

# **OBRÁBACIE STROJE**

**KAROL VELÍŠEK**

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE  
2001

© Doc. Ing. Karol Velíšek, CSc.

Lektori: Prof. Ing. Alexander Janáč, CSc.

Doc. Ing. Ivan Baránek, CSc.

Doc. Ing. Zdenko Lipa, CSc.

Vydala Slovenská technická univerzita v Bratislave vo Vydavateľstve STU  
Bratislava, Vazovova 5.

Schválila Vedecká rada Materiálovotechnologickej fakulty v Trnave, na základe  
edičného plánu fakulty zo dňa 29.2.2000, pre študijné odbory Technologické zariadenia  
a systémy a Technológie strojárskkej výroby.

ISBN 80-227-1498-4

# PREDHOVOR

Učebnica OBRÁBACIE STROJE je určená študentom Materiálovotechnologickej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave so sídlom v Trnave. Je určená študentom štvrtého ročníka inžinierskeho štúdia pre študijné odbory Technologické zariadenia a systémy, Technológie strojárkej výroby a študentom prvého ročníka bakalárskeho štúdia pre všetky študijné odbory.

Predmet Obrábacie stroje zahŕňa dve základné skupiny obrábacích strojov – stroje univerzálne a stroje jednoúčelové. Nakoľko v minulom roku (1999) boli vydané skriptá Obrábacie stroje - Časť jednoúčelové stroje, ktoré svojim rozsahom pokrývajú oblasť jednoúčelových strojov, táto učebnica opisuje iba obrábacie stroje univerzálne.

Učebnica nie je určená pre konštruktérov obrábacích strojov, ale technologom a projektantom výrobných systémov a preto neobsahuje výpočty týkajúce sa priamo stavby obrábacích strojov. Učebnica poskytuje študentom informácie o stavbe, štruktúre a použití jednotlivých typov obrábacích strojov v podmienkach strojárkej výroby. Konštruktérom obrábacích strojov sú určené napr. publikácie [1], [2], [12], [34], [37], [42], [61] a [62].

Vzhľadom na rozsah učebnice a na dostupnú študijnú literatúru nie sú tu zaradené kapitoly o pohonoch, prevodoch a riadení strojov. Rovnako tu nie sú zaradené stroje pre nekonvenčné (netradičné) spôsoby obrábania. Táto problematika je spracovaná v publikáciách [48] a [65].

Autor touto cestou ďakuje všetkým kolegom a recenzentom za pripomienky a návrhy, ktoré mu pomohli pri štruktúre a písaní textu tejto učebnice.

Trnava, november 2000

Autor



# 1. ÚVOD

## 1.1 HISTORICKÝ VÝVOJ OBRÁBACÍCH STROJOV

Prvá zmienka o sústruhu v najprimitívnejšej forme s ručným pohonom v tvare sláčika je z 8. storočia pred n. l. v Homérových básňach. Tento princíp pohonu s nožným pohonom hrnčiarskeho kruhu prevládal až do 15. storočia. Vývoj mechanických obrábacích strojov postupoval veľmi pomaly, lebo chýbali vhodné stavebné materiály pre stavbu strojov. Na konci 15. a na začiatku 16. storočia navrhol Leonardo da Vinci drevenú konštrukciu, lebo liatina bola v tých časoch vzácna. Drevená konštrukcia však nespĺnila očakávania najmä z hľadiska dosahovanej presnosti. V sedemnástom storočí boli postavené prvé stroje s konštrukciou z liatiny, ale stále boli poháňané ľudskou, zriedka zvieracou silou.

Prvým predpokladom pre stavbu výkonných strojov pre obrábanie kovových súčiastok bolo vynájdenie parného stroja v r. 1711 Jamesom Wattom a jeho ďalší vývoj Thomasom Newcomenom. Sila svalov mohla byť nahradená parným strojom - motorom.

V roku 1774 angličan John Wilkinson na základe vynálezu Johna Smeatona z roku 1765 postavil prvú vrtačku, ktorá mohla byť označená ako kovoobrábací resp. obrábací stroj. Pracovná presnosť tohoto stroja bola taká, že na tomto stroji mohol byť vyrobený prvý použiteľný valec pre parný stroj Jamesa Watta.

V roku 1794 postavil Henry Mundsley prvý sústruh s lôžkom, ktorý využíval vedenie koníka aj pre vedenie nástroja, čím sa zvýšila tuhosť stroja. Mechanizáciou posuvu pomocou vodiaceho vretena stúpila pracovná presnosť a produktivita.

Vývoj najdôležitejších druhov štandardných obrábacích strojov, ako sú sústruhy, hobl'ovačky, obrázačky, vrtačky a frézovačky bol ukončený do konca 19. storočia.

Vynálezom spaľovacieho štvordobého motora Nicolausom Augustom Ottom v roku 1864 zaniklo v roku 1876 používanie parných strojov v oblasti centrálnych transmisných pohonov najmä pre ich zlú účinnosť. V roku 1889 bol vynájdený elektromotor, od centrálnych transmisných pohonov sa prešlo k pohonom vlastným, tak ako ich poznáme v súčasnosti.

V roku 1900 bola na svetovej výstave v Paríži predstavená rýchlorezná oceľ vyvinutá američanom Frederickom Winslowom Taylorom, ktorá v porovnaní s uhlíkovou nástrojovou oceľou umožnila zvýšiť reznú rýchlosť 3 až 5 krát. Zlepšením rezných materiálov narástli nároky na obrábacie stroje. Bolo potrebné zvýšiť výkony pohonov a otáčky pracovných vretien, narástli zaťaženia vedení pracovných vretien, jednotlivých stavebných prvkov strojov a prevodov. Bolo tiež potrebné zvýšiť tuhosť jednotlivých prvkov a tiež celého stroja, aby sa znížilo chvenie. V roku 1906 sa objavila koncepcia sústruhu, ktorej prvky sú typické aj pre súčasné stroje. V roku 1925 sa objavila koncepcia s vlastným elektromotorom. Sústruhy stavané v roku 1960 sa vyznačujú uzatvoreným rámom s vysokou tuhosťou. Použitie takmer kolmého lôžka umožnilo bezproblémový odvod triesok z pracovného priestoru stroja. V sedemdesiatich rokoch prichádzajú na trh číslicovo riadené stroje s vlastnou riadiacou jednotkou – NC stroje, ktoré využívajú viaceré typy nosičov informácií, ako dierne štítky, dierne pásky, magnetické štítky a magnetické pásky. S nástupom osobných počítačov v osemdesiatich rokoch sa začali počítače priamo zabudovávať do strojov – CNC stroje. Deväťdesiate roky sú charakteristické nástupom strojov pre vysokorýchlostné obrábanie (najmä frézovačky a obrábacie centrá), ktoré sa vyznačujú najmä vysokou tuhosťou a presnosťou. V tomto období sa na trhu objavili aj stroje tzv. moderných koncepcií s modernými pohonmi a paralelnými kinematickými štruktúrami.

## **1.2 POŽIADAVKY KLADENÉ NA OBRÁBACIE STROJE**

### **1.2.1 HOSPODÁRNOSŤ**

Hlavnou požiadavkou na obrábacie stroje je hospodárna výroba. Pod týmto pojmom sa rozumie vykonanie určitých technologických operácií v požadovanej presnosti, podľa možnosti v čo najkratšom čase s minimálnymi nákladmi. Tieto náklady zahŕňajú:

- náklady na mzdy,
- prevádzkové náklady strojov,
- odpisy a úroky,
- náklady na nástroje a prípravky,
- špecifické prevádzkové náklady,
- všeobecné podnikové náklady.

Požiadavku na hospodárnosť výroby je možné najľahšie splniť vtedy, ak sú obrábacie stroje a konkrétne zákazky prispôsobené miestnym prevádzkovým pomerom.

Pri výbere zákaziek je potrebné zohľadniť:

- rozmery pracovného priestoru z hľadiska veľkosti a tvaru vyrábaného výrobku,
- priradenie pracovného priestoru vzhľadom na obsluhu, nakladanie, upínanie a vykladanie obrobkov,
- meranie výkonu z pohľadu rezných síl, resp. tlakových síl,
- rozsah rezných rýchlostí resp. otáčok a posuvov,
- požadovanú výrobnú presnosť,
- spôsob riadenia a obsluhu,
- prevádzkovú spoľahlivosť, údržbu, prípadne diagnostiku.

Ktoré stroje sú vhodné pre konkrétnu zákazku je možné zistiť len porovnaním kusového času alebo nákladov na kus.

### **1.2.2 PREVÁDZKOVÁ SPOĽAHLIVOSŤ**

Prevádzková spoľahlivosť obrábacích strojov je prvoradou požiadavkou, lebo ovplyvňuje hospodárnosť celej výroby.

Výpadky prevádzky na jednotlivých strojoch zapríčiňujú reťazovú reakciu a môžu narušiť celkový beh výroby. Preto je potrebné konštruovať obrábacie stroje tak, aby hlavné elementy strojov boli ľahko prístupné a pri poruche ľahko vymeniteľné alebo opraviiteľné.

### **1.2.3 BEZPEČNOSŤ**

Obrábacie stroje musia byť skonštruované tak, aby sa obsluhujúci personál nemohol pri práci zraniť. Preto sú :

- všetky pohybujúce sa časti ako vretená, ozubené kolesá, pohonové vačky atď. zakryté tak, aby nemohlo prísť k úrazu,
- všetky obrábacie stroje musia byť vybavené tzv. STOP tlačidlom (veľké červené tlačidlo, ktorým sa stroj okamžite dostáva do kľudu).

### **1.2.4 ERGONOMIA**

Všetky časti strojov, ktoré slúžia k obsluhu a riadeniu práce strojov, majú byť zoradené a umiestnené tak, aby ich obsluhujúci personál mohol dosiahnuť pri normálnom držaní tela. Ak sa pri obsluhu strojov vyžadujú dodatočné pohyby ako napr. ohýbanie, ťaženie, dosahovanie, práca sa neúmerne sťažuje a človek sa predčasne unaví. Ergonomicky správne skonštruovaný stroj znižuje nebezpečenstvo úrazov a prostredníctvom vedľajších časov skracuje celkový čas procesu.

### **1.2.5 TUHOSŤ**

Od moderného obrábacieho stroja sa vyžaduje vysoká pracovná presnosť. Táto požiadavka sa dá splniť len vtedy, ak má stroj vo všetkých pracovných oblastiach vysokú mieru tuhosti, pričom sa rozlišuje tuhosť statická, dynamická a termická.

V súčasnosti sa pri optimalizácii koncepcie obrábacích strojov a tiež pri konštruovaní komplikovaných častí strojov využíva výpočtová technika. Pri optimalizácii komplikovaných častí strojov už v štádiu návrhov sa často používa metóda konečných prvkov. Skúmajú sa pomery statické, dynamické alebo termické napr. u rámov obrábacích strojov, skríň vreteníkov a pod.

### **1.2.6 VÝROBNÁ A PRACOVNÁ PRESNOSŤ**

Obrábacie stroje by mali vyrábať súčiastky požadovaného geometrického tvaru, predpísanej presnosti rozmerov a kvality povrchov. To sa dá dosiahnuť len tým, že pohybujúci sa nástroj je v procese rezania vedený voči obrobku s dostatočnou presnosťou.

Presnosť obrábacieho stroja býva ovplyvnená :

- ustavením a uložením stroja na základ, najmä vylúčením vonkajších rušivých vplyvov, ako sú napr. sily, otrasy, kolísanie teploty,
- presnosťou výroby stroja, to znamená presnosť, s akou boli vyrobené jednotlivé elementy, podskupiny a skupiny stroja, ich vedenia a na záver ich montáž,
- pracovnou presnosťou stroja, to znamená dodržanie presnosti počas prevádzky, keď na stroj pôsobia rezné sily a pohybujúce sa hmoty,
- mierou opotrebenia, to znamená dodržanie presnosti počas dlhšieho časového úseku.



Výrobná a pracovná presnosť obrábacích strojov sa preskúša hneď po ich vyrobení priamo u výrobcov strojov za prítomnosti zákazníka alebo až u zákazníka po dodávke strojov.

Skúšky strojov predpisujú normy, pričom je potrebné stanoviť čo a ako sa bude skúšať, aké meracie prístroje sa použijú a aké chyby meraní sú prípustné. Vzhľadom na uvedené podmienky sa vyrobia vzorkové kusy, ktoré sa daným spôsobom premerajú a vyhodnotia.

V jednotlivých prípadoch je možné dohodnúť sa s výrobcom na vyššej presnosti dodávaného stroja, ak je pre zaradenie stroja do výroby u zákazníka potrebná. Takéto neštandardné požiadavky musia byť však zakotvené v kúpno-predajnej zmluve, ktoré musia akceptovať obe strany, zákazník aj dodávateľ.

### **1.3 TRIEDENIE OBRÁBACÍCH STROJOV**

Obrábacie stroje sa spravidla triedia :

- podľa technológie,
- podľa hlavného rezného pohybu,
- podľa spôsobu riadenia.

#### **1.3.1 TRIEDENIE STROJOV PODĽA TECHNOLÓGIE**

Obrábacie stroje sa triedia podľa technologických operácií, ktoré sa na ich vykonávajú. Problematika technológie obrábania je spracovaná v publikáciách [5], [15], [33], [35] a [40], preto sú v tejto časti uvedené len veľmi stručné charakteristiky a z nich vyplývajúce triedenie strojov podľa technológie

##### **1.3.1.1 Sústružnícke stroje (sústruhy)**

Na týchto strojoch sa vykonávajú sústružnícke operácie. Sústruženie je obrábanie vonkajších, čelných alebo vnútorných rotačných plôch nožom. Pri sústružení koná hlavný rezný pohyb obrobok s rotáciou okolo vodorovnej alebo zvislej osi - rotačné súčiastky veľkého priemeru.

#### **1.3.1.2 Hobľovacie stroje (hobľovačky)**

Stroje sú určené pre obrábanie rovinných plôch jednoklinovým nástrojom. Priamočiary hlavný rezný pohyb a vratný pohyb koná obrobok. Nôž sa posúva po vodorovnej osi, kolmej na hlavný rezný pohyb. Posuv je prerušovaný a koná sa v úvrtiach vratného pohybu.

#### **1.3.1.3 Obrážacie stroje (obrážачky)**

Tieto stroje možno zaradiť do tej istej skupiny ako hobľovačky. Rozdiel je v tom, že priamočiary hlavný rezný pohyb koná nástroj a posuv do rezu stôl s obrobkom.

#### **1.3.1.4 Vyvrtávacie stroje (vyvrtávačky)**

Vyvrtávanie je obrábanie dier jednoklinovým nástrojom (nožom) upnutým vo vyvrtávacej tyči alebo vo vyvrtávacom ramene. Hlavný rezný pohyb koná rotujúci nástroj.

#### **1.3.1.5 Vŕtacie stroje (vŕtачky)**

Vŕtanie je v podstate obrábanie dier. Do pomeru priemerov diery k jej dĺžke 1 : 15 sa diery zhotovujú dvojklinovým vŕtákom. Hlavný rezný pohyb vykonáva vŕták rotáciou okolo svojej osi a posúva sa v jej smere.

#### **1.3.1.6 Frézovacie stroje (frézovačky)**

Pri frézovaní sa obrábajú plochy rovinné alebo tvarové nástrojom s viacerými reznými hranami. Hlavným rezným pohybom je rotácia frézy, ktorá rotuje okolo svojej osi a posuv sa deje v rovine kolmej na os rotácie.

#### **1.3.1.7 Brúsiace stroje (brúsky)**

Obrábanie rovinných alebo valcových plôch mnohoklinovým nástrojom s nepravidelnou geometriou - brúsiacim kotúčom. Hlavný rezný pohyb je daný rotáciou brúsneho kotúča, ktorého obvodová rýchlosť je reznou rýchlosťou. Posuv materiálu proti otáčaniu sa kotúča je rotačný alebo priamy.

#### **1.3.1.8 Stroje určené na jemné dokončovacie obrábacie operácie**

Medzi najjemnejšie spôsoby dokončovania povrchov obrábaním patrí: lapovanie,

honovanie, superfišovanie a hladenie (valčekovanie, guličkovanie).

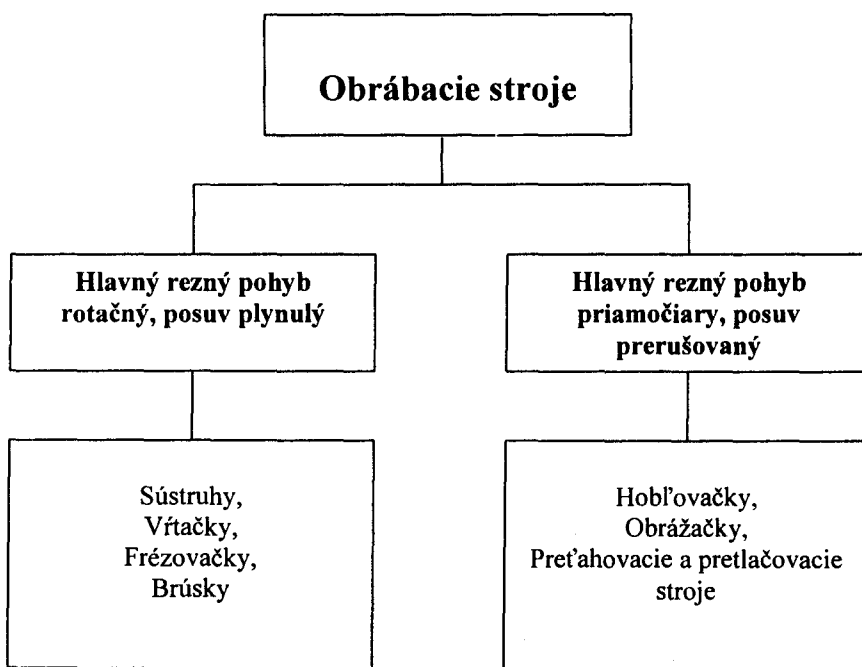
#### 1.3.1.9 Stroje na delenie materiálu – strojové pily

Stroje pracujúce s viacklinovým nástrojom – pilou viacerých tvarov (list, pás, kotúč) a podľa nich sa aj rozdeľujú na strojové pily pásové, kotúčové a rámové.

#### 1.3.1.10 Špeciálne stroje

Do tejto skupiny sa zvyčajne zaraďujú stroje určené na obrábanie vonkajších a vnútorných tvarových plôch – pretáhovacie stroje (pretáhovačky) resp. pretlačovacie lisy, stroje určené na výrobu ozubení a závitov.

### 1.3.2 TRIEDENIE STROJOV PODĽA HLAVNÉHO REZNÉHO POHYBU



Obr.1.1 Triedenie obrábacích strojov podľa hlavného rezného pohybu

Triedenie obrábacích strojov podľa hlavného rezného pohybu je znázornené na obr.1.1.

Toto triedenie však nie je dostatočné, lebo rozvojom strojárskych technológií vznikli pracovné metódy, pri ktorých nemožno výrazne rozlíšiť nijaký zo základných pohybův.

### 1.3.3 TRIEDENIE OBRÁBACÍCH STROJOV PODĽA POUŽITIA

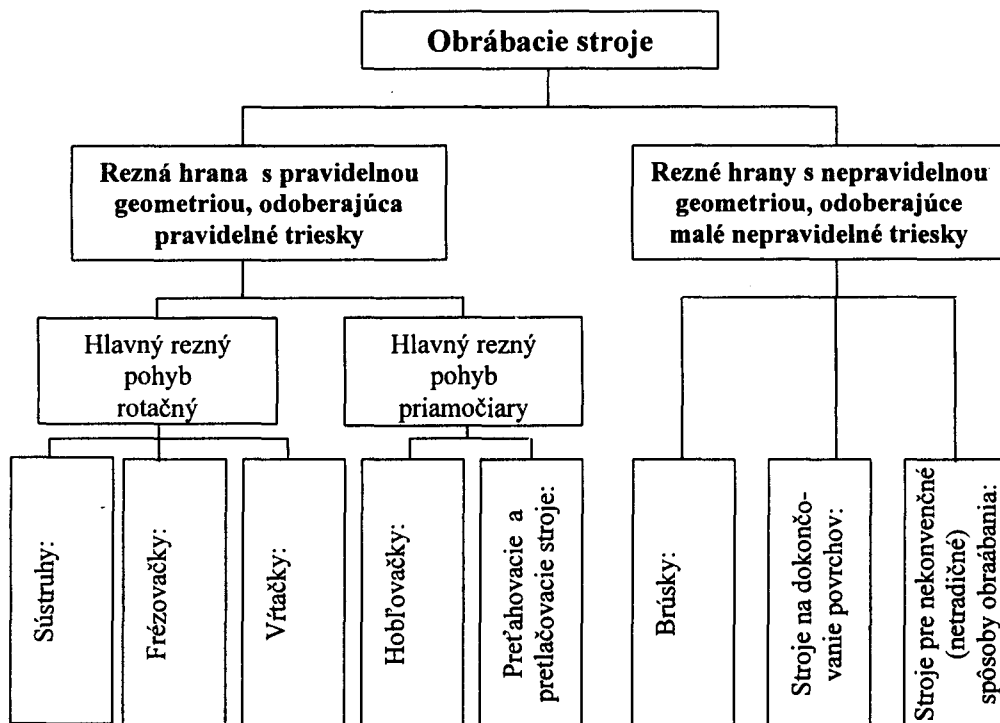
Stroje môžeme triediť podľa použitia z hľadiska typu výroby – kusová, sériová, hromadná. Od druhu obrobkov, operácií obrábania a typu výroby je závislé použitie strojův univerzálnych alebo jednoúčelových, resp. NC alebo obrábacích centier. Triedenie obrábacích strojův podľa použitia je znázornené na obr.1.2

Skupina strojův		Vhodné pre opracovanie obrobkov podľa		Operácie	Príklady	Vhodné pre výrobu
		druhu	rozmeru			
Univerzálne stroje	Široko univerzálne	rôzne druhy	rôzne rozmery	rôzne, často veľmi odlišné operácie	hrotový sústruh, sústruh zvislý vyvrtávačka, konzolová frézovačka, vŕtačka,	kusová, sériová i hromadná (podľa obťažnosti zariadenia)
	Úzko univerzálne	rôzne druhy	rôzne rozmery	príbuzné operácie	obrážkačka čelný sústruh	
Špeciálne stroje		rovnaký druh	rôzne rozmery	jedna, alebo obmedzený rozsah operácií	stroje na výrobu ozubenia, preťahovačka, podtáčací sústruh	kusová sériová hromadná
Jednoúčelové stroje		stále rovnaké obrobky		jedna, alebo niekoľko stálych operácií	automatické linky	hromadná
NC stroje		rôzne obrobky (obmedz. rozmerom)		rôzne	sústruh hrotový, frézovačka	kusová, malosériová (opakov.)
Obrábacie centrá		rôzne obrobky (obmedz. rozmerom)		rôzne	OC horizontálne, OC vertikálne	kusová, malosériová, sériová

Obr.1.2 Triedenie obrábacích strojův podľa použitia

### **1.3.4 TRIEDENIE OBRÁBACÍCH STROJOV PODĽA METÓDY, KTOROU PRACUJÚ**

Triedenie obrábacích strojov podľa metódy akou pracujú je uvedené na obr.1.3. Toto triedenie je odvodené od tvaru reznej hrany – s pravidelnou alebo nepravidelnou geometriou a od typu hlavného rezného pohybu – rotačný alebo priamočiary.



Obr.1.3 Triedenie obrábacích strojov podľa metódy akou pracujú

### **1.3.5 TRIEDENIE STROJOV PODĽA RIADENIA**

Podľa typu riadenia delíme stroje na:

1. stroje s ľudskou obsluhou (konvenčné univerzálne stroje);
2. jednoúčelové stroje, poloaumaty a automaty pracujúce v automatickom pracovnom cykle (riadenie zabezpečujú prvky nepružnej automatizácie – narážky, dorazy, koncové spínače, vačky,.....);

3. stroje s riadiacou jednotkou (NC stroje). Počítač, na ktorom sa vytvára riadiaci program (NC program pre NC stroj) pracuje nezávisle od stroja, pričom riadiaci program vzniká na základe spolupráce s programátorom. Počítač je spojený so strojom v systéme “off line” – neexistuje teda priame spojenie počítača s riadiacou jednotkou stroja. Prenos informácií z počítača do riadiacej jednotky stroja sa realizuje prenášaním súborov informácií (NC programov) na určitom médiu (v minulosti dierna páska, potom magnetická páska, v súčasnosti pružný disk resp. notebook);
4. stroje s vlastným riadiacim počítačom (CNC stroje), ktorý je spojený so strojmi v systéme “on line” – teda počítač je priamo spojený s riadiacim systémom stroja, v súčasnosti býva počítač priamo zabudovaný do stroja. Prenos informácií z počítača do riadiaceho systému stroja sa realizuje prenášaním súborov informácií (NC programov) z pevnej pamäte do operačnej pamäte a naopak;
5. stroje typu NC a CNC riadené nadradeným riadiacim systémom. Stroje sú zoskupené v automatizovanom výrobnom systéme a pracujú v priamom hierarchickom spojení “on line” so svojim nadradeným riadiacim systémom – riadenie DNC.

## **2. RÁMY OBRÁBACÍCH STROJOV**

Rámom obrábacieho stroja sa nazýva sústava spolu spojených telies, ktorá medzi sebou viaže zložky rezných síl a prenáša sily tiaže na základ. Pri všetkých rezných podmienkach má zabezpečovať stálu relatívnu polohu medzi nástrojom a obrobkom. Od tuhosti a dynamickej stability rámu značne závisí pracovná presnosť a možnosť úplného využitia výkonu. Súčasťou rámu sú vodiace plochy, ktoré zabezpečujú funkciu stroja, t.j. relatívne pohyby nástroja a obrobku a ich presnosť.

### **2.1 POŽIADAVKY NA RÁM STROJA**

Na rám stroja sú kladené nasledujúce požiadavky:

- stálosť tvaru – vhodným materiálom a technológiou sa má zabrániť vzniku vnútorných napätí, ktoré spôsobujú deformácie rámu,
- tuhosť – najväčšie sily pri chode stroja nesmú spôsobiť deformácie, ktoré by viedli k prekročeniu dovolenej nepresnosti stroja,
- dynamická stabilita – odolnosť proti chveniu, aby opracované plochy mali vyžadovanú kvalitu (drsnosť),
- odolnosť proti opotrebeniu vodiacich plôch – presnosť pohybov stroja, aby sa vôle nemuseli často vymedzovať a plochy opravovať,
- dobrý odvod triesok – padajúce triesky sa nesmú zhromažďovať na ráme a tepelne ovplyvňovať stroj, nesmú ohrozovať funkciu mechanizmov a vodiacich plôch.

### **2.2 MATERIÁL RÁMOV**

Rámy obrábacích strojov a ich časti sa vyrábajú ako odliatky alebo zvarence, z čoho vyplývajú nasledujúce materiály:

### **2.2.1 SIVÁ LIATINA**

O voľbe druhu sivej liatiny rozhodujú požiadavky na vodiace plochy pre pracovné pohyby, ktoré musia byť odolné proti opotrebeniu (liatinové plochy sa opotrebovávajú tým menej, čím je štruktúra bližšia štruktúre perlitickej). Časti rámov, ktorých vodiace plochy sa tepelne spracúvajú, alebo sú vyhotovené z ocelových líšt pripevnených k základnému telesu, možno vyrábať z liatiny menej odolnej proti opotrebeniu. Výroba rozmernejších odliatkov z obvyčajnej sivej liatiny s pripevnením ocelových vodiacich líšt je cenovo výhodnejšia a jednoduchšia. Pri nerovnomernom chladnutí odliatku, nerovnorodosi materiálu a malej tvárnosti liatiny vznikajú vo vnútri odliatku napätia, ktoré vyvoláva deformácie obrobku. Vnútorne napätia zmiernujeme vhodnou voľbou hrúbky stien a prechodov medzi stenami.

### **2.2.2 OČKOVANÁ LIATINA**

Má lepšie mechanické vlastnosti, najmä odolnosť proti opotrebeniu. Vhodnými prísadami možno ovplyvniť štruktúru, a tým aj mechanické vlastnosti liatiny. Očkovaná liatina sa niektorými svojimi vlastnosťami blíži k oceli, napr. vysoká medza klzu a vyšší modul pružnosti sú z hľadiska použitia na časť rámu veľmi výhodné. Tvrdosť tepelne spracovanej očkovanej liatiny a jej obrábiteľnosť je rovnaká ako pri sivej liatine. Dá sa však lepšie tepelne spracúvať, najmä povrchovým kalením vodiacich plôch sa dosahuje podstatne väčšia odolnosť voči opotrebeniu. Pri povrchovom kalení vodiacich plôch sa používajú plynové horáky, alebo sa ohrieva elektroindukčne, ochladzuje sa spravidla vodnou sprchou. Aby v dôsledku dilatácií nevznikali deformácie, ponára sa rám pri povrchovom kalení vodiacich plôch do nádrže s vodou.

### **2.2.3 VYSOKOKVALITNÁ LIATINA**

Je to liatina s 50 % ocelového šrotu. Lepšie zlieva ako oceľ na odliatky. Jej modul pružnosti sa blíži k modulu pružnosti ocele. Je vhodným materiálom na výrobu niektorých častí rámu.



#### **2.2.4 OCEĽ NA ODLIATKY**

Má lepšie mechanické vlastnosti ako liatina. Dvojnásobný modul pružnosti prispieva k zníženiu hmotnosti odliatku pri rovnakej tuhosti. Nevýhodou je zlé trenie na vodiacich plochách a nebezpečenstvo zadretia, preto sú vodiace časti tvorené kalenými lištami. Nevýhodou je aj náročnejšia technológia, najmä pri zložitejších tvaroch odliatkov.

#### **2.2.5 LEGOVANÁ LIATINA**

Používa sa najmä na výrobu dielcov s vodiacimi plochami, prípadne len na výrobu vodiacich líšt.

#### **2.2.6 OCEĽ NA ZVÁRANIE**

Výroba zvarencov sa ustavične rozširuje vzhľadom na kvalitatívne vlastnosti ocele. Zvarenec má niekoľko predností pred odliatkom. Je jednoduchší, odpadá model aj forma, jeho výroba je rýchlejšia, aj keď sa vnútorné napätie po zváraní musí odstrániť umelými spôsobmi. Zvarenec dovoľuje výrobu úplne uzavretého profilu nosníka, čím sa dosiahne vysoká tuhosť najmä pri namáhaní v krútení. Výrobné odchýlky sú menšie, teda aj prídavky na opracovanie sú menšie. Vzhľadom na vyšší modul pružnosti a lepšie mechanické vlastnosti oproti liatine je spotreba materiálu na zvarané diely menšia (úspora hmotnosti sa dosahuje 25 až 60 %). Nevýhoda oproti liatine je v menšom tlmení chvenia. Pri oceli sa však zmierňuje dobrými tlmiacimi vlastnosťami zvarov a dá sa ešte zlepšiť vhodným tvarom zvarenca, najmä rebrami a výstužami. Oceľ má zlé trecie vlastnosti, preto sú trecie plochy vyrobené z kalených oceľových líšt rôznym spôsobom pripevnených k základnému telesu.

#### **2.2.7 BETÓN**

Betón rôznych druhov (vystužený, predpätý alebo výplňový) sa vyznačuje lepšími charakteristikami tlmenia samobudených kmitov a hladiny akustického výkonu strojov, ako majú liatina a oceľ, a je plnohodnotný konštrukčný materiál aj pre iné vybraté časti strojov

(skrine, ozubené kolesá, príruby a pod.) a nástrojov (držiaky). Betón sa zväčša používa ako materiál základu veľkých strojov, ale aj nosných a podperných častí obrábacieho stroja.

Základnou charakteristikou jeho vlastností je pevnosť v tlaku. Táto veličina môže pri modifikovaných zmesiach dosiahnuť hodnotu 150 MPa. Modul pružnosti v ťahu  $E$  je však v porovnaní s liatinou napr. až trikrát nižší. Ak má betón odolávať ťahovému namáhaniu, musí byť vypracovaný vo forme predpätého betónu, ktorý je porovnateľný, pokiaľ ide o pevnosť, s liatinou a vykazuje lepšie tlmiace a termické vlastnosti. Merná hmotnosť betónu je v porovnaní s ocelou len asi tretinová, preto sa nosné časti strojov zhotovujú s plným prierezom, masívne a kompaktné, takže pri rovnakej hmotnosti betónovej časti treba zaplniť trojnásobný objem v porovnaní s liatinovou konštrukciou.

V porovnaní s klasickou konštrukciou má betón (modifikácie) nasledujúce výhody:

- na výrobu cementu treba podstatne menšie množstvo merného paliva,
- vyrábať rámy alebo iné nosné časti možno priamo na mieste (odpadá transport rozmerých telies),
- teplotný súčiniteľ dĺžkovej rozťažnosti, napr. armového betónu, má približne hodnotu ako oceľ a závisí od kameninovej prímеси,
- povrch betónu možno obrábať a pigmentovať rôznymi farbami (priemyselný dizajn) a pod.

Nevýhody sa prejavujú v technologických nuansách (know-how), rozdielnej kvalite druhu použitého kameniva, zmršťovaní (pokles predpätia) a nenávratnosti základného materiálu.

### 3. ULOŽENIE OBRÁBACÍCH STROJOV NA ZÁKLAD

Od vlastností obrábacieho stroja, od prevádzkových požiadaviek a od okolia závisí aj voľba uloženia obrábacieho stroja na základ, pri ktorej sa odporúča zamerať sa najmä na:

- tuhosť lôžka obrábacieho stroja,
- veľkosť a dráhu premiestňovaných hmôt na obrábacom stroji,
- veľkosť rázov pri obrábaní,
- vyžadovanú presnosť obrábania,
- možnosť vyrovnávania obrábacieho stroja (napr. do vodorovnej polohy), prípadne jeho premiestňovanie,
- hmotnosť základu a vlastnosti podkladu,
- amplitúdu a frekvenciu rušivých kmitov v okolí.

#### 3.1 ULOŽENIE NA PODLAHE

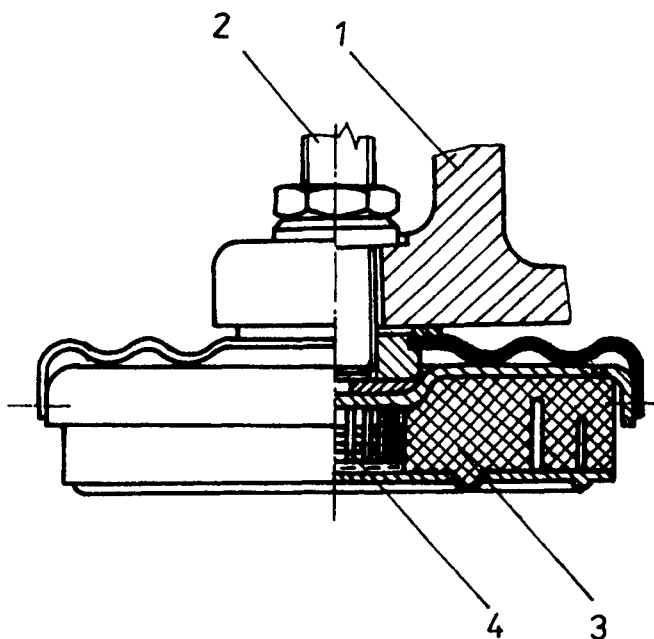
Priamo na betónovú podlahu hrúbky minimálne 100 mm sa pomocou tuhých podložiek (klinových, skrutkových na vyrovnávanie) ukladajú malé, prípadne stredné veľké obrábacie stroje, pri ktorých liatinové alebo zvarané ocelové lôžka sú dostatočne tuhé, spravidla s pomerom dĺžky k výške lôžka  $l/h < 7$  až 8. Stroje musia pracovať bez rázov a iných silnejších dynamických účinkov. V tomto prípade sa spravidla iba kontroluje statické zaťaženie podlahy do prípustnej hodnoty  $30\,000\text{ N/m}^2$ , čomu zodpovedá hmotnosť obrábacieho stroja od 8000 do 10000 kg. Stroje uložené na tuhých podložkách môžeme ľahko premiestňovať. Pri presných obrábacích strojoch s osobitne tuhým lôžkom, kde  $l/h < 5$ , sa používa trojbodové uloženie, ktoré dovoľuje presné vyrovnanie.

Obrábacie stroje s dlhším lôžkom  $l/h > 8$  až 10, nastavené na tuhých podložkách, sa vystužujú podliatím cementovou kašou. Medzera pre podliatie medzi podlahou a strojom býva asi 50 mm.

Na pružných podložkách sa ukladajú stroje, ktoré treba izolovať proti prenosu kmitania z okolia. V tomto prípade nie je lôžko vystužené podlahou, a preto musí byť dostatočne tuhé, pričom pomer  $1/h$  má byť menší než 4 až 5. Pružné podložky na obr.3.1 sú upravené tak, aby sa obrábací stroj mohol výškovo nastaviť. Vlastný kmitočet stroja v zvislom smere by sa mal pohybovať v rozmedzí od 12 do 18 Hz. V miestach podopretia treba zistiť veľkosti reakcií a podľa nich voliť tuhosti jednotlivých podložiek tak, aby ich deformácia bola vo všetkých prípadoch rovnaká:

$$\frac{F_1}{k_1} = \frac{F_2}{k_2} = \dots = \frac{F_n}{k_n} = y = \text{const} \quad [3.1]$$

kde  $F_1, F_2, \dots, F_n$  sú reakcie vonkajších síl,  
 $k_1, k_2, \dots, k_n$  – statické tuhosti.



Obr.3.1 Pružná podložka

1 – lôžko, 2 - nastavovacia skrutka, 3 – gumová poduška, 4 – kvapalinový tlmič

### 3.2 ULOŽENIE NA ZÁKLADOVÝCH BLOKOCH

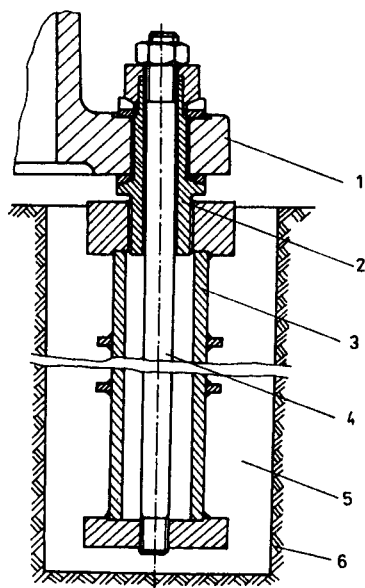
Veľké obrábacie stroje, ktoré majú nižšiu tuhosť lôžka s pomerom  $l/h$  od 8 do 10 sa usťavujú na samostatný základ. Pomocou základových skrutiek, obr.3.2, sa vytvorí jednotný celok obrábacieho stroja so základovým blokom, prípadne sa použijú kotviace bloky, obr.3.3.

Rozstup má byť pri všetkých základových spojoch približne rovnaký (asi 500 až 750 mm), aby pri rovnomernom dotiahnutí nevznikali rozdielne napätia, prípadne deformácie.

Výsledná tuhosť uľoženia, obr.3.4, je daná vzťahom pre tuhé uľoženie

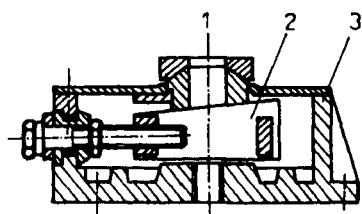
$$k = k_L + \frac{1}{\frac{1}{k_s} + \frac{1}{k_B + k_Z}} \quad [3.2]$$

kde  $k$  sú tuhosti :  $L$  – lôžka,  $s$  – spoja,  $B$  – základového bloku,  $Z$  – zeminy.



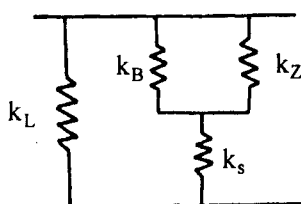
Obr.3.2 Základová skrutka s nastavovacou skrutkou

- 1 – lôžka, 2 - nastavovacia skrutka, 3 – kotviaca skrutka, 4 – základová skrutka,  
5 – priestor na vyplnenie cementom, 6 – betónový základový blok



Obr.3.3 Kotviaci blok s nastavovacím klinom

1 – os základovej skrutky, 2 - nastavovací klin, 3 – teleso kotviaceho bloku



Obr.3.4 Tuhosť systému obrábací stroj – základ

Z tohto vzťahu možno uvážiť rozloženie čiastkových tuhostí a zistiť, že pri nízkej tuhosti spojov  $k_s$  je zvyšovanie tuhosti základového bloku  $k_B$  neúčinné pre zvýšenie výslednej tuhosti  $k$  a zväčšenie jeho výšky (hlboký) vedie len k predraženiu základu.

Základový blok obrábacieho stroja je uložený buď priamo na zemi (tuhé uloženie), alebo je na zemi uložený pružne.

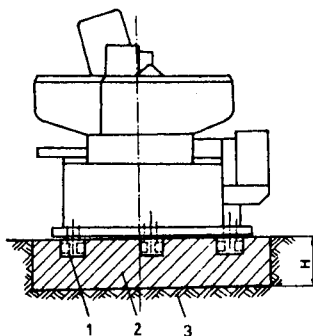
### 3.2.1 TUHÉ ULOŽENIE ZÁKLADOVÉHO BLOKU

Základový blok v tomto prípade leží priamo na zemi, obr.3.5, alebo na vrstve hrubého piesku. Blok je betónový, pri zložitejších tvaroch vystužený oceľou. Jeho statické namáhanie je dané pôsobením posuvných síl pri premiestňovaní hmôt stroja aj obrobku, ohybových momentov od rezných síl aj od zotrvačných síl pri zmene zmyslu a rýchlosti pohybu presúvaných hmôt. Dynamické namáhanie základového bloku vzniká zväčša pri reznom procese.

Pre obrábacie stroje do hmotnosti 30000 kg so základovým blokom na tuhšej zemi pri požiadavke normálnej presnosti možno hĺbku bloku určiť približne zo vzťahu

$$H = k_1 \sqrt{l} \quad [3.3]$$

kde  $k_1 = 0,3$  - pre sústruhy, hobl'ovačky, rovinné frézovačky a vodorovné preťahovačky,  
 $k_1 = 0,4$  - pre brúsky,  
 $k_1 = 0,6$  - pre obrábacie stroje na ozubenie, zvislé sústruhy, automaty a preťahovačky, bezkonzolové frézovačky a vodorovné vyvrtávačky,  
 $l$  - je dĺžka lôžka.



Obr.3.5 Tuhé uloženie obrábacieho stroja na základovom bloku

1 - kotviaca lišta so základovými a nastavovacími skrutkami, 2 – základový blok,  
 3 – zemina

Pri podrobnejšom výpočte hĺbky môžeme základový blok považovať za dosku na pružnom podklade, zaťaženu v miestach spojovacích elementov staticky neurčitými silami za predpokladu, že jej veľkosť zodpovedá príslušným tuhostiam lôžka v týchto miestach.

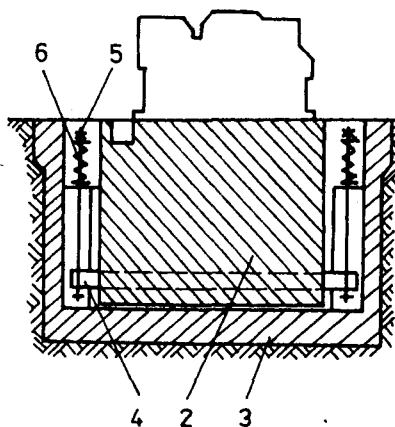
Výkres základového bloku obrábacieho stroja vrátane poháňacích a riadiacich agregátov a ostatného príslušenstva má obsahovať okrem otvorov pre základové skrutky tiež umiestnenie šácht, kanálov a kovových súčiastok blokov na zabetónovanie. Obrýs základového bloku je daný tvarom spodku obrábacieho stroja a rozmiestnením príslušenstva. Spoločné ťažisko bloku obrábacieho stroja má byť čo najbližšie k zvislici prechádzajúcej ťažiskom pôdorysného obrysu základu. Vzdialenosť otvorov pre základové skrutky od okraja

bloku má byť najmenej 200 mm. Obrábací stroj sa môže usadiť na základový blok až po prebehnutí zmršťovacieho procesu betónu.

### 3.2.2 PRUŽNÉ ULOŽENIE ZÁKLADOVÉHO BLOKU

V tomto prípade je základový blok uložený na podklade cez pružné elementy (pružiny, podložky, koberce). Takýmto usporiadaním sa znižujú budiace sily prenášané z obrábacieho stroja do podkladu, čo nazývame aktívnou izoláciou, alebo opačne z okolia do obrábacieho stroja, aby nepôsobili nepriaznivo na presnosť obrábania, čo je tzv. pasívna izolácia.

Obrábacie stroje, najmä ťažšie, sa ukladajú so základovým blokom do betónovej jamy na pružný koberec z gumeného vhodného profilu. Na dosiahnutie potrebnej nízkej vlastnej frekvencie ukladaného systému sa použije viac vrstiev pružných kobercov, tzv. sendvičové uloženie. Medzi stenami jamy a základovým blokom treba nechať medzeru a dno jamy vodotesne chrániť.

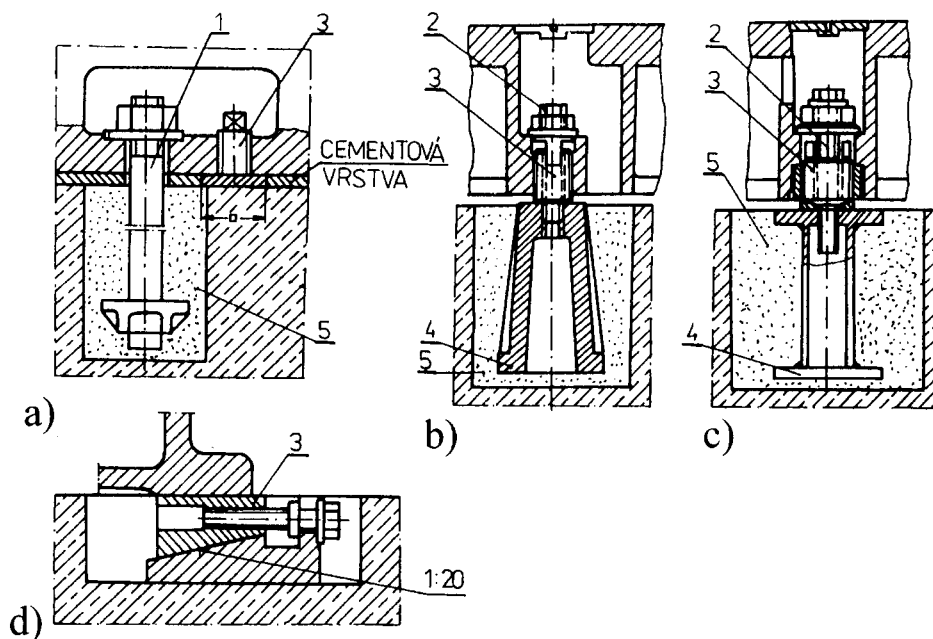


Obr.3.6 Záves základového bloku s obrábacím strojom na valcových oceľových pružinách  
1 – obrábací stroj, 2 – betónový základový blok, 3 – betónová jama, 4 – oceľová závesná traverza, 5 – základová skrutka, 6 – valcová oceľová pružina



Pri pružnom ukladaní obrábacích strojov s mimoriadne vysokými nárokmi na presnosť obrábania, keď sa vyžaduje vlastná frekvencia základového bloku so strojom nižšia než 5 Hz, treba použiť záves na valcových oceľových pružinách ( $b_r = 0,003$ ), napr. podľa obr.3.6.

V osobitne dôležitých prípadoch sa okrem základového bloku ešte na ňom pružne ukladá obrábací stroj, tzv. dvojhmotové uloženie.



Obr.3.7 Rôzne príklady spájania lôžok so základom

- a – pomocou skrutky zakotvenej v základe, b, c – pomocou skrutky a základovej kotvy, d – pomocou klína, 1 – kotviaca skrutka, 2 – základová skrutka, 3 – nastavovacia skrutka, 4 – kotva, 5 - betón

Na pasívnu izoláciu veľkých obrábacích strojov zvyčajne stačí uloženie základového bloku priamo na zemi. Toto možno považovať za pružné uloženie, pričom veľká hmotnosť bloku aj stroja zabezpečuje dostatočne nízku vlastnú frekvenciu.

Na obr.3.7 sú uvedené rôzne príklady spájania lôžok so základom.



## 4. VEDENIA

Vedenie je sústava tzv. vodiacich plôch, na ktorých sa stýka pohyblivá časť (napr. sane, šmýkadlo, stôl) s časťou nepohyblivou (napr. s lôžkom), ktorá zaručuje pohyb po geometricky presných dráhach s jedným stupňom voľnosti. Vedenia vo všeobecnosti majú zabezpečiť priamočiary alebo kruhový pohyb dvoch súčiastok alebo skupín proti sebe. Podľa druhu trenia medzi stykovými plochami delíme vedenia na klzné a valivé.

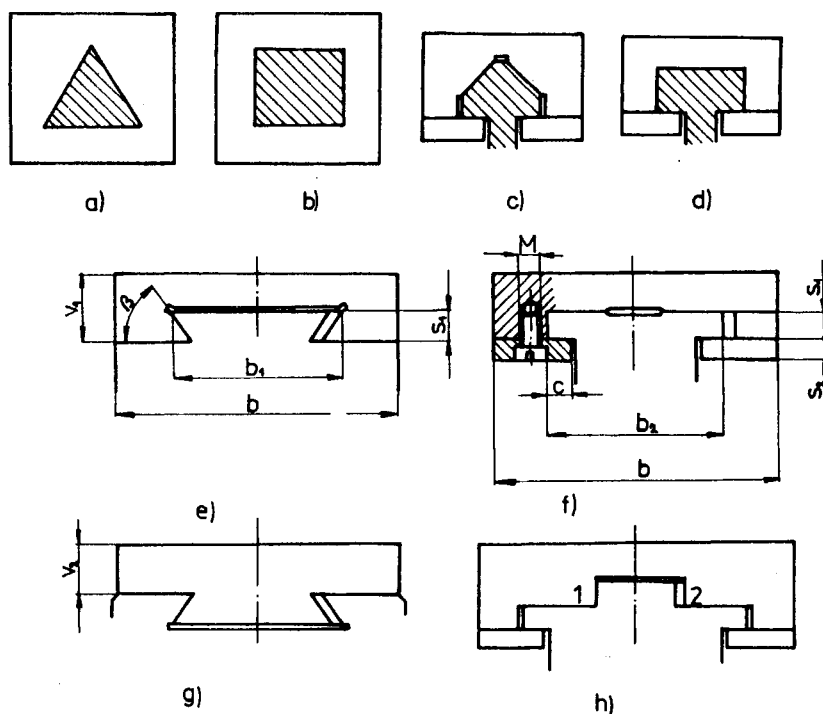
Požiadavky na vedenia:

1. Presnosť - vedenie sa musí vyrobiť s takou presnosťou, aby odchýlky dráhy pohybu od ideálneho tvaru boli v toleranciách daných požadovanou presnosťou, s akou má stroj pracovať.
2. Odolnosť proti opotrebeniu - presnosť dosiahnutá pri výrobe obrábacieho stroja sa má zachovať čo najdlhšie, musí byť teda vhodne zvolená dvojica materiálov vodiacich plôch, prípadne ich tepelné spracovanie.
3. Vymedzovanie vôle, ktorá vzniká opotrebením, umožňuje zabezpečiť trvalo vyžadovanú presnosť.
4. Minimálny odpor proti pohybu zabezpečí povrch vodiacich plôch s minimálnym súčiniteľom trenia.
5. Tuhosť, ktorá zabezpečí s dostatočnou presnosťou relatívny pohyb nástroja voči obrobku.
6. Ochrana vedenia proti vnikaniu prachu a triesok, ktoré spôsobujú poškodenie vodiacich plôch.
7. Profil vedenia má mať minimálny počet plôch a jednoduchý tvar z hľadiska výroby.
8. Dokonalé mazanie vodiacich plôch, aby sa zmenšilo opotrebenie a odpory proti pohybu.
9. Tvar vodiacich plôch taký, ktorý zabezpečí dokonalé vedenie pohybujúcich sa častí s jedným stupňom voľnosti a zachytenie síl prenášaných z pohyblivej časti na nepohyblivú.
10. Pohyb pohybujúcich sa častí musí byť plynulý aj pri najmenších rýchlostiach.

## 4.1 VEDENIE PRIAMOČIARE

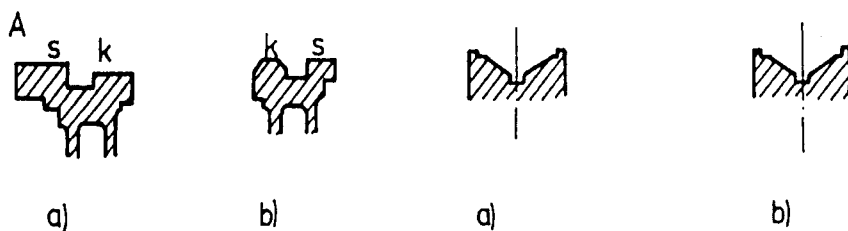
Podľa tvaru sa priamočiare vedenia delia na hranolové, obr.4.1, 4.2, 4.3 a valcové, obr.4.4. Ďalej vedenia delíme na jednoduché, obr.4.1, 4.4a, b, a zložené, obr.4.2, 4.3 a 4.4c,d.

Vedenie jednoduché je vytvorené súvislou sústavou vodiacich plôch. Prakticky sa dá použiť len pre úzke sane, obr.4.1c až h, alebo ako vedenie šmýkadiel, obr.4.1a,b. Pre široké sane treba vedenie zložené dvojnásobné (dvojdráhové), obr.4.2, trojnásobné (trojdráhové), obr.4.3 alebo štvornásobné (štvordráhové).



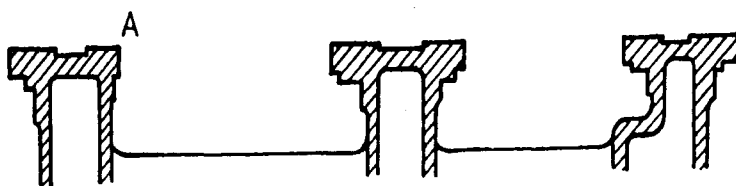
Obr.4.1 Priamočiare vedenia hranolové, jednoduché

a – trojboké vedenie šmýkadla, b – štvorboké vedenie šmýkadla, c – trojboké vedenie saní, d – štvorboké vedenie saní, ľahké vyhotovenie, e – vedenie trojboké (rybinové) vonkajšie, f – vedenie štvorboké (ploché), g – vedenie trojboké (rybinové), h – vedenie štvorboké so zúženým stranovým vedením na plochách 1, 2

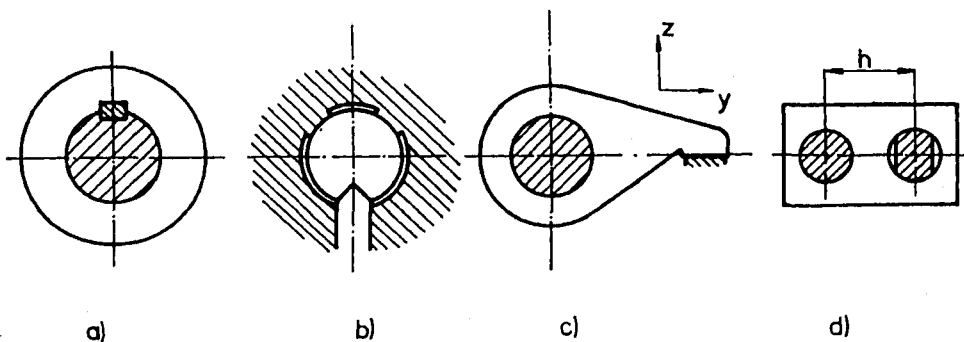


Obr.4.2 Priamočiare vedenie dvojdráhové

a – sústruhu, s – vedenie pre suport, k – vedenie pre koník, b – hobľovačky



Obr.4.3 Priamočiare vedenie trojdráhové pre sústruh



Obr.4.4 Vedenia priamočiare valcové

a, b – jednoduché, c, d – zložené

Výhodou valcového vedenia je, že sa dá ľahko a presne vyrobiť. Samo osebe však nezaručuje pohyb s jedným stupňom voľnosti. Pri jednoduchom vedení sa zamedzí otáčaniu pomocou pera, obr.4.4a,b, pri zloženom použitím ďalšieho rovinného vedenia, obr.4.4c, alebo valcového vedenia, obr.4.4d. Na obr.4.4d vedie ľavé vedenie v dvoch kolmých smeroch (Y,

Z), pravé iba v jednom smere (Z). Z toho dôvodu môžu byť strany valca pravého vedenia skosené v smere Z, čo umožní hrubšie tolerovanie vzdialenosti  $h$  osí vodiacich valcov.

Súčiastky pohybujúce sa po vedení delíme na sane a šmýkadlá. Vodiace plochy saní sú kratšie ako vodiace plochy nepohyblivých častí, na šmýkadlách sú naopak vodiace plochy pohyblivej časti (šmýkadla) dlhšie.

#### **4.1.1 PRIAMOČIARE VEDENIA KLZNÉ**

Takéto vedenia majú zaručiť presný priamočiary pohyb s jedným stupňom voľnosti pohyblivej časti, napr. saní, po pevnej časti, napr. lôžku.

Presnosť a kvalita práce obrábacieho stroja sú dané jednak presnosťou dráhy vedenia, jednak rovnomernosťou posuvovej rýchlosti pohybujúcich sa častí, t. j. stabilitou klzne uložených mechanizmov.

Nestabilita pohybu sa najvýraznejšie prejavuje tam, kde sa mechanizmy pohybujú veľmi malou rýchlosťou. Tzv. trhavý pohyb (stick – slip) - vzniká určitá deformácia, pokým ťažná sila nedosiahne veľkosť sily potrebnej na utrhnutie hmotnosti (napr. suportu) z klúdovej polohy (trecia sila v pokoji). Po odtrhnutí sa hmotnosť uvedie do pohybu a trecia sila klesne na hodnotu zodpovedajúcu veľkosti trecej sily pri okamžitej rýchlosti, teda prebytok ťažnej sily udelí hmotnosti určité zrýchlenie a suport poskočí. Deformácia, a tým aj ťažná sila sa zmenší a suport sa zastaví po dosiahnutí rovnováhy medzi ťažnou, zotrvačnou a trecou silou za pohybu. Po zastavení narastie zase trecia sila na klúdovú hodnotu a celý dej sa opakuje.

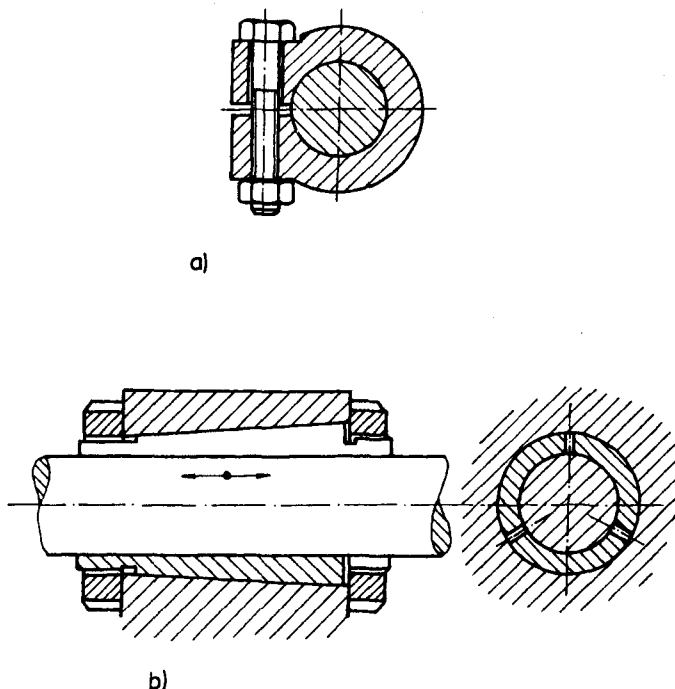
Jediným racionálnym spôsobom zvýšenia stability pohybu je taká zmena trecieho procesu, ktorej výsledkom je priaznivejší priebeh dynamickej charakteristiky. Preto treba voliť spôsob zníženia rozdielu medzi priľnavým trením a najnižším klzným trením, čo sa dá dosiahnuť použitím špeciálnych mazív (napr. elaiénom aditívovaného oleja) a voľbou materiálu klzných plôch.

#### **4.1.2 VALCOVÉ VEDENIA**

Nepoužívajú sa na vedenie suportov, stolov, stojanov a pod. Výhodné sú pri vedení pinoly konika na sústruhoch, na uloženie vretien, ak ide o ich presúvanie v smere osi x.

Najmenšia dĺžka vedenia býva  $l_{\min} = 3D$ . Okrem priamočiareho pohybu valcové vedenie dovoľuje aj otáčavý pohyb, ktorému možno zabrániť rôznymi spôsobmi, obr.4.4.

Vôľa vo vedení sa môže vymedziť pomocou kuželovej rozrezanej vložky axiálne posúvanej maticou, obr.4.5b, alebo skrutkou a maticou, obr.4.5a.

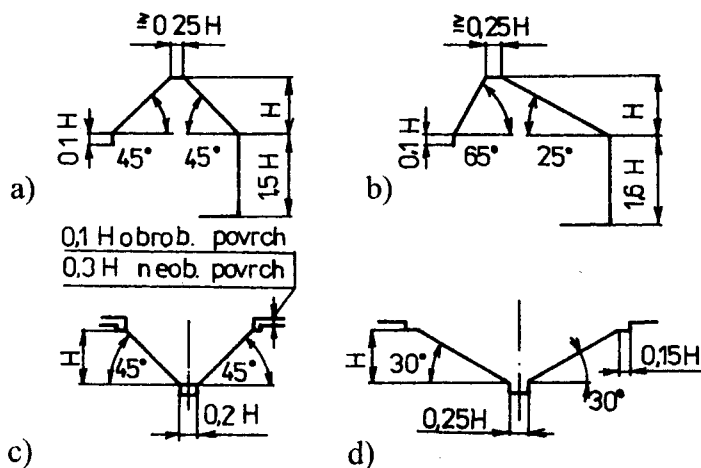


Obr.4.5 Vymedzenie vôle na valcovom vedení

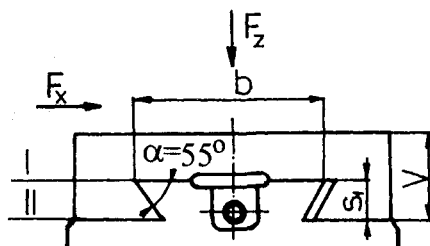
a – skrutkou a maticou, b- kuželovou rozrezanou vložkou axiálne posúvanou maticou.

#### 4.1.3 HRANOLOVÉ VEDENIA (PRIZMATICKÉ)

Trojboký hranol je základným tvarom hranolového vedenia, ktorého vrcholové uhly sú rôzne, obr.4.6. Vedenie na obr.4.6a sa používa na vedenie saní a koníka sústruhu, na obr.4.6b sa vedenie používa na vedenie suportu sústruhu. Obr.4.6c znázorňuje vedenie stolov ľahkých a stredných hobľovačiek, rovinných frézovačiek a brúsok. Pri ťažkých obrábacích strojoch sa používa vedenie podľa obr.4.6d.



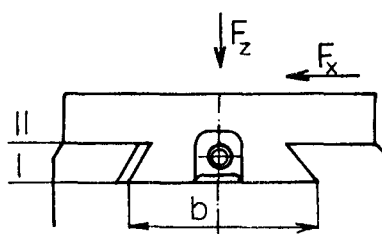
Obr.4.6 Typické druhy hranolových vedení



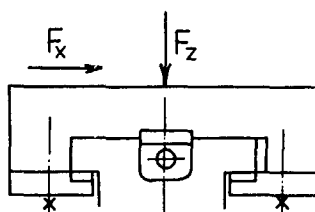
Obr.4.7 Rybinové vonkajšie vedenie

Na obr.4.7 je znázornené vedenie rybinové vonkajšie, na obr.4.8 rybinové vedenie vnútorné. V závislosti od spôsobu a veľkosti namáhania vonkajšími silami a klopiacimi momentami sa vedenie robí tak, že dosadá v rovine I alebo v rovine II, podľa toho, v ktorom prípade má suport väčšiu tuhosť. Na vymedzenie vôle v tomto vedení stačí jedna vymedzovacia lišta, čo je výhoda oproti jednoduchému plochému vedeniu, obr.4.9, ktoré na vymedzenie vôle potrebuje až tri nastavovacie lišty. Nevýhodou rybinového vedenia je, že pri minimálnej vôle  $s$ , potrebnej na posúvanie saní na vedení, sa sane natáčajú klopným momentom väčšej hodnoty.

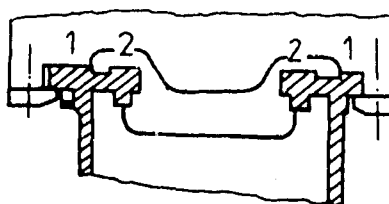




Obr.4.8 Rybinové vnútorné vedenie



Obr.4.9 Jednoduché vedenie ploché

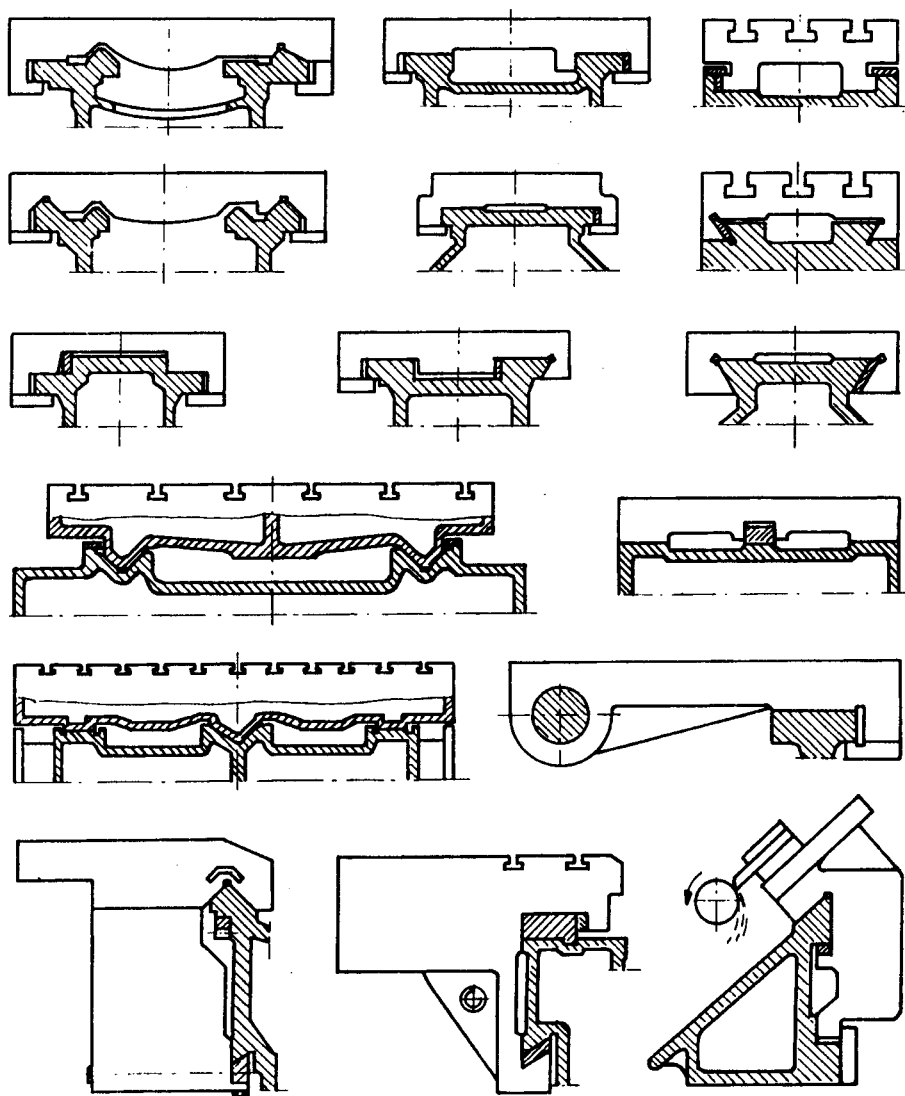


Obr.4.10 Dvojnásobný profil lôžka sústruhu

Jednoduché vedenia sa používajú na prenášanie menších klopných momentov. Ak sú medzi vodiacími plochami potrebné otvory na prepádávanie triesok a vedenie je zaťažované veľkými klopnými momentami, používajú sa dvojnásobné alebo trojnásobné vedenia.

Na obr.4.10 je dvojnásobný profil lôžka sústruhu, kde vedenie pozostáva z kombinácie dvoch dvojnásobných vedení – jedného na uloženie suportu 1, druhého na vedenie koníka 2.

Na obr.4.11 sú uvedené príklady priamočiarych klzných vedení.



Obr.4.11 Příklady přímočiarych klzných vedení

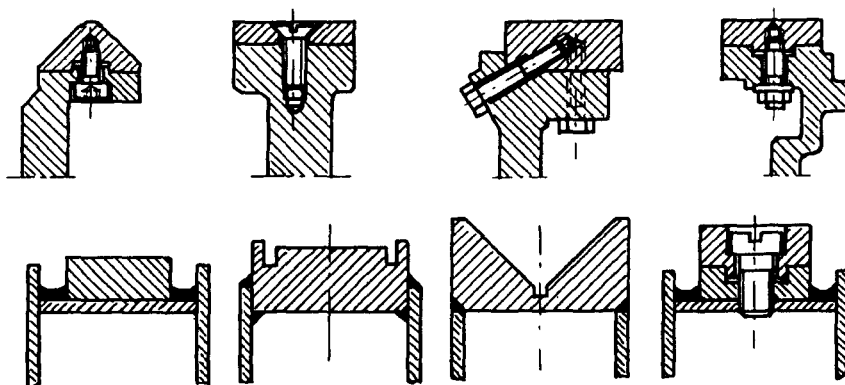
#### 4.1.4 MATERIÁL KLZNÝCH VEDENÍ

Materiál klzných vedení značne ovplyvňuje odolnosť proti opotrebeniu a plynulosť pohybu uzlov. Aby sa vylúčil krajne neželateľný jav trhavých pohybů, kompletuje sa dvojica

trecích plôch z rôznych materiálov, ktoré majú rozličné zloženie, štruktúru a tvrdosť.

Vedenia, po ktorých sa premiestňujú pohybujúce sa časti, sa robia tvrdšie a odolnejšie proti opotrebeniu. Týmto sa zabezpečí presnosť.

Vedenia zo sivej liatiny, ktoré sú časťou lôžka, sú najjednoduchšie, no pri ustavičnom pohybe nezabezpečujú dlhšiu životnosť. Odolnosť proti opotrebeniu sa zvyšuje zakalením s ohrevom elektrickými prúdmi vysokej frekvencie alebo plynovým horákom. Zakalením jedného zo spriahnutých povrchov do HRC 48 až 53 možno zvýšiť odolnosť proti opotrebeniu viac ako dva razy. Legujúce prísady do liatinových vedení zvyšujú odolnosť proti opotrebeniu len po nasledujúcom zakalení. Značné zvýšenie odolnosti proti opotrebeniu liatinových vedení sa dosiahne pomocou špeciálnych povlakov. Chrómovanie vedení vrstvou chrómu hrúbky 25 až 50  $\mu\text{m}$  zabezpečuje tvrdosť do HRC 68 až 72 a 4 až 5-krát zvyšuje odolnosť proti opotrebeniu a súčasne znižuje koeficienty trenia. Analogický efekt dáva aj nanášanie povlakov vrstvou molybdénu alebo zliatiny s obsahom chrómu. Chrómuje sa len jedna z dvoch stykových častí, obyčajne nepohyblivá, lebo kombinácia chróm po chróme je náchylná na vznik trhavých pohybov, hoci má najmenší súčiniteľ trenia.



Obr. 4.12 Spôsoby pripevnenia lišt ocelových vedení  
hore – priskrutkovaním, dolu – privarením

Vedenia ocelové sa robia ako lišty privarené k zváraným lôžkam alebo priskrutkované, resp. prilepené k lôžkam liatinovým, obr.4.12. Materiálom ocelových vedení sú nízkouhlíkové ocele, cementové a zakalené na vysokú tvrdosť (HRC 60 až 65), nitridované ocele s hĺbkou nitridácie 0,5 mm a zakalené na veľmi vysokú tvrdosť (800 až 1000 HV).

Zriedka sa používajú legované vysokouhlíkové ocele zakalené a popustené (HRC 58 až 62). Oceľové zakalené vedenia zabezpečujú najvyššiu odolnosť proti opotrebeniu v kombinácii so zakalenou liatinou.

Zliatiny z farebných kovov, ako bezolovnatý bronz, olovnatý bronz, zliatina na báze cínu v kombinácii s oceľou aj liatinou, dávajú najlepšie výsledky vzhľadom na odolnosť voči opotrebeniu, zadretiu a rovnomernosť pohybu. Vysoká cena však nedovoľuje ich široké použitie.

Plasty majú dobré trecie vlastnosti, nezadierajú sa, zabezpečujú rovnomernosť pohybu pri malých rýchlostiach a nie sú náchylné na vznik trhavých pohybov. Jednako malá tuhosť, nízka odolnosť voči opotrebeniu pri abrazívnom znečistení, vplyv teplotných účinkov, vlhkosti, oleja a kyselín obmedzujú ich použitie. Plasty sa používajú najmä v kombinovaných vedeniach, keď zaťaženie prenášajú valivé telieska a vrstva plastu na pomocných hranách zabezpečuje nevyhnutné charakteristiky trenia. Pásky z plastu sa nalepujú na podklad vedenia.

Kompozitné materiály na báze epoxidových živíc sa nanášajú na vedenia pohybujúcich sa častí. Po zatvrdnutí sa môžu povrchy obrábať, napr. hobl'ovaním, frézovaním a zaškrabávaním. Epoxidové živice majú podobné vlastnosti ako plasty.

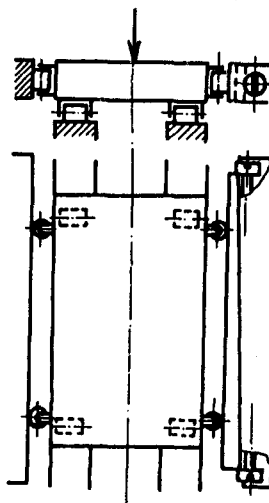
Materiály pre obkladanie vodiacich plôch možno vhodne rozdeliť podľa stavu materiálu pri obkladaní:

- a) Materiály pripevňované v tuhom stave lepením alebo mechanicky. Tieto materiály sa dodávajú ako fólie, dosky alebo pásky, ktoré sa lepia, alebo mechanicky pripevňujú na jednu z oboch funkčných plôch vedenia (spravidla na pohyblivú časť vedenia – stôl, support).
- b) Materiály nanášané v kašovitom stave stierkou – sú to materiály na báze epoxidových živíc. Hmota sa nanáša na hrubo opracované plochy (frézovaním, hobl'ovaním) a odmastené plochy. Obe časti vedenia sa pritlačia k sebe. Po vytvrdnutí hmoty sa vodiace plochy od seba oddelia.
- c) Materiály nanášané v tekutom stave liatím – sú to materiály analogické ako materiály nanášané v kašovitom stave a líšia sa len viskozitou pred vytvrdzovaním.

Plocha, ktorá sa neobkladá hmotou, sa brúsi, plocha, ktorá sa obkladá, sa hobl'uje alebo frézuje na hrubo, pričom lunkre a pórovitosť v miestach obloženia neprekážajú. Obe časti vedenia sa utesnia a naleje sa na ne hmota, ktorá vytvrdne za 4 až 7 dní.

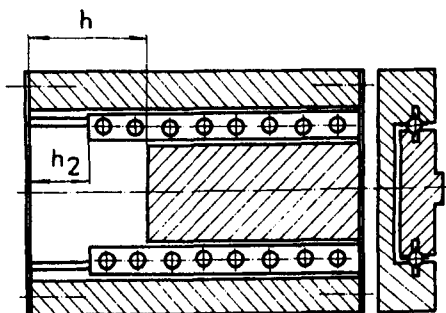
## 4.2 PRIAMOČIARE VEDENIE VALIVÉ

Klzné trenie najjednoduchšie nahradíme trením valivým, ak použijeme kladky, obr.4.13. V tomto usporiadaní ho môžeme použiť len vtedy, ak prevláda zaťaženie v zvislom smere nadol. Kladky sa stýkajú s vedením len miestne, preto sa vplyv nerovnosti plochy prejavuje priaznivejšie ako pri vedení s klzným trením, a preto sa tieto vedenia musia vyrábať presnejšie. Ak sa namiesto kladiek použije veľké množstvo valivých teliesok, táto nevýhoda sa do určitej miery odstráni a zvýši sa aj styková tuhosť vedenia. Pre valivé dráhy sa používajú vsadené kalené a brúsené oceľové lišty. Na obr.4.14 je znázornené valivé vedenie, kde sa ako valivé teliesko použili guľičky uložené v klietkach. Toto usporiadanie má nevýhodu, že klietka s guľičkami vykonáva pri pohybe saní vo vedení dráhu, ktorá sa rovná polovičnému zdvihu saní, teda dĺžka zdvihu je obmedzená. Usporiadanie s vracaním guľičiek odstraňuje nevýhodu obmedzeného zdvihu, obr.4.15. Guľičky sa vracajú cez kanály **a** v telese saní (priemer vratných kanálov je o niečo väčší, než je priemer guľičiek). Prevádzanie guľičiek na koncoch saní do vratných kanálov a späť sa uskutočňuje vložkami **b** s kruhovým vybraním. Vedenie je na koncoch chránené proti vnikaniu prachu plstenými upchávkami.

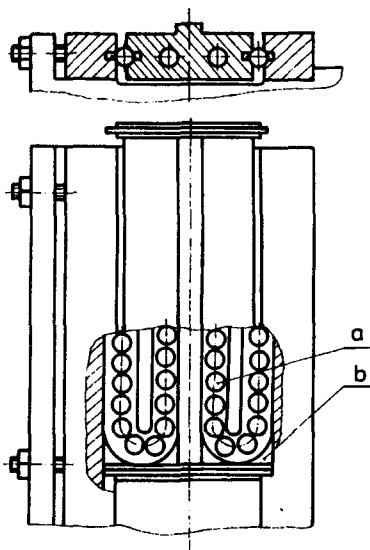


Obr.4.13 Valivé vedenie pomocou kladiek

Pre väčšie zaťaženie sa používajú valčeky alebo ihly. Na obr.4.16b je vyhotovenie klieťky ihlového vedenia. Klieťky sú z umelej hmoty a dodávajú sa v rôznych veľkostiach a s rôznym počtom ihiel, ktorý závisí od zaťaženia. Sú opatrené rybinovými zámkami, pomocou ktorých možno spojiť niekoľko klieťok do jedného celku. Na obr.4.16a je príklad usporiadania prizmatického vedenia s ihlami.

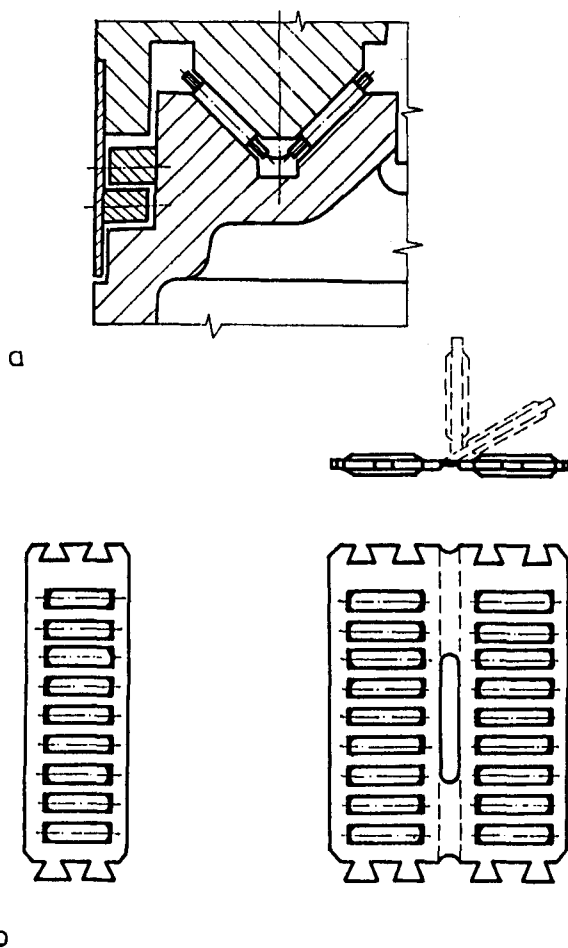


Obr.4.14 Valivé vedenie s guľičkami v klieťke



Obr.4.15 Valivé vedenie s vracajúcimi sa guľičkami

Pre valivé vedenia sa často používajú valivé valčekové jednotky (valivé hniezda), obr.4.17a. Tieto jednotky, rovnako ako valivé ložiská, vyrába rad firiem ako stavebné jednotky v rôznych veľkostiach. Pre vymedzovanie vôle vo vedení sa tieto jednotky montujú na odpružené dosky, obr.4.17b, dodávané tiež firmou. Príklad použitia týchto ložísk pre vedenie je na obr.4.17c. Pre dlhšie vedenia sa používa viac jednotiek usporiadaných za sebou na jednej vodiacej ploche.



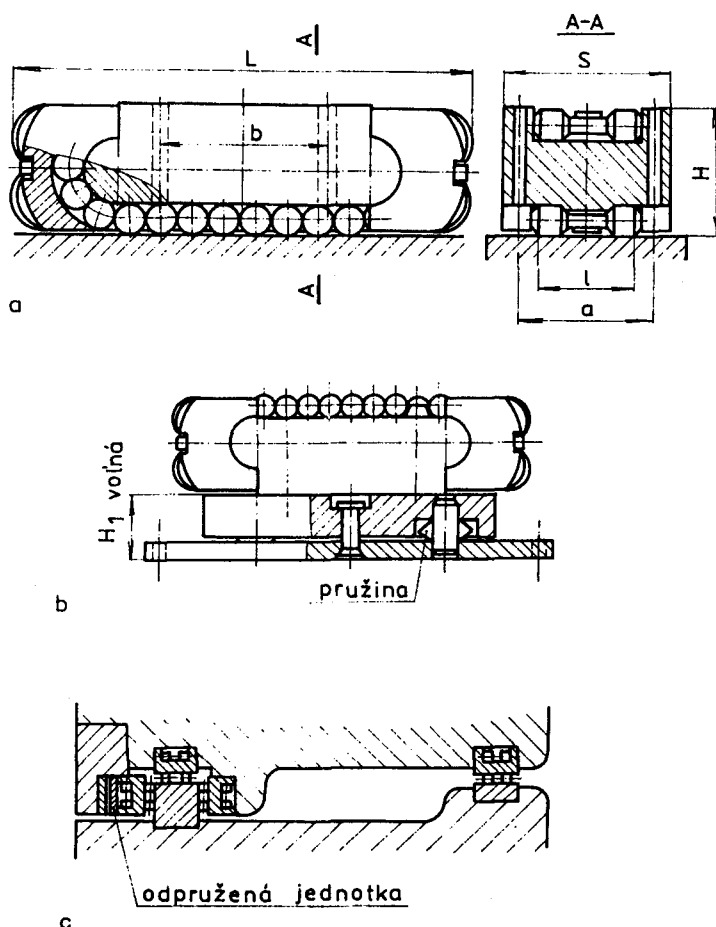
Obr.4.16 Valivé vedenia

a – vedenie ihlové,

b – kliečky s ihlami, resp. valčekmi

### 4.3 PRIAMOČIARE VEDENIA HYDROSTATICKE

Hydrostatické vedenia pri správnom vyhotovení pracujú v oblasti rýdzo kvapalinového trenia. Vyznačujú sa veľmi malým súčiniteľom trenia pri veľkom rozsahu rýchlostí. Z týchto dôvodov pracujú tieto vedenia prakticky bez opotrebenia, a tak vykazujú trvalú presnosť. Vzhľadom na vysokú presnosť, únosnosť a dobré tlmenie sú vhodné pre vysoké zaťaženie pri veľkých rýchlostiach.



Obr.4.17 Valivé valčekové jednotky – valivé hniezda

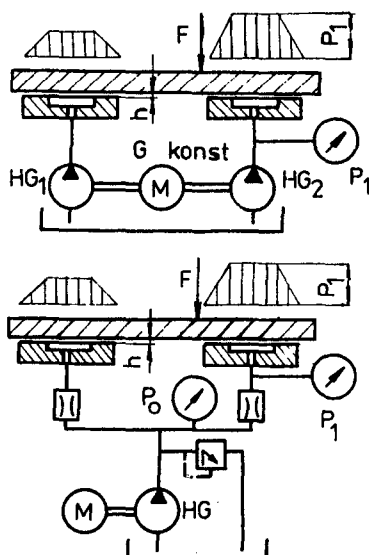
a – valčeková valivá jednotka, b – vymedzenie vôle na valčekovej valivej jednotke, c – príklad použitia valivých jednotiek



Vedenie pozostáva z ložiskových jednotiek (káps), vytvorených na jednej vodiacej ploche, druhá plocha je hladká, obr.4.18, pričom tlak oleja je dodávaný samostatným zdrojom mimo vedenia. Aby vedenie mohlo zachytávať excentrické zaťaženia, musí byť vyrobené s viacerými ložiskovými jednotkami, minimálne s tromi. Medzi jednotlivými jednotkami nesmie nastať vyrovnanie. Môže sa to dosiahnuť dvoma, v princípe rozdielnymi spôsobmi zásobovania olejom:

1. Každá ložisková jednotka je zásobovaná olejom samostatným hydrogenerátorom, obr.4.18a.
2. Ložiskové jednotky sú zásobované olejom spoločným hydrogenerátorom, pred každou jednotkou je predradený hydraulický odpor, obr.4.18b.

V prvom prípade sa privádza do každej jednotky konštantné množstvo oleja nezávisle od zaťaženia a možno využiť úplný tlak generátora. V normálnej prevádzke je tlak v kapse omnoho nižší než je maximálny tlak hydrogenerátora a bezpečnosť správnej funkcie vedenia je veľmi vysoká. Nadobúdacie náklady sú však vyššie.



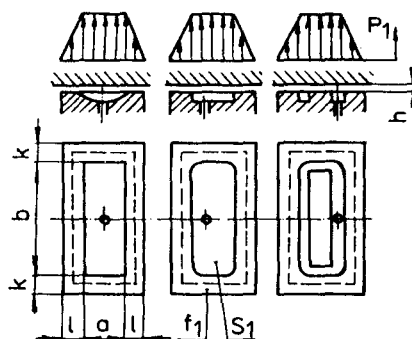
Obr.4.18 Spôsoby zásobovania olejom ložiskových jednotiek

- a – každá ložisková plocha je zásobovaná olejom samostatným hydrogenerátorom,  
b – ložiskové jednotky sú zásobované olejom spoločným hydrogenerátorom

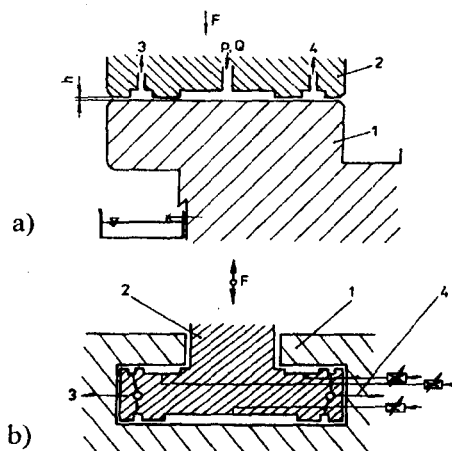
V druhom prípade sú nadobúdacie náklady nižšie. Ako predradený odpor sa najčastejšie používa kapilára alebo škrtenie závislé od zaťaženia, napr. membránové. V predradenom odpore sa zníži tlak hydrogenerátora  $p_0$  na tlak v kapsi  $p_1$ . Tým sa stratí časť výkonu, teda je potrebný väčší príkon.

Tvar kapsy nemá na funkciu hydrostatického vedenia vplyv, alebo len veľmi nepatrný. Na obr.4.19 sú tri tvary obdĺžnikových kaps, z ktorých vidieť, že tlaky v nich sú rovnaké. Efektívna plocha, vyznačená čiarkovanou čiarou, je pre všetky tvary kaps rovnaká, ak sa zanedbajú malé odchýlky v rohoch kaps.

Na obr.4.20 je znázornené priamočiare hydrostatické vedenie suportu sústruhu.



Obr.4.19 Tvary vyhotovenia obdĺžnikových ložiskových jednotiek



Obr.4.20 Priamočiare hydrostatické vedenie suportu sústruhu

a – jednosmerné, 1 – lôžko, 2 – suport, 3 a 4 – odsávanie,

b – obojsmerné, 1 – pozdĺžne sane, 2 – priečne sane, 3 a 4 – odsávanie

#### 4.4 PRIAMOČIARE VEDENIA SERVOSTATICKÉ

Tieto vedenia patria do skupiny hydrostatických vedení, kde predradený hydraulický odpor kapsy pracuje so spätnou polohovou väzbou, pričom sa zachováva stála poloha pohybujúceho sa telesa voči inému telesu na výrobnom stroji. Podľa viazania spätnej väzby možno udržiavať:

- a) stálu hrúbku maziva vo vedení, ak je spätná väzba medzi dvojicou telies tvoriacich vedenie,
- b) stálu polohu pohybujúcich sa častí vedenia; podľa potreby sa mení hrúbka vrstvy maziva vo vedení, ak je spätná väzba vzťahnutá mimo dvojicu telies vedenia, napr. k riadiacemu prívítoku.

Spätná väzba môže byť mechanická, hydraulická, elektrická a ich kombinácie.

Vlastnosti servostatických vedení sú podobné ako pri hydrostatických vedeniach, pasívne odpory v smere pohybu sú tu však o niečo vyššie. Odpory aj pri nízkych rýchlostiach sú také malé, že nehrozí vznik trhavých pohybov. Servostatické vedenie lepšie tlmi a má dlhšiu životnosť než vedenie hydrostatické, ale na druhej strane je komplikovanejšie a drahšie.

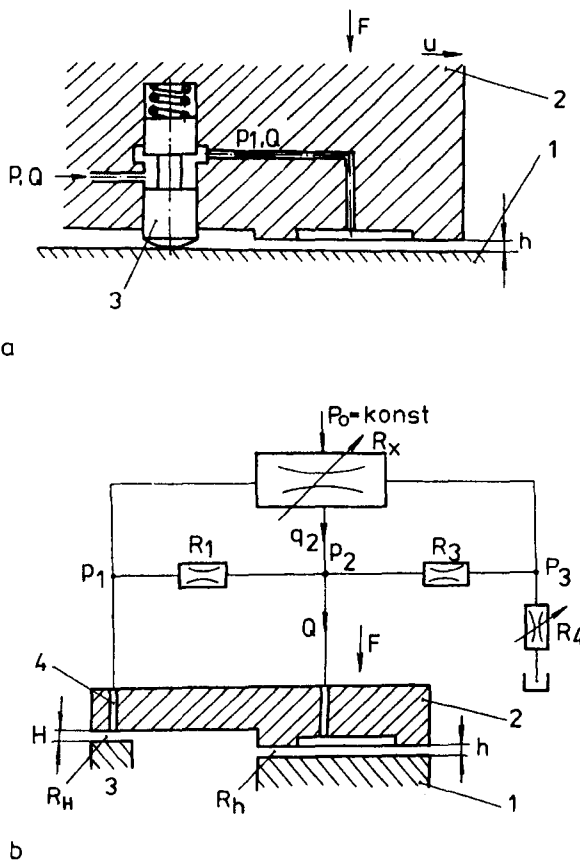
Na obr.4.21a je servostatické vedenie s mechanickou spätnou väzbou s mechanickým sledovacím dotykom, ktorý ovláda predradený hydraulický odpor kapsy. Spätná väzba je medzi dvojicou telies vedenia, a teda zabezpečuje stálu hrúbku vrstvy maziva. Na obr.4.21b je servostatické vedenie s hydraulickou spätnou väzbou.

#### 4.5 VEDENIA KRUHOVÉ

Takéto vedenia majú zabezpečiť presný otáčavý pohyb, t.j. pohyb, pri ktorom všetky body rotujúceho telesa opisujú dráhy líšiace sa od kružnice len o hodnotu prípustných odchýlok. Majú os zvislú, čím je vhodne zachytávaná hmotnosť stola aj obrobku.

#### 4.5.1 KRUHOVÉ VEDENIA KLZNÉ

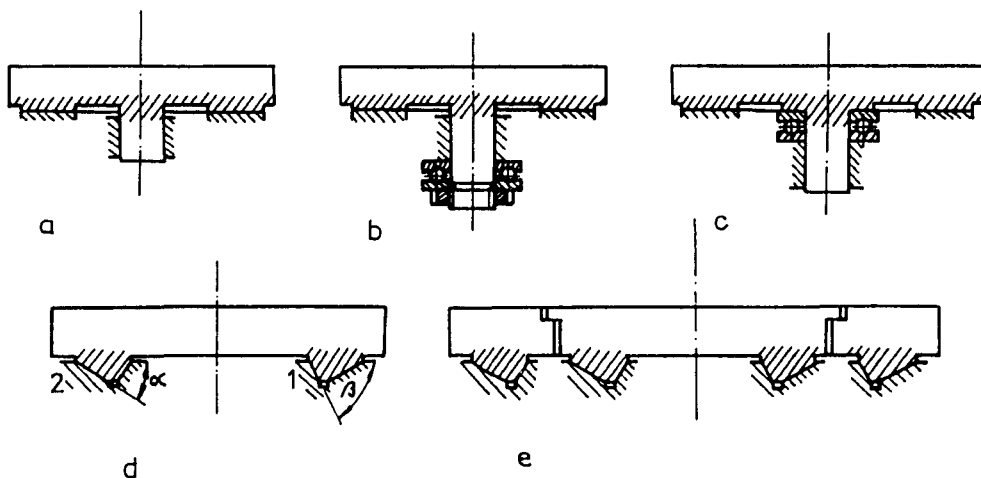
Radiálne ložiská klzné, resp. valivé zachytávajú radiálne zaťaženie stola, klopné momenty, axiálne zaťaženie zachytáva medzikruhová rovinná vodiaca plocha. Na obr.4.22 sú najbežnejšie prípady konštrukčných variantov, pričom variant podľa obr.4.22a sa vyskytuje najčastejšie. Variant podľa obr.4.22b sa používa, ak sú klopné momenty pomerne veľké vzhľadom na prierez vodiacej plochy a nakloneniu stola sa zabráni axiálnym ložiskom.



Obr.4.21 Servostatické vedenie

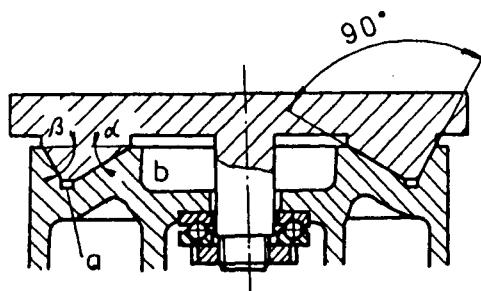
- a – s mechanickou spätnou väzbou, 1 – nepohyblivé teleso, 2 – pohyblivé teleso, 3 – mechanický sledovací dotyk,
- b – s hydraulickou spätnou väzbou, 1 – nepohyblivé teleso, 2 – pohyblivé teleso, 3 – vzt'ážné riadiace teleso, 4 – sledovacia dýza

Ak vodiace plochy nie sú mazané hydrostaticky, nesmie medzi týmto ložiskom a vodiacimi plochami nastať predpätie. Variant na obr.4.22c znázorňuje uloženie tenkej dosky stola veľkého priemeru, ktorá je vystužená axiálnym ložiskom. Axiálne uloženie je v tomto prípade staticky neurčité. Vodiace plochy podľa obr.4.22d majú tvar dvojitého kužela a zachytávajú okrem axiálneho aj radiálne zaťaženie. Podobným spôsobom sa ukladá aj stôl medzikružia tvaru, obr.4.22e. Vedenie tvaru dvojitého kužela je samo osebe staticky neurčité, ale pri výpočte tlaku na vodiacich plochách sa uvažuje ako staticky určité.



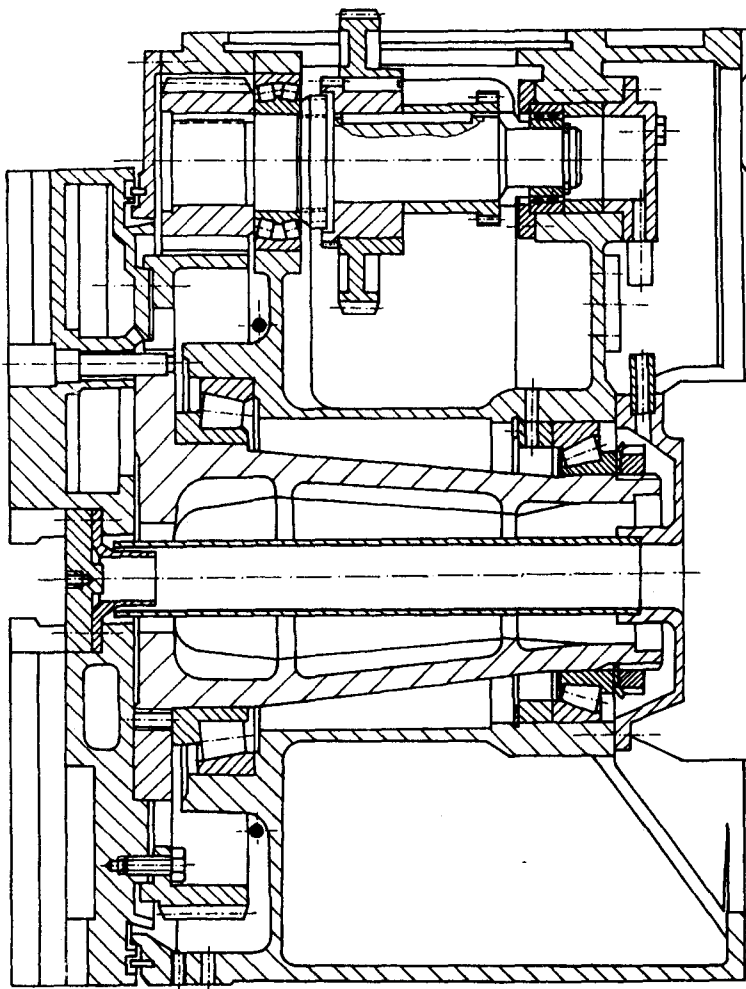
Obr.4.22 Kruhové vedenia klzné

- a – vedenie rovinné, b – rovinné vedenie s axiálnym ložiskom proti klopeniu,  
c – rovinné vedenie odľahčené axiálnym ložiskom, d – kuželové vedenie,  
e – kuželové vedenie deleného stola



Obr.4.23 Kruhové klzné prizmatické vedenie

Pri práci sa stôl otepľuje rýchlejšie než lôžko, čím sa jeho priemer zväčšuje, a tým vzniká na strmej ploche sklon na zadretie. Tomuto sa vyhneme, ak sa na tejto ploche urobí vôľ 0,05 a 0,08 mm v závislosti od veľkosti stola. Mazací olej sa privádza do miesta **a**, obr.4.23, odkiaľ sa radiálnymi drážkami privádza po šírke vodiacich plôch. Vplyvom väčšej vôľ v strmej časti vedenia prúdi väčšia časť oleja k vonkajšiemu obvodu a plocha s menším sklonom, ktorá zachytáva väčšinu axiálneho zaťaženia, je nedokonale masťená. Z tejto plochy je olej vytláčaný aj odstredivou silou. Tieto nevýhody sa odstraňujú, ak sa privádza olej aj v mieste **b**, alebo ak sa vodiaca dráha usporiada obrátene, strmou časťou plochy vo vnútri.

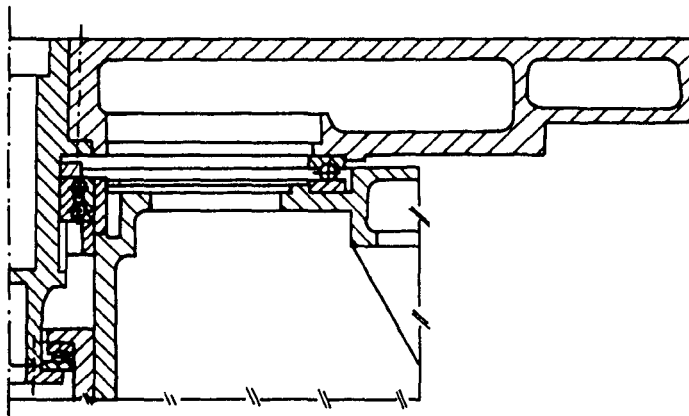


Obr.4.24 Konštrukčné riešenie valivého uloženia zvislého sústruhu

#### 4.5.2 KRUHOVÉ VEDENIA VALIVÉ

Majú menšie pasívne odpory než vedenia klzné a ich tuhosť sa dá zvýšiť predpnutím. Sú menej náchylné na nestabilitu pohybu.

Uloženie môžeme riešiť dvoma kuželikovými ložiskami, obr.4.24, ak je pod stolom dostatočný priestor. Tieto ložiská zachytávajú jednak radiálne, jednak axiálne sily a klopné momenty. Ložiská sa montujú s určitým predpätím závislým od veľkosti stola a jeho zaťaženia.

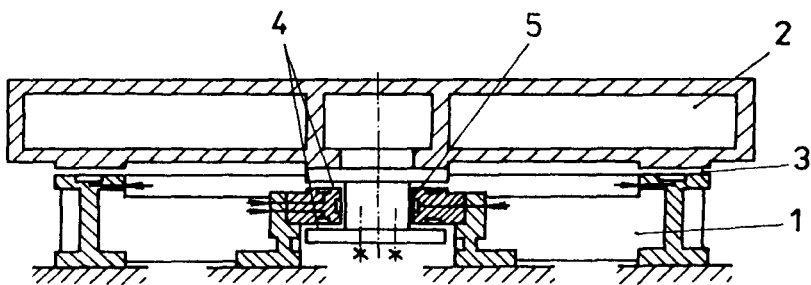


Obr.4.25 Valivé vedenie zvislého sústruhu

Na obr. 4.25 je schematicky znázornené uloženie stola zvislého sústruhu na axiálnom ložisku veľkého priemeru v kombinácii s dvojradovým radiálnym guľkovým ložiskom a malým axiálnym guľkovým ložiskom.

#### 4.5.3 KRUHOVÉ VEDENIA HYDROSTATICKÉ

Tieto vedenia majú zväčša tvar rovinného medzikružia. Na obr.4.26 je vedenie stola zvislého sústruhu. Vonkajšie vedenie tvorí 12 hydrostatických buniek s prevádzkovým tlakom oleja 1,2 MPa. Tlaková komora bunky má tvar medzikružia segmentu. Pre zvýšenie tuhosti je stôl v prostriedku podporený hydrostatickým axiálnym ložiskom, ktoré obsahuje jedinú tlakovú komoru tvaru medzikružia. Ložisko je obojstranné a môže byť pre zvýšenie tuhosti predpnuté.



Obr.4.26 Hydrostatické kruhové vedenie pracovnej dosky zvislého sústruhu

- 1 – lôžko, 2 – pracovná doska, 3 – vonkajšia hydrostatická kruhová dráha,  
4 – vnútorné hydrostatické kruhové dráhy, 5 – hydrostatické radiálne ložisko



## 5. VRETENÁ OBRÁBACÍCH STROJOV

Základnou funkciou obrábacieho stroja je vyrobiť plochy obrobku vyžadovanej geometrie, akosti povrchu a za ekonomicky efektívnych podmienok. Nevyhnutnou podmienkou pre splnenie tejto základnej požiadavky je vytvoriť pracovné pohyby, ktoré sa skladajú zo vzájomnej väzby vektorov rotačného a translačného pohybu.

Vektory rotačného pohybu zabezpečujú pohony vretien. Úlohou vretena je (analogicky ako u kruhového vedenia) zabezpečiť obrobku (pri sústružení) alebo nástroju (pri vŕtaní, frézovaní, vyvrtávaní a pod.) rotačný pohyb, ktorý sa líši od ideálneho pohybu (t. j. po kružnici) len v predpísaných medziach.

Konštrukcia vretenníka má dôležitý význam pre celkovú koncepciu obrábacieho stroja. Podieľa sa na statických a dynamických vlastnostiach rezného procesu, pretože pracovná presnosť obrábacieho stroja a jeho výrobnosť má priamy vzťah k medznej šírke rezu, charakterizujúcej vznik samobudených kmitov.

### 5.1 POŽIADAVKY KLADENÉ NA VRETENÁ

V systéme vretenníka sú tri komponenty, ktoré rozhodujú o kvalite rotačného pohybu vretena. Sú to:

1. vlastné vreteno,
2. uloženie vretena,
3. teleso vretenníka.

Na konštrukčné vyhotovenie vretenníka sa kladú nasledujúce požiadavky:

- a) zabezpečiť presnosť chodu vretena, t.j. minimálne radiálne a axiálne hádzanie,
- b) vreteno musí udržiavať stabilnú polohu v priestore (tzv. minimálny space-drift), t.j. minimálnu zmenu vyvolanú účinkom vonkajších síl a momentov a tepelnými dilatáciami,

- c) uloženie musí umožňovať kompenzáciu – vymedzenie vôle, resp. predpätia ložísk po opotrebovaní,
- d) pasívne odpory pohybu musia byť minimálne, t.j. vysoká účinnosť prevodov, dobré mazanie, chladenie, pretože ich prejavom sú tepelné pomery a spoľahlivosť chodu vretena.

Požiadavky na vreteno sa koncentrujú na:

- geometrickú presnosť vretena,
- výber konštrukčného materiálu,
- tvarovú konfiguráciu priemerov.

**Geometrická presnosť** je podmienená funkčnou požiadavkou na ložiská, spôsobom vytvárania ich predpätia, uchytením obrobku (skľučovadlo, hrot, unášacia doska a pod.) alebo uchytenia osového nástroja (kužeľová, resp. valcová plocha).

**Výber konštrukčného materiálu vretena** je podmienený najmä mechanickými vlastnosťami základnej štruktúry jadra, ktoré sú charakterizované modulom pružnosti a koeficientom pomerného tlmenia. Vretená vyrobené z ocele zatiaľ vyhovujú požiadavkám vysokej statickej tuhosti. Relatívnou mierou kvality vretena býva jeho merná tuhosť, t.j. tuhosť predného konca v porovnaní s hmotnosťou vretena. S tým súvisí aj vlastná frekvencia vretena a dynamické charakteristiky vretenníka.

V súvislosti s aplikáciami **nových konštrukčných materiálov** začínajú sa používať vretená vyrobené z kompozitných materiálov. Ich vlastnosti, v porovnaní s oceľou, sú lepšie v koeficiente tlmenia a v koeficiente dĺžkovej rozťažnosti. V oblasti pohybových frekvencií vyše 100 Hz (tzv. vysokootáčkové vretená) zvyšuje použitie napr. grafitepoxydové vreteno (vyrobené v prostredí bez tiaže) medznú šírku rezu takmer o 25 %, čím sa umožňuje aplikovať rezné nástroje s vysokými reznými rýchlosťami.

**Tvarová konfigurácia priemerov** má byť maximálne jednoduchá. Racionálne sú konfigurácie, kde počet odstupňovaných priemerov je minimálny a rozdiel medzi priemermi určujú len typorozmerové rady použitých ložísk.

## 5.2 POŽIADAVKY NA ULOŽENIE VRETIEN

Spôsob uloženia vretena je najväčším problémom pri konštrukčnom riešení vretenníka.

V závislosti od konkrétnych podmienok práce vretena, prichádzajú do úvahy nasledujúce typy uloženia:

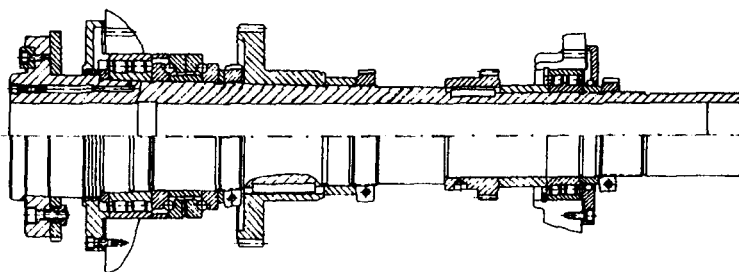
1. uloženie vretena na systéme klzných hydrodynamických ložísk,
2. uloženie na systéme valivých ložísk, tzv. skupinové usporiadanie.

Valivé ložiská sú v porovnaní s klznými ložiskami oveľa frekventovanejšie. Majú vyššiu únosnosť, avšak slabšie tlmiace vlastnosti.

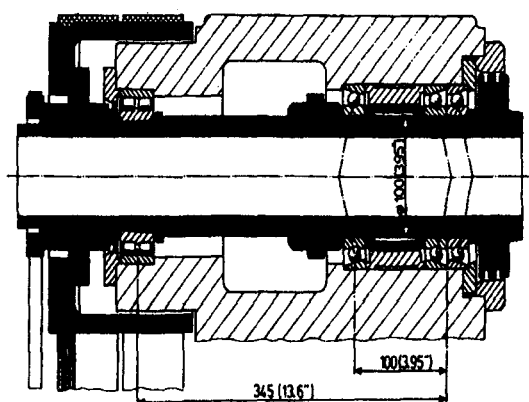
Skupinové usporiadanie valivých ložísk s kosouhlým stykom poskytuje výhodu vysokej tuhosti (zvýšené dovolené zaťaženie – paralelne radené tuhosti) a pre párované ložiská nie je potrebné dolícovanie. Stiahnutím obidvoch ložísk k sebe sa vytvorí potrebné predpätie. Párované ložiská sú označené výrobcom ložísk.

Dvojradowé valčekové ložiská používajú najmä výrobcovia obrábacích strojov. Na obr.5.1 je zobrazené uloženie hlavného vretena sústruhu. Tieto ložiská majú vysokú únosnosť a pokojný chod. Dodávajú sa v rôznych modifikáciách, napr. s možnosťou prebrúsenia na vretene, a tým redukovania chyby výroby a zvýšenie presnosti chodu pracovného vretena. Na obr.5.2 je znázornené moderné uloženie vretena sústruhu s kombináciou valčekových ložísk na prednej strane vretena a guľčkových ložísk s kosouhlým stykom na zadnej strane vretena. Obr.5.3 ukazuje uloženie frézovacieho vretena v kombinácii dvojradowého valčekového ložiska vpredu a dvoch jednoradowých guľčkových ložísk vzadu.

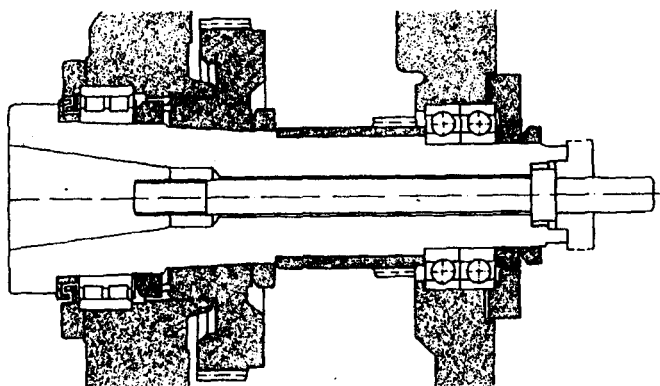
Ostatné valivé typy ložísk, ako sú kuželíkové, ihlové, axiálne guľkové, axiálne s kosouhlým stykom, majú v zásade nelineárne charakteristiky tuhosti.



Obr.5.1 Klasické valivé uloženie vretena sústruhu

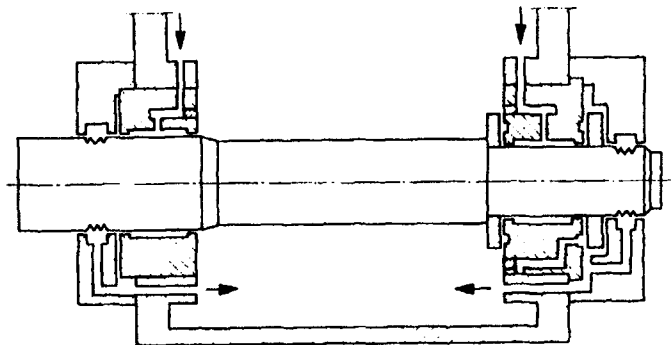


Obr.5.2 Moderné valivé uloženie vretena sústruhu



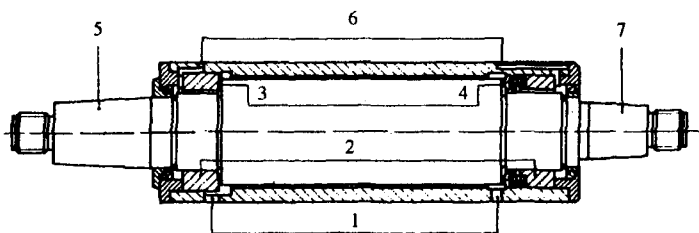
Obr.5.3 Valivé uloženie frézovacieho vretena

3. Uloženie na systéme hydrostatických, príp. tzv. hybridných hydrostatických ložísk. Aplikujú sa najmä na ťažkých strojoch. Na obr.5.4 je zobrazené hydrostatické uloženie vretena používané pri ťažkých vŕtačkách a frézovačkách. Tok kvapaliny umožňuje teplotnú stabilizáciu vretena.



Obr.5.4 Hydrostatické uloženie vretena

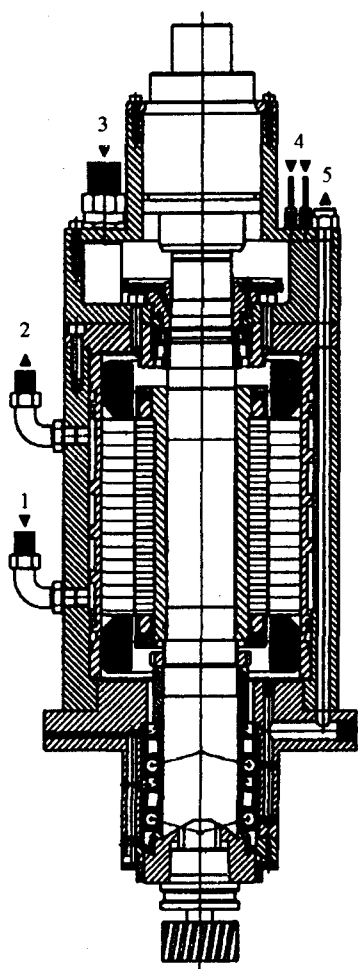
4. Hydrodynamické axiálno-radiálne uloženie brúsneho vretena je znázornené na obr.5.5. Takéto uloženie je vhodné aj pre vysokorýchlostné brúsenie s obvodovou rýchlosťou do 60m/s (bežné brúsenie sa pohybuje okolo 30 m/s).



Obr.5.5 Hydrodynamické uloženie vretena

- 1 – odvod oleja, 2 – radiálne ložiská, 3 – pevné axiálne ložisko,  
4 – voľné axiálne ložisko, 5 – uloženie príruby, 6 – privod oleja,  
7 – uloženie remenice

5. Do skupiny vysokootáčkových vretien patrí uloženie na systéme aerostatických ložísk. Ide o uloženie vretien pre brúsky (najmä v ložiskovom priemysle) s otáčkami brúsnych vretien  $30 - 50\,000\text{ min}^{-1}$ . Aerostatické uloženie vretena dáva presnosť rotačného pohybu  $0,19$  až  $0,3\text{ }\mu\text{m}$ . Táto presnosť umožňuje vytvorenie prirodzeného vzduchového filmu, takže vreteno uložené na aerostatických ložiskách rotuje  $6$  až  $7$ -krát vyššou presnosťou, ako je jeho vlastná geometrická presnosť.
6. Elektrovretená, sú vretená, kde vreteno je súčasne hriadeľom vysokootáčkového motora, obr.5.6. Sú vhodné pre vysokorychlostné obrábanie. Najdôležitejšou časťou vretien je jeho uloženie, ktoré musí zabezpečiť vysokú presnosť a tuhosť. Najrozšírenejšie je valivé uloženie, ale používa sa aj olejové, vzduchové a magnetické uloženie.



Obr.5.6 Vysokootáčkové  
frézovacie vreteno.

- 1 – chladenie vstup,
- 2 – chladenie výstup,
- 3 – prívod energie,
- 4 – mazanie,
- 5 – výstupné signály senzorov

## 6. SÚSTRUHY

Na sústruhoch môžeme vykonávať nasledujúce práce: obrábať vonkajšie a vnútorné rotačné plochy, obrábať čelné rovinné plochy kolmé k osi rotácie, obrábať plochy všeobecné, rezať závit (vonkajšie aj vnútorné), vŕtať, vyvrtávať, vystružovať a pod. S prídavným zariadením je možné sústružiť tiež guľové plochy a eliptické valce. S pomocou priečného posuvu sa dajú sústružiť špirály. Suportovým brúsiacim zariadením môžeme na sústruhu brúsiť valcové plochy. Na špeciálnych sústruhoch je možné obrábať nekruhovité predmety, hranoly, vaky a pod.

Sústruhy v širšom slova zmysle delíme na hrotové, čelné (lícne), špeciálne, zvislé (karusely), sústruhy revolverové, automaty a poloautomaty.

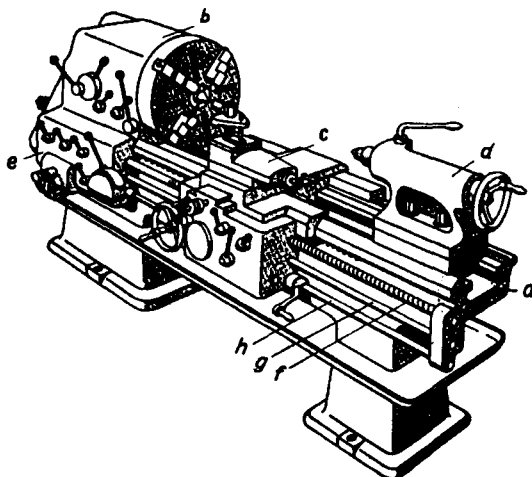
### 6.1 SÚSTRUHY HROTOVÉ

Hrotové sústruhy slúžia najmä k obrábaniu súčiastok rotačného tvaru a väčšej dĺžky upnutých medzi hrotmi, resp. v skľučovadle a hrote. Ich veľkosť je charakterizovaná „obežným priemerom nad lôžkom“ a „vzdialenosťou hrotov“. Obežný priemer nad lôžkom  $D[\text{mm}]$  je medzný priemer kružnice opísanej okolo osi sústruženia najvzdialenejším bodom obrobku, keď sa obrobok ešte môže voľne otáčať nad vodiacími plochami lôžka. Vzďialenosť hrotov  $L[\text{mm}]$  je najväčšia vzdialenosť medzi hrotmi vreteníka a koníka pri zasunutej hrotovej objímke (pinole). Koník je pritom v krajnej polohe na konci lôžka a jeho doska nepresahuje koniec vedenia lôžka. Obežné priemery aj vzdialenosti hrotov sú normalizované.

Hrotové sústruhy delíme na univerzálne (s vodiacou skrutkou a so závitovou prevodovkou) a na jednoduché (výrobné, bez vodiacej skrutky, s jednoduchou prevodovkou a jednoduchým vreteníkom). K univerzálnym patria aj sústruhy nástrojárske, ktoré sú presnejšie a univerzálnejšie.

Hlavné časti sústruhu sú: lôžko, vretenník, prevodová skriňa otáčok, posuvová (závitová) prevodovka, suportová skriňa, suport a koník, obr.6.1.

**Lôžko** – musí byť tuhé v ohybe a krútení a musí umožňovať voľný odpad triesok.



Obr.6.1 Hlavné časti hrotového sústruhu

a – lôžko sústruhu, b – vretenník, c – nožové sane, d – koník, e – posuvové ústrojenstvo, f – vodiaca skrutka, g – ťažný hriadeľ, h – spúšťací hriadeľ

**Vretenník** – obsahuje vreteno a prevodové ústrojenstvo pre jeho pohon odstupňované v geometrickom rade, ak sa nejedná o elektrovreteno.

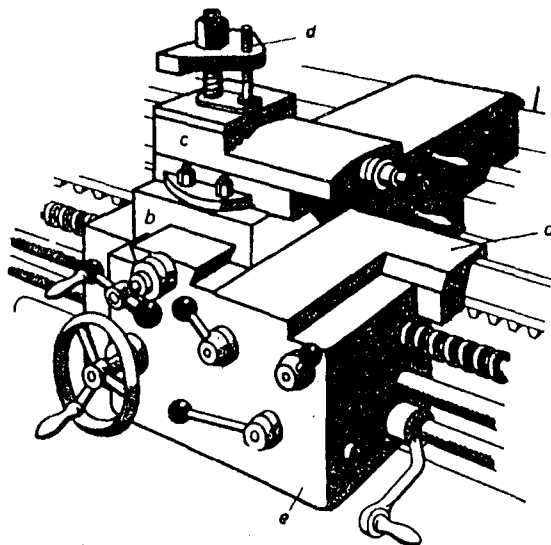
**Suportová skriňa** – univerzálneho sústruhu má vodiacu maticu zaberajúcu s vodiacou skrutkou (pre rezanie závitov) a ozubené kolesá prenášajúce pohyb z ťažného hriadeľa na pastorok (pozdĺžny posuv), alebo na posuvovú skrutku pre priečny posuv.

**Suport** – u malých a stredných sústruhov pozostáva: z pozdĺžnych saní, priečnych saní, otočnej časti a horných saní s upnutým nožom. Veľké stroje majú na horných (pozdĺžnych) saniach ďalšie (nožové) sane s priečnym posuvom, v ktorých je upnutý nôž. Otočná časť umožňuje skloniť horné sane vzhľadom k osi sústruženia, takže je možné nimi sústružiť krátke kužele. Obr.6.2 zobrazuje konštrukciu suportu.

**Koník** – má byť tuhý. Jeho hlavné časti sú: teleso a hrotová objímka (pinola) s hrotom, obr.6.3. Teleso koníka univerzálneho sústruhu je v prednej časti vybrané, aby neprekážalo

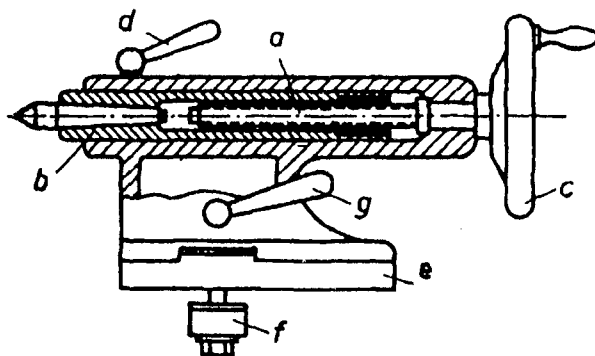


pohybu horných saní suportu. U moderných strojov sa vyskytujú konštrukcie koníkov s pohonom pinoly.



Obr.6.2 Konštrukcia suportu.

a – pozdĺžne sane, b – priečne sane, c – nožové sane, d – nožový držiak, e – suportová skriňa

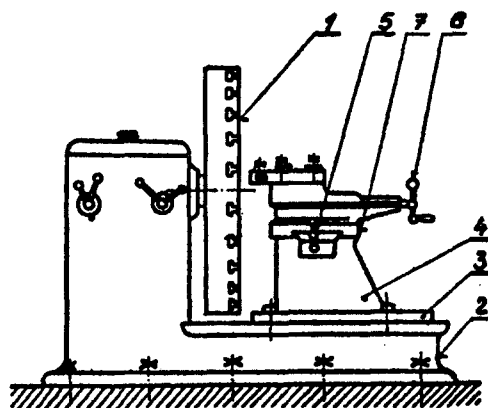


Obr.6.3 Konštrukcia koníka

a – vreteno, b – hrotová objímka, c – ručné koliesko (pre posuv hrotovej objímky), d – zaisťovacia matica, e – vodiaca doska, f – mostík, g – zaisťovacia páka koníka

## 6.2 SÚSTRUHY ČELNÉ (LÍCNE)

Často sa používali v ťažkom strojárstve v kusovej výrobe. Ich nevýhodou je, že sa na nich obtiažne upínajú ťažké súčiastky a že sa ich vretená príliš namáhajú hmotnosťou (tiažou) obrobku. Na obr.6.4 sú zobrazené hlavné časti čelného sústruhu. V súčasnosti sa častejšie používajú zvislé sústruhy a na čelných sústruhoch sa obrábajú ploché súčiastky malých rozmerov (asi do priemeru 500 až 800 mm). V tom prípade majú priečne suporty, pohybujúce sa po vedení na stojane vretenníka.



Obr.6.4 Hlavné časti čelného sústruhu

- 1 – čelná doska, 2 – základová doska, 3 – lôžko, 4 – suport, 5 – pozdĺžne sane,  
6 – priečne sane, 7 – točnica

## 6.3 SÚSTRUHY ŠPECIÁLNE

Do tejto skupiny patria sústruhy konštruované pre určité druhy obrábaných súčiastok, napr. pre sústruženie valcov pre valcovacie stolice, sústruženie klukových hriadeľov,

sústruženie náprav a dvojkolies železničných vagónov, na vačkové hriadele, hranaté ingoty, podtáčacie sústruhy (k podsústružovaniu nástrojov).

## **6.4 SÚSTRUHY ZVISLÉ (KARUSELY)**

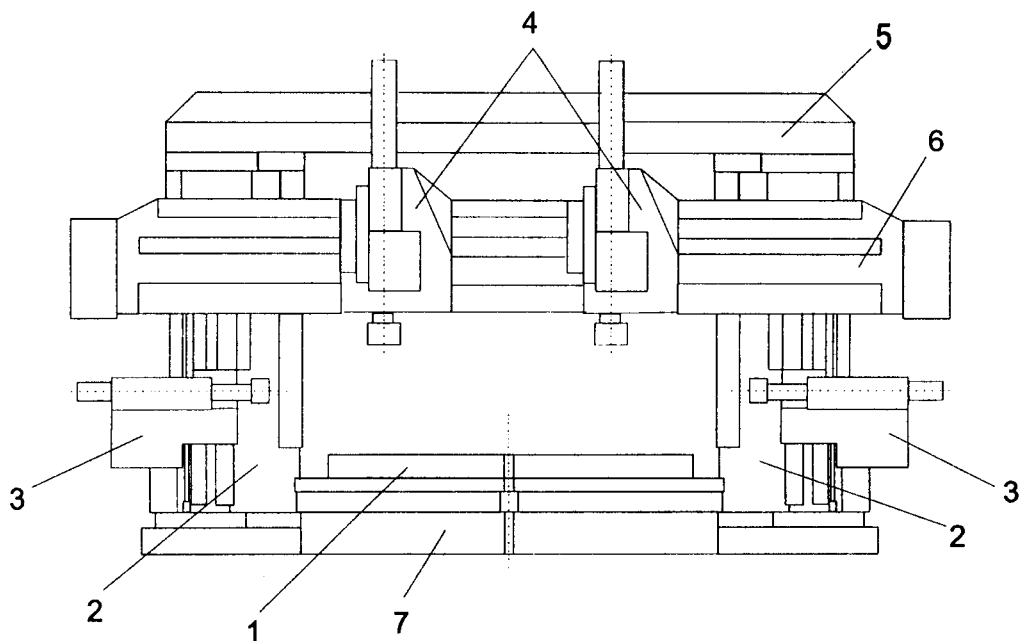
Zvislé sústruhy majú zvislú os sústruženia. Obrobok je upnutý na vodorovnej čelnej ploche upínacej dosky. Používajú sa pri obrábaní veľkých a ťažkých súčiastok, ktorých priemer je väčší ako dĺžka. Rozdeľujú sa na dve hlavné skupiny, a to dvojstojanové a jednostojanové.

### **6.4.1 DVOJSTOJANOVÉ ZVISLÉ SÚSTRUHY**

Na obr.6.5 je zobrazená schéma dvojstojanového zvislého sústruhu. Jeho hlavné časti sú: lôžko 7 s pohonom upínacej dosky; upínacia doska 1 s čel'ust'ami; stojany 2 s vedením pre priečnik; priečka 5 spájajúca horné konce stojanov a uzatvárajúca rámovú konštrukciu stroja; priečnik 6, zvisle prestaviteľný na vedeniach stojanov hore, alebo dolu podľa výšky obrobku; priečnikové suporty 4, jeden alebo dva s pozdĺžnymi pohybmi saní doľava alebo doprava a zvislými pohybmi šmykádiel hore alebo dole ; bočné suporty 3, zvisle pohyblivé po vedení na pravom stojane hore alebo dole a vodorovným pohybom šmykadla k osi otáčania alebo od nej.

Charakteristickým rozmerom, udávajúcim veľkosť zvislého sústruhu je predovšetkým „obežný priemer“, t. j. priemer sústružený najviac vysunutou časťou reznej hrany sústružníckeho noža predpísaného najväčšieho prierezu a upnutého obvyklým spôsobom v priečnikovom suporte. Veľkosť je tiež charakterizovaná najväčšou vzdialenosťou medzi upínacou doskou a nožovým držiakom priečnikového suportu (výškou sústruženia).

Pohony zvislých sústruhov sa riešia ako jednotlivé elektrické, niekoľkomotorové. K pohonu upínacej dosky u malých a stredných strojov sa obvykle volia jednostupňové asynchrónne motory. Potrebné rozsahy prevodov a stupňov otáčok upínacej dosky sa



Obr.6.5 Dvojstojanový zvislý sústruh

1 - upínacia doska, 2 - stojany, 3 - bočný suport, 4 - priečnikový suport,  
5 - priečka, 6 – priečnik, 7 - lôžko

dosahujú rýchlostnou prevodovkou s posuvnými ozubenými kolesami resp. číslicovým riadením.

Elektrické motory s plynulou zmenou otáčok sa používajú k pohonu posuvového ústrojenstva. Veľkosti posuvov sú potom nezávislé na rýchlostiach upínacej dosky.

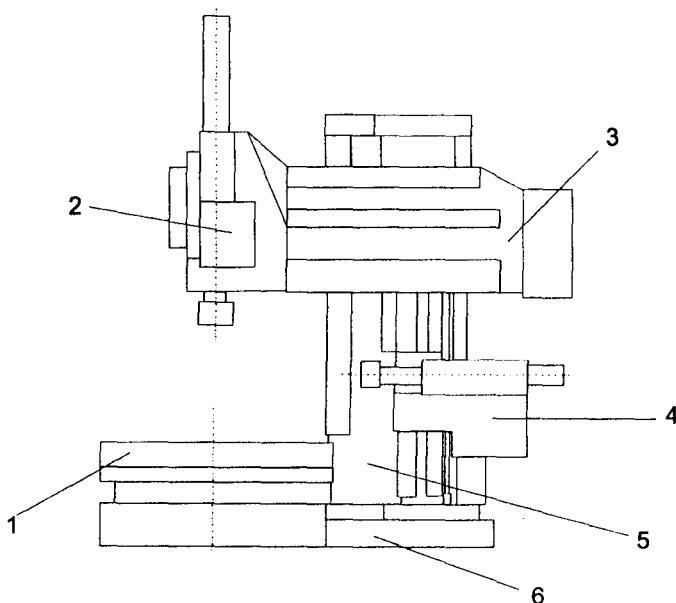
Upínacia doska je obvykle uložená strediacim čapom v hlavnom ložisku a obvodom v kruhovom vedení tvaru nesúmerného V, širšia plocha so sklonom asi  $20^\circ$  od vodorovnej zachytáva axiálne, užšia plocha, kolmá k predchádzajúcej, zachytáva radiálne tlaky. Výrobne jednoduchšie je stredenie a uloženie dosky dostatočne tuhým strediacim čapom, a to hlavne vo valivých ložiskách patrične od seba vzdialených, aby sa dosiahlo vyhovujúcej tuhosti oproti klopiacim momentom. Valivé ložiská podstatne znižujú trecie odpory pri otáčaní upínacej dosky.

#### 6.4.2 JEDNOSTOJANOVÉ ZVISLÉ SÚSTRUHY

U jednostojanových zvislých sústruhov je možné rozlišovať dve zásadné konštrukčné vyhotovenia:

1. Stojan je za upínacou doskou a presahuje svojou šírkou približne celý priemer upínacej dosky. Vedenie na stojane pre priečnik má vodiace plochy po stranách stojanu, takže priečnik je na nich obojstranne uložený ako u dvojstojanových strojov.
2. Stojan je vedľa upínacej dosky. Priečnik je v tomto prípade uložený jednostranne.

V prvom vyhotovení sa stavajú zvislé sústruhy do obežného priemeru 1600 mm. Priečník má spravidla jediný zvislý suport s revolverovou hlavou; po stojane sa pohybuje bočný suport. U najmenších strojov býva stojan s lôžkom pre upináciu dosku odliaty z jediného kusa.



Obr.6.6 Jednostojanový zvislý sústruh

1 - upínacia doska, , 2 - priečnikový suport, 3 – priečnik, 4 - bočný suport,  
5 – stojan, 6 - lôžko

## 6.5 REVOLVEROVÉ SÚSTRUHY

Revolverové sústruhy sa v minulosti vyvinuli z požiadavky hospodárneho obrábania malých a stredne veľkých súčiastok, ktoré sa vyrábajú v sériách a často sa obrábajú aj niekoľkými operáciami (sústruženie, vŕtanie, rezanie závitov, vystružovanie, atď.). Spoločným znakom všetkých týchto operácií je hlavný pohyb rotačný. Nástroje sú upnuté v revolverovej hlave, ktorej natáčaním sa príslušný nástroj nastaví do pracovnej polohy. Stroj môže obsluhovať aj nekvalifikovaný robotník, odborník (zriaďovač), nastaví stroj po prechode na novú súčiastku alebo po výmene nástrojov.

Veľkosť revolverových sústruhov je charakterizovaná „priemerom priechodzieho materiálu“, t. j. najväčším rozmerom (priemerom) materiálovej tyče, ktorá voľne prejde vŕtaním vretena. Tieto veľkosti sú normalizované.

Pri práci na hrotových sústruhoch je podiel vedľajších časov na celkovom čase značný a preto pri konštrukčných úpravách revolverových sústruhov bolo hlavnou snahou tieto vedľajšie časy čo najviac skracovať.

Z rôznych sústav revolverových sústruhov, ktoré sa počas doby vyvinuli, existujú dnes dva hlavné typy, a to: s vodorovnou a so zvislou revolverovou hlavou, obr.6.7.

Hlavné časti revolverových sústruhov sú: lôžko, vretenník, posuvová prevodovka, revolverový suport, priečný suport a príslušenstvo.

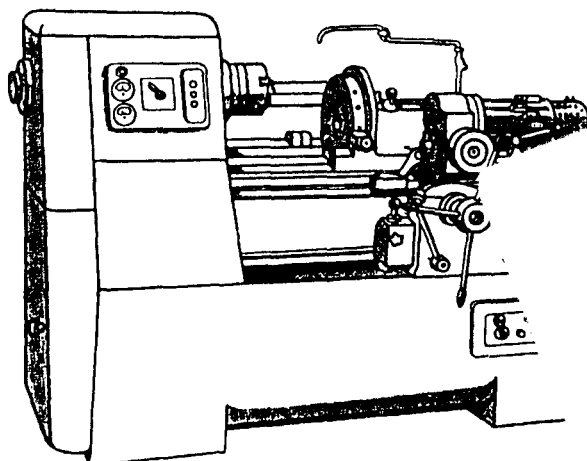
Lôžko sa podobá lôžku hrotového sústruhu. Má však vedenie len s dvoma vodiacími plochami, a to buď ploché, alebo prizmatické.

Vretenník - je jednoduchší ako u univerzálnych sústruhov; má menší rozsah otáčok a redší otáčkový rad. Je dôležité, aby sa počet otáčok vretena dal meniť rýchlo, bez zastavenia stroja, preto majú vretenníky trecie spojky, alebo pohon stupňovým elektromotorom pre zmenu počtu otáčok za chodu stroja, alebo predvoľbu otáčok.

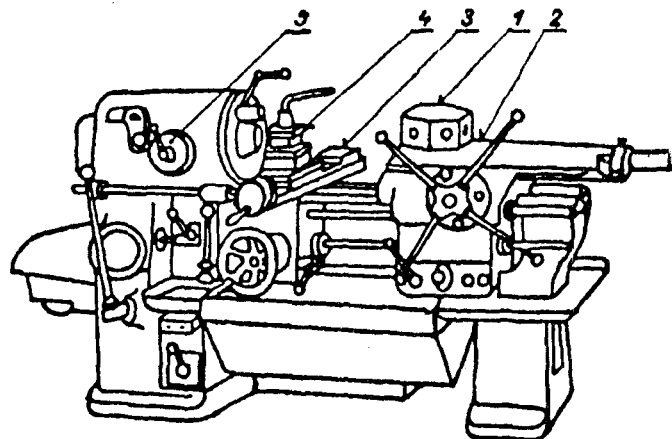
Revolverový suport - na ňom sa upínajú nástroje pomocou držiakov nástrojov. Revolverové hlavy sú výmenné - bývajú napr. šesťhranné alebo u menších strojov valcové.

Priečný suport - u strojov s vodorovnou revolverovou hlavou nie je nutný a používa sa len k rozšíreniu pracovných možností stroja a k upnutiu širokých tvarových nožov, obr.6.7. Aby neprekážal pohybu revolverovej hlavy, je vedený po prednej hornej vodiacej ploche lôžka a po vodiacej ploche na dolnej časti prednej steny lôžka. Revolverové sústruhy so

zvislou hlavou majú vždy priečný suport, ktorý je podobný ako u univerzálnych sústruhov, iba nemá otočnú časť, obr.6.8. Má pozdĺžny a priečný posuv.



Obr.6.7 Revolverový sústruh s horizontálnou revolverovou hlavou.



Obr.6.8 Revolverový sústruh s vertikálnou revolverovou hlavou.

1 – revolverová hlava, 2 – pozdĺžny suport, 3 – priečne sane, 4 – štvornožová hlava, 5 – volič otáčok

## 6.6 AUTOMATY A POLOAUTOMATY

Pod pojmom automat sa rozumie každý obrábací stroj, ktorý pracuje s automatickým pracovným cyklom, t. j. vykonáva pri obrábaní súčiastok samočinne všetky pracovné aj pomocné pohyby, potrebné k urobeniu predpísaného sledu operácií, pričom sa tento pracovný cyklus opakuje samočinne bez zásahu robotníka.

Pod pojmom poloa automat sa rozumie obrábací stroj pracujúci s automatickým pracovným cyklom, pri ktorom je pre opakovanie cyklu potrebný zásah robotníka. Po vykonaní pracovného cyklu sa stroj samočinne zastaví, robotník zloží obrobok, upne polotovár a spustí stroj, čím sa začne ďalší automatický pracovný cyklus.

Sústružnícke automaty a poloa automaty vykonávajú všetky druhy operácií, pri ktorých obrobok koná hlavný (rezný) otáčavý pracovný pohyb. Pomocou prídavných zariadení je možné na nich robiť aj operácie pri nehybnom obrobovku (vrtanie dier kolmých k osi, frézovanie drážok a pod.).

Hoci medzi automatmi a poloa automatmi nie je zásadný rozdiel, zaraďujú sa niektoré stroje do skupiny automatov, iné do skupiny poloa automatov podľa toho, ktorému spôsobu práce vyhovuje lepšie ich konštrukcia. Podľa spoločných znakov delíme automaty a poloa automaty do nasledujúcich skupín:

### 6.6.1 SÚSTRUŽNÍCKE POLOAUTOMATY

Sústružnícke poloa automaty sa ďalej delia na hrotové, ktoré vznikli z jednoduchých sústruhov automatizáciou pracovného cyklu, a na skl'učovadlové, ktoré vznikli z čelných sústruhov. Na poloa automatoch prvého druhu sa obrábajú väčšinou dlhé súčiastky upnuté medzi **hrotmi**, na skl'učovadlových poloa automatoch, potom výhradne súčiastky veľkého priemeru, upnuté v skl'učovadle. Použitím zásobníkov sa dajú tieto druhy premeniť na automaty, čo sa však robí len zriedka a len pre malé súčiastky. Stroje oboch druhov sú dvojakého vyhotovenia: **jednonožové** (v smere prevládajúceho posuvu pracuje jeden nôž) a **niekoľkonožové** (v smere prevládajúceho posuvu pracuje niekoľko nôžov). Ak sa má na jednonožovom stroji obrábať súčiastka zložitejšieho tvaru, použije sa kopírovacie zariadenie.



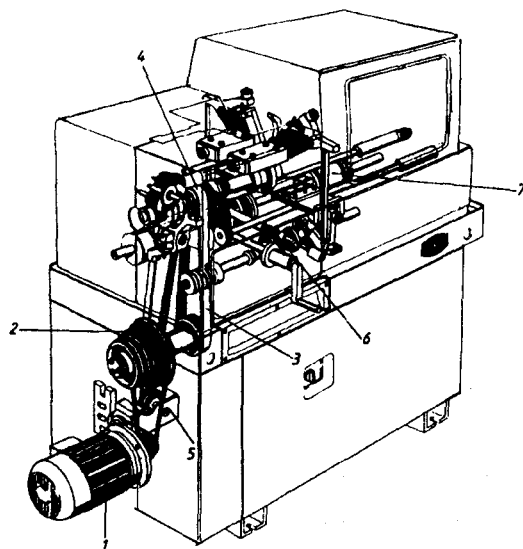
Niekoľkonožové stroje dosahujú pri obrábaní dostatočne tuhej súčiastky väčší rezný výkon. Nastavenie stroja je však zložitejšie.

### 6.6.2 REVOLVEROVÉ POLOAUTOMATY

Tieto stroje vznikli z revolverových sústruhov so zvislou hlavou zautomatizovaním ich pracovného cyklu. Na rozdiel od poloautomatov predošlého druhu slúžia k obrábaniu súčiastok prevládajúceho priemeru niekoľkými po sebe nasledujúcimi operáciami. Majú zvislú revolverovú hlavu a priečne suporty. Automatický pracovný cyklus je riadený obvykle rozvodovým hriadeľom, zriedka narážkami a tlakovým olejom.

### 6.6.3 JEDNOVRETENOVÉ AUTOMATY

Tieto stroje sa delia na tvarové a zapichovacie, na dlhé súčiastky (dlhotočné) a revolverové. Na obr.6.9 je zobrazený jednovretenový sústružnícky automat pre krátke súčiastky.



Obr.6.9 Jednovretenový sústružnícky automat pre krátke súčiastky.

- 1 – pohon, 2 – predloha, 3 – ozubený remeň, 4 – hlavné vreteno, 5 – prevodovka,  
6 – závitková prevodovka pohonu riadiaceho hriadeľa, 7 – bubnová vačka

#### **6.6.4 AUTOMATY TVAROVÉ A ZAPICHOVACIE**

Tieto stroje majú dva, tri, alebo aj viac suportov s priečnym posuvom a so širokými priamymi alebo tvarovými nožmi, ktorých šírka sa rovná dĺžke obrábanej plochy. Okrem priečných suportov majú nástrojovú hlavu s pozdĺžnym posuvom, v ktorej je upnutý vrták alebo iný nástroj na obrábanie diery. Obrába sa materiál v tvare tyčí. Tieto stroje sa vyrábajú pre priemery priechodzieho materiálu 3 až 20 mm. Môžu byť vybavené prídavnými zariadeniami k frézovaniu drážok, rezaniu závitov, k priečnemu vŕtaniu a pod. Aby sa účinky nástrojov na obrobok navzájom vyrovnávali, obrába sa súčasne dvoma nožmi oproti sebe.

#### **6.6.5 DLHOTOČNÉ AUTOMATY**

Stroje sú určené pre obrábanie dlhých súčiastok. Majú, podobne ako automaty predošlého druhu, niekoľko priečných suportov a hlavu s vrtákmi a inými nástrojmi k obrábaniu dier, prípadne prídavné zariadenie (rýchlovŕtacie, na rezanie závitov a pod.).

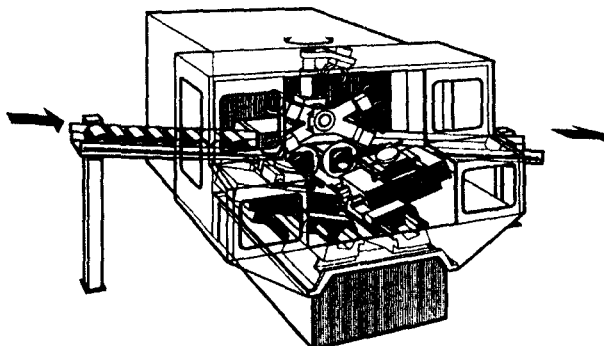
Na rozdiel od predchádzajúcich sú určené pre veľmi presné obrábanie dlhých tenkých súčiastok (odchýlky rádu tisícín mm). Používajú sa hlavne v jemnej mechanike a v hodinárstve. Pozdĺžny posuv vykonáva vretenník s upnutým obrobkom. Aby sa dosiahlo veľkej presnosti práce, je obrobok vedený tesne pred priečnymi suportmi v puzdre, ktoré je buď pevné a tyč sa v ňom posúva i otáča (obrobok kruhového prierezu), alebo sa otáča s tyčou, ktorá je v ňom posuvná (obrobok nekruhového prierezu). Hlava je výkyvná a má niekoľko nástrojových polôh pre upnutie vrtákov alebo iných podobných nástrojov a prístrojov.

#### **6.6.6 REVOLVEROVÉ AUTOMATY**

Stroje majú revolverovú hlavu a dva až tri priečne suporty. Sú vhodné teda pre súčiastky, ktoré je potrebné obrábať niekoľkými po sebe nasledujúcimi operáciami. Delia sa ďalej na automaty s priečnou revolverovou hlavou a s pozdĺžnou revolverovou hlavou. Automaty prvého typu sa vyrábajú pre priemery priechodzieho materiálu 10 až 40 mm, automaty druhého typu pre priemery 100 mm a viac (až do priemeru 250 mm).

### **6.6.7 VIACVREtenOVÉ VODOROVNÉ AUTOMATY A POLOAUTOMATY**

Na týchto strojoch sa obrába niekoľko súčiastok naraz. Delia sa na automaty a poloautomaty s obrábaním súčasným a s obrábaním postupným. Na automatoch s obrábaním súčasným sa tá istá operácia robí na všetkých obrobkoch súčasne, ktoré sú upnuté v stroji. Stroje tejto skupiny majú väčšiu výkonnosť než jednovretenové automaty, a síce toľkokrát, koľko majú vretien. Za jeden pracovný cyklus sa obrobia všetky súčiastky upnuté v stroji. Tieto stroje sa najčastejšie vyrábajú pre obrábanie tyčí. Na obr.6.10 je zobrazený CNC-dvojevretenový automat so štvorčel'ust'ovým manipulátorom.



Obr.6.10 Dvojevretenový automat s štvorčel'ust'ovým manipulátorom

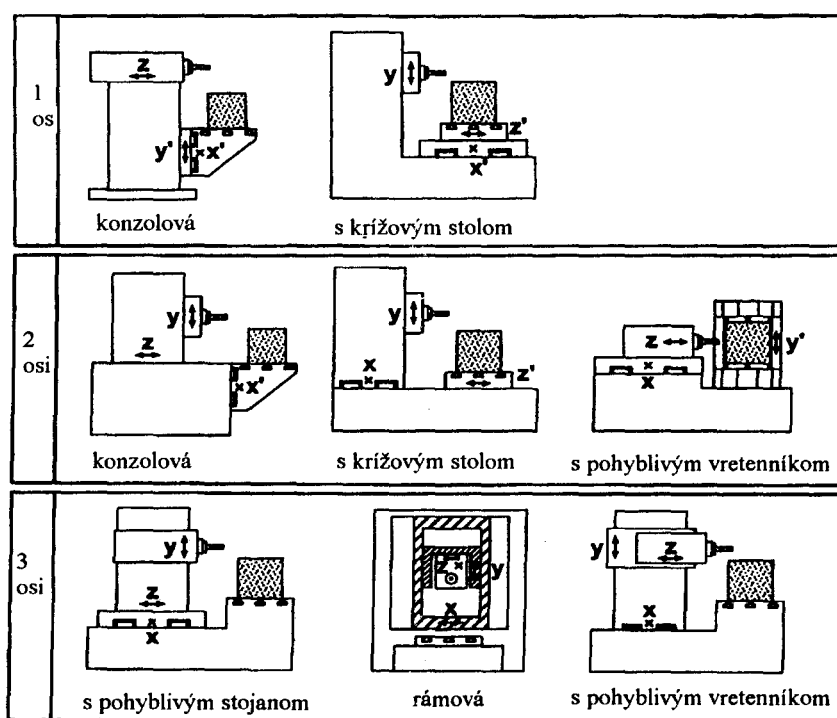
### **6.6.8 VIACVREtenOVÉ ZVISLÉ AUTOMATY A POLOAUTOMATY**

Z týchto strojov sa najčastejšie používajú poloautomaty pre obrábanie súčiastok, ktorých priemer je oveľa väčší než ich dĺžka (pre najväčšie priemery 200 až 500 mm). Ako automaty pre obrábanie tyčového materiálu sa používajú ojedinele. Potrebujú len malú pôdorysnú plochu, ale ich obsluha je obtiažna. Niekoľkovretenové zvislé poloautomaty sa delia na dve skupiny: na stroje s postupným obrábaním a stroje s plynulým obrábaním.

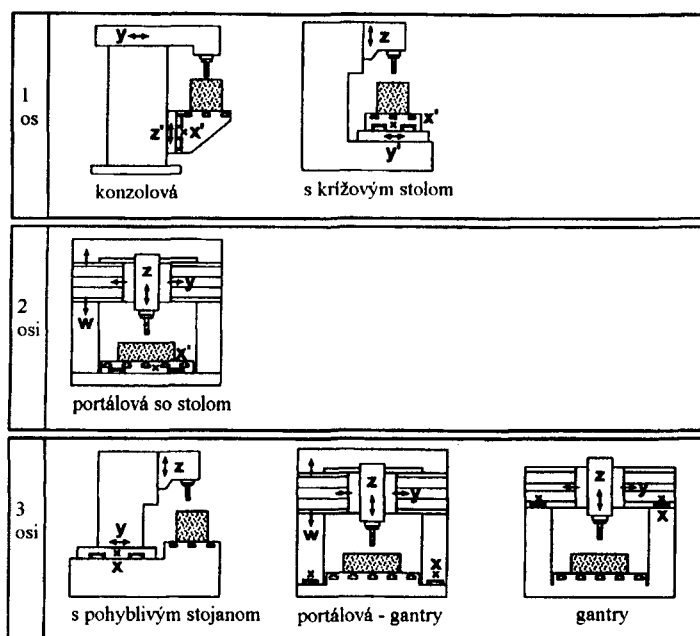


## 7. FRÉZOVAČKY

Na frézovačkách sa obrábajú najmä plochy rovinné; okrem toho plochy rôznych profilov, ozubené kolesá čelné, kužeľové a závitové, drážkované hriadele, drážky priame, drážky kruhové aj nekruhové, vačky, zápustky, formy, šablóny, prípadne aj rotačné súčiastky. Sú rôznych veľkostí – od malých stolových strojov až po veľké portálové frézovačky s hmotnosťou viac ako 500 000 kg, a to pre kusovú aj sériovú výrobu. Tvarom sa jednotlivé frézovačky podstatne líšia, lebo nemajú spoločné konštrukčné znaky, ktoré by ich tvarovo charakterizovali a spájali. Na obr.7.1 a obr.7.2 sú znázornené koncepcie horizontálnych a vertikálnych frézovačiek.



Obr.7.1 Koncepcie frézovačiek s horizontálne uloženým vretenom



Obr.7.2 Konceptie frézovačiek s vertikálne uloženým vretenom

Frézovačky delíme podľa konštrukčných znakov a podľa druhu práce, pre ktorú sú určené, do niekoľkých skupín. Najdôležitejšie z nich sú:

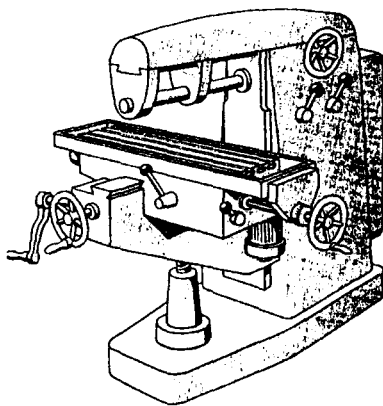
1. obyčajné (konzolové),
2. rovinné,
3. kopírovacie,
4. špeciálne,
5. pre sériovú a hromadnú výrobu.

## 7.1 FRÉZOVAČKY KONZOLOVÉ (OBYČAJNÉ)

Konzolové (obyčajné) frézovačky sú základným a najrozšírenejším druhom frézovačiek. Sú určené pre bežné frézovacie operácie, na obrábanie rovinných plôch,

tvarových plôch malých a stredne veľkých súčiastok v kusovej a malosériovej výrobe. Zvisle prestaviteľná konzola je ich charakteristickým znakom. Na nej sú priečne sane s pracovným stolom. V stojane je uložené vreteno a jeho hnacie ústrojenstvo.

Frézovačky obyčajné sa vyrábajú vo vyhotovení vodorovnom (s vodorovnou osou vretena), obr.7.3 a obr.7.5a. Používajú sa na frézovanie rovinných, všeobecných plôch priamkových a drážok, buď nožovými hlavami upnutými na vretene stroja, alebo valcovými a kotúčovými frézami rôznych profilov, upnutých na priebežnom frézovacom trní. Trné sú podopreté jedným alebo dvoma ložiskami, ktoré sú uložené posuvne na vystužovacom ramene stroja. Koniec ramena alebo krajné podperné ložisko sa vystužuje podperami rôznych tvarov. Niektoré stroje majú podpory spájajúce rameno, konzolu a základovú dosku stroja spojené do súvislého uzavretého rámu.

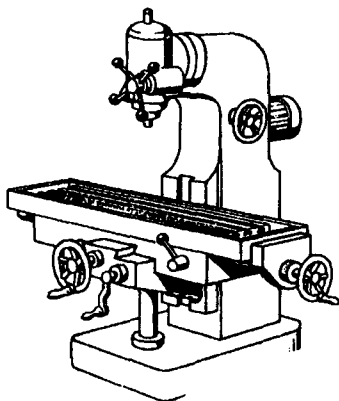


Obr.7.3 Frézovačka konzolová vodorovná

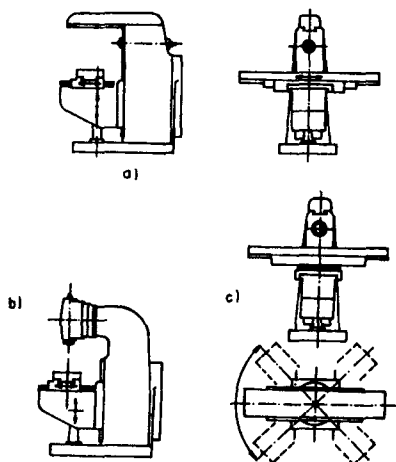
Frézovačky obyčajné zvislé (so zvislou osou vretena), obr.7.4 a obr.7.5b, sú určené najmä na obrábanie rovinných plôch čelnými frézami a frézovacími hlavami, prípadne pre čelné frézovanie drážok. Vreteno, uložené na zvislom vretenníku je obvykle zvisle prestaviteľné, takže netreba nastavovať hĺbku rezu zdvíhaním konzoly. Vreteno sa prestavuje buď posúvaním posuvného puzdra, v ktorom je vreteno uložené, alebo posúvaním vretenníka.

Veľkosť zvislého prestavenia možno obmedziť prestaviteľnou narážkou. Na niektorých strojoch možno vretenník vykloniť zo zvislej polohy o  $\pm 45^\circ$  na obe strany, čím je umožnené pomocou priečneho posuvu frézovať plochy a drážky sklonené k upínacej ploche stola.

Výhodným príslušenstvom zvislých frézovačiek sú otočné stoly s ručným alebo strojovým otáčaním, na ktorých možno frézovať kruhové drážky, vačky a pod. Niektoré typy frézovačiek majú natáčavé stoly o  $\pm 45^\circ$ .



Obr.7.4 Frézovačka konzolová zvislá



Obr.7.5 Konzolové frézovačky

- a) horizontálna frézovačka,
- b) vertikálna frézovačka
- c) frézovačka s natáčavým stolom



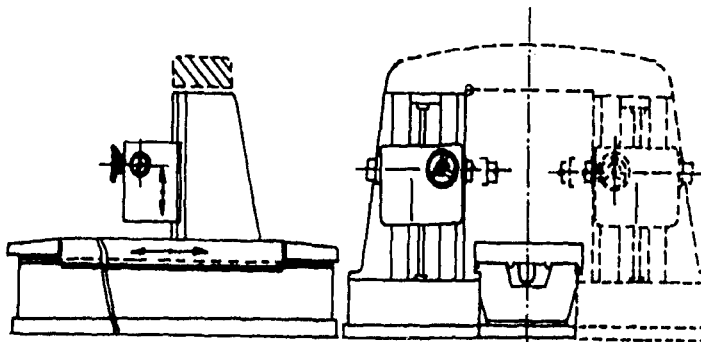
Frézovačky univerzálne (s vodorovnou osou vretena a uhlovo sa natáčajúcim stolom) sú určené na rôzne práce v nárad'ovniach. Pri uhlovom nastavení ich pracovného stola voči osi vretena a pomocou rôzneho príslušenstva možno na nich frézovať, obrážať aj vŕtať nástrojmi všetkých druhov šablóny, upínače, zápustky a pod. Pritom sú vhodné aj pre operácie, ktoré sa inak robia na obyčajných vodorovných frézovačkách.

Veľkosť frézovačiek je určená rozmermi upínacej plochy pracovného stola. Šírky stolov, ktoré sú základným rozmerom, sú normalizované v geometrickom rade 80, 100, 160, 200, 315, 400, 500, 630, 800 a 1000 mm. Dĺžky stolov sú štvor – alebo päťnásobkom uvedených šírok. Vretená sú uložené na valivých ložiskách.

## 7.2 FRÉZOVAČKY ROVINNÉ

Na týchto strojoch sa obrábajú rovinné plochy alebo drážky na väčších súčiastkach, ktoré pre svoju veľkú hmotnosť a rozmery nemožno obrábať na obyčajných frézovačkách.

Pracovný stôl je spravidla uložený po celej svojej dĺžke na pevnom lôžku a vykonáva spolu s obrobkom pracovný posuv. Nástroj sa priečne nastavuje pomocou výsuvného puzdra s vretenom, alebo pri niektorých typoch posuvom stojana. Niektoré typy jednovretenových frézovačiek majú pracovný stôl uložený na krížových saniach, teda priečne nastavenie sa realizuje priečnym posuvom. Rovinné frézovačky delíme na vodorovné jedno a dvojstojanové, zvislé a portálové.

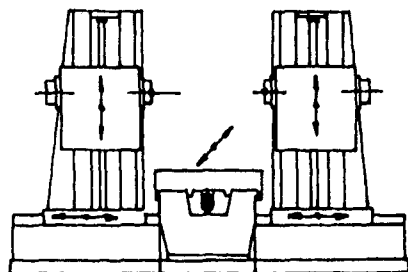


Obr.7.6 Rovinná frézovačka vodorovná s výsuvným vretenom

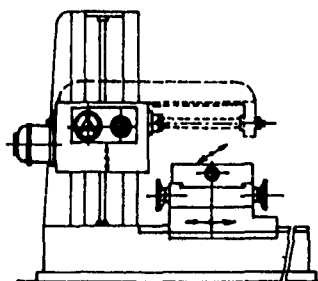
Veľkosť frézovačiek sa určuje podobne ako u frézovačiek obyčajných, a to rozmerom pracovného stola. Pri portálových frézovačkách sa často udáva ako charakteristický rozmer priechod medzi vretenami vodorovných vreteníkov.

Rovinné frézovačky vodorovné sa stavajú ako jednostojanové alebo dvojstojanové, obr.7.6, s výsuvným puzdrom vretena, s priečne prestaviteľnými stojanmi, alebo s krížovo uloženým pracovným stolom, obr.7.7 a obr.7.8.

Obr.7.6 znázorňuje rovinnú frézovačku vodorovnú s výsuvným puzdrom vretena a pevným stojanom. Pracovný stôl sa pohybuje pozdĺžne na pevnom lôžku. Vreteník sa zvisle prestavuje vo vedení na pevnom stojane. Vreteno je osovo prestaviteľné vysúvaním puzdra, v ktorom je uložené.



Obr.7.7 Rovinná frézovačka vodorovná s priečne prestaviteľným stojanom



Obr.7.8 Rovinná frézovačka vodorovná s krížovým stolom

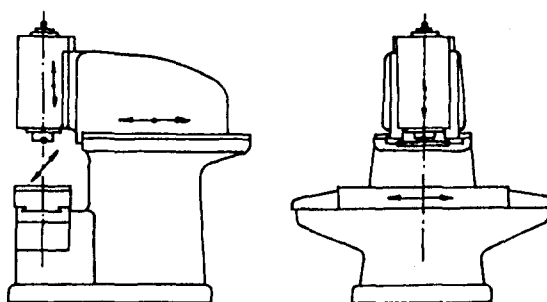
Na obr.7.7 je znázornená frézovačka s priečne prestaviteľným stojanom. Vreteno sa v smere osi v tomto prípade nastavuje posuvom celého stojana vo vedení lôžka. Výhodou je

možnosť väčšieho osového nastavenie vretena. Je vhodné pre veľké výkony a veľké frézovacie hlavy.

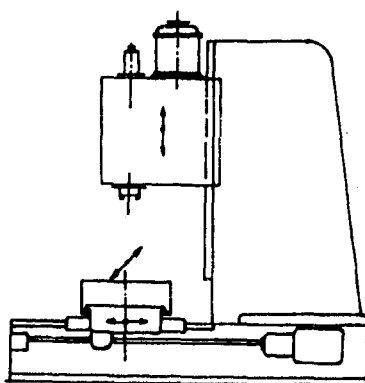
Na obr.7.8 je rovinná frézovačka s krížovo uloženým stolom. Na rozdiel od oboch predchádzajúcich vyhotovení vyskytuje sa len vo vyhotovení jednostrannom.

Rovinné frézovačky sú typickým príkladom stavebnicového riešenia. Z typizovaných veľkostí vretenníkov, stojanov, stolov, lôžok a posuvových ústrojenstiev sa zostavujú stroje vyžadovaných veľkostí a usporiadaní.

**Rovinné frézovačky zvislé** sa stavajú buď s priečnym posuvom vretenníka podľa obr.7.9, alebo s krížovým uloženým pracovným stolom podľa obr.7.10. Nástroj sa zvisle nastavuje posuvom vretenovej hlavy. Na niektorých typoch strojov s krížovo uloženým stolom sa zvisle predstavuje celý vretenník, obr.7.10, alebo výsuvné puzdro, v ktorom je uložené vreteno.



Obr.7.9 Rovinná frézovačka zvislá s priečne posuvným ramenom a vretenníkom

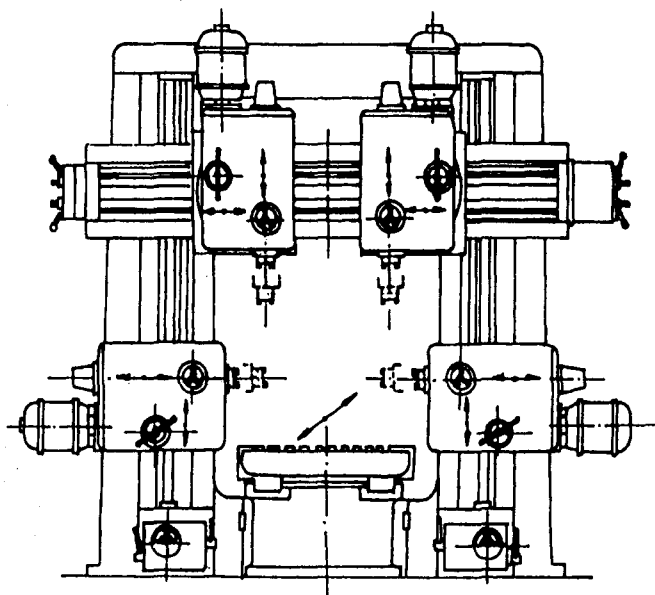


Obr.7.10 Rovinná frézovačka zvislá s krížovým stolom

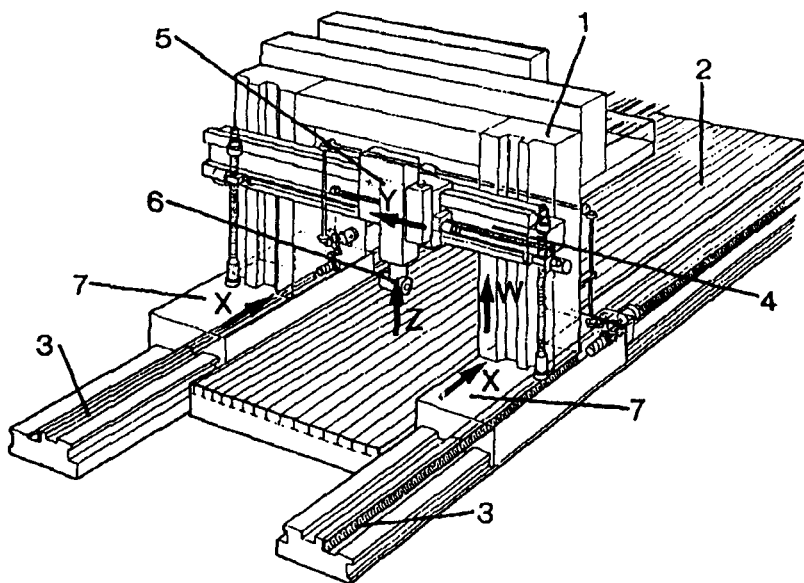
**Frézovačky portálové** sú obojstranné rovinné frézovačky, na ktorých sú na zvisle prestaviteľnom priečniku umiestnené jeden alebo dva vretenníky so zvislou osou vretena. Sú to veľmi výkonné stroje, vhodné najmä na obrábanie veľkých súčiastok niekoľkými vretenami naraz. Stavajú sa so šírkami stola vyše 500 mm. Ich najväčšie typy majú šírku stola väčšiu ako 5 m a hmotnosť viac ako 500 000 kg. Tak sa radia vôbec k najväčším obrábacím strojom.

Na obr.7.11 je zobrazený stroj so štyrmi vretenníkmi, ktoré môžu byť pevné, alebo sa dajú nakloniť a potom možno nimi obrábať aj plochy sklonené k upínacej ploche stola. Vretenníky sú symetrické. Os vretena pravého resp. ľavého vretenníka sa umiestňuje čo najbližšie k ľavému resp. pravému okraju vretenníka, aby bolo možné oboma vretenníkmi obrábať súčasne dve plochy v bezprostrednej blízkosti.

Elektrické pohony značne uľahčujú obsluhu stroja, lebo majú výhodu plynulej regulácie a umožňujú diaľkové ovládanie posuvu z pevnej alebo závesnej dosky umiestnenej na vhodnom mieste. Zvislé posuvy vodorovných vretenníkov na stojanoch a priečne posuvy zvislých vreteníkov na priečniku sú odvodené od špeciálne posuvovej prevodovky alebo od pohonu stola. Na obr.7.12 je zobrazená portálová frézovačka vo vyhotovení gántry.



Obr.7.11 Portálová frézovačka so štyrmi vreteníkmi



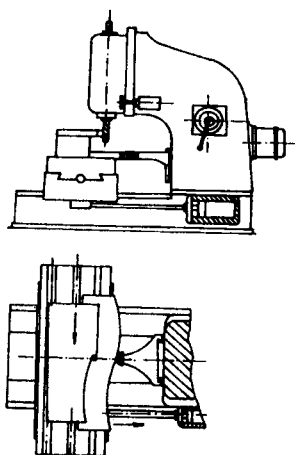
Obr.7.12 Portálová frézovačka – prevedenie gántry

1 – portál, 2 - upínací stôl, 3 – lôžko, 4 – priečník, 5 – suport,  
6 – natáčavá frézovacia hlava, 7 - sane

### 7.3 FRÉZOVAČKY KOPÍROVACIE

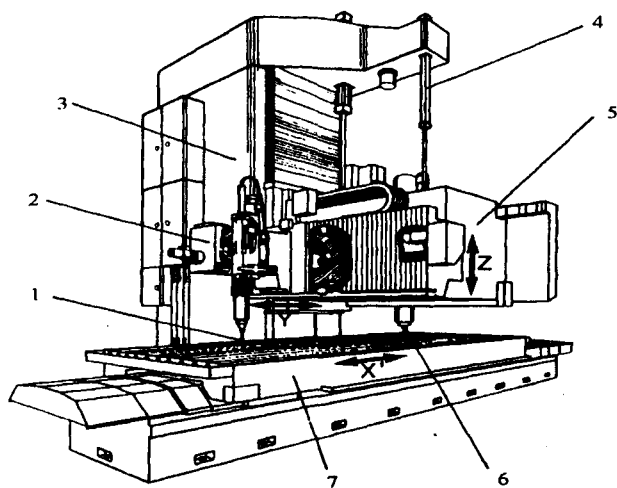
Frézovačky kopírovacie sú určené na obrábanie nepravidelných plôch a drážok podľa šablóny, modelu alebo vzorového kusa. Podľa spôsobu, akým je nástroj vedený podľa modelu alebo šablóny, delíme kopírovacie frézovačky na: mechanické, elektrické a hydraulické.

Na obr.7.13 je rovinná frézovačka zvislá, upravená pre priame kopírovanie podľa šablóny. Prítláčanie môže byť ručné, závažím alebo stlačeným vzduchom. Skrutka pre pohyb v tomto smere sa musí vyradiť



Obr.7.13 Rovinná frézovačka zvislá s krížovým stolom upravená pre priečne kopírovanie podľa šablóny

Na obr.7.14 je znázornená zvislá kopírovacia frézovačka s ramenom. Obrobok sa pohybuje spolu so stolom v osi x-ovej, rameno sa pohybuje v osi z-ovej a nástroj po ramene v osi y-ovej.



Obr.7.14 Kopírovacia frézovačka s ramenom

1 – snímač, 2 – kopírovací prípravok, 3 – stojan, 4 – kompenzátor vyloženia nástroja na ramene, 5 – rameno, 6 - nástroj

## **7.4 FRÉZOVAČKY ŠPECIÁLNE**

Do tejto skupiny patria frézovačky skonštruované pre určitý druh práce alebo pre určitú operáciu, napr. frézovačky na ozubenie, na závit, na drážky, na rotačné súčiastky, frézovačky nástrojárske.

## **7.5 FRÉZOVAČKY PRE SÉRIOVÚ A HROMADNÚ VÝROBU**

Konštrukcia a vybavenie týchto strojov sú dané rozmermi a tvarom obrobku a druhom operácie. Ich charakteristickým znakom je automatizácia pracovného cyklu, takže stroj môžu obsluhovať aj nekvalifikované sily pri vysokej produktivite práce, lebo automatizácia buď úplne odstraňuje, alebo značne skracuje vedľajšie časy a umožňuje jednému robotníkovi obsluhovať niekoľko strojov.





## 8. OBRÁBACIE CENTRÁ

Široká škála možností, ktoré ponúka riadiaca technika a spracovanie informácií vytvorili prostredie pre vznik obrábacích strojov nových koncepcií so zásobníkmi nástrojov a ich automatickou výmenou, s integrovanými meracími stanicami, osadené senzormi pre kontrolu chodu strojov a procesov obrábania, s kontrolou opotrebenia reznej hrany nástrojov, resp. poškodenia nástrojov. Takéto stroje s uzatvoreným pracovným priestorom sa nazývajú obrábacie centrá a sú vhodné pre stavbu pružných automatizovaných systémov.

### 8.1 KOMPONENTY A VLASTNOSTI OBRÁBACÍCH CENTIER

Komponenty a vlastnosti obrábacích centier môžeme rozdeliť do nasledujúcich blokov:

#### 8.1.1 KONŠTRUKČNÉ ZNAKY

- Tuhé lôžko
- Tuhé uloženie vretena
- Konštantné vyloženie vretien
- Dobrý odvod triesok a reznej kvapaliny

#### 8.1.2 VÝMENA OBROBKOV

- Automatické upínanie na paletách alebo v upínacích prípravkoch
- Automatická výmena upínačov
- Krátke upínacie časy
- Automatická výmena obrobkov

### **8.1.3 NÁSTROJE**

- Automatická výmena nástrojov zo zásobníka
- Rôzne typy zásobníkov
- Použitie náhradného nástroja
- Automatické zabezpečenie trvanlivosti nástrojov
- Automatické korektúry rezného procesu (pri opotrebení nástrojov)

### **8.1.4 HLAVNÉ A VEDLAJŠIE POHONY**

- Vysoké rýchlosti a presnosti polohovania
- Servomotory
  - veľký rozsah otáčok
  - vysoké pracovné výkony
- Posuvové pohony s reguláciou uloženia
- Dynamické prevody

### **8.1.5 RIADENIE**

- Prípoj na DNC
- Obslužné pracovisko s monitorom a klávesnicou
- Pri NC čítačka pásky (magnetickej, u starších strojov diernej)

### **8.1.6 DIAGNOSTIKA**

- Vybavenie senzormi pre snímanie opotrebenia a poškodenia nástrojov
- Vybavenie senzormi snímajúcimi funkcie najdôležitejších uzlov

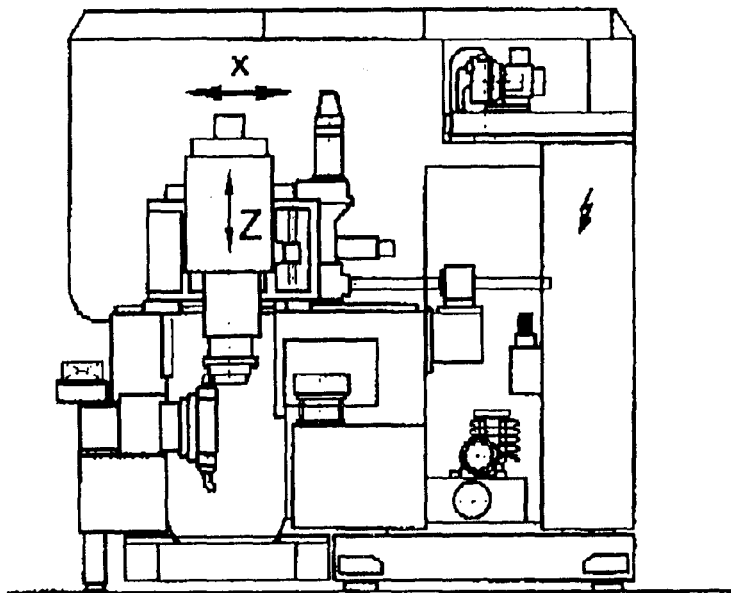
### **8.1.7 SPOLAHLIVOSŤ STROJOV**

- Spoľahlivé stroje

- Spoľahlivé časti strojov
- Spoľahlivé riadenie strojov
- Krátke časy opráv

### 8.1.8 KONTROLA KVALITY

- Automatická kontrola rozmerov obrobkov



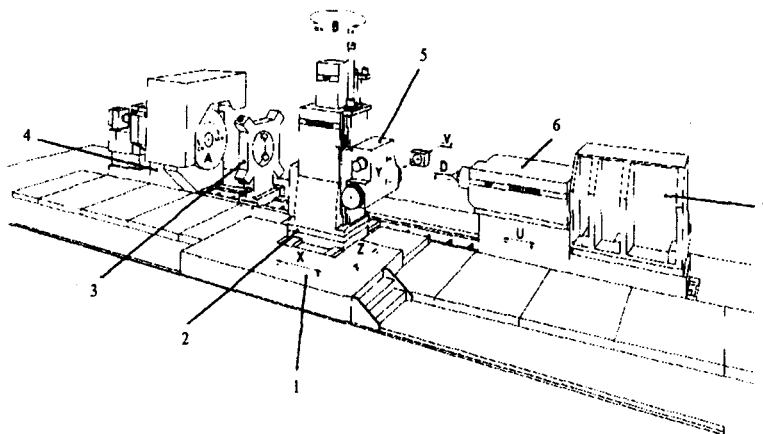
Obr.8.1 Vertikálne sústružnícke centrum

## 8.2 ROZDELENIE OBRÁBACÍCH CENTIER

Obrábacie centrá rozdeľujeme do dvoch hlavných skupín podľa sortimentu obrábaných súčiastok na:

### 8.2.1 SÚSTRUŽNÍCKE OBRÁBACIE CENTRÁ

Obrábacie centrá sústružnícke pre obrábanie rotačných súčiastok. Na obr.8.1 je znázornené vertikálne sústružnícke centrum s visiacim vretenom. Pracovný priestor je úplne zakrytovaný, otvára sa len pri výmene obrobkov. V stroji sú integrované meracie prístroje, určené na zisťovanie kvality vyrábaných súčiastok. Na obr.8.2 je zobrazené horizontálne sústružnícke centrum určené pre obrábanie súčiastok veľkých rozmerov a hmotností. Prídavný frézovací suport uložený na otočnom stojane umožňuje vykonať frézovacie, vŕtacie resp. brúsiace operácie.



Obr.8.2 Horizontálne sústružnícke centrum pre rozmerné obrobky

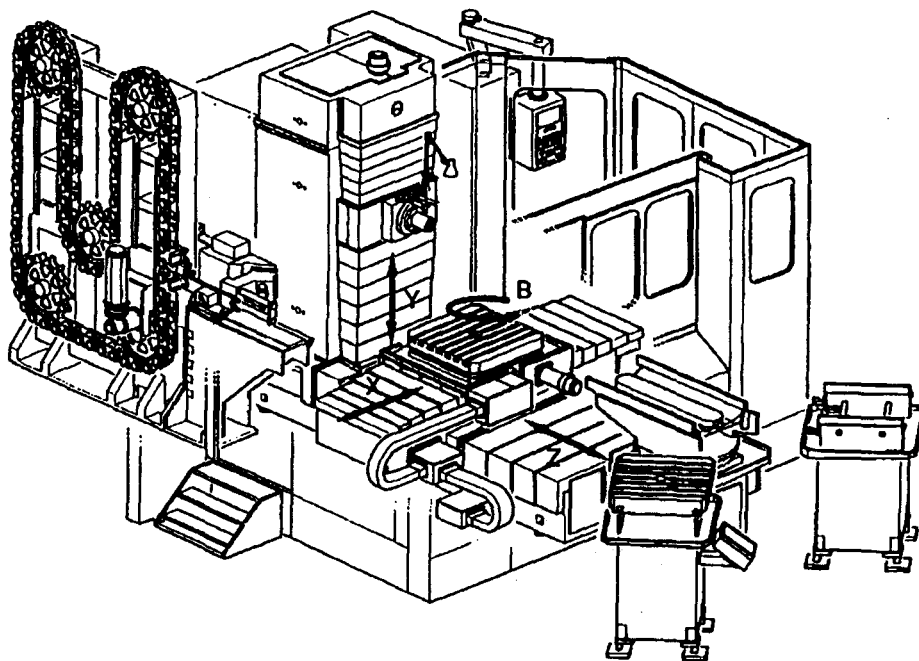
- 1 – pozdĺžny pohyb, 2 – priečny pohyb, 3 – luneta, 4 – vretenník, 5 – zvislý posuv,  
6 – koník, 7 – zásobník nástrojov

### 8.2.2 OBRÁBACIE CENTRÁ FRÉZOVACIE

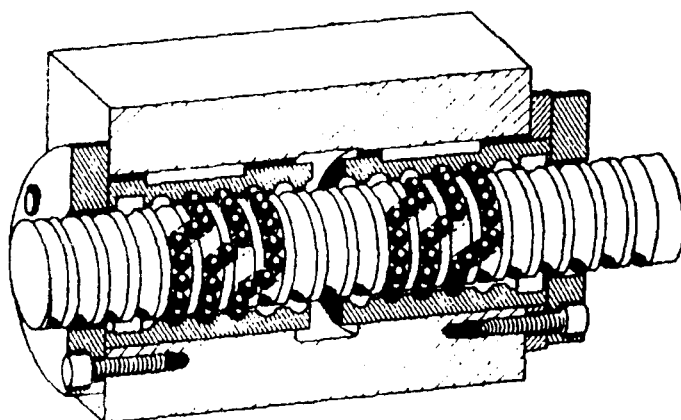
Obrábacie centrá frézovacie pre obrábanie nerotačných súčiastok. Rozdeľujú sa do dvoch skupín podľa polohy osi vretena na obrábacie centrá horizontálne a na obrábacie centrá vertikálne, vid'. obr.7.1 a obr.7.2.

### 8.2.2.1 Obrábacie centrá s horizontálnym uložením vretena

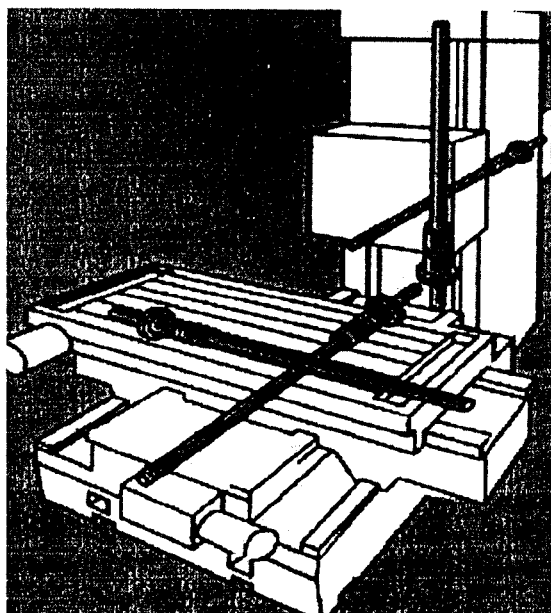
Na obr.8.3 je zobrazené obrábacie centrum s horizontálnou osou vretena s krížovým stolom. Pri tejto koncepcii vykonáva pohyb obrobok v dvoch horizontálnych osiach a nástroj v osi vertikálnej. Obrobok je uložený na otočnom stole, ktorý sa otáča okolo zvislej osi. Stroj je vybavený veľkokapacitným reťazovým zásobníkom nástrojov a dvojchapadlovým manipulátorom, ktorý zabezpečuje výmenu nástrojov medzi zásobníkom a vretenom. Na obr.8.4 je znázornený princíp guľčkovej skrutky a matice. Na obr.8.5 je znázornené použitie guľčkových skrutiek a matic pre uvedený variant stroja.



Obr.8.3 Obrábacie centrum s horizontálnou osou vretena



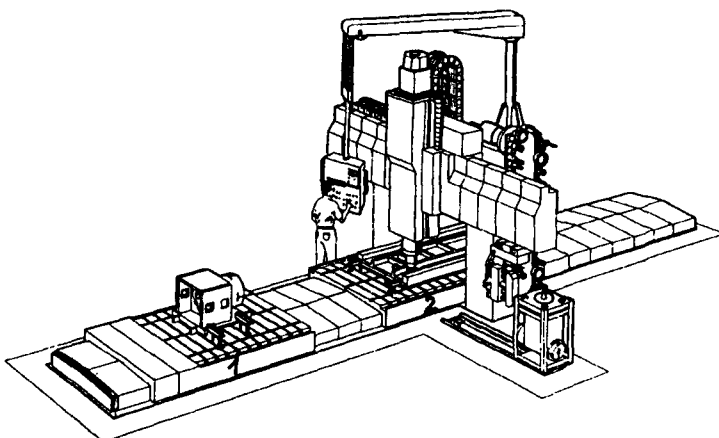
Obr.8.4 Princíp guľčkovej skrutky a matice



Obr.8.5 Použitie guľčkových skrutiek a matic na obrábacom stroji

### 8.2.2.2 Obrábacie centrá s vertikálnym uložením vretena

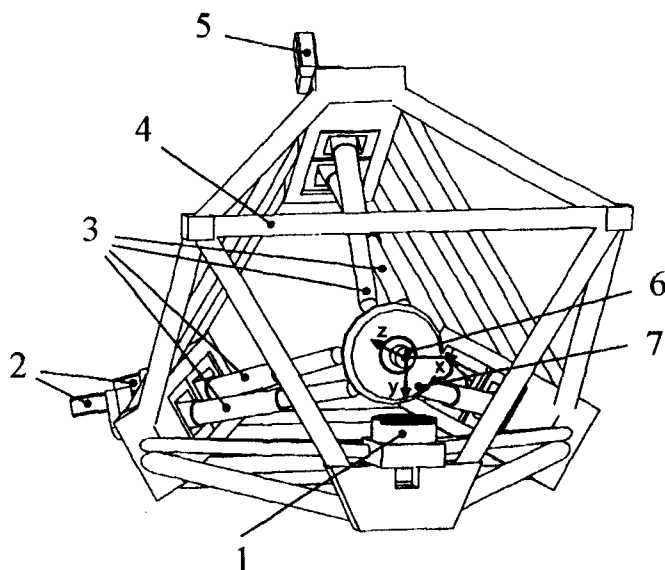
Na obr.8.6 je znázornené obrábacie centrum so zvislou osou vretena. Pri tejto koncepcii vykonáva obrobok pohyb v jednej horizontálnej osi a nástroj dva pohyby, jeden v osi vertikálnej, druhý v osi horizontálnej. Stroj je vybavený reťazovým zásobníkom a dvojchapadlovým manipulátorom pre výmenu nástrojov. Stroj má dva pracovné stoly. Pokiaľ sa na jednom stole obrába súčiastka na druhom stole sa upína polovýrobok.



Obr.8.6 Obrábacie centrum so zvislou osou vretena

### 8.2.2.3 Nové koncepcie obrábacích centier

Stroje konštruované na báze princípu HEXAPOD, tzv. stroje s paralelnou kinematickou štruktúrou, ponúkajú nový princíp relatívnych pohybov medzi nástrojom a obrobkom. Kinematika týchto strojov bola opísaná v r.1956 Stewartom a podľa neho pomenovaná Stewartovou platformou. Vretenník s pohonom je uložený na doske, ktorá je zavesená na šiestich tyčiach – ramenách, ktoré sú spojené s rámom. Podmienkou je, že počas pohybu nástroja v pracovnom priestore stroja, aby sa všetky ramená pohybovali súčasne, čo kladie relatívne vysoké nároky na riadenie takéhoto systému. V základnom vyhotovení stroja je obrobok nepohyblivo upnutý na stole stroja a nástroj vykonáva počas obrábania všetky pohyby. Niektoré stroje majú stôl uložený otočne. Konštrukcia stroja s horizontálne uloženým vretenom je na obr.8.7 a s vertikálne uloženým vretenom je znázornená na obr.15.2.



Obr.8.7 HEXAPOD – konštrukcia s horizontálnou osou vretena

1 – upínací stôl, 2 – pohon ramien, 3 – ramená s meniteľnou dĺžkou, 4 – rám stroja,  
5 – pohon ramien, 6 – vretenník, 7 – doska (platforma)

**Výhody:**

- vysoká tuhosť stroja,
- ramená sú namáhané iba na ťah a tlak, na ohyb minimálne,
- jednoduchá montáž, presné polohovanie klbov pri montáži,
- všetky pohony sú rovnaké,
- nepatrne pohybujúce sa hmoty,
- jednoduché prvky konštrukcie,
- stavebné prvky konštrukcie nevyžadujú zvláštnu výrobnú ani montážnu presnosť.

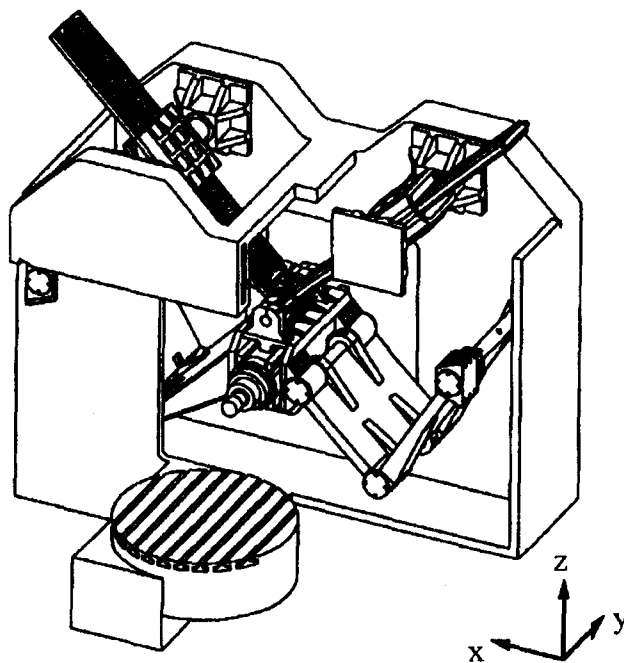
**Nevýhody:**

- aj lineárne pohyby potrebujú 6-osé riadenie,
- vyššie náklady na riadenie, lebo je potrebná transformácia koordinát vo všetkých šiestich osiach,
- uhol natočenia dosky (platformy) je ohraničený 5-timi osami. K päť stranovému obrábaniu sa musí pridať ešte rotačná, resp. otočná os,



- nákladné uloženie ramien a nákladný odmeriavací systém pre zaručenie tuhosti a presnosti,
- veľké dĺžky z hľadiska termického,
- nevhodné pomery pracovného priestoru k celkovému objemu stroja.

Na obr.8.8 je zobrazená ďalšia moderná koncepcia stroja s lineárnymi pohonmi a viazanými prevodmi. Konštrukcia stroja je založená na kolmom uložení vretena k rovine  $x-z$ . Pohyb vretena v rovine  $x-z$  a jeho zvislá tuhosť v osi  $z$  je zabezpečená viazanými prevodmi. Pohon viazaných prevodov je zabezpečený lineárnymi motormi. Pre smery pohybov v osiach  $x$  a  $z$  je potrebná dĺžka ramien (aktuátorov) 1450 mm. Nastavenie motorového vretena v osi  $y$  je riešené ako pinola.



Obr.8.8 Koncepcia stroja s lineárnymi pohonmi a viazanými prevodmi



## 9. VŘTAČKY A VYVRTÁVAČKY

### 9.1 VŘTAČKY

Vřtačky tvoria rozsiahlu skupinu strojov pre obrábanie dier najmä vrtákom, výhrubníkom a výstružníkom. Pomocou špeciálneho zariadenia sa môžu na nich rezať závitový závitník. Nedajú sa použiť na vyvrtávanie, lebo konštrukcia vretena nedovoľuje zachytávať jeho radiálne zaťaženie.

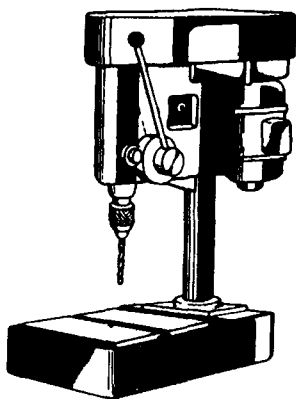
Tam, kde je potrebné, musí byť vrták vedený v blízkosti obrobku vrtacím puzdrom.

Vřtačky s vhodnými prípravkami nahradia presnejšie stroje, napr. univerzálne vyvrtávačky. Presnosť práce závisí pritom od presnosti prípravku.

Podľa druhu sa vřtačky delia na stolové, stĺpové, stojanové, otočné (radiálne) a špeciálne. Veľkosť vřtačiek je charakterizovaná tzv. „vrtacím priemerom“, t. j. priemerom diery vřtanej do plného materiálu v oceli pevnosti 600 až 700 MPa vrtákom z rýchloreznej ocele.

#### 9.1.1 VŘTAČKY STOLOVÉ

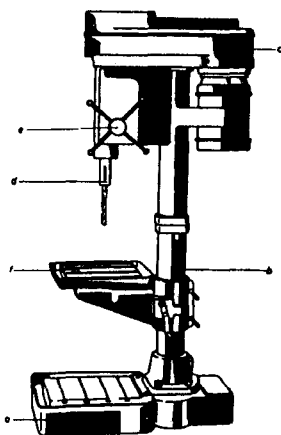
Vřtačky stolové sa vyrábajú pre vřtanie dier do priemeru 6 až 20 mm, obr.9.1. Podstavcom stroja je liatinová doska, ktorá má na upínacej ploche drážky k upevneniu prípravku a diery v pätkách na upevnenie k stolu. V náboji dosky je osadený stĺp pre zvisle prestaviteľný vrtací vretenník, ktorý je okolo stĺpa otočný. Jednotlivé stupne otáčok sa radia prehadzovaním klinového remeňa na štvorstupňových remeniciach. Hnací elektromotor má dva stupne otáčok. Vřtačka má teda dva rady otáčok po štyroch stupňoch, napr. 355 až 710 až 2800 min<sup>-1</sup>. Posuv vretena do rezu je ručný. Vreteno je uložené na guľkových ložiskách a do hornej východiskovej polohy sa vracia silou skrutkovej pružiny.



Obr.9.1 Vrtačka stolová

### 9.1.2 VRTAČKY STÍPOVÉ

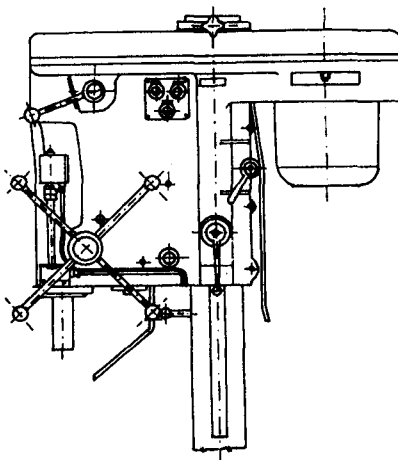
Stĺpové vrtačky sa vyvinuli z ťažších typov vrtačiek stolových, obr.9.2. Vyrábajú sa do vŕtacieho priemeru až 35 mm.



Obr.9.2 Vrtačka stĺpová

a – základná doska, b – stĺp, c – hlavný pohon, d – vŕtacie vreteno,  
e – pohon posuvu, f – stôl vrtačky

Vretenník je podobný ako na stolových vŕtačkách, obr.9.3. Menšie súčiastky sa upínajú na stôl. Pri obrábaní väčších súčiastok sa stôl otočí nabok a obrobok sa upne priamo na základovú dosku s upínacími drážkami.



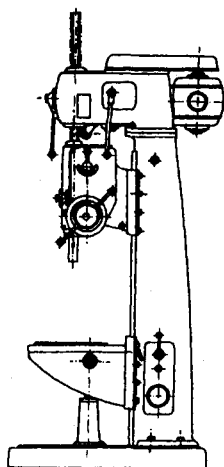
Obr.9.3 Vretenník stĺpovej vŕtačky

### 9.1.3 VŔTAČKY STOJANOVÉ

Stojanové vŕtačky sa stavajú pre vŕtanie priemerov od 25 do 80 mm, obr.9.4. Sú oveľa tuhšie než vŕtačky stĺpové. Posuvné puzdro s vretenom je uložené vo zvisle prestaviteľnom vretenníku (podľa výšky obrobku), oddelenom od rýchlostnej prevodovky pre pohon vretena. V skrini vretenníka sú prevody pre zvislý pohyb puzdra vretena. Celkový zdvih puzdra prináleží len najväčšej hĺbke vŕtanej diery.

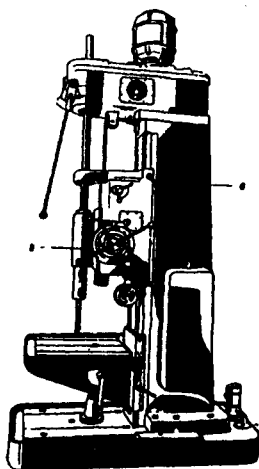
Vreteno je poháňané klinovými remeňmi od elektromotora s dvoma stupňami otáčok a posuvnými kolesami sa dosiahnu dva rady rýchlostí po šiestich stupňoch otáčok, teda dvanásť stupňov otáčok, napr. od 48 do 950 min<sup>-1</sup>. Vŕtačka má ručný aj strojový posuv.

Stôl je na stojane zvisle prestaviteľný a v pracovnej polohe sa zabezpečuje rukoväťou. Okrem normálneho stola tvaru konzoly môže mať aj osobitný krížový stôl na osobitnej konzole alebo podstavci priskrutkovanom na základňu.



Obr.9.4 Stojanová vrtačka

Stojan skriňového prierezu má vysokú tuhosť, a preto je stroj vhodný pre vŕtanie dier veľkých priemerov, obr.9.5. Počas vŕtania je hlavné ložisko blízko miesta vŕtania a vreteno je dobre vedené aj pri vŕtaní hlbokých dier.

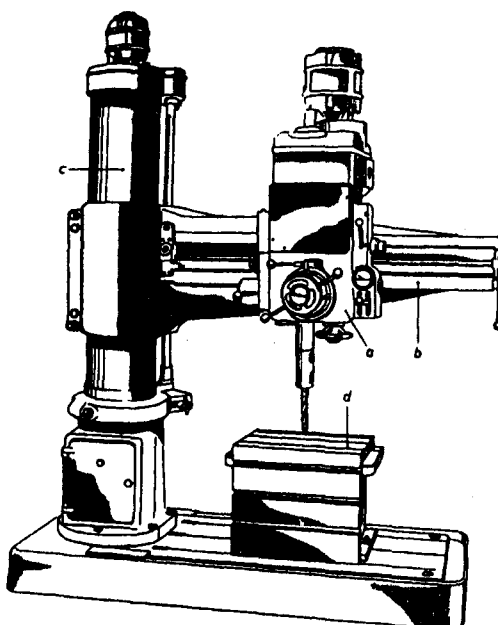


Obr.9.5 Stojanová vrtačka,  
a – stojan, b - vretenník

### 9.1.4 VŔTAČKY OTOČNÉ

Otočné vŕtačky sú určené pre vŕtanie dier a podobné operácie na väčších súčiastkach, obr.9.6. Použitím vyvŕtávacích prípravkov nahradia tieto stroje často univerzálne vyvŕtávačky (horizontky), oproti ktorým majú výhodu v tom, že majú pohyblivý vretenník.

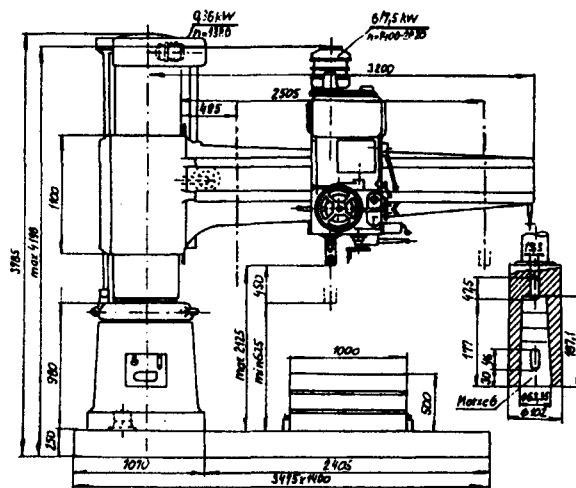
Vlastné vreteno vŕtačky je málo tuhé, a preto ním nemožno vyvŕtávať. Spoločným znakom otočných vŕtačiek je otočné rameno, na ktorom sa pozdĺžne pohybuje vŕtací vretenník.



Obr.9.6 Otočná vŕtačka

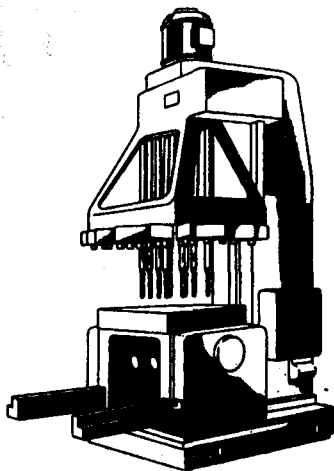
a- vŕtací vretenník, b – rameno, c – stĺp, d - stôl

Normálne otočné vŕtačky majú základovú dosku s pevným stĺpom, na ktorom je otočný valcový plášť. Na obr.9.7 sú znázornené konštrukčné parametre otočnej vŕtačky. Po zvisle prestaviteľnom ramene sa pohybuje pozdĺžne vŕtací vretenník s hnacím elektromotorom umiestneným priamo na vretenníku. Pri vŕtaní sa plášť nehybne zabezpečí na stĺpe, rameno s plášťom sa zabezpečí a vretenník sa upevní na rameno.



Obr.9.7 Konštrukčné parametre otočnej vŕtačky

Základová doska je zo sivej liatiny, má najčastejšie skriňovitý tvar a na povrchu upínacie drážky. Stĺpy sú pri vŕtaní namáhané a musia byť veľmi tuhé. Stĺpy sú hrubostenné odliatky zo sivej liatiny s vnútorným rebrovaním, tuhou prírubou na upevnenie na základovú dosku a so zosilneným prechodom do hornej časti stĺpa. Na pevnom stĺpe je osadený otočný plášť, uložený v hornej časti v radiálnom a axiálnom ložisku.



Obr.9.8 Viacvretenová vŕtačka

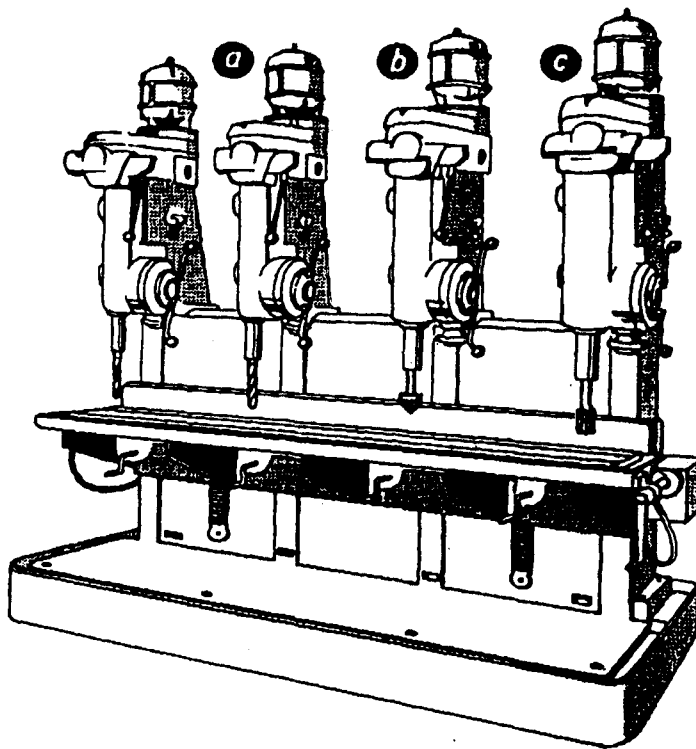


### 9.1.5 VIACVRETOVÉ VŔTAČKY

Vŕtacia hlava stroja má viac vretien, ktoré sú poháňané od hlavného vretena. Pri jednej operácii je možné vŕtať niekoľko dier naraz, obr.9.8. Tento typ vŕtačiek je určený najmä pre hromadnú výrobu. Flexibilita týchto strojov sa dá do určitej miery zvýšiť prestaviteľnosťou vretien.

### 9.1.6 RADOVÉ VŔTAČKY

Radové vŕtačky, podobne ako viacvretenové vŕtačky, sú určené pre hromadnú výrobu, obr.9.9. Na tomto stroji je možné na jednom obrobku vykonať niekoľko operácií za sebou v poradí podľa technologického postupu.



Obr.9.9 Radová vŕtačka

### 9.1.7 VŔTAČKY PRE HLBOKÉ VŔTANIE

Pre vŕtanie dier, kde je pomer dĺžky vŕtanej diery k priemeru vŕtanej diery väčší ako 10, sú potrebné špeciálne stroje a tiež nástroje. Stroje s dlhým lôžkom sa stavajú vo vyhotovení horizontálnom s hĺbkou vŕtania až 15 000 mm a priemerom vŕtania až 1 400 mm. Stroje majú zväčša nepohyblivý vretenník s obrobkom. Pohyb prestaviteľného vŕtacieho vretenníka je realizovaný cez závitovkový prevod. Dlhé nástroje sú počas práce podopierané lunetou. Zvláštne požiadavky sú kladené najmä na štvŕhosť nástroja, prívod reznej kvapaliny a odvod triesok.

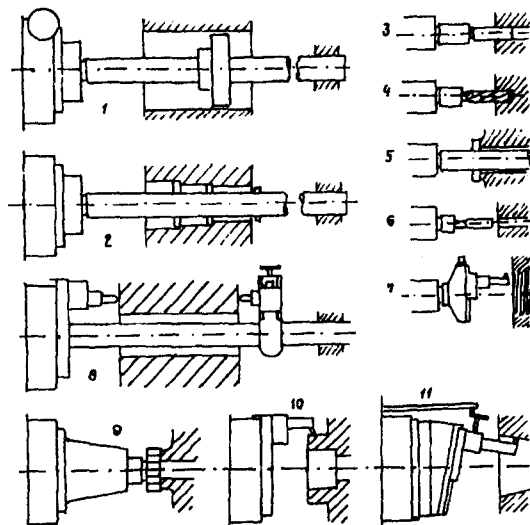
Pri hlbokom vŕtaní s jednoklinovým nástrojom je možné dosiahnuť hĺbku vŕtania rovnajúcu sa cca 250 násobku vŕtaného priemeru. Veľkosť vŕtaného priemeru sa pohybuje od 1 do 40 mm.

S BTA metódou je možné vŕtať do priemeru max. 180 mm. Pri viacstupňovom vŕtaní sa môžu vŕtať priemery až do 1 400 mm.

## 9.2 UNIVERZÁLNE VYVRTÁVAČKY

Sú to univerzálne stroje, a preto sa používajú najmä v kusovej a malosériovej výrobe. Pri jednom upnutí možno na rôznych stranách obrobku urobiť súčasne alebo postupne najrôznejšie operácie, ako vŕtanie skrutkovicovým vŕtákom, vystružovanie, zahľbovanie, vyvŕtávanie dier s presnými rozstupmi nožom upnutým v držiaku alebo vyvŕtávacou tyčou, sústruženie valcových plôch vonkajšie a vnútorné, sústruženie čelných plôch, rezanie závitov závitníkom alebo nožom, frézovanie čelnými valcovými frézami alebo resp. preťahovanie a obrážanie, obr.9.10.

Hlavný (rezný) otáčavý pohyb pri obrábaní vykonáva vreteno s nástrojom uloženom vo vretenníku. Posuv pri vyvŕtávaní vykonáva buď vreteno s nástrojom, alebo stôl s obrobkom. Pri frézovaní sa pohybuje buď vretenník zvisle na stojane, alebo stôl či stojan s vretenníkom priečne.



Obr.9.10 Príklady najbežnejších prác na univerzálnej vyvrtávačke

1 – vyvrtávanie nožovou hlavou, 2 – vyvrtávanie vyvrtávacou tyčou s niekoľkými nožmi, 3 – vystružovanie, 4 – vŕtanie skrutkovicovým vrtákom, 5 – orovnávanie čelnej plochy nožom, 6 – rezanie závitu závitníkom, 7 – rezanie závitu nastaviteľným nožom, 8 – čelné frézovanie pri použití oporného držiaka vyvrtávacej tyče, 9 – čelné frézovanie, 10 – sústruženie valcovej plochy nožovými saňami, 11 – sústruženie vnútornej kužeľovej plochy špeciálnym suportom

Pri vyvrtávačkách sa vyžaduje:

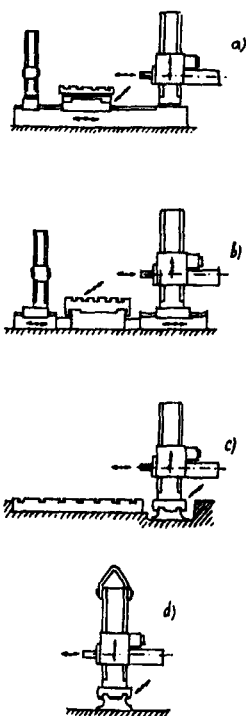
- a) rýchle hrubé strojové nastavenie vretena v smere jeho osi, vretenníka zvisle na stojane, stola pozdĺžne a priečne na lôžku, prípadne stojana s vretenníkom na lôžku,
- b) jemné a hrubé ručné nastavenie vretena v smere jeho osi,
- c) jemné ručné nastavenie vretenníka zvisle na stojane, stola pozdĺžne a priečne na lôžku alebo stojana s vretenníkom na lôžku,
- d) zmena zmyslu pohybu pri pracovných posuvoch i rýchlych posuvoch,
- e) možnosť samočinného vypínania pracovných posuvov a rýchlych pohybov vo všetkých smeroch nastavených narážkami,
- f) zabezpečenie stroja pred poškodením pri posuve alebo rýchlom pohybe pracovných častí stroja, ak stúpne rezný odpor, alebo ak nabehne niektorá časť na prekážku (napr. poistnými spojkami proti preťaženiu).

Veľkosť stroja sa udáva podľa vonkajšieho priemeru vŕtacieho vretena a podľa veľkosti sa stroje rozdeľujú na:

- malé – priemer vretena 50, 63, a 80 mm,
- stredné – priemer vretena 100, 125 a 160 mm,
- veľké – priemer vretena 200, 250 a 315 mm.

Podľa konštrukcie sa univerzálne vyvŕtávačky delia na stolové (s pozdĺžne a priečne posuvným a otáčavým stolom), doskové (stojan je priečne posuvný) a priečnym stolom (hobl'ovačkové – stôl je posuvný len kolmo na os vretena). Všetky tieto univerzálne vyvŕtávačky majú vretenník buď na strane pravej, alebo ľavej.

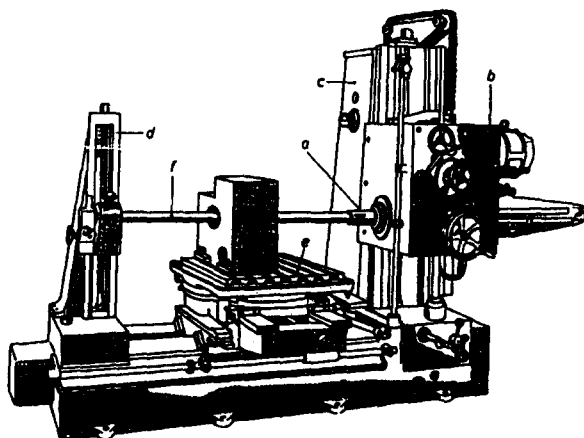
Pri pracovnom vyhotovení sa uvádza ako výhoda ľahšia obsluha stroja pravou rukou, ak robotník pozoruje priebeh práce stroja.



Obr.9.11 Základné typy univerzálnych vyvŕtávačiek

Doskové typy sú výhradne vyhotovenia pravého. Schématicky znázornené typy týchto strojov sú na obr.9.11, obr.9.11a vyvrtávačka s križovým stolom, obr.9.11b vyvrtávačka s priečnym stolom, obr.9.11c vyvrtávačka s pohyblivým stojanom, obr.9.11d vyvrtávačka prenosná.

Na obr.9.12 je zobrazený pohľad na vodorovnú vyvrtávačku.



Obr.9.12 Vodorovná vyvrtávačka (horizontka)

a – vŕtacie vreteno, b – vŕtací vretenník, c – stojan stroja, d – oporný stojan (stojan s oporným ložiskom), e – stôl stroja, f – vyvrtávacia tyč

**Pohon** stroja je realizovaný elektromotorom, od ktorého sa odvodzuje pohyb vretena, pracovné posuvy aj rýchloposuvy.

**Elektromotor** je najčastejšie na vretenníku, je buď prírubový, alebo pätkový. Prírubový býva umiestnený na zadnej zvislej stene vretenníka a pätkový na jeho hornej stene. Menej časté je vyhotovenie s motorom alebo rýchlostnou prevodovkou dolu v lôžku stroja, odkiaľ sa potom vreteno poháňa zvislým hriadeľom. Výhodou je, že vretenník nie je zaťažovaný hmotnosťou motora a najmä že sa z neho vylúči zdroj chvenia, ktorý má priamy vplyv na presnosť práce stroja. Nevýhodou je však pomerne zložitý prenos hnacej sily prostredníctvom kužeľových prevodov a hnacieho hriadeľa. Toto vyhotovenie sa používa pri malých vyvrtávačkách. Na stredných a ťažkých strojoch sa pohon sústreďuje výhradne na vretenníku.

**Vretenník** – jeho najdôležitejšou časťou je vyvrtávacie vreteno. Posúva sa v otáčavej objímke, s ktorou je unášavo spojené dvoma pružinami. Na oboch koncoch objímky je vreteno vedené dvoma bronzovými alebo oceľovými kalenými puzdrami. Predné puzdro je po dĺžke prerezané, pružné a na vonkajšom povrchu kužeľové, aby sa mohla vymedzovať vôľa. V prednom konci vretena je kužeľová dutina, do ktorej sa upínajú vyvrtávacie tyče alebo iné nástroje, a to buď priamo, alebo cez redukcie rovnakým spôsobom, ako sa upínajú do vretena vrtačky (na kužeľ), alebo prevlečenou maticou cez vonkajší závit na konci vretena.

**Pracovný stôl** – sa pohybuje buď priamo na lôžku (na strojoch s priečne posuvným stolom), alebo na krížových saniach pozdĺžne (v smere osi vretena) a priečne (kolmo na os vretena). Sane majú najčastejšie ploché vedenia. Posuv je odvodený buď od pastorka, ktorý zaberá s ozubeným hrebeňom, alebo od vodiacej skrutky s maticou, poháňanej prevodmi od posuvového ústrojenstva vo vretenníku, alebo vlastným posuvovým motorom. Horná pracovná časť stola má upínacie drážky tvaru T a na krížových stoloch býva zväčša otáčavá. V štyroch polohách (na  $90^\circ$ ) môže byť zabezpečená západkou v presnej polohe. Iné uhly sa nastavujú podľa kruhovej stupnice. Otáčavý stôl má ručný aj strojový posuv a rýchly pohyb.

**Stojan vretenníka** – na stolových vyvrtávačkách je nehybný. Na doskových alebo prenosových strojoch je stojan pohyblivý po lôžku, a preto má naspodku vodiace plochy. Stojan sa po lôžku posúva zväčša pastorkom a hrebeňom, na menších strojoch prevodmi od posuvového ústrojenstva vo vretenníku, na väčších strojoch samostatnou posuvovou jednotkou s vlastným motorom.

**Oporné ložisko** pre vyvrtávaciu tyč podopiera pri vyvrtávaní v miestach vzdialených od vretenníka voľný koniec vyvrtávacej tyče, aby sa neprehýbal vlastnou hmotnosťou a reznými odpormi. Ložisko je zvisle prestaviteľné na opornom stojane ručne i strojom. Držiak vodiaceho puzdra je dvojdielny a jedna jeho časť je odklápacia, aby sa uľahčilo vkladanie vyvrtávacej tyče.

### 9.3 SÚRADNICOVÉ VYVRTÁVAČKY

Používajú sa na obrábanie dier s presnou vzdialenosťou osí, najmä v súčiastkach

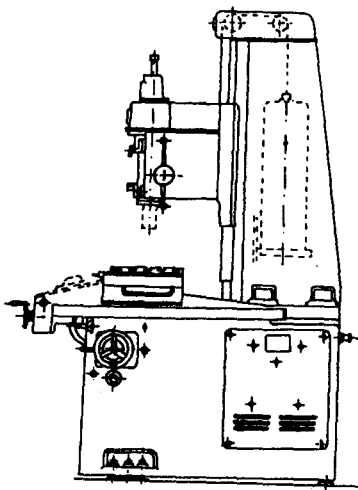
prípravkov a vo vŕtacích šablónach pre sériovú a hromadnú výrobu, v lisovacích nástrojoch, vo formách pre striekanie kovov a umelých hmôt a pod.

Sú vhodné pri výrobe prototypov a pri výrobe v malých sériách, keď sa nevyplatí zhotovovať prípravok. Nástroj (skrutkový vrták, čelná fréza alebo vyvrtávací nôž) sa upína v zvislom vretene a otáča sa, t. j. koná hlavný rezný pohyb. Do rezu sa posúva vretena puzdro s nástrojom. Obrobok sa upína na upínacej ploche vodorovného pracovného stola. Poloha obrábanej diery sa nastavuje pomocou pravouhlých súradníc. Súčiastky s dierami na rozstupovej kružnici sa obrábajú na otočnom stole, ktorý sa upína na pracovný stôl stroja. Poloha diery sa potom nastavuje v polárnych súradniciach.

Stroje sa vyrábajú ako jedno – alebo dvojstojanové.

Charakteristickým rozmerom stroja je pracovná plocha, daná súčinom pozdĺžneho zdvihu stola a priečného zdvihu stola alebo vretenníka.

**Jednostojanové stroje** majú pracovný stôl s krížovým vedením, teda stôl sa môže posúvať v dvoch smeroch na seba kolmých. Meracie zariadenie je na pozdĺžnych aj priečných smeroch stola. Vretenník je posuvný po vedení stojana a prestavuje sa zvisle podľa výšky obrobku. Jednostojanové stroje sú výrobne jednoduchšie. Nie sú však také tuhé, a preto sa s väčšími rozmermi nevyrábajú, obr.9.13 a obr.9.14.

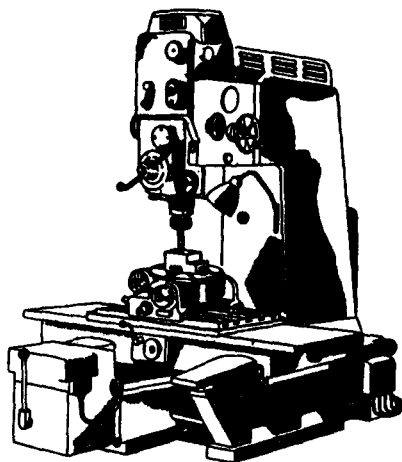


Obr.9.13 Jednostojanová súradnicová vyvrtávačka s optickým odčítavaním súradníc

**Dvojstojanové stroje** majú pracovný stôl posuvný na lôžku len pozdĺžne. Priečne sa posúva vretenník po vedení vodorovného priečnika. Meracie zariadenie je jednak na stole, jednak na priečniku. Priečnik je zvisle prestaviteľný na vedeniach stojana, a to podľa výšky obrobku. Aby sa zväčšila tuhosť stroja, stojany sú hore prepojené priečkou.

**Vretenník** je buď samostatná jednotka s prevodovkou pre zmenu počtu otáčok a veľkostí posuvov pracovného vretena a s hnacím elektromotorom, alebo je elektromotor a prípadne aj prevodovka v lôžku alebo v stojane stroja a vreteno je poháňané pomocou ťažných hriadeľov a kužeľových kolies. V druhom prípade netreba venovať takú pozornosť vyváženiu elektromotora a pokojnému chodu ozubených kolies.

**Pracovné vreteno** je uložené v posuvnom puzdre v presných valivých ložiskách alebo v klznom ložisku.



Obr.9.14 Súradnicová vyvrtávačka bez optického odčítavania súradníc

**Lôžko** je účelne vyrebrované, aby bolo dostatočne tuhé, nedeformovalo sa a nechvelo. Nesmie v ňom byť vnútorné napätie. Aby sa stôl ľahšie presne nastavoval, jeho lôžko je ustavené na základe na troch bodoch.

**Pracovný stôl** sa obvykle pohybuje po valčekovom vedení.



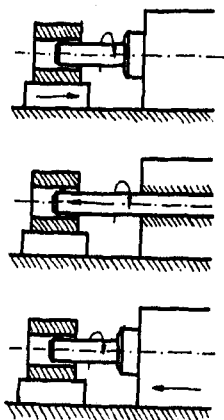
## 9.4 VYVRTÁVAČKY PRE JEMNÉ VYVRTÁVANIE

Jemné vyvrtávanie je výhodný spôsob konečného obrábania valcových dier nástrojom s jednou reznou hranou s reznou platničkou zo spekaného karbidu alebo z diamantu. Nástroj pracuje s veľkou reznou rýchlosťou pri malom posuve a malej hĺbke rezu. Pri takých rezných podmienkach sú rezné sily malé a obrobok sa zahrieva len nepatrne, takže nevzniká povrchové napätie v obrábanom materiáli a dosiahne sa vysoká akosť zrkadlového lesku obrobeného povrchu a veľmi presné rozmery i presný geometrický tvar. Okrem vnútorných valcových plôch možno na týchto strojoch obrábať aj vonkajšie plochy valcové, ďalej plochy kužeľové, tvarové a čelné rovinné.

Jemné vyvrtávačky sa uplatňujú najmä pri sériovej a hromadnej výrobe, predovšetkým pri obrábaní piestov, valcov, motorových blokov, viek, ložiskových puzdier a pod.

Podľa pracovných pohybov sa stroje rozdeľujú do troch základných skupín:

- pracovné vreteno s nástrojom koná len hlavný otáčavý rezný pohyb, posuv konajú sane s obrobkom, obr.9.15a. Na strojoch tohto druhu možno obrobok prípadne upnúť aj vo vretene, ktoré sa otáča, zatiaľ čo nástroj alebo skupina nástrojov sa upína na sane a koná posuv;
- pracovné vreteno s nástrojom sa otáča (koná rezný pohyb) aj sa prisúva do rezu, pričom obrobok sa nepohybuje, obr.9.15b;
- pracovné vreteno s nástrojom koná hlavný pohyb, posúva sa vretenník, pričom obrobok sa nepohybuje, obr.9.15c.

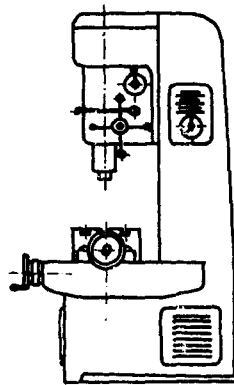


Obr.9.15 Základné pracovné princípy jemných vyvrtávačiek

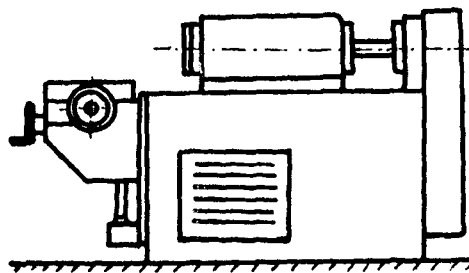
- vreteno sa otáča, stôl s obrobkom sú posúva,
- vreteno sa otáča a posúva,
- vreteno sa otáča, posúva sa vretenník

**Vretník** obsahuje pracovné vreteno (najdôležitejšia časť stroja), ktoré je uložené v klzných alebo valivých ložiskách. Nástroj sa upína buď letmo v držiaku, alebo vo vyvrtávacej tyči opretej v hrote koníka alebo vedenej opierkou. Držiak s nástrojom alebo vyvrtávacia tyč sa osadzuje do kužeľovej dutiny vo vretene a zabezpečuje prevlečenou maticou s bajonetovým výrezom, alebo sa upevňuje skrutkami na prírubu vretena.

**Pracovné stoly**, ak sa posúvajú do rezu, majú byť primerane ťažké, aby svojou hmotnosťou tlmiли chvenie. Stoly, ktoré sa počas práce nepohybujú, sú spravidla nastaviteľné v dvoch na seba kolmých smeroch, aby sa obrobok ľahšie nastavil a dostredil do osi vretena.



Obr.9.16 Jednovretenová zvislá jemná vyvrtávačka s posuvným puzdrom vretena



Obr.9.17 Jednovretenová vodorovná jemná vyvrtávačka s pracovným vretenom v posuvných saniach

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

Typy jemných vyvrtávačiek môžeme rozdeliť do dvoch skupín:

- I. Skupina vyvrtávačiek, pri ktorých sa nástroj len otáča, má nehybné vretenníky, s osovo nehybnými vretenami, čo je z hľadiska tuhosti výhodné; vretená sa môžu otáčať veľmi rýchlo a stroj sa nechveje. Robia sa vo vodorovnom a zvislom vyhotovení.
- II. Skupina vyvrtávačiek, pri ktorých sa pracovné vreteno s nástrojom otáča (hlavný pohyb) a posúva sa do rezu; majú zväčša zvislé vreteno, ktorého posuv je konštrukčne riešený takto:
  - vreteno je otočne uložené v posuvnom puzdre v skrini vretenníka, ktorý je na stojane nehybný, podobne ako pri vŕtačkách, obr.9.16,
  - vreteno je otočne uložené na saniach, ktoré sú posuvné na vodorovnom vedení stojana, zatiaľ čo vlastný vretenník je v stojane nehybný a otáčavý pohyb sa prenáša na pracovné vreteno drážkovaným hriadeľom, obr.9.17,
  - vreteno sa otáča i posúva v jedinom uložení, čo je pre presnosť obrábania obzvlášť výhodné, lebo odchýlky plochy nástroja sú pri práci nepatrné. Vyvrtávačky majú obyčajne 2 až 8 vretien; vyvrtávajú obvykle zdola nahor, takže pri väčšom počte vretien je pomerne zložitý remeňový pohon výhodne umiestnený v dolnej časti lôžka a jeho vplyv na chvenie stroja je nepatrný.



## 10. HOBLOVAČKY A OBRÁŽAČKY

Hobl'ovačky a obrázačky sa používajú na obrábanie rovinných, ojedinele aj tvarových plôch vodorovných, zvislých a šikmých. U hobl'ovačiek vykonáva hlavný rezný pohyb obrobok, u obrázačiek nástroj.

### 10.1 HOBLOVAČKY

Stroje tohto typu sa z výroby vytrácajú a v súčasnosti sa vyskytujú vo výrobnom procese len sporadicky, najmä však pre svoj relatívne malý výkon v porovnaní s frézovačkami. V súčasnosti žiadny výrobca obrábacích strojov tento typ strojov na trhu neponúka.

#### 10.1.1 HOBLOVAČKY STOJANOVÉ

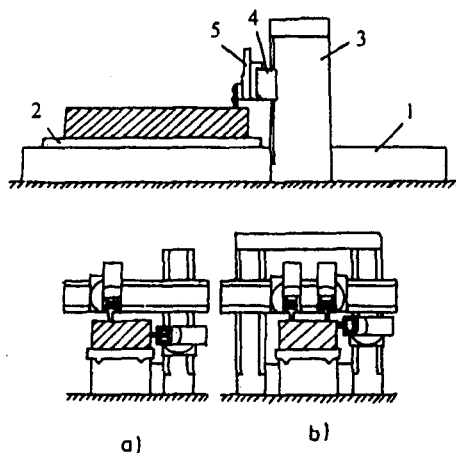
Pri hobl'ovaní je hlavný rezný pohyb priamočiary a vykonáva ho obrobok upnutý na pracovnom stole. Posuv do rezu koná hobl'ovací nôž upevnený na suporte.

Striedavý vratný pohyb pomerne veľkých hmôt (stôl s obrobkom) je nevýhodný, lebo v úvrtiach zdvihu stola vznikajú veľké zrýchľujúce sily, ktoré značne namáhajú pohon i celú konštrukciu stroja a veľmi sťažujú obrábanie veľkými rýchlosťami. Spätné pohyby stola (zdvih naprázdno) po každom pracovnom zdvihu znamenajú značné časové straty. Preto býva portálová frézovačka výkonnejšia ako hobl'ovačka. Iba pri obrábaní dlhých úzkych plôch . môže byť výkonnejšia hobl'ovačka ako portálová frézovačka. V minulosti sa v kusovej a malosériovej výrobe hobl'ovačky používali, lebo pracovali presnejšie. Obrobok sa pri hobl'ovaní nedeformuje, čo sa stáva pri frézovaní vplyvom miestneho zahriatia. Hobl'ovací nôž, ktorý nie je pri spätnom pohybe zaťažovaný, rýchle a rovnomerne odvádza teplo, je jednoduchý, lacný a ľahko sa ostrí.

Obrobok sa upína na pracovný stôl, ktorý sa pohybuje priamočiarno vratne na vodiacich plochách lôžka. Nástroj je upnutý v suporte, ktorý sa posúva kolmo na smer pohybu, a to vo vedení priečnika alebo stojana. Priečnik sa zvisle nastavuje vo vedení jedného alebo dvoch stojanov spojených s lôžkom stroja. Podľa toho rozoznávame hobľovačky jedno- alebo dvojstojanové, obr. 10.1.

Hobľuje sa pri jednom zmysle pohybu stroja; pri rýchlom spätnom pohybe stola sa držiak noža odklopí, rezná hrana noža sa zdvihne nad obrobenú plochu. Obrába sa reznými rýchlosťami do 100 m/min. Podľa výšky obrobku sa zvisle prestavuje priečnik. Hĺbka rezu sa nastaví nožovými saňami.

Veľkosť hobľovačky je určená hobľovacou šírkou, výškou a dĺžkou. Hobľovacia šírka  $B$  (mm) je najväčšia šírka obrobku, ktorá prejde medzi stojanmi bez zmeny polohy obrobku. Hobľovacia výška  $H$  (mm) je najväčšia výška obrobku, ktorá prejde pod nožovými saňami v najvyššej polohe bez zmeny polohy obrobku a hobľovacia dĺžka  $L$  (mm) je najväčšia dĺžka obrobku, ktorú možno obrábať jedným neprerušným pracovným zdvihom.



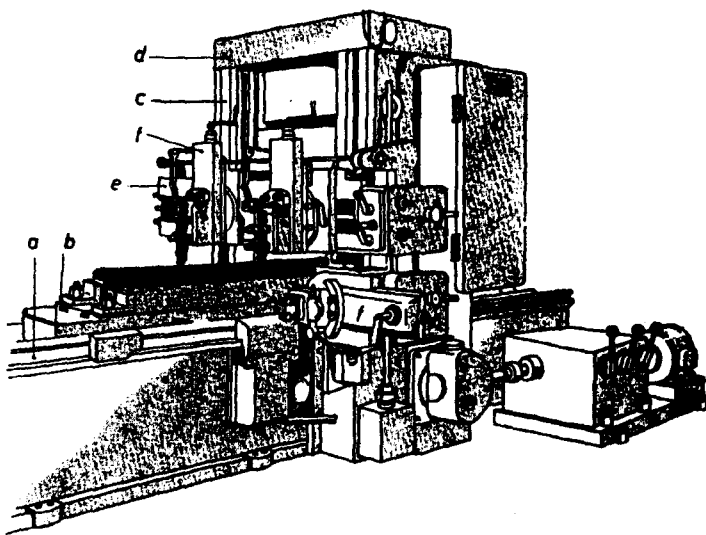
Obr. 10.1 Základný tvar hobľovačiek

- a) jednostojanová , 1 – lôžko, 2 – stôl, 3 – stojan, 4 – priečnik , 5 - suport  
b) dvojstojanová

Typizované veľkosti hobľovačiek sa obvykle označujú hobľovacou šírkou, ku ktorej sú priradené určité hobľovacie výšky. Hobľovacia dĺžka sa volí podľa radu typizovaných dĺžok. Podľa hobľovacej šírky sa hobľovačky delia na **malé** (hobľovacia šírka do 800 mm, výška do

800 mm, najmenšia hobľovacia dĺžka 1500 mm), **stredné** (hobľovacia šírka 800 až 1600 mm, výška 800 až 1600 mm, najmenšia hobľovacia dĺžka 2000 až 3000 mm) a **veľké** (hobľovacia šírka 1600 až 5000 mm, výška 1600 až 5000 mm, najmenšia hobľovacia dĺžka 4000 až 8000 mm).

Hlavné časti hobľovačky sú stôl, lôžko, pohon stola, nástrojové suporty, priečnik, posuvové ústrojenstvo a stojany, obr.10.2.

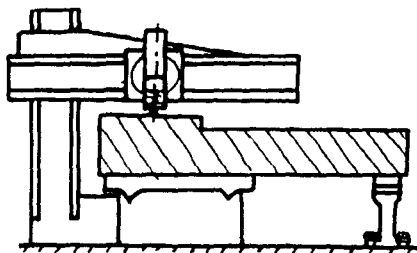


Obr.10.2 Dvojstojanová hobľovačka

a – lôžko, b – stôl, c – stojan, d - spojnica, e – priečnik, f - suport

#### 10.1.1.1 Jednostojanová hobľovačka

Tento stroj má namiesto priečnika na jedinom stojane zvisle prestaviteľné rameno, obr.10.1. Má obvykle jeden až dva suporty na rameno a jeden postranný suport na stojane. Hobľovačka je málo tuhá, avšak dajú sa na nej pri menšom výkone hobľovať aj obrobky, ktoré sú podstatne širšie, než je stôl stroja, lebo neprekáža druhý stojan. Ak obrobok značne prečnieva cez šírku stola, umiestni sa veľa lôžka osobitné vedenie a opornou doskou uloženou na valčekoch, ktoré podopiera obrobok, obr.10.3. Vedenie možno podľa šírky hobľovaného predmetu prestavovať na podlahe po lištách s upínacími drážkami tvaru T.



Obr.10.3 Oporná vodiaca dráha na jednostojanovej hobľovačke

#### 10.1.1.2 Dvojstojanová hobľovačka

Táto hobľovačka je tuhšia než jednostajonová, lebo jej priečnik je uložený na dvoch stojanoch po oboch stranách lôžka spojených hore priečkou, obr.10.2. Na priečniku je jeden až dva suporty a na jednom alebo oboch stojanoch býva postranný suport pre hobľovanie zvislých plôch.

### 10.1.2 HOBEVOAČKY DOSKOVÉ

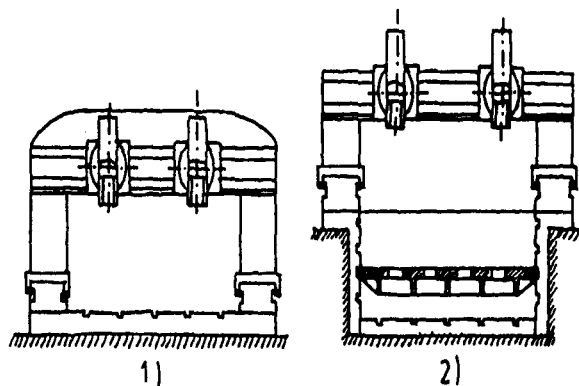
Dosková hobľovačka je znázornená na obr.10.4. Obrobok sa upína na nepohyblivú dosku. Rezný pohyb koná nôž upnutý v suporte uloženom na priečniku. Stroj má spravidla niekoľko suportov a trieska sa uberá pri oboch zmysloch pohybu. Stojany sa pohybujú po vedeniach umiestnených vedľa upínacej dosky. Stroje určené na hobľovanie vysokých obrobkov majú upínaciu dosku zapustenú v jame. Stojany sú potom nižšie, čím sa zvýši tuhosť stroja. Keďže stroj nemá zvisle prestaviteľný priečnik, obrobok treba ukladať na podložky, prípadne na priečky zvisle prestaviteľné na postranných stenách jamy. Tieto stroje sú vhodné na obrábanie veľkých a ťažkých predmetov, lebo zaberajú podstatne menšiu pôdorysnú plochu ako normálne hobľovačky.

### 10.1.3 HOBEVOAČKY NA HRANY PLECHOV

Hobľovačka na zrážanie hrán plechov je zobrazená na obr.10.5. Obrobok sa upína na nehybný pracovný stôl. Hlavný rezný pohyb i posuv do rezu vykonáva hobľovací suport,



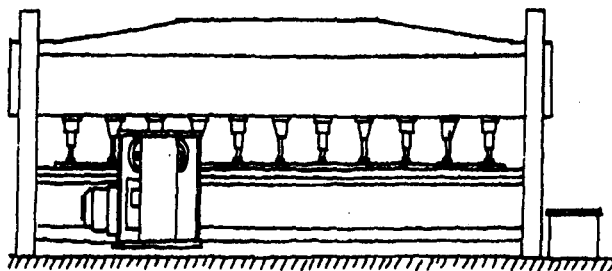
ktorý sa pohybuje vedľa pracovného stola. Suport má dva nože, ktorými sa trieska uberá pri oboch zmysloch pohybu stola. Elektromotor pre rezný pohyb je umiestnený buď na suporte a poháňa pomocou ozubených prevodov pastorok, ktorý zaberá do hrebeňa upevneného pozdĺž lôžka, alebo je umiestnený na lôžku stroja a poháňa prostredníctvom ozubených kolies pohybovú skrutku prebiehajúcu pozdĺž lôžka, s ktorou zaberá matica upevnená k suportu. Rezná rýchlosť sa mení buď výmennými kolesami, alebo elektricky Ward–Leonardovou sústavou.



Obr. 10.4 Dosková hobľovačka

1 – vyhotovenie dlážkové

2 - vyhotovenie jamové



Obr.10.5 Hobľovačka na hrany plechov

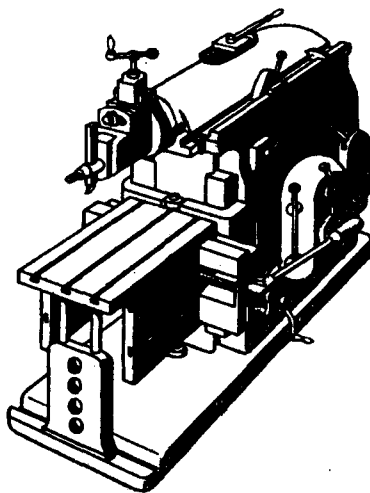
## 10.2 OBRÁŽAČKY

Na obrážačkách sa obrábajú rovinné alebo tvarové plochy vonkajšie alebo vnútorné.

### 10.2.1 VODOROVNÉ OBRÁŽAČKY

Na vodorovných obrážačkách, obr.10.6 sa obrábajú veľké rovinné plochy, drážky hriadeľov a okrem toho sa vykonávajú podobné práce na menších obrobkoch. Majú jednoduchý nástroj a dajú sa ľahko zriaďovať, preto sa často používajú v kusovej výrobe, napr. v nárad'ovniach a opravovniach. Sú menej výkonné než frézovačky.

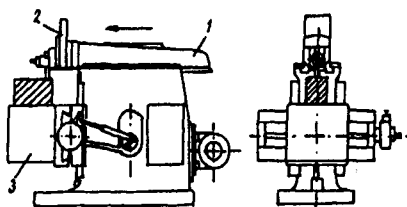
Veľkosť vodorovnej obrážačky je určená obrážacou dĺžkou (mm), ktorá je definovaná ako najväčšia dĺžka, ktorú možno na obrobku obrábať jedným neprerušovaným zdvihom šmýkadla bez zmeny polohy obrobku. Podľa obrážacej dĺžky delíme vodorovné obrážačky na **malé** (do 250 mm), **stredné** (vyše 250 do 500 mm) a **veľké** (vyše 500 mm). Hlavný priamočiary rezný pohyb vykonáva nástroj upnutý v šmýkadle. Posuv vykonáva obrobok upnutý na pracovnom stole.



Obr.10.6 Vodorovná obrážačka

### 10.2.1.1 Obrázačky s priečne presuvným stolom

Tento základný typ stroja sa používa najviac, obr.10.7. Rezný pohyb vykonáva šmýkadlo s nástrojom, posuv do rezu koná stôl s obrobkom. Šmýkadlo je poháňané buď kývavou kulisou, alebo hydraulicky. Priečný posuv stola sa pri mechanickom pohone dosiahne spravidla západkou. Na väčších strojoch možno stôl priečne aj zvisle prestavovať osobitným elektromotorom.

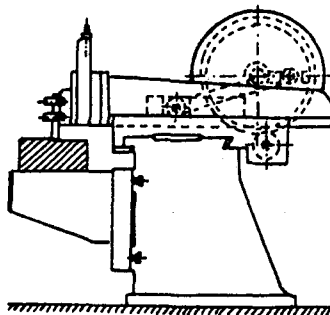


Obr.10.7 Základný tvar vodorovnej obrázačky

1 – šmýkadlo, 2 – nástrojový suport, 3 – pracovný stôl

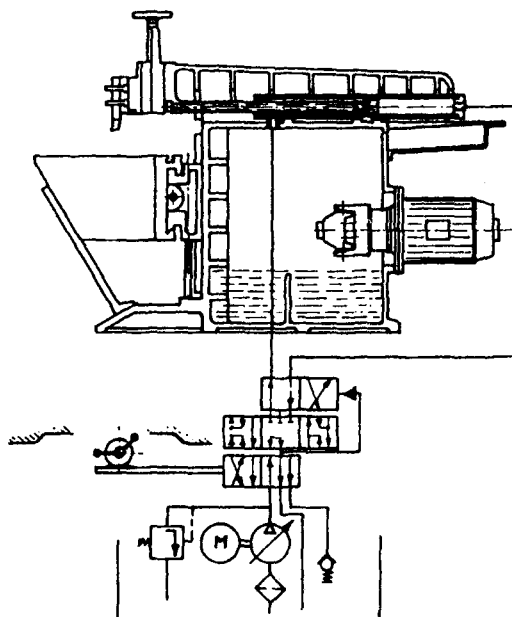
### 10.2.1.2 Obrázačky s priečne posuvným šmýkadlom.

Šmýkadlo koná rezný pohyb a posuv do rezu. Keďže obrobok je nehybný, sú tieto stroje vhodné na obrábanie väčších a ťažkých predmetov. Vedenie šmýkadla sa priečne posúva po lôžku a nesie tiež hnací mechanizmus kľukový, obr.10.8, alebo kulisový, obr.10.9, resp. má pohon hydraulický, obr.10.10. Na spoločnom lôžku býva aj niekoľko šmýkadiel vedľa seba, ktoré môžu pracovať pri rôznych rezných podmienkach, teda väčšie súčiastky možno takto obrábať súčasne aj niekoľkými rôznymi operáciami.



Obr.10.8 Vodorovná obrázačka s priečne posuvným šmýkadlom, poháňaným kľukovým mechanizmom

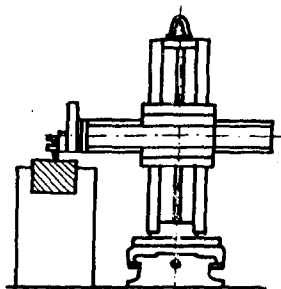
a – stojan stola, b – stôl, c – šmýkadlo, d – nožové sane, e – nožový držiak,  
f – uhlová stupnica, g – pohybová skrutka pre zmenu zdvihu,  
h – spevňovacia skrutka s rukoväťou, i – kľuková kulisa, k – ozubené súkolesie,  
l – kľukový kotúč, m – kľukový čap s kulisovým kameňom,  
n – otočný bod, o – kĺb, p – stranové prestavenie stola, q – aretácia



Obr.10.10 Vodorovná obrážačka s hydraulickým pohonom

### 10.2.1.3 Obrážačky prenosné

Používajú sa najmä v ťažkom strojárstve pri obrábaní veľkých a ťažkých obrobkov, ktoré sa nedajú upnúť na stroj, obr.10.11. Obrážačka sa dopraví k obrobku a zabezpečí vo vhodnej polohe na doske. Šmýkadlo sa pohybuje vo vedení saní pomocou pastorka a hrebeňa. Sane sú zvisle prestaviteľné na zvislom stojane. Stojan sa môže natáčať okolo zvislej osi a po vedení lôžka sa posúva do záberu.

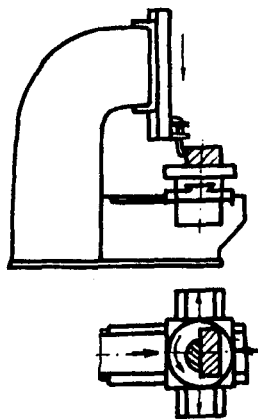


Obr.10.11 Vodorovná obrážačka prenosná

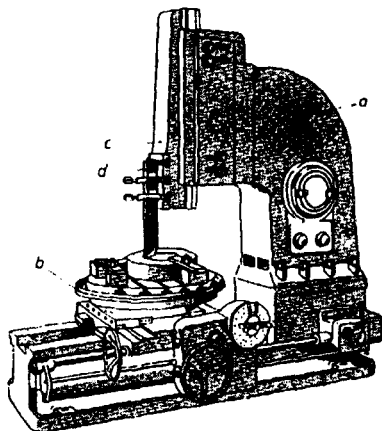
### 10.2.2 ZVISLÉ OBŘÁŽAČKY

Sú výhodné pri obrábaní rovinných plôch, plôch zložených z plôch rovinných a rotačných, plôch valcových, drážok v nábojoch a tvarových plôch na plochých obrobkoch malých a stredných rozmerov. Majú jednoduchý nástroj, dajú sa ľahko nastavovať a sú značne univerzálne. Preto sa používajú predovšetkým v kusovej výrobe, v nástrojárňach a opravovniach. V sériovej výrobe je výhodnejšie používať frézovačky a pretáhovačky, ktoré sú výkonnejšie ako obrážačky. Zvislá obrážačka je na obr.10.12, obr.10.13.

Veľkosť zvislej obrážačky je určená obrážacou výškou (mm), ktorá sa definuje ako najväčšia výška obrábanej plochy, ktorú možno obrábať jedným neprerušeným zdvihom šmykadla. Podľa obrážacej výšky sa obrážačky delia na **malé** (do 250 mm), **stredné** (vyše 250 do 630 mm) a **veľké** (nad 630 mm). Mechanizmus pre vratný pohyb je umiestnený v stojane. Na menších strojoch je šmykadlo poháňané kľukovým mechanizmom a na stredných je to kľuka s kývavou kulisou. Na najmenších strojoch je stôl s krížovými saňami umiestnený na konzole, ktorá je zvisle prestaviteľná po vedení stojana. Obrážačky stredné a veľké majú stôl s krížovými saňami uložený na lôžku spojenom so stojanom. Pracovný stôl má obvykle otočnú dosku s deliacim zariadením. Pri ťažkých obrážačkách sa môže stôl rýchle pohybovať v oboch smeroch, prípadne aj otáčať pomocou samostatného elektromotora.



Obr.10.12 Základný tvar zvislej obrážačky



Obr.10.13 Zvislá obrážačka

a – stojan, b – stôl, c – šmýkadlo, d – nožový držiak

#### 10.2.2.1 Zvislé obrážačky s mechanickým pohonom

Vyrábajú sa ako **malé** so zdvihom 160 mm a **stredné** so zdvihom 250 mm.

#### 10.2.2.2 Zvislé obrážačky s hydraulickým pohonom

Stavajú pre veľké zdvihy, až 1600 mm. Západkové posuvové ústrojenstvo je v tomto prípade tiež poháňané hydraulicky.

#### 10. 2.2.3 Špeciálne obrážačky pre tvarové práce, tzv. presné

Nástroj koná priamočiary rezný pohyb, ktorý možno ešte kombinovať s pohybom kývavým, ktorý sa dá nastaviť pákovými prevodmi s nastaviteľnou dĺžkou ramena do krivkového bubna.

#### 10.2.2.4 Prenosné zvislé obrážačky

Používajú sa na obrábanie veľkých a ťažkých obrobkov. Na rozdiel od bežných obrážačiek je na prenosných strojoch rezný pohyb zdola nahor.



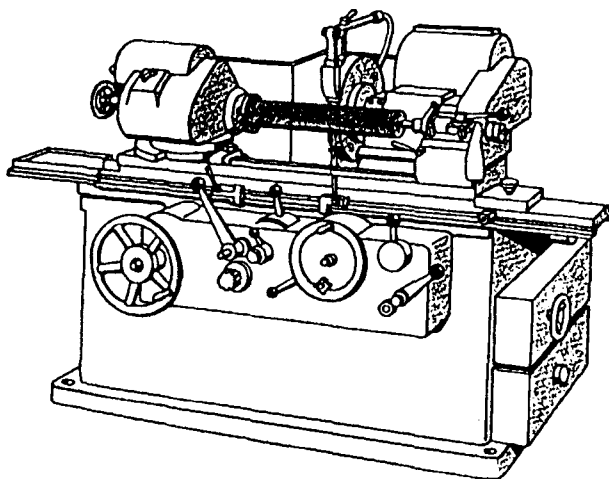


## 11. BRÚSKY

Brúsky sú stroje určené na dokončovacie obrábanie plôch vonkajších a vnútorných, buď rovinných alebo rotačných, prípadne tvarových. Podľa spôsobu obrábania a obrábanej plochy sa rozdeľujú do viacerých skupín.

### 11.1 BRÚSKY HROTOVÉ

Na hrotových brúskach sa brúsia vonkajšie valcové a kužeľové plochy, obr.11.1. Pomocou prídavného vretenníka možno na nich brúsiť aj diery.



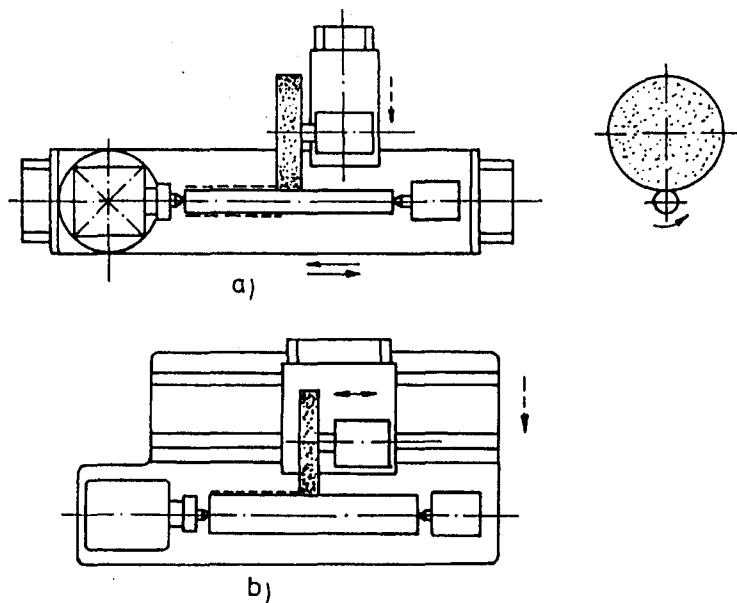
Obr.11.1 Základný tvar hrotovej brúsky

Hrotová brúska jednoduchá s posuvným stolom má skriňové lôžko, ktoré má hore vpredu vedenie pre stôl a kolmo naň vzadu je vedenie pre sane brúsiaceho vretenníka, oproti nemu je koník pozdĺžne prestaviteľný podľa dĺžky obrobku, obr.11.2. Obrobok je upnutý

medzi hrotmi pracovného vretenníka a koníka a unáša ho unášač, alebo je upnutý v skľučovadle. Súčiastky s otvorom sa upínajú na tŕne (pevné alebo rozpínacie), upnuté medzi hrotmi a unášané unášačom, alebo sa upnú na magnetickej doske. Pracovný posuv koná stôl s obrobkom. Sane s brúsiacim vretenníkom sa prisúvajú do záberu v oboch úvratiach, alebo len v jednej úvrati stola. Veľkosť prisuvu možno nastaviť.

Na obr.11.2 je znázornená brúska hrotová, na ktorej vykonáva brúsiaci vretenník nielen prisuv, ale aj posuv. Tento spôsob je vhodný na brúsenie ťažkých súčiastok, napr. valcov valcovacích stolíc. Stroje podľa tejto obmeny potom vyjdú kratšie a ľahšie.

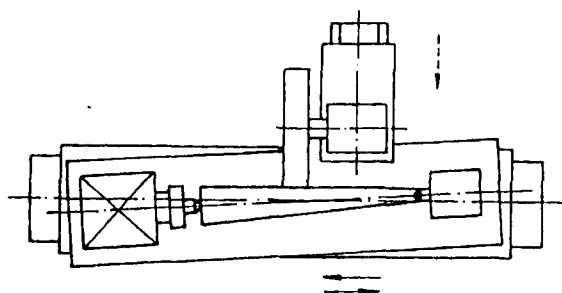
Z jednoduchých brúsok sa vyvinuli brúsky univerzálne. Ich znakom je možnosť natočenia stola až o  $10^\circ$  na obe strany pre brúsenie dlhých kužeľov, obr.11.3, a oboch vretenníkov až o  $90^\circ$  pre brúsenie kužeľov a rovinných plôch kolmých na os otáčania obrobku, obr.11.5a, b, c.



Obr.11.2 Schéma hrotovej brúsky

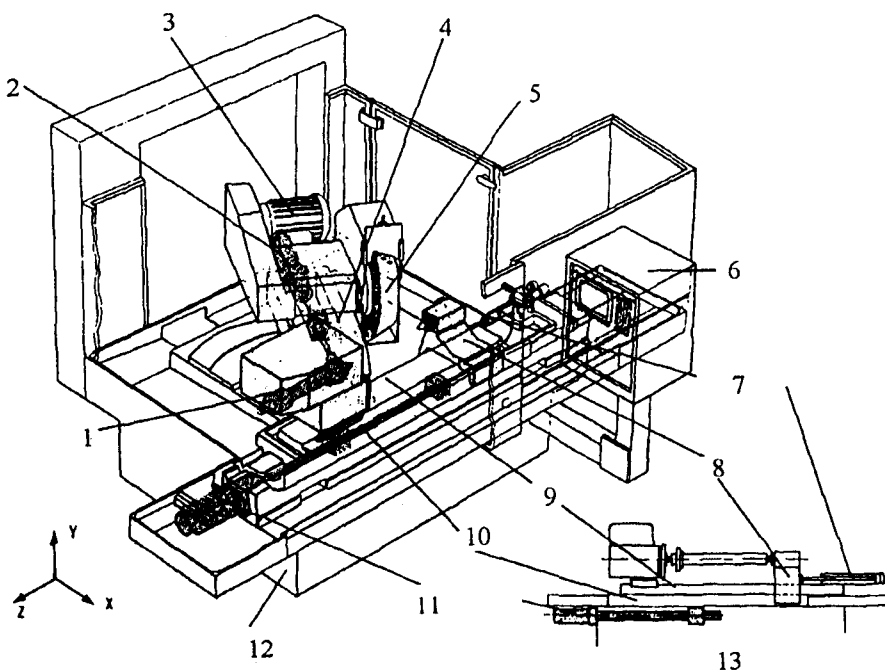
a) s pohyblivým stolom

b) s pohyblivým brúsiacim vretenníkom



Obr.11.3 Schéma univerzálnej hrotovej brúsky

Na obr. 11.4 je znázornená hrotová brúska určená na brúsenie vonkajších rotačných plôch.



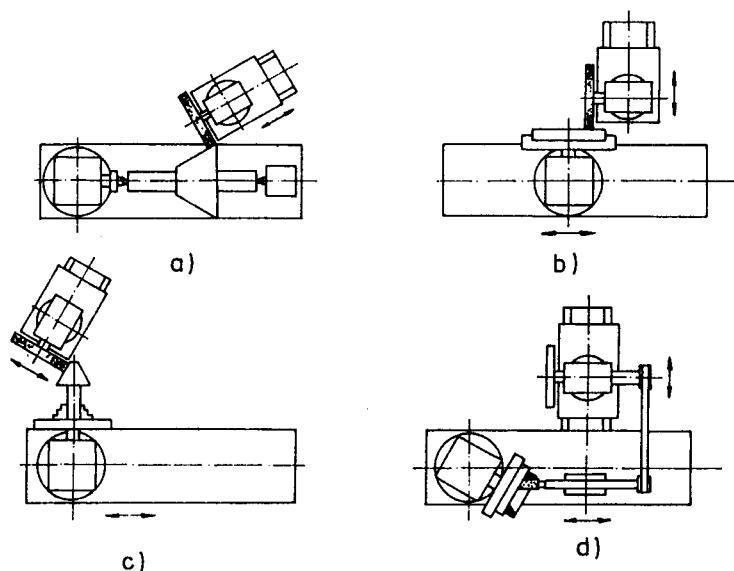
Obr.11.4 Hrotová brúska na brúsenie vonkajších rotačných plôch

- 1 - pracovný vretenník, 2 - pohon priečného posuvu, 3 - pohon brúsiaceho vretena,
- 4 - suport brúsiaceho vretníka, 5 - brúsiaci kotúč, 6 - NC riadenie,
- 7 - upínanie obrobku, 8 - koník, 9 - horný stôl, 10 - dolný stôl,
- 11 - pohon pozdĺžneho posuvu, 12 - lôžko stroja

Krátke rotačné plochy valcové, kužeľové alebo všeobecné (tvarové) možno brúsiť zapichovacím spôsobom, jedným alebo viacerými kotúčmi súčasne, obr.11.6. Tento spôsob je obzvlášť výkonný.

Na dosiahnutie pokojného chodu je vreteno poháňané klinovými remeňmi. Remenica je uložená na vretene na guľkových ložiskách. Pri práci medzi nehybnými hrotmi je vreteno zabezpečené proti otáčaniu a obrobok sa otáča unášačom spojeným s remenicou. Pri práci v skľučovadle alebo v klieštinách je skľučovadlo alebo klieštiny upevnené k vretenu.

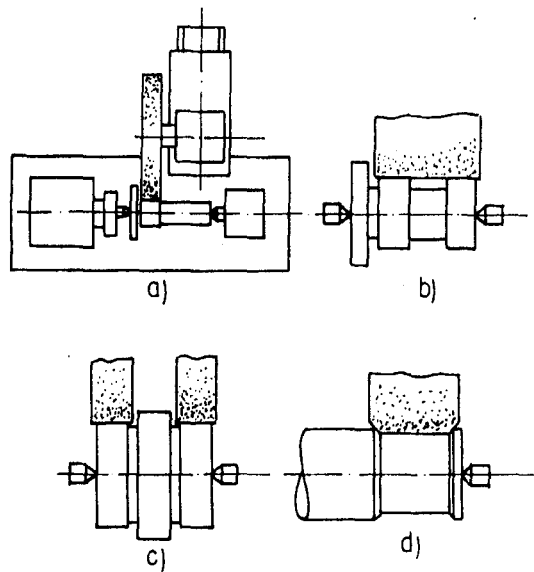
Brúsiaci vretenník je uložený na priečných saniach, otočných o  $60^\circ$ . Môže sa prestavovať ručným kolesom a skrutkou na saniach podľa priemeru brúseného obrobku. Na brúsenie dlhých kužeľov s veľkým vrcholovým uhlom má brúska špeciálny prístroj – je to krátky stôl, otočný na obe strany o  $60^\circ$ .



Obr.11.5 Práca na univerzálnej hrotovej brúske s natočenými vretenníkmi

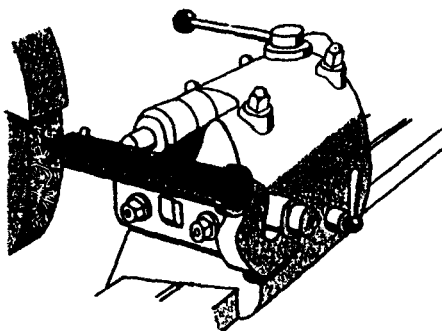
- a) brúsenie kužeľovej plochy natočením brúsiaceho vretenníka, ktorý sa súčasne posúva
- b) brúsenie čelnej rovinnej plochy natočením pracovného vretenníka; stôl sa posúva s obrobkom
- c) brúsenie vonkajšej kužeľovej plochy natočením pracovného vretenníka; stôl sa posúva s obrobkom
- d) brúsenie diery pomocou sklopného ramena s pomocným vretenom

Brúsiaci vretenník sa prisúva do záberu v jednej alebo oboch úvratiach. Ústrojenstvo pre prisuv musí byť hydraulicky zviazané s ústrojenstvom pre posuv stola.



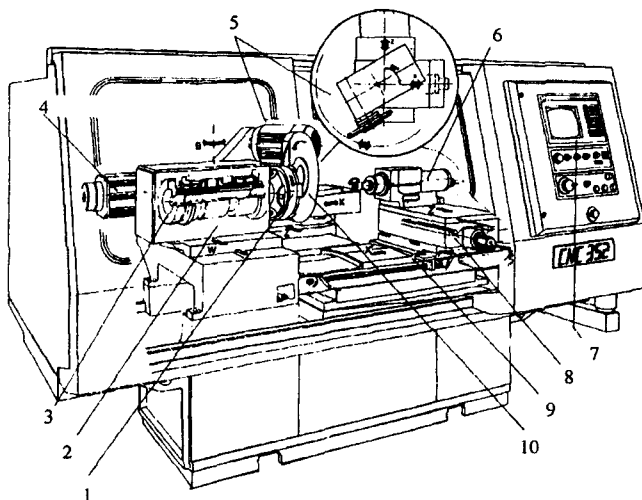
Obr.11.6 Zapichovacie brúsenie

Na obr.11.7 je znázornené orovnávacie zariadenie upevnené na koníku, ktorým sa pomocou diamantu orovnávajú brúsiace kotúče.



Obr.11.7 Zariadenie pre orovnávanie brúsiacich kotúčov

Na obr.11.8 je zobrazená univerzálna brúska na brúsenie vonkajších a tiež vnútorných rotačných plôch.

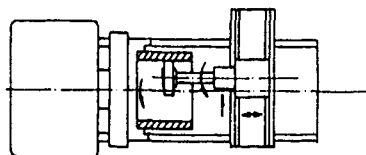


Obr.11.8 Univerzálna brúska na brúsenie vonkajších a vnútorných rotačných plôch

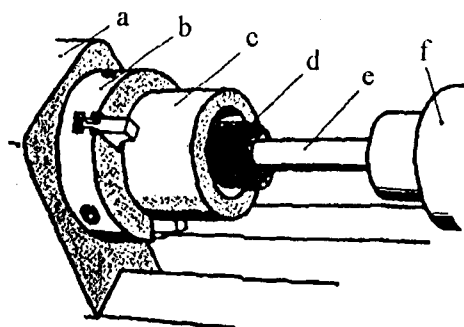
- 1 – upínacie puzdro, 2 – pracovný vretenník, 3 – pracovné vreteno,
- 4 – pohon pracovného vretena, 5 – výklopný brúsiaci vretenník s krížovým stolom na vonkajšie plochy, 6 – vreteno na brúsenie dier, 7 – NC riadenie,
- 8 – nastavenie pre brúsenie dier, 9 – krížový stôl vretenníka na diery,
- 10 – brúsiaci kotúč pre brúsenie vonkajších plôch

## 11.2 BRÚSKY NA DIERY

Brúsky na diery sú najčastejšie vo vyhotovení vodorovnom, obr.11.9. Na ľavej strane skriňového stojana stroja je umiestnený vretenník, ktorý sa dá obvyčajne natáčať okolo zvislej osi až o  $45^\circ$ , teda možno brúsiť aj kužeľové diery. Oproti pracovnému vretenníku je umiestnený brúsiaci vretenník. Brúsiaci vretenník, obr.11.10, má pozdĺžny aj priečny posuv (prísuv), čo je vhodné pre brúsenie veľkých a ťažkých kusov.



Obr.11.9 Schéma brúsky na diery



Obr.11.10 Hlavné časti brúsky na diery

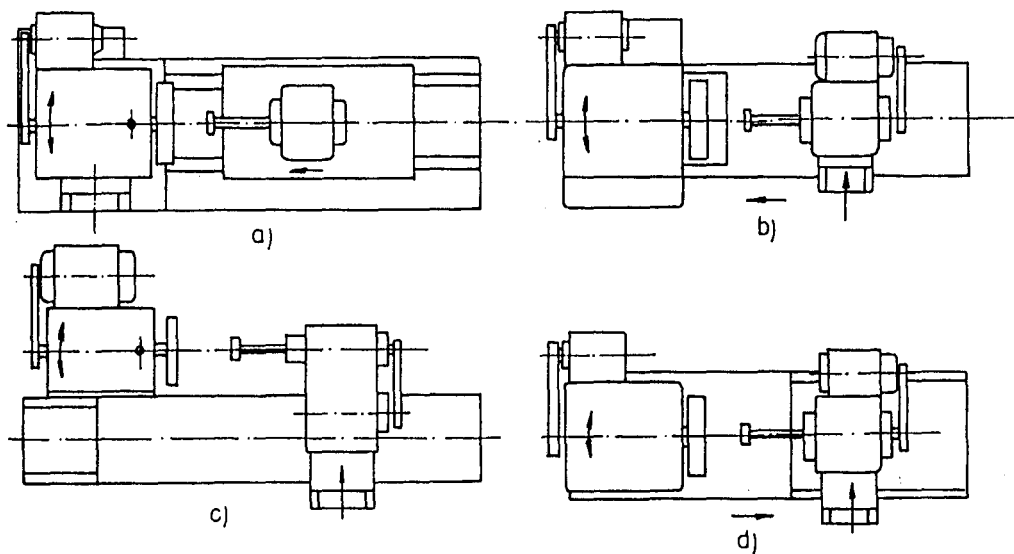
a – pracovný vretenník, b – skľučovadlo, c – obrobok, d – brúsny kotúč,  
e – brúsiace vreteno, f – brúsiaci vretenník

Aby sa zmenšilo trenie a zväčšila citlivosť prísuvu, sú vedenia valivé a posuv zvyčajne hydraulický. Brúsky na diery sa teraz vyrábajú ako samočinné, takže robotník len upína a sníma obrobky a spúšťa stroj.

Vretená na brúsenie dier musia mať vysoké počty otáčok, aby sa dosiahla vyžadovaná rezná rýchlosť brúsneho kotúča; na ich uloženie treba použiť osobitné ložiská pre 6 000 až 25 000, prípadne aj 200 000  $\text{min}^{-1}$ . Do 30 000  $\text{min}^{-1}$  sa vretená poháňajú remeničkou priamo z bežného elektromotora alebo cez zrýchľovaciu predlohu. Inokedy sa na dosiahnutie vysokého počtu otáčok používa vysokofrekvenčný elektromotor. Potrebný prúd sa vyrába v osobitnom generátore. Niekedy sa vreteno poháňa vzduchovou turbínkou na stlačený vzduch.

V konštrukcii brúsok na diery sú obvykle tieto obmeny:

- a) Natáčavý pracovný vretenník má prísuv; posuv vykonáva brúsiaci vretenník, obr.11.11a. Tento spôsob je vhodný na brúsenie dier v rotačných predmetoch stredného rozmeru.
- b) Natáčavý pracovný vretenník stojí; posuv i prísuv vykonáva brúsiaci vretenník, obr.11.11b. Podľa obr.11.11b je pracovný vretenník uložený na moste, pod ktorým sú na lôžku vodiace plochy pre sane s priečnym vedením brúsiaceho vretenníka. Vo vyhotovení podľa obr.11.11c je pracovný vretenník umiestnený za vodiacimi plochami pre sane brúsiaceho vretenníka. Tento spôsob je vhodný na brúsenie dier v rotačných obrobkoch veľkých rozmerov.
- b) Pracovný vretenník koná posuv, brúsiaci vretenník prísuv, obr.11.11d. Brúsiaci vretenník je uložený na moste, pod ktorým sú vodiace plochy pre sane pracovného vretenníka. Tento spôsob je vhodný na brúsenie dier v rotačných obrobkoch malých rozmerov.



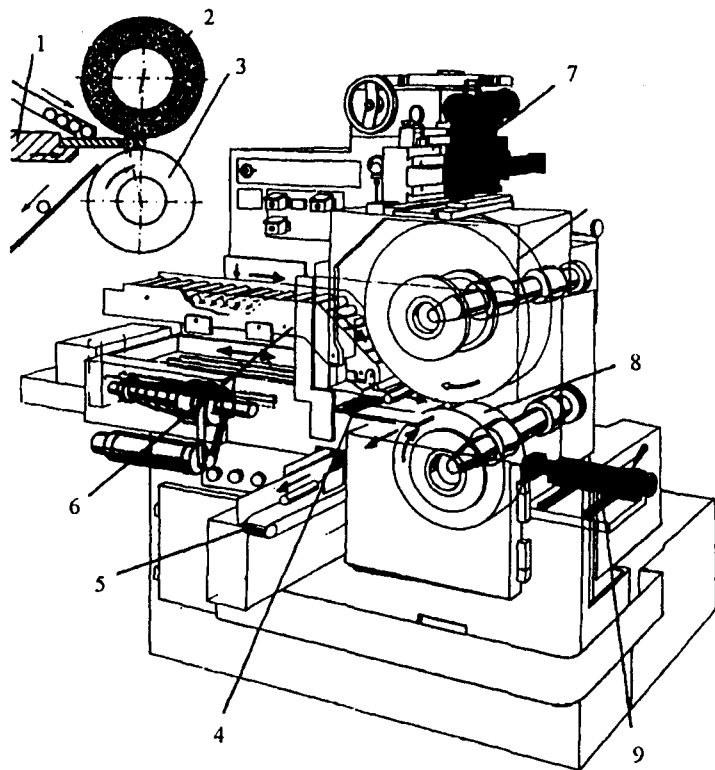
Obr.11.11 Základné typy brúsok na diery

- a) natáčavý pracovný vretenník má prísuv, brúsiaci vretenník má posuv
- b) natáčavý pracovný vretenník stojí, posuv i prísuv má brúsiaci vretenník
- c) pracovný vretenník je za vodiacimi plochami lôžka
- d) pracovný vretenník má posuv, brúsiaci vretenník má prísuv



### 11.3 BRÚSKY BEZHROTOVÉ

Na bezhrotových brúskach, obr.11.12 sa brúšia najmä hladké valcové súčiastky. Brúsený obrobok **K** je na nožovom pravítku **P**, obr.11.13a, z jednej strany sa opiera o otáčajúci sa podávací kotúč **V** a spredu je obrábaný brúsiacim kotúčom **B**.

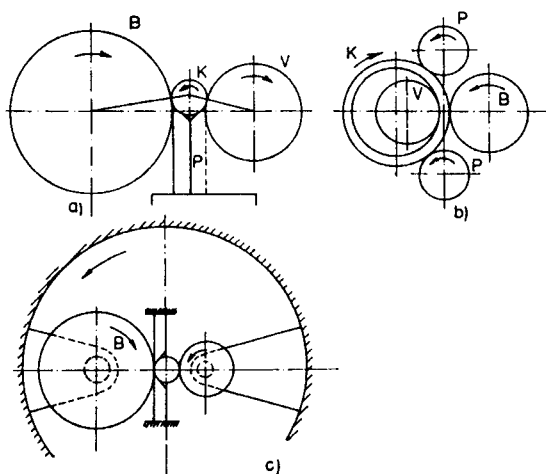


Obr.11.12 Bezhratová brúška

1 – posúvač, 2 – brúsiaci kotúč, 3 – podávací kotúč, 4 – nožové pravítko,  
5 – odvod obrobkov, 6 – prívod obrobkov, 7 – orovnávacie zariadenie  
brúsiaceho kotúča, 8 – brúsiaci kotúč, 9 – podávací kotúč, 10 – orovnávacie  
zariadenie podávacieho kotúča

Ak sa brúsi tenkostenný prstencový obrobok, je výhodnejšie, ak sa podoprie kotúčom **V** zvnútra a podáva sa dvoma podávacími kotúčmi **P**, obr.11.13b. Obrobok je unášaný podávacím kotúčom, a to trením, ktoré musí byť väčšie ako obvodová sila medzi brúsiacim

kotúčom a obrobkom. Podávací kotúč musí mať preto horšie rezné vlastnosti než brúsiaci kotúč (jemnejšiu zrnitosť). Súčiniteľ trenia medzi týmto kotúčom a oceľovým obrobkom býva 0,3 až 0,6. Keďže kolmý tlak medzi obrobkom a podávacím kotúčom je približne trikrát väčší ako sila na obvodě brúsiaceho kotúča, je obrobok dostatočne bezpečne unášaný. Vodiaci kotúč je skloniteľný pod uhlom 1 až 6°, a teda možno ním regulovať zároveň veľkosť pozdĺžneho posuvu. Ak je rýchlosť otáčania podávacieho kotúča  $v$ , bude rýchlosť otáčania obrobku daná vzťahom  $v_k = v \cdot \cos \alpha$  a rýchlosť pozdĺžneho posuvu  $v_o = v \cdot \sin \alpha$ . Pozdĺžny posuv možno dosiahnuť aj zošikmením pravítka, avšak práca pritom nebude presná. Rýchlosť otáčania brúsneho kotúča je asi 2000 ot/min.



Obr.11.13 Základné princípy bezhrotového brúsenia

- a) brúsenie tyče
- b) brúsenie vonkajšieho obvodu krúžku
- c) brúsenie čapu telesa

Bezhrotové brúsky sa používajú pri sériovej a najmä hromadnej výrobe, napr. pri výrobe valivých ložísk, streliva atď.

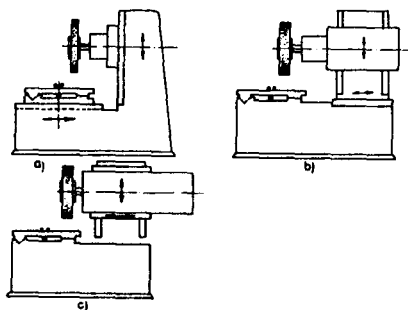
Vodiace lišty sú obyčajne z rýchloreznej ocele, alebo majú hrany zo spekaného karbidu. Aby mali hladný povrch, vyrábajú sa zo sivej alebo očkovanej liatiny..

Treba mať na pamäti, že pravítka sa rýchle opotrebojú a treba ich častejšie vymieňať a nastavovať.

## 11.4 ROVINNÉ BRÚSKY VODOROVNÉ

Vodorovná rovinná brúska (s vodorovným vretenom) má na pozdĺžnom lôžku vedenie pre priamočiare sane, ktoré majú pozdĺžne vedenie pre stôl s upínacími drážkami, obr.11.14. Drobné súčiastky sa upínajú na magnetickej doske upevnenej na stole. Inak sa súčiastky upínajú do strojových zverákov alebo rôznych prípravkov. Na moderných strojoch je pozdĺžny posuv hydraulický. Rýchlosť pracovného stola býva plynulo nastaviteľná, a to od nuly do 20 m/min, prípadne viac. Priečne sane sa posúvajú v úvrtiach pozdĺžneho pohybu skokom, najviac o 3 až 5 mm. Pri priečnom prísuve ručným kolieskom možno dosiahnuť presnosť 1/100 mm i väčšiu. Zvislý aj nastavovací pohyb a prísuv do rezu koná brúsiaci vretenník, uložený na vedení zvislého stojana, ktorý je pripojený vzadu k lôžku. Ručné nastavenie a zvislý prísuv sa dosiahne ručným kolieskom, a to s presnosťou 1/100 mm a väčšou. Okrem toho majú tieto stroje motor pre rýchly pohyb vretenníka nahor a nadol.

Na brúske na obr.11.14a je brúsne vreteno spojené priamo s hriadeľom elektromotora. Pre prípadnú zmenu otáčok (počtu otáčok) je vhodnejšie, ak je motor oddelený a poháňa vreteno klinovými remeňmi alebo tkaným pásom. Na väčších strojoch je výhodnejšie, ak má stôl vedenie priamo na lôžku. Priečny posuv potom koná buď stojan s vretenníkom, obr.11.14b, alebo brúsiaci vretenník, obr.11.14c.



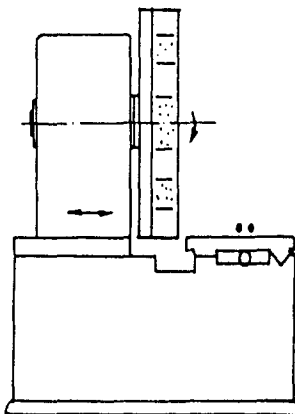
Obr.11.14 Základné typy vodorovných brúsok

- a) s priečne posuvným stolom
- b) priečne posuvným stojanom
- c) s priečne posuvným brúsiacim vretenníkom

Pri brúsení za sucha sa k stroju pripája odsávacie zariadenie a čistič vzduchu. Pri brúsení s chladením má stroj osobitnú nádrž a odstredivé čerpadlo na reznú kvapalinu.

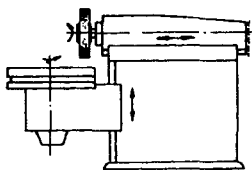
Dvojité (zdvojené) vodorovné brúsky majú na spoločnom lôžku oproti sebe dva vretenníky a brúsia sa na nich súčasne obrobky, ktoré sa medzi kotúče vkladajú ručne alebo samočinným, prípadne otočným zariadením.

Iný typ vodorovných brúsok s vodorovným vretenom pracuje čelom brúsneho kotúča veľkého priemeru, ktorý je uložený veľ'a stola, obr.11.15. Prísuv v smere osi vretena má stojan s vretenníkom. Stroje tohto typu sú vhodné na brúsenie plôch kolmých na plochu skôr obrobenu, ktorou sa obrobok nastavuje na stole. Menšie obrobky sa upínajú na uhlových doskách. Dĺžka stola dosahuje až 6500 mm, šírka až 800 mm.



Obr.11.15 Vodorovná brúska rovinná pracujúca čelom brúsneho kotúča

Na brúsenie menších súčiastok je určená brúska s vodorovným vretenom, ktoré je uložené v šmykadle, obr.11.16. Kruhový upínací stôl je otočný okolo zvislej osi a je vytvorený ako magnetická doska. Priemer stola je 300 až 750 mm. Po celom obvode stola sa upne väčší počet súčiastok naraz. Brúsiaci kotúč postupuje pomaly od okraja otáčajúceho sa stola k jeho stredu a späť. Moderné stroje tohto druhu sú zariadené pre samočinnú plynulú prácu. Stôl má magnety len na časti svojho obvodu. Súčiastky sa samočinne zosúvajú na stôl, magnety ich pritiahnu k stolu, ktorý ich unáša pod brúsiaci kotúč. Hotové obrobky sa zhŕňajú zo stola pravítkom.



Obr.11.16 Vodorovná brúska rovinná s otočným stolom

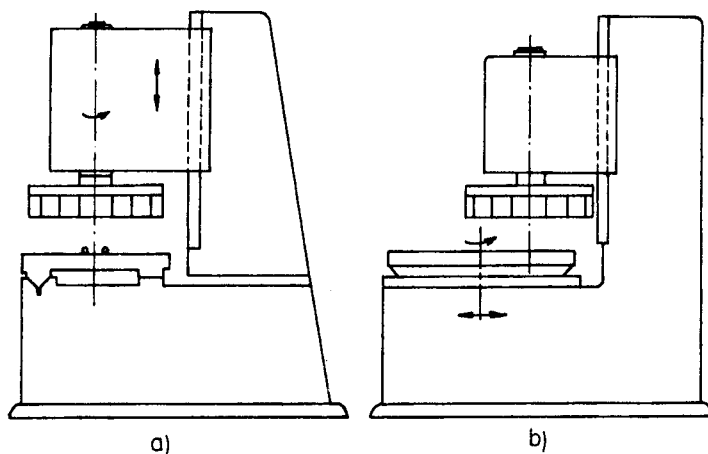
## 11.5 ROVINNÉ BRÚSKY ZVISLÉ

Najmenšie rovinné brúsky zvislé majú obdĺžnikový stôl uložený na priečnych saniach, podobne ako vodorovné rovinné brúsky. Nad stolom je hlava s brúsnym kotúčom pripevnená na stojane priľahlom k lôžku. Väčšie rovinné brúsky majú stôl uložený priamo na pozdĺžnom vedení lôžka; ich brúsiaci kotúč je takého priemeru, aby obsiahol celú šírku stola, obr.11.17a. Takéto brúsky majú motor s výkonom viac ako 22 kW. Menšie brúsiace kotúče majú obvykle prstencový tvar, inak sú spravidla segmentové. Obsluhovacie elementy sú sústredené uprostred na prednej strane stojana, takže stroj možno ľahko ovládať.

Na brúsenie veľkých súčiastok sa používajú rovinné brúsky s pevným upínacím stolom. Stojan, na ktorom je brúsiaci vretenník, je uložený na saniach na pozdĺžnom vedení lôžka, teda stroj je krátky.

Brúsiaci vretenník možno pomocou nastavovacích skrutiek mierne vykloniť zo zvislej polohy. Ak brúsime kolmým vretenom, stýka sa brúsiaci kotúč s obrobkom po celom obvode a na brúsenej ploche vzniká krížová kresba. Pri natočení vretenníka brúsi kotúč len časťou obvodu, teda na brúsenej ploche vzniká jednoduchá kresba rovnobežných kruhových oblúkov. Brúsená plocha je potom do istej miery vydutá (ak je to prípustné), zato však brúsenie je podstatne ľahšie.

Zvislé brúsky s otočným stolom sa používajú na hromadné brúsenie malých súčiastok, obr.11.17.b. Ako otočný stôl majú kruhovú magnetickú dosku otočnú okolo zvislej osi. Zvislý vretenník je zvisle prestaviteľný po vedení mohutného stojana a má obvykle zariadenie pre



Obr.11.17 Základné typy zvislých rovinných brúsok

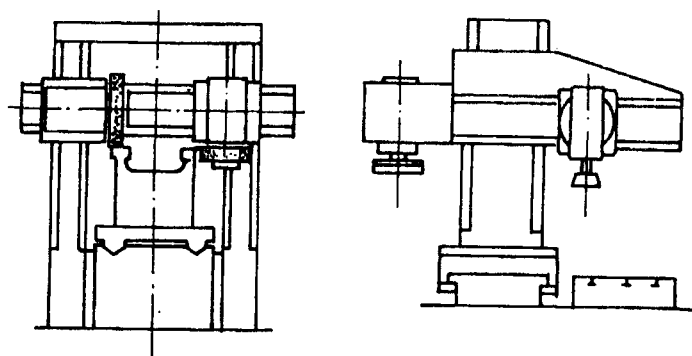
- a) s pozdĺžnym posuvom stola
- b) s otočným stolom

malé natočenie. Brúsené súčiastky sa nastavujú na magnetickej doske tak, aby ich plochy tvorili takmer súvislý povrch a opierali sa navzájom o seba, a tým zabezpečili svoju polohu. Hrúbka obrúsených súčiastok sa obyčajne kontroluje odchýlkomerom. Brúsky tohto typu majú niekedy dve brúsiace vretená, a to jedno pre hrubovanie a druhé pre prácu na čisto.

Brúsky na vodiace plochy sa vyrábajú v dvoch vyhotoveniach - s pohyblivým stolom a s pohyblivým stojanom.

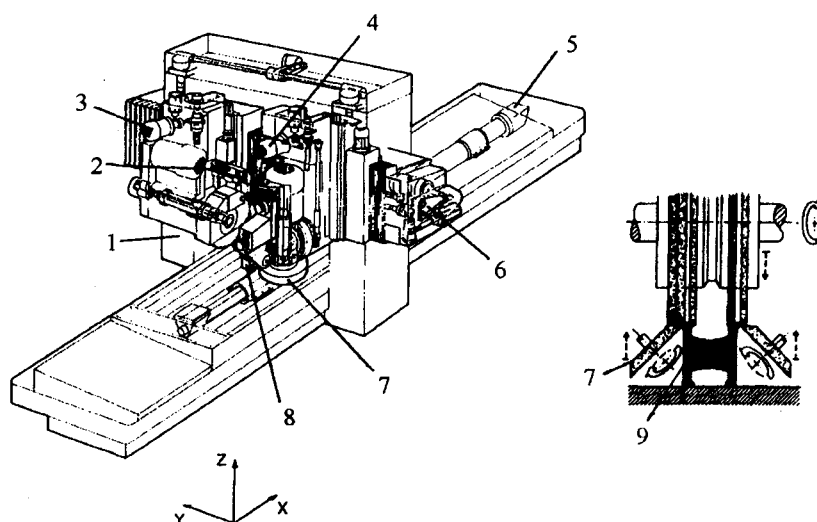
Stroje prvého typu sa vyrábajú dvojstojanové a jedno stojanové. Dvojstojanové stroje brúsia obyčajne obodom brúsiaceho kotúča, obr.11.18. Sú veľmi tuhé a pracujú presne. Ich nevýhodou je značná stavebná dĺžka, ktorá sa rovná približne dvojnásobnej dĺžke najväčšieho obrobku. Je vhodná pre súčiastky malých dĺžok, asi 3 až 4 m.

Stroje s pohyblivým stojanom, obr.11.18, sú kratšie, a preto sú vhodné na brúsenie lôžok väčších dĺžok, asi 7 až 8 m. Pracujú čelom brúsiaceho kotúča. Niektoré modely majú rameno predĺžené na druhú stranu stojana; na tomto ramene je brúsiaci vretenník so segmentovým brúsiacim kotúčom veľkého priemeru, ktorým možno naraz brúsiť obe vodiace plochy, ak sú v jednej rovine.



Obr.11.18 Brúsky na vodiace plochy lôžok - dvojstojanová s posuvným stolom a  
jednostojanová s posuvným stojanom

Na obr.11.19 je konštrukčné vyhotovenie viacvretenovej brúsky na brúsenie vodiacich  
plôch s pohonom stola.



Obr.11.19 Konštrukčné vyhotovenie brúsky na brúsenie vodiacich plôch

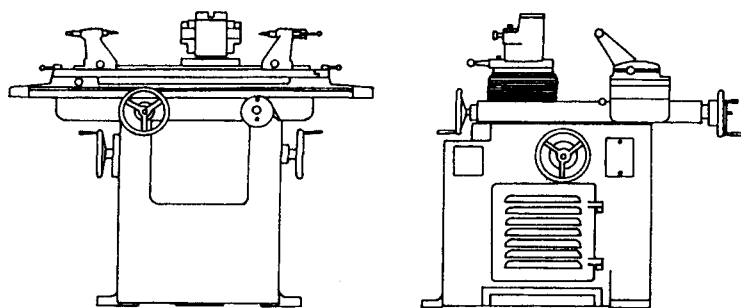
- 1 – brúsiaci suport, 2 – orovnávacie zariadenie, 3 – nastavenie brúsiaceho suporta,  
4 - zvislé prestavenie univerzálneho brúsiaceho suporta, 5 – pohon pozdĺžneho  
posuvu, 6 – priečny posuv, 7 – výklopná univerzálna brúsiaca hlava,  
8 – orovnávacie zariadenie, 9 – obrábané lôžko stroja

## 11.6 NÁSTROJÁRSKE BRÚSKY

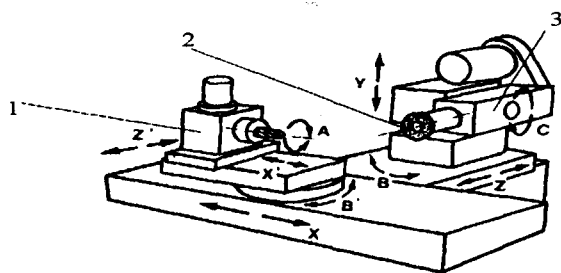
Stroje sú charakteristické väčším počtom translačných a rotačných osí (až 9), aby bolo možné naostriť aj nástroje so zložitým tvarom a geometriou. Brúsený nástroj (fréza, výstružník) sa upína medzi hroty koníkov alebo do vretena pracovného vretenníka.

Univerzálna nástrojárska brúška na obr.11.20 má na stojane vedenie pre priamočiarsane, na ktorých je pozdĺžne valivé vedenie pre dvojité stôl. Horná časť stola sa otáča o  $360^\circ$  okolo zvislej osi; okrem toho možno stôl natáčať o  $90^\circ$  podľa jemnej stupnice na brúsenie kužeľových plôch, obr.11.21.

U starších konštrukcií je brúsiace vreteno poháňané nekonečným tkaným pásom od dvostupňového motora s  $2800$  a  $1400 \text{ min}^{-1}$  a prevodom sa získa  $3800$  a  $5600 \text{ min}^{-1}$ . Brúsiace kotúče sa dajú upínať na oba konce vretena. Vretenník je na stĺpe a dá sa zdvíhať a natáčať o  $350^\circ$  podľa stupnice. Moderné stroje s číslícovým riadením majú plynulú zmenu otáčok.



Obr.11.20 Nástrojárska brúška



Obr.11.21 Kinematika nástrojárskej brúsky.

1 – pracovný vretenník, 2 – brúsiaci kotúč, 3 – brúsiaci vretenník

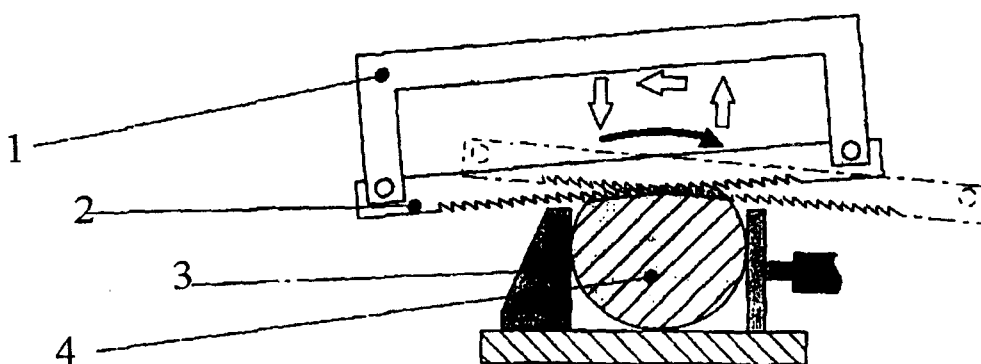


## 12. PÍLY STROJOVÉ NA KOVY

Podľa konštrukcie delíme píly na rámové, kotúčové a pásové.

### 12.1 PÍLY RÁMOVÉ

Sú určené k rozrezávaniu kovových tyčí rôznych profilov, rúrok a pod. Uplatňujú sa najmä v menších dielňach, nárad'ovniach a skladoch materiálu. Rám s pílovým listom je posuvne uložený vo výkyvnom ramene. Na obr.12.1 je znázornený princíp rámovej píly. Vykonáva vratný pohyb, odvodený od kľukového mechanizmu poháňaného klinovým remeňom od elektromotora. Dvojstupňové remenice umožňujú nastaviť dve rôzne rezné rýchlosti. Rameno sa sklápa hydraulicky a pri spätnom pohybe rámu píly je nadľahčované. Počas rezania stúpa kontinuálne prítlačná sila, vyvudzovaná sklápaním ramena. Po dorezaní



Obr.12.1 Princíp rámovej píly

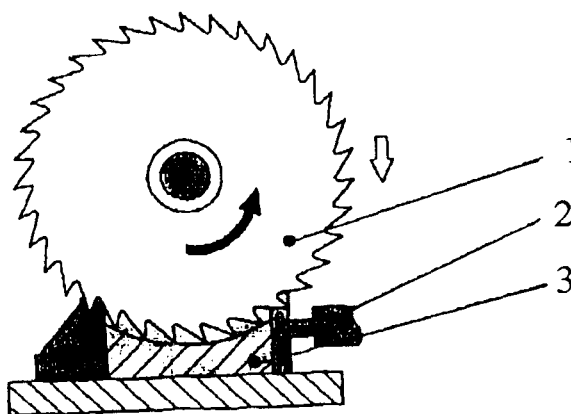
1 – rám, 2 – pílový list, 3 – strojový zverák, 4 – delený materiál

sa rameno samočinne vráti do hornej polohy. Rezaný materiál sa upína do strojového zveráka. Pri rezaní materiálu pod rôznym uhlom sa čeľuste zveráka natočia pod príslušným uhlom. Dĺžka rezu sa nastavuje sklopným dorazom. Stroj má chladiace zariadenie s čerpadlom.

Ako zvláštne príslušenstvo sa dodávajú výmenné čeľuste pre upínanie materiálu vo zväzkoch a stojany k podopieraniu tyčí. Maximálne rozmery rezaného materiálu kruhového prierezu sa pohybujú do Ø500 mm a štvorcového prierezu do 270x270mm. Zdvih rámu býva v rozmedzí 140 až 200 mm a počet dvojzdvihov pílového listu od 60 do 100 za minútu podľa veľkosti stroja.

## 12.2 PÍLY KOTÚČOVÉ

Sú zvlášť vhodné k rozrezávaniu ocelových tyčí na krátke kusy s kolmým rezom. Uplatňujú sa v menších závodoch. Vreteník je zvisle posuvný na dvoch stĺpoch stojana. Vreteno s pílovým kotúčom je poháňané elektromotorom cez štvorstupňovú prevodovku.



Obr.12.2 Princíp kotúčovej píly

1- pílový kotúč, 2 – strojový zverák, 3 – delený materiál

Posuv vreteníka do rezu, spätný rýchloposuv vreteníka a upínanie tyče vo zveráku sú ovládané hydraulicky. Posuv vreteníka do rezu je plynule meniteľný. Pílový kotúč pri pohybe

vreteníka smerom dole odreže tyč v dĺžke nastavenej narážkou. Po odrezaní tyče sa vreteník samočinne vráti rýchloposuvom do hornej polohy. Princíp stroja je zobrazený na obr.12.2.

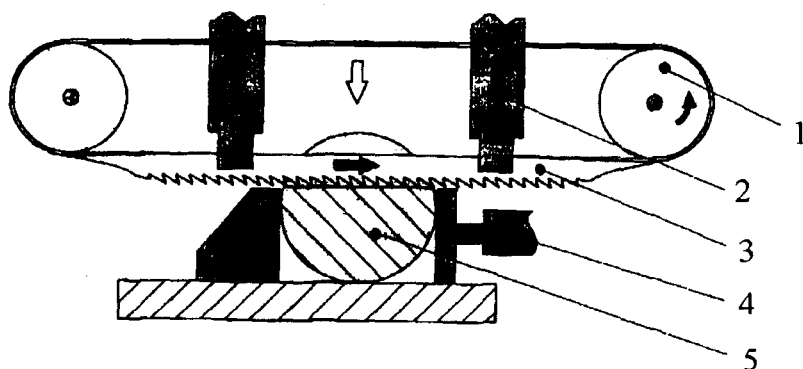
Stroje je možné aj dodatočne doplniť lôžkom so zariadením na podávanie rezanej tyče a zmeniť tak poloautomatický cyklus na automatický.

Najväčšie rozmery rezaných tyčí kruhového prierezu nad  $\varnothing 110$  mm, štvorcových do rozmeru 110x110 mm a obdĺžnikových do 130x150 mm. Priemer pílového kotúča býva cca 360 mm. Pri malých posuvoch sa dosahuje rezná rýchlosť do 1200 m/min.

### 12.3 PÍLY PÁSOVÉ

Tieto pily sú vhodné pre delenie materiálu veľkých prierezov. Stavajú sa v horizontálnom vyhotovení, v poslednom čase ako CNC stroje pre veľké priemery deleného materiálu, od 600 do 2000 mm. V súčasnosti patria medzi najvýkonnešie stroje tohoto typu. Pílový pás, ktorý unášajú hnacia a napínacia kladka v horizontálnej polohe musí byť privádzaný do miesta rezu v rovine vertikálnej a miesta rezu vrátený naspäť do roviny horizontálnej. Toto zabezpečujú vodiace lišty pred a za miestom rezu.

Princíp pásovej pily je na obr.12.3.

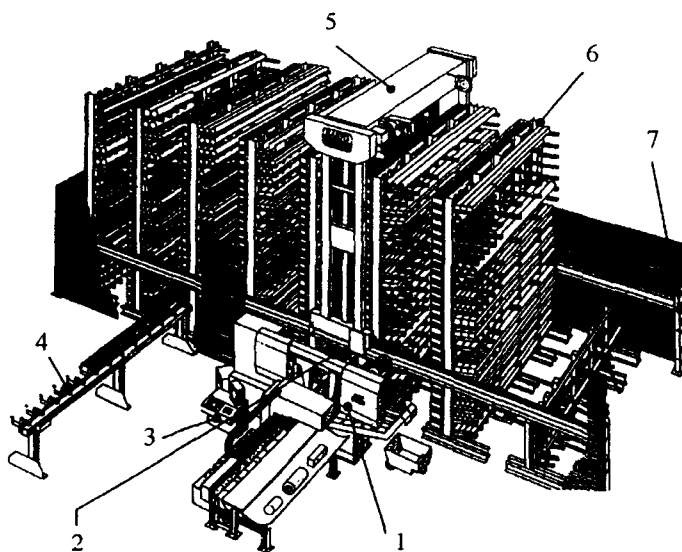


Obr.12.3 Princíp pásovej pily

- 1 – hnacia kladka, 2 – vedenie, 3 – pílový pás, 4 – strojový zverák,
- 5 – delený materiál

## 12.4 CENTRÁ PRE DELENIE MATERIÁLU

Vysokovýkonný rezací stroj v kombinácii s regálom a regálovým zakladačom paliet a tyčového materiálu, tzv. centrum pre delenie materiálu, umožňujú flexibilnú a plne automatizovanú manipuláciu s materiálom. Vstupná stanica pre tyčový materiál a výstupná stanica pre narezaný materiál uložený na paletách sú obsluhované NC regálovým zakladačom, ktorý materiál triedi, uskladňuje a vyskladňuje, obr.12.4. Píla je obsluhovaná rýchlym manipulačným zariadením pre podávanie tyčového materiálu do stroja. Riadiaci počítač eviduje kvalitu, rozmery a uskladnené množstvo polotovarov - ešte nedelených tyčí a tiež narezaného materiálu.



Obr.12.4 Centrum pre delenie materiálu

1 – CNC píla, 2 – zariadenie pre rýchlu výmenu, 3 – centrálny riadiaci pult,  
4 – vykladacia stanica paliet, 5 – regálový zakladač, 6 – regálový sklad tyčového  
materiálu a paliet, 7 – ochranný plot so svetelnou závorou,

## 13. ŠPECIÁLNE OBRÁBACIE STROJE

Medzi špeciálne obrábacie stroje zaraďujeme stroje určené pre rôzne spôsoby výroby špeciálnych plôch ako pretľahovanie a pretlačovanie, stroje na obrábanie ozubených kolies.

### 13.1 PREŤAHOVACIE A PRETLAČOVACIE STROJE

Na pretľahovacích strojoch (ďalej **pretľahovačky**) a pretlačovacích strojoch sa obrábajú vnútorné a vonkajšie plochy rôznych tvarov viaczerným nástrojom, tzv. pretľahovacím resp. pretlačovacím trňom. Nástroj vykonáva len priamočiary hlavný rezný pohyb. Ojedinele sa vyskytujú tiež nástroje, na ktorých sa vykonáva pohyb kruhový, a tiež stroje, na ktorých je nástroj v pokoji a pohybuje sa obrobok. Stroj je teda z hľadiska pracovných pohybov pomerne jednoduchý, a preto možno na ňom dosiahnuť veľkú presnosť, vysokú kvalitu obrobeného povrchu a veľkú výkonnosť. Princíp vnútorného pretľahovania je znázornený na obr.13.1.

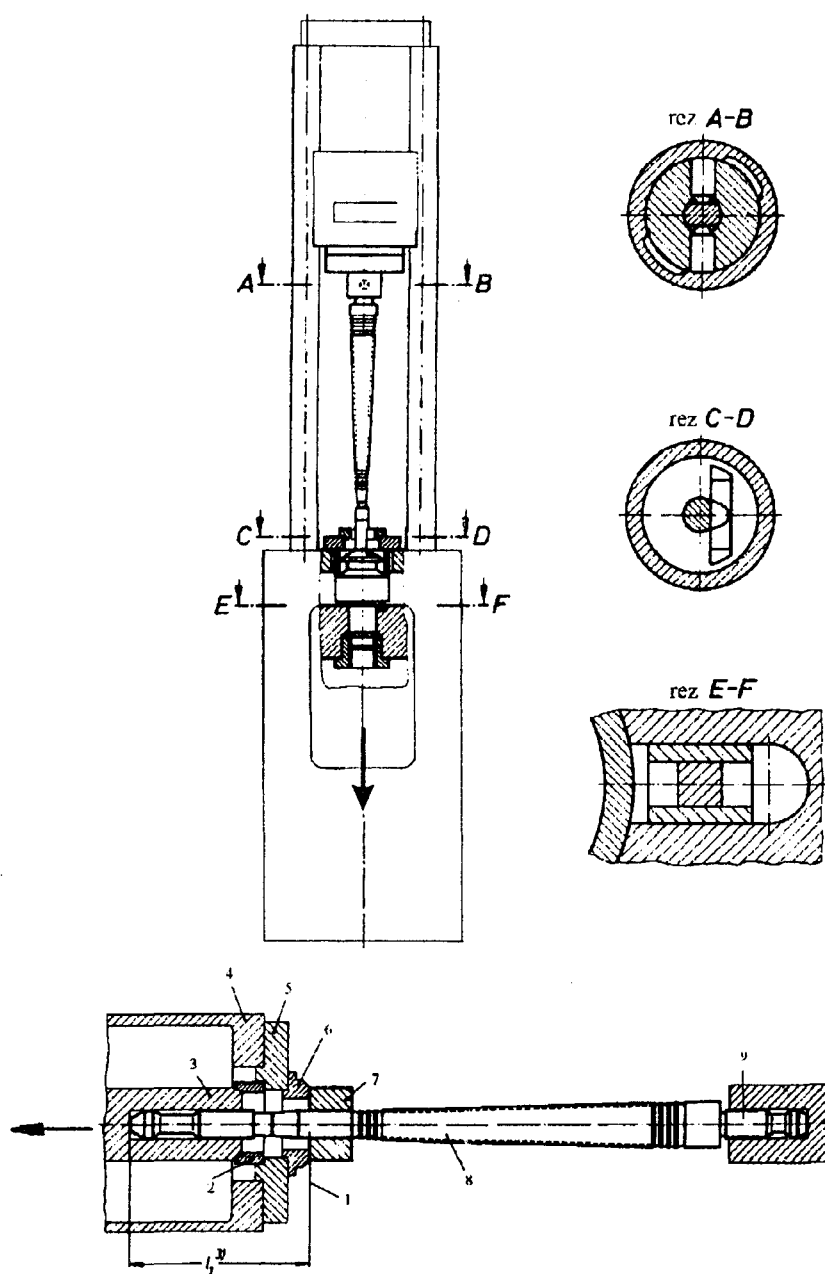
Pretľahovačky sa rozdeľujú podľa smeru rezného pohybu na **vodorovné** a **zvislé**, obr.13.2; podľa druhu práce na **vonkajšie** a **vnútorné** na pretľahovanie vonkajších a vnútorných plôch a tiež na pretlačovanie.

Hlavné časti pretľahovačky sú: ústrojenstvo rezného pohybu (hydraulické alebo ozubený hrebeň), nástrojové sane, zariadenie na upínanie obrobku, riadiace ústrojenstvo, stojan a chladiace zariadenie.

Veľkosť pretľahovačiek sa určuje najväčšou prietaznou silou, t. j. silou, ktorá pôsobí na pretľahovací trň, a udáva sa v tonách.

#### 13.1.1 PRACOVNÝ CYKLUS

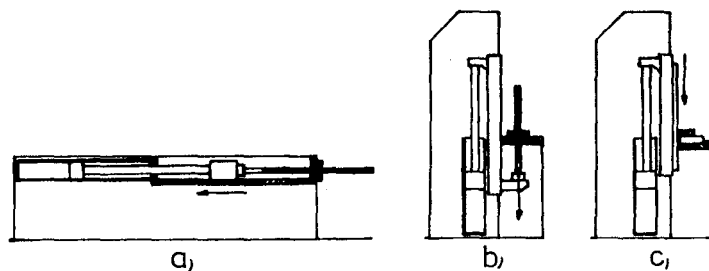
Pri vnútornom pretľahovaní sa stopka pretľahovacieho trňa prevlečie predvrtanou dierou v obrobku až do upínacej hlavice nástrojových saní, v ktorej sa upne. Potom nasleduje



Obr.13.1 Princíp vnútorného pret'ahovania

- 1 - oporná plocha pre obrobok, 2 - pripojovací krúžok, 3 - držiak stopky,  
 4 - teleso stroja, 5 - upínacia doska, 6 - prípravok, 7 - obrobok, 8 - pret'ahovací trň,  
 9 - zadné vedenie

pracovný pohyb saní, pri ktorom sa obrobok pretiahne. Hotový obrobok sa vytiahne, nástrojové sane sa vrátia späť do východiskovej polohy, pret'ahovací trň sa uvoľní a vyberie z upínacej hlavice, obr.13.3.



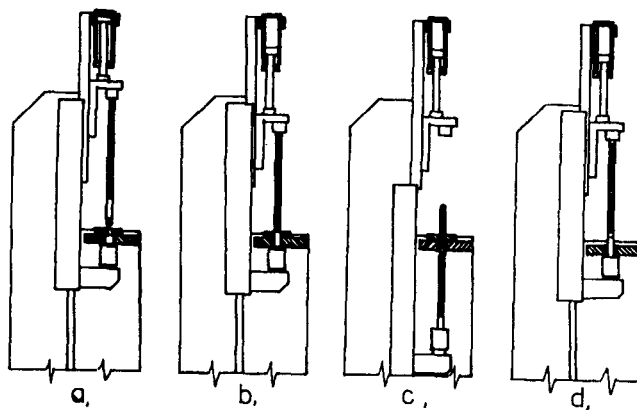
Obr.13.2 Hlavné druhy pret'ahovačiek

a - vodorovná – 1 – hydraulický valec, 2 – nástrojové sane, 3 - obrobok,

4 – pret'ahovací trň

a) zvislá vnútorná,

c) zvislá vonkajšia



Obr.13.3 Pracovný cyklus zvislej vnútornej pret'ahovačky s podávačom pret'ahovací trňa

a) vloženie pret'ahovacieho trňa

b) podanie pret'ahovacieho trňa

c) pret'ahovanie,

d) spätný zdvih

Pomocné úkony (prevlečenie pret'ahovacieho trňa, jeho upnutie, uvoľnenie a vybratie z upínacej hlavice) sa robia buď ručne, alebo sú mechanizované podávacím zariadením a samočinnou upínacou hlavicom. Na zvislých strojoch je pret'ahovací trň vo východiskovej polohe zavesený v podávacej hlavici, ktorej čeluste sa pružinami zatláčajú do drážky v zadnom konci pret'ahovacieho trňa. Pohyb podávacej hlavice býva ovládaný hydraulicky a je synchronizovaný s pohybom nástrojových saní.

Pri vonkajšom pret'ahovaní je pret'ahovací trň trvale upevnený na nástrojových saniach. Obrobok sa upína na pracovné sane, a to v ich odsunutej polohe (polohe upínacej), zatiaľ čo nástroj sa pohybuje späť. Sane s upnutým obrobkom sa prisúvajú k nástroju do pracovnej polohy danej presným nastavením narážky, zabezpečia sa v nej a nástroj vykoná pracovný zdvih. Pred spätným pohybom nástroja sa sane odsunú, aby sa obrobená plocha trením o zuby nástroja nepoškodila a rezné hrany nástroja neotupili.

Stojan stroja je liaty alebo častejšie zváraný z oceľových plechov. Tvorí tuhý rám, ktorý zachytáva značné sily pôsobiace pri pret'ahovaní. Má vedenie (obvykle z oceľových kalených líšt) pre nástrojové sane, na zvislých pret'ahovačkách vonkajších tiež vedenie pre pracovné sane, na ktorých sa upína obrobok. Vo vnútri stojana je uložené ústrojenstvo pre pohon stroja alebo nádrž na reznú kvapalinu a olej pre hydrauliku.

### **13.1.2 TYPY PREŤAHOVÁČIEK**

#### **13.1.2.1 Vodorovné pret'ahovačky**

Stroje tohto typu sú na obr.13.2a. Zväčša sa používajú na vnútorné pret'ahovanie, ale možno nimi pret'ahovať aj vonkajšie povrchy. Nástrojové sane majú tvar krátkeho šmýkadla, spojeného priamo s piestnicou hydraulického valca. Pri práci s ťažkými a veľkými pret'ahovacími trňmi sa podávanie nástroja čiastočne mechanizuje použitím vozíka alebo pracovných saní, ručne posuvných na osobitnom vedení (žľabe) upevnenom k čelnej opornej ploche stroja. Podávanie môže byť aj automatické (elektricky alebo hydraulicky). Tieto pomocné sane majú niekedy za úlohu podopierať voľný koniec dlhého pret'ahovacieho trňa, čím sa zabezpečí presná a čistá práca. Stroje sa vyrábajú najmä v jednoduchom vyhotovení, výnimočne vo vyhotovení dvojitom, kde dvojce nástrojové sane so samostatnými pracovnými valcami vedľa seba pracujú striedavo.

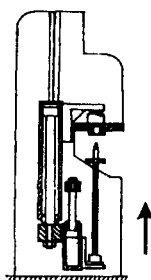


### 13.1.2.2 Zvislé pret'ahovačky

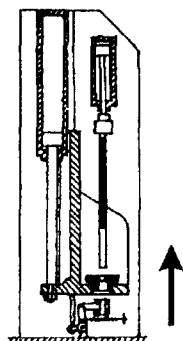
Pret'ahovačky pre vnútorné pret'ahovanie majú obvykle takú konštrukciu, pri ktorej pret'ahovací trň koná rezný pohyb ťahom zhora nadol, zriedka ťahom nástroja zdola nahor, obr.13.4. Nevýhodou pritom je namáhavé vkladanie a upínanie obrobku, ktorý sa pri práci opiera o opornú dosku zdola. Preto treba použiť vhodný nakladací prípravok. Výhodou je, že pret'ahovať je podávacou hlavou len podopieraný, teda odpadá jeho zadný upínací driek a nástroj je kratší. Výhodné je vyhotovenie, pri ktorom pret'ahovací zdvih koná obrobok a pret'ahovací trň len podávací pohyb, obr.13.5. Obrobok sa kladie na stôl upevnený na zvislých pret'ahovacích saniach, a to v ich dolnej polohe, teda robotník má k pracovisku dobrý prístup a nie sú potrebné zvýšené stanoviská ako pri ostatných typoch strojov s väčšími zdvihmi. Pret'ahovací trň je pri práci nehybný, je upnutý v dolnej zádržnej hlavici a vedený hornou podávacou hlavicom. Pri hornej polohe pret'ahovacích saní sa podávacia hlavica zdvihne, aby neprekážala samočinnému vybratiu hotového obrobku, pôsobením vyhadzovača. Upínanie a uvoľňovanie pret'ahovacieho trňa v dolnej hlavici obstaráva nárážka pret'ahovacích saní.

### 13.1.2.3 Univerzálne pret'ahovačky

Umožňujú vnútorné a vonkajšie pret'ahovanie a aj pretláčanie. Pre vnútorné pret'ahovanie sa na stroj upevní podávacie zariadenie pret'ahovacieho trňa a na dolný koniec nástrojových saní hlavica pre upnutie pret'ahovacieho trňa. Na upínací stôl sa upevní oporná doska. Pri pretláčaní sa upevní hlavica pre upnutie nástroja na horný koniec nástrojových saní. Pri vonkajšom pret'ahovaní sa upevňuje pret'ahovací trň priamo na upínaciu plochu nástrojových saní a na stôl sa upevnia sane pre upnutie obrobku.



Obr.13.4 Schéma zvislej vnútornej pret'ahovačky s pracovným zdvihom pret'ahovacieho trňa smerom nahor, 1 – pret'ahovacia hlavica, 2 – podávacia hlavica



Obr.13.5 Schéma zvislej vnútornej pret'ahovačky s pracovným zdvihom obrobku smerom nahor

#### 13.1.2.4 Vonkajšie pret'ahovačky

Vyrábajú sa v jednoduchom i dvojitom vyhotovení, obr.13.2c. Pohyb pracovného stola s obrobkom sa ovláda zväčša hydraulicky. Dvojité pret'ahovačky majú na spoločnom stojane vedľa seba dvojce nástrojové sane a na stole dvojce pracovné sane pre upnutie obrobku. Zatiaľ čo jedny nástrojové sane konajú pracovný zdvih smerom nadol, druhé sane sa pohybujú po vykonanej práci rovnakou rýchlosťou späť nahor. Pracovné sane s obrobkom sa pohybujú tiež striedavo. Kým jedny sane sú odsunuté a upína sa na ne obrobok, druhé sane sú v pracovnej polohe prisunuté k nástroju a obrobok sa pret'ahuje. Skrátí sa tým upínací čas a zvýši produktivita práce. Pracovný cyklus je automatický, stroj pracuje ako poloautomat (robotník upína a sníma obrobky).

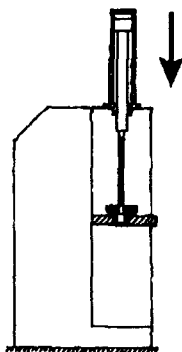
#### 13.1.2.5 Pretláčacie stroje - hydraulické lisy

Sú to jednoduché stroje vhodné na obrábanie vnútorných plôch pretlačovacím trňom, obr.13.6. Nástroj sa neupína a na jeho čelo pôsobí priamo tlak piestnej tyče pracovného valca.

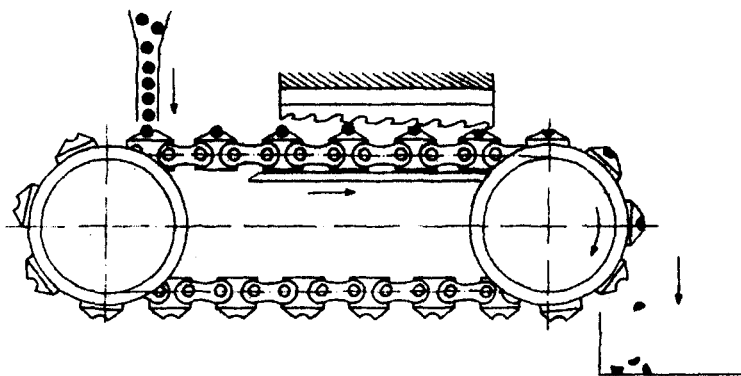
#### 13.1.2.6 Ret'azové pret'ahovačky

Princíp práce ret'azovej pret'ahovačky je na obr.13.7. Na obr.13.8 je znázornená ret'azová pret'ahovačka s nepretržitým pohybom obrobku. Na týchto pret'ahovačkách koná nepretržitý pohyb ret'az, na článkoch ktorej sú upevnené prípravky s obrobkami. Obrobky

prechádzajú v určitom úseku svojej dráhy pod pret'ahovacím nástrojom. Ich vzdialenosť od nástroja je zabezpečená opornou plochou, po ktorej sa reťaz v tomto úseku pohybuje. Obrobky sa postupne upínajú do jednotlivých upínačov pred vstupom do pret'ahovacieho úseku a po výstupe z neho sa samočinne uvoľňujú.

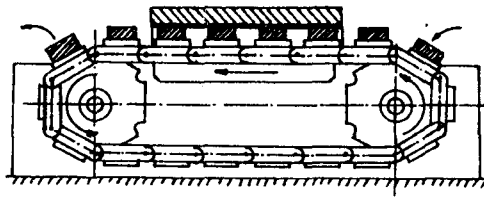


Obr.13.6 Schéma pretláčacieho stroja -lisu

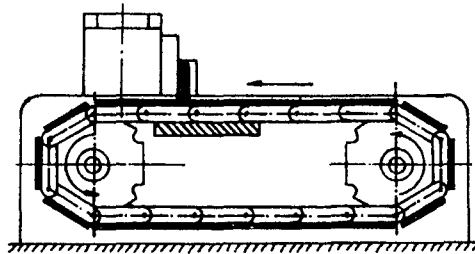


Obr.13.7 Princíp práce reťazovej pret'ahovačky

Iné druhy reťazových pret'ahovačiek majú na jednotlivých článkoch reťaze upevnené skupiny pret'ahovacích rezných hrán, ktoré uberajú triesky z nehybne upevneného obrobku, obr.13.9. Takto možno podstatne zvýšiť reznú dĺžku a uberať veľké množstvo materiálu.



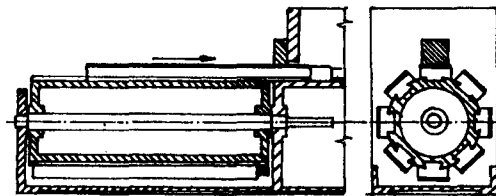
Obr.13.8 Ret'azová preťahovačka s nepretržitým pohybom obrobkov a nepohyblivým nástrojom



Obr.13.9 Ret'azová preťahovačka s nepretržitým pohybom nástroja

#### 13.1.2.7 Bubnové preťahovačky

Stroje umožňujú preťahovanie veľmi zložitých tvarov postupne niekoľkými preťahovacími trňmi, ktoré sú posuvne uložené na obvode bubna a postupne sa pripájajú k piestnej tyči hydraulického valca, obr.13.10.



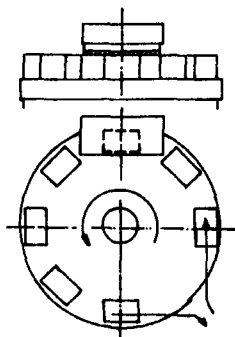
Obr.13.10 Bubnová preťahovačka pre postupné vonkajšie preťahovanie ôsmimi preťahovacími trňmi

### 13.1.2.8 Otáčavé pret'ahovačky

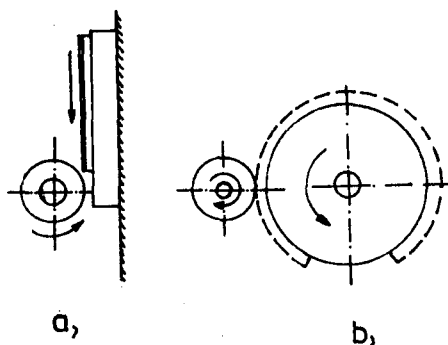
U týchto strojov nepretržitý rezný pohyb koná otočný stôl alebo bubon, na obvode ktorého sa za chodu stroja upínajú obrobky. V určitom mieste nad obvodom stola, resp. bubna sú usporiadané pret'ahovacie nástroje, pod ktorými obrobky prechádzajú, obr.13.11.

### 13.1.2.9 Pret'ahovačky na rotačné predmety

Obrobok koná rotačný pohyb a pret'ahovací nástroj buď priamočiary, alebo tiež rotačný pohyb, obr.13.12.



Obr.13.11 Schéma vonkajšej pret'ahovačky s otočným stolom pre nepretržitý rezný pohyb obrobkov



Obr.13.12 Schéma pret'ahovačiek na rotačné súčiastky  
a) s posuvným pohybom pret'ahovacieho trňa  
b) s rotačným pohybom pret'ahovacieho trňa

## 13.2 STROJE NA VÝROBU OZUBENÝCH KOLIES

V technickej praxi sa takmer výhradne používajú ozubené kolesá s evolventnými zubmi, a to predovšetkým pre ich prevádzkové podmienky, t.j. dobrý záber aj pri zmene osovej vzdialenosti kolies, ďalej preto, že ich možno presne a hospodárne vyrobiť jednoduchými nástrojmi.

Podľa dosiahnutej presnosti základných určovacích veličín a podľa akosti obrobených zubových plôch možno rozdeliť metódy obrábania a stroja na:

1. **najpresnejšie** – zuby kolies sa frézujú, obrážajú alebo hobľujú a nakoniec sa brúsia, ševingujú alebo zabehávajú,
2. **priemerne presné** – zuby kolies sú čisto frézované, obrázané alebo vyhobľované na strojoch pracujúcich odvaľovacím spôsobom,
3. **najmenej presné** – zuby sa obrábajú tvarovou frézou alebo podľa šablóny

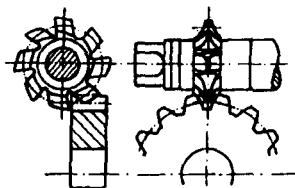
### 13.2.1 OBRÁBANIE OZUBENÝCH KOLIES TVAROVÝMI NÁSTROJMI

Použitý nástroj má tvar zubovej medzery a môže to byť: kotúčová fréza, stopková fréza, tvarový obrážací nôž alebo hobľovací nôž a preťahovací trň. Keďže v tomto prípade je profil zubovej medzery daný, je stroj jednoduchý, lebo pracuje bez odvalu.

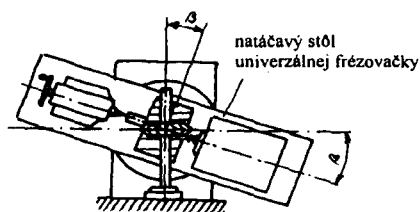
#### 13.2.1.1 Frézovanie kotúčovou modulovou frézou

Tento spôsob obrábania je na obr.13.13. Aby sa získali zuby teoreticky správne, bolo by treba mať pre každý počet zubov frézovaného kolesa osobitnú frézu. V praxi sa používajú najviac tri sady fréz pre uvedené rozsahy počtu zubov kolesa. To znamená, že frézou, ktorá obrába zuby kolesa s iným počtom zubov, než odpovedá číslu frézy v danej sade, nebudú vytvorené zuby presné. Rozdiel je však nepatrný a vyrovnáva sa zväčšením hĺbky zubovej medzery kolesa. V špeciálnych prípadoch, napr. pri veľkej sérii kolies, sa vyplatí vyrobiť špeciálnu frézu pre daný počet zubov a modul. Tento spôsob výroby sa aj pri jeho nepresnosti používa dosť často, najmä v menších strojárňach, lebo okrem potrebných sád nástrojov nevyžaduje žiadne špeciálne nástroje a vystačí s univerzálnou frézovačkou a deliacim prístrojom.

Na obr.13.14 je schematicky nakreslené usporiadanie práce podľa tejto metódy. Existujú však aj stroje stavané špeciálne pre tieto nástroje a pracujú ako poloautomaty, pri ktorých delenie a rezný pohyb prebiehajú automaticky.



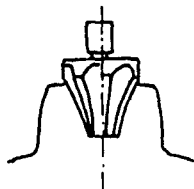
Obr.13.13 Frézovanie zubovej medzery kotúčovou modulovou frézou



Obr.13.14 Frézovanie skrutkovicových zubov na univerzálnom frézovacom stroji kotúčovou modulovou frézou

### 13.2.1.2 Frézovanie stopkovou modulovou frézou

Táto fréza má tvar, ktorý zodpovedá zubovej medzere kola v normálnom reze, obr.13.15. Tento spôsob je vhodný pre čelné a kužeľové kolesá so šípovými zubami. Nevýhodou tejto frézy je jej letné upnutie a relatívne malá veľkosť, namáhavé ostrenie a malá trvanlivosť.



Obr.13.15 Frézovanie zubov kola stopkovou modulovou frézou

### 13.2.1.3 Obrábanie zubov tvarovým nožom

Robí sa na zvislých obrážačkách, kde podložené koleso sa upína na dosku otáčanú deliacim prístrojom. Tento spôsob je zdĺhavý a nepresný.

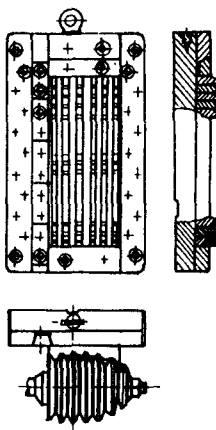
### 13.2.1.4 Obrábanie zubov pret'ahovacím trňom

Pret'ahovací trň má presne ten istý tvar ako ozubené koleso. Vzhľadom na to, že je to nástroj zložitý a drahý, tento spôsob sa používa len pre kolesá malých rozmerov s vnútorným ozubením, vyrábané vo veľkých sériách. Zriedka sa používa obrátený spôsob, t. j. vytvorenie vonkajšieho ozubenía pretiahnutím prievlakom. Tento prípad sa tiež týka hromadnej výroby kolies malých rozmerov. Podobne možno raziť aj tenké kolesá (z plechu).

### 13.2.1.5 Vytváranie ozubenía postupným pret'ahovaním

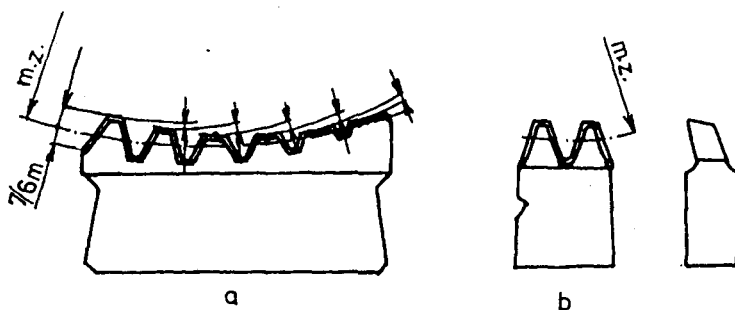
Týmto spôsobom sa vyrábajú čelné kolesá, keď jednu zubovú medzeru dokončujeme a ďalšiu zároveň hrubujeme. Nástrojom je sada odstupňovaných nožov, ktoré majú profil zubovej medzery a sú zložené do bloku, obr.13.16. Nástroj sa brúsi tvarovým brúsiacim kotúčom orovnaným presne podľa šablóny krivkami zodpovedajúcimi zubovým medzerám obrábaného kolesa.

Zuby možno takto vytvoriť buď úplne pret'ahovaním, a potom používame nože odstupňované, obr.13.17a, alebo len presne dokončiť zuby predfrézované. Tu sa používajú nože s plným profilom medzery, obr.13.17b.



Obr.13.16 Sada nožov pre postupné pret'ahovanie





Obr.13.17 Odstupňované (a) a plné (b) nože nástroja pre postupné preťahovanie

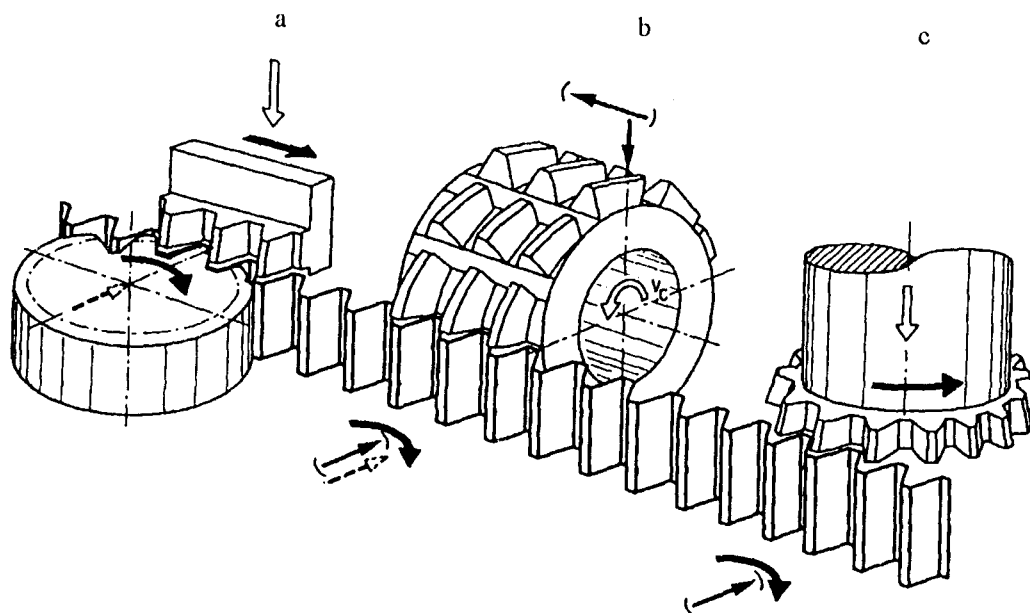
Pri postupnom preťahovaní sa používajú zvislé preťahovačky s hydraulickým posuvom, čo má značnú výhodu, že stúpnutie tlaku nám ukazuje rast rezného odporu, ktorý vzniká otupením nástroja. Keď hrozí nebezpečenstvo, že sa nástroj preťaží a poškodí, poistný ventil zastaví stroj. Obrábané koleso je upnuté s špeciálnom prípravku so zariadením pre automatický odsun obrábaného kolesa na konci pretiahnutia jednej zubovej medzery a pre prísun kolesa do rezu pre ďalší pracovný zdvih nástroja. Tento spôsob je vhodný pre väčšie série a väčšie moduly obrábaných čelných kolies s priamymi zubami. Je vhodný najmä tam, kde sa kolesá už ďalej tepelne nespracúvajú a boky zubov sa nebrúšia.

### 13.2.2 ODVALOVACIE SPÔSOBY OBRÁBANIA ZUBOV ČELNÝCH KOLIES

Princípom vytvorenia evolventných zubov čelných kolies je odvalenie rozstupového valca obrábaného kolesa na rozstupovom valci iného kolesa, ktoré je nástrojom. Odvalenie je možné buď na ozubenom hrebeni, alebo s iným kolesom ako nástrojom.

Odvalenie na hrebeni je podstatou týchto spôsobov: jediným nožom (Dietel), hrebeňovým obrázcim nožom (Maag, Sunderland), obr.13.18a, odvalovacou frézou (Ch.Schiele), obr.13.18b.

Odvalenie s iným ozubeným kolesom, ktoré je nástrojom, je podstata spôsobu Fellows a Sykes, obr.13.18c.

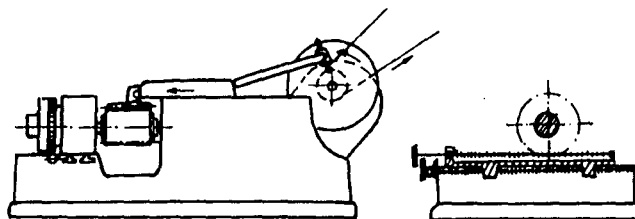


Obr.13.18 Princíp výroby ozubených kolies odvaľovacím spôsobom

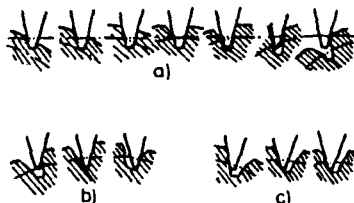
### 13.2.2.1 Obrážanie zubov (hobl'ovanie)

**Spôsob jednonožový – Dietlov.** Nástrojom je nôž tvaru lichobežníkového hranola a je trojaký: hrubovací, pravý a ľavý. Nôž je upevnený v držiaku na pozdĺžnom suporte stroja, ktorý je poháňaný kľukovým mechanizmom. Obrábané koleso je upnuté na priečnom suporte deliaceho prístroja. Po priečnom suporte sa pohybuje odvaľovač, t. j. kotúč, upnutý na obvode oceľovými pásmi k lôžku stroja. Obrábané koleso sa odvaľuje, t. j. otáča okolo svojej osi a posúva sa vodorovne. Priemer odvaľovacieho kotúča by sa mal rovnať priemeru rozstupovej kružnice. Potom by sme však museli mať veľké množstvo týchto kotúčov. Aby sme vystačili s jedným kotúčom, je zariadenie upravené tak, že priečny suport je dvojitý a že je možné, aby jeden diel konal prídavný, tzv. vyrovnávací pohyb, ktorý udeľuje pohybová skrutka a vyrovnávacie kolesá. Stroj je na obr.13.19. Stroj pracuje pomaly a postup práce vidieť na obr.13.20. Stroje majú však výhodu, že sú jednoduché a je jednoduchý aj nástroj, ktorý sa

jednoducho a presne brúsi. Na týchto strojoch možno obrábať zuby čelných kolies so všetkými korekciami.



Obr.13.19 Jednonožový hobľovací stroj na výrobu priamych zubov čelných kolies



Obr.13.20 Postup prác pri hobľovaní zubov na stroji uvedenom na obr.13.19

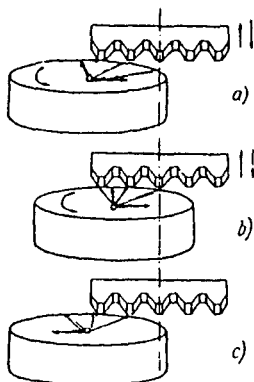
- a) hrubovanie zubovej medzery,
- b) obrábanie na čisto pravého boku,
- c) obrábanie na čisto ľavého boku

**Hrebeňové obrážacie nože, spôsob Maag.** Nástrojom je hrebeňový obrábací nôž, ktorý sa líši od noža pre stroje typu Sunderland. Hrebeňový nôž koná výhradne zvislý, resp. šikmý pracovný pohyb; reže pri pohybe smerom nadol, pri spätnom zdvihu (naprázdno) sa nástroj odkláňa od obrábaného kolesa, aby sa boky zubov nepoškrabali a ostrie nástroja neotupilo. Iný pohyb nástroj nekoná. Naproti tomu koleso koná obe zložky valivého pohybu, t. j. pohyb otáčavý a posuvný.

Na obr.13.21 sú tri charakteristické polohy nástroja a obrábaného kolesa počas jedného pracovného cyklu. Na obr.13.21a je zakreslená poloha nástroja a kolesa na začiatku práce. Ako vidíme, spôsob je tangenciálny, t. j. obrábané koleso sa otáča a posúva pozdĺž rozstupovej priamky nástroja. Nástroj vykonáva zvislý vratný pohyb a zuby obrážajú priamo na vyžadovanú hĺbku. Na obr.13.21b je poloha nástroja a kolesa uprostred pracovného cyklu,

keď je už niekoľko zubov rozpracovaných. Na obr.13.21c je znázornený koniec jedného pracovného cyklu nástroja. Nástroj sa po dokončení cyklu samočinne zastaví a obrábané koleso sa potočí o potrebný počet zubov (rozstupov) a posunie sa späť do polohy na obr.13.21a. Potom sa celý cyklus opakuje dovtedy, kým všetky zuby kolesa nie sú hotové. Kinematická schéma strojov Maag je na obr.13.22. Nástroj je upnutý v zvislom suporte S, ktorý je poháňaný elektromotorom cez prevodovku  $R_1$  párom kužeľových kolies, ktoré poháňa kľukový mechanizmus s nastaviteľnou dĺžkou zdvihu. Suport vykonáva pohyb križiaka tohto kľukového mechanizmu. Obrábané koleso je upnuté vo vodorovnej, kruhovej upínacej doske K, ktorá je poháňaná závitovkovým súkolesím. Táto upínacia doska so závitovkovým súkolesím je umiestnená na priečnom suporte, aby sa okrem otáčania (delenia) dosiahol aj posuv v smere rozstupovej priamky nástroja.

Pri obrábaní skrutkovicových zubov sa natočí suport s nožom v smere sklonu zubov obrábaného kolesa na rozstupovom valci. Ak sa používa hrebeňový nôž so šikmými zubami, má stroj otočný upínací držiak nástroja a suport sa natáča o rozdiel uhlov sklonu zubov na kolese a nástroji.



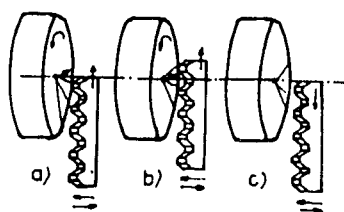
Obr.13.21 Charakteristické polohy nástroja pri obrábaní zubov kolesa spôsobom Maag

Stroje Maag možno vybaviť aj zariadením na obrábanie vnútorného ozubenía. Tým istým zariadením možno na týchto strojoch vytvoriť aj zuby hrebeňa. Nástrojom je potom kotúčový obrážací nôž.

Podobne ako na strojoch Maag nástroj sa odkloní od obrobku pri spätnom pohybe – zdvihu naprázdno a nástroj má obmedzený počet zubov a jeho dĺžka nestačí na vytvorenie všetkých zubov kolesa. Preto po opracovaní niekoľkých zubov treba prácu prerušiť, presunúť stôl s nástrojom späť do východiskovej polohy a pracovný cyklus znova opakovat'. Stôl sa presunie smerom nadol o jeden rozstup nástroja. Cyklus sa opakuje dovtedy, kým všetky zuby nie sú opracované. Na týchto strojoch možno obrábať kolesá s priamymi aj skrutkovicovými zubami. Okrem toho existujú podobné stroje na obrábanie šípových zubov čelných kolies.

The drawing consists of two parts. The upper part is a side view of a mechanical assembly. It features a large pulley on the left with multiple strands of material passing over it. A horizontal shaft connects this pulley to a central mechanism labeled 'III', which includes a gear and a lever arm. Above this central mechanism is a component labeled 'M1'. To the right, there are two rectangular blocks, 'R1' and 'R2', mounted on a base. A dashed box labeled 'S' encloses the central mechanism. The lower part of the drawing is a detailed view of a mechanism, possibly a shuttle or a similar component, showing various gears, levers, and a large circular disk labeled 'K'. Numerous parts are labeled with letters: 'V' for the base, 'VII' for a component on the left, 'a', 'b', 'c', 'd', 'd'', 'e', 'f', 'g', 'h', 'i', 'j', 'k', 'l', 'm', 'n', 'o', 'p', 'q', 'r', 's', 't', 'u', 'v', 'w', 'x', 'y', 'z' for various small parts, and 'IV' for the main body of the mechanism. A double-headed arrow indicates a sliding motion for part 'IV'.

159

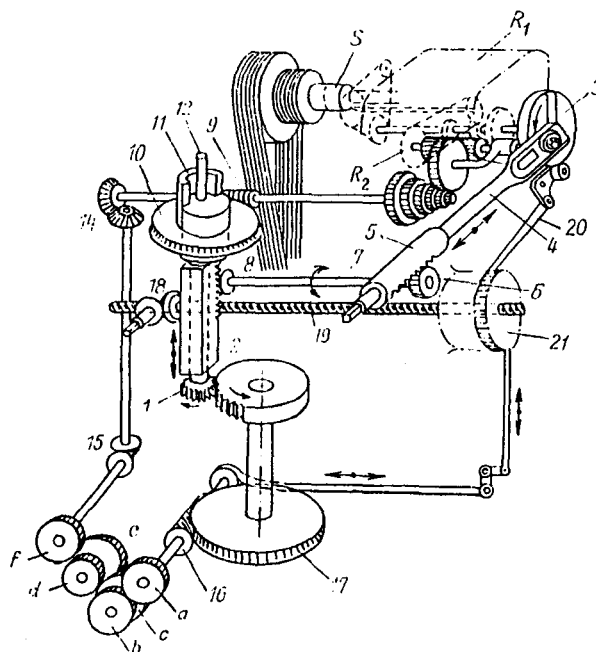


Obr.13.23 Charakteristické polohy nástroja pri obrábaní zubov kolesa spôsobom Sunderland

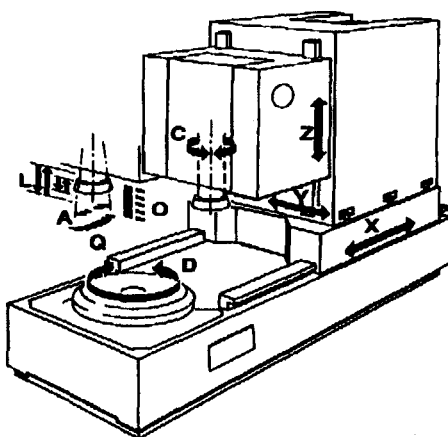
**Obrázačie nože kotúčové.** Nástrojom je kotúčový nôž, ktorého zuby sú v priemete do roviny kolmej na os nástroja evolventné. Princíp je podobný ako pri obrábaní hrebeňovým nožom. Rozstupová kružnica zubov kotúčového noža sa odvaľuje po rozstupovej kružnici zubov obrábaného kolesa. Stroje sú okrem strojov na šípové zuby vyhotovené ako zvislé obrázačky. Existujú dva druhy týchto strojov, a to pomalobežné pre väčšie kolesá a väčšie moduly a rýchlobežné pre menšie kolesá a menšie moduly.

- a) Pomalobežné obrázačky na ozubené kolesá, obr.13.24. Nástroj (obrázač kotúčový nôž) je upnutý na dolnom konci šmýkadla, ktoré koná priamočiary vratný pohyb, pričom pracovný pohyb je smerom nadol a spätný pohyb naprázdno smerom nahor. Tento pohyb je odvodený od elektromotora cez prevodovku na kľukový mechanizmus s meniteľnou dĺžkou kľuky. Dĺžka kľuky sa nastavuje podľa potrebnej veľkosti zdvihu nástroja, ktorý musí byť o niekoľko mm väčší, než je šírka zubov kolesa. Počet zdvihov šmýkadla je 50 až 300 za min. Nástroj koná pri práci tiež otáčavý pohyb. Obrábané koleso sa tiež otáča. Obrobenie zubov sa na týchto strojoch dokončí buď po jednej, alebo dvoch otáčkach obrobku. Stroj má automatické zariadenie, ktoré na začiatku práce postupne posunuje nástroj, teda aj šmýkadlo, počas obrábania prvého zuba tak, aby sa dosiahla vyžadovaná hĺbka zubovej medzery. Potom po vykonaní jednej, resp. dvoch otáčok obrábaného kolesa stroj vypnutím spojky automaticky zastaví posuv až do vyžadovanej hĺbky zubovej medzery (t. j. na výšku zubov kolesa). Priamočiary vratný pohyb udeľuje nástroju kľukový mechanizmus.

b) Rýchlobežné obrázačky na ozubené kolesá. Sú menšie než pomalobežné. Pracujú podobne ako predchádzajúce, ale majú inú kinematiku. Na obr.13.25 je znázornená kinematická schéma valcovej obrázačky s NC riadením.



Obr.13.24 Kinematická schéma pomalobežného stroja na výrobu ozubení čelných kolies

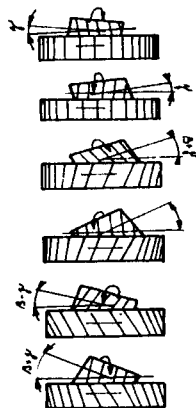


Obr.13.25 Kinematická schéma valcovej obrázačky s NC riadením

### 13.2.2.2 Obrábanie zubov odval'ovaním (frézou)

Je to jedna z najstarších metód výroby ozubených kolies. Oproti predchádzajúcim spôsobom obrábania zubov čelných kolies je tento spôsob plynulý, t. j. všetky zuby sa obrábajú súčasne. Rovinným rezom odval'ovacej frézy (rez kolmý na boky zubov) je základný lichobežníkový profil, teda hrebeň. Záber frézy so zubami obrábaného kolesa nám teda v tomto reze predstavuje záber hrebeňa s evolventným kolesom. Vcelku sa môžeme pozerať na záber odval'ovacej frézy s obrábaným kolesom ako na záber závitovky so závitovkovým kolesom. Ak udelíme fréze posuv v smere osi obrobku, dostaneme evolventné zuby priame, resp. skrutkovité. Frézovanie odval'ovaním môže byť súbežné alebo protibežné. Pritom fréza, ktorej uhol stúpania skrutkovice na rozstupovom valci označujeme  $\gamma$ , a obrábané koleso, ktorého uhol sklonu zubov na rozstupovom valci označujeme  $\beta$ , musia byť vždy nastavené tak, aby normálny rozstup kolesa súhlasil s normálnym rozstupom frézy. Nastavenie schematicky znázorňuje obr.13.26, pričom sa musí prihliadať na zmysel otáčania a smer skrutkovice frézy a kolesa.

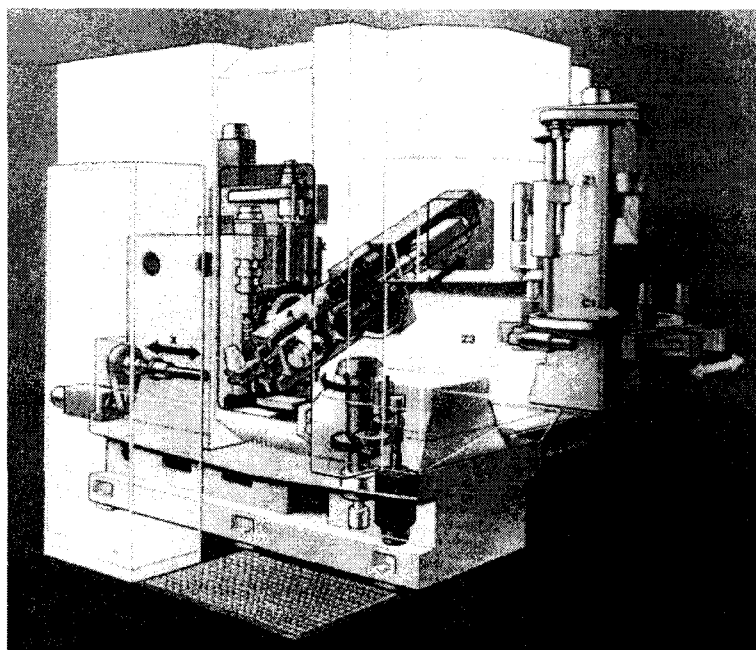
Stroj na frézovanie ozubených kolies odval'ovacím spôsobom je schematicky znázornený na obr.13.27 (pohľad zhora). Stroj vykonáva tieto pracovné pohyby: rezný (fréza), otáčanie obrobku, prísuv obrobku a zvislý pohyb nástroja. Odval'ovacia fréza F zaberá pri obrábaní s kolesom K. Otáčky frézy a otáčky obrobku sú spolu viazané, lebo napr. pre jednochodovú frézu platí, že za jednu otáčku frézy o plný uhol sa koleso musí pootočiť o jeden čelný rozstup – zub. Na obr.13.28 je znázornený modul odval'ovacej frézovačky s číslícovým riadením.



Obr.13.26 Nastavenie odval'ovacej frézy voči obrábanému kolesu







Obr.13.29 Číslicovo riadená odvaľovacia frézovačka

Na obr.13.29 je zobrazená kinematická schéma číslicovo riadenej odvaľovacej frézovačky.

### 13.3 OBRÁBANIE VNÚTORNÉHO OZUBENIA ČELNÝCH KOLIES

Vnútorné ozubené kolesá s priamym a skrutkovicovým ozubením možno presne vyrobiť len kotúčovými obrážacími nožmi na tých istých strojoch ako ozubenie vonkajšie.

### 13.4 OBRÁBANIE OZUBENÉHO HREBEŇA

Ozubenie hrebeňa možno vyrobiť buď na univerzálnej frézovačke tvarovou frézou (najlepšie kotúčovou, ak ide o zuby priame), alebo kotúčovým obrážacím nožom.

## 13.5 OBRÁBANIE ZUBOV KUŽELOVÝCH KOLIES

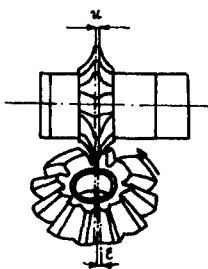
### 13.5.1 TVAROVÉ SPÔSOBY

#### 13.5.1.1 Frézovanie kotúčovou modulovou frérou

Modul kuželového kola sa smerom k vrcholu kužľa lineárne zmenšuje a nemožno dosiahnuť správny záber nástroja s obrobkom. Aby bol záber čo najpresnejší, obrába sa tak, že pri hrubovaní leží os obrobku v rovine súmernosti frézy a pri frézovaní bokov zubov na čisto sa obrába každý bok zuba osobitne, a to tak, že fréza sa vysunie v smere osi o hodnotu  $u$  a koleso sa pootočí o uhol  $\varepsilon$ . Obe tieto hodnoty sú dané v tabuľkách fréz. Táto práca sa vykonáva na univerzálnych frézovačkách, pričom obrobok sa otáča deliacim prístrojom, pri vyrábaní podradných kolies. Inak sa takto zuby iba hrubujú a dokončujú odvaľovacím spôsobom, obr.13.30.

#### 13.5.1.2 Hobľovanie podľa šablóny

Na hobľovacích strojoch. Po celistvej šablóne sa pohybuje kladka, ktorej stred musí ležať na teoretickej zubovej krivke – evolvente, z čoho vyplýva, že šablóna musí mať tvar príslušnej ekvidištanty. Aby sa mohli obrábať oba boky zuba naraz, používa sa sústava dvoch ozubených kolies a segmentu. Obrobok sa upína na trň a nože v držiakoch. Tento spôsob sa používa pri obrábaní zubov kuželových kolies abnormálne veľkých modulov a priemerov, ktoré nemožno obrábať na bežných odvaľovacích strojoch, napr. pre  $m=25$  mm.



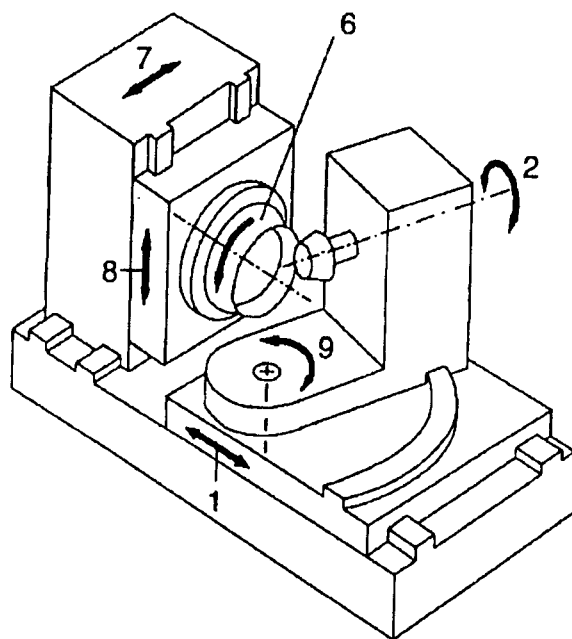
Obr.13.30 Frézovanie zubov kuželových kolies tvarovou kotúčovou frérou na univerzálnom frézovacom stroji

### 13.5.2 ODVAĽOVACIE SPÔSOBY

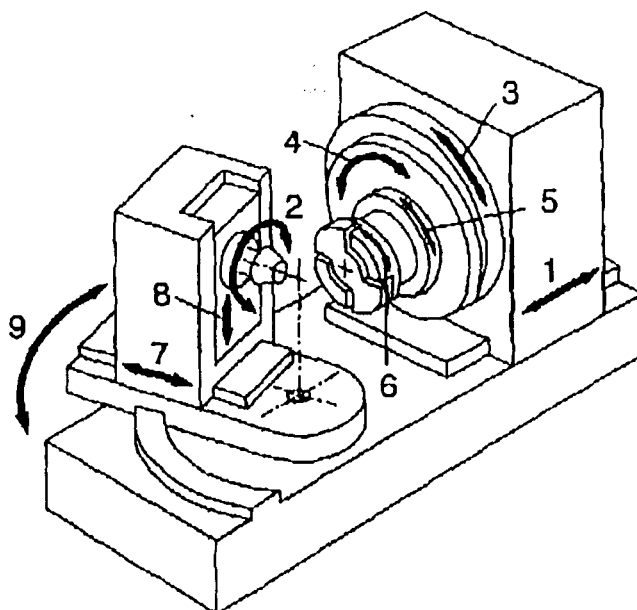
Podobne ako pri kolesách čelných, pri ktorých sa ozubenie vytvorí odvaľovaním rozstupového valca kolesa po rozstupovej rovine hrebeňa, odvaľuje sa pri kužeľových kolesách rozstupový kužeľ kolesa po rozstupovej rovine plochého kolesa. Ploché koleso považujeme za kužeľové koleso s rozstupovým uhlom  $\delta = 90^\circ$ .

Ploché koleso môže byť buď nehybné (Bilgram), a potom sa obrábané koleso otáča okolo zvislej osi a zároveň odvaľuje – koná sa teda dvojaký otáčavý pohyb, alebo sa ploché koleso otáča okolo svojej osi (dvojnožové stroje), a potom sa obrábané koleso tiež len otáča okolo svojej osi – hobl'ovanie v oboch prípadoch.

Iný spôsob je frézovanie zubov tanierovými frézami (dvoma), ktoré obrábajú vonkajšie boky dvoch susedných zubov kolesa. Frézy vykonávajú okrem otáčavého pohybu aj pohyb posuvný smerom k stredu plochého kolesa. Na obr.13.31 je znázornená kinematická schéma odvaľovacej frézovačky pre výrobu kužeľových kolies a na obr.13.32 kinematická schéma frézovačky pre výrobu špirálových kužeľových kolies (globoidných).



Obr.13.31 Kinematická schéma odvaľovacej frézovačky pre výrobu kužeľových kolies



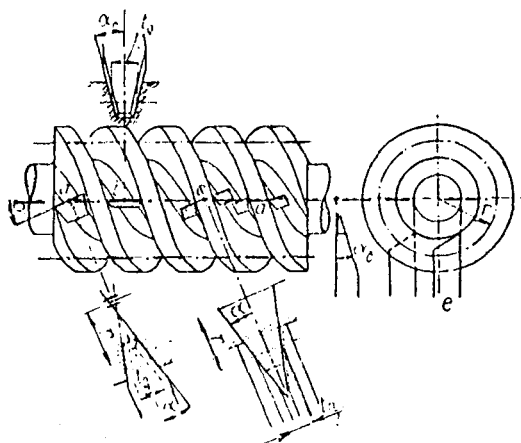
Obr.13.32 Kinematická schéma odvaľovacej frézovačky pre výrobu špirálových kužeľových kolies

## 13.6 OBRÁBANIE ZÁVITOVIEK

Pri vytváraní zubových plôch závitoviek na strojoch sa musia rezné hrany nástroja a obrábaná závitovka pohybovať navzájom tak, aby vznikla vyžadovaná skrutkovicová plocha.

### 13.6.1 NA SÚSTRUHU

Je to najjednoduchší spôsob, pri ktorom je obrobok upnutý medzi hrotmi a otáča sa okolo svojej osi a vhodne nastavený nôž sa pohybuje priamočiare a rovnomerne v smere osi závitovky. Nôž môže byť dvojitý, t. j. obrábajú sa obe plochy zuba naraz, alebo jednoduchý pre vytvorenie jedného boku zuba, obr.13.33. Je to spôsob nepresný a neproduktívny a takmer sa nepoužíva.



Obr.13.33 Vzájomná poloha nástroja a obrobku pri vytváraní skrutkovicovej plochy pri sústruhu

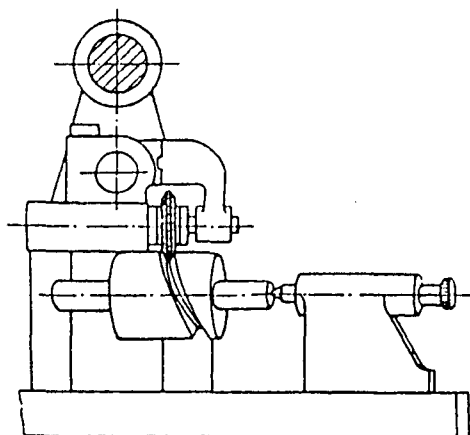
a) všeobecná, b) Archimedova, c) všeobecná, d) Archimedova, e) evolventná

### 13.6.2 NA UNIVERZÁLNEJ FRÉZOVAČKE

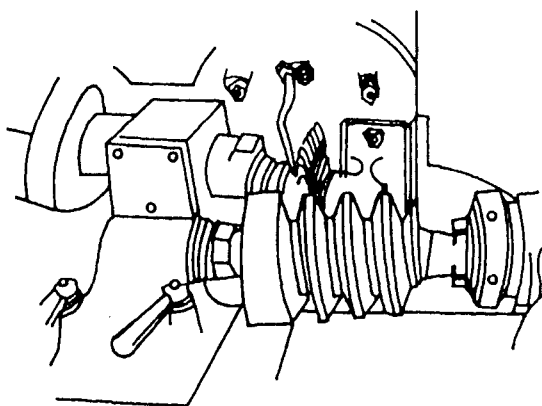
Produktívnejší je spôsob frézovania kotúčovou tvarovou frérou na univerzálnej frézovačke, ktorá má upínacie a deliace zariadenie rovnaké ako pri obrábaní čelných kolies so skrutkovicovými zubami. Usporiadanie je na obr.13.34. Týmto spôsobom sa frézujú predovšetkým zuby všeobecných závitoviek, t. j. závitoviek so všeobecnou plochou skrutkovicovou. Závitovka sa otáča okolo svojej osi a posúva sa so stolom frézovačky v smere osi. Fréza sa len otáča.

### 13.6.3 NA ŠPECIÁLNYCH FRÉZOVAČKÁCH

Výroba presných závitoviek v rámci hromadnej výroby tvarovou frérou kotúčovou na poloautomatických strojoch. Závitovka sa otáča okolo svojej osi a nástroj okrem otáčania okolo svojej osi vykonáva tiež postupný, rovnomerný pohyb v smere osi závitovky, obr.13.35. Tento spôsob je vhodný pre frézovanie blokov zubov s väčším modulom, a nie s veľkým stúpaním.



Obr.13.34 Frézovanie závitú závitovky na univerzálnej frézovačke



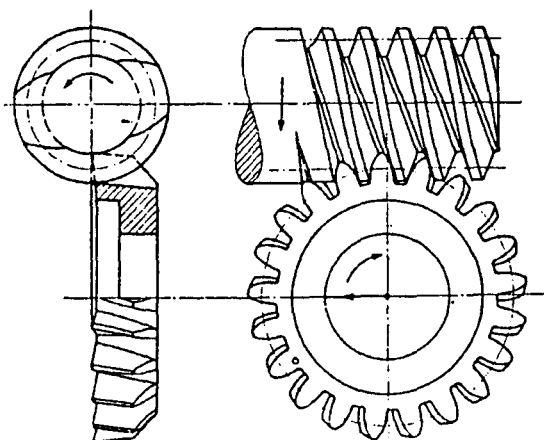
Obr.13.35 Frézovanie závitú závitovky na špeciálnom frézovacom stroji

#### 13.6.4 NA ŠPECIÁLNYCH STROJOCH KOTÚČOVÝMI NOŽMI

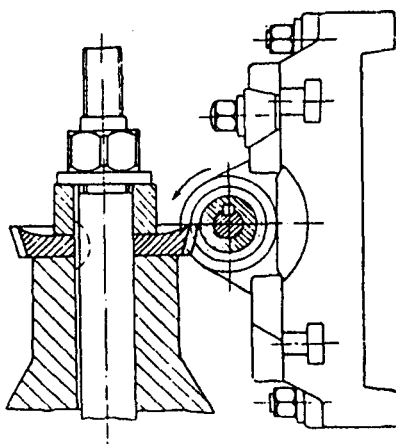
Princíp je na obr.13.36 a 13.37. Nástrojom je kotúčový nôž podobný nožu na výrobu čelných kolies, ktorý sa otáča okolo zvislej osi a zároveň sa rovnomerne posúva v smere osi závitovky, ktorá sa len otáča. Nevýhodou je, že pre každý modul a stúpanie je potrebný iný nástroj. Tento spôsob je dosť presný a výkonný, vhodný pre väčšie série závitoviek menšieho modulu a stredného uhla stúpania.

### 13.6.5 NA ODVALOVACÍCH FRÉZOVÁČKÁCH

Pre veľké uhly stúpania a niekoľkochodové závitovky menších modulov – frézovanie na normálnych odvalovacích frézovačkách. Závitovku považujeme za čelné koleso so skrutkovicovými zubami s počtom rovným počtu chodov závitovky. Zriadenie stroja a voľba rezných podmienok je rovnaká ako pre čelné kolesá so skrutkovicovými zubami.



Obr. 13.36 Princíp výroby závitovky pomocou kotúčového noža



Obr.13.37 Princíp výroby závitovky na špeciálnom stroji pomocou kotúčového noža

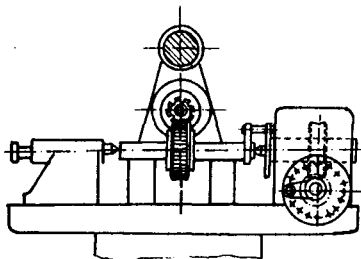


## 13.7 OBRÁBANIE ZÁVITOVKOVÝCH KOLIES

Pre obrábanie závitovkových kolies v zásade platí, že ak má mať závitovkový prevod správny záber, musí mať nástroj ten istý profil ako závitovka, zväčšený len o časť výšky hlavy zuba, tvoriacu pätnú vôľu súkolesia.

### 13.7.1 NA UNIVERZÁLNEJ FRÉZOVAČKE

Nástrojom je tvarová kotúčová fréza so základným lichobežníkovým profilom. Stôl, na ktorom je upnuté obrábané koleso na trni medzi hrotmi unášané na jednom konci od deliaceho prístroja, sa pohybuje smerom šípky, obr.13.38. Obrábané koleso sa neotáča. Stôl stroja je natočený o uhol stúpania rozstupovej skrutkovice závitovky. Pri zriaďovaní stroja treba dbať na presné súmerné umiestnenie frézy a kolesa voči zvislej osi stroja. Je to podradný spôsob výroby a používa sa len pri hrubovaní a zuby sa dokončujú na odval'ovacích frézočkáčoch.



Obr.13.38 Frézovanie zubov závitovkového kolesa na univerzálnej frézočkáči

### 13.7.2 NA ODVAL'OVACÍCH FRÉZOČKÁCH

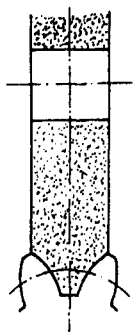
Na bežných odval'ovacích frézočkáčoch, určených na výrobu zubov čelných kolies, možno obrábať zuby aj závitovkových kolies. Nástrojom je príslušná odval'ovacia fréza, ktorá musí mať rezné hrany umiestnené na ploche zhodnej so skrutkovicovou plochou závitovky, zväčšenej o časť tvoriacu vrcholovú vôľu medzi zubami kolies. Preto treba mať pre každý druh skrutkovicovej plochy modul, uhol stúpania skrutkovice a počet chodov závitovky špeciálnu frézu, čo podstatne zvyšuje výrobné náklady a je vhodné len pre väčšie série.

## 13.8 BRÚSENIE OZUBENÝCH KOLIES

Aby sa zvýšili účinnosti súkolesí, usilujeme sa dosiahnuť hladké boky ich zubov. Na kolesách tepelne spracovaných, cementovaných a kalených, keď tvrdosť po kalení býva 55 až 64 H<sub>RC</sub>, sa boky zubov brúsia. Brúsením sa majú tiež odstrániť deformácie, ktoré vznikli pri tepelnom spracovaní, a odstrániť nepresnosti spôsobené pri predchádzajúcom obrábaní.

### 13.8.1 TVAROVÝ SPÔSOB BRÚSENIA ZUBOV ČELNÝCH KOLIES

Je to spôsob výkonný, ale presnosť zubov nie je najlepšia. Výhodou je, že kotúč je podstatne hrubší a tuhší než pri odvaľovacích spôsoboch. Problémom býva vytvoriť správny profil na kotúči. Na tento účel sa používa buď prípravok, ktorého princíp funkcie je výtvarný zákon evolventy, alebo sa používa spôsob kopírovania podľa šablóny s orovnávaním diamantovým nožom.

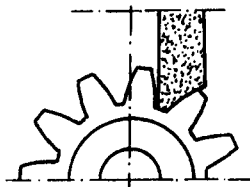


Jednokotúčové tvarové spôsoby brúsenia zubov čelných kolies sú v podstate dva:

a) Minerva, obr.13.39. V tomto prípade sa brúsia oba boky zubovej medzery naraz, a nie je príliš vhodný, lebo vplyvom rôznej obvodovej rýchlosti sa brúsny kotúč rýchle a rôzne opotrebuje. Priemer kotúča býva asi 250 mm.

Obr.13.39 Tvarové brúsenie bokov zubov – spôsob Minerva

b) Sferd, obr.13.40, je vhodnejší, lebo brúsiaci kotúč, ktorý má priemer asi 300 mm, brúsi len jeden bok zuba. Keďže kotúč brúsi plochšou časťou, vydrží jeho tvar dlhšie, a preto aj tvar obrobenej zubovej plochy a jej akosť sú lepšie.

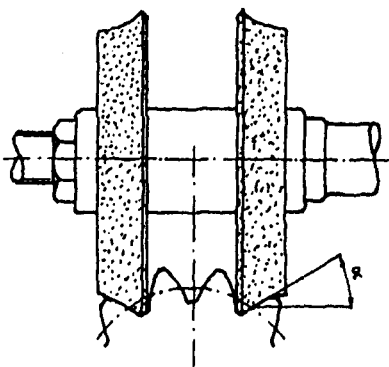


Vnútorne ozubenie možno brúsiť len týmito spôsobmi a pritom priemer kolies musí byť primerane veľký, aby cezeň brúsiace zariadenie mohlo prejsť.

Obr.13.40 Tvarové brúsenie bokov zubov – spôsob Sferd

### **13.8.2 DVOJKOTÚČOVÝ SPÔSOB BRÚSENIA ZUBOV ČELNÝCH KOLIES PROFILOVÝM KOTÚČOM**

Princíp je zrejmý z obr.13.41. Veľkou výhodou je, že nie je potrebný žiadny špeciálny stroj, stačí dobrá rovinná brúska. Na vretene brúsky sú upnuté dva kotúče, ktoré sú



umiestnené presne súmerne podľa roviny prechádzajúcej osou kolmo na os boku zuba, ktorý sa vytvorí špeciálnym prípravkom, ktorý orovnáva obvod kotúča diamantom vedeným podľa šablóny. Orovnáva sa za chodu stroja. Brúsne koleso je upnuté na trni medzi hrotmi v špeciálnom prípravku s deliacim mechanizmom upevneným na stole. Brúska má hydraulický posuv, delenie je mechanické.

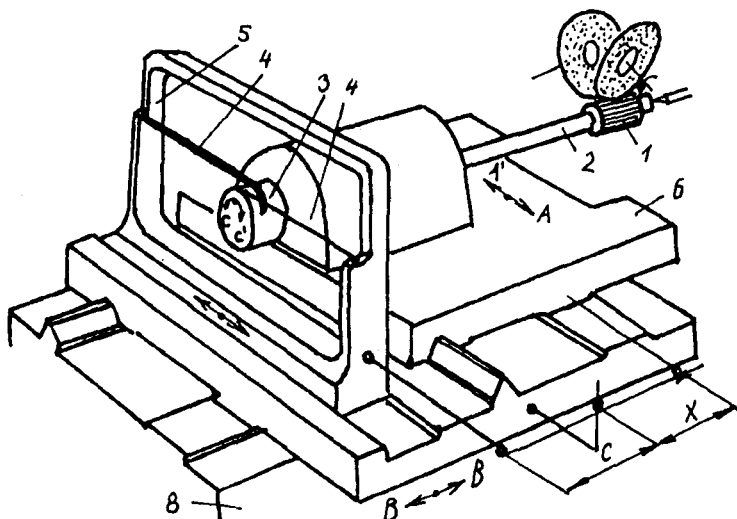
Obr.13.41 Hamrov spôsob brúsenia bokov zubov dvoma tvarovými kotúčmi

Tento spôsob brúsenia je veľmi výkonný a kotúče si veľmi dlho udržiavajú svoj tvar. Treba však, aby sklon brúsnej plochy  $\alpha$  neprekročil  $45^\circ$ , lebo potom účinnosť brúsenia i trvanlivosť kotúčov rýchlo klesajú. Takto možno výhodne, lacno a dobre brúsiť ozubené kolesá s priamymi zubami malého i veľkého modulu,  $m > 0,5$  mm.

### **13.8.3 ODVAĽOVACÍ SPÔSOB BRÚSENIA ZUBOV ČELNÝCH KOLIES**

Pri tomto spôsobe sa používajú dva tenkostenné tanierové brúsiace kotúče, ktoré sú navzájom sklonené pod uhlom  $2\alpha$ . Keďže pracuje len okraj brúsiaceho kotúča, ktorý je široký asi 2 mm, kotúč sa rýchlo opotrebuje. Tento spôsob sa nazýva Maag. Stroj má zariadenie, ktoré automaticky orovnáva diamantovým hrotom činnú časť kotúča na presný rozmer s presnosťou 0,001 až 0,002. Týmto stálym orovnávaním kotúčov možno dosiahnuť presnú polohu brúsených hrán, a teda aj presnú veľkosť rozstupu zubov.

Na obr.13.42 je kinematická schéma brúsky, ktorá pracuje odvaľovacím spôsobom. Brúsené koleso 1 je upnuté na trňe 2, ktorý je osadený v bubne 3 (obyčajne len segment). Tento bubon je spojený oceľovými pásmi 4 s priečnym rámom 5. Bubon 3 a trň 2 sú uložené v priečne pohyblivom stole 6. Priečny rám 5 aj priečny stôl 6 sú umiestnené na pozdĺžnom stole 7, ktorý sa pohybuje po základnom diele stroja 8. Priečny stôl 6 koná kmitavý pohyb okolo strednej polohy v smere AA', čím spôsobuje pootáčanie bubna 3 s trňom 2 a obrobkou



1 v smeroch CC'.

Potrebné pootočené musí zodpovedať veľkosti zubov.

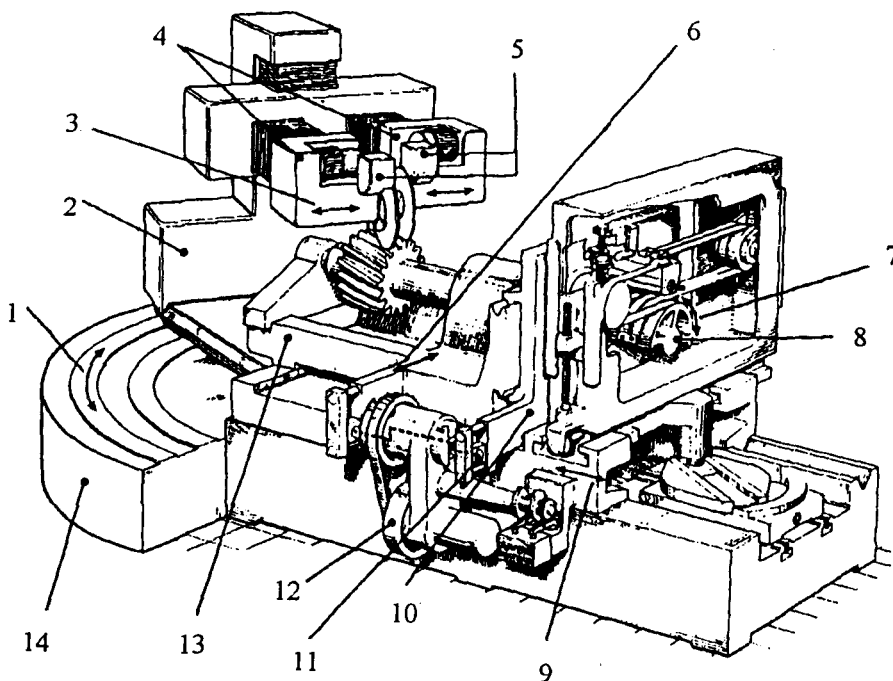
Pozdĺžny stôl 7 koná vratný priamočiary pohyb, ktorého veľkosť musí odpovedať šírke zubov kolesa v smere BB'.

Obr.13.42 Kinematická schéma brúsiaceho stroja Maag

1 – brúsené koleso, 2 – trň, 3 – bubon, 4 – oceľové pása, 5 – priečny rám,  
6 – priečny stôl, 7 – pozdĺžny stôl, 8 – pozdĺžne vedenie

Pre každý rozstupový priemer kolesa by bol potrebný osobitný bubon 3. Aby bolo možno vystačiť s menším počtom bubnov 3, je stroj vybavený vahadlovým mechanizmom, ktorý udeľuje aj priečnemu rámu 5 vyrovnávací pohyb. Brúška pracuje deliacim spôsobom a je veľmi výkonná a presná.

Na obr.13.43 je znázornená schéma horizontálnej dvojkotúčovej brúsky na brúsenie čelných kolies.



Obr.13.43 Schéma horizontálnej dvojkotúčovej brúsky na brúsenie čelných kolies – Maag  
 1 – nastavovanie uhlov, 2 – stojan, 3 – nastavenie kotúčov, 4 – brúsiaca jednotka,  
 5 – orovnávacie zariadenie, 6 – translačné odvažovacie komponenty,  
 7 – rotačné odvažovacie komponenty, 8 - otočný oblúk,  
 9 – axiálny posuv, 10 – x-posúvač, 11 – kulisový kameň, 12 – odvažovací pohon,  
 13 - odvažovacie sane, 14 – lôžko stroja

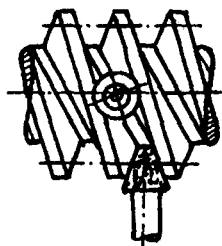
#### 13.8.4 BRÚSENIE ZÁVITOVIEK

Závitovky, ktorých boky sú skrutkovicovými plochami vzniknuté pohybom priamky, možno brúsiť viacerými spôsobmi.

##### 13.8.4.1 Kuželovým čapovým brúsiacim telieskom

Brúsiť sa môže sa sústruhu vhodným brúsiacim zariadením upevneným k suportu, obr.13.44. Toto zariadenie má vlastný elektromotor a upínacie puzdro na brúsiace teliesko.

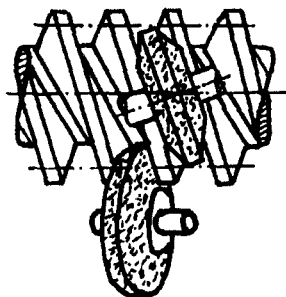
Takto možno brúsiť boky zubov všeobecnej závitovky. Tento spôsob je nedokonalý, lebo brúsiace teliesko sa rýchlo a nerovnomerne opotrebuje.



Obr.13.44 Brúsenie skrutkovicových plôch závitovky kužeľovým čapovým brúsiacim telieskom

#### 13.8.4.2 Brúsiacim kotúčom obojstranne skoseným

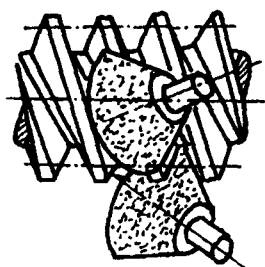
Podľa profilu základného hrebeňa (lichobežníkového) na špeciálnych strojoch na závitovky, obr.13.45. Tu sa nahradí kotúčová fréza brúsiacim kotúčom. Závitovka je opäť všeobecná. Akosť povrchu zubov je v celku dobrá, presnosť brúsenia stredná.



Obr.13.45 Brúsenie skrutkovicových plôch závitovky brúsiacim kotúčom

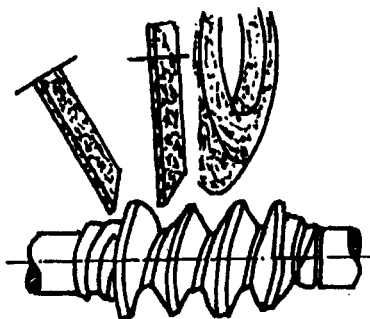
#### 13.8.4.3 Zvonovými brúsiacimi kotúčmi

Takto možno brúsiť aj evolventné závitovky, obr.13.46. Spôsob je však obťažný a zdĺhavý, lebo brúsne telieska sú malé a rýchle sa opotrebojú.



Dosiahne sa tiež stredná presnosť zubov závitovky. Výhodnejšie je brúsenie väčšími, jednostranne skosenými brúsiacimi kotúčmi podľa obr. 13.47.

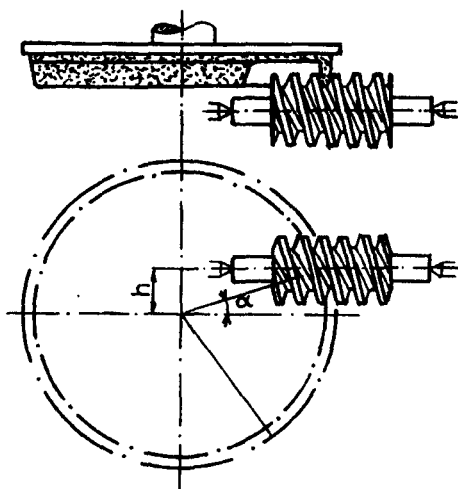
Obr.13.46 Brúsenie skrutkovicových plôch závitovky zvonovými brúsiacimi kotúčmi



Obr.13.47 Brúsenie skrutkovicových  
plôch závitovky jednostranne  
skosenými brúsiacimi kotúčmi

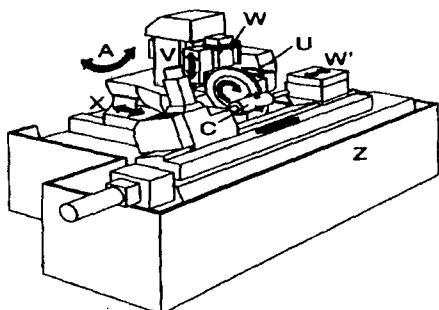
#### 13.8.4.4 Hrncovitým brúsiacim kotúčom

Nástrojom je hrncovitý brúsiaci kotúč veľkého priemeru, obr.13.48. Tento spôsob je jeden z najdokonalejších a najproduktívnejších. Brúsiaci kotúč má vodorovnú os a brúsená závitovka tiež. Vzájomnú polohu (t. j. podľa obr. 18.39 hodnota  $h$ ) treba určiť presne výpočtom z priemeru kotúča a uhla stúpania skrutkovice  $\gamma$  ( $h = r \cdot \sin \gamma$ ). Na dôležitých závitkových súkolesiach sa nechávajú kolesá a závitovky ešte navzájom zabiehať, aby sa dosiahol skutočne dobrý záber.



Obr.13.48 Brúsenie skrutkovicových  
plôch závitovky  
hrncovým brúsiacim  
kotúčom

Na obr.13.49 je zobrazená kinematická schéma číslicovo riadenej 8 osej vysokovýkonnej brúsky určenej pre brúsenie závitoviek a závitov. Na takomto stroji je možné brúsiť jedno a viac chodové závitovky ako aj vonkajšie a vnútorné závit.



Obr.13.49 Kinematická schéma číslicovo riadenej 8 osej vysokovýkonnej brúsky určenej pre brúsenie závitoviek a závitov

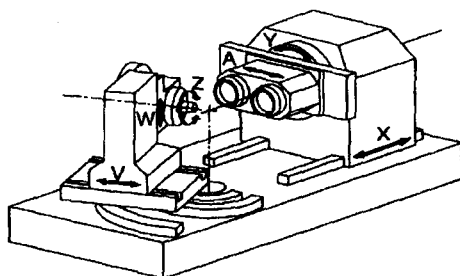
### 13.8.5 BRÚSENIE ZUBOV KUŽELOVÝCH KOLIES

Zuby kuželových kolies s priamymi zubami možno brúsiť na špeciálnych strojoch Reinecker, ktoré sa podobajú bežným hobľovačkám tej istej značky ako na zuby ozubených kolies podľa Bilgramovho spôsobu a majú namiesto hobľovacieho noža brúsiaci kotúč poháňaný osobitným elektromotorom.

Firma Maag vyvinula stroj na brúsenie priamych zubov kuželových kolies. Je analogický ako pre brúsenie zubov čelných kolies. Výkonnosť je dobrá. Akosť obrobeného povrchu a presnosť zubov je dobrá, rovnako aj produktivita práce.

Brúsenie zubov kuželových kolies sa často nahrádza zabehávaním.

Na obr.13.50 je zobrazená kinematická schéma brúsky na brúsenie kuželových kolies.



Najpresnejšie ozubenie je možné po brúsení ešte lapovať a honovať na špeciálnych lapovacích a honovacích strojoch.

Obr.13.50 Kinematická schéma brúsky na brúsenie kuželových kolies



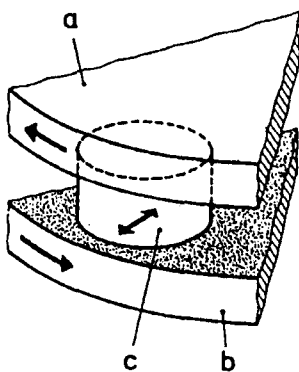
## 14. STROJE URČENÉ NA JEMNÉ DOKONČOVACIE OPERÁCIE

Medzi jemné dokončovacie spôsoby obrábania patrí lapovanie, honovanie a superfinišovanie, resp. valčekovanie a guličkovanie u ktorých sa neodoberá materiál z obrobku, ale sa jedná v podstate o plastickú deformáciu povrchu obrobku. Pre lapovanie, honovanie a superfinišovanie boli vyvinuté špeciálne stroje. Valčekovanie a guličkovanie sa robí na univerzálnych strojoch (sústruhoch) so špeciálnymi nástrojmi.

### 14.1 LAPOVACIE STROJE

Lapovacie stroje sú výkonné stroje, lebo môžu lapovať vicero súčiastok súčasne. Najmä bezhrotové lapovačky sú veľmi výkonné.

Princíp lapovania, dokončovací spôsob obrábania, je znázornený na obr.14.1.



Obr.14.1 Princíp lapovania súčiastok

a – horný lapovací kotúč, b – spodný lapovací kotúč, c – lapovaná súčiastka

Lapovacie stroje rozdeľujeme na univerzálne a špeciálne.

Univerzálne stroje sú určené na lapovanie rovinných aj valcových vonkajších povrchov a otvorov. Na nich sa lapujú ploché platničky, piestne čapy, valčeky, krúžky, puzdrá a podobné súčiastky. Takéto stroje bývajú vyhotovené s vertikálne aj horizontálne uloženými lapovacími kotúčmi, prípadne ako bezhrotové lapovačky.

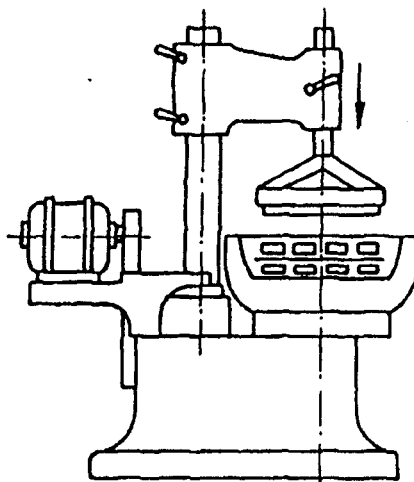
Špeciálne lapovacie stroje sú určené pre lapovanie určitého druhu súčiastok, napr. boky zubov ozubených kolies, čapy kľukových hriadeľov, guľky a valčeky ložísk a pod. Špeciálne stroje majú obyčajne poloaautomatický alebo automatický cyklus, bývajú plne mechanizované a umožňujú tak maximálnu produktivitu lapovania.

Podľa konštrukčného riešenia rozdeľujeme lapovacie stroje na:

- stroje s jedným hnaným a jedným pevným kotúčom,
- stroje s dvoma hnanými kotúčmi,
- bezhrotové lapovacie stroje,
- lapovacie stroje na otvory.

#### **14.1.1 STROJE S JEDNÝM HNANÝM A JEDNÝM PEVNÝM KOTÚČOM**

Na obr.14.2 je schéma takéhoto stroja. Oba kotúče bývajú zo sivej liatiny. Horný kotúč je pevný, neotáča sa a je zavesený výkyvne v guľovom kĺbe. Spodný kotúč sa otáča relatívne nízkymi otáčkami, ktoré sa dosiahnu cez závitkový prevod. Horný kotúč dosadá na obrobky vlastnou hmotnosťou, resp. je na súčiastky pritláčaný hydraulicky, čo umožňuje regulovať pritlačnú silu. Dôležitou časťou stroja je platňa, ktorá je uložená medzi kotúčmi a unáša obrobky. Táto platňa dostáva krúživý pohyb od výstredníka s meniteľnou výstrednosťou napr. od 0 do 20 mm. Výstredník sa otáča približne polovičnou rýchlosťou než spodný kotúč a platňa je tenšia než výška obrobkov a preto sa nedotýka lapovacích kotúčov. Na lapovanie valcovitých plôch má platňa (klietka) výrezy, do ktorých sa obrobky voľne vkladajú. Na obr.14.3 je znázornený unášač pre planparalelné lapovanie odvaľovacím spôsobom, kedy obrobok získava ešte ďalší otáčavý pohyb v unášači od planétového prevodu. Pridržiavacie platne (masky) sa v tomto prípade nazývajú *separátory*.



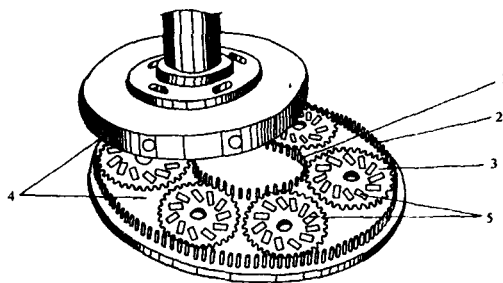
Obr.14.2 Schéma lapovacieho stroja s jedným hnaným a jedným pevným kotúčom

#### **14.1.2 STROJE S DVOMA HNACÍMI KOTÚČMI**

Kotúče sú buď zo sivej liatiny, alebo viazaného brusiva s najjemnejšou zrnitosťou. Oba kotúče sú poháňané cez remeňové alebo závitovkové prevody. Horný kotúč sa otáča rýchlejšie ako dolný. V pracovnej polohe sú oba kotúče uložené súsovo, pri vkladaní obrobkov sa horný kotúč odsunie na stranu. Obrobky sa vkladajú do separátora alebo kompenzátora, podobne ako pri predchádzajúcom type.

#### **14.1.3 BEZHROTOVÉ LAPOVACIE STROJE**

Ich konštrukcia je podobná ako u bezhrotových brúsok. Majú tiež brúsny aj podávací kotúč, ale ich šírky sú väčšie ako u brúsok, aby styk obrobku s brusivom trval dlhšie. Obvodové rýchlosti kotúčov sú v porovnaní s brúskami malé. Rýchlosť lapovacieho kotúča sa pohybuje od 120 do 300 m/min a podávacieho kotúča od 75 do 120 m/min. Rýchlosti je možné plynule meniť. Pri práci sa musí intenzívne chladiť prúdom dokonale filtrovanej kvapaliny.



Obr.14.3 Unášač pre planparalelné lapovanie odvaľovacím spôsobom

- 1 – vnútorný kolíkový veniec, 2 – vonkajší kolíkový veniec, 3 – separátor (maska),  
4 – lapovací kotúč, 5 – lapované súčiastky

#### 14.1.4 STROJE NA OTVORY

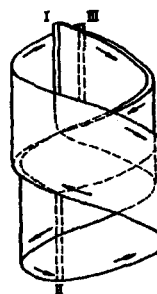
Stroje majú podobnú konštrukciu ako honovacie stroje. Vreteno dostáva otáčavý pohyb od remeňového prevodu, osový pohyb je hydraulický a celkový zdvih sa nastavuje podľa dĺžky lapovanej plochy. Lapovacie trne sa rozpínajú buď samočinne cez narážky alebo ručným kolieskom s deliacou stupnicou. Stroje sa vyrábajú ako jedno alebo viac vretenové. Podľa polohy vretena ich rozdeľujeme na horizontálne alebo vertikálne.

### 14.2 HONOVACIE STROJE

Princíp honovania je znázornený na obr.14.4.

Honovačky sa rozdeľujú podľa polohy honovanej plochy na vertikálne a horizontálne. Podľa stupňa automatizácie možno honovacie stroje rozdeliť do troch hlavných skupín:

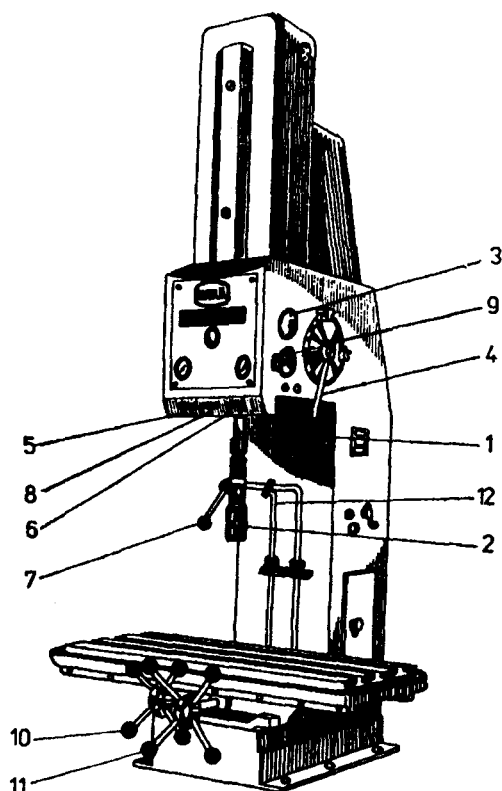
- stroje bežného vyhotovenia,
- honovacie automaty,
- honovacie poloautomaty.



Obr.14.4 Princíp honovania

### 14.2.1 STROJE BEŽNÉHO VYHOTOVENIA

Stroje sú bez mechanizačných a automatizačných prvkov. Takáto honovačka vykonáva všetky pracovné pohyby podľa nastavených hodnôt. Manipuláciu s obrobkami vykonáva obsluha. Príklad takejto honovačky je na obr.14.5.

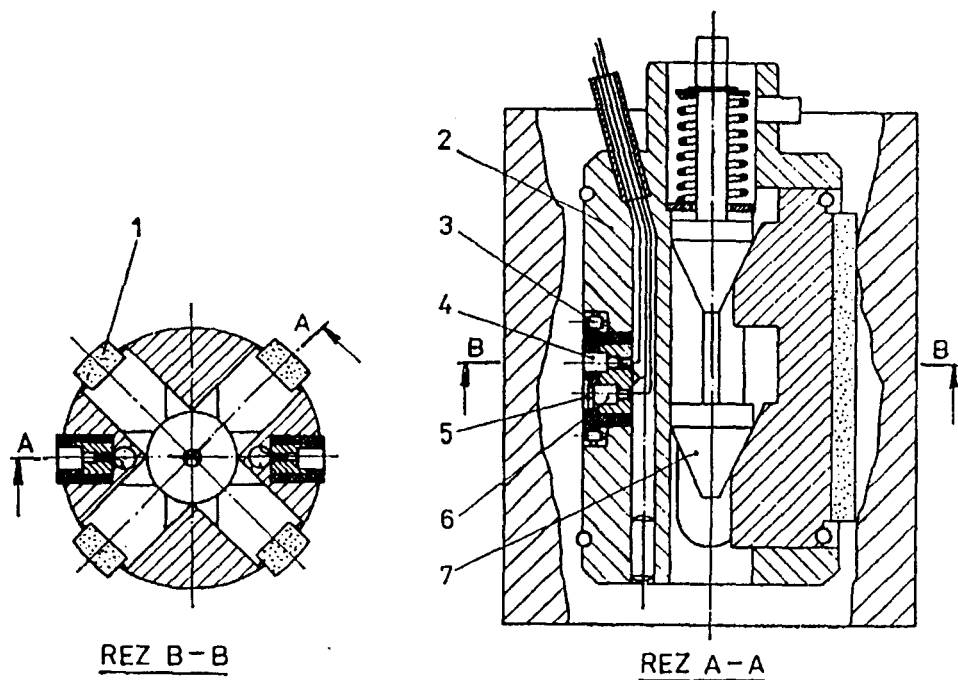


Obr.14.5 Honovací stroj

1 – vreteno stroja, 2 – honovacia hlavica, 3 – plynulá regulácia otáčok vretena,  
4 – nastavenie polohy a dĺžky zdvihu, 5 – vypínač otáčok, 6 – vypínač zdvihu,  
7 – plynulá regulácia zdvihu, 8 – núdzový vypínač, 9 – koliesko na roztváranie  
honovacej hlavice, 10 – ručný pozdĺžny posuv stola, 11 – ručný priečny posuv  
stola, 12 – prívod reznej kvapaliny

### 14.2.2 HONOVACIE POLOAUTOMATY

Sú stroje s aktívnou kontrolou rozmerov počas honovania. Stroje môžu byť vybavené jednoduchým ručným alebo poloautomatickým upínaním, prípadne plne automatizovaným transférovým systémom. Poloautomaty s transférovým systémom bývajú najčastejšie viacpolohové. Jedna poloha je pracovná, ostatné sú prípravné alebo dokončovacie.



Obr.14.6 Princípiálna schéma honovacej hlavice s aktívnou kontrolou rozmerov počas honovania.

1 – honovacie lišty, 2 – prívod vzduchu, 3 – rektifikačná skrutka, 4 – aktívna dýza, 5 – diamagnetická rozptylová platnička, 6 – pasívna dýza, 7 – kužeľ

### 14.2.3 HONOVACIE AUTOMATY

Stroje majú zariadenia na mechanické podávanie, upínanie a odsun súčiastok a tiež automatickú reguláciu vlastného honovacieho procesu. Automatický cyklus zahŕňa

nasledujúce úkony: uvoľnenie a odsun ohonovanej súčiastky, súčasný prísuv, nastavenie a upnutie ďalšej súčiastky, zapnutie honovacieho cyklu, zastavenie rozpínania honovacej hlavice po dosiahnutí predpísaného rozmeru otvoru, jej vysunutie z honovanej súčiastky a zastavenie pracovných pohybov. V sériovej a hromadnej výrobe sa používajú automatické honovacie linky.

Podľa počtu súčasne pracujúcich vretien honovačky môžeme rozdeliť tieto stroje na jedno a viacvretenové, obyčajne 2, 4, 6, 8 a viac vretien. Na týchto strojoch je možné honovať viac otvorov súčasne, prípadne sa otvory hrubujú a dokončujú v operáciách nadväzujúcich na seba.

Na honovacích strojoch sa honovacie kamene rozpínajú ručne, hydraulicky, pneumaticky alebo elektromagnetom. U nových strojov prevláda hydraulické rozpínanie. Na obr.14.6 je zobrazená principiálna schéma honovacej hlavice so zariadením pre aktívnu kontrolu rozmerov počas honovania. Princíp spočíva v pneumatickom snímaní veľkosti i medzery medzi dýzou a stenou otvoru a v prenášaní nastavených povelov podľa nameraných rozmerových hodnôt do hydraulického systému rozpínania kameňov.

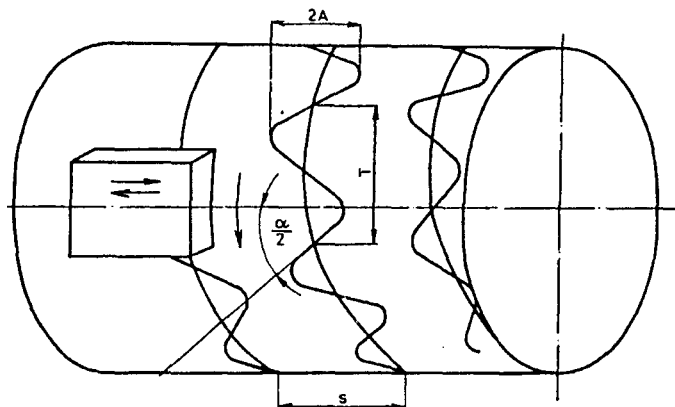
### 14.3 SUPERFINIŠOVACIE STROJE

Princíp superfinišovania je znázornený na obr.14.7.

Superfinišovacie stroje možno rozdeliť na dve skupiny, a to na stroje špeciálne a univerzálne. Špeciálne stroje sa dodávajú na základe špeciálnej objednávky pre dokončovanie konkrétnych súčiastok v podmienkach sériovej a hromadnej výroby. Stroje univerzálne sú konštruované pre dokončovanie viacerých súčiastok daného typorozmeru. Tieto stroje sa stavajú ako poloautomaty a automaty s aktívnou kontrolou rozmerov súčiastky.

Podľa princípu práce superfinišovacie stroje rozdeľujeme na:

- hrotové superfinišovacie stroje,
- bezhrotové superfinišovacie stroje,
- stroje pracujúce čelom alebo obvodom kotúča.



Obr.14.7 Princíp superfinišovania

$A$  – veľkosť amplitúdy kmitov,  $T$  – perióda kmitania,  $s$  – posuv hlavice na jednu otáčku súčiastky,  $\alpha/2$  – uhol sklonu smeru výslednej reznej rýchlosti k osi súčiastky

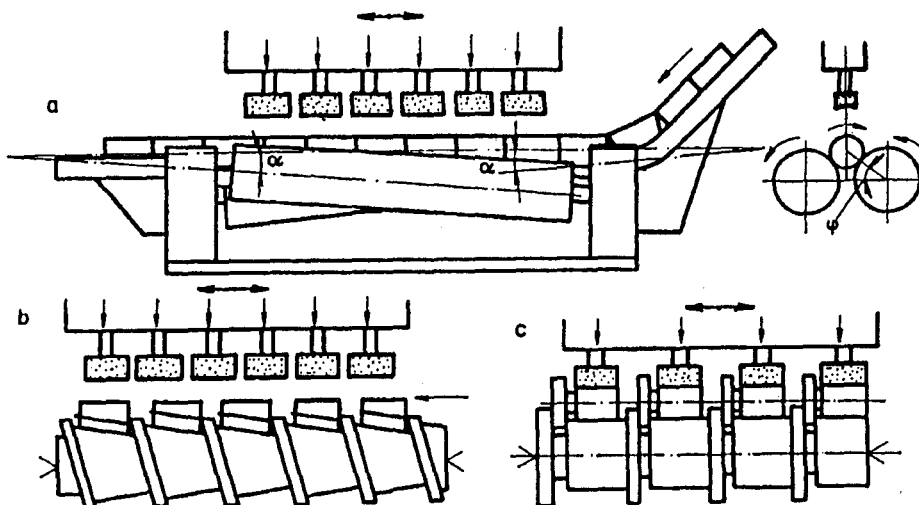
#### 14.3.1 HROTOVÉ SUPERFINIŠOVACIE STROJE

Na týchto strojoch sa dokončujú hladké aj viackrát osadené hriadele, kužeľové plochy a iné plochy s priamkovým dotykom. Plochy sa superfinišujú pozdĺžnym posuvom hlavice, prípadne zapichovacím spôsobom. Kmitavý pohyb najčastejšie vykonáva hlavica a súčiastka sa len otáča. Regulácia otáčok, frekvencie kmitov a veľkosti amplitúdy bývajú obyčajne stupňovité. Na špeciálnych hrotových strojoch sa superfinišujú aj kľukové a vačkové hriadele. Stroje bývajú osadené jednou alebo dvoma nástrojovými hlavicami, ale nie je výnimkou aj viacero hlavic (až 16).

#### 14.3.2 BEZHROTOVÉ SUPERFINIŠOVACIE STROJE

Zo schémy práce týchto strojov na obr.14.8 je vidieť, že prísun a odsun súčiastok je možné bez problémov mechanizovať. Stroje určené na opracovanie hladkých súčiastok predstavujú v podstate linku s nepretržitou činnosťou. Stroje sú osadené viacerými nástrojovými hlavicami (od 4 do 8) s nezávislou reguláciou špecifického tlaku nástrojov.



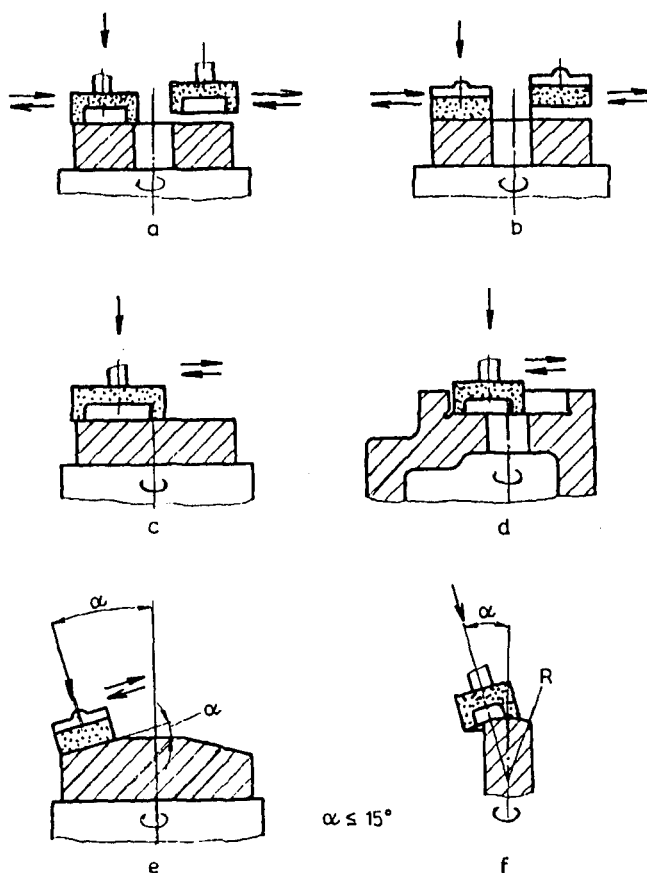


Obr.14.8 Princípy superfinišovania na bezhrotových strojoch

- a – superfinišovanie hladkých súčiastok s automatickým posúvaním podávacími valcami,
- b – superfinišovanie kužeľových súčiastok,
- c – superfinišovanie súčiastok s rozličnými osadeniami valcovitého povrchu

### 14.3.3 STROJE PRACUJÚCE ČELOM ALEBO OBVODOM KOTÚČA

Používajú sa na superfinišovanie čelných a rovinných plôch bez osadenia aj s osadením, a tiež kužeľových a guľových plôch. Schéma práce týchto strojov je na obr.14.9. Superfinišovacími nástrojmi sú miskové alebo hrncové kotúče, ktorých osi sú sklopené o 2 až 3 stupne oproti kolmici na opracovávanú plochu. Rotačný pohyb koná obyčajne súčiastka aj nástroj. Ak to dovoľí tvar súčiastky, nástroj okrem rotácie koná aj kmitavý superfinišovací pohyb. Stroje tohto typu sú osadené jednou alebo dvoma nástrojovými hlavicami s konštantnou amplitúdou a stupňovitou reguláciou frekvencie kmitov. Kmitavý pohyb pri malých hriadeľoch koná obrobok, pri väčších hriadeľoch konajú nástrojové hlavice. Pri superfinišovaní vačiek a vačkových hriadeľov sú kotúče umiestnené na výkyvnom ramene, pričom kmitavý pohyb koná obrobok.



Obr.14.9 Schémy superfinišovania rovinných, kužeľových a guľových plôch

- a – superfinišovanie plochy medzikružia hrncovým kotúčom
- b – superfinišovanie plochy medzikružia superfinišovacími kameňmi
- c – superfinišovanie rovinnej plochy
- d – superfinišovanie zapustenej rovinnej plochy
- e – superfinišovanie kužeľovej rotačnej plochy brúsnym kotúčom
- f – superfinišovanie guľového povrchu

## 15. STROJE PRE VYSOKORÝCHLOSTNÉ OBRÁBANIE

### 15.1 VYSOKORÝCHLOSTNÉ SÚSTRUHY

Hlavné požiadavky kladené na vysokorýchlostné sústruhy sú vysoké otáčky vretena a bezpečnosť upnutia obrobku. Trh ponúka sústruhy u ktorých sa počty otáčok pohybujú do  $10000 \text{ min}^{-1}$ . Inštalovaný výkon spravidla koreluje s najväčším možným obrábaným priemerom so súčasným znižovaním otáčok. Vysoké otáčky je možné dosiahnuť na strojoch s relatívne malým rezným výkonom. Pre oblasť vysokorýchlostného obrábania existujú stroje, ktoré pri vysokých otáčkach dosahujú aj vyššie výkony.

Popri všeobecných požiadavkách, ako je kvalita obrobeného povrchu a nízke výrobné náklady, vznikajú v oblasti stavby vysokorýchlostných sústruhov vzhľadom na vyššie frekvencie otáčania vretena aj niektoré špecifické požiadavky.

Od lôžka stroja sa vyžaduje vysoká tuhosť, dobré tlmenie chvenia v širokej škále otáčok a dobrý odvod triesok. Vo väčšine prípadov sa rieši ako šikmé lôžko z polymerbetónu.

Motor hlavného pohonu musí popri maximálnej frekvencii otáčania umožniť dobré zrýchlenie a zabezpečiť kompletne obrobenie súčiastky, t.j. hrubovanie aj hľadanie. Na hlavné vreteno sa smú prenášať len nepatrné priečne sily, aby jeho uloženie nebolo veľmi zaťažené.

Uloženie hlavného vretena musí zabezpečiť vysokú tuhosť a dobré tlmenie, aby vlastná frekvencia systému vretena ležala podľa možnosti nad maximálnou frekvenciou otáčok. Tieto požiadavky spĺňa jednoznačne valivé uloženie (napr. princíp s obehom guľičiek) s olejovovzduchovým mazaním.

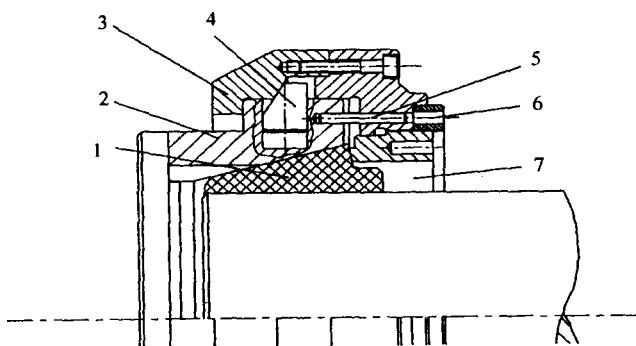
Koník musí zabezpečiť axiálne silové upnutie obrobku. Uložený býva na separátnom vedení. Pinola, ktorá je radiálne zaťažovaná, podobne ako hlavné vreteno, musí byť podobne dimenzovaná.

Upínanie obrobku pri vysorýchlostnom sústružení prináša rad problémov. Upnutie obrobku musí byť bezpečné vzhľadom na oveľa väčšiu energiu rotujúceho obrobku ako pri konvenčných strojoch. Pri vysokorýchlostnom sústružení je popri lietajúcich trieskach a

úlomkoch z vylomeného nástroja najväčším nebezpečenstvom zlyhanie upínača (skľučovadla).

S excentricitou obrobku a otáčkami pri obrábaní vzrastajú sily, ktoré sa snažia obrobok počas obrábania vytrhnúť z upínača. Tento problém riešia špeciálne upínače, ktoré nie sú také flexibilné ako trojčelust'ové skľučovadlá, ktoré sú koncipované ako širokorozsahové, ale sú skonštruované pre malé rozsahy upínaných priemerov. Na obr.15.1 je znázornený princíp skľučovadla Rubberflex pre priemer obrobkov od  $\phi 98,7$  do  $\phi 101,3$ .

Napriek vysokej spoľahlivosti takýchto upínačov musí byť obsluha stroja chránená špeciálnymi zariadeniami počnúc rôznymi ochrannými štítmí až po špeciálne kabíny.



Obr.15.1 Skľučovadlo pre kompenzáciu upínacích síl pre obrobok priemeru od  $\phi 98,7$  do  $\phi 101,3$

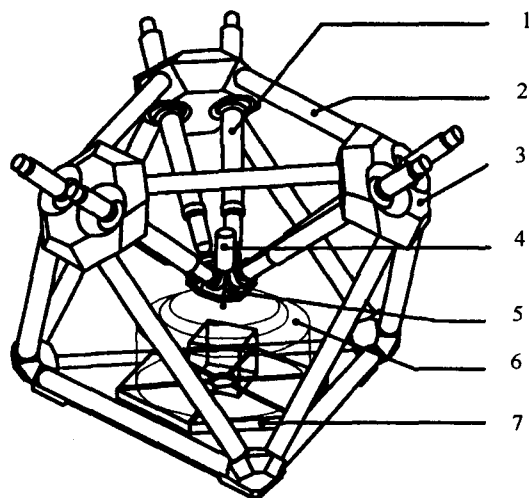
- 1 – upínacia čel'ust', 2 – vnútorné teleso púzdra, 3 – vonkajšie teleso púzdra,  
4 – pohyblivý klín, 5 – valcový kolík, 6 – kontra matica, 7 – upínacia matica

## 15.2 VYSOKORÝCHLOSTNÉ FRÉZOVAČKY

Na vysokorýchlostné frézovačky sa kladú vysoké kinematické a dynamické požiadavky. Nasadením inovatívnych technológií v oblasti kinematiky strojov, pohonov a štruktúry strojov vznikli koncepty, ktoré tieto požiadavky spĺňajú a tým umožňujú zvyšovať produktivitu výroby.

Z hľadiska kinematického sa v súčasnosti vyskytujú najmä kombinácie troch karteziánskych súradníc priradených lineárnym osiam s jednou až dvoma rotačnými osami, ktoré podľa požiadaviek umožňujú troj až päť osé obrábanie. Hlavné vreteno je uložené buď horizontálne, alebo vertikálne. Horizontálne uloženie vretena má výhodu najmä v tom, že pri tejto koncepcii možno v rovnakom čase odvádzať väčší objem triesok.

V poslednom čase sa na trhu objavili nekarteziánske kombinácie osí strojov. Na obr.15.2 je zobrazený tzv. octahedral-hexapod, ktorý pozostáva z jedného nosného zariadenia s voľne pohyblivým šesťnásobne zaveseným vretenom, ktoré je kardanovo uložené v horných troch uzloch rámovej konštrukcie. Hoci tento princíp riešenia bol už dlho známy, technické riešenie bolo možné až po vyvinutí výkonného 64-bitového-RISC procesora, ktorý dokáže transformovať karteziánske údaje o obrobní v reálnom čase do súradnicového systému stroja. Nekarteziánske stroje dosahujú extrémne vysoké posuvové rýchlosti až do 90 m/s a extrémne vysoké zrýchlenia až do  $30 \text{ m/s}^2$ . Tieto dosahované parametre predurčujú stroje tohto typu pre vysokorýchlostné obrábanie.

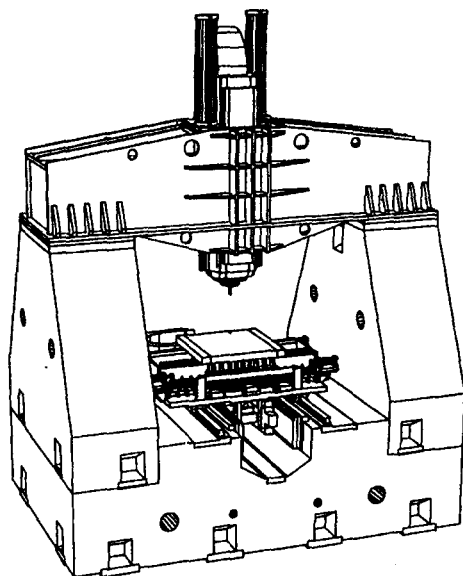


Obr.15.2 Octahedral-Hexapod

- 1 – Hexapod poháňaný servomotorom, 2 – spojovacia tyč, 3 – držiak,
- 4 – pracovné elektrovreteno, 5 – držiak vretena, 6 – pracovný priestor,
- 7 – paleta s obrobkom

Vysoké zrýchlenia a zotrvačnosti pohybujúcich sa častí strojov vedú k rozkmitaniu celého stroja. Preto konštrukcia týchto strojov musí byť tuhá s dobrými tlmiacimi vlastnosťami. Takéto vlastnosti má minerálna liatina a používa sa v stavbe malých a stredných strojov. Pri veľkých strojoch sa používajú ocelové zvarané konštrukcie, z ktorých sa dajú vyrobiť tuhé rámy. Požadovaná termická stabilita je dôležitá najmä pri suchom obrábaní (horúca trieska), nasadení lineárnych motorov (vysoké straty výkonu v stroji) a stúpajúce straty v trení pri elektromechanických lineárnych osiach. Preto sa v súčasnosti stavajú stroje ako termosymetrické. Dosahovaná presnosť strojov sa pohybuje okolo 10  $\mu\text{m}$ .

Z hľadiska výkonu stroja je dôležitá tzv. ľahká stavba pohybujúcich sa častí stroja, aby sa dosiahli vysoké zrýchlenia, konštantné posuvy a vysoká presnosť polohovania. Pre realizáciu extrémne ľahkej stavby sa používajú alternatívne materiály, napr. umelé hmoty spevnené uhlíkovými vláknami.



Obr.15.3 Vysokorýchlostná frézovačka s priamymi lineárnymi pohonmi

Pri vysokorýchlostnom frézovaní sa používajú valivo uložené elektrovretená, ktoré sa vyznačujú vysokou presnosťou, požadovanou životnosťou a pokrývajú požadované frekvencie otáčok. Otáčky dosahujú hodnoty do 90 000  $\text{min}^{-1}$  pri výkone okolo 3 kW.

S poklesom otáčok na  $5\,000\text{ min}^{-1}$ , stúpne výkon na 60 kW. Hlavným kritériom pre obrábanie je voľba výkonu vretena. Druhým kritériom je druh upnutia nástroja vo vretene. Pre vysokorýchlostné obrábanie je vhodný dutý krátky kužel vzhľadom na jeho presný chod a vymeniteľnosť, vysokú statickú a dynamickú tuhosť a tiež upínaciu silu.

Pre vysokorýchlostné obrábanie sa používajú dva princípy posuvových systémov, elektromechanické servolineárne osi a priame lineárne pohony. V súčasnosti prevažujú elektromechanické osi, ktoré pozostávajú z digitálnych servopohonov, guľčkových skrutkových prevodov, valivých vedení a priamym odmeriavaním polohy. Umožňujú posuvové rýchlosti až do  $40\text{ m/min}$  a dosahujú sa zrýchlenia medzi  $5$  až  $10\text{ m/s}^2$ , pri zdvojení pohone aj pri veľkých hmotnostiach sa dosahuje zrýchlenie až  $15\text{ m/s}^2$ . Statická presnosť polohovania sa pohybuje od  $5$  do  $15\text{ }\mu\text{m}$ .

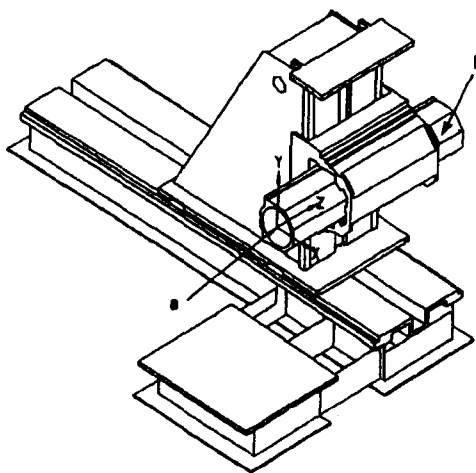
Na obr.15.3 je znázornená stavba vysokorýchlostnej frézovačky s priamymi lineárnymi pohonmi, ktorá je koncipovaná pre výrobu foriem.

### 15.3 VYSOKORÝCHLOSTNÉ VŔTAČKY

Vysokorýchlostné vŕtanie je na rozdiel od vysokorýchlostného sústruženia a frézovania technológia len pre operácie hrubovacie. Pri mnohonásobne vyšších rezných a posuvových rýchlostiach pri vysokorýchlostnom vŕtaní vznikajú problémy s odvodom triesok. V oblasti sériovej a hromadnej výroby konkuruje vysokorýchlostnému vŕtaniu viacvretenové obrábanie s dlhšími hlavnými časmi, ale s väčšou flexibilitou, pričom náklady na stroje sa podstatne redukujú. Vysokorýchlostné vŕtacie jednotky sa vyrábajú, obr.15.4, ale špeciálne vyvinuté vysokorýchlostné vŕtačky, ktoré sú dostatočne tuhé a umožňujú vysoké posuvové rýchlosti, sa ešte na trhu neobjavili.

Pri vysokorýchlostnom rezaní závitov sa vyskytujú rovnaké problémy ako pri vysokorýchlostnom vŕtaní.

Pre vysokorýchlostné vŕtanie sú vhodné stroje so zvislým alebo vodorovným hlavným vretenom v lôžku alebo v portáli. Výkyvne prestaviteľné vreteno a konzola sú stavebnými prvkami, ktoré síce rozširujú použitie stroja, ale znižujú jeho tuhosť.



Obr.15.4 Vysokorýchlostný vŕtací modul

a – priestor pre vloženie hlavného vretena

b - teleso vretena pre pohyb lineárnym motorom v smere osi z

Pri vysokorýchlostnom vŕtaní sa od stroja vyžaduje:

- vreteno s dostatočnou frekvenciou otáčok, ktorá zabezpečí reznú rýchlosť väčšiu ako 100 m/min
- statická a najmä dynamická tuhosť
- veľké posuvové rýchlosti až 10 m/min a odpovedajúce rýchloposuvy viac ako 30 m/min
- minimálne časy zrýchlenia a brzdenia menšie ako 150 ms.

Lineárne motory zlepšujú posuvové a polohovacie rýchlosti ako aj časy zrýchlenia a brzdenia. Všeobecne však platí, že rastúca hmotnosť stola znižuje zrýchlenie lineárneho motora. Pri veľmi veľkých hmotnostiach pohybujúcich sa hmôt dávajú servopohony s guľčikovými skrutkovými prevodmi oveľa lepšie hodnoty.

Nástroje sa upínajú cez dutý kužeľ, ktorý nesmie obvodovo hádzat viac ako 10  $\mu\text{m}$ .

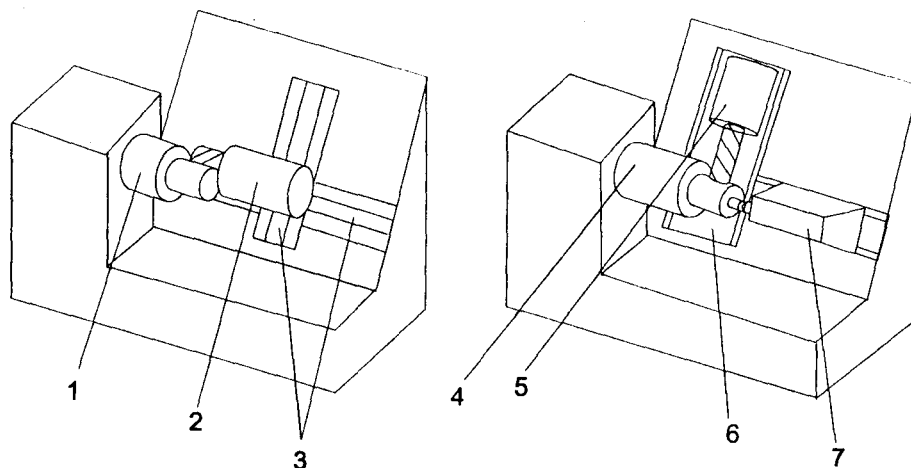
Nástroje s vnútorným chladením sú predpokladom pre efektívne vysokorýchlostné obrábanie. Potrebný je tlak minimálne 5 MP, veľké množstvo chladiacej kvapaliny a jemný filter (menej ako 20  $\mu\text{m}$ ). Tieto vysoké tlaky chladiacej kvapaliny však tvoria hmlu v pracovnom priestore, čo si vyžaduje inštaláciu odsávacích zariadení.



## 15.4 VYSOKORÝCHLOSTNÉ SÚSTRUŽNÍCKO-FRÉZOVACIE STROJE

Kombinácia sústruženia a frézovania v rôznych variantoch je základom sústružníckeho frézovania. Kombinácie oboch postupov dávajú nové možnosti pre presné a efektívne obrábanie rotačne symetrických súčiastok. Konceptia stroja pre sústružnícke frézovanie musí mať pre dané technológie optimálnu kinematiku, pričom musí spĺňať požiadavky na požadovanú presnosť.

Oblasť nasadenia sústružnícko-frézovacích strojov je od obrábania hliníka až po obrábanie kalených alebo zušľachtených ocelí. Z hľadiska optimálneho obrábania širokej škály materiálov musia stroje zabezpečiť rezné rýchlosti v rozsahu od 200 do 2000 m/min. Na obr.15.5 sú znázornené dva základné varianty konštrukcie strojov pre sústružnícke frézovanie – variant s paralelnými osami a variant ortogonálny.



Obr.15.5 Usporiadanie osí u sústružnícko-frézovacích strojov

1, 4 - pohon obrobku, 2, 5 - pohon nástroja, 3, 6 - pohybové osi, 7 - koník

Základná pohybová kinematika vyžaduje trojosovú koncepciu stroja, ktorá pozostáva z dvoch lineárnych a jednej rotačnej pohybovej osi, aby sa mohli realizovať posuvy a polohovanie. Rotácia nástroja zabezpečí rezný pohyb.

Zvláštnosťou všetkých sústružnícko-frézovacích strojov je rotačný posuv obrobku. V tejto osi sú potrebné len nepatrné výkony.



## LITERATÚRA

- [1] Ačerkan, N. S.: Výpočet a konstrukce obráběcích strojů I, SNTL, Praha, 1955.
- [2] Ačerkan, N. S.: Výpočet a konstrukce obráběcích strojů II, SNTL, Praha, 1955.
- [3] Baránek, I.: Odvetvová normalizácia obrábacích strojov na kovy v SR. In.:MATAR 2000 , PRAHA, 2000.
- [4] Baránek, I. a kol.: Výrobné stroje a nástroje. Návod na cvičeniaES SVŠT ,Bratislava 1990
- [5] Békés, J.: Inžinierska technológia obrábania kovov, ALFA, Bratislava, 1981.
- [6] Békés, J., Andonov, I.: Analýza a syntéza strojárskych objektov a procesov, ALFA, Bratislava, 1986.
- [7] Békés, J., Velišek, K.: Analytický prístup k návrhovaniu obrábacích strojov. Strojnícky časopis SAV. roč.49, č.2., 1998.
- [8] Békés, J., Velišek, K.: Obrábací stroj ako systém – generovanie koncepcií. Zborník - CO-MAT-TECH'99, Trnava, 1999.
- [9] Boetz, V.: Variable Fertigung auf Bearbeitungszentren, Werkstatt und Betrieb 132,1999.
- [10] Brandstatter, T., Kürschner, I.: Linear - motoren für hohe Dynamik und wartungsarmen Betrieb, Werkstatt und Betrieb 132, 1999.
- [11] Brandstetter, T. – Kürschner, I.: Lineramotoren für hohe Dynamik und wartungsarmen Betrieb. Werkstatt und Betrieb, Carl Hanser Verlag, Jahrg. 132 (1999) 5.
- [12] Breník, P., Píč, J. a kol.: Obráběcí stroje. Konstrukce a výpočty, SNTL, Praha, 1982.
- [13] Breiingm A., Knosala, R.: Bewerten technischer Systeme, Springer- Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1997.
- [14] Brosch, P. F.: Drehzahlveränderbare Antriebe mit U-Umrichter, Technische Rundschau 15, 1999.
- [15] Buda, J., Békés, J.: Teoretické základy obrábania kovov. SVTL, Bratislava, 1967.
- [16] Demeč, P.: Trendy vývoja v stavbe nosných systémov obrábacích strojov, Strojárstvo 2, 2000.

- [17] Dürschmied, F.: Baugruppen für parallele Kinematiken, Werkstatt und Betrieb 132, Nr. 5, 1999.
- [18] Chvála, B., Nedbal, J., Dunay, G.: Automatizace, SNTL, Praha, 1989.
- [19] Gašpárek, J.: Dokončovacie spôsoby obrábania, ALFA, Bratislava, 1979.
- [20] Gebert, K.: Automatisch feingewuchtet bei digital mangetgelagerten Motorspindeln, Werkstatt und Betrieb 132, Nr. 5, 1999.
- [21] Gebert, K.: Axialmagnetgelagerte oszillierende Motorspindeln, Werkstatt und Betrieb 132, Nr. 4, 1999.
- [22] Görke, M.: Flexible effiziente Bearbeitung langer, sperriger Werkstücke, Technische Rundschau 20, 1999.
- [23] Grundler, E.: Trends 2000 im Drehen und Fräsen, Technische Rundschau 12, 1999.
- [24] Grundler, E.: Neues Maschinenkonzept mit „logistischen Folgen“, Technische Rundschau 20, 1999.
- [25] Grundler, E.: Komplexe Werkstücke fünffachsig bearbeiten, Technische Rundschau 9, 1999.
- [26] Grudler, E.: CNC-Fertigungszentren für den Weltmarkt. Technische Rundschau Nr.9, 1999.
- [27] Heinzlmann, E.: Hexaglide - parallelkinematisches Neuland, Technische Rundschau 19, 1999.
- [28] Heisel V.: Trends in Machine Tool Design and Manufacturing Systems for the Future. Zborník prednášok, 1. Mezinárodní veletrh obráběcích a tvářecích stroju, Brno, 1998.
- [29] Hervé, J.: Mechanism and Machine Theory 34, 1999, str. 719 - 730.
- [30] Hong Sen, Fu - Chen Chen: Configuration Synthesis of Machining Centres without Tool Chance Arms. Mech. Mach. Theory. Vol. 33. No. 1/2, 1998.
- [31] Houša, J.: Obráběcí stroje na EMO Paříž 99, 1.Díl, Sborník 1, Praha, 1999.
- [32] Houša, J.: Obráběcí stroje na EMO Paříž 99, 2.Díl, Sborník 1, Praha, 1999.
- [33] Hrubec, J.: Špeciálna technológia II. Progresívne technologické metódy v obrábaní a ich prostriedky, FS SVŠT, Bratislava, 1990.
- [34] Charchut, W., Tschätsch, H.: Werkzeugmaschinen, Hanser Verlag, München; Wien, 1984.
- [35] Janáč, A. a kol.: Technológia obrábania, montáže a základy strojárkej metrológie, ES STU, Bratislava, 1994.

- [36] Jech, K.: Obrábacie stroje. Stroje a zariadenia III, SNTL, Bratislava, 1962.
- [37] Kissočzy, Š a kol.: Obrábacie stroje. Základy teórie a konštrukčnej koncepcie, ES SVŠT, Bratislava, 1989.
- [38] Kolář, R., Vlček, J.: Nový reprezentant HSC obrábění, Průmyslové spektrum č. 6, 1999.
- [39] Kraus Robert: Grundlagen des systematischen Getriebeaufbaus. Verlag Technik. Berlin 1952.
- [40] Lipa, Z., Janáč, A.: Dokončovacie spôsoby obrábania, ES STU, Bratislava, 2000.
- [41] Moučka, F.: Modernizace obráběcích stroju, Průmyslové spektrum č. 6, 1999.
- [42] Nedbal, J.: Číslicově řízené obráběcí stroje I, SNTL, Praha, 1979.
- [43] Neugebauer, R., Hochmuth, C.: Erfahrungen mit einer Hexapod - Fräsmaschine, Werkstatt und Betrieb 132, Nr. 5, 1999.
- [44] Novotný, L.: Kuličkové šrouby a matice, Průmyslové spektrum č. 6, 1999.
- [45] Oppermann, B.: Angetriebene Mutter verbessert das System, Industrieanzeiger G, 1999.
- [46] Otto, CH.: Vom dreiachsigen HSC - Bearbeitungszentrum zum Hexapoden, Werkstatt und Betrieb 132, Nr. 1-2, 1999.
- [47] Pritschow, G.: Überlegungen zur Armgestaltung von Parallel - stabkinematiken, Werkstattstechnik 89, 1999.
- [48] Ruszaj, A.: Niekonwencjonalne metody wytwarzania elementów maszyn i narzędzi, IOS, Kraków, 1999.
- [49] Schinken, J., Hennes, N.: HSC - Bearbeitungszentrum für Grossteile der Fingzeugindustrie, Werkstatt und Betrieb, 1999.
- [50] Schmerbach, O.: Neues Heckert - Bearbeitungszentrum auf der EMO, dima 4, 1999.
- [51] Schönfeld, J.: Hydrostatische Führungen für Linearmotoren, Werkstatt und Betrieb, Göppingen, 1999.
- [52] Schultz, H.: Hochgeschwindigkeitsbearbeitung, Hanser Verlag, München; Wien, 1996.
- [53] Spath, D., Mussa, S.: ACCOMAT - Die genauigkeitsgeregelte Maschine, Werkstattstechnik 89, 1999.
- [54] Stute, G., Wurst, K. - H.: Antriebstechnik Teil 5: Mechanische Übertragungsglieder, Springer-Verlag 5, 1982.
- [55] Svoboda, K.: Vysocovýkonné univerzální brusky, Průmyslové spektrum č. 9, 1999.
- [56] Tomeček, E. a kol.: Technológia III, ALFA, Bratislava, 1970.

- [57] Vasilko, K. a kol.: Nové materiály a technológie ich spracovania, ALFA Bratislava, 1990.
- [58] Velíšek, K. a kol.: Nové smery rozvoja obrábacích strojov a liniek, Štúdia, MtF STU, Trnava, 2000.
- [59] Velíšek, K.: Analýza štruktúry obrábacích strojov. Strojárstvo, roč.III., č.6., r.1999.
- [60] Velíšek, K., Békés, J.: Mathematical Procedure of conceptional machine tool design. Zborník XIII th Conference and Exhibition on Machine tools, University of Miskolc, Miskolc 1998.
- [61] Velíšek, K., Katalinič, B.: Analysis of Machine Tools Structure. Zborník - DAAAM'99, Wien 1999.
- [62] Velíšek, K., Košťál, P.: Machine tools structures. Zborník - ICIT'99, Maribor 1999.
- [63] Weck, M.: Werkzeugmaschinenbau, Band 1-4, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1979.
- [64] Weck, M.: Werkzeugmaschinen, Maschinenarten und Anwendungsbereiche, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1998.
- [65] Wittwer, U.: Intelligenter Antrieb wird zur Antriebs - SPS, Technische Rundschau 15, 1999.
- [66] Wronk, L. T.: Podstawy konstrukcji obrabiarek, WNT, Warszawa, 1973.
- [67] Yankee, H. W.: Manufacturing processes, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1979.
- [68] Zahrádka, J.: Nové typy japonských stroju, Prumyslové spektrum č. 7, 8, 1999.
- [69] Zelený, J.: High – Speed Cutting in Design and Use of Machine Tools, Zborník prednášok, 1. Mezinárodní veletrh obráběcích a tvářecích stroju, Brno 1998.
- [70] Zelený, J.: Optimalizace koncepčního řešení HSC obráběcích center, Prumyslové spektrum 9, 1999.

# OBSAH

<b>PREDHOVOR</b> .....	5
<b>1. ÚVOD</b> .....	7
1.1 HISTORICKÝ VÝVOJ OBRÁBACÍCH STROJOV.....	7
1.2 POŽIADAVKY KLADENÉ NA OBRÁBACIE STROJE.....	8
1.2.1 HOSPODÁRNOSŤ.....	8
1.2.2 PREVÁDZKOVÁ SPOLAHLIVOSŤ.....	9
1.2.3. BEZPEČNOSŤ.....	9
1.2.4 ERGONÓMIA.....	10
1.2.5 TUHOSTŤ.....	10
1.2.6 VÝROBNÁ A PRACOVNÁ PRESNOSŤ.....	10
1.3 TRIEDENIE OBRÁBACÍCH STROJOV.....	11
1.3.1 TRIEDENIE STROJOV PODĽA TECHNOLOGIE.....	11
1.3.1.1 Sústružnícke stroje (sústruhy).....	11
1.3.1.2 Hobľovacie stroje (hobľovačky).....	12
1.3.1.3 Obrážacie stroje (obrážачky).....	12
1.3.1.4 Vyvrtávacie stroje (vyvrtávačky).....	12
1.3.1.5 Vrtacie stroje (vrtačky).....	12
1.3.1.6 Frézovacie stroje (frézovačky).....	12
1.3.1.7 Brúsiace stroje (brúsky).....	12
1.3.1.8 Stroje určené na jemné dokončovacie obrábacie operácie.....	12
1.3.1.9 Stroje na delenie materiálu – strojové pily.....	13
1.3.1.10 Špeciálne stroje.....	13
1.3.2 TRIEDENIE STROJOV PODĽA HLAVNÉHO REZNÉHO POHYBU.....	13
1.3.3 TRIEDENIE OBRÁBACÍCH STROJOV PODĽA POUŽITIA.....	14
1.3.4 TRIEDENIE OBRÁBACÍCH STROJOV PODĽA METÓDY, KTOROU PRACUJÚ.....	15
1.3.5 TRIEDENIE STROJOV PODĽA RIADENIA.....	15

<b>2. RÁMY OBRÁBACÍCH STROJOV</b> .....	17
2.1 POŽIADAVKY NA RÁM STROJA .....	17
2.2 MATERIÁL RÁMOV.....	17
2.2.1 SIVÁ LIATINA.....	18
2.2.2 OČKOVANÁ LIATINA.....	18
2.2.3 VYSOKOKVALITNÁ LIATINA.....	18
2.2.4 OCEĽ NA ODLIATKY.....	19
2.2.5 LEGOVANÁ LIATINA.....	19
2.2.6 OCEĽ NA ZVÁRANIE.....	19
2.2.7 BETÓN.....	19
<b>3. ULOŽENIE OBRÁBACÍCH STROJOV NA ZÁKLAD</b> .....	21
3.1 ULOŽENIE NA PODLAHE.....	21
3.2 ULOŽENIE NA ZÁKLADOVÝCH BLOKOCH.....	23
3.2.1 TUHÉ ULOŽENIE ZÁKLADOVÉHO BLOKU.....	24
3.2.2 PRUŽNÉ ULOŽENIE ZÁKLADOVÉHO BLOKU.....	26
<b>4. VEDENIA</b> .....	29
4.1 VEDENIE PRIAMOČIARE.....	30
4.1.1 PRIAMOČIARE VEDENIA KLZNÉ.....	32
4.1.2 VALCOVÉ VEDENIA.....	32
4.1.3 HRANOLOVÉ VEDENIA (PRIZMATICKÉ).....	33
4.1.4 MATERIÁL KLZNÝCH VEDENÍ.....	36
4.2 PRIAMOČIARE VEDENIE VALIVÉ.....	39
4.3 PRIAMOČIARE VEDENIA HYDROSTATICKÉ.....	42
4.4 PRIAMOČIARE VEDENIA SERVOSTATICKÉ.....	45
4.5 VEDENIA KRUHOVÉ.....	45
4.5.1 KRUHOVÉ VEDENIA KLZNÉ.....	46
4.5.2 HOVÉ VEDENIA VALIVÉ.....	49
4.5.3 KRUHOVÉ VEDENIA HYDROSTATICKÉ.....	49
<b>5. VRETENÁ OBRÁBACÍCH STROJOV</b> .....	51
5.1 POŽIADAVKY KLADENÉ NA VRETENÁ.....	51
5.2 POŽIADAVKY NA ULOŽENIE VRETIEN.....	53



<b>6. SÚSTRUHY</b> .....	57
6.1 SÚSTRUHY HROTOVÉ.....	57
6.2 SÚSTRUHY ČELNÉ (LÍCNE).....	60
6.3 SÚSTRUHY ŠPECIÁLNE.....	60
6.4 SÚSTRUHY ZVISLÉ (KARUSELY).....	61
6.4.1 DVOJSTOJANOVÉ ZVISLÉ SÚSTRUHY.....	61
6.4.2 JEDNOSTOJANOVÉ ZVISLÉ SÚSTRUHY.....	63
6.5 REVOLVEROVÉ SÚSTRUHY.....	64
6.6 AUTOMATY A POLOAUTOMATY.....	66
6.6.1 SÚSTRUŽNÍCKE POLOAUTOMATY.....	66
6.6.2 REVOLVEROVÉ POLOAUTOMATY.....	67
6.6.3 JEDNOVRETENOVÉ AUTOMATY.....	67
6.6.4 AUTOMATY TVAROVÉ A ZAPICHOVACIE.....	68
6.6.5 DLHOTOČNÉ AUTOMATY.....	68
6.6.6 REVOLVEROVÉ AUTOMATY.....	68
6.6.7 VIACVRETENOVÉ VODOROVNÉ AUTOMATY A POLOAUTOMATY.....	69
6.6.8 VIACVRETENOVÉ ZVISLÉ AUTOMATY A POLOAUTOMATY.....	69
<b>7. FRÉZOVAČKY</b> .....	71
7.1 FRÉZOVAČKY KONZOLOVÉ (OBYČAJNÉ).....	72
7.2 FRÉZOVAČKY ROVINNÉ.....	75
7.3 FRÉZOVAČKY KOPÍROVACIE.....	79
7.4 FRÉZOVAČKY ŠPECIÁLNE.....	81
7.5 FRÉZOVAČKY PRE SÉRIOVÚ A HROMADNÚ VÝROBU.....	81
<b>8. OBRÁBACIE CENTRÁ</b> .....	83
8.1 KOMPONENTY A VLASTNOSTI OBRÁBACÍCH CENTIER.....	83
8.1.1 KONŠTRUKČNÉ ZNAKY.....	83
8.1.2 VÝMENA OBROBKOV.....	83
8.1.3 NÁSTROJE.....	84
8.1.4 HLAVNÉ A VEDĽAJŠIE POHONY.....	84
8.1.5 RIADENIE.....	84
8.1.6 DIAGNOSTIKA.....	84
8.1.7 SPOLAHLIVOSŤ STROJOV.....	84

8.1.8	KONTROLA KVALITY.....	85
8.2	ROZDELENIE OBRÁBACÍCH CENTIER.....	85
8.2.1	SÚSTRUŽNÍCKE OBRÁBACIE CENTRÁ.....	86
8.2.2	OBRÁBACIE CENTRÁ FRÉZOVACIE.....	86
8.2.2.1	Obrábacie centrá s horizontálnym uložením vretena.....	87
8.2.2.2	Obrábacie centrá s vertikálnym uložením vretena.....	89
8.2.2.3	Nové koncepcie obrábacích centier.....	89
9.	VŘTAČKY A VYVRTÁVAČKY.....	93
9.1	VŘTAČKY.....	93
9.1.1	VŘTAČKY STOLOVÉ.....	93
9.1.2	VŘTAČKY STĚPOVÉ.....	94
9.1.3	VŘTAČKY STOJANOVÉ.....	95
9.1.4	VŘTAČKY OTOČNÉ.....	97
9.1.5	VIACVRETENOVÉ VŘTAČKY.....	99
9.1.6	RADOVÉ VŘTAČKY.....	99
9.1.7	VŘTAČKY PRE HLBOKÉ VŘTANIE.....	100
9.2	UNIVERZÁLNE VYVRTÁVAČKY.....	100
9.3	SÚRADNICOVÉ VYVRTÁVAČKY.....	104
9.4	VYVRTÁVAČKY PRE JEMNÉ VYVRTÁVANIE.....	107
10.	HOBĽOVAČKY A OBRÁŽAČKY.....	111
10.1	HOBĽOVAČKY.....	111
10.1.1	HOBĽOVAČKY STOJANOVÉ.....	111
10.1.1.1	Jednostojanová hobľovačka.....	113
10.1.1.2	Dvojstojanová hobľovačka.....	114
10.1.2	HOBĽOVAČKY DOSKOVÉ.....	114
10.1.3	HOBĽOVAČKY NA HRANY PLECHOV.....	114
10.2	OBRÁŽAČKY.....	116
10.2.1	VODOROVNÉ OBRÁŽAČKY.....	116
10.2.1.1	Obrázačky s priečne presuvným stolom.....	117
10.2.1.2	Obrázačky s priečne posuvným šmýkadlom.....	117
10.2.1.3	Obrázačky prenosné.....	119
10.2.2	ZVISLÉ OBRÁŽAČKY.....	120

10.2.2.1	Zvislé obrážačky s mechanickým pohonom .....	121
10.2.2.2	Zvislé obrážačky s hydraulickým pohonom.....	121
10.2.2.3	Špeciálne obrážačky pre tvarové práce, tzv. presné.....	121
10.2.2.4	Prenosné zvislé obrážačky.....	121
<b>11.</b>	<b>BRÚSKY.....</b>	<b>123</b>
11.1	BRÚSKY HROTOVÉ.....	123
11.2	BRÚSKY NA DIERY.....	128
11.3	BRÚSKY BEZHROTOVÉ.....	131
11.4	ROVINNÉ BRÚSKY VODOROVNÉ.....	133
11.5	ROVINNÉ BRÚSKY ZVISLÉ.....	135
11.6	NÁSTROJÁRSKE BRÚSKY.....	138
<b>12.</b>	<b>PÍLY STROJOVÉ NA KOVY.....</b>	<b>139</b>
12.1	PÍLY RÁMOVÉ.....	139
12.2	PÍLY KOTÚČOVÉ.....	140
12.3	PÍLY PÁSOVÉ.....	141
12.4	CENTRÁ PRE DELENIE MATERIÁLU.....	142
<b>13.</b>	<b>ŠPECIÁLNE OBRÁBACIE STROJE.....</b>	<b>143</b>
13.1	PREŤAHOVACIE A PRETLAČOVACIE STROJE.....	143
13.1.1	<i>PRACOVNÝ CYKLUS.....</i>	<i>143</i>
13.1.2	<i>TYPY PREŤAHOVACIEK.....</i>	<i>146</i>
13.1.2.1	Vodorovné preťahovačky.....	146
13.1.2.2	Zvislé preťahovačky.....	147
13.1.2.3	Univerzálne preťahovačky.....	147
13.1.2.4	Vonkajšie preťahovačky.....	148
13.1.2.5	Pretláčacie stroje - hydraulické lisy.....	148
13.1.2.6	Reťazové preťahovačky.....	148
13.1.2.7	Bubnové preťahovačky.....	150
13.1.2.8	Otáčavé preťahovačky.....	151
13.1.2.9	Preťahovačky na rotačné predmety.....	151
13.2	STROJE NA VÝROBU OZUBENÝCH KOLIES.....	152
13.2.1	<i>OBRÁBANIE OZUBENÝCH KOLIES TVAROVÝMI NÁSTROJMI.....</i>	<i>152</i>
13.2.1.1	Frézovanie kotúčovou modulovou frézou.....	152

13.2.1.2	Frézovanie stopkovou modulovou frérou.....	153
13.2.1.3	Obrážanie zubov tvarovým nožom.....	154
13.2.1.4	Obrábanie zubov pret'ahovacím trňom.....	154
13.2.1.5	Vytváranie ozubenia postupným pret'ahovaním.....	154
13.2.2	<i>ODVAĽOVACIE SPÔSOBY OBRÁBANIA ZUBOV ČELNÝCH KOLIES.....</i>	<i>155</i>
13.2.2.1	Obrážanie zubov (hobl'ovanie).....	156
13.2.2.2	Obrábanie zubov odvaľovaním (frézou).....	162
13.3	OBRÁBANIE VNÚTORNÉHO OZUBENIA ČELNÝCH KOLIES.....	164
13.4	OBRÁBANIE ÓZUBENÉHO HREBEŇA.....	164
13.5	OBRÁBANIE ZUBOV KUŽELOVÝCH KOLIES.....	165
13.5.1	<i>TVAROVÉ SPÔSOBY.....</i>	<i>165</i>
13.5.1.1	Frézovanie kotúčovou modulovou frérou.....	165
13.5.1.2	Hobl'ovanie podľa šablóny.....	165
13.5.2	<i>ODVAĽOVACIE SPÔSOBY.....</i>	<i>166</i>
13.6	OBRÁBANIE ZÁVITOVIEK.....	167
13.6.1	<i>NA SÚSTRUHU .....</i>	<i>167</i>
13.6.2	<i>NA UNIVERZÁLNEJ FRÉZOVAČKE.....</i>	<i>168</i>
13.6.3	<i>NA ŠPECIÁLNYCH FRÉZOVAČKÁCH.....</i>	<i>168</i>
13.6.4	<i>NA ŠPECIÁLNYCH STROJOCH KOTÚČOVÝMI NOŽMI.....</i>	<i>169</i>
13.6.5	<i>NA ODVAĽOVACÍCH FRÉZOVAČKÁCH.....</i>	<i>170</i>
13.7	OBRÁBANIE ZÁVITOVKOVÝCH KOLIES.....	171
13.7.1	<i>NA UNIVERZÁLNEJ FRÉZOVAČKE.....</i>	<i>171</i>
13.7.2	<i>NA ODVAĽOVACÍCH FRÉZOVAČKÁCH.....</i>	<i>171</i>
13.8	BRÚSENIE OZUBENÝCH KOLIES.....	172
13.8.1	<i>TVAROVÝ SPÔSOB BRÚSENIA ZUBOV ČELNÝCH KOLIES.....</i>	<i>172</i>
13.8.2	<i>DVOJKOTÚČOVÝ SPÔSOB BRÚSENIA ZUBOV ČELNÝCH KOLIES PROFILOVÝM KOTÚČOM.....</i>	<i>173</i>
13.8.3	<i>ODVAĽOVACÍ SPÔSOB BRÚSENIA ZUBOV ČELNÝCH KOLIES.....</i>	<i>173</i>
13.8.4	<i>BRÚSENIE ZÁVITOVIEK.....</i>	<i>175</i>
13.8.4.1	Kužeľovým čapovým brúsiacim telieskom.....	175
13.8.4.2	Brúsiacim kotúčom obojstranne skoseným.....	176
13.8.4.3	Zvonovými brúsiacimi kotúčmi.....	176

13.8.4.4	Hrncovitým brúsiacim kotúčom.....	177
13.8.5	BRÚSENIE ZUBOV KUŽELOVÝCH KOLIES.....	178
<b>14.</b>	<b>STROJE URČENÉ NA JEMNÉ DOKONČOVACIE OPERÁCIE.....</b>	<b>179</b>
14.1	LAPOVACIE STROJE .....	179
14.1.1	STROJE S JEDNÝM HNANÝM A JEDNÝM PEVNÝM KOTÚČOM.....	180
14.1.2	STROJE S DVOMA HNACÍMI KOTÚČMI.....	181
14.1.3	BEZHROTOVÉ LAPOVACIE STROJE.....	181
14.1.4	STROJE NA OTVORY.....	182
14.2	HONOVACIE STROJE.....	182
14.2.1	STROJE BEŽNÉHO VYHOTOVENIA.....	183
14.2.2	HONOVACIE POLOAUTOMATY.....	184
14.2.3	HONOVACIE AUTOMATY.....	184
14.3	SUPERFINIŠOVACIE STROJE.....	185
14.3.1	HROTOVÉ SUPERFINIŠOVACIE STROJE.....	186
14.3.2	BEZHROTOVÉ SUPERFINIŠOVACIE STROJE.....	186
14.3.3	STROJE PRACUJÚCE ČELOM ALEBO OBVODOM KOTÚČA.....	187
<b>15.</b>	<b>STROJE PRE VYSOKORÝCHLOSTNÉ OBRÁBANIE.....</b>	<b>189</b>
15.1	VYSOKORÝCHLOSTNÉ SÚSTRUHY.....	189
15.2	VYSOKORÝCHLOSTNÉ FRÉZOVAČKY.....	190
15.3	VYSOKORÝCHLOSTNÉ VRTAČKY.....	193
15.4	VYSOKORÝCHLOSTNÉ SÚSTRUŽNÍCKO-FRÉZOVACIE STROJE.....	195
	<b>LITERATÚRA.....</b>	<b>197</b>
	<b>OBSAH.....</b>	<b>201</b>



Doc. Ing. Karol Velíšek, CSc.

OBRÁBACIE STROJE

1. vydanie

Náklad 300 výtlačkov

207 strán, 193 obrázkov, 13,185 AH, 13,484 VH

Edičné číslo 4892

Tlač Vydavateľstvo STU v Bratislave

Rok vydania 2001

85 - 225 - 2001
-----------------

ISBN 80-227-1498-4

