

## 1.3 Frézovanie

Frézovanie je mechanické obrábanie materiálu nástrojom s definovanou reznou hranou - frézou na výrobnom zariadení, ktoré sa nazýva frézka. Frézovanie je spôsob mechanického trieskového obrábania, pri ktorom hlavný rezný pohyb je rotačný pohyb frézy a nositeľom posuvu je obrobok. Frézovaním sa obrábajú rovinné aj tvarové plochy otáčajúcim sa nástrojom s viacerými reznými hranami - frézou.

- Obrábaná plocha - je plocha polovýrobku, ktorú treba v procese obrábania odstrániť a nahradiť novovzniknutou plochou.
- Rezná plocha - sa vytvára bezprostredne za reznou hranou nástroja.
- Obrobená plocha - je výsledkom obrábania a tvoria ju zvyšky reznej plochy.

Podstatou frézovania je postupné odoberanie materiálu obrobku viac klinovým nástrojom vo forme triesky, pričom hlavný pohyb je otáčavý a koná ho nástroj: posuv koná obrobok alebo nástroj spravidla v smere kolmom k osi nástroja. Rezná rýchlosť je dráha, ktorú rezný klin opíše po cykloide za časovú jednotku. Hĺbka frézovania je vrstva materiálu odoberaného frézou v milimetroch.

Frézovanie rozdeľujeme:

- valcové
- čelné
- valcové i čelné

**Valcové frézovanie** - pri frézovaní valcovom sú rezné klíny rozložené len na valcovom obvode nástroja. Os otáčania je rovnobežná s obrobenou plochou.

**Čelné frézovanie** - pri tomto frézovaní sú rezné hrany rozložené predovšetkým na čele nástroja, t.j. na ploche kolmej na os frézy a čiastočne aj na valcovom obvode. Os otáčania frézy je kolmá na obrobenú plochu.

Podľa smeru hlavného pohybu a posuvu rozdeľujeme čelné frézovanie na:

- súbežné
- protibežné

Podľa polohy osi otáčania frézy voči obrábanej ploche:

- symetrické
- nesymetrické

Čelné valcové frézovanie - pri tomto spôsobe frézovania sa používajú frézy s reznými hranami na obvode i čele nástroja.

### **Charakteristika výrobných metód**

Hlavný rotačný pohyb vykonáva fréza. Vedľajší pohyb obrobku je buď priamočiary, alebo kruhový, zvyčajne kolmý na os otáčania. Výsledný rezný pohyb má teda tvar cykloidy, ktorá sa veľmi málo odlišuje od kruhovej dráhy, z ktorej vychádzame pri výpočte reznej rýchlosti:

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

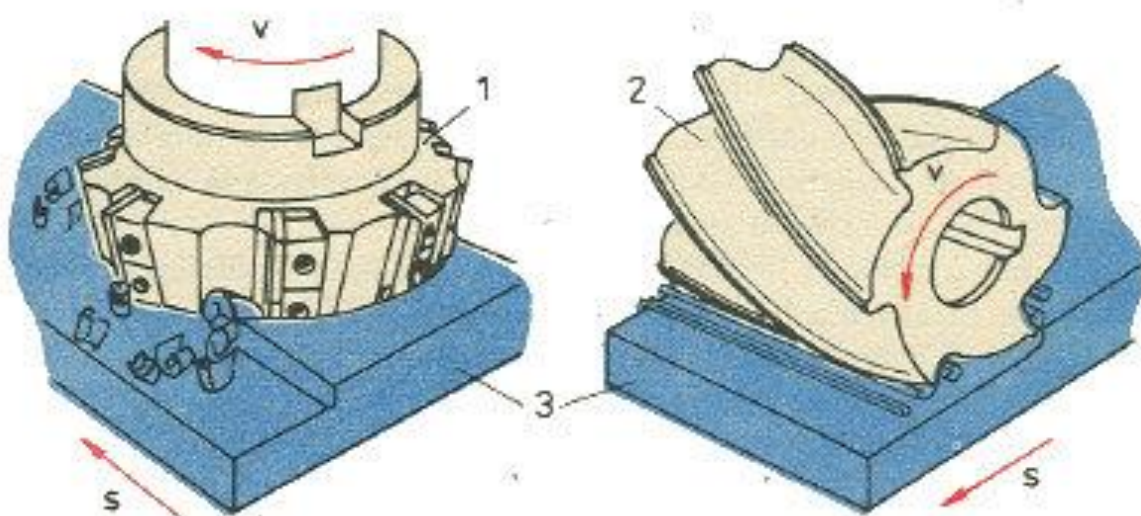
Rovinné plochy frézujeme valcovými a čelnými frézami. Frézovanie valcovými frézami sa rozdeľuje takto:

**Nesúbežné frézovanie**, pri ktorom sa fréza otáča proti zmyslu posuvu. Prierez triesky sa postupne zväčšuje od nuly do maximálnej hrúbky.

Nevýhodou je horšia akosť povrchu a smer reznej sily (smeruje hore), čo kladie veľké nároky na spôsob upnutia.

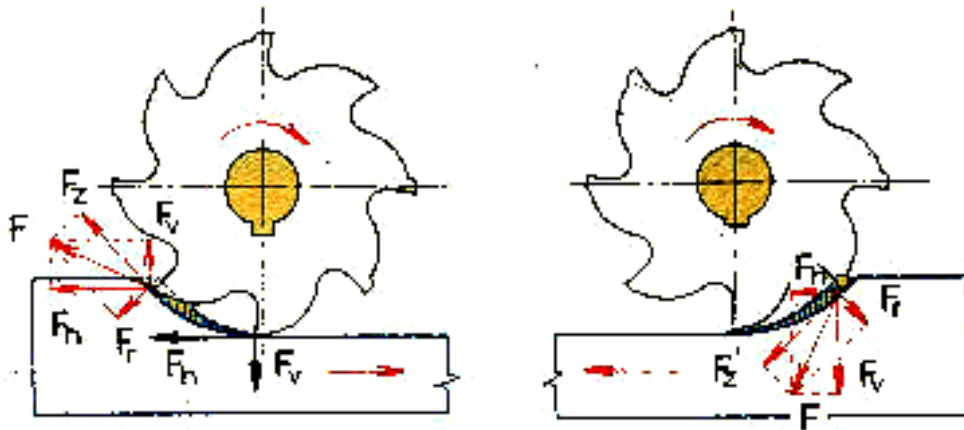
**Súbežné frézovanie**, pri ktorom sa fréza otáča v zmysle posuvu. Prierez odoberanej triesky sa znižuje, obrobená plocha je hladšia a smer reznej sily je priaznivejší. Produktivita je väčšia pri rovnakej trvanlivosti nástroja. Nevýhodou súbežného frézovania sú silové rázy pri zábere každého zuba do materiálu. Táto nevýhoda sa dá zmierniť použitím fréz so šikmými zubmi. Súbežné frézovanie je možné len na frézach tuhej konštrukcie a na obrábanie mäkkých a húževnatých materiálov. Nesúbežné frézovanie sa hodí na obrábanie výkovkov, odliatok a vyliskov, ktoré majú nečistý a tvrdý povrch.

**Frézovanie čelnými frézami** - Frézovanie čelnými frézami sa používa najmä pri výkonnom obrábaní platničkami zo SK. Dráha reznej hrany je tiež cykloida. Pri tomto spôsobe je os nástroja kolmá na obrobenú plochu. Trieska, odoberaná pri čelnom frézovaní sa výrazne odlišuje od triesky odoberanej valcovou frézou.



Obr.3.1 Čelné frézovanie a frézovanie čelnou valcovou frézou  
(1-čelná frézovacia hlava, 2-čelná valcová fréza, 3-obrobok)

## Spôsoby frézovania:

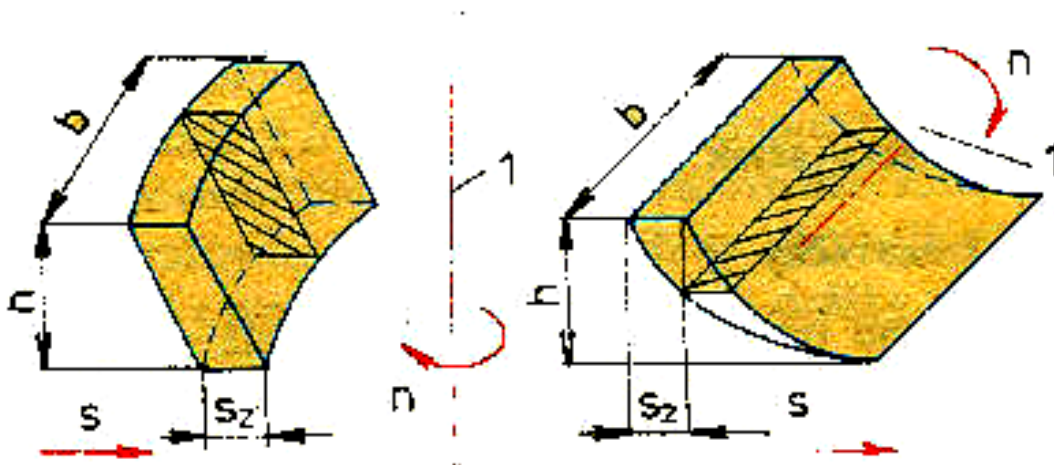


a) Protibežné frézovanie

b) Súbežné frézovanie

Obr.3.2 Spôsoby frézovania a zložky rezných síl

## Tvary prierezu triesok pri frézovaní:



a) Frézovanie čelnou frézou

b) Frézovanie valcovou frézou

Obr.3.3 Prierezový tvar triesok

# Nástroje pre technológie frézovania

Nástroje pre frézovanie nazývame frézami. Pre názornosť stroje pre frézovanie sa nazývajú – frézky. Nástroje sú viac klinové s definovanou geometriou reznej hrany.

Frézy sa rozdeľujú do niekoľkých skupín podľa rozličných hľadísk.

Podľa plôch, na ktorých leží ostrie:

- valcové - ostrie majú len na valcovej ploche
- čelné - ostrie majú na čelnej ploche. Kombináciou ostria na valcových a čelných plochách vznikajú valcové čelné frézy.
- kotúčové - ostrie majú na valcovej a zvyčajne aj na obidvoch čelných plochách
- tvarové - majú ostrie takého tvaru, aby vznikol žiadaný tvar obrobku

Podľa priebehu ostria:

- s priamym ostrím - frézy rovnobežné s osou otáčania
- so šikmým ostrím - frézy mimobežné s osou otáčania
- so skrutkovitým ostrím - v skrutkovici
- so striedavým skrutkovitým - na susedných zuboch striedavo s pravým a ľavým skrutkovitým ostrím

Podľa spôsobu upínania:

- so stopkou - valcová alebo kužeľová stopka
- nástrčné - zvyčajne majú valcovú dieru

Podľa smeru otáčania:

- pravorezné - otáčajú sa v smere hodinových ručičiek pri pohľade od stopky - od vretenníka
- ľavorezné - otáčajú sa proti smeru hodinových ručičiek

Podľa konštrukcie:

- celistvé - z jedného kusa,
- zvarané - rezná časť z rýchloreznej ocele je na tupo zvarená s upínacou časťou
- s výmennými časťami - zuby majú mechanicky pripevnené,
- zložené - skladajú sa z dvoch alebo viacerých častí

### Stopkové frézy



Obr.3.4 Stopkové frézy

### Valcové a čelné frézy

Tieto frézy sa vyznačujú veľmi dobrými reznými vlastnosťami a ich použitie je vhodné ako pri hrubovaní, tak aj pri dokončovacích operáciách.

Valcové čelné frézy s valcovou stopkou od  $\varnothing$  16 do 20 mm STN 22 2138 a 39, kužeľovou od  $\varnothing$  25 do 63 mm STN 22 2142 až 49 a nástrčné od  $\varnothing$  63 do 100 mm STN 22 2154 až 59. Vhodným konštrukčným riešením je prerušenie rezných hrán na obvod nástroja deliacimi drážkami kolmo na os otáčania nástroja tak, aby sa prekryvali časti ostria medzi jednotlivými

drážkami na susedných zuboch pri otáčaní frézy. Delenie triesok podstatne zníži rezný odpor a zvýši výkonnosť frézovania. Toto delenie je výhodné najmä pri odbere väčších prídavkov pri hrubovaní, kde môže byť drsnejšia plocha. Tieto frézy sú v STN 22 2280 až 22 2298. Uhol sklonu skrutkovice ostria  $\gamma_0$  má vplyv na smer odchodu triesky a zabezpečuje plynulý záber. Väčší uhol  $\gamma_0$  zväčšuje množstvo zubov, ktoré sú súčasne v zábere. Vplyvom uhla  $\gamma_0$  vzniká osová sila  $F_x$ , ktorá by mala smerovať do vretena stroja. Pôsobenie sily možno kompenzovať napr. zložením dvoch valcových fréz s opačnou skrutkovicou (valcová fréza) a pravotočivej frézy s pravou skrutkovicou (čelná fréza). Zubové medzery musia byť dostatočne priestorné, k vonkajšiemu priemeru otvorené, s primeraným veľkým zaoblením chrbta. Valcové čelné frézy s kužeľovou stopkou s vymeniteľnými reznými platničkami STN 222470 majú 1 až 3 rezné hrany a vyrábajú sa od  $\varnothing$  46 do 63 mm. Trojuholníkové platničky sa do telesa frézy upínajú úpinkou a skrutkou. Tieto nástroje sa úspešne používajú na obrábanie rohových vybraní v oceli pri posuvoch do 0,2 mm na zub.



Obr.3,5 Valcová fréza



Obr.3.6 Čelná valcová fréza

## Kotúčové frézy

Kotúčové frézy sa používajú na zarovnávanie čiel a frézovanie drážok. V praxi sa najviac uplatňujú hrubo zubové kotúčové frézy z RO a jemno zubové so zubami so striedavou skrutkovicou:

- nástrčné od  $\varnothing$  50 do 160 mm STN 22 2161 až 68
- s valcovou stopkou od  $\varnothing$  7 do 25 mm STN 22 2180 až 85
- s kužeľovou stopkou od  $\varnothing$  32 do 72 mm STN 22 2181 a 82

Mimoriadne vhodné sú hrubo zubové delené nastaviteľné kotúčové frézy, pre drážky 4 až 28 mm ON 22 2172 a 73, pre svoju univerzálnosť a hospodárnosť. Zvyčajne sa ich nastavenie zabezpečuje rozpieracím krúžkom.. Vhodné sú na obrábanie všetkých druhov materiálov a umožňujú frézovať drážky pred hrubované aj do plného materiálu, pri konečnej presnosti IT9 až IT7. Pravé aj ľavé jednostranné kotúčové frézy podľa STN 22 2576 a 77 sú výkonnejšie pri jednostrannom frézovaní. Kotúčové frézy s platničkami zo SK sú spájkované alebo s vymeniteľnými reznými platničkami najčastejšie akosti K 10. Jednostranné vyhotovenia s vymeniteľnými platničkami od  $\varnothing$  125 do 250 mm sú pravorezné aj ľavorezné. Platničky sú zabezpečené upínacím klinom alebo skrutkou a vložkou.



Obr.3.7 Kotúčová fréza



**Frézovacie hlavy** - Frézovacie hlavy sú nástroje s viacerými reznými hranami, určené na výkonné frézovanie zvyčajne väčších rovinných plôch. Frézovacie hlavy s vymeniteľnými reznými platničkami zo SK tvoria jedno z najrozsiahlejších a technicky najdokonalejších skupín nástrojov na kovy. Ich hlavné výhody sú:

- ľahká zámena spekaného karbidu rozličnej akosti
- úspory ostrenia pre používateľa (hromadné ostrenie je presné a lacné
- dlhšia trvanlivosť platničiek



Obr.3.8 Frézovacia hlava

## Frézky – frézovacie stroje

Pri frézovacích strojoch hlavný (rezný) pohyb vykonáva nástroj t.j. fréza upnutá do vretena stroja. Vedľajší pohyb koná buď nástroj alebo obrobok (podľa typu stroja). Dosiahnutie vysokej produktivity práce pri frézovaní umožňuje v súčasnosti použitie vysokovýkonných nástrojov zo spekaných karbidov, s povlakovanými a keramickými reznými platničkami a správna voľba typu a veľkosti frézovacieho stroja. Podľa polohy vretena sú frézovacie stroje buď vodorovné (označenie FH - horizontálne), alebo zvislé (označenie FV - vertikálne). Podľa účelu a konštrukcie sa delia na konzolové, stolové, rovinné a špeciálne. Charakteristický rozmer stroja je daný veľkosťou upínacej plochy stola. Pri frézkach sa uplatňuje rozličný stupeň automatizácie; pákové frézky bez posuvných mechanizmov (pre drobné súčiastky), bežné konvenčné stroje so strojovými posuvmi v osiach  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , programovateľné a číslicovo riadené stroje s automatickým pracovným cyklom a frézovacie alebo viac profesiové obrábacie centrá s automatickou výmenou nástrojov. Doplnením obrábacích centier zásobníkom a zariadením na výmenu obrobkov upnutých na technologické palety vznikajú automatizované technologické pracoviská (A TP).

### Konzolové frézky

Hlavným znakom týchto frézok je konzola upevnená na vedení stojana, prestaviteľná skrutkou a maticou v zvislom smere. Prične sa prestavujú po vedení konzoly kolmo na vodiacu plochu stojana. Pracovný stôl sa pohybuje vo vedení priečnych saní v pozdĺžnom smere. To umožňuje nastaviť obrábané súčiastky do ľubovoľnej polohy v troch súradniciach. Konzolové frézky sa používajú na obrábanie súčiastok malých a stredných rozmerov. Vyrábajú sa v troch základných vyhotoveniach, ako zvislé, vodorovné a univerzálne.

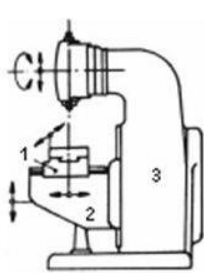
Legenda pre obr.3.9

1-krížový posuvný stôl

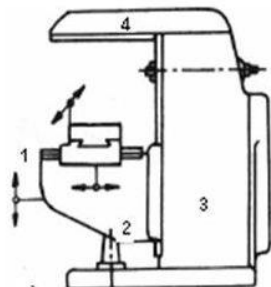
3-stojan

2-konzola

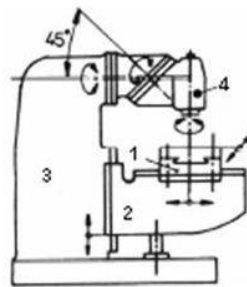
4-vreteno



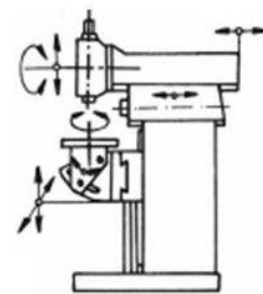
Obr. 1 Zvislá konzolová frézovačka



Obr. 2 Vodorovná konzolová frézovačka



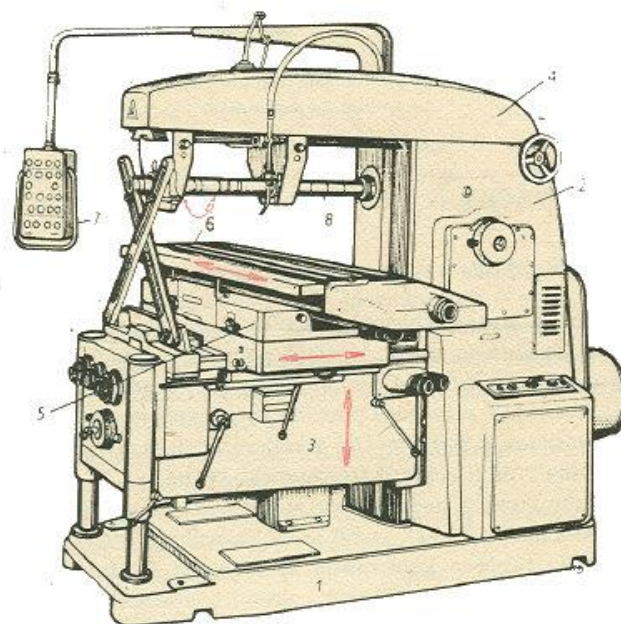
Obr. 3 Konzolová frézovačka s univerzálnou hlavou



Obr. 4 Konzolová nástrojárska frézovačka

### Obr.3.9 Konzolové frézky

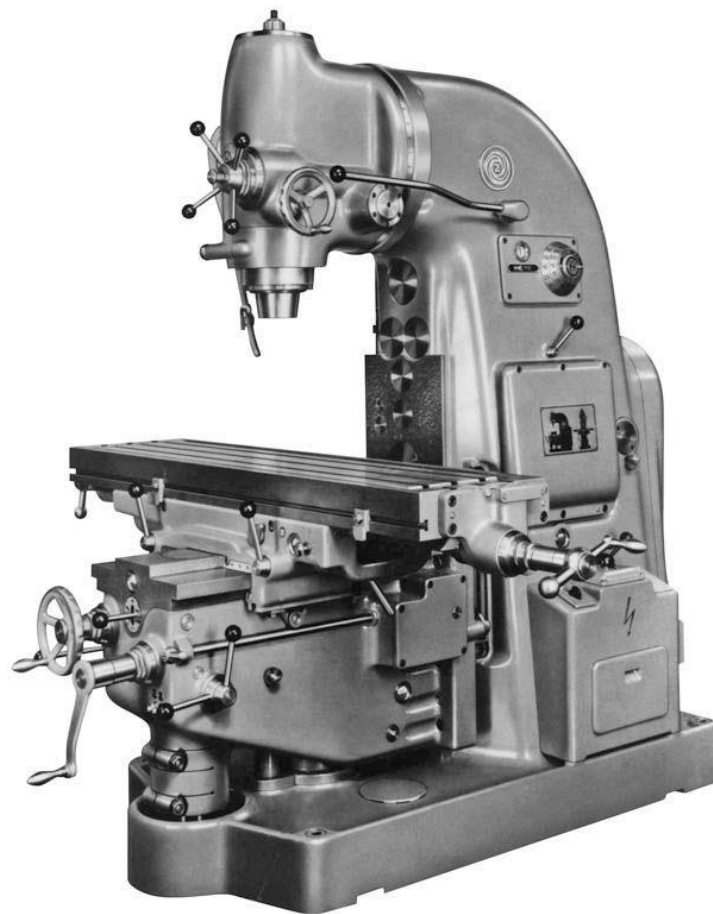
**Vodorovné konzolové frézky (horizontky)** majú os pracovného vretena vodorovnú, rovnobežnú s plochou pracovného stola a kolmú na pozdĺžny smer pracovného stola. Na nich sa obrábajú najmä rovinné plochy rovnobežné s plochou pracovného stola, drážky a tvarové plochy. Pracuje sa na nich prevažne vaľcovými,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



Obr.3.10 Vodorovná konzolová frézka

**Zvislé konzolové frézky** majú pracovné vreteno v zvislom vretenníku pripevnenom na stojane frézky. Vretenníkom možno zvyčajne natáčať o  $\pm 45^\circ$ . Na zvislých konzolových frézkach sa obrábajú najmä rovinné

plochy, rovnobežné s plochou pracovného stola, drážky v tejto ploche a pod.



Obr.3.11 Zvislá konzolová frézka

**Univerzálne konzolové frézky** majú rovnakú konštrukciu ako frézky vodorovné, ale pozdĺžny pracovný stôl je natáčavý až do 45°. Typickou prácou pre univerzálne frézky je frézovanie skrutkových drážok, závitoviek, zubov apod.

### **Stolové frézky**

Stolové frézky sa používajú na frézovanie väčších súčiastok. Delia sa na zvislé a vodorovné. Pri vodorovných frézokach je vretenník v stojane. Stojany stolových frézok sú tuhé, a tým umožňujú väčší výkon ako konzolové frézky toho istého rozmeru. Často sú vybavené číslicovým riadením.



Obr.3.12 Stolová frézka

### **Rovinné frézky**

Rovinné frézky sú určené na obrábanie obrobkov najväčších, rozmerov, Stavajú sa pre šírky pracovného stola od 800 mm. Stôl má len pozdĺžny posuv, vretenník má priečny a zvislý posuv.



Obr.3.13 Rovinná frézka

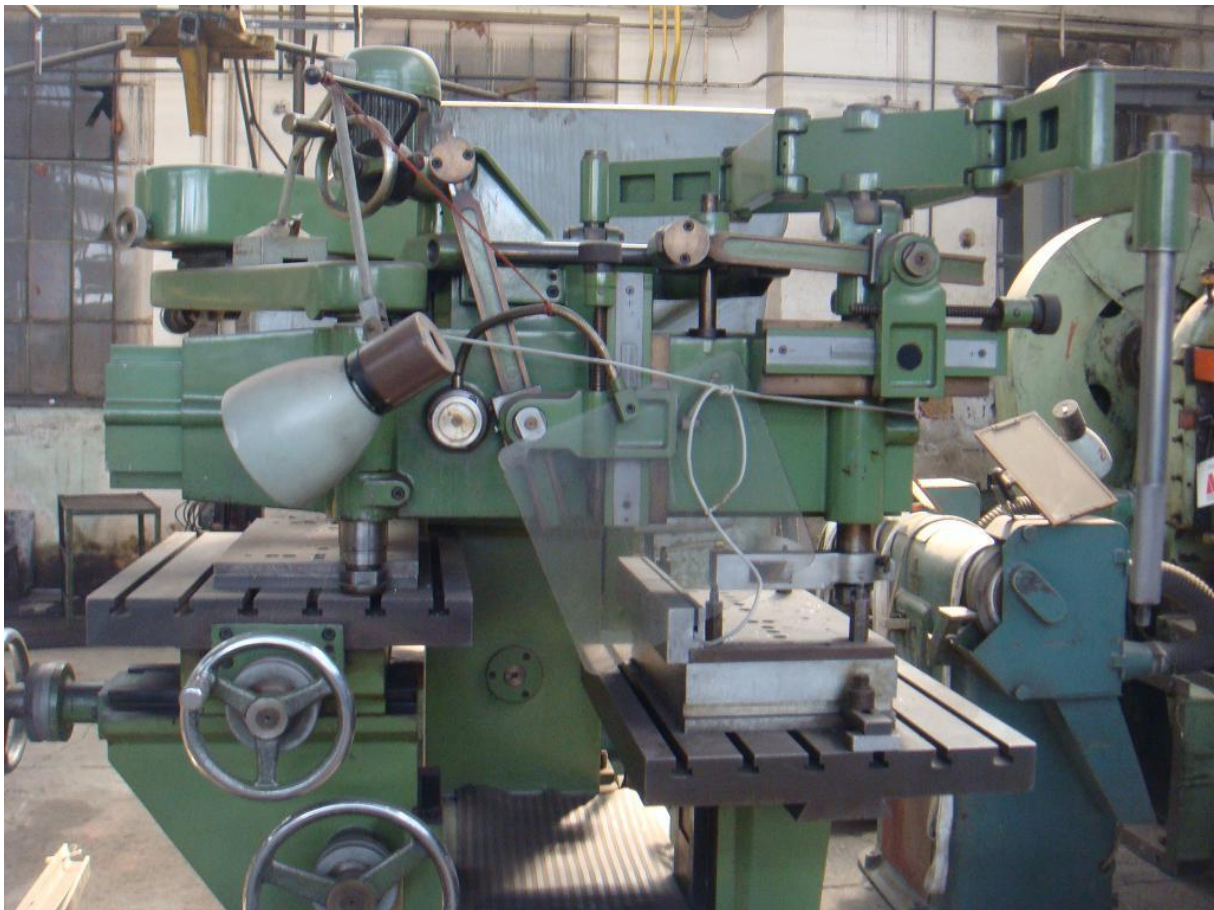
**Portálové frézky** sú rovinné frézky veľmi tuhej konštrukcie s dvoma stojanmi, priečnikom a spravidla so štyrmi vretenníkmi. Portálové frézovačky sú vhodné na obrábanie vodorovných, zvislých a šikmých plôch na ťažkých obrobkoch. Pri frézovaní šikmých plôch sa vretenník natočí o príslušný uhol sklonu. Frézuje sa zvyčajne frézovacími hlavami. Úzke plochy a drážky sa frézujú stopkovými frézami. Hrúbka triesky sa nastavuje vysúvaním vretena. Na obrábanie mimoriadne dlhých obrobkov sa používajú frézovačky s nepohyblivým stolom; pracovný posuv vykonáva portálový rám.



Obr.3.14 Portálová frézka

## Špeciálne frézky

**Kopírovacie frézky** najčastejšie sú mechanické, elektro kontaktné, hydraulické a elektro induktívne. Pri elektricky riadenej kopírovacej frézovačke pri vzájomnom pohybe modelu a kopírovacieho palca (snímača) sleduje palec povrch modelu a fréza (zhodného tvaru s palcom) frézuje obrobok. Kopírovací pohyb sa dosahuje elektrickou väzbou medzi palcom a elektromagnetickými spojkami posuvov. Zhodná stopa palca a frézy pokryje celý povrch modelu a obrobku, pritom má podobu rovinného riadkov ani a alebo špirály s jemným stúpaním.



Obr.3.15 Kopírovacia frézka (pantograf) FC5TH

## Číslicovo riadené frézky

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



Obr.3.16 Číslicovo riadená frézka TOS 50V SN2601

## Obrábacie centrá

Obrábacie centrá slúžia na obrábanie skriňových a plochých súčiastok. Od NC frézok sa odlišujú predovšetkým:



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

Obrábacie centrá umožňujú nielen rovinné frézovanie, ale aj súvisle riadené frézovacie operácie, napr. kruhové frézovanie väčších dier alebo obvodov naliatkov, vŕtanie, vystružovanie, vyvrtávanie, zahlbovanie a rezanie závitov. Konceptia obrábacieho centra je daná jeho veľkosťou, požadovanou presnosťou obrábania a požadovaným výkonom. Všeobecne možno centrá rozdeliť na stroje s vodorovným alebo zvislým vretenom. Charakteristickým znakom obrábacieho centra je zásobník nástrojov a spôsob ich výmeny. V zásobníku je 15 až 30 nástrojov; veľkokapacitné zásobníky majú 60 aj viac nástrojov.



Obr.3.17 Obrábacie centrum VMC 650S