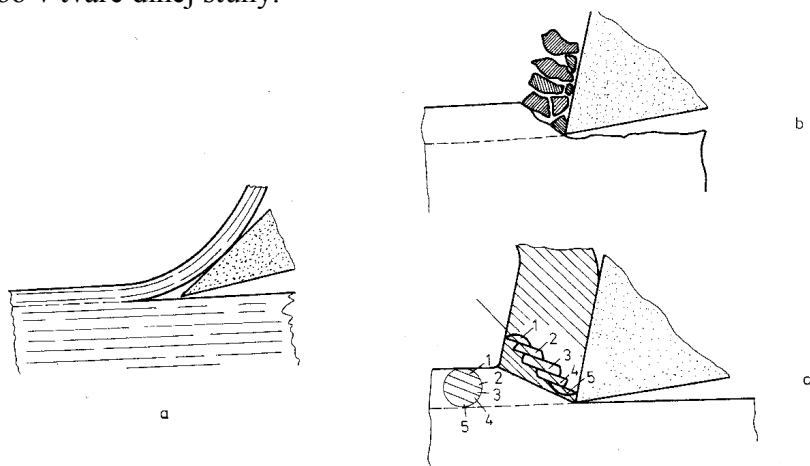


Obr. 3.15. Smer tvorenia triesky
 N – normála

Tretou fázou je druhotný deformačný proces, ktorý sprevádza ďalšie napätie v šmykovej rovine. Pri tejto fáze sa častice triesky, ktoré mali pôvodne kosodĺžnikový tvar menia na lichobežníkový tvar, čím sa triesky stáčajú do špirály.

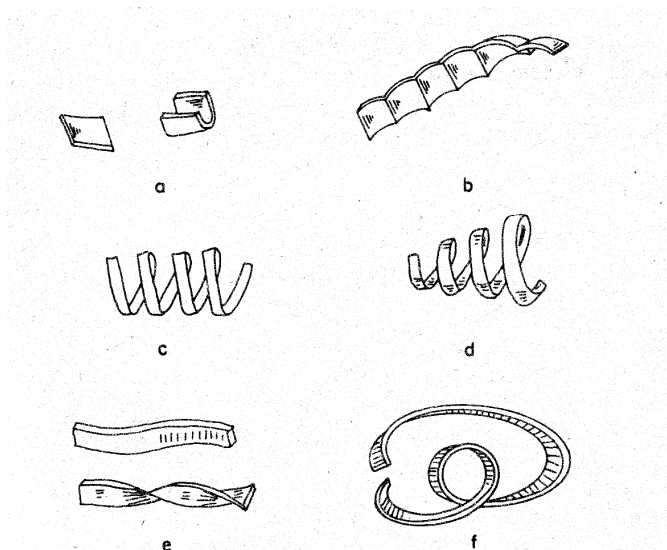
Ak je celkové napätie v šmykovej rovine väčšie ako pevnosť materiálu triesky v šmyku, častice triesok sa oddeľujú a vzniká elementná (delená) trieska (obr. 3.16 b), ktorá má postupne odstrihnuté častice (elementy), spolu nesúvisiace. Ak napätie nedosahuje túto hodnotu v celom priereze šmykovej roviny, vzniká článkovitá trieska (stupňovitá) (obr. 3.16 c), ktorá sa skladá z jednotlivých, navzájom spojených častíc alebo vzniká plynulá (súvislá) trieska (obr. 3.16 a), pri ktorej sa iba čiastočne prerušuje materiál v tých vrstvách, v ktorých je napätie najvyššie.

Pri obrábaní húževnatých materiálov (napr. ocele) vyššími reznými rýchlosťami prebieha šmyk jednotlivých častíc veľmi rýchle za sebou a trieska sa oddeľuje v tvare dlhej súvislej špirály alebo v tvare dlhej stuhy.



Obr. 3.16. Tvorenie triesky a – celistvá, b – trhaná, c – strihaná

Vznik uvedených druhov triesok je dôsledkom namáhania materiálu obrobku na šmyk, pri ktorom sa oddeľuje materiál a preto ich zaraďujeme do skupiny šmykových (strihaných) triesok.



Obr. 3.17. Druhy triesok a – delená, b – článkovitá, c – špirálová dlhá, d – špirálová krátka, e – stuhová priama, f – stuhová stočená

V zásade platí, že vznik elementárnej triesky podporuje tvrdý materiál, veľký prierez triesky, malá rezná rýchlosť a malé kladné alebo záporné uhly čelá, naopak plynulá trieska sa tvorí

najmä pri obrábaní mäkkého a húževnatého materiálu, pri štíhlom priereze triesky, pri veľkej reznej rýchlosti a pri veľkých kladných uhloch čelaj.

Pri obrábaní krehkého materiálu (napr. sivej liatiny, bronzu a pod.) sa trieska vylamuje v podobe nepravidelných kúskov rozličnej veľkosti aj tvaru a nazýva sa trhaná alebo lámaná.

V súvislosti so zvyšovaním rezných rýchlostí na obrábacích strojoch nadobúda osobitný význam problematika odvodu triesky z miesta jej vzniku a veľkosť priestoru, ktorý zaberá. Triesky často zaberajú veľký priestor a preto ich treba upravovať, lámať alebo kriviť. Vhodnosť triesky sa posudzuje z hľadiska ľahkého transportu z miesta rezania. Dlhé triesky môžu poškodiť nástroj (vyštrbiť jeho reznú hranu) a mechanizmy stroja, ale aj obrobok (poškriabaním povrchu sa zvýši jeho drsnosť), pretože sa namotávajú na otáčajúce sa časti. Ich odstránenie vyžaduje zvýšený čas a zaťažuje obsluhu. Pri ručnej obsluhu stroja môžu ľahko spôsobiť úraz. Naopak veľmi krátke triesky sa dostávajú do medzier na stroji, medzi suport a lôžko a môžu poškodiť vedenie stroja.

Niektoré druhy triesok sú zobrazené na obr. 3.17.

Cvičenie 1 : Graficky naznačte zmeny tvarov kryštálov pri oddeľovaní odrezávanej triesky.

Cvičenie 2 : Nakreslite základné druhy triesok a popíšte ako vznikajú.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Ako vzniká trieska?
2. Aké sily pôsobia vo vnútri kovov?
3. Do akých fáz rozdeľujeme vznik a oddeľovanie triesky?
4. Aké druhy triesok poznáte?
5. Vysvetlite, ako posudzujeme vhodnosť triesky pri obrábaní?

3.4 Porovnanie konvenčného a programového obrábania

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.

4 Sústruženie

4.1 Základné bezpečnostné a protipožiarne predpisy

Pre všetky druhy sústruhov platia bezpečnostné predpisy podľa STN 20 0701 až 20 0705, z ktorých vyberáme základné pravidlá :

1. Nesnímať ochranné kryty, najmä pri ozubených kolesách.
2. Nepracovať na strojoch, ktoré tieto kryty nemajú.
3. Nenosiť voľný odev. Ženy nesmú pracovať bez šatky na hlave.
4. Používať vhodnú pracovnú obuv.
5. Nezapínať vreteno, kým sa nepresvedčíš, či je nástroj aj obrobok správne, pevne aj tuho upnutý.
6. Triesky neodstraňovať rukou, ale používať vhodné pomôcky – háčiky, štetce, kefy a i.
7. Proti lietajúcim trieskam treba používať ochranné okuliare alebo štíty.
8. Počas chodu stroja nič nemerať, nečistiť, nemazať.
9. Obrobok meniť až keď je vreteno v pokoji.
10. Okolo stroja udržiavať čistú dlážku a tým zabrániť pokĺznutiu.
11. Nad rotujúce vyčnievajúce časti obrobku dať ochranné kryty.
12. Na upínanie obrobkov nepoužívať také upínacie prvky, ktoré sa odstredivou silou uvoľnia.
13. Pracovník pridelený na prácu pri sústruhu musí byť vyučený alebo zaškolený a jeho vedomosti preskúšané.
14. Poruchy na elektrickej inštalácii, elektrickom vedení a osvetlení nesmie pracovník odstraňovať sám.
15. Častou príčinou požiarov je nevedomosť a podceňovanie nebezpečenstva vzniku požiaru.
16. Na likvidáciu požiaru na pracoviskách sú najčastejšie určené ručné hasiace prístroje, ktoré sú vhodné na hasenie :
 - vodné – drevo, papier, slama, textil, pevné organické látky,
 - penové – minerálne oleje, tuky, benzín, asfalt, farby, laky,
 - snehové (CO₂) – elektrické zariadenia, tekuté horľaviny, tuky, potraviny, prístroje jemnej mechaniky,
 - práškové – elektrické zariadenia, drevo, tkaniny, papier,
 - tetrachlórové – elektrické zariadenia, tekuté horľaviny, benzín, olej, tuky.

Musia byť uložené na viditeľnom a prístupnom mieste. Pravidelne ich treba kontrolovať a pracovníci sa musia oboznámiť s ich použitím.



KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Prečo sa musia dodržiavať základné bezpečnostné a protipožiarne predpisy ?
2. Ako má byť upravené pracovné oblečenie ?
3. Ako sa majú odstraňovať triesky ?
4. Aké druhy ručných hasiacich prístrojov poznáme ?

4.2 Podstata sústruženia

Sústruženie je najrozšírenejší spôsob obrábania, ktorým je možné obrábať rôzne rotačné plochy – valcové, kužeľové, tvarové a čelné. Okrem toho je možné vŕtať, vyvrtávať, rezať závit, vyhrubovať, vystružovať a pod.

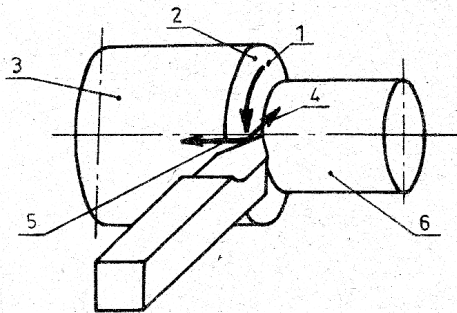
Základné pojmy

Obrobok je obrábaný alebo už obrobený predmet.

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. 4.1)



Obr. 4.1. Základné pojmy a pracovné pohyby pri sústružení

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

Pri sústružení sa obrobok otáča okolo svojej osi a nástroj, to znamená sústružnícky nôž sa obvyčajne pohybuje priamočiaro. Hlavný pohyb je rotačný. Pracovný pohyb nástroja – posuv – je buď v smere osi obrobku – pozdĺžny posuv (stopa noža na obrobku je skrutkovica), alebo v smere kolmom na os obrobku – priečny posuv (stopa noža na obrobku je Archimedova špirála). Ak sa os otáčania a smer posuvu pretínajú a zvierajú uhol menší ako 90° , vyrobený tvar je kužeľ. Poznáme ešte kopírovací spôsob sústruženia, pri ktorom sa pozdĺžny aj priečny pohyb vykonáva súčasne, ale rôznymi rýchlosťami.

Okrem hlavného a posuvného pohybu je pri sústružení potrebný ešte ďalší pohyb – prísuv. Je to pohyb nástroja, ktorým sa nastavuje hrúbka vrstvy kovu, ktorý má byť odrezaný.

Rezné podmienky

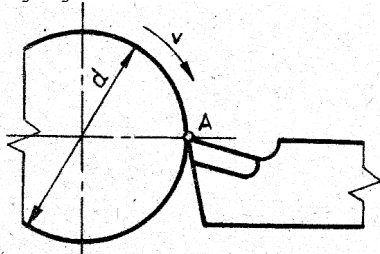
Určenie rezných podmienok ovplyvňuje presnosť obrábania, fyzikálno-mechanické vlastnosti povrchovej vrstvy po obrobení, ako aj vzťah medzi produktivitou obrábania a výrobnými nákladmi.

Rezné podmienky treba určiť pre daný obrábaný materiál a operáciu (hrubovanie, práca na čisto) tak, že zvolíme nástroj, pre zvolenú trvanlivosť určíme rýchlosť a hĺbku odoberanej vrstvy. Na základe týchto parametrov sa môže vypočítať potrebný užitočný výkon na rezanie

a tým zistiť aj využitie daného typu obrábacieho stroja. Na určenie rezných podmienok vplýva aj spôsob chladenia a mazania.

Rezná rýchlosť „ v “ je rýchlosť hlavného pohybu. Pri sústružení je to obvodová rýchlosť obrobku v mieste rezu. Rýchlosť výsledného rezného pohybu sa skladá z rýchlosti hlavného pohybu a posuvného pohybu. Pretože rýchlosť posuvu pri sústružení je malá, pre praktické výpočty sa zanedbáva. Čím je rýchlosť hlavného rezného pohybu väčšia, tým rýchlejšie odrezáva nôž z obrobku triesky.

Tieto pojmy vysvetlíme na obrázku :



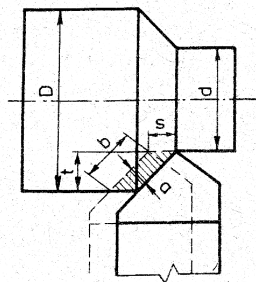
Keď sa obrobok otočí o jednu otáčku, vykoná každý bod jeho valcového povrchu (bod A) so zreteľom na reznú hranu v zábere dráhu, ktorá sa rovná obvodu obrobku $O = \pi \cdot d$. Za dve otáčky vykoná bod A dvakrát väčšiu dráhu, teda $2 \cdot \pi \cdot d$, za n -otáčok dráhu n -krát väčšiu, čiže $\pi \cdot d \cdot n$. Počet otáčok vretena sústruhu a teda aj obrobku sa udáva za jednu minútu.

Pre reznú rýchlosť, ktorá je aj obvodovou rýchlosťou obrobku, platí vzorec :

$$v = \frac{\text{dráha}}{\text{čas}} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$$

Použitá rezná rýchlosť závisí najmä od mechanických vlastností materiálu obrobku, čiže od stupňa obrábatelnosti, od druhu materiálu nástroja, od veľkosti prierezu triesky, to znamená od veľkosti posuvu a hĺbky odoberanej vrstvy, a od zvolenej trvanlivosti nástroja.

Posuv na otáčku „ s “ je dĺžka, o ktorú sa pri sústružení posunie rezný nástroj so zreteľom na obrobok za jednu otáčku (obr. 4.2). Udáva sa v mm.



Obr. 4.2. Prierez triesky

Posuv závisí od vyžadovanej kvality plochy a od tuhosti a veľkosti obrobku. Volí sa maximálna veľkosť posuvu, ktorá zodpovedá uvedeným požiadavkám. Veľkosť posuvu :

- pri hrubovaní : $s = 0,4$ až 5 mm,
- pri práci na čisto : $s = 0,06$ až $0,3$ mm,
- pri jemnom sústružení : $s = 0,005$ až $0,005$ mm.

Hĺbka odrezávanej vrstvy „ t “ je hrúbka vrstvy kovu, ktorú nôž uberá pri jednom zábere. Udáva sa v mm a pri sústružení je daná polovičným rozdielom obrábanej a obrobenej plochy :

$$t = \frac{D - d}{2} \quad (\text{mm})$$

Závisí od mechanických vlastností obrobku, od jeho tuhosti a spôsobu obrábania. Pri hrubovaní sa obyčajne vychádza z celkového prídavku materiálu na obrábanie. Z hľadiska hospodárnosti sa musí zvoliť maximálna hĺbka rezu :

- pri hrubovaní : $t = 3$ až 30 mm,
- pri práci na čisto : $t = 0,5$ až 2 mm,
- pri jemnom sústružení : hĺbka t býva minimálna až skoro nulová.

Prierez triesky „S“ je daný súčinom hrúbky a a šírky b tej časti materiálu, ktorú práve oddeľujeme. Pri sústružení kde rezná hrana má tvar priamky a trieska má po svojej dĺžke konštantný prierez platia medzi posuvom s , hĺbkou rezu t , hrúbkou triesky a a šírkou triesky b tieto závislosti :

$$S = s \cdot t = a \cdot b$$

$$a = s \cdot \sin \alpha$$

$$b = \frac{t}{\sin \alpha}$$

kde - α je uhol nastavenia hlavnej reznej hrany.

Prierez triesky určuje dovolenú veľkosť reznej sily a tým aj potrebný užitočný výkon stroja. Rezné podmienky majú zodpovedať určitej trvanlivosti nástroja. V dielenskej praxi sa rezné podmienky určujú podľa dielenských tabuliek alebo podľa normatífov rezných podmienok, ktoré sú vypracované na základe výskumných prác a overené praxou (tab.).

Rezné podmienky pre materiál triedy obrábateľnosti 14b pre trvanlivosť $T = 45$ min, nástroj z RO

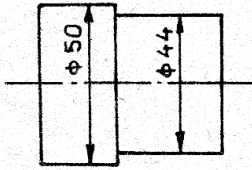
Hĺbka rezu t (mm)	v (m . min ⁻¹) $P_{už}$ (kW)	Posuv na otáčku s (mm)					
		0,1	0,18	0,25	0,35	0,50	0,70
0,5	v $P_{už}$	73 0,22	63 0,22	57 0,22	50 0,26	— —	— —
1,0	v $P_{už}$	68 0,4	59 0,4	54 0,44	47 0,48	42 0,56	— —
2,0	v $P_{už}$	61 0,74	53 0,7	47 0,81	42 0,8	37 1,0	— —
3,0	v $P_{už}$	54 0,95	47 0,95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

Na určenie rezných podmienok s inou trvanlivosťou a inou triedou obrábateľnosti sa hodnota reznej rýchlosti vynásobí príslušným korekčným súčiniteľom.

Hospodárna rezná rýchlosť „ v_h “ je rýchlosť, pri ktorej sú náklady na obrábanie najnižšie. Hospodárnej reznej rýchlosti v_h zodpovedá hospodárna trvanlivosť nástroja T_h (v minútach) a naopak.

Príklad :

Aký veľký bude prierez triesky pri sústružení čapu s priemerom $D = 50 \text{ mm}$, ak po prvom zábere noža bol priemer obrobenej plochy $d = 44 \text{ mm}$ (obr. 4.3), pri posuve $s = 0,35 \text{ mm}$?



Obr. 4.3. Čap

Riešenie :

Hĺbka odoberanej vrstvy

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{50 - 44}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ mm}$$

Po dosadení do rovnice na výpočet prierezu triesky dostaneme

$$S = s \cdot t = 0,35 \cdot 3 = 1,05 \text{ mm}^2$$

Prierez triesky pri prvom zábere noža pri sústružení čapu je $1,05 \text{ mm}^2$.

Cvičenie 1 : Vypočítajte prierez triesky pri sústružení čapu s priemerom $D = 90 \text{ mm}$, ak po prvom zábere noža bol priemer obrobenej plochy $d = 80 \text{ mm}$, pri posuve $s = 0,7 \text{ mm}$?

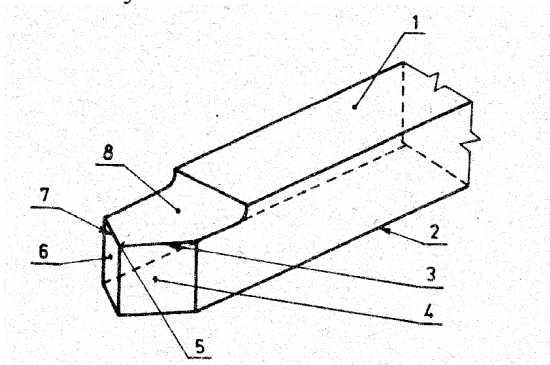
Cvičenie 2 : Aký priemer D mala obrábaná plocha, keď po prvom zábere noža bol priemer obrobenej plochy $d = 70 \text{ mm}$ pri posuve $s = 0,5 \text{ mm}$ a priereze triesky $S = 2,5 \text{ mm}^2$?

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Čo je to sústruženie a popíšte druhy pohybov pri sústružení.
2. Čo je to obrobok a aké plochy na obrobku rozoznávame pri sústružení.
3. Vysvetlite a popíšte rezné podmienky pri sústružení.
4. Čo ovplyvňuje veľkosť prierezu triesky ?
5. Podľa čoho sa určujú rezné podmienky v praxi ?

4.3 Geometria sústružníckeho noža

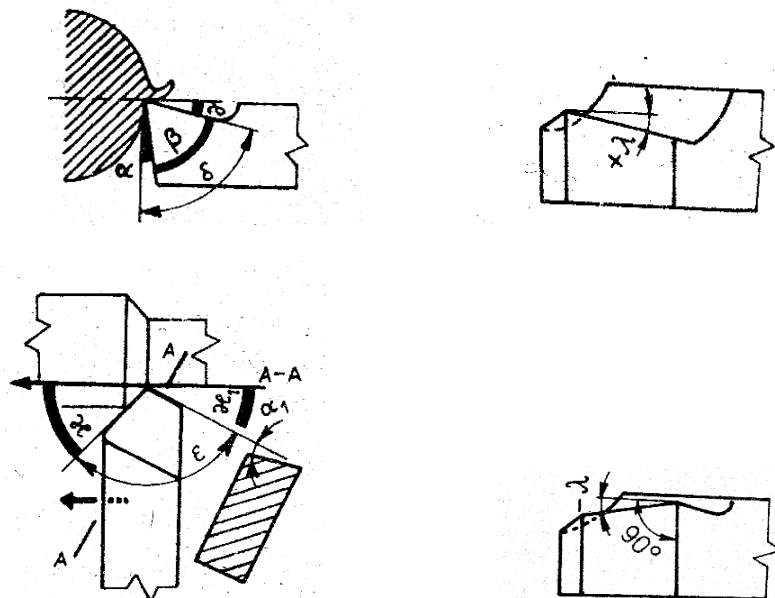
Sústružnícky nôž (obr. 4.4) je rezný nástroj, ktorý sa používa pri sústružení. Je aktívnym činiteľom procesu rezania, jeho rezná časť vniká do materiálu a oddeľuje z neho postupne častice – triesky.



Obr. 4.4. Základný tvar sústružníckeho noža

1 – nožový držiak, 2 – základňa, 3 – hlavná rezná hrana, 4 – hlavný chrbát noža, 5 – hrot, 6 – vedľajší chrbát, 7 – vedľajšia rezná hrana, 8 – čelo noža

Pri konštrukcii noža sa musí zvoliť optimálna geometria rezného klina (obr. 4.5) pre danú prácu, druh obrábaného materiálu aj materiálu nástroja. Rezné uhly sa volia so zreteľom na trvanlivosť reznej hrany, kvality povrchu obrábanej súčiastky, rezné podmienky, veľkosť špecifického rezného odporu, tuhosť stroja a pevnosť reznej hrany. Veľkosť jednotlivých rezných uhlov sa určuje z tabuliek.



Obr. 4.5. Geometria sústružníckeho noža

- α – uhol chrbta
- β – uhol rezného klina
- γ – uhol čela
- δ – uhol rezu
- α_1 – vedľajší uhol chrbta
- χ – hlavný uhol nastavenia
- χ_1 – vedľajší uhol nastavenia
- ϵ – uhol hrotu
- λ – uhol sklonu hlavnej reznej hrany

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Aké nástroje sa používajú pri sústružení ?
2. Popíšte základný tvar sústružníckeho noža.
3. Popíšte základné uhly sústružníckeho noža.

4.4 Sústružnícke nástroje

Nástrojom pri sústružení sú najčastejšie sústružnícke nože (obr. 4.6, 4.7). Charakteristickými prvkami nožov je tvar rezného klina, materiál reznej časti a prierez telesa noža.

Sústružnícke nože musia mať dobré rezné vlastnosti, musia byť tvrdšie ako obrábaný materiál, primerane húževnaté, dostatočne pevné a čo najodolnejšie proti opotrebeniu trením, najmä pri vyšších teplotách.

Tvar a rozmery sústružníckych nožov sú normalizované normou STN. Môžeme ich rozdeliť podľa niekoľkých hľadísk :

1. Podľa druhu materiálu sú nože :
 - z nástrojovej ocele zliatinovej – celistvé, zvarané na tupo,
 - z nástrojovej rýchloreznej ocele,
 - s vymeniteľnými reznými doštičkami (obr. 4.8).
2. Podľa charakteru obrábania sú nože hrubovacie a pre prácu na čisto.
3. Podľa spôsobu výroby sú nože celistvé, zvarané na tupo, s reznými platničkami, ktoré môžu byť spájkované, privarené, prilepené, zaliate alebo mechanicky upnuté.
4. Podľa smeru posuvu pri sústružení sú nože pravé a ľavé.
5. Podľa tvaru telesa noža sú nože priame, vyhnuté, ohnuté a osadené.
6. Podľa použitia sú nože uberacie, hladiace, zapichovacie a upichovacie, tvarové a vyvrtávacie.
7. Pre vonkajšie alebo vnútorné sústruženie.

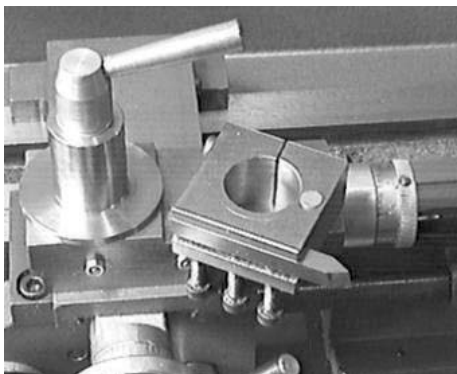


Obr. 4.6. Sada sústružníckych nožov

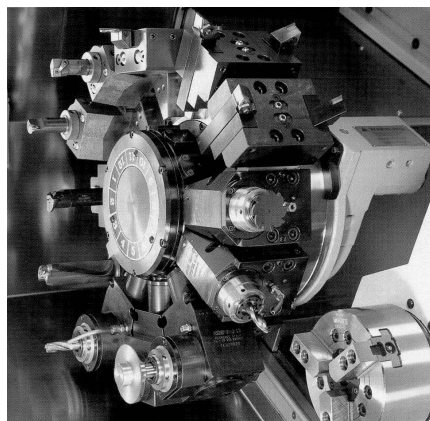


Obr. 4.7. Sústružnícky nôž s vymeniteľnou doštičkou

Upínanie nástrojov



Obr. 4.8. Nožový držiak



Obr. 4.9. Revolverová hlava

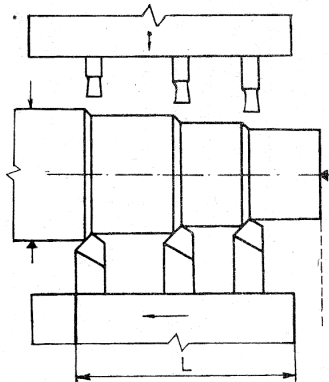
Pri sústružení, najmä pri hrubovaní vznikajú veľké rezné sily, nástroj a obrobok musí byť preto správne upnutý.

Nože upíname do upínacích hláv (nožových držiakov) (obr. 4.8). Hlava je otočná a umožňuje upnutie až štyroch nástrojov.

Pre upnutie viacerých nástrojov zoradených podľa technologického postupu sa používa revolverová hlava (obr. 4.9).

Produktivitu obrábania môžeme zvýšiť súčasným rezaním niekoľkými nástrojmi upnutými do osobitných nožových držiakov (obr. 4.10).

V súčasnosti sa využíva najmä automatická výmena zoradených nástrojov zo zásobníka ovládaného programom.



Obr. 4.10. Osobitný nožový držiak

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Aké sú charakteristické prvky nožov ?
2. Ako delíme sústružnícke nože ?
3. Aké spôsoby upínania nástrojov poznáme ?

4.5 Upínanie obrobkov

Upnutie má byť pevné, jednoduché a rýchle. Má zabezpečiť polohu a prenášanie krútiaceho momentu na obrábanú súčiastku. Spôsob upnutia závisí od tvaru, veľkosti, požadovanej presnosti a počte obrábaných súčiastok a tiež od typu sústruhu.

Medzi hroty sa upínajú hriadele, najmä väčších dĺžok a súčiastky, pri ktorých vyžadujeme presnú súosovosť medzi povrchom a osou otáčania. Obrobok musí mať na čelných plochách strediacu jamku. Krútiaci moment sa prenáša upínacím srdcom (obr. 4.11).

Obrobky s presným otvorom sa upínajú na **sústružnícky trň**. Trň má mierne kužeľový povrch (1:2500), na ktorý sa nalisuje obrobok. Potom sa upne medzi hroty.

Najčastejšie sa upína do **skľučovadiel**, ktoré upínajú materiál čeľustami (obr. 4.14).

Najpoužívanější je trojčeľustové univerzálne skľučovadlo. Pohyb čeľustí sa zabezpečuje ručne nástrčkovým kľúčom, ale je možné aj urýchlenie upínania pneumatickým, alebo hydraulickým ovládaním.

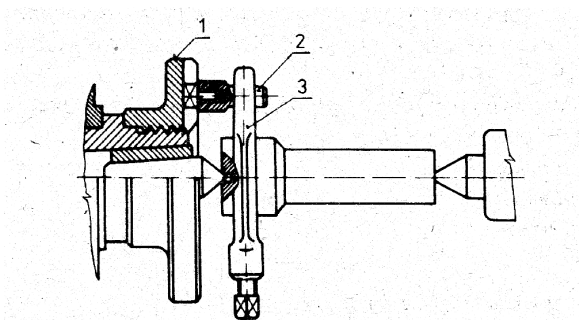
Pri sústružení ťažkých, alebo nepravidelných obrobkov používame na upínanie **lícne upínacie platne** (obr. 4.12). Majú štyri čeľuste, ktoré sa nastavujú jednotlivo skrutkami.

Súčiastky s jednou ofrézovanou plochou sa upínajú na **upínací uholník**. V tomto prípade je však potrebné vyvažovanie.

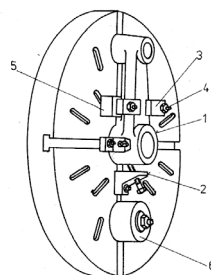
Na veľmi presné upínanie rotačných súčiastok malého priemeru sa používajú **klieštiny**. Sú to presne rozrezané puzdra (obr. 4.15).

V sériovej výrobe sa z obľubou využívajú **špeciálne prípravky**.

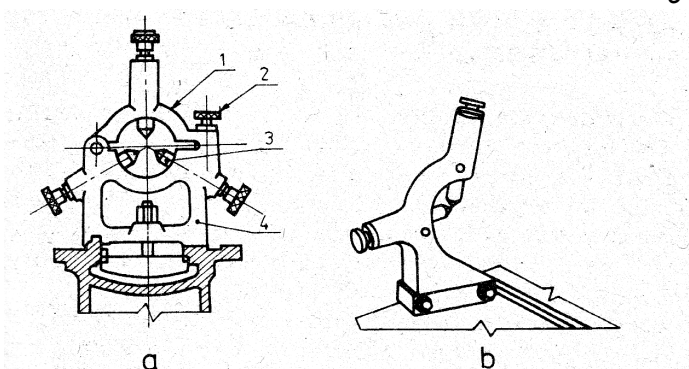
Dlhé a štíhle hriadele podopierame pri sústružení osobitnými opierkami – **lunetami** (obr. 4.13).



Obr. 4.11. Upínanie medzi hroty
1 – unášacia platňa, 2 – unášací kolík,
3 – unášacie srdce



Obr. 4.12. Lícna upínacia platňa
1 – obrobok, 2 – nastavovacia úpinka,
3 – plochá úpinka, 4 – upínacia skrutka,
5 – podpera úpinky, 6 – závažie



Obr. 4.13. Opierky
a – pevná, b – pohyblivá

1 – veko opierky, 2 – skrutka, 3 – nastaviteľné čel'uste, 4 – teleso opierky



Obr. 4.14. Skľ'učovadlo



Obr. 4.15. Klieština

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Od čoho závisí spôsob upnutia ?
2. Aké spôsoby upínania obrobkov na sústruhoch poznáte ?
3. Popíšte upínanie v skľ'učovadlách.

4.6 Rozdelenie sústruhov

Sústruhy sú obrábacie stroje s hlavným pohybom rotačným. Tvorí podstatnú časť obrábacích zariadení strojárskych podnikov.

Podľa polohy obrobku sústruhy rozdeľujeme na sústruhy :

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

Podľa konštrukčného vyhotovenia a účelu použitia sústruhy rozdeľujeme na :

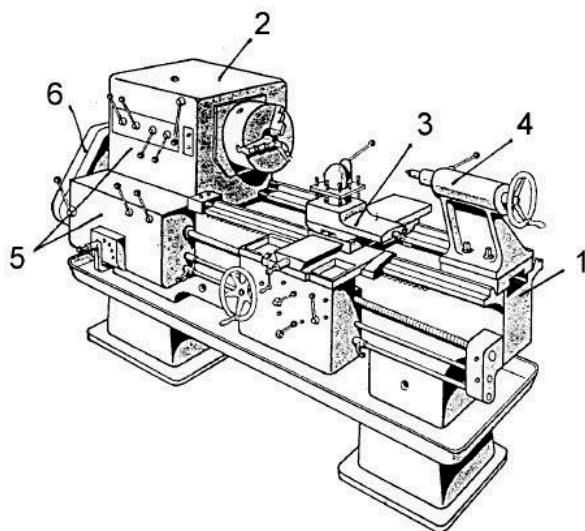
- hrotové,
- čelné,
- zvislé,
- revolverové,
- automatické,
- špeciálne,
- číslicovo riadené.

Najmodernejšie sú obrábacie centrá.

4.6.1 Hrotové sústruhy

Hrotové sústruhy sú určené na obrábanie valcových plôch obrobkov upnutých medzi hrotmi, v skľučovadle, na trňoch a pod. Môžu byť jednoduché a univerzálne.

Univerzálny hrotový sústruh je najrozšírenejší. Univerzálne sa nazývajú preto, lebo majú vodiacu skrutku, ktorá umožňuje rezanie závitov nožom a majú veľký rozsah otáčok aj posuvov.



Obr. 4.16. Univerzálny hrotový sústruh

1 – lôžko, 2 – vreteník, 3 – suport, 4 – koník, 5 – prevody, 6 – elektromotor

Obrobky sa na ňom upínajú medzi hroty. Jeden upínací hrot je zasadený vo vretene vreteníka a druhý v hrotovej objímke koníka. Možno na ňom obrábať súčiastky najrôznejších tvarov a všetky druhy normalizovaných závitov.

Veľkosť univerzálnych hrotových sústruhov je daná najväčším obežným priemerom D_o nad lôžkom a najväčšou vzdialenosťou hrotov L_o . Týmito rozmermi je obmedzený aj rozmer obrábanej súčiastky. Podľa veľkosti najväčšieho obežného priemeru sa hrotové sústruhy rozdeľujú na :

- malé – obežný priemer do 250 mm,
- stredné - obežný priemer od 300 do 900 mm,
- veľké - obežný priemer nad 1000 mm.

Pretože obrobok s priemerom D_o nie je možné obrábať po jeho celej dĺžke, je pre hrotové sústruhy dôležitý ďalší rozmerový parameter, a to **obežný priemer nad suportom D_s** (obr. 3b), ktorý je definovaný ako priemer kružnice opísanej okolo osi sústruženia najvzdialenejším bodom obrobku, ktorý sa môže voľne otáčať nad priečnymi saňami suportu. Jeho veľkosť závisí od konštrukcie suportu stroja a je spravidla v rozsahu 0,5 až 0,85-násobku obežného priemeru

nad lôžkom.

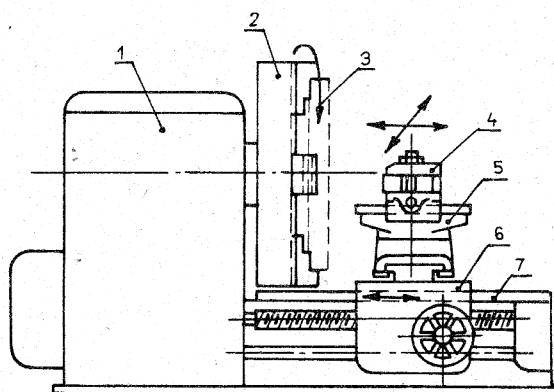
Hlavné časti hrotového sústruhu sú : lôžko, vreteník, suport, koník a posuvný mechanizmus (obr. 4.16).

4.6.2 Čelné sústruhy

Na sústruženie rozmernejších prírubových súčiastok malých dĺžok používajú sa v kusovej výrobe čelné sústruhy (obr. 4.19). Obrobok sa upína na lícnu platňu, lôžko so suportom tvoria samostatnú jednotku. V moderných obrobniach sa čelné sústruhy nahrádzajú zvislými sústruhmi s vodorovnou upínacou platňou.

Nevýhodou čelných sústruhov je namáhavé upínanie a vyrovňovanie súčiastok.

Výhodou je malá hmotnosť a menšia pôdorysná plocha stroja.



Obr. 4.19. Čelný sústruh

1 – vreteník, 2 – upínacia platňa, 3 – obrobok, 4 – nožová hlava, 5 – pričný suport, 6 – pozdĺžny suport, 7 – lôžko

4.6.3 Zvislé sústruhy

Na obrábanie rozmerných a ťažkých súčiastok používajú sa zvislé sústruhy (karusely). Vhodné sú na sústruženie valcových, kužeľových a čelných plôch. Možno na nich vŕtať, vyvrtávať, rezať závitov a po určitej úprave aj obrábať, frézovať a brúsiť. Veľkosť zvislých sústruhov je charakterizovaná najväčším obežným priemerom. Tieto priemery sú normalizované v rade R 10 od 800 do 20000 mm. Do priemeru 1200 mm sú zvislé sústruhy jednostojanové, s väčším priemerom dvojstojanové. *Jednostojanové sústruhy* majú na stojane priečnik pohybujúci sa zvislo po vedení stojanu. Na priečniku je suport, ktorý má spravidla päťbokú revolverovú hlavu na upínanie nástrojov. Ďalší suport - bočný, je na vedení stojana. *Dvojstojanové zvislé sústruhy* majú priečnik vedený na dvoch stojanoch a na ňom zvyčajne dva suporty. Bočný suport je na jednom alebo na oboch stojanoch. Ako osobitné príslušenstvo sa dodáva zariadenie na sústruženie kužeľov, na rezanie závitov a kopírovacie zariadenie. Konštrukcia zvislých sústruhov umožňuje obrábať viacerými nástrojmi súčasne.

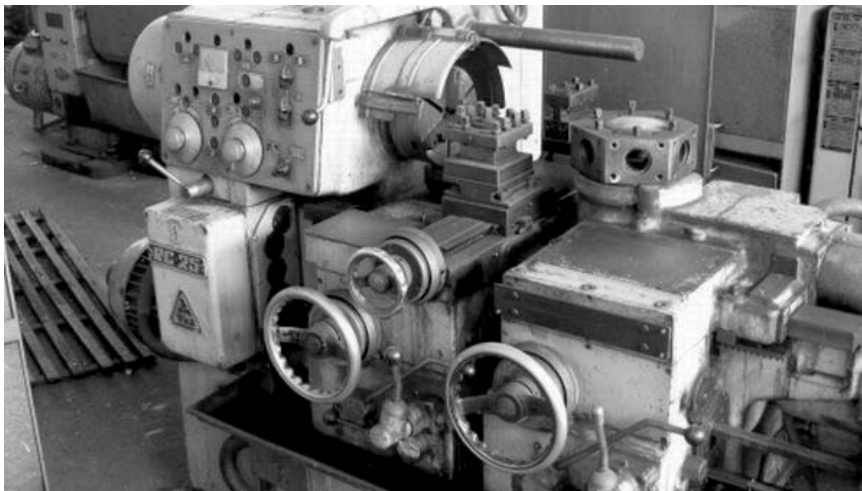
4.6.4 Revolverové sústruhy

V sériovej výrobe, najmä na obrábanie súčiastok, ktorých výrobný postup umožňuje vykonať viac úsekov na jedno upnutie (napr. sústruženie, vŕtanie, vyvrtávanie, vystružovanie, rezanie závitov) uplatňujú sa revolverové sústruhy (obr. 4.20). Charakteristickou časťou revolverového sústruhu je *revolverová hlava*, v ktorej možno upnúť potrebné nástroje. Veľkosť revolverových sústruhov sa určuje podľa maximálneho priemeru tyče, ktorá prejde vretenom :

- malé - priemer tyče 12 až 25 mm,

- stredné - priemer tyče 32 až 63 mm,
- veľké - priemer tyče 80 až 315 mm.

Revolverové sústruhy s vodorovnou osou revolverovej hlavy majú tieto hlavné časti: lôžko, vreteník, posuvnú prevodovku a revolverový suport. Revolverová hlava má tvar plochého kotúča s dvanástimi až šestnástimi dierami na upnutie nástrojov (jedného alebo aj viacerých) v špeciálnom nožovom držiaku. Hlava je upnutá na hriadeli, na konci ktorého je narážkový kotúč alebo bubon. Každá narážka obmedzuje dĺžku pracovnej dráhy jedného nástroja. Otáčaním revolverovej hlavy dá sa sústružiť priečne, zapichovať a upichovať. Môže sa tiež pozdĺžne aj priečne kopírovať podľa šablóny. Veľký počet nástrojových miest v revolverovej hlave umožňuje obrábať aj najzložitejšie obrobky jednoduchými nástrojmi pri jednom upnutí. Niektoré druhy revolverových sústruhov majú okrem revolverovej hlavy aj priečny suport s jednou alebo dvoma nožovými hlavami. Revolverové sústruhy so zvislou osou revolverovej hlavy majú hlavu najčastejšie šesťbokú. Nástroje sa upínajú na bočné plochy revolverovej hlavy a nožových hláv priečnych suportov.



Obr. 4.20. Revolverový sústruh

4.6.5 Sústružnícke automaty

Tieto sústruhy sa uplatňujú vo veľkosériovej a hromadnej výrobe. Východiskovým polovýrobkom sú zvyčajne tyče, ktorých obrábanie, vrátane podávania, je úplne automatizované. Podľa počtu pracovných vretien rozdeľujú sa na jednovretenové a viacvretenové. Podľa použitého systému automatizácie sa delia na *krivkové*, pri ktorých sú všetky funkcie ovládané pevnými alebo výmennými vačkami, usporiadanými na hlavnom pozdĺžnom hriadeli, a *bezkrivkové*, ktorých pracovný cyklus sa riadi narážkami. Jednovretenové automatické sústruhy sa delia na zapichovacie, pozdĺžne a revolverové. Majú päť až šesť suportov, vejárovito rozložených okolo pracovného vretena. Tieto suporty môžu vykonávať len priečny zapichovací posuv. Na *zapichovacích automatických sústruhoch* s pevným vreteníkom možno tvarovými nožmi obrábať len krátke súčiastky. Pri pozdĺžnych automatoch s posuvným vreteníkom, tzv. dlhotočivých, sa materiál vedie v pevnom puzdre. Pozdĺžny posuv sa vyvodzuje pohybom vreteníka, v ktorého klieštine je materiál upnutý. Nože do materiálu zabierajú tesne pri vodiacom puzdre, čo umožňuje obrábať dlhé súčiastky malých priemerov. Pri *krivkových revolverových automatoch* sa nástroje upínajú do revolverovej hlavy. Pracovný cyklus revolverovej hlavy a dvoch až troch priečných suportov (predný, zvislý, zadný) sa riadi krivkovými bubnami a vačkami. Pracovný cyklus

bezkrivkového revolverového automatu sa riadi narážkami otáčavého bubna. *Viacvretenové sústružnícke automaty* sú určené na obrábanie tyčového materiálu rozličného prierezu.

V automatickom cykle sa tyče upínajú do klieštín vo vretenách. Veľkosť týchto strojov je charakterizovaná maximálnym priemerom obrábaného materiálu. Súčasným obrábaním na viacerých obrábacích staniciach podstatne sa skracujú výrobné časy. Všetky obrábacie stanice môžu byť nastavené na postupné obrábanie jedného obrobku, alebo môžu pri použití dvojindexu súčasne obrábať dva jednoduchšie obrobky (môžu mať buď rovnaký, alebo rozličný tvar).

4.6.6 Špeciálne sústruhy

Sú to stroje skonštruované podľa požiadavok používateľov (napr. pre výrobcov zariadení ropného priemyslu, výroba veľkorozmerových rúrok, opracovanie veľkorozmerových valcových plôch a pod.)

Medzi špeciálne sústruhy patria :

- špeciálny sústruh na obrábanie drobných súčiastok,
- štvorvretenový automat,
- závitovacie sústruhy pre výrobu valcových, kužeľových aj viacchodových závitov (vonkajšie aj vnútorné) pri max. hĺbke závitú 8 mm a pod.

4.6.7 Číslicovo riadené sústruhy

Tieto sústruhy sa bežne označujú skratkou NC (z anglického Numerical Control), to znamená číslicové riadenie. Riadené sú číselnými príkazmi zaznamenanými dierovaním na papierovú diernu pásku, na magnetickú pásku alebo uloženými do vnútornej pamäti riadiaceho systému.



Obr. 4.21. Sústruh SF 43 CNC

Informácie určujú požadované dĺžky posuvov a ich hodnoty v mm za otáčku alebo mm za minútu, otáčky vretena a pomocné funkcie ako pootáčanie revolverovej hlavy, zapínanie chladenia atď. Číslicovo riadené sústružnícke stroje sa vyrábajú v rozličných konštrukčných vyhotoveniach, aby v širších medziach spĺňali požiadavky používateľov. V zásade sa opäť delia na hrotové, revolverové s čelnou obsluhou, zvislé aj viacvretenové. Ešte širšie možnosti má systém CNC (z ang. Computer Numerical Control), ktorého základom je malý počítač. Pri strojoch s riadením NC je program (alebo väčší počet programov) zaznamenaný do vnútornej pamäti. Možno ho potom upravovať (upresňovať) počas obrábania prvého obrobku aj ďalších obrobkov. Podľa druhu lôžka a usporiadania vodiacich plôch rozdelíme NC revolverové

sústruhy na stroje s vodorovným alebo zvislým (príp. šikmým) lôžkom. Moderné výkonné sústruhy majú väčšinou zvislé alebo šikmé lôžko, ktoré umožňuje dobrý odvod triesok z pracovného priestoru. Niektoré druhy číslicovo riadených sústruhov majú zásobník nástrojov, zariadenie na nesúosové a na os rotácie kolmé vrtanie 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 číslicovo riadených sústruhov zásobníkom obrobkov a manipulátorom na ich automatickú výmenu vznikajú automatizované *technologické pracoviská*.

4.6.8 Sústružnícke obrábacie centrá

Sústružnícke obrábacie centrá sú určené na opracovanie rotačných súčiastok vrátane tzv. sekundárnych operácií (operácií dopĺňajúcich hlavnú technologickú operáciu). Táto skupina strojov umožňuje komplexné obrobenie súčiastky na jedno upnutie.

Sústružnícke obrábacie centrá sa delia :

- s osou pracovného vretena v horizontálnej polohe,
- obrábacie centrá karuselové – s vertikálnou osou pracovného vretena.



Obr. 4.22. Sústružnícke obrábacie centrum Miyano

KONTROLNÉ OTÁZKY:

1. Ako delíme sústruhy ?
2. Popíšte univerzálny hrotový sústruh.
3. Vymenujte výhody a nevýhody čelných sústruhov.
4. Na čo sa využívajú zvislé sústruhy ?
5. Aké poznáme rozdelenie revolverových sústruhov ?
6. Na čo slúžia sústružnícke automaty ?
7. Aké špeciálne sústruhy poznáte ?
8. Charakterizujte číslicovo riadené sústruhy.
9. Popíšte sústružnícke obrábacie centrá.

5 Frézovanie

5.1 Základné bezpečnostné a protipožiarne predpisy

Z hľadiska bezpečnosti práce jednou z prvoradých povinností každého prevádzkovateľa stroja je zabezpečenie dôkladného školenia pracovníkov, ktorí pracujú na obrábacích strojoch. Bezpečnostné predpisy pre frézovanie určuje norma STN 20 0700 a STN 20 0711. Popri požiadavkách na konštrukciu strojov z hľadiska ich montáže a dopravy, údržby, hlučnosti a chvenia, požiadavkách na konštrukciu elektrického zariadenia a požiadavkách na rozmiestnenie strojov určujú predpisy aj povinnosti obsluhy pred začatím práce, počas prevádzky a po skončení práce a požiadavky na vystrojenie pracovníka.

Z nich najdôležitejšie sú :

1. Frézovacie stroje musia mať ochranné kryty.
2. Elektrická výzbroj a inštalácia musí spĺňať príslušné normy.
3. Poruchy na elektrickej inštalácii, elektrickom vedení a osvetlení nesmie pracovník odstraňovať sám.
4. Hlučnosť stroja nesmie prekročiť najvyššie prípustné hodnoty stanovené hygienickými predpismi a technickými normami.
5. Spoje rúrok alebo hadíc musia byť tesné, aby sa neznečistovalo okolie kvapalinou.
6. Stroj má byť umiestnený tak, aby robotník nebol rušený prevádzkou na susedných pracoviskách.
7. Odletujúce triesky a chladiaca kvapalina nesmú ohrozovať pracovníkov na vedľajších pracoviskách.
8. Pracovisko treba udržiavať v čistote a poriadku.
9. Pri skladovaní horľavín a ľahko zápalných materiálov (pohonné látky, farby, riedidlá a p.) na pracoviskách treba dodržiavať STN 65 0201.
10. Použitie čistiace materiály (čistiaca vlna, handry, kúdel') sa musia odkladať do kovových nádob s vekami. Po každej smene ich treba vyprázdniť.
11. Počas chodu stroja nie je dovolené vymieňať nástroj, upínať, vyberať a merať obrobok, čistiť, ani mazať.
12. Nosiť pracovný odev bez voľných častí s priliehajúcimi rukávami a nohavicami, nosiť vhodnú pracovnú obuv a prikrývku hlavy.
13. Podľa potreby používať ochranné rukavice, okuliare alebo ochranný štít.
14. Pri odstraňovaní triesok zo stroja používať ochranné pomôcky ako háčiky s rúčkou a chráničom ruky, zmetáky, štetce, škrabky a p.
15. Pri odchode z pracoviska vypnúť stroj.

Častou príčinou požiarov je nevedomosť a podceňovanie nebezpečenstva vzniku požiaru. Zdrojom požiaru môže byť aj nedodržiavanie protipožiarnych opatrení počas pracovnej smeny, zanedbávanie upratovania pracovísk po skončení smeny a povrchná prehliadka pracoviska pred odchodom zo smeny.

Na likvidáciu požiaru na pracoviskách sú najčastejšie určené ručné hasiace prístroje, ktoré sú vhodné na hasenie :

- vodné – drevo, papier, slama, textil, pevné organické látky,
- penové – minerálne oleje, tuky, benzín, asfalt, farby, laky,
- snehové (CO₂) – elektrické zariadenia, tekuté horľaviny, tuky, potraviny, prístroje jemnej mechaniky,
- práškové – elektrické zariadenia, drevo, tkaniny, papier,
- tetrachlórové – elektrické zariadenia, tekuté horľaviny, benzín, olej, tuky.

Musia byť uložené na viditeľnom a prístupnom mieste. Pravidelne ich treba kontrolovať a pracovníci sa musia oboznámiť s ich použitím.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

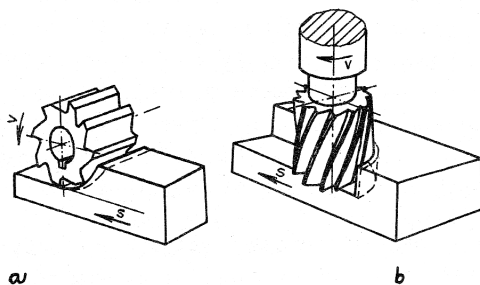
5. Prečo sa musia dodržiavať základné bezpečnostné a protipožiarne predpisy ?
6. Ako má byť upravené pracovné oblečenie ?
7. Čo nie je dovolené robiť počas chodu stroja ?
8. Ako sa majú odstraňovať triesky ?
9. Aké druhy ručných hasiacich prístrojov poznáme ?

5.2 Podstata frézovania

Frézovanie patrí medzi najpoužívannejšie 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 takýchto plôch je rýchlejšie a lacnejšie než napr. hoblovanie alebo obrážanie.

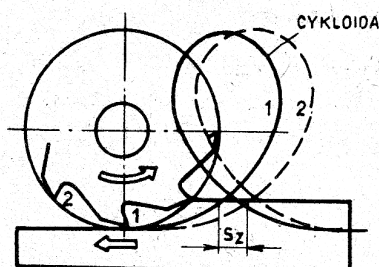
Frézovanie je obrábanie, pri ktorom sa rotačný nástroj s viacerými reznými klinmi (zubami) otáča a obrobok sa rovnomerne posúva tak, aby jednotlivé zuby postupne prichádzali do záberu a odrezávali samostatnú triesku.

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. 5.1).



Obr. 5.1. Pohyby pri frézovaní – a – valcovom, b – čelnom
 v – hlavný rezný pohyb, s – posuvný pohyb

Môže byť priamočiary alebo kruhový, spravidla kolmý na os otáčania frézy. Výsledný rezný pohyb je cykloida (obr. 5.2).



Obr. 5.2. Dráha reznej hrany zuba

Otáčavý pohyb frézy a posuvný pohyb obrobku sú navzájom v určitom vzťahu danom kvalitou frézovaného povrchu, ale od seba nezávisia. Od ich správnej voľby závisí hospodárnosť frézovania.

Prednosťou frézovania napr. oproti hoblovaniu, ale aj sústruženiu je, zuby frézy zaberajú do materiálu postupne a v zábere sú spravidla len menšou časťou otáčky. Pri hoblovaní alebo sústružení je nôž v zábere počas celého rezného pohybu, čo spôsobuje vyššie zahriatie

a rýchlejšie otupenie nástroja. Väčšiu časť otáčky sa zuby frézy pohybujú vo vzduchu, čím sa čiastočne ochladia a menej otupujú. Preto fréza môže pracovať s vyššou reznou rýchlosťou ako jednoklinový rezný nástroj, teda s väčším výkonom. Aj akosť frézovanej plochy je lepšia ako pri hobľovaní. Veľkou výhodou frézovania je, môžeme frézovať aj také plochy, ktoré sa hobľovaním alebo sústružením obrobit' nedajú alebo len veľmi ťažko a drahó (napr. zakrivené plochy, neúplné valcové plochy a p.).

Nevýhodou frézovania sú pomerne veľké náklady na výrobu a údržbu fréz. Frézované plochy sú hladšie ako hobľované, ale majú nepravidelný vzhľad a zaškrabávajú sa s väčšou námahou.

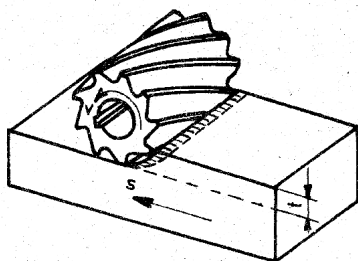
KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Čo je to frézovanie ?
2. Aké poznáme pohyby pri frézovaní ?
3. Aké sú výhody a nevýhody frézovania ?

5.3 Rezné podmienky

Rezné podmienky pri frézovaní tvorí (obr. 5.3):

- rezná rýchlosť v
- posuv s
- hĺbka rezu t



Obr. 5.3. Rezné podmienky pri frézovaní
 v – rezná rýchlosť, s – posuv, t – hĺbka rezu

Rezné podmienky sa určujú tak, aby náklady na frézovanie (náklady na výmenu a brúsenie frézy) pri zachovaní produktivity práce boli minimálne. Takéto rezné podmienky sa nazývajú hospodárne rezné podmienky. Dôležitým činiteľom ovplyvňujúcim hospodárnosť frézovania je trvanlivosť nástroja, t.j. čas práce frézy medzi dvoma ostreniami. Otupenie frézy sa prejaví zhoršením akosti obrábaného povrchu, chvením nástroja a zmenšenou presnosťou výroby. Frézou môžeme pracovať tak dlho, pokiaľ jej otupenie nedosiahne predpísanú hodnotu. Veľké otupenie vyžaduje vyššie náklady na ostrenie, zuby sa musia viac zbrúsiť, tým sa zmenšuje počet možných ostrení a skracuje sa životnosť frézy. *Rezná rýchlosť* – v – sa zhoduje s obvodovou rýchlosťou reznej hrany. Vypočítame ju ako dráhu, ktorú prejde rezná hrana každého zuba frézy za minútu :

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

kde D – priemer frézy (mm),
 n – počet otáčok frézy za minútu (min^{-1})
 π – konštanta Ludolfovo číslo (približne 3,14)
 Rezná rýchlosť sa udáva v metroch za minútu ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$).

Príklad : Akou reznou rýchlosťou frézujeme, ak fréza priemeru $D = 80 \text{ mm}$ sa otáča 150-krát za minútu?

Riešenie :

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 150}{1000} = 38 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

Frézujeme reznou rýchlosťou $38 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

Na rýchle určenie veľkosti reznej rýchlosti sa v praxi používajú tabuľky odporúčaných rezných rýchlostí. Pomocou nich môžeme určiť veľkosť reznej rýchlosti pre daný materiál obrobku a zvolený druh frézy (tab.5.1 a 5.2).

V praxi je častejšia úloha určiť pre vyhladanú reznú rýchlosť zodpovedajúci počet otáčok frézy (vretena stroja) za minútu. Vzorec na výpočet otáčok frézy dostaneme úpravou vzorca pre reznú rýchlosť :

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad (\text{min}^{-1})$$

Príklad : Aké otáčky treba nastaviť na frézovačke pri frézovaní valcovou frézou priemeru $D = 100 \text{ mm}$ pre zvolenú reznú rýchlosť $v = 30 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$?

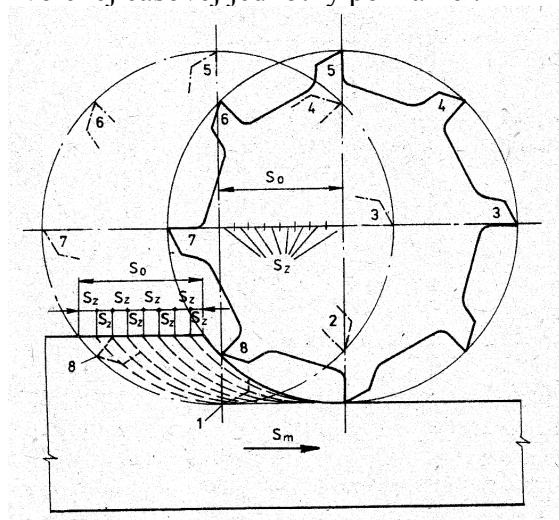
Riešenie :

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 100} = \frac{300}{3,14} \doteq 95 \text{ min}^{-1}$$

Na frézovačke treba nastaviť otáčky 95 min^{-1} .

Vypočítané otáčky frézy sa väčšinou na frézovačke nedajú nastaviť, lebo prevodovka pre vreteno stroja nemá vypočítaný stupeň otáčok. V takom prípade sa nastaví najbližší nižší stupeň otáčok.

Posuvom s do záberu nazývame pohyb stola frézovačky s upnutým obrobkom k miestu rezania – pohyb do záberu. Udáva sa v mm. Je to vlastne rýchlosť pohybu obrábaného materiálu (obrobku) do záberu za jednotku času, najčastejšie za jednu minútu. Podľa veľkosti zvolenej časovej jednotky poznáme :



Obr. 5.4. Druhy posuvov

s_m – posuv za minútu, s_o – posuv na otáčku, s_z – posuv na zub

a) posuv za minútu s_m – je to dráha v mm, ktorú prejde obrobok za jednu minútu,

- b) posuv za otáčku frézy s_o - je to dráha v mm, ktorú prejde obrobok počas jednej otáčky frézy,
- c) posuv na zub frézy s_z - je to dráha v mm, ktorú prejde obrobok za čas pootočenía frézy o jeden zub (obr. 5.4).

Ak poznáme posuv za minútu s_m , hodnoty posuvu za otáčku s_o a posuv na zub s_z vypočítame zo vzorcov :

$$s_o = \frac{s_m}{n}; \quad s_z = \frac{s_o}{z} = \frac{s_m}{n \cdot z};$$

kde n – počet otáčok frézy za minútu
 z – počet zubov frézy

Príklad : Vypočítajte posuv na otáčku frézy a posuv na zub frézy, ak fréza má počet zubov $z = 10$ a otáča sa 150-krát za minútu pri posuve $s_m = 120 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$.

Riešenie :

1. Posuv za otáčku frézy :

$$s_o = \frac{s_m}{n} = \frac{120}{150} = 0,8 \quad (\text{mm})$$

2. Posuv na zub frézy :

$$s_z = \frac{s_o}{z} = \frac{0,8}{10} = 0,08 \quad (\text{mm/z})$$

Posuv za otáčku frézy je 0,8 mm a posuv na zub frézy je 0,08mm.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

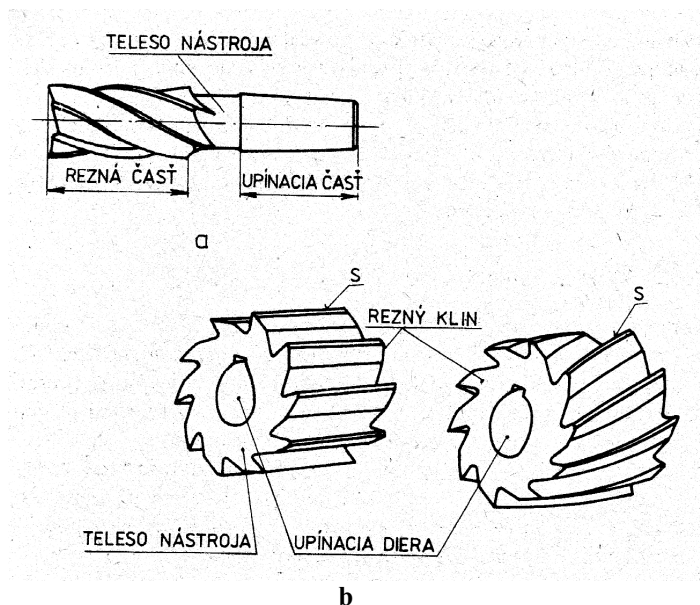
1. Čo tvorí rezné podmienky pri frézovaní ?
2. Ako sa vypočíta rezná rýchlosť ?
3. Podľa čoho sa určuje rezná rýchlosť v praxi ?
4. Ako sa vypočítajú otáčky frézy aj poznáme reznú rýchlosť ?
5. Aké druhy posuvov pri frézovaní poznáme ?
6. Aké sú vzťahy medzi jednotlivými druhmi posuvov ?

Cvičenie 1 : Vypočítajte otáčky valcovej frézy z rýchloreznej ocele pri frézovaní súčiastky z temperovej liatiny, ak priemer frézy $D = 100 \text{ mm}$.

Cvičenie 2 : Vypočítajte otáčky čelnej valcovej frézy s platničkami zo spekaných karbidov pri frézovaní súčiastky z ocele pevnosti 650 Mpa, ak priemer frézy $D = 120 \text{ mm}$ a počet zubov $z = 16$. Určite tiež všetky druhy posuvov za minútu s_m , za otáčku s_o a na zub s_z .

5.4 Geometria rezného nástroja

Frézovacie nástroje sa skladajú z reznej a upínacej časti (obr. 5.5). Frézy sú viaclinné nástroje s reznými hranami (zubami) usporiadanými na valcovej, kužeľovej alebo inej tvarovej ploche telesa frézy. Každý zub frézy je jednoduchý sústružnícky nôž. Základný tvar zubov fréz závisí od spôsobu ich výroby. Zuby môžu byť vyrobené iba frézovaním alebo sú podsústružené na chrbte.



Obr. 5.5. Časti fréz a – stopkových, b – nástrčných

1 – čelo zuba je plocha, po ktorej odchádza odrezávaná trieska. Môže byť rovné, oblé alebo lomené.

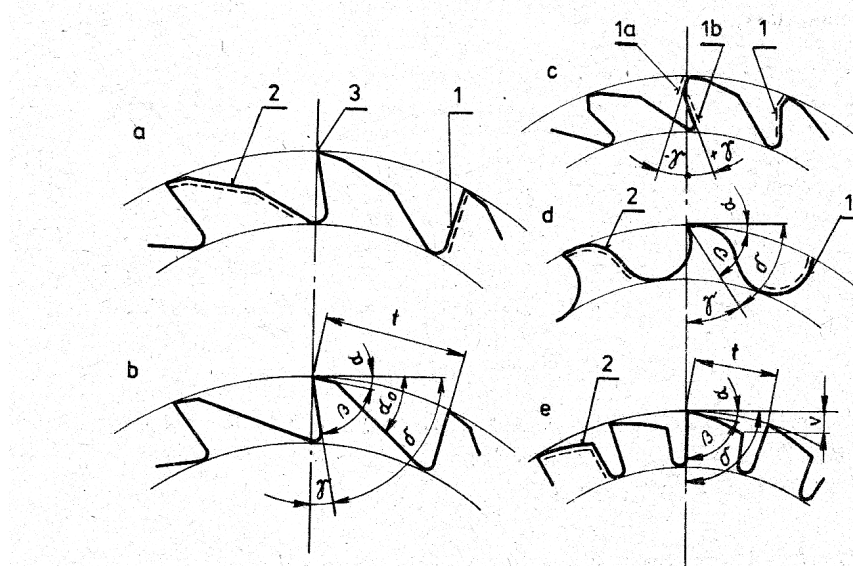
2 – chrbát zuba je plocha odklonená od obrobenej plochy obrobku. Môže byť rovný, lomený alebo spojitý.

3 – rezná hrana je priesečnica čelnej a chrbtovej plochy zuba.

Rezný klin je klinovitá časť zuba, ktorá odrezáva triesku.

Fazetka je úzka zbrúsená časť chrbta zuba (frézovaného) za reznou hranou.

Zubové drážka je priestor medzi jednotlivými zubami, ktorým odchádzajú odrezané triesky.



Obr. 5.6. Tvar a geometria zubov fréz frézovaných - a až d, podsústružených - e
1 – čelná plocha zuba, 1a – podbrúsenie čelnej plochy ($-\gamma$), 1b – kladná čelná plocha ($+\gamma$), 2 – chrbtová plocha zuba, 3 – rezná hrana, α – uhol chrbta, α_0 – uhol odklonu chrbta, β – uhol rezného klina, γ – uhol čela, δ – uhol rezu, t – rozstup zubov, v – výška podsústruženia

Geometria zubov frézy je daná uhlom chrbta α , uhlom rezného klina β , uhlom čela γ , a uhlom rezu δ (obr. 5.6). Veľkosti jednotlivých uhlov sú už ustálené na základe praktických skúšok a sú normalizované v závislosti od druhu frézy a frézovaného materiálu.

KONTROLNÉ OTÁZKY

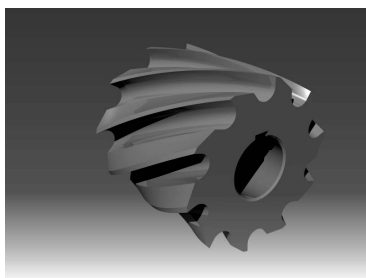
1. Čo je to fréza ?
2. K čomu možno prirovnať zub frézy ?
3. Popíšte geometriu frézy.
4. Odkiaľ zistíme veľkosti jednotlivých uhlov ?

5.5 Rozdelenie fréz

Frézy rozdeľujeme podľa viacerých kritérií (STN 22 2110 až STN 22 2520) a to :

1. podľa plôch na ktorých sú rezné hrany na :

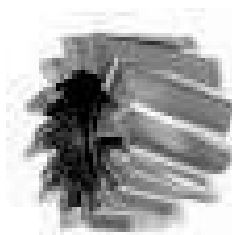
- a) valcové frézy – majú rezné hrany len na valcovej ploche (obr. 5.7),
- b) kužeľové frézy – majú rezné hrany len na kužeľovej ploche (obr. 5.8),
- c) čelné frézy – čelné valcové frézy – majú rezné hrany na jednej čelnej ploche a na valcovej ploche (obr. 5.9),
 - čelné kužeľové frézy – majú rezné hrany na jednej čelnej ploche a na kužeľovej ploche,
- d) kotúčové frézy – majú rezné hrany na úzkej valcovej ploche a spravidla aj na oboch čelných plochách,
- e) tvarové frézy – majú rezné hrany na tvarovej ploche (obr. 5.10) :
 - zaobľovacie frézy – vypuklé a vyduté,
 - uhlové frézy,
 - modulové frézy,
 - frézy na závit,
- f) špeciálne frézy – tvar reznej hrany majú upravený tak, že požadovaný tvar frézovanej plochy je vlastne výslednicou vzájomného pohybu frézy a obrobku (obr. 5.11).



Obr. 5.7. Valcové frézy



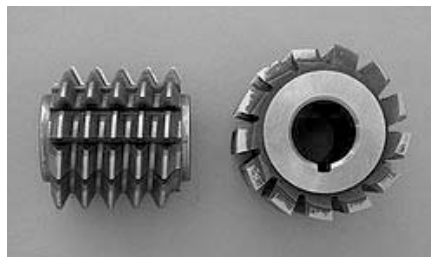
Obr. 5.8. Kužeľové frézy



Obr. 5.9. Čelná valcová fréza (odvaľovacia)



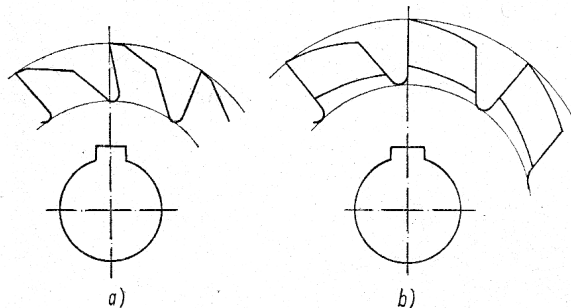
Obr. 5.10. Tvarové frézy



Obr. 5.11. Špeciálne frézy

2. podľa spôsobu výroby zubov na :

- frézy s frézovanými zubami – majú zuby len frézované a konečný tvar rezného klina sa vytvorí brúsením (obr. 5.12 a),
- frézy s podsústruženými zubami – majú chrbtovú plochu vytvorenú podsústružením alebo podbrúsením (obr. 5.12 b).



Obr. 5.12. a) frézy s frézovanými zubami, b) frézy s podsústruženými zubami

3. podľa pomeru počtu zubov k priemeru frézy na :

- jemnozubé (obr. 5.14),
- polohrubozubé,
- hrubozubé (obr. 5.13).



Obr. 5.13. Čelná valcová hrubozubá



Obr. 5.14. Čelná valcová jemnozubá fréza

4. podľa priebehu rezných hrán na :

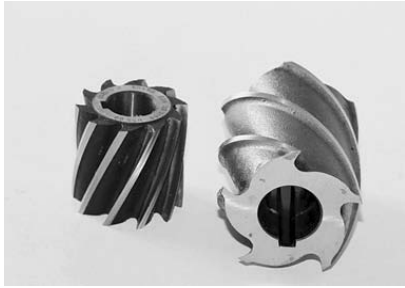
- frézy s priamymi reznými hranami – majú zuby rovnobežné s osou frézy alebo ju pretínajú alebo sú mimobežné s osou (obr. 5.15),
- frézy s reznými hranami v skrutkovici,
- frézy so striedavým sklonom rezných hrán (obr. 5.15).



Obr. 5.15. Frézy s priamymi reznými hranami a so striedavým sklonom rezných hrán

5. podľa spôsobu upínania na :

- frézy nástrčné (s otvorom) – upínajú sa na frézovací trň alebo na predný koniec vretena frézovačky (obr. 5.16),
- frézy stopkové – so stopkou valcovou alebo kužeľovou (obr. 5.17).



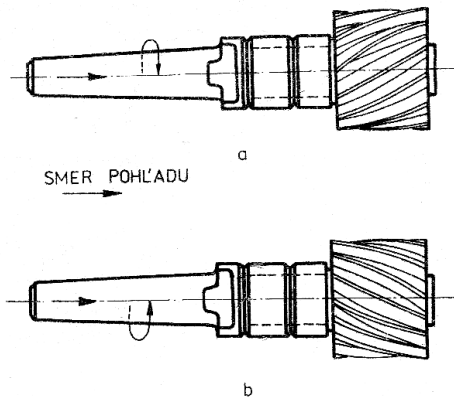
Obr. 5.16. Nástrčné frézy



Obr. 5.17. Stopkové frézy

6. podľa smeru otáčania na :

- a) pravorezné – otáčajú sa v smere hodinových ručičiek (obr. 5.18 a),
- b) ľavorezné – otáčajú sa proti smeru pohybu hodinových ručičiek (obr. 5.18. b).



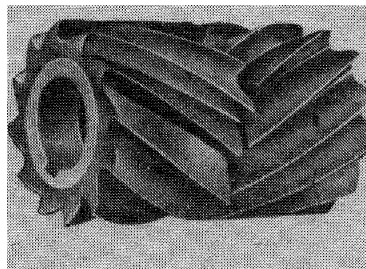
Obr. 5.18. a – pravorezná fréza, b – ľavorezná fréza

7. podľa počtu dielov, z ktorých sa fréza skladá na :

- a) frézy celistvé – teleso aj zuby sú z jedného kusa alebo rezné hrany sú z iného materiálu, ale sú pevne (nerozoberateľne) spojené s telesom frézy,
- b) frézy s vymeniteľnými zubami (frézovacie hlavy) – zuby sú vsadené do telesa a upevnené napr. skrutkami (obr. 5.19),
- c) frézy delené – skladajú sa z viacerých častí (obr. 5.20),
- d) frézy zložené – ide o viaceré samostatné celistvé frézy upnuté na spoločnom frézovacom tŕni (obr. 5.21).



Obr. 5.19. Frézovacia hlava

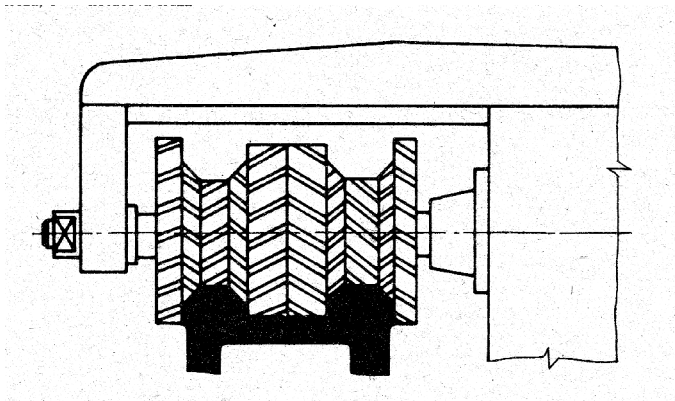


Obr. 5.20. Valcová fréza delená

8. podľa použitia na :

- a) frézy na frézovanie rovinných plôch – valcové, čelné valcové, frézovacie hlavy,
- b) frézy na frézovanie šikmých plôch – kužeľové, uhlové,
- c) frézy na frézovanie tvarových plôch (tvarové) – zaobľovacie, modulové,
- d) frézy na frézovanie drážok – kotúčové, stopkové, na T drážky, na rybinovité drážky,
- e) frézy na závit – kotúčové, hrebenkové,

- f) frézy na ozubenie – modulové, odvaľovacie,
- g) frézy kopírovacie.



Obr. 5.21. Zložená fréza

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Ako delíme frézy podľa plôch na ktorých sú rezné hrany ?
2. Ako delíme frézy podľa spôsobu výroby zubov ?
3. Ako delíme frézy podľa pomeru počtu zubov k priemeru frézy ?
4. Ako delíme frézy podľa priebehu rezných hrán ?
5. Ako delíme frézy podľa spôsobu upínania ?
6. Ako delíme frézy podľa smeru otáčania ?
7. Ako delíme frézy podľa počtu dielov, z ktorých sa fréza skladá ?
8. Ako delíme frézy podľa použitia ?

5.6 Upínanie fréz

Frézy sa musia upnúť pevne a spoľahlivo. Nesprávne upnutie spôsobuje hádzanie, nerovnaké namáhanie zubov a nekvalitný obrábaný povrch. Spôsob upnutia závisí najmä od konštrukcie, druhu a rozmerov frézy.

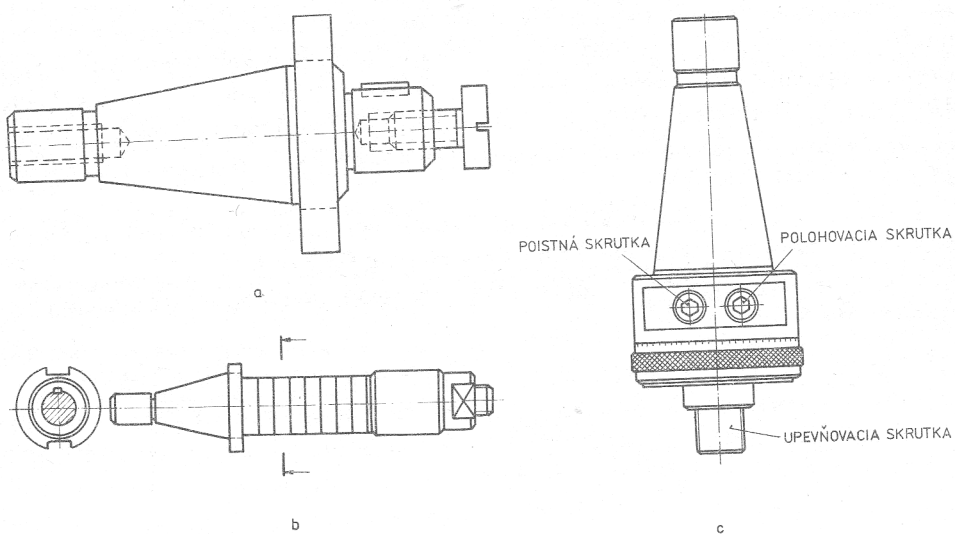
1. Frézy s otvorom (valcové, kotúčové, tvarové, frézovacie hlavy a pod.) sa upínajú frézovacími trňmi (obr. 5.22). Male frézovacie hlavy a čelné valcové frézy sa upínajú letmo (bez podopretia) na krátky frézovací trň. Valcové, kotúčové a tvarové frézy sa upínajú na dlhý frézovací trň. Tento trň je kužeľovou stopkou uložený v kužeľovej dutine vretena a druhý valcový koniec je podopretý v ložisku podperného ramena. Veľkosti frézovacích trňov sú normalizované a priemery valcovej časti zodpovedajú priemerom otvorov fréz.

2. Stopkové frézy môžu mať stopku valcovú alebo kužeľovú.

Frézy s kužeľovou stopkou sa upínajú priamo do vretena frézovačky, a to vtedy, keď kužeľ na upínacej stopke je zhodný s kužeľom v dutine vretena frézovačky. Ak kužele nie sú zhodné použije sa redukčné puzdro.

Frézy s valcovou stopkou sa upínajú do upínacích hlavičiek s vymeniteľnými rozpínacími puzdrami (obr. 5.23, 5.24, 5.25).

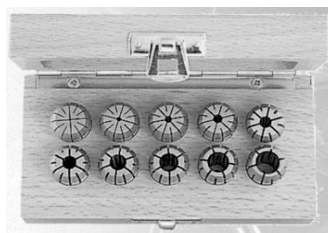
3. Veľké frézovacie hlavy sa upínajú priamo na vonkajší kužeľ vretena frézovačky (obr. 5.26). Upínajú sa unášačom a upínacou skrutkou.



Obr. 5.22. Frézovacie trne
a – krátky, b – dlhý, c – pre NC stroje



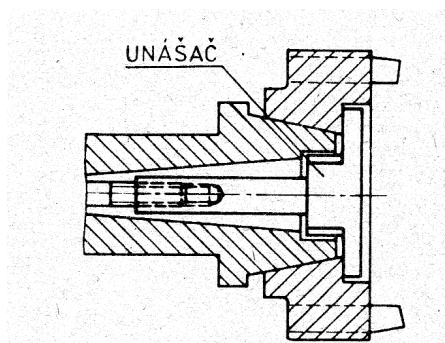
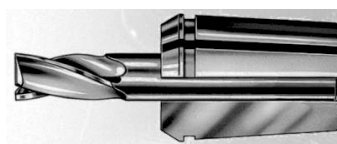
Obr. 5.23. Frézarská hlavička + kľúč



Obr. 5.24. Sada upínacích klieštín



Obr. 5.25. Upínacia klieština (oriešok)



Obr. 5.26. Upnutie frézovacej hlavy na vonkajší kužel vretena

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Čo môže spôsobiť nesprávne upnutie frézy ?
2. Ako upínáme frézy s otvorom ?
3. Ako upínáme stopkové frézy ?

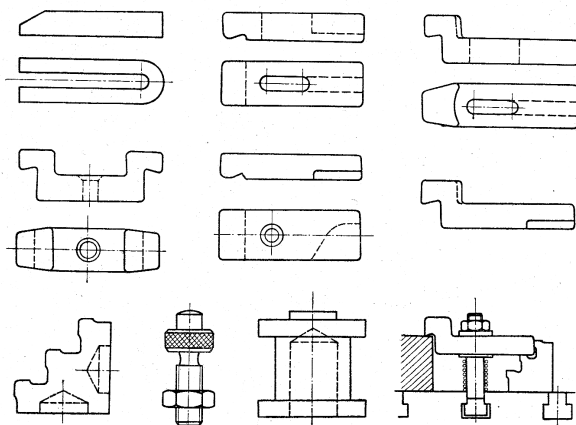
5.7 Upínanie obrobkov

Upnutie obrobku pri frézovaní musí byť rýchle, ľahké, presné a dostatočne pevné. Spôľahlivosť upnutia je obzvlášť dôležitá, lebo práca frézy má nárazovitý charakter. Uvoľnenie obrobku počas frézovania môže zapríčiniť jeho poškodenie alebo aj poškodenie frézy. Voľba spôsobu upnutia obrobku závisí od :

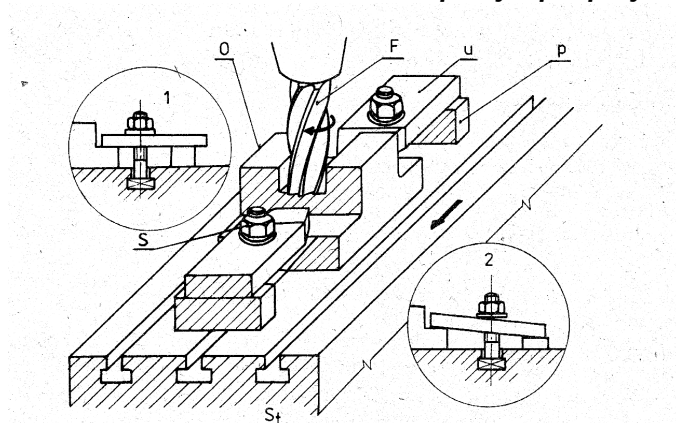
1. veľkosti a tvaru upínaného obrobku,
2. druhu a spôsobu frézovania,
3. požadovanej presnosti,
4. počtu obrábaných súčiastok.

Spôsoby upínania :

1. Úpinkami priamo na stôl frézovačky. Tento spôsob sa používa pri upínaní väčších obrobkov. Používajú sa pri ňom úpinky rozličných tvarov a veľkostí, opierky (obr. 5.27), podperky, upínacie lišta a pod., ktoré sa na stôl frézovačky upevňujú skrutkami s hlavou tvaru T (obr. 5.28).



Obr. 5.27. Úpinky a podpery



Obr. 5.28. Upnutie obrobkov úpinkami

1 – správne upnutie, 2 – nesprávne upnutie

O – obrobok, F – fréza, U – úpinka, p – podložka, S – upínacia skrutka s maticou, S_t – stôl frézovačky

2. Do strojových zverákov. Najpoužívanejšie sú pevné, otočné, sklopné (obr. 5.29), univerzálne (otočné a sklopné) a samostrediacie zveráky (obr. 5.30). Tieto zveráky sú ovládané ručne, pneumatically alebo hydraulicky. Na stôl frézovačky sa zverák pripevňuje dvoma upínacími skrutkami s T hlavou. Upínáme ho spravidla tak, aby jeho upínacie čeluste boli rovnobežné so žliabkami stola alebo aby boli na ne kolmé. Na presné upnutie sa používa číselníkový odchylkomer, ktorý sa upne do vretena frézovačky.



Obr. 5.29. Sklopný zverák

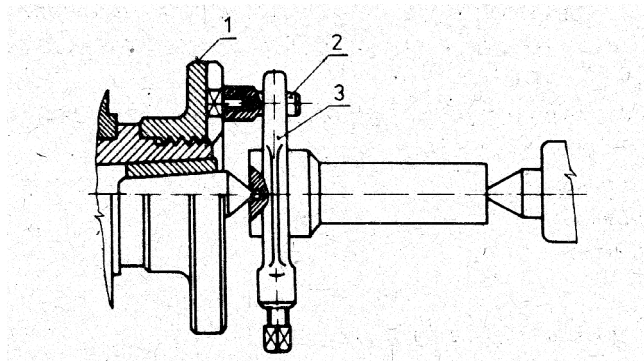


Obr. 5.30. Samostrediaci zverák

3. Do skľučovadiel (obr. 5.31), medzi hroty (obr. 5.32) alebo na sústružnícke trne sa upínajú hlavne valcové obrobky. Tento spôsob sa používa najmä pri frézovaní s použitím deliaceho prístroja.



Obr. 5.31. Trojčelust'ové skľučovadlo



Obr. 5.32. Upínanie medzi hroty

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

4. Do prípravkov, ktoré sú prispôbosené tvaru obrobku a druhu práce. Hlavné využitie pri veľkom počte frézovaných obrobkov.

Upnutie obrobku má spĺňať tieto podmienky :

- má byť dostatočne tuhé, aby počas práce nevznikalo chvenie,
- nemá vyžadovať veľa času, najmä ak frézovanie trvá len krátky čas,
- všetky sily pri obrábaní majú smerovať proti tuhým podperám,
- nesmie deformovať obrobok,
- tenké prierezy obrobku sa musia podprieť.

Aby frézovanie malo pokojný chod a bolo bezpečné, treba dodržiavať tieto zásady :

- a) obrábaná plocha musí byť čo najbližšie k upínacej ploche stola frézovačky,
- b) upínacie zariadenie treba na stole frézovačky umiestniť tak, aby upnutý obrobok bol čo najbližšie k vretenu stroja,
- c) tenké obrobky nesmú príliš vyčnievať z upínacieho zariadenia, aby chvením pri obrábaní nepoškodili nástroj.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Od čoho závisí voľba spôsobu upínania obrobku ?
2. Aké spôsoby upínania obrobkov poznáme ?
3. Aké druhy strojových zverákov poznáme ?
4. Ako upíname valcové obrobky ?
5. Kedy upíname obrobky do prípravkov ?

5.8 Rozdelenie frézovačiek

Frézovacie stroje – (frézky, frézovačky) patria medzi najrozšírenejšie a najvýkonnejšie obrábacie stroje. Dajú sa na nich obrábať nielen rovinné plochy, ale aj tvarové a nepravidelné plochy, závitové drážky, ozubenie a rotačné plochy. Pretože sa na frézovačkách pracuje s prerušovaným odoberaním triesok, sú tieto stroje náchylné ku vzniku chvenia.

Podľa konštrukcie a podľa druhu prác, pre ktoré sú určené, rozdeľujú sa na :

- konzolové,
- rovinné,
- špeciálne.

5.8.1 Konzolové frézovačky

Konzolové frézovačky sú najrozšírenejším druhom. Určené sú na frézovanie rovinných a tvarových plôch na malých a stredne veľkých súčiastkach. Hlavným znakom týchto frézovačiek je konzola upevnená na vedení stojana, prestaviteľná skrutkou a maticou v zvislom smere. Prične sa predstavujú po vedení konzoly kolmo na vodiacu plochu stojana. Pracovný stôl sa pohybuje vo vedení priečných saní v pozdĺžnom smere. To umožňuje ustaviť obrábané súčiastky do ľubovoľnej polohy v troch súradniciach.

Vyrábajú sa v troch základných vyhotoveniach, ako zvislé, vodorovné a univerzálne.

Zvislé konzolové frézovačky majú pracovné vreteno v zvislom vreteníku pripevnenom na stojane frézovačky (obr. 5.33). Vreteníkom možno zvyčajne natáčať o $\pm 45^\circ$. Na zvislých konzolových frézovačkách sa obrábajú najmä rovinné plochy, rovnobežné s plochou pracovného stola, drážky v tejto ploche a pod

Vodorovné konzolové frézovačky majú os pracovného vretena vodorovnú, rovnobežnú s plochou pracovného stola a kolmú na pozdĺžny smer pracovného stola (obr. 5.34). Na nich sa obrábajú najmä rovinné plochy rovnobežné s plochou pracovného stola, drážky a tvarové plochy. Pracuje sa na nich prevažne valcovými, kotúčovými a tvarovými frézami.

Univerzálne konzolové frézovačky majú rovnakú konštrukciu ako frézovačky vodorovné, ale pozdĺžny pracovný stôl možno natočiť okolo zvislej osi až o 45° na obidve strany. Typickou prácou pre univerzálne frézovačky je frézovanie skrutkových drážok, závitoviek, zubov apod.

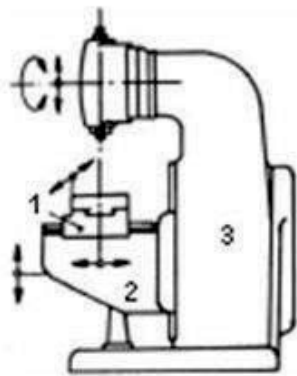
Do skupiny konzolových frézovačiek patria aj nástrojárske frézovačky, ktoré majú pracovný stôl posuvný v pozdĺžnom a zvislom smere a súčasne otočný okolo zvislej osi.

Univerzálnosť frézovačiek zvyšuje aj špeciálne príslušenstvo ako napr. univerzálny deliaci prístroj, otočný stôl, vertikálny frézovací prístroj, obrážací prístroj a pod.

Hlavné časti konzolových frézovačiek

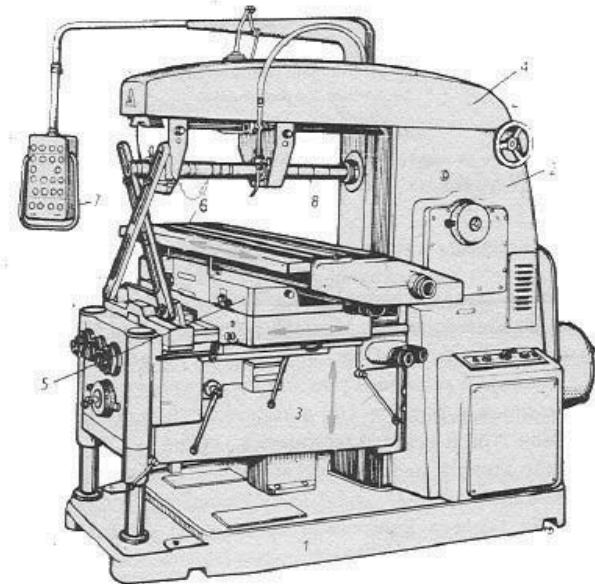
Hlavné časti konzolových frézovačiek sú (obr. 5.34) :

- stojan,
- konzola,
- priečne sane,
- pozdĺžny stôl,
- vreteno, vreteník,
- výsuvné rameno,
- podperné rameno s ložiskom.



Obr. 5.33. Zvislá konzolová frézovačka

1 – základňa, 2 – stojan, 3 – konzola, 4 – rameno, 5 – priečne sane, 6 – pozdĺžny stôl, 7 – ovládací panel, 8 – vreteno

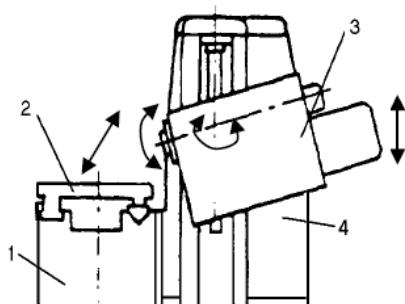


Obr. 5.34. Vodorovná konzolová frézovačka

5.8.2 Rovinné frézovačky

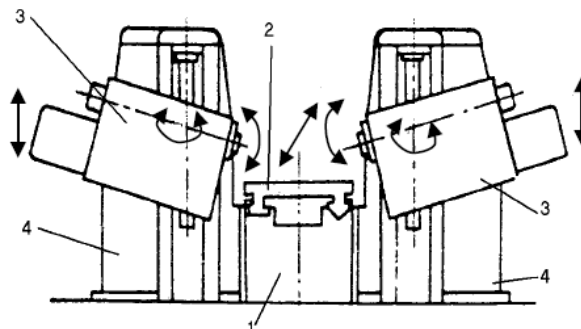
Rovinné frézovačky sú určené na obrábanie obrobkov najväčších, rozmerov. Ich charakteristickým znakom je stála poloha stola. Stôl s obrobkom sa môže pohybovať iba v jednej (vodorovnej) rovine. Priblíženie nástroja k obrobku sa vykonáva zvislým prisunutím vreteníka. Vreteno môže byť v polohe zvislej alebo vodorovnej. Vyrábajú sa ako :

- jednostojanové (obr. 5.35),
- dvojstojanové (obr. 5.36),
- portálové.



Obr. 5.35. Jednostojanová

1 – lôžko, 2 – stôl, 3 – vreteník, 4 – stojan



Obr. 5.36. Dvojstojanová rovinná frézovačka

Portálové frézovačky sú rovinné frézovačky veľmi tuhej konštrukcie s dvoma stojanmi, priečnikom a spravidla so štyrmi vreteníkmi. Portálové frézovačky sú vhodné na obrábanie

vodorovných, zvislých a šikmých plôch na ťažkých obrobkoch. Pri frézovaní šikmých plôch sa vreteník natočí o príslušný uhol sklonu. Frézuje sa zvyčajne frézovacími hlavami. Úzke plochy a drážky sa frézujú stopkovými frézami. Hrúbka triesky sa nastavuje vysúvaním vretena. Na obrábanie mimoriadne dlhých obrobkov sa používajú frézovačky s nepohyblivým stolom; pracovný posuv vykonáva portálový rám.

5.8.3 Špeciálne frézovačky

Špeciálna konštrukcia frézovačiek je prispôbená druhu práce, ktorá sa má na nich vykonávať. Je ich veľa druhov, napr. kopírovacie, odvaľovacie, frézovačky na závit, frézovačky na drážky, bubnové frézovačky a ďalšie.

Kopírovacie frézovačky najčastejšie sú mechanické, elektrokontaktné, hydraulické a elektroinduktívne. Pri elektricky riadenej kopírovacej frézovačke pri vzájomnom pohybe modelu a kopírovacieho palca (snímača) sleduje palec povrch modelu a fréza (zhodného tvaru s palcom) frézuje obrobok. Kopírovací pohyb sa dosahuje elektrickou väzbou medzi palcom a elektromagnetickými spojkami posuvov.

Číslicovo riadené frézovačky.

Jednovretenové stroje majú v zásade zhodnú koncepciu s konvenčnými strojmi. Použitie niekoľkých nástrojov v automatickom cykle umožňujú stroje s revolverovou hlavou. Na všetkých strojoch možno programovať zmysel, rýchlosť a dĺžky posuvov v osiach x , y , z , korekciu nástroja, chladenie, príp. aj radenie otáčok vretena alebo pohon otočného stola a vymedzovanie vôle posuvovej skrutky pri súbežnom frézovaní. Pohyby suportov sú väčšinou zabezpečované guľkovými skrutkami, ktoré sú ovládané elektrickými servopohonmi. Riadenie môže byť pravouhlé alebo súvislé. Najmodernejšie stroje majú riadenie CNC s mikropocesormi. Výhodou sú malé rozmery, možnosť opravy programu a diagnostické podprogramy.



Obr. 5.37. CNC frézovačka



Obr. 5.38. Obrábacie centrum VMF 610

Obrábacie centrá

Obrábacie centrá (obr. 5.38) slúžia na obrábanie skriňovitých a plochých súčiastok. Od NC a CNC frézovačiek sa odlišujú predovšetkým :

- automatickým číslicovo riadeným polohovaním obrobku, ktorý býva väčšinou upnutý na otočnom stole,
- možnosťou vykonávať rozličné druhy operácií v automatickom číslicovo riadenom pracovnom cykle zahŕňajúcom automatickú výmenu nástrojov.

Obrábacie centrá umožňujú nielen rovinné frézovanie, ale aj súvisle riadené frézovacie operácie, napr. kruhové frézovanie väčších dier alebo obvodov naliatkov, vŕtanie,

vystružovanie, vyvrtávanie, zahlbovanie a rezanie závitov. Konceptia obrábacieho centra je daná jeho veľkosťou, požadovanou presnosťou obrábania a požadovaným výkonom. Všeobecne možno centrá rozdeliť na stroje s vodorovným alebo zvislým vretenom. Charakteristickým znakom obrábacieho centra je zásobník nástrojov a spôsob ich výmeny. V zásobníku je 15 až 30 nástrojov; veľkokapacitné zásobníky majú 60 aj viac nástrojov.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Rozdelenie frézovačiek z hľadiska ich konštrukcie.
2. Vymenujte druhy konzolových frézovačiek.
3. Uved'te ich charakteristické znaky.
4. Vymenujte hlavné časti konzolových frézovačiek.
5. Ktoré sú charakteristické znaky rovinných frézovačiek ?
6. Aké druhy špeciálnych frézovačiek poznáme ?
7. Popíšte číslicovo riadené frézovačky,
8. Na čo nám slúžia obrábacie centrá ?

6 Brúsenie

6.1 Základné bezpečnostné a protipožiarne predpisy

Súčasný brusky sú veľmi presné, výkonné a drahé stroje. Úrazy môžu nastať pri nedostatočnej znalosti zásad správneho ovládania a riadenia stroja, ale aj pri nesprávnom zaobchádzaní s brúsiacim kotúčom. Bezpečnostné predpisy pre brúsenie určuje norma STN 20 0700, STN 20 0707, STN 20 0717, STN 20 1524 a STN 22 4501.

Vybrané požiadavky pre brusky :

- Na stojato sa nesmú skladovať zvlášť tenké brusné kotúče.
- Pri doprave musí byť kotúč chránený pred poškodením.
- Upínanie brusných kotúčov a ich výmenu smie vykonávať len skúsený (zaškolený) pracovník, alebo nastavovač zvlášť k tomu určený.
- Pred upínaním je nutné brusný kotúč starostlivo prehliadnuť či nemá trhliny (ľahkým poklepaním drevenou paličkou). Podľa zvuku pokračovať alebo kotúč vyradiť.
- Potom upínať podľa zásad o upínaní brusných kotúčov.
- Brusné kotúče je nutné pri práci chrániť ochranným krytom, lebo najväčšie ohrozenie pracovníka vzniká pri roztrhnutí kotúča.
- Kryt chráni pracovníka nielen pred odletujúcimi časťami, ale aj pred prachom a drobnými časticami.
- Je prísne zakázané brúsiť na stroji bez ochranného krytu brusného kotúča alebo pri nedovolené upnutom kryte.
- Kde sa používajú jedno alebo dvojkotúčové brusky pre občasné práce, nie je potrebné inštalovať odsávanie. Stačí zabezpečiť vetranie miestnosti.
- Ostatné typy brusok majú byť vybavené odsávaním podľa STN 12 7040.
- Pracovník musí byť pri obsluhu brusok chránený ochranným štítom alebo okuliarmi.
- Smer otáčania vretena brusného kotúča musí byť označený trvanlivou a dobre viditeľnou šípkou umiestnenou na kryte kotúča.
- Každá bruska musí mať na kryte alebo na brusnom vreteníku trvalým spôsobom vyznačenú dovolenú obvodovú rýchlosť.
- Je zakázané zastavovať stroj rukou.
- Pracovník musí mať správne ustrojený odev a používať pracovnú obuv.
- Brusič nesmie opravovať elektrické zariadenie stroja.
- Pracovisko treba udržiavať v čistote a poriadku.
- Je nutné dodržiavať aj protipožiarne predpisy.

Na likvidáciu požiaru na pracoviskách sú najčastejšie určené ručné hasiace prístroje, ktoré sú vhodné na hasenie :

- vodné – drevo, papier, slama, textil, pevné organické látky,
- penové – minerálne oleje, tuky, benzín, asfalt, farby, laky,
- snehové (CO₂) – elektrické zariadenia, tekuté horľaviny, tuky, potraviny, prístroje jemnej mechaniky,
- práškové – elektrické zariadenia, drevo, tkaniny, papier,
- tetrachlórové – elektrické zariadenia, tekuté horľaviny, benzín, olej, tuky.

Musia byť uložené na viditeľnom a prístupnom mieste. Pravidelne ich treba kontrolovať a pracovníci sa musia oboznámiť s ich použitím.

6.2 Podstata brúsenia

Brúsenie je najstarší spôsob obrábania materiálu, ktorý človek poznal a využíval už v predhistorických dobách k výrobe alebo úprave životne dôležitých pomôcok, predovšetkým k ostreniu pracovných nástrojov a zbraní. Ako brúsiaci nástroj používal niektoré voľne sa v prírode vyskytujúce nerasty a horniny (napr. pieskovec, kremeň, bridlicu a pod.). Táto funkcia – ostrenie nástrojov, predstavovala hlavnú náplň brúsenia prakticky až do konca 19. storočia.

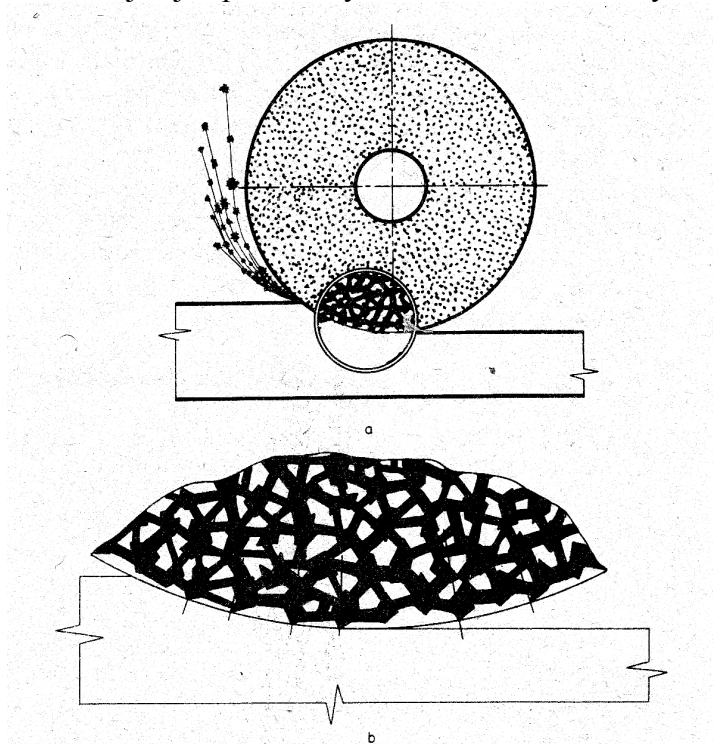
V súčasnej dobe plní brúsenie v strojárkej výrobe tieto hlavné funkcie :

- Obrábanie súčiastok na presný geometrický tvar a rozmery s vysokou akosťou povrchu. Používa sa takmer pre všetky funkčné plochy strojových častí, kde sa vyžaduje ich vzájomná vymeniteľnosť.
- Obrábanie súčiastok a materiálov, pre ktoré je iný spôsob obrábania obtiažny alebo nemožný (napr. brúsenie obrobkov z ťažkoobrobiteľných materiálov, brúsenie súčiastok z kalených ocelí a pod.).
- Obrábanie súčiastok a materiálov, pre ktoré je brúsenie najhospodárnejšie.

Brúsenie je teda 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 najčastejšie brusný kotúč (obr. 6.1), ktorým sa dajú obrábať tvrdé kalené a cementované súčiastky, spekané karbidy a iné tvrdé kovové aj nekovové materiály.

Brusný kotúč je mnohoklinný rezný nástroj. Rezné klíny tvoria tvrdé zrná brusiva. Každé jednotlivé zrnó pôsobí ako samostatný rezný nástroj. Vniká do materiálu obrobku a oddeľuje z neho veľmi jemné triesky. 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.

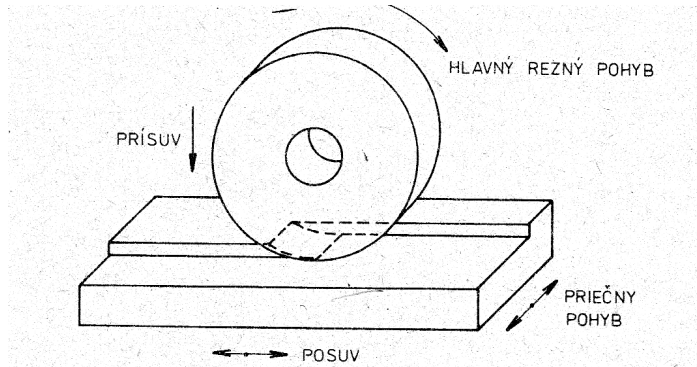


Obr. 6.1. a – brusný kotúč, b – štruktúra brusného kotúča

Brusný kotúč vykonáva hlavný otáčavý rezný pohyb (obr. 6.2). Obrába pri veľkých rezných rýchlostiach množstvom brúsiacich zrn. Tieto zrná oddeľujú triesku od obrobku a brusný

kotúč odreže za časovú jednotku obrovské množstvo veľmi jemných triesok. Vysoké okamžité teploty, ktoré vznikajú pri brúsení, zlepšujú tvárnosť obrábaného povrchu a tým umožňujú uberanie triesky zaoblenými zrnami.

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



Obr. 6.2. Pohyby pri rovinnom brúsení

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Čo je to brúsenie ?
2. Aké funkcie plní brúsenie ?
3. Z čoho sa skladá brúsny kotúč ?
4. Aké pohyby rozoznávame pri brúsení ?

6.3 Rezné podmienky

Mierov veľkosti hlavného rezného pohybu je rezná rýchlosť v . Pri brúsení je to obvodová rýchlosť brúsneho kotúča v $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, ktorá sa vypočíta (obr. 6.3) :

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$$

kde D – priemer brúsneho kotúča (mm)
 n – počet otáčok kotúča (min^{-1})
 π – konštanta Ludolfovo číslo (približne 3,14)

Obrobok vykonáva posuvný – posuv. Mierov veľkosti posuvu je rýchlosť posuvu v_f , ktorá sa udáva v $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ a $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Rýchlosť posuvu je okamžitá relatívna rýchlosť uvažovaného rezného klina v smere posuvu. Posuv umožňuje odoberanie ďalších triesok. Priechy pohyb obrobku umožňuje obrobenie celej plochy obrobku.

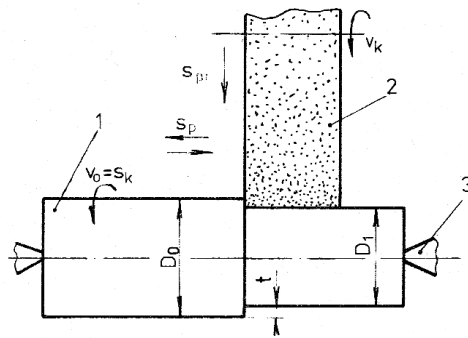
Prísuv je pohyb, ktorým sa nástroj približuje k obrobku alebo obrobok k nástroju, aby bolo možné obrúsiť ďalšiu vrstvu materiálu.

Obvodová rýchlosť obrobku je zvyčajne 60 až 100-krát menšia ako obvodová rýchlosť brúsneho kotúča. Vypočítame ju :

$$v_o = \frac{\pi D_o n_o}{1000} \quad [\text{m/min}]$$

kde D_o – priemer obrobku (mm)
 n_o – otáčky obrobku (min^{-1})

π – konštanta Ludolfovo číslo (približne 3,14)



Obr. 6.3. Brúsenie valcových plôch

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Ako vypočítame reznú rýchlosť ?
2. Čo je to posuv ?
3. Čo je to prísuv ?
4. Ako vypočítame obvodovú rýchlosť obrobku ?

6.4 Brúsiace prostriedky

Brúsiace prostriedky rozdeľujeme na :

- brúsiace nástroje,
- brúsiace pomôcky.

Brúsiace nástroje sú brúsiace zrná spojené spojivami do tuhých telies vhodného tvaru. Podľa tvaru brúsiace nástroje delíme na :

- a) brúsiace pilníky,
- b) obťahovacie kamene,
- c) brúsiace kotúče,
- d) rezacie a leštiace kotúče,
- e) honovacie a superfinišovacie kamene,
- f) brúsiace segmenty.

Brúsiace nástroje sú charakterizované :

- a) druhom brúsiva,
- b) druhom spojiva,
- c) zrnitosťou brúsiva,
- d) tvrdosťou,
- e) štruktúrou,
- f) geometrickým tvarom a rozmermi.

Brúsiace pomôcky sú voľné zrná brúsiva používané ako brúsiace, leštiace a lapovacie prášky a pasty.

6.4.1 Druhy brúsiva

Ako brúsiaci materiál môžeme označiť každú látku, ktorá sa pre svoju vyššiu tvrdosť používa k opracovaniu iných telies oddeľovaním malých častíc.

Môžeme povedať, že brúsivá sú tvrdé, húževnaté kryštalické látky s ostrými hranami, ktorými môžeme brúsiť iné mäkkšie materiály.

Podľa pôvodu môžeme rozdeliť používané brúsivá na :

- prírodné,
- syntetické.

Podľa tvaru môžeme brúsivá rozdeliť na :

- a) voľné zrná – brúsiace, leštiace a lapovacie prášky,
- b) zrná prilepené na podklad – brúsiace papiere a leštiace plátna,
- c) zrná rozptýlené v mazivách – brúsiace pasty,
- d) brúsiace nástroje a pomôcky – zrná sú spojené rôznymi spojivami.

Prírodné brúsivá – sú to minerály alebo horniny vhodné na brúsenie alebo leštenie napr. pemza, bridlica, pieskovec, pazúrik, kremeň, granát, šmirgel, prírodný korund, diamant a pod. Prírodné brúsivo sa používa len vtedy, keď nemožno syntetickým brúsimom dosiahnuť rovnaké výsledky alebo ak je to ekonomicky výhodnejšie.

Tvrdosť brúsiva sa hodnotí podľa Mohsovej stupnice tvrdosti a tvorí ju desať nerastov zoradených od najmäkšieho po najtvrdší v tomto poradí :

1 – mastenec, 2 – kamenná soľ, 3 – vápenec, 4 – fluorit, 5 – apatit, 6 – živec, 7 – kremeň, 8 – topas, 9 – korund, 10 – diamant.

Diamant je najtvrdší nerast a je to v podstate kryštalický uhlík. Používa sa na brúsenie veľmi tvrdých materiálov a na tvarovanie brúsiacich kotúčov a pod.

Syntetické brúsivá. Dnes sa brúsiace nástroje vyrábajú takmer výhradne zo syntetických brúsiv. Medzi bežné syntetické brúsiva patria :

- a) umelý korund,
- b) karbid kremíka,
- c) karbid bóru,
- d) nitrid bóru,
- e) umelý diamant a pod.

6.4.2 Druhy spojiva

Úlohou spojiva je navzájom spájať brúsiace zrná a umožniť, aby sa pri brúsení uvoľňovali opotrebené a otupené zrná a do rezného procesu prichádzali zrná s ostrými reznými klinmi. Spojivo spolu s brúsnymi zrnami dáva požadovaný tvar brúsnemu kotúču. Spojivo nemá brúsiace účinky len spája brúsne zrná v jedno teleso.

Podľa pôvodu spojivá sa rozdeľujú na :

- anorganické – keramické (V), silikátové (S) a magnezitové (O),
- organické – šelak (E), guma (R), syntetické živice (B) a glej (G) a pod.

6.4.3 Zrnitosť brúsiva

Brúsivo sa drví v guľových mlynch a zrná sa potom čistia, aby sa odstránili rôzne prímеси a podrobujú sa ďalším úpravám ako je pranie v lúhu sodnom, v kyselinách, premývanie vodou, sušenie, osievanie, odmagnetovanie a pod. Potom sa triedia na korekčných sitách podľa veľkosti zrn. Veľmi jemné zrná sa triedia usadzovaním (plavením).

Zrornosť brúsiva sa označuje číslom, ktoré zodpovedá desiatine špecifického rozmeru zrna v mikrometroch. Pri samotnom brúsení volíme zrornosť brúsiva podľa požadovanej predpísanej drsnosti povrchu brúsenej súčiastky.

6.4.4 Tvrdosť brúsneho nástroja

Tvrdosť brúsneho nástroja je odpor spojiva proti vylomeniu brúsnych zŕn z nástroja. Je daná súdržnosťou brúsnych zŕn so spojivom. Zásadne treba odlišovať tvrdosť brúsnych zŕn od tvrdosti väzby brúsneho kotúča. Tvrdosť väzby volíme tak, aby sa zrná po ich otupení vylomili a tak uvoľnili miesto ďalším. Tým dosiahneme samoostrenie kotúča, čím sa zlepši rezanie.

Tvrdosť závisí od druhu a množstva spojiva a od teploty vypaľovania. Stupne tvrdosti sa označujú písmenami veľkej abecedy :

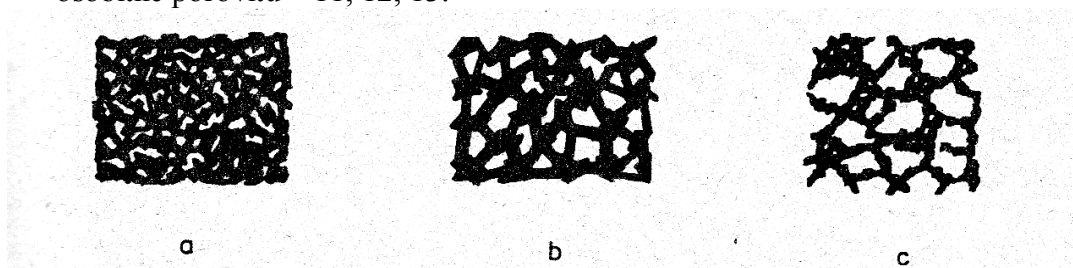
- veľmi mäkké – G, H,
- mäkké – I, J, K,
- stredné – L, M, N, O,
- tvrdé – P, Q, R, S,
- veľmi tvrdé – T, U,
- osobitne tvrdé – V, Z.

Na obrábanie tvrdých materiálov volíme mäkkšie kotúče, lebo ich brúsne zrná sa rýchlejšie otupujú a preto sa musia ľahšie uvoľňovať. Na veľmi mäkké materiáli musíme voliť veľmi mäkké nástroje, pretože tvrdé by sa rýchlo zanášali a prestali by rezať. Brúsiaca schopnosť kotúčov sa obnovuje orovnávaním, pri ktorom sa otupené zrná vydrobujú a tým nahrádzajú ostrými.

6.4.5 Štruktúra brúsneho nástroja

Štruktúra brúsneho nástroja je pomer objemu pórov k celkovému objemu brúsiaceho telesa (obr. 6.4). Označujeme ju číslicami, ktoré vyjadrujú obsah pórov v percentách. Póry sú vlastne medzery medzi zrnami. Poznáme štruktúru :

- veľmi hutnú – 1, 2,
- hutnú – 3, 4,
- polohutnú – 5, 6,
- pórovitú – 7, 8,
- veľmi pórovitú – 9, 10,
- osobitne pórovitú – 11, 12, 13.



Obr. 6.4. Štruktúra brúsnych kotúčov
a – hutný, b – pórovitý, c – veľmi pórovitý

6.4.6 Tvary brúsnych kotúčov

Na rôzne práce sa používajú rôzne tvary brúsnych kotúčov. Tvar a rozmery kotúčov sú normalizované normou STN.

Údaje na štítku.

Na brúsny kotúč sa lepia papierové kruhové štítky, na ktorých sú sústavou čísel a písmen udávané základné informácie o veľkosti, druhu, tvare a kvalite brúsiaceho nástroja :

- meno výrobcu,
- ochranná známka,
- údaj o skúšaní,
- medzná obvodová rýchlosť,
- cenníkové číslo,
- označenie druhu materiálu,
- zrnitosť, tvrdosť, štruktúra,
- druh spojiva, tvar kotúča,
- rozmery kotúča a pod.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Ako delíme brúsiace nástroje ?
2. Aké brúsiace pomôcky poznáte ?
3. Čo sú to brusivá a ako ich delíme ?
4. Čo sú to spojivá a ako ich delíme ?
5. Čo nám hovorí pojem zrnitosť ?
6. Aké stupne tvrdosti brúsnych kotúčov poznáte ?
7. Ako druhy štruktúry poznáte ?
8. Čo nám hovoria údaje na štítku ?

6.5 Upínanie, vyvažovanie a orovnávanie brúsnych kotúčov

Upínanie

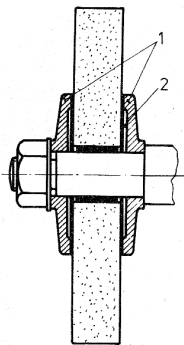
Brúsne kotúče sa upínajú na vreteno brúsky veľmi starostlivo so zreteľom na dodržanie všetkých bezpečnostných predpisov. Pred upnutím sa kotúč skúša poklepom drevenou paličkou. Jasný zvuk svedčí o tom, že kotúč nie je prasknutý. Nejasný zvuk signalizuje chybu a nesmie sa použiť. Kotúč sa ľahko nasadzuje na vreteno s určitou vôľou, ktorá však nemôže byť príliš veľká, aby nedošlo k výstrednému uloženiu. Brúsne kotúče sa na vreteno brúsky upínajú pomocou prírub (obr. 6.5). Medzi upínacie príruby a kotúč sa vkladajú pružné podložky z gumeného, koženého alebo mäkkého papiera. Tieto podložky musia pokrývať celú upínaciu plochu. Pri ľahkom zovretí kotúča do prírub treba kotúč vystrediť – rovnomerne rozložiť vôľu. Obidve upínacie príruby musia mať rovnaký priemer, rovný najmenej 1/3 priemeru brúsneho kotúča. Príruby musia mať na prítlačnej strane vybranie, aby na brúsny kotúč dosadli len plochou medzikružia. Skrutky alebo matice upínacích prírub sa nedotahujú násilím.

Po upnutí na vreteno brúsky sa musí každý kotúč s ochranným krytom uviesť do chodu naprázdno pri pracovných otáčkach na 5 minút. S kotúčom sa môže pracovať až po zistení, že je nepoškodený a dobre upnutý.

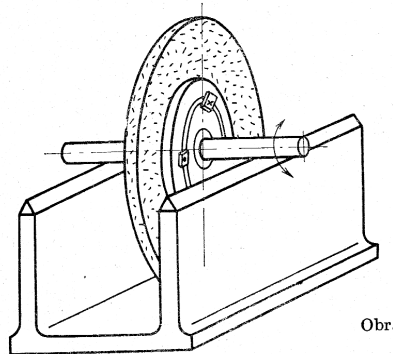
Vyvažovanie

Brúsny kotúč po upnutí na vreteno nesmie hádzať – musí byť vyvážený t.j. aby ťažisko rotujúceho kotúča bolo v osi vretena. Nevyvážený kotúč spôsobuje :

- nadmerné namáhanie ložísk vretena,
- chvenie, ktoré zhoršuje akosť brúseného povrchu,
- znižuje sa výkon,
- odstredivé sily, ktoré môžu kotúč roztrhnúť.



Obr. 6.5. Upínanie plochého br. kotúča
1 – upínacie príruby, 2 – pružná podložka



Obr. 6.6. Statické vyvažovanie br. kotúča

Rozoznávame dva spôsoby vyvažovania :

1. statické a
2. dynamické.

Kotúče sa zväčša vyvažujú len staticky, iba veľké a široké kotúče si vyžadujú aj dynamické vyvažovanie.

Staticky sa kotúč vyvažuje závažiami, ktoré sa prestavujú v drážkach upínacích prírub tak, aby sa kotúč upnutý na presnom trne rovnomerne odvaľoval na tzv. vyvažovacom stojane (obr. 6.6).

Na dynamické vyvažovanie sa používa špeciálne vyvažovacie zariadenie.

Orovnávanie

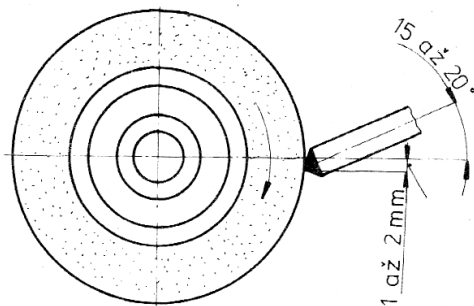
Tvar brúsneho kotúča pri brúsení veľmi vplýva na akosť povrchu a rezné sily. Opatrebný kotúč zhoršuje akosť povrchu a zväčšuje rezné sily. Kotúč sa musí orovnať.

Orovnávanie teda je jemné obrobenie povrchu kotúča, pri ktorom sú brúsiace zrná vydrobované, trieštené a prerezávané. Cieľom orovnávania je :

- vytvoriť alebo obnoviť na brúsnom kotúči požadovaný tvar,
- odstrániť brúsený materiál a prach z pórov kotúča,
- obnoviť brúsivosť kotúča,
- ovplyvniť akosť brúseného povrchu.

V praxi sa používajú rôzne spôsoby orovnávania a rôzne typy orovnávačov. Môžeme ich rozdeliť na :

1. diamantové orovnávače – na presné orovnávanie a tvarovanie (obr. 6.7).
2. nediamantové orovnávače – na vytvorenie hrubého tvaru kotúča alebo na menej presné orovnávanie.



Obr. 6.7. Orovnávanie diamantom

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Prečo sa robí skúška poklepom ?
2. Popíšte výmenu brúsneho kotúča.
3. Prečo vyvažujeme brúsne kotúče ?
4. Aké spôsoby vyvažovania poznáte ?
5. Na čo slúži orovnávanie ?
6. Ako delíme orovnávače ?

6.6 Základné druhy brúsok

Brúsiaci proces prebieha pri rezných rýchlostiach 30 až 80 m s⁻¹, teda pri otáčkach brúsiaceho vretena 2000 až 100000 min⁻¹. Takisto dosahovaná akosť povrchu aj geometrická presnosť sú oproti bežnému trieskovému obrábaniu väčšie. Tieto výsledky možno dosiahnuť vhodnou konštrukciou brúsok. Hlavnými požiadavkami sú: presné uloženie vretena, pokojný chod (bez rázov a chvenia) všetkých pohyblivých častí stroja, ktoré majú vplyv na obrábanie. Často sa vysoká akosť dosiahne klzným uložením brúsiaceho vretena aj pracovného stola brúsky. Pri silovom brúsení musí do miesta styku kotúča s materiálom pritekať mnoho reznej kvapaliny pod vysokým tlakom (až 2,5 MPa). Výhodný je prívod chladiacej kvapaliny vnútrojškom kotúča.

Podľa toho, aké plochy brúsime, delíme brúsky na :

- brúsenie vonkajších rotačných plôch,
- brúsenie vnútorných rotačných plôch,
- brúsenie rovinných plôch,
- ostrenie nástrojov,
- brúsenie ozubených kolies,
- brúsenie závitov,
- jednoúčelové brúsky,
- programovo riadené brúsky a pod.

Podľa účelu a spôsobu práce možno brúsky rozdeliť na :

- hrotové,
- bezhrotové,
- na diery,
- rovinné,
- nástrojové,
- špeciálne.

Podľa spôsobu práce (uberania materiálu) ich delíme na:

- brúsky na postupný úber materiálu mnohými trieskami veľkým posuvom a malým prísuvom
- brúsky na silové brúsenie, pri ktorom sa malým posuvom vybrusuje celý prídavok alebo požadovaný tvar (profil) naraz.

6.6.1 Jednoduchá stojanová brúska

Je to najjednoduchšia brúska (obr. 6.8). Používa sa v dielňach na ručné brúsenie a ostrenie jednoduchých nástrojov. Použitím plstených kotúčov sa dá na brúske aj leštiť. Vreteno má uložené v dvoch dvojradových naklápacích guľčkových ložiskách. Pohon je od elektromotora cez dva párované klinové remene. Spúšťanie a zastavovanie je riadené tlačítkami. Brúska je

vybavená nastaviteľnými opierkami, hradítkami a bezpečnostnými sklami, má odsávacie hrdla, odkladaciu plochu, kotvenie a je dodávaná so štandardným príslušenstvom. Obvodová rýchlosť kotúča by nemala prekročiť $35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

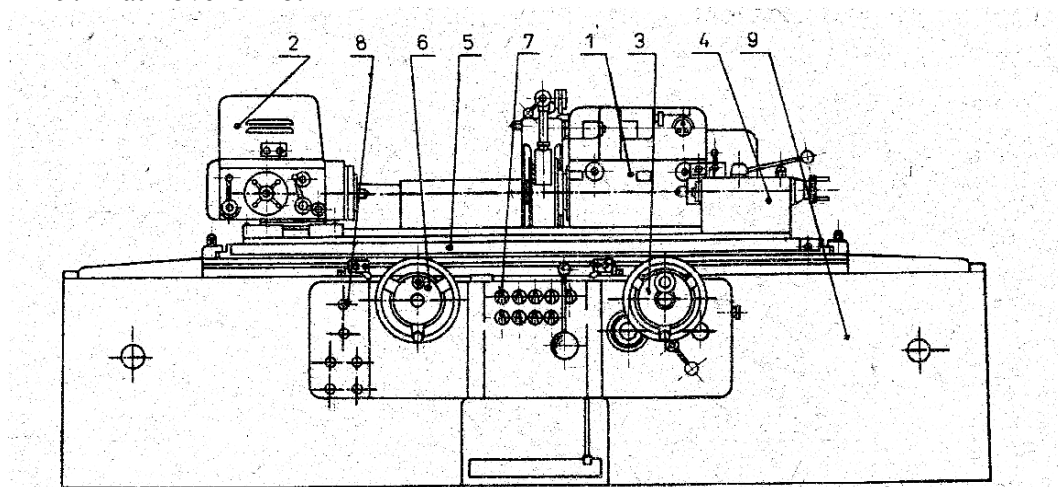


Obr. 6.8. Dvojkotúčová brúska

6.6.2 Hrotové brúsky

Najrozšírenejšie sú univerzálne hrotové brúsky. Používajú sa na brúsenie vonkajších rotačných valcových a kužeľových plôch pozdĺžnym alebo zapichovacím spôsobom, na obrobkoch upnutých medzi hroty. Možno na nich brúsiť aj čelné rovinné plochy a pomocou prídavných zariadení aj vnútorné valcové a kužeľové plochy. K príslušenstvu patria pevné opierky, posuvné opierky a zariadenie na orovnávanie kotúča. Charakteristický rozmer hrotových brúsok je daný obežným priemerom obrobku nad lôžkom a najväčšou vzdialenosťou hrotov. Hlavné časti univerzálnej hrotovej brúsky (obr. 6.9) :

1. brúsiaci vreteník,
2. pracovný vreteník,
3. ovládacie koleso prísuvu brúsiaceho vreteníka,
4. hydraulický koník,
5. stôl,
6. pozdĺžny ručný a hydraulický posuv,
7. ovládanie hydraulických obvodov,
8. elektrická inštalácia,
9. liatinové lôžko.



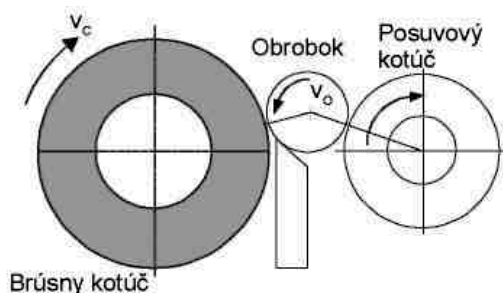
Obr. 6.9. Univerzálna hrotová brúska

Pri univerzálnych hrotových brúskach sa pracovný stôl skladá z dvoch častí. Hornú časť možno natáčať v oboch smeroch o 6 až 10°, čím sa umožní brúsenie pretiahnutých kužeľov. Pracovný vreteník je otočný o 90°. Jeho natáčanie sa využíva na brúsenie strmých kužeľov zapichovacím spôsobom.

V súčasnosti sa už častejšie používajú programovo riadené univerzálne hrotové brúsky.

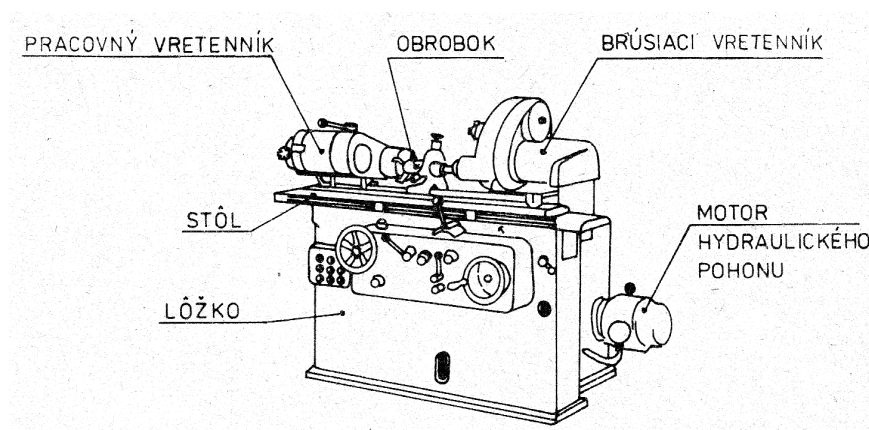
6.6.3 Bezhrotové brúsky

Bezhrotové brúsky majú dva vreteníky, a to brúsiaci vreteník, na vretene ktorého je brúsiaci kotúč, a vreteník podávacieho kotúča (obr. 6.10). Brúsiaci vreteník má konštantné otáčky. Vreteník podávacieho kotúča má otáčky meniteľné a dá sa posúvať po vedení lôžka, čím sa nastavuje vzdialenosť oboch kotúčov na daný priemer obrobku. Pri priebežnom brúsení sa natáča tak, aby osi oboch kotúčov boli mimobežné; tým sa dosiahne posuvný pohyb obrobku. Obrobok je pri brúsení medzi brúsiacim a podávacím kotúčom, obidva sa otáčajú v rovnakom zmysle a obrobok sa opiera o plochu pravítka. Podávací kotúč sa otáča menšou rýchlosťou ako brúsiaci kotúč a jeho rýchlosť sa riadi podľa spôsobu práce, priemeru obrobku, materiálu obrobku a prídavku na brúsenie. Veľkosť bezhrotových brúsiakov je určená maximálnym priemerom obrobku. Možno na nich brúsiť priebežným alebo zapichovacím spôsobom. V sériovej a hromadnej výrobe sa používajú bezhrotové brúsky s automatickým pracovným cyklom.



Obr. 6.10. Bezhrotové brúsenie

6.6.4 Brúsky na otvory



Obr. 6.11. Brúška na otvory

Brúsky na otvory (obr. 6.11) sa používajú na brúsenie vnútorných rotačných a čelných plôch pri otáčavom pohybe obrobku. Obrobky sa neupínajú medzi hrotmi, ale do skľučovadla. Brúška nemá koník. Obrobok a brúsiaci kotúč majú opačný smer otáčania. Pretože pri

otvoroch s rôznymi priermi sa používajú vretená rôznych veľkostí, má brúska vymeniteľné vretená. Malé priemery brusných kotúčov vyžadujú vysoké otáčky ($10\,000$ až $12\,000\text{ min}^{-1}$). Tieto brúsky sú určené na presné brúsenie valcových a kužeľových otvorov.

6.6.5 Rovinné brúsky

Rovinné brúsky sú určené predovšetkým na brúsenie rovinných plôch.

Podľa spôsobu práce sa tieto brúsky rozdeľujú na stroje brúsiace :

- obvodom kotúča,
- čelom kotúča.

Podľa polohy vretena sú rovinné brúsky :

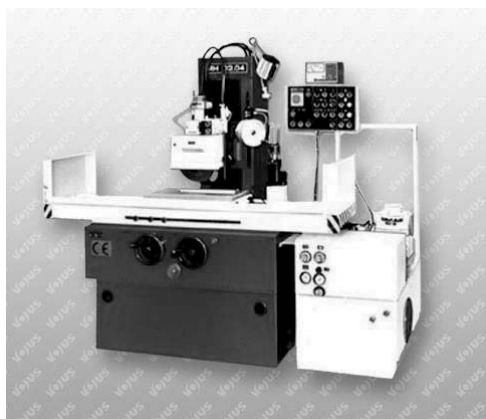
- vodorovné (obr. 6.12),
- zvislé (obr. 6.13).

Vodorovné rovinné brúsky majú vodorovné vreteno a brúšia obvodom kotúča.

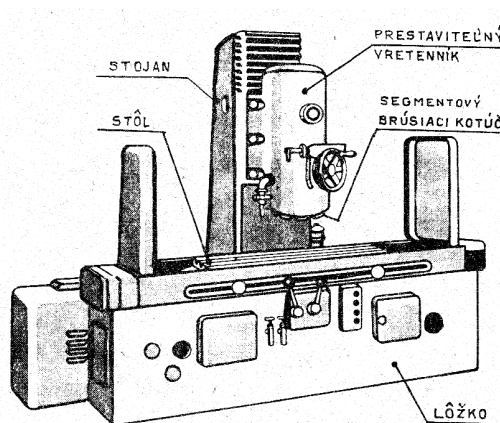
Zvislé rovinné brúsky majú zvislé vreteno a brúšia čelom kotúča. Vreteno je výškovo prestaviteľné.

Obrobky sa upínajú na stôl brúsky úpinkami, do zverákov, na magnetické upínacie platne alebo do špeciálnych prípravkov a deliacich prístrojov. Stôl vykonáva vratný pozdĺžny pohyb a po každom zdvihu priečny posuv.

Okrem rovinných plôch možno na nich brúsiť tvarové plochy, napr. šablóny, tvarové nože. Najrozšírenejšie sú rovinné brúsky s vodorovnou osou vretena. Používajú sa v nástrojárňach na brúsenie tvarových nástrojov, šablón a meradiel. Rovinná brúska so zvislou osou vretena pracuje čelom brúsiaceho kotúča. Priemer kotúča (spravidla segmentový kotúč) musí byť väčší ako šírka obrobku. Tieto brúsky sa vyznačujú vysokým výkonom, akosť brúsenej plochy je však horšia ako na brúskach s vodorovnou osou brúsiaceho vretena. Stále viac sa používa na veľmi produktívnu metódu hĺbkového brúsenia. Rovinné brúsky na brúsenie vodiacich plôch sú väčšinou dvojstojanové, buď s pohyblivým, alebo pevným upínacím stolom a majú jeden až dva brúsiace vreteníky. Používajú sa najmä na brúsenie kalených vodiacich plôch alebo aj na brúsenie mäkkých vedení namiesto zaškrabávania.



Obr. 6.12. Vodorovná rovinná brúska BRH 20



Obr. 6.13. Zvislá rovinná brúska

6.6.6 Nástrojové brúsky

Nástrojové brúsky sa používajú na ostrenie nástrojov napr. fréz, výstružníkov, záhlbníkov a pod. (obr. 6.14). Sú vhodné aj na ostrenie veľmi zložitých nástrojov. Rozsiahle príslušenstvo umožňuje použiť brúska na ostrenie rôznych nástrojov. Brúsny kotúč je výškovo prestaviteľný a celý vreteník je otočný o 360° . Pohon pozdĺžneho posuvu a otáčanie obrobku

pri brúsení skrutkovice aj delenie sú ručné. Automatické univerzálne ostričky nástrojov majú mechanické ovládanie alebo sú riadené číslicovo.

Používajú sa v brusiarňach nástrojov veľkých podnikov alebo vo výrobe nových nástrojov. Niektoré z nich vybrusujú zuby budúcej frézy do plného materiálu buď jediným prechodom brúsiaceho kotúča (pomalý posuv), alebo postupne väčším počtom triesok (záberov).



Obr. 6.14. Nástrojová brúska NB 102

6.6.7 Špeciálne brúsky

Do tejto skupiny zaradíme brúsky, ktoré sa používajú na vykonávanie presne určených prác a majú zvláštny charakteristický pohyb výkonných orgánov napr. brúsky na závit, brúsky na ozubené kolesa, brúsky na brúsenie vodiacich plôch lôžok obrábacích strojov, brúsky na brúsenie kľukových hriadeľov, brúsky na brúsenie drážkovaných hriadeľov, kopírovacie brúsky a pod.

Na brúskach na závit sa dokončujú veľmi presné závitové skrutky obrábacích strojov, mikrometrické skrutky, závitové kalibre a pod. Tento spôsob dokončovania závitov má význam najmä pre kalené obrobky. Závit sa často vybrusuje aj do plného materiálu.

6.6.8 Programovo riadené brúsky

Uplatnenie NC techniky pri brúskach bolo zložitejšie ako pri sústruhoch a frézkach. Prvé použitie bolo na hrotových brúskach. Až nástupom CNC (obr. 6.15) systémov na báze mikropočítačov došlo k rýchlemu rozšíreniu na všetky druhy brúsok (obr. 6.16). Dnešné číslicovo riadené brúsky sú vybavené nielen CNC riadením pre súvislé riadenie dráhy, ale aj jednoduchým NC riadením jednej osi.

Pri prvých číslicovo riadených brúskach bola prebraná koncepcia tradičných brúsok s rovnobežnou osou brúsneho kotúča s osou obrobku a s kolmým prísuvom. Tento spôsob sa však ukázal ako nevhodný, lebo bolo potrebná korekcia priemerového aj čelného orovňávania brusného kotúča. Výhodnejšie sa ukázalo šikmé nastavenie brúsneho kotúča k obrobku, lebo vtedy jeho prísuv k obrobku môže byť buď kolmý na os kotúča, alebo kolmý na os obrobku. Tieto brúsiace stroje môžu byť vybavené viacerými korekciami, ako napr. korekcia orovňávania, korekcia úbytku orovňávacieho kotúča, korekcia úbytku brúsiaceho kotúča a pod. Značný význam má u týchto brúsok chladenie a mazanie pri reznom procese.

Podľa konštrukčnej koncepcie sa hrotové brúsky delia na dve základné skupiny :

- s posuvným stolom, na jeho ľavom konci je unášací (pracovný) vreteník a na pravom konci pozdĺžne prestaviteľný koník. Stôl vykonáva priamočiary vratný pohyb a brúsiaci vreteník vykonáva len prísuv.
- s pevným stolom, kde upnutý obrobok sa len otáča a pozdĺžny posuv a prísuv vykonáva brúsiaci vreteník.

Brúsky môžu byť vybavené dotykovou sondou pre meranie a optickým vyvažovacím zariadením.

V súčasnosti sa s výhodou používajú multifunkčné brúsiace stroje (sústruženie aj brúsenie).



Obr. 6.15. CNC hrotová brúška EXTOMAX



Obr. 6.16. CNC rovinná brúška Okamoto

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Ako delíme brúsky podľa plochy, ktorú brúsime ?
2. Ako delíme brúsky podľa účelu a spôsobu práce ?
3. Popíšte jednoduchú stojanovú brúsku.
4. Na čo slúžia hrotové brúsky a popíšte hlavné časti univerzálnej hrotovej brúsky.
5. Vysvetlite princíp práce na bezhrotových brúskach.
6. Charakterizujte brúsky na otvory.
7. Povedzte delenie a spôsob práce na rovinných brúskach.
8. Kde sa využívajú nástrojové brúsky ?
9. Vymenujte niektoré druhy špeciálnych brúsok.
10. Porozprávajte o programovo riadených brúskach.

6.7 Spôsoby práce na brúskach

Moderné brúsky sú zložité, drahé a veľmi presné zariadenia. Pretože každý neodborný zásah môže poškodiť stroj, musí ho obsluhovať len odborne spôsobilý pracovník. Tento pracovník musí poznať všetky možnosti využitia stroja, správne zvoliť tvar, rozmery a druh brúsneho kotúča pre danú prácu, správne stanoviť rezné podmienky v závislosti od požadovanej drsnosti povrchu a presnosti výrobku. Musí vedieť správne a odborne upínať nástroje a obrobky, presne merať a čítať technické výkresy. Musí správne voľiť postup práce, aby pracoval výkonne, účelne a presne.

Rozdelenie brúsenia podľa tvaru obrábanej plochy :

- rovinné brúsenie (rovinná plocha) (obr. 6.17 a 6.18),
- brúsenie do guľata (rotačný povrch) (obr. 6.19 a 6.20),
- brúsenie na otáčavom stole (brúsenie s rotačným posuvom),
- tvarové brúsenie (brúsenie závitov, ozubených kolies a pod.),
- kopírovacie brúsenie (pomocou kopírovacieho zariadenia),
- brúsenie tvarovými brúsnymi kotúčmi (profil kotúča určuje výsledný obrábaný profil) (obr. 6.21).

Rozdelenie brúsenia podľa aktívnej časti brúsneho kotúča :

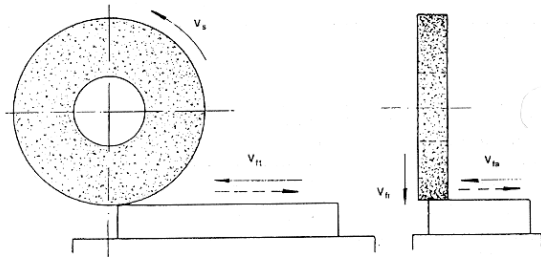
- obvodové (obr. 6.17),
- čelné (obr. 6.18).

Rozdelenie brúsenia podľa hlavného pohybu posuvu stola vzhľadom na brúsny kotúč :

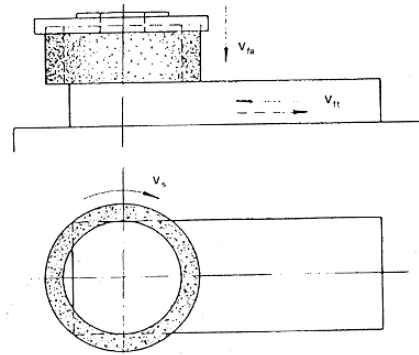
- axiálne,
- radiálne,
- tangenciálne,
- obvodové zapichovacie,
- čelné zapichovacie.

Rozdelenie brúsenia podľa vzájomnej polohy brúsneho kotúča a obrobku :

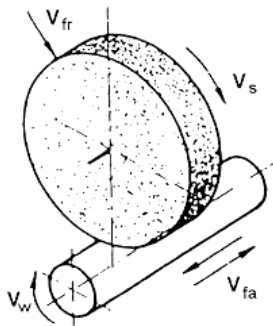
- vonkajšie (obr. 6.19),
- vnútorné (obr. 6.20).



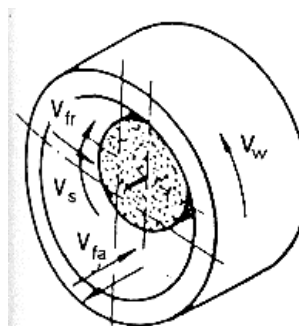
Obr. 6.17. Brúsenie obvodom kotúča



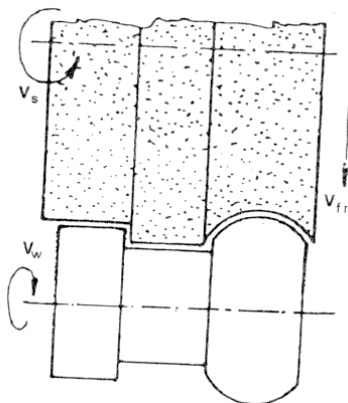
Obr. 6.18. Brúsenie čelom kotúča



Obr. 6.19. Brúsenie vonkajšie



Obr. 6.20. Brúsenie vnútorné



Obr. 6.21. Brúsenie tvarovým brusným kotúčom

KONTROLNÉ OTÁZKY :

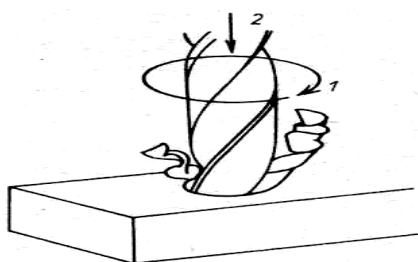
1. Ako rozdeľujeme brúsenia podľa tvaru obrábanej plochy ?
2. Aké ešte poznáme iné rozdelenia brúsenia ?

7 Vrtanie

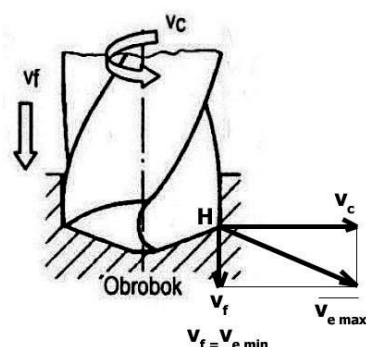
Vrtanie patrí medzi najstaršie a najpoužívannejšie technologické operácie. Vrtaním sa v obrábanom predmete vytvárajú valcové otvory (obr. 7.1). Okrem vrtania do plného materiálu rozlišujeme ešte tzv. vyvrtávanie, ktorým už predvrtané, predliate a iné diery iba zväčšujeme a spresňujeme. Patrí medzi trieskové 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 (obr. 7.2). Obrobok stojí.



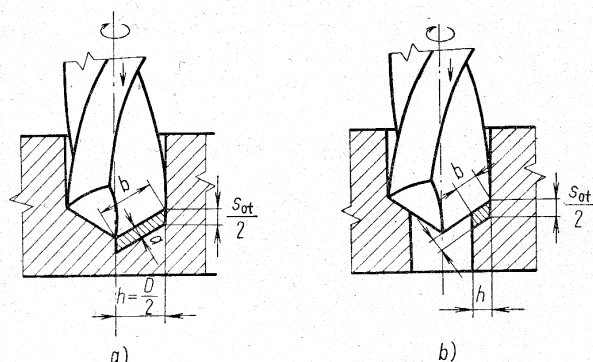
Obr. 7.1. Princíp vrtania



Obr. 7.2. Pohyby pri vrtaní

Podľa technológie vrtania a druhu, konštrukcie a geometrie použitého vrtáka môžeme vrtanie rozdeliť na :

- navŕtavanie začiatku otvoru do plného materiálu,
- vrtanie kratších dier do plného materiálu (obr. 7.3 a),
- vrtanie kratších dier do predliatych, predkovaných alebo predlisovaných dier,
- vrtanie hlbokých dier do plného materiálu alebo do predvrtaných dier (obr. 7.3 b),
- vrtanie priechodných dier,
- vrtanie v špeciálnych prípadoch ako diery do plechu, diery s odstupňovanými priermi, vrtanie diery súčasne s jej vystružením, zahlbením a pod.,
- vrtanie s použitím vrtákov špeciálnej konštrukcie alebo geometrie ako vrtanie ťažko obrobiteľných materiálov, prípadne vrtanie nekovových materiálov a pod.



Obr. 7.3. Prierez triesky pri vrtaní
a) do plného materiálu, b) do predvrtanej diery

Podstatou vrtania je odrezávanie triesky dvoma alebo viacerými ostrými súčasne (niekedy tiež len jedným) a to pri relatívnom pohybe nástroja voči obrobku. Nástroj reže pri vrtaní do

plného materiálu po celej dĺžke ostria, pri vŕtaní predvŕtaných dier len časťou ostria (obr. 7.3). Dosahovaná presnosť je IT11 až IT14 s drsnosťou povrchu $Ra = 6,3$ až $12,5\mu m$.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Charakterizujte vŕtanie.
2. Aké pohyby rozoznávame pri vŕtaní ?
3. Ako delíme vŕtanie ?
4. Akú presnosť dosahujeme pri vŕtaní ?

7.1 Nástroje na vŕtanie

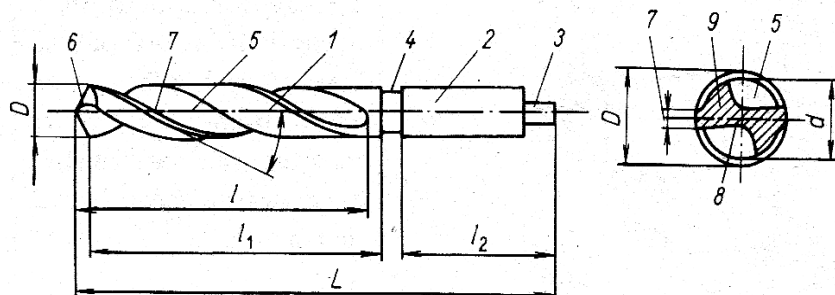
Na vŕtanie dier do plného materiálu môžeme použiť v závislosti od vŕtaného materiálu niektorý z týchto vŕtákov :

- kopijový vŕták (obr. 7.4 b) – je jedným z najstarších vŕtákov, ktorý však pracuje dosť nepresne. Použitie pri vŕtaní dier malých priemerov asi do 0,5 mm.,
- delový vŕták (obr. 7.4 c) – používa sa na vŕtanie dlhých, presných a priamych dier na sústruhu,
- trojhranný vŕták (obr. 7.4 f) – používa sa na vŕtanie skla a veľmi tvrdých austenitických manganových ocelí,
- strediaci vŕták (obr. 7.4 d) - používa sa na navŕtavanie strediacich jamiek na sústruhu alebo na špeciálnych navŕtavacích strojoch. Vyznačuje sa značnou tuhosťou.,
- korunkový vŕták (obr. 7.4 e) – je dutý a používa sa na vypichovanie dier v tenkostenných odliatkoch,
- kruhostredný vŕták (obr. 7.4 g) – používa sa na vyvŕtavanie stredov kruhov a pod.,
- skrutkovitý vŕták (obr. 7.4 a) – v súčasnosti sú tieto vŕtáky najrozšírenejšie a najpoužívanejšie v ďalšej časti sa budeme podrobnejšie zaoberať iba nimi.



Obr. 7.4. Rôzne druhy vŕtákov
a) skrutkovitý, b) kopijový, c) delový, d) strediaci, e) korunkový, f) trojboký, g) kruhostredný

Skrutkovité vrtáky



Obr. 7.5. Skrutkovitý vrták – základné pojmy

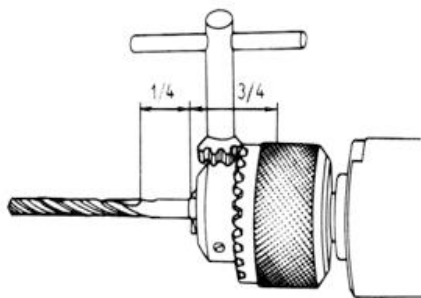
1 – teleso, 2 – stopka, 3 – unášač, 4 – krčok, 5 – skrutkovitá drážka, 6 – hrot
7 – fazetka, 8 – jadro, 9 – rebro

Skrutkovité vrtáky (obr. 7.5) majú skrutkovito drážkované teleso, ktoré umožňuje účinné odvádzanie triesok a zároveň zabezpečuje dobré chladenie. Pre zlepšenie chladenia a odvádzania triesok sa používajú vrtáky s vnútorným výplachom. Chladiaca kvapalina je vysokým tlakom privádzaná stredom telesa priamo k rezným hranám. Uhol sklonu skrutkovice k osi vrtáka sa pohybuje od 10° do 45° v závislosti od vŕtaného materiálu. Uhol hrotu (vrcholový uhol), ktorý spolu zvierajú obidve hlavné ostria, sa pohybuje v pomerne veľkom rozmedzí a podstatne vplýva na kvalitu diery, výkon a trvanlivosť vrtáka.

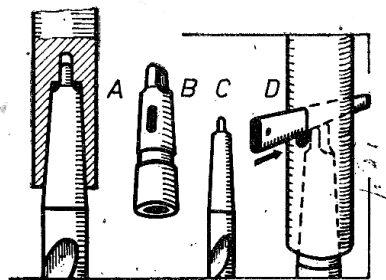
Upínanie vrtákov.

Vrtáky sa vyrábajú buď s valcovou stopkou, väčšinou do priemeru 20 mm, alebo s kužeľovou stopkou.

Vrtáky s valcovou upínacou stopkou sa upínajú do sklúčovadiel (upínacích hlavičiek) (obr. 7.6), ktoré môžu byť dvojčelust'ové alebo trojčelust'ové. Častejšie sa používajú trojčelust'ové sklúčovadlá, ktoré sa dajú lepšie vyvážiť. Sklúčovadlá sa do vretena vŕtačky upevňujú pomocou kužeľového upínacieho trňu, alebo závitom. Valcová stopka vrtáka má byť do sklúčovadla zasunutá minimálne do troch štvrtín.



Obr. 7.6. Upnutie vrtáka v sklúčovadle



Obr. 7.7. Upínanie vrtáka s kužeľovou stopkou

A – vrták upnutý vo vretene

B – redukčné puzdro

C – malá kužeľová stopka

D – vybíjanie vrtáka z vretena vyrážacím klinom

Vrtáky s kužeľovou upínacou stopkou upíname priamo do kužeľovej dutiny vretena vŕtačky (obr. 7.7). Keď je kužeľ stopky menší ako kužeľový otvor vo vretene, používajú sa redukčné vložky, ktoré vyrovnávajú rozdiel veľkosti. Tieto vrtáky zaručujú presnejšie uloženie vo vretene. Používajú tzv. Morseho kužeľ. Vrták je pri práci unášaný unášačom, ktorý je súčasťou kužeľovej stopky. Kužeľové stopky, redukčné puzdra a dutinu vretena vŕtačky musíme udržiavať čisté, aby sme pri práci zabezpečili dokonalý prenos otáčavého momentu a súosovosť vrtáka s vretenom.

Upínacie hlavičky alebo vrtáky s kužeľovou stopkou uvoľňujeme z dutiny vretena alebo z redukčného puzdra pomocou vyrážacieho klina.

Ostrenie vrtákov.

Výkon vrtáka je takisto ako pri každom inom nástroji závislý najmä od správneho naostrenia. Podľa toho, ako presne je vrták naostrený, taká presná je jeho práca.

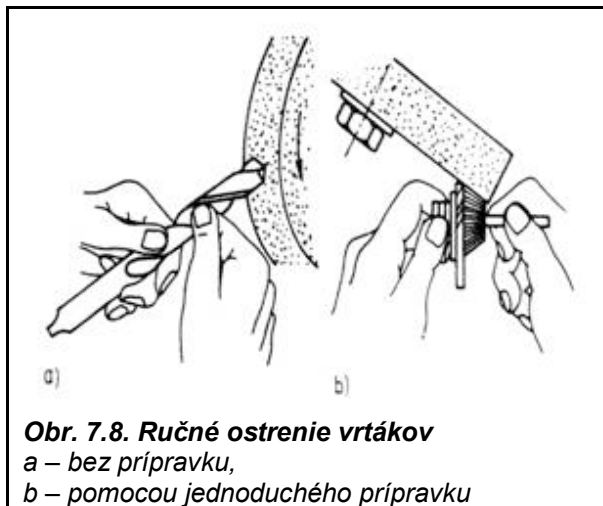
Skrutkovité vrtáky ostríme na špeciálne konštruovaných strojoch.

Menšie vrtáky sa v kusovej výrobe väčšinou brúsia ručne (obr. 7.8), ale nemôžeme zaručiť presné dodržanie geometrie, čo pri práci spôsobuje rýchle opotrebenie ostria, vybočovanie diery z osi, zväčšovanie odchýlok valcovitosti, kruhovitosti a pod.

Zlomené alebo spálené vrtáky najskôr skrátime a až potom znova nabrúsime.

Na kužeľových plochách chrbta sa musí podbrusovať uhol chrbta, ktorého hodnoty závisia od druhu obrábaného materiálu. Prične ostrie, ktoré zvierá s hlavným ostrím zvyčajne uhol 55° sa vybrusovaním zužuje, čím sa znižuje odpor vrtáka voči posuvu a vrták má lepšie vedenie.

Pri brúsení treba kontrolovať ostria vrtáka, najmä ich súmernosť a dodržanie uhlov. Kontrolujeme ich najčastejšie pomocou šablón, rôznych špeciálnych meradiel a výnimočne aj voľným okom.



Materiál vrtákov.

Vrtáky môžu byť vyrobené z uhlíkovej nástrojovej alebo rýchloreznej ocele, prípadne môžu byť špičky vrtákov opatrené platničkami zo spekaných karbidov. Skrutkovité vrtáky s valcovou stopkou do priemeru 13 mm sa vyrábajú celé z rýchloreznej ocele, s priemerom väčším sa vyrábajú najčastejšie zvarané – stopka je z konštrukčnej ocele. Telesá skrutkovitých vrtákov s reznými platničkami sa spravidla vyrábajú z konštrukčnej alebo zliatinovej ocele.

Rezné podmienky.

Rezné podmienky pri vŕtaní tvoria :

- rezná rýchlosť – v (m/min),
- otáčky – n (1/min),
- posuv – s (mm/min, mm/ot), a sú určené materiálom nástroja a materiálom obrobku.

Rezná rýchlosť závisí od otáčok n (1/min) a od priemeru vrtáka D (mm). Jej veľkosť je daná vzťahom

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ (m/min)}$$

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

D – priemer vŕtacieho nástroja (mm),

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

Z toho otáčky

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot D} \text{ (1/min)}$$

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

Posuv sa udáva v mm/min alebo v mm/ot. Posuv v mm/ot vypočítame tak, že posuv v mm/min delíme počtom otáčok. Posuv ovplyvňuje hrúbku triesky a akosť povrchu vrtanej diery. Pri vrtaní s ručným posuvom sa musí pracovať s citom.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Aké druhy vrtákov poznáme ?
2. Popíšte skrutkovitý vrták.
3. Ako upíname skrutkovité vrtáky ?
4. Aké spôsoby ostrenia sa využívajú vo výrobe ?
5. Čo tvorí rezné podmienky pri vrtaní ?

7.2 Vrtáčky

Na vrtanie, vyvrtávanie, vyhrubovanie, vystružovanie a zahlbovanie sa používajú ručné alebo strojové vrtáčky najrozličnejších konštrukcií a veľkostí.

Presnejšie a hospodárnejšie je vrtanie na strojových vrtáčkách. Ich hlavné časti sú stojan, na ktorom je umiestnený vreteník zabezpečujúci otáčavý a súčasne posuvný pohyb vretena s nástrojom a stôl, na ktorý sa upína obrobok. K ďalším častiam vrtáčiek patria mechanizmy na zmenu rýchlosti a smeru hlavného a posuvného pohybu a základová platňa.

Rozdelenie vrtáčiek :

- jednovretenové,
- radové a viacvretenové,
- špeciálne,
- stavebnicové,
- programovo riadené a NC vrtacie stroje.

Vrtáť sa dá aj priamo na sústruhu. Obrobok je pritom upnutý do otáčajúceho sa vretena sústruhu a vrták je upevnený v hrotovej objímke (pinole) koníka a to buď priamo, alebo v skľučovadle.

Ručné prevodové vrtáčky sa vyrábajú pre diery do priemeru 10 až 13 mm. Otáčavý pohyb vretena je odvodený cez prevod od kľuky, ktorú otáčame rukou. Tlakom v smere osi vretena vyvodzujeme posuvovú silu. V súčasnosti už používané len ojedinele.

Ručné mechanické vrtáčky elektrické (obr. 7.9) alebo pneumatické (obr. 7.10) sa vyrábajú pre diery do priemeru 25 mm. Moderné elektrické vrtáčky majú plynulú reguláciu otáčok vretena a príklep, ktorý sa využíva pri vrtaní do betónu. Posuvovú silu v smere osi opäť vyvodzujeme tlakom ruky, pri veľkých vrtáčkách tlakom hrudníka na teleso vrtáčky.

V prevádzkach s rozvodom tlakového vzduchu sa s výhodou používajú pneumatické vrtáčky. Majú motor s lopatkovým rotorom alebo piestový motor. Je u nich možná aj plynulá regulácia otáčok.

V súčasnosti je moderné používanie **aku vrtáčiek** (obr. 7.11).



Obr. 7.9. Ručná elektrická vŕtačka



Obr. 7.10. Ručná pneumatická vŕtačka



Obr. 7.11. Aku vŕtačka

Jednoduché stolové vŕtačky sú určené na vŕtanie dier do priemeru 20 mm v menších obrobkoch (obr. 7.12). Používajú sa hlavne pri kusovej a malosériovej výrobe. Majú možnosť niekoľkostupňovej voľby otáčok vretena (zmenou prevodu so stupňovitými remenicami). Vreteník sa dá v zvislom smere prestavovať na valcovom stĺpe podľa výšky obrobku. Posuv vretena do rezu je ručný.

Stĺpové vŕtačky sú určené na vŕtanie dier do priemeru 40 mm (obr. 7.13). Majú liatinový stĺp valcovitého tvaru, na ktorom je umiestnený zvisle a otočne prestaviteľný vreteník a upínací stôl. Menšie súčiastky sa upínajú na stôl, väčšie na základovú platňu. Otáčavý pohyb vretena je odvodený od elektromotora cez prevodovú skriňu. Posuv na menších vŕtačkách je ručný, na väčších strojový.



Obr. 7.12. Stolová vŕtačka



Obr. 7.13. Stĺpová vŕtačka



Obr. 7.14. Radová vŕtačka

Stojanové vŕtačky sú určené na vŕtanie dier do priemeru 60 mm. Majú mohutný liatinový stojan, na ktorom je upevnený vreteník s vertikálne prestaviteľným vretenom, ktorý môže svoju polohu meniť ručne pákou alebo mechanizmom pre strojový posuv, ktorý je umiestnený v prevodovej skrini. Obrobok sa upína na stôl s T-drážkami. Ich výhodou je väčšia tuhosť oproti stĺpovým, čím sa umožňuje pracovať s väčším výkonom a pritom dosahovať vysokú rozmerovú aj tvarovú presnosť. Nevýhodou je komplikovanejšia manipulácia.

Otočné radiálne vŕtačky sú charakteristické vodorovným ramenom, po ktorom sa môže vodorovne posúvať vreteník. Rameno je zvisle posuvné na valcovom alebo skriňovom stĺpe a môže sa otáčať. Obrobok sa upína na zvisle prestaviteľný stôl alebo priamo na základovú platňu s T-drážkami.

Prenosné montážne vŕtačky môžu vŕtať diery v rôznych polohách – vreteník možno natočiť do ľubovoľnej polohy. Používajú sa pri veľkých obrobkoch, ktoré sa nedajú v dielni

prepravovať. Nevýhodou je menšia tuhosť, spôsobená veľkým vyložením vretena. Vyrábajú sa vo viacerých obmenách na vŕtanie dier priemerov 25 až 60 mm.

Radové a viacvretenové vŕtačky sa používajú na skrátenie hlavného aj vedľajšieho času vŕtania.

Radová vŕtačka sa skladá z niekoľkých samostatných stolových alebo stĺpových vŕtačiek, ktoré sú umiestnené v rade vedľa seba a pripevnené na spoločnej nosnej časti (obr. 7.14). Jednotlivé vŕtačky pracujú nezávisle a môžu mať buď samostatný program, alebo môžu vykonávať postupné vŕtačské operácie s rôznymi nástrojmi (napr. vrták, výhrubník, výstružník), z ktorých každý je upnutý v inom vretene, podľa technologického postupu. Použitie v sériovej a hromadnej výrobe pri súčiastkach, na ktorých treba vykonať rôzne vŕtacie operácie.

Viacvretenovú vŕtačku charakterizuje viac pevných alebo prestaviteľných vretien (obr. 7.18). Vretená sú v držiakoch, v ktorých ich možno nastaviť do požadovanej vzájomnej polohy. Majú aj zariadenie na nastavenie pracovného cyklu, to znamená rýchloposuvu, pracovného posuvu a rýchleho odsunu nástroja po vykonaní príslušného úkonu do pôvodnej polohy.

V praxi sa využíva aj kombinácia radového stroja s viacvretenovými vŕtačkami.

Špeciálne vŕtačky. Sem zaraďujeme súradnicové vŕtačky aj vodorovné vŕtacie stroje.

Súradnicová vŕtačka má vreteník presuvne uložený na vodorovnom ramene, ktoré sa dá zvisle presúvať po vedeniach dvoch stojanov. Obrobok sa upína na vodorovne posuvný stôl, ktorého polohu proti vretenu môžeme presne nastaviť pomocou optického zariadenia. Tieto vŕtačky umožňujú nastaviť osové vzdialenosti dier s presnosťou 0,01 až 0,02 mm. Umiestňujú sa samostatne v bezprašných miestnostiach, do ktorých sa neprenáša chvenie z okolia, a kde je automatická regulácia teploty na 20°C.

Stavebnicové vŕtačky sa skladajú zo samostatných vŕtacích jednotiek s vlastným pohonom, ktoré možno s ostatnými typizovanými prvkami zostaviť do viacerých variantov vŕtacích strojov. Používajú sa v sériovej aj hromadnej výrobe. Ich prednosťou oproti jednocelovým strojom je to, že po ukončení celej série súčiastok sa môžu prestaviť do nových zoskupení podľa nasledujúcich výrobných požiadaviek.

Programovo riadené vŕtačky (obr. 7.15). Využívajú sa pri vŕtaní otvorov do takých obrobkov, pri ktorých treba vykonať veľa vŕtacích úkonov z rôznych strán a v rôznych smeroch. Takéto vŕtanie by vyžadovalo ináč zdĺhavé vymieňanie nástrojov a zmenu polohy obrobku voči vretenu, čo býva často veľmi namáhavé a nepresné. Vŕtacie operácie sú automatizované, proces je strojovo programovaný a časy na výrobu otvorov klesajú na šestinu pôvodných časov na jednovretenových vŕtačkách.

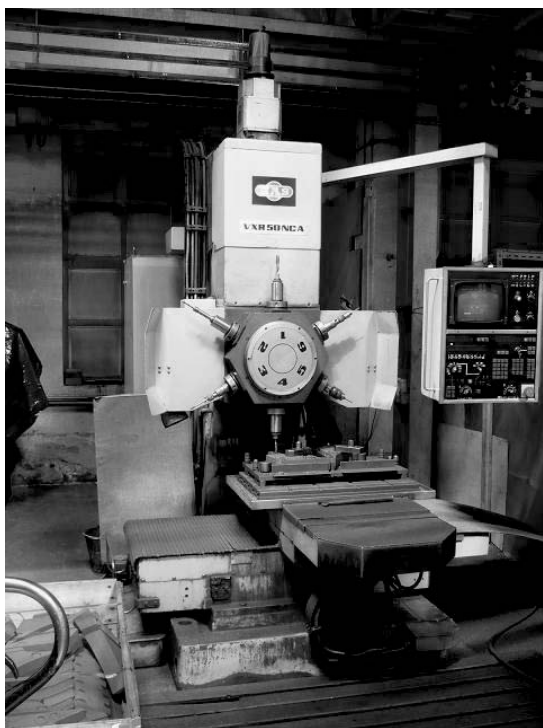
Upínanie obrobkov.

Obrábané súčiastky sa musia upínať pomocou upínacieho náradia, ktoré zachytáva sily prenášané vrtákom a zabezpečuje súčiastky v takej polohe, aby stred diery a stred hrotu vrtáka boli v jednej osi.

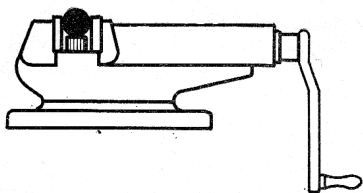
Pri vŕtaní malých otvorov do rozmerných a ťažkých obrobkov upínanie nie je potrebné. Malé obrobky a plechy vždy upíname. Pri vŕtaní priechodných otvorov obrobky podkladáme podložkami z tvrdého dreva, čím zabráňujeme vylamovaniu koncov diery pri dovŕtavaní a zároveň chránime stôl vŕtačky pred poškodením.

Menšie obrobky a plechy sa upínajú v ručnej zvierke, ktorú pri vŕtaní pridržujeme rukou.

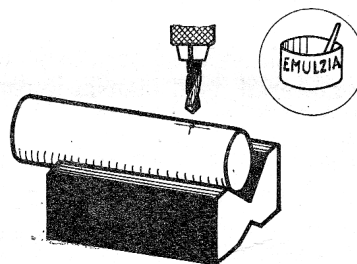
Súčiastky s rovnobežnými stenami upíname do rôznych zverákov (obr. 7.16), ktorých posuvná čeľusť môže byť ovládaná skrutkou, výstredníkom, pneumaticky alebo hydraulicky. Keď hmotnosť zveráka nestačí na zachytenie otáčavého momentu, ktorý prenáša vrták na obrobok, musíme zverák upnúť na stôl vŕtačky. Valcové obrobky môžeme upnúť vo zveráku do čeľusti s prizmatickým vytvarovaním (obr. 7.17). Keď potrebujeme vŕtať diery šikmo, súčiastka sa upína do sklopného zveráka alebo priamo na sklopnú platňu.



Obr. 7.15. Programovo riadená vrtačka



Obr. 7.16. Upínanie vo zveráku



Obr. 7.17. Vrtanie kruhovej tyče na prizmatickej podložke

Upínať môžeme aj priamo na pracovný stôl vrtačky a to úpinkami, ktoré sú skrutkou s hlavou tvaru T upevnené k stolu vrtačky.

Upínacie uholníky sa používajú na upnutie zložitejších obrobkov, ktorých tvar nedovoľuje priame upnutie vo zveráku alebo na stole vrtačky.

V sériovej výrobe sa obrobky upínajú v rýchloupínacích zverákoch a v rozličných vrtacích prípravkoch.

Technológia vrtania.

Stred vrtaného otvoru si naznačíme orysovaním. V mieste, kde sa osi pretínajú, urobíme jamkovačom jamku, aby bol vrták vedený pri zavrtávaní. Vrták volíme podľa vyžadovaného priemeru a hĺbky otvoru. Musíme pritom rátať s tým, že priemer vyvrtaného otvoru bude vždy väčší než priemer vrtáka. Vrták upneme tak, aby nehádzal.

Ak je vyžadovaná presná diera, musíme ich dokončovať vyhrubovaním a vystružovaním.

Veľké priemery otvorov najskôr predvrtávame malými vrtákmi a až potom sa dokončia vrtákmi predpísaného priemeru. Vrták tlačíme do materiálu rovnomerným tlakom. Tlak nesmie byť veľmi veľký (najmä pri malých vrtákoch), aby sa vrták nezlomil.

Dĺžku vrtáka volíme takú, aby vrták mohol aj pri dovŕtaní bezpečne odvádzať vznikajúce triesky. Zbytočne dlhé vrtáky sa pri práci chvejú, ľahko sa otupujú a lámu.

Vrták sa trením zahrieva. Preto sa musí chlaďiť a mazať. Nadmerný ohrev hrotu vrtáka by mohol zapríčiniť stratu jeho tvrdosti a rýchle otupenie. Najčastejšie chladíme vodným roztokom (emulziou) s prísadou mydla a emulzného oleja. Väčší mazací účinok má vŕtací olej, ktorý však menej chladí. Chladiaca kvapalina zlepšuje rezné vlastnosti vrtáka a zlepšuje povrch otvoru. Niektoré druhy materiálov (napr. liatina a meď) sa vŕtajú bez chladenia. Chladiaca kvapalina sa na vŕtané miesto privádza špeciálnym rozvodom s čerpadlom alebo ručným nanášaním štetcom.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Ako rozdeľujeme vŕtačky ?
2. Popíšte ručné vŕtačky.
3. Aké strojové vŕtačky poznáme ?
4. Ako sa upínajú obrobky ?
5. Na čo používame chladenie a mazanie ?

7.3 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, naliaty a pod. (obr. 7.18).

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 predvŕtanej diery. Vodiace čapy môžu byť pevné, alebo s vymeniteľným vodiacim puzdrom, čím sa zväčšuje univerzálnosť ich použitia.

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 vŕtaní pri jednom upnutí priamo na vŕtačke. Rezné podmienky sa volia rovnaké ako pri vyhrubovaní.

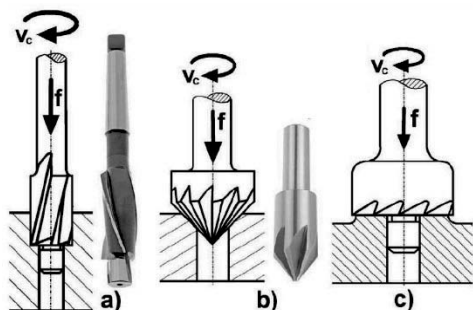
Záhlbníky a zahlbovacie nože sa vyrábajú z rýchloreznej ocele prípadne s reznými platničkami zo spekaných karbidov.

7.4 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. Rozdeľujeme ich na :

- výhrubníky s kužeľovou stopkou (obr. 7.20 a),
- nástrčné výhrubníky (obr. 7.20 b),
- výhrubníky so vsadenými reznými hranami (obr. 7.20 c).



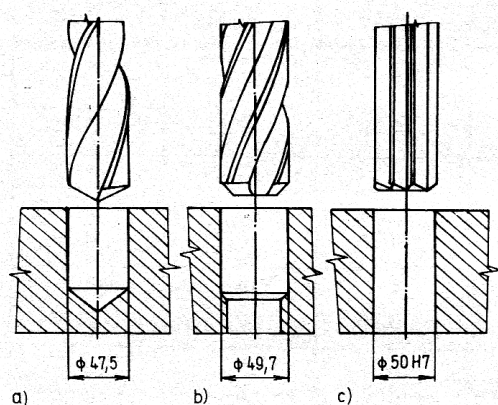
Obr. 7.18. Spôsoby zahlbovania a druhy záhlbníkov

- zahlbovanie valcovým záhlbníkom
- zahlbovanie kužeľovým záhlbníkom
- zarovnávanie čelnej plochy valcovým záhlbníkom

Výhrubníky sú normalizované normou STN 221400 až 221420.

Rezné hrany sú na tzv. reznom kuželi, ktorý je vybrúsený na zuboch pod uhlom $\chi = 60^\circ$. 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 $Ra = 1,1$ až $1,8 \mu m$. 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 (obr. 7.19).

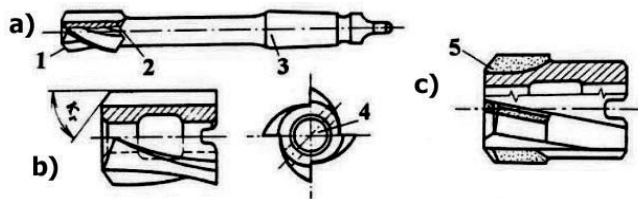


Obr. 7.19. Postup výroby presnej (lícovanej) diery $\varnothing 50 H7$

- vŕtanie, b) vyhrubovanie, c) vystružovanie

Výhrubníky sa vyrábajú z rýchlořeznej 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.



Obr. 7.20. 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

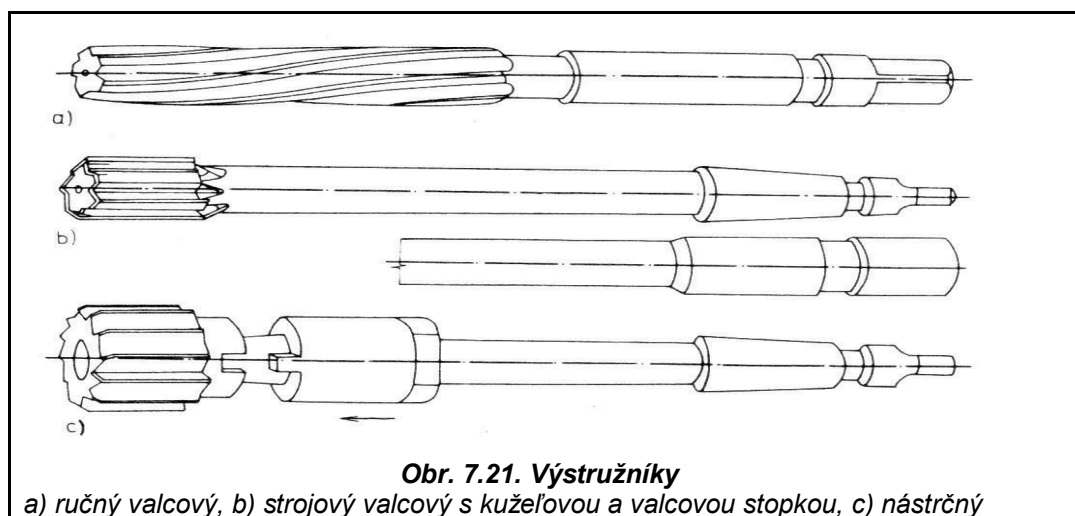
KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Na čo slúži zahlbovanie ?
2. Popíšte rozdelenie záhlbníkov.
3. Čo je hlavným účelom vyhrubovania ?
4. Aké výhrubníky poznáme ?

7.5 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. 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 strojom vystružovaní oceľových obrobkov pohybuje $0,2$ až $0,4$ mm a pri ručnom vystružovaní $0,05$ až $0,1$ mm.



Obr. 7.21. Výstružníky

a) ručný valcový, b) strojový valcový s kužeľovou a valcovou stopkou, c) nástrčný

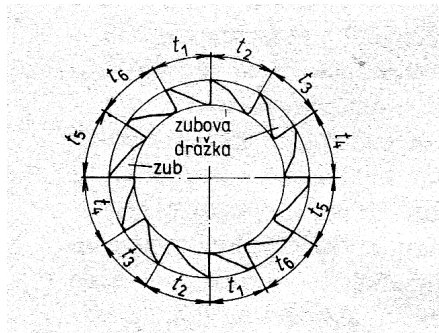
Výstružníky sa rozdeľujú podľa rôznych hľadísk :

- podľa tvaru na valcové a kužeľové,

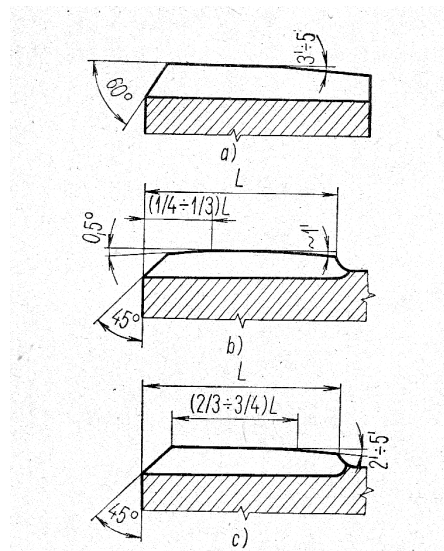
- podľa tvaru zubov na priame a v skrutkovici,
- podľa akosti vystruženého otvoru na jemné a hrubé,
- podľa spôsobu použitia na strojové a ručné (obr. 7.21 a),,
- podľa spôsobu upínania na výstružníky - s valcovou alebo kužeľovou stopkou (obr. 7.21 b),
- nástrčné s valcovou alebo kužeľovou dierou (obr. 7.21 c),
- 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. 7.22). To preto, aby sa zabezpečila pokojná práca nástroja (bez nárazov).



Obr. 7.22. Nerovnomerné rozstupy zubov výstružníkov



Obr. 7.23. Geometria ostria

a) výhrubník, b) ručný a c) strojový výstružník

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.

Ručné výstružníky na valcové diery sú pomerne dlhé v porovnaní so strojovými. Ich reznú časť tvorí rezný kužeľ, ktorý plynule prechádza do valcovej časti, ktorá nástroj v diere už iba vedie a zároveň ju vyhladzuje. Zrazená čelná hrana na prednej časti výstružníka nereže, ale uľahčuje zavádzanie nástroja do diery. Stopka výstružníka má štvorhran na upnutie do vratidla.

Strojové výstružníky majú krátky rezný kužeľ skosený pod uhlom 20 až 45°. Časť výstružníka za rezným kužeľom nástroj vedie a diery 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.

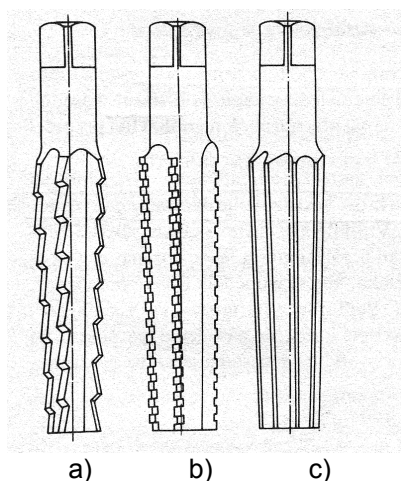
Rozpínacie výstružníky sú duté a pozdĺžne medzi zubami rozrezané. Do kužeľovej dutiny v telese výstružníka sa zatláča guľička, ktorou sa dá priemer výstružníka v určitom rozmedzí

prestaviť (až o niekoľko desiatin mm). Opotrebené rozpínacie výstružníky sa preto dajú opäť nastaviť na pôvodný presný rozmer.

Nastaviteľné výstružníky na ručné alebo strojové vystružovanie sa dajú nastavovať vo väčšom rozsahu (spravidla o 1 až 2 mm). 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.

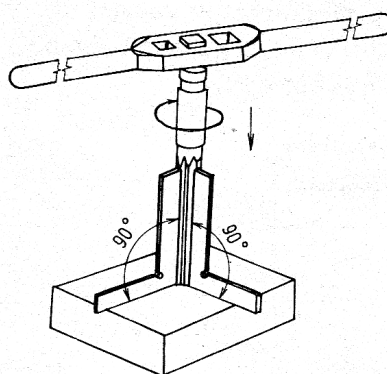
Kužeľové výstružníky sa používajú na vystružovanie dier pre kužeľové kolíky, kužeľové dutiny vo vretenách a pod. Vyrábajú sa s kužeľovitosťou 1 : 50 alebo na diery pre metrické a Morseho kužeľe.

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. 7.24).



Obr. 7.24. Kužeľové výstružníky na Morseho kužeľe

a) predhrubovací, b) hrubovací, c) dokončovací



Obr. 7.25. Kontrola správnej polohy

výstružníka pri zavádzaní do diery

Materiál výstružníkov.

Valcové a kužeľové ručné výstružníky sa vyrábajú najčastejšie z uhlíkovej nástrojovej ocele. Strojové výstružníky sa zhotovujú najčastejšie z nástrojovej rýchloreznej ocele, alebo majú vsadené rezné hrany zo spekaných karbidov. Brúsiť sa dajú iba na špeciálnych brúsiacich strojoch.

Technológia vystružovania.

Obrobok upínáme niektorým zo spôsobov popísaných v kapitole o vŕtaní. Pri ručnom vystružovaní výstružník upíname za štvorhran, na ktorý nasadíme vratidlo. Podľa potreby môžeme výstružník predĺžiť nadstavcom, ktorý sa nasadzuje na štvorhran výstružníka a vratidlo sa nasadzuje až na štvorhran nadstavca. Výstružníky treba zavádzať do diery opatrne za stáleho otáčania v smere rezu tak, aby pomaly zabral triesku (obr. 7.25). Osová sila, ktorou pôsobíme na výstružník nesmie byť veľká. Výstružník pri práci nikdy nepootáčame naspäť, lebo by sme tým mohli poškodiť chrbty zubov.

Pri strojovom vystružovaní musíme výstružník veľmi starostlivo zaviesť do diery tak, aby diera aj nástroj boli súosové. Pri vystružovaní na vŕtačke 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 sklúčovadle 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 diery obrábame vŕtaním, vyhrubovaním aj vystružovaním pri jednom upnutí, výhodne je použiť rýchchloupínacie hlavice, ktoré umožňujú rýchlu a presnú výmenu nástrojov.

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

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

Bezpečnosť. Okrem poriadku a čistoty na pracovisku treba dodržiavať základné bezpečnostné predpisy a pravidlá. Tie najzákladnejšie sú zakotvené aj v normách STN napr. STN 20 0700, STN 20 0708 a pod.

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Na čo slúži vystružovanie ?
2. Popíšte rozdelenie výstružníkov.
3. Dá sa vyhrubovať a vystružovať aj na sústruhoch ?
4. Opíšte postup výroby presnej diery na H7.

8 Životné prostredia

8.1 Ochrana životného prostredia

Životné prostredie je všetko, s čím človek je, alebo môže byť, vo vzájomnom vzťahu. Je to priestor, v ktorom sa všetci pohybujeme. Nedá sa vymedziť hranicami štátu.

Životné prostredie a človek ako jedinec v ňom predstavujú jeden systém a jeden celok, aj keď mnohí z nás na to zabúdajú. Dlhodobé poškodzovanie životného prostredia v minulosti sa stále odráža na zdraví a veku ľudí. Zdravé životné prostredie a zdravý spôsob života idú ruka v ruku so zdravím a hodnotným prežívaním života každého z nás. Ochrancovia životného prostredia hľadajú rovnováhu medzi potrebami ľudí a starostlivosťou o životné prostredie. Na Zemi žije viac ako 7 miliárd ľudí a všetci potrebujú životný priestor, potraviny a palivo na výrobu energie. Bez starostlivosti o životné prostredie by sa mohlo narušiť, prírodné zdroje vyčerpať a Zem zničiť. Človek sa stará o svoje vlastné veci, ktoré sú preňho cenné, ale o životné prostredie sa nestará a tým je stále viac a viac znečistené.

Niektoré problémy ochrany životného prostredia sú miestneho charakteru, napr. ochrana starého duba, ktorému hrozí vytátie pri výstavbe novej cesty. Iné aktivity, ako napr. recyklácia, šetrenie energiou, zastavenie vymierania zvierat, majú celosvetový charakter.

Ako udržiavať životné prostredie?

Čistý vzduch

Autá spaľujú pohonné hmoty a do vzduchu vypúšťajú škodlivé splodiny. Ak budete chodiť do školy pešo, pomôžete udržiavať čistejší vzduch. Jazdenie na bicykli je čistý druh dopravy, pretože neznečisťuje vzduch, ktorý dýchame.

Čistá Zem

Chemikálie a odpady znečisťujú i pôdu. Zostávajú v zemi mnoho rokov. Zbieraním odpadkov udržiavame čisté životné prostredie. Ovocie a zelenina by sa mali pestovať bez chemikálií – tak sa zachová pôda čistá.

Energia

Výroba elektriny v tepelných elektrárňach vyčerpáva prírodné zdroje. Ak budete zhasínať svetlo, ušetríte energiu. Moderné veterné turbíny vyrábajú energiu čisto a šetria palivá.

Zložky životného prostredia :

- **prírodné** – vzduch, voda, pôda ...
- **umelé** – nástroje, stroje, obydliá ...
- **sociálne** – sú dané medziľudskými vzťahmi.

Životné prostredie rozdeľujeme na :

- **pracovné** – ovplyvňuje pracovný výkon,
- **obytné** – vytvára rodinné zázemie,
- **rekreačné** – slúži na oddych a regeneráciu.

Človek, ktorý v súčasnosti disponuje množstvom poznatkov vedeckého charakteru je nútený zobrať zodpovednosť za ďalší osud svojho prostredia, t.j. aj prežitia množstva druhov organizmov, s ktorými sa v procese evolúcie vyvíjal. Popri environmentalistike (náuka o životnom prostredí) vznikajú disciplíny, ako ekosoziológia (sozo - ochraňujem, zachraňujem, udržiavam pri živote), náuka o ochrane prírody na vedeckom základe, fyziotaktika (fysis - príroda, taktika zaobchádzanie s prírodou) koncepcia dlhodobého nekonfliktného využívania prírodných zdrojov. Cieľom ochrany životného prostredia je chrániť a uchovávať jednotlivé zložky prostredia, usmerňovať a rozvíjať každú ľudskú činnosť v krajine, tak aby prispievala k rozvoju prírodného prostredia a celkovému ozdraveniu krajiny.

Ochrana životného prostredia zahŕňa činnosti, ktorými sa predchádza znečisťovaniu alebo ohrozovaniu životného prostredia. Nielen predchádzať, ale aj obmedzovať – chrániť jednotlivé zložky a druhy organizmov, Ekosystémy.

Cieľ ochrany životného prostredia :

- širší zmysel – zachovávať zdravé, produktívne a estetické prostredie,
- užší zmysel – ochrana prírodných zdrojov, ktoré človek využíva pre svoju existenciu, pôdy, vody, lesa a pod.

8.2 Ochrana pred olejmi a chladiacimi kvapalinami

Oleje.

Opotrebované oleje vznikajú v každom výrobnom procese a v priemyselnom odvetví vôbec (minerálne oleje - používajú sa ako mazadlá, hydraulické oleje – používajú sa v hydraulických zariadeniach). Vznikajú tiež pri manipulácii s cisternami, nádržami a súbormi obsahujúcimi olej, ako sú transformátory a pod. Ich dôsledný zber a súčasne striktná separácia podľa typu oleja sú zásadným východiskom pre ochranu životného prostredia a pre ich potenciálnu regeneráciu. Regenerácia je v súčasnosti vysoko aktuálna. Okrem vážnych environmentálnych dôvodov je tu otázka spotreby neobnoviteľných prírodných zdrojov. Zásoby ropy sú obmedzené, jej cena prekonáva všetky očakávania, preto šetrenie ropných produktov a mazadiel zvlášť sa stáva kľúčovým problémom. Recyklácia a regenerácia znamená účinný spôsob šetrenia obmedzených prírodných zdrojov. Opotrebované oleje navyše predstavujú už domácu surovinu. Z celkového množstva opotrebovaných olejov sa asi 60 % sa spálilo na energetické účely a 40 % bolo regenerované. Smernica EU zdôrazňuje prioritu re-rafinácie opotrebovaných olejov pred jeho spaľovaním pre energetické účely.

Ideálny regeneračný postup je taký, ktorý účinne odstráni nežiaduce látky z opotrebovaných olejov bez toho, aby výrazne pozmenil jeho uhlíkovodíkovú skladbu, musí byť ekonomicky únosný a nesmie produkovať devastačné odpady.

Podľa smerníc a predpisov sa opotrebované oleje musia zhromažďovať na to určených zberných miestach a dôsledne separovať.

Chladiace kvapaliny.

Neustále zdokonaľujúce sa procesy trieskového obrábania kladú čoraz vyššie požiadavky na chladiace kvapaliny. V súčasnosti sú najefektívnejšie vodou riediteľné chladiace kvapaliny. Hoci už vo svete existujú technológie trieskového obrábania kovov, ktoré nevyžadujú chladenie, resp. mazanie formou kvapalných médií, používanie vodou riediteľných chladiacich kvapalín prevažuje takmer vo všetkých sférach trieskového obrábania.

Neoddeliteľnou súčasťou technologického procesu obrábania zostáva aj napriek vysokému stupňu automatizácie človek. Je to jediný prvok tohto systému, ktorý sa takmer nemení, a :

- neustále prichádza do priameho kontaktu s chladiacim médiom,
- jeho pokožka sa rokmi nestala odolnejšou voči vplyvom týchto médií,
- naopak, vzhľadom na množstvo civilizačných alergií je ešte precitlivejšia.

Ochranné

produkty

Vzhľadom na to, že pri obsluhu CNC obrábacích strojov je používanie ochranných rukavíc výrazne nepraktické a v mnohých prípadoch aj nebezpečné (z dôvodu zachytenia), je veľmi výhodné používanie rôznych ochranných krémov. Tieto krémy nielen zabráňujú prenikaniu chemických látok obsiahnutých v chladiacich kvapalinách a olejoch priamo do pokožky človeka, ale zároveň chránia pokožku pred infikáciou baktériami, resp. plesňami a hubami (ak tento krém obsahuje aj antibakteriálne zložky). Používanie týchto ochranných krémov je výrazne dôležitejšie pri dlhších zmenách.

8.3 Ochrana ovzdušia

Ovzdušie (atmosféra) tvorí plynný obal Zeme. Je základnou zložkou biosféry, bez ktorého by nebola možná existencia súčasných foriem života na Zemi. Má isté osobitosti, ktorými sa líši od iných prírodných látok:

- je všadeprítomný t.j. jeho výskyt nie je viazaný na určité miesta,
- netreba ho dopravovať,
- jeho používanie nie je obmedzené štátnymi hranicami.

Čistý vzduch neobsahujúci žiadny prach ani plynné znečisťujúce látky, je ideálnym pojmom a v prírode sa nevyskytuje.

Atmosféra obsahuje celý rad plynov (hlavne dusík, kyslík a argón), vodnú paru, poletujúce častice – aerosóly v pevnom a kvapalnom skupenstve, živé organizmy alebo časti ich tiel (vlákna mikroskopických húb, peľové zrnká, mikroorganizmy) a znečisťujúce látky.

Znečisťovanie a znečistenie ovzdušia.

V súčasnosti najohrozenejšou zložkou prírodného prostredia je ovzdušie a jeho znečistenie neustále narastá (obr. 8.1). Spôsobuje to hlavne prudký nárast výroby, energie, ťažba surovín, priemyselná činnosť, doprava atď. Človek denne vdýchne asi 15 kg vzduchu, t.z. aj pomerne malé množstvá škodlivín, ktoré ovplyvňujú ľudský organizmus a jeho zdravotný stav.

Znečisťovanie ovzdušia znamená vypúšťanie (vnášanie, emisiu) znečisťujúcich látok do atmosféry. Tieto látky alebo priamo alebo po chemických zmenách (chemokonverzii), prípadne pri spolupôsobení inej látky (synergicky) nepriaznivo ovplyvňujú životné prostredie. Znečistenie ovzdušia označuje prítomnosť (obsah, imisiu) znečisťujúcich látok v ovzduší. Čiže znečisťovanie označuje činnosť alebo dej, kým znečistenie určitý stav, ktorý je dôsledkom pôvodného deja.

Z hľadiska vzniku rozlišujeme :

- primárne znečisťovanie – ktorým rozumieme úlet škodlivín zo zdrojov (emisia) a
- sekundárne znečisťovanie – ktorým rozumieme chemické zmeny niektorých látok, prebiehajúce pri šírení exhalátov (transmisia v atmosfére).

Znečistené ovzdušie :

- ohrozuje alebo poškodzuje organizmus človeka,
- poškodzuje prostredie alebo niektoré jeho zložky, t.j. prírodné, obytné alebo pracovné prostredie, čím vznikajú škody pre spoločnosť,
- obťažuje okolie zhoršením pohody prostredia (zápachom, zníženou viditeľnosťou a pod).

Zdroje znečisťovania ovzdušia možno rozdeliť na :

- prírodné (nezávislé na ľudskej činnosti)
- umelé (vytvárané a ovplyvňované tendenčnou ľudskou činnosťou).

Rozoznávame :

- Lokálne znečistenie ovzdušia – vzťahuje sa na územie s plochou rádovo km^2 až desiatky km^2 (znečistenie ovzdušia miest a priemyselných oblastí). Úroveň koncentrácie je vysoká, prejavujú sa výrazné denné a sezónne zmeny. Tieto zmeny sú vyvolané zmenami miestnych emisných a meteorologických podmienok.

Hlavnými zdrojmi lokálneho znečistenia ovzdušia sú exhaláty z miestneho priemyslu, stavebníctva, energetiky, automobilovej dopravy, domáceho vykurovania a likvidácie odpadov. Typické škodliviny sú : CO , CO_2 , NO , NO_2 , uhlíkovodíky a tuhé častice. V lokálnom meradle sa výrazne prejavujú sekundárne formy znečistenia ovzdušia (zvýšenie koncentrácie ozónu a oxidantov).

- Regionálne znečistenie ovzdušia – znečistenie spodnej troposféry celých územných celkov až častí kontinentov. Negatívne následky regionálneho znečistenia možno pozorovať až do vzdialenosti vyše 1000 km od zdroja znečistenia. Hlavné exhaláty sú

oxidy síry a dusíka. Sledujú sa tiež oxidanty, uhľovodíky a ťažké kovy. Pri vyhodnotení regionálneho znečistenia ovzdušia treba analyzovať dlhodobý vplyv a jeho následky na vodu, pôdu a citlivé ekosystémy.

- Globálne znečistenie ovzdušia – označujeme znečistenie voľnej atmosféry t.j. zmeny zloženia atmosféry ako celku. Z globálneho hľadiska sa dnes považujú za najzávažnejšie znečisťujúce látky oxid uhličitý a drobné častice tuhých a kvapalných látok.

Zdrojmi znečisťovania môžu byť technologické celky, sklady a skládky palív, surovín a produktov, skládky odpadov, lomy a iné plochy s možnosťou zaparenia, horenia alebo úletu znečisťujúcich látok a iné stavby, objekty, zariadenia alebo činnosti, ktoré výrazne znečisťujú alebo môžu znečisťovať ovzdušie. Pohyblivé zariadenia so spaľovacími alebo inými hnacími motormi, ktoré znečisťujú ovzdušie, najmä cestné motorové vozidlá, železničné koľajové vozidlá, plavidlá a lietadlá – mobilné zdroje znečisťovania.

Emisný limit – najvyššia prípustná miera vypúšťania znečisťujúcej látky do ovzdušia zo zdroja znečisťovania, zariadenia alebo inej súčasti zdroja znečisťovania vyjadrená ako hmotnostná koncentrácia znečisťujúcej látky v odpadových plynch, alebo hmotnostný tok znečisťujúcej látky, alebo hmotnostné množstvo znečisťujúcej látky vzťahnuté na jednotku produkcie alebo výkonu, alebo emisný stupeň, alebo stupeň znečisťovania ovzdušia spôsobovaný týmto zdrojom (tmavosť dymu).

Imisný limit – najvyššia prípustná koncentrácia znečisťujúcej látky obsiahnutá v ovzduší.

Depozičný limit – najvyššie prípustné množstvo znečisťujúcej látky usadenej po dopade na jednotku plochy zemského povrchu za jednotku času.

Obmedzenie emisií do ovzdušia a zníženie ich účinku na životné prostredie môžeme dosiahnuť zhruba tromi spôsobmi :

1. zabránením vzniku škodlivín priamo v ich zdroji,
2. zachytávaním škodlivín pri čistení vypúšťaných emisií,
3. vhodným spôsobom vypúšťania a umiestnenia zdrojov emisií k zabezpečeniu čo najlepšieho rozptylu škodlivín.

Odlučovanie (odstraňovanie) látok znečisťujúcich ovzdušie – tuhých, kvapalných a plyných prebieha v odlučovacích zariadeniach. Vo väčšine technologických procesov ide o ovzdušie znečistené prachom a plynmi, ale v určitých prípadoch prevahu môže nadobudnúť buď prach alebo plyny, preto čistiace zariadenia delíme :

- a) zariadenia zachytávajúce tuhé disperzné látky (odprašovače a odlučovače),
- b) zariadenia na zachytávanie kvapiek tekutín (pár),
- c) zariadenia redukujúce plyné emisie,
- d) kombinované zariadenia redukujúce tuhé a plyné látky súčasne.

Pri zachytávaní sa používajú rôzne fyzikálne, fyzikálochemické princípy, sily a javy jednak podľa vlastností odlučovaných látok a jednak podľa ich skupenstva.



Obr. 8.1. Zamorovanie ovzdušia



Obr. 8.2. Smog v mestách

Smog.

Smog je chemické znečistenie atmosféry, ktoré je spôsobené ľudskou činnosťou (obr. 8.2). Názov pochádza z anglického spojenia dvoch slov smoke (dym) a fog (hmla). Jedná sa o jav, behom ktorého je atmosféra obohatená o zložky, ktoré v nej normálne nie sú a ktoré sú škodlivé pre zdravie. Z odborného hľadiska sa smog rozlišuje na dva typy :

1. Redukčný smog (tiež londýnsky alebo zimný), je označenie pre zloženinu mestského a priemyslového dymu s hmlou, vyskytujúci sa behom roku typicky v zimných podmienkach s výraznými prízemnými inverziami teploty vzduchu. V závislosti na priemyslovom znečistení modernej spoločnosti je zimný smog zložený prevažne z oxidu siričitého SO_2 a niektorých ďalších látok, ktoré ľahko podliehajú oxidácii. Tieto látky majú často silno redukčné účinky na svoje okolie.
2. Oxidačný smog bol objavený v 40. rokoch 20. storočia v kalifornskom meste Los Angeles. Býva označovaný tiež ako kalifornský, losangelský, fotochemický či letný smog. Tento druh smogu má silne oxidačne, agresívne, dráždivé (na sliznicu, dýchacie cesty, oči atď.) a toxické účinky.

Smog vzniká najmä vo veľkých mestách z výfukových plynov, exhalátov tovární a pod. Taktiež vzniká aj v zime na dedinách, kde je ich pôvod v spaľovaní dreva na kúrenie a vzniku dymu.

Spôsobuje nad mestami doslova mraky dymu, exhalátov a iných škodlivín. Môže spôsobiť aj dýchacie problémy. Nakoľko v smogu sú aj oxidy síri a dusíka a vodné pary, môžu sa tvoriť kyslé dažde.

Ako mu zabrániť?
Znížením exhalátov z tovární a automobilovej dopravy.

8.4 Ochrana z hľadiska hlučnosti pracovného prostredia

Veľmi nepríjemnou škodlivinou, ktorá negatívne ovplyvňuje kvalitu životného prostredia je hluk. Hluk spôsobuje priame škody na zdraví (nedoslýchavosť, hluchota), ale aj celý rad ďalších vážnych následkov - zmien v organizme, ktoré sa prejavujú až po istom čase, takže postihnutý ich už nedáva do súvislostí s pobytom v hlučnom prostredí.

Za hluk považujeme taký zvuk, ktorý svojou intenzitou nepriaznivo ovplyvňuje pohodu človeka svojimi nežiaducimi a škodlivými účinkami. Hluk sa meria a hodnotí podľa príslušných hygienických predpisov, v ktorých sú určené najvyššie prípustné hodnoty hluku a vibrácie na pracovisku. Z hľadiska škodlivosti možno hluk kategorizovať takto :

Bežný hovor má hlasitosť okolo 60dB.

Hladina hluku, ktorá zanecháva negatívne následky na zdraví človeka po dlhodobom pôsobení sa pohybuje od 80 dB do 110 dB.

Hranica bolestivosti je 130 dB.

Pri 160 dB dochádza k pretrhnutiu ušného bubienka.

Pri hlasitosti do 80 dB sa nepreukázali poruchy sluchu, hoci rušivé vplyvy sú aj pod touto hranicou.

Nadmerný hluk pôsobí na pokles výkonu, aktivity, zvyšuje podráždenie, nervozitu a pod., čo všetko súvisí s nebezpečím úrazu.

Optimálne v učebniach by mala byť hladina hluku od 45 do 50 dB.

Ochranné opatrenia proti hluku.

Legislatívne predpisy každého štátu určujú maximálne dovolené hodnoty hluku, ktorými sa môže zaťažovať životné prostredie. Tieto hodnoty sú pre rozličné druhy priestorov rôzne. Naša legislatíva z hľadiska hlučnosti rozdeľuje priestory takto :

- vnútorný priestor,
- vonkajšie pracovisko,
- vonkajší priestor,
- priestor v stavbách.

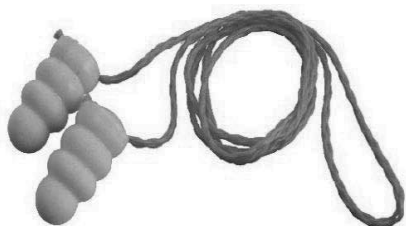
Ak je v tomto priestore hlučnosť nad dovolené hodnoty, potom ju možno eliminovať :

- používaním ochranných pomôcok proti hluku,
- znížením hlučnosti ak sa dá,
- pravidelným vykonávaním kontroly a údržby,
- limitovaním času nasadenia strojov s nadmernou hlučnosťou počas pracovnej smeny.

Podľa novej legislatívy ES o hluku, zamestnávateľ musí zabezpečiť vhodnú ochranu sluchu, keď hluk prekročí 80 dB. Podľa novej smernice sú aj napr. zamestnanci verejnej služby, personál barov a pod. považovaní za tých, ktorí sú vystavený hluku a budú musieť mať k dispozícii vhodnú ochranu.

Najčastejšie sa na ochranu pred hlukom používajú :

- zátkové chrániče (obr. 8.3),
- pasívne slúchadlové chrániče (obr. 8.4),
- aktívne slúchadlové chrániče (obr. 8.5).



Obr. 8.3. Zátkový chránič



Obr. 8.4. Pasívny slúchadlový chránič



Obr. 8.5. Aktívny slúchadlový chránič

KONTROLNÉ OTÁZKY :

1. Čo je to životné prostredie a ako ho rozdeľujeme ?
2. Aké zložky životného prostredia poznáte ?
3. Aké sú ciele ochrany životného prostredia ?
4. Aké oleje sa používajú v priemysle ?
5. Ako sa narába s opotrebovanými olejmi ?
6. Aké chladiace kvapaliny prevažujú v súčasnom trieskovom obrábaní ?
7. Aké ochranné produkty sa používajú ?
8. Čo je to ovzdušie ?
9. Aké sú zdroje znečisťovania ovzdušia ?
10. Čo je to smog ?
11. Čo je to hluk a čo ho spôsobuje ?
12. Ako kategorizujeme hluk z hľadiska škodlivosti ?
13. Ako sa chránime pred hlukom ?

Použitá literatúra :

1. BOHÁČEK, F. A KOLEKTÍV : Základy strojnictví (SNTL Praha, 1989)
2. VOKÁL, V : Technológia I (Príroda Bratislava, 1978)
3. BUDA, J., SOUČEK, J., VASILKO, K. : Teória obrábania (ALFA Bratislava, 1988)
4. LIPTÁK, O. A KOLEKTÍV : Technológia výroby obrábania (ALFA Bratislava, 1979)
5. VIGNER, M., PŘIKRYL, Z. A KOLEKTIV : Obrábění (SNTL Praha, 1984)
6. JAŠŠO, A., HRNČIAR, J. : Mechanická technológia (Vysoká škola dopravy a spojov Žilina, 1990)
7. DRIENSKY, D., FÚRIK, P., LEHMANNOVÁ, T., TOMAIDES, J. : Strojové obrábanie 1 (ALFA Bratislava, 1984)
8. ŠVAGR, J., VOJTÍK, J. : Technológia ručného spracovania kovov (ALFA- press Bratislava, 1995)
9. OUTRATA, J., : Technológia I. – brusič (ALFA Bratislava, 1978)
10. VYSLOUŽIL, Z., KOVAL, J. : Technologické a strojnícke merania (ALFA Bratislava, 1978)
11. VACH J. : Technológia I. – frézar (ALFA Bratislava, 1976)
12. JANYŠ B., RAFTL K. : Technológia I. – sústružník (ALFA Bratislava, 1974)