

# **Technológia**

## **3.ročník**

Ing. Ján Turčáni

Považská Bystrica 2011

**Názov:** Technológia 3. ročník

**Autor:** Ing. Ján Turčáni

**Odborný garant:** Bc. Slavomír Hajdúch

**Vydavateľ:** Stredná odborná škola strojnícka, Považská Bystrica



# OBSAH

|                                                                                   |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV .....</b>                                 | <b>6</b> |
| <b>ÚVOD .....</b>                                                                 | <b>8</b> |
| <b>1. SÚSTRUŽENIE.....</b>                                                        | <b>9</b> |
| 1.1. Sústruženie špeciálnych – pohybových závitov .....                           | 9        |
| 1.1.1. Význam pohybových závitov .....                                            | 9        |
| 1.1.2. Druhy pohybových závitov .....                                             | 9        |
| 1.1.3. Zásady pre sústruženie pohybových závitov .....                            | 11       |
| 1.1.4. Voľba a brúsenie nožov .....                                               | 11       |
| 1.1.5. Nastavenie a upínanie závitových nožov .....                               | 11       |
| 1.1.6. Nastavenie stroja .....                                                    | 11       |
| 1.1.7. Určenie rezných podmienok.....                                             | 11       |
| 1.1.8. Sústruženie viacchodových závitov .....                                    | 13       |
| 1.1.9. Produktívne spôsoby rezania pohybových závitov .....                       | 14       |
| 1.1.10. Meranie a kontrola závitov .....                                          | 15       |
| 1.2. Sústruženie tvarových plôch.....                                             | 16       |
| 1.2.1. Význam tvarových plôch .....                                               | 16       |
| 1.2.2. Rozdelenie tvarových plôch .....                                           | 16       |
| 1.2.3. Rezné podmienky .....                                                      | 17       |
| 1.3. Špeciálne druhy sústruženia tvarových plôch .....                            | 18       |
| 1.3.1. Pomocou kopírovacích zariadení ( mechanické kopírovacie zariadenie ) ..... | 18       |
| 1.3.2. Hydraulické kopírovacie zariadenie .....                                   | 18       |
| 1.3.3. Funkcia kopírovacieho zariadenia.....                                      | 19       |
| 1.3.4. Význam a podstata podsústružovania .....                                   | 20       |
| 1.4. Dokončovacie práce na sústruhu .....                                         | 21       |
| 1.4.1. Význam dokončovacích prác na sústruhu .....                                | 21       |
| 1.4.2. Pilovanie obrobkov na sústruhu .....                                       | 21       |
| 1.4.3. Leštenie povrchu obrobku na sústruhu.....                                  | 22       |
| 1.4.4. Škrábanie povrchu obrobku na sústruhu .....                                | 23       |
| 1.4.5. Ryhovanie a vrúbkovanie .....                                              | 23       |
| 1.5. Sústruženie pri špeciálnych spôsoboch upínania.....                          | 26       |
| 1.5.1. Význam špeciálnych ( zložitých ) spôsobov upínania .....                   | 26       |
| 1.5.2. Nastavenie obrobkov na upínacích doskách .....                             | 27       |

|           |                                                                                                       |           |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.5.3.    | Upínanie obrobkov na uholníky .....                                                                   | 28        |
| 1.5.4.    | Vyvažovanie obrobkov .....                                                                            | 29        |
| 1.5.5.    | Upínanie obrobkov na upínacie trne .....                                                              | 30        |
| 1.6.      | Zvyšovanie produktivity sústruženia .....                                                             | 32        |
| 1.6.1.    | Pojem produktivita sústruženia .....                                                                  | 32        |
| 1.7.      | Vznik a vývoj NC a CNC strojov .....                                                                  | 34        |
| <b>2.</b> | <b>FRÉZOVANIE .....</b>                                                                               | <b>37</b> |
| 2.1.      | Špeciálne spôsoby frézovania .....                                                                    | 37        |
| 2.1.1.    | Frézovanie drážok na kužeľových plochách .....                                                        | 37        |
| 2.2.      | Frézovanie ozubených kolies .....                                                                     | 40        |
| 2.2.1.    | Výpočty ozubených kolies .....                                                                        | 41        |
| 2.2.2.    | Odvaľovací spôsob výroby ozubenia .....                                                               | 45        |
| 2.2.3.    | Obrážací spôsob výroby ozubenia .....                                                                 | 46        |
| 2.2.4.    | Meranie ozubených kolies .....                                                                        | 48        |
| 2.3.      | Frézovanie skrutkovic a závitov .....                                                                 | 51        |
| 2.3.1.    | Frézovanie skrutkovitých drážok .....                                                                 | 51        |
| 2.3.2.    | Frézovanie závitov .....                                                                              | 54        |
| 2.3.3.    | Rýchlostné frézovanie .....                                                                           | 58        |
| 2.3.4.    | Kopírovacie frézovačky .....                                                                          | 59        |
| 2.3.5.    | Frézovačky s mechanickou kopírovacou sústavou .....                                                   | 60        |
| 2.3.6.    | Frézovačky s elektrickou kopírovacou sústavou .....                                                   | 61        |
| 2.3.7.    | Frézovačky s hydraulickou kopírovacou sústavou .....                                                  | 63        |
| 2.4.      | Pokrokové metódy frézovania .....                                                                     | 64        |
| 2.5.      | Programovo riadené frézovačky .....                                                                   | 67        |
| 2.6.      | Číslicovo riadené frézovačky ( NC – numerical control ), CNC ( computerized numerical control ) ..... | 69        |
| <b>3.</b> | <b>BRÚSENIE .....</b>                                                                                 | <b>71</b> |
| 3.1.      | Brúsenie tvarových plôch .....                                                                        | 71        |
| 3.1.1.    | Brúsenie tvarových plôch na rovinných brúskach .....                                                  | 71        |
| 3.1.2.    | Brúsenie tvarovými kotúčmi .....                                                                      | 71        |
| 3.1.3.    | Brúsenie šablón upnutých v hrotovom prístroji .....                                                   | 73        |
| 3.1.4.    | Brúsenie tvarov pomocou optického zariadenia .....                                                    | 73        |
| 3.2.      | Ostrenie nástrojov .....                                                                              | 74        |
| 3.2.1.    | Ostrenie sústružníckych nožov .....                                                                   | 74        |

|           |                                                                |            |
|-----------|----------------------------------------------------------------|------------|
| 3.2.2.    | Ostrenie frézy .....                                           | 78         |
| 3.2.3.    | Ostrenie vrtákov, výhrubníkov, výštružníkov, závitníkov .....  | 81         |
| 3.3.      | Brúsenie kužeľových plôch .....                                | 86         |
| 3.3.1.    | Brúsenie kužeľa natočením stola brúsky o uhol $\alpha/2$ ..... | 88         |
| 3.3.2.    | Brúsenie strmých kužeľov .....                                 | 88         |
| 3.3.3.    | Brúsenie natočením brúsiaceho vretenníka .....                 | 89         |
| 3.3.4.    | Kontrola kužeľov .....                                         | 89         |
| 3.4.      | Brúsenie ozubenia .....                                        | 91         |
| 3.4.1.    | Deliaci spôsob brúsenia ozubenia .....                         | 91         |
| 3.4.2.    | Odvaľovacie brúsenie ozubenia .....                            | 92         |
| 3.5.      | Dokončovacie pochody brúsenia .....                            | 94         |
| 3.5.1.    | Lapovanie .....                                                | 94         |
| 3.5.1.    | Honovanie .....                                                | 96         |
| 3.5.2.    | Superfinišovanie .....                                         | 98         |
| <b>4.</b> | <b>VRTANIE .....</b>                                           | <b>101</b> |
| 4.1.      | Vrtanie otvorov na súradnicových vyvrtávačkách .....           | 101        |
| 4.1.1.    | Stroje s pevným lôžkom a pohyblivým stolom a vretenníkom ..... | 101        |
| 4.1.2.    | Stroje s krížovým stolom .....                                 | 101        |
| 4.1.3.    | Súradnicové vrtáčky s otočným stolom .....                     | 102        |
| 4.2.      | Vrtanie otvorov s presnými rozstupmi .....                     | 102        |
| 4.2.1.    | Diery ležiace na jednej osi .....                              | 102        |
| 4.2.2.    | Diery ležiace na rozstupovej kružnici .....                    | 102        |
| 4.3.      | Vrtanie otvorov s presnými rozstupmi v prípravkoch .....       | 103        |
| 4.3.1.    | Znižovanie výrobných časov .....                               | 103        |
| 4.3.2.    | Prípravky pre kusové výroby .....                              | 104        |
| <b>5.</b> | <b>ŽIVOTNÉ PROSTREDIE .....</b>                                | <b>105</b> |
|           | <b>LITERATÚRA .....</b>                                        | <b>106</b> |

## ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

|               |   |                                        |                          |
|---------------|---|----------------------------------------|--------------------------|
| $v$           | - | rezná rýchlosť                         | [ m.min <sup>-1</sup> ]  |
| $h$           | - | hlbka rezu                             | [ mm ]                   |
| $s_{min}$     | - | minútový posuv                         | [ mm.min <sup>-1</sup> ] |
| $s_o$         | - | posuv na otáčku                        | [ mm.ot <sup>-1</sup> ]  |
| $s_z$         | - | posuv na zub                           | [ mm.zub <sup>-1</sup> ] |
| $T$           | - | trvanlivosť rezného klina              | [ min ]                  |
| $a$           | - | obrobiteľnosť liatiny                  |                          |
| $b$           | - | obrobiteľnosť ocele                    |                          |
| $c$           | - | obrobiteľnosť farebných kovov          |                          |
| $d$           | - | obrobiteľnosť ľahkých kovov            |                          |
| 1 – 17        | - | triedy obrobiteľnosti                  |                          |
| $\alpha$      | - | uhol chrbta                            | [ ° ]                    |
| $\beta$       | - | uhol rezného klina                     | [ ° ]                    |
| $\gamma$      | - | uhol čela                              | [ ° ]                    |
| $\delta$      | - | uhol rezu                              | [ ° ]                    |
| $\kappa$      | - | uhol nastavenia hlavnej reznej hrany   | [ ° ]                    |
| $\kappa'$     | - | uhol nastavenia vedľajšej reznej hrany | [ ° ]                    |
| $\varepsilon$ | - | vrcholový uhol                         | [ ° ]                    |
| $\lambda$     | - | uhol sklonu reznej hrany               | [ ° ]                    |
| $\eta$        | - | účinnosť                               | [ % ]                    |
| $P$           | - | výkon elektromotora                    | [ kW ]                   |
| $F_x$         | - | axiálna zložka reznej sily             | [ N ]                    |
| $F_y$         | - | radiálna zložka reznej sily            | [ N ]                    |
| $F_z$         | - | tangenciálna zložka reznej sily        | [ N ]                    |
| $F$           | - | celková sila                           | [ N ]                    |
| $H_B$         | - | tvrdosť podľa Brinella                 | [ ° ]                    |
| $H_V$         | - | tvrdosť podľa Wickersa                 | [ ° ]                    |

|              |   |                                        |             |
|--------------|---|----------------------------------------|-------------|
| $H_{RC}$     | - | tvrdosť podľa Rockwella                | [ ° ]       |
| $R_m$        | - | medza pevnosti                         | [ MPa ]     |
| $V_B$        | - | veľkosť opotrebenia na chrbte nástroja | [ mm ]      |
| $r_\epsilon$ | - | polomer zaoblenia hrotu nástroja       | [ mm ]      |
| $R_a$        | - | stredná aritmetická drsnosť            | [ $\mu m$ ] |

## ÚVOD

Technický rozvoj v súčasnosti je spojený so zvyšovaním parametrov vyrábaných strojárskych zariadení. Nové konštrukčné zmeny, najmä zvyšovanie jednotlivých výkonov, spoľahlivosti a životnosti, znižovanie hmotnosti. Cieľom je dosiahnuť vyhovujúcu kvalitu a tiež rozmerovú a geometrickú presnosť. Zákazníci požadujú kratšie dodacie termíny, časovo presné dodávky, rastie tlak na znižovanie cien výrobkov. Tieto požiadavky splňajú nové progresívne technológie strojového obrábania s vysokovýkonnými programovými NC a CNC strojmi. Obrábanie v porovnaní s inými technológiami je zvyčajne nákladnejšie, ale z hľadiska zvýšených požiadaviek na presnosť obrobenej plochy, súčiastok strojov a zariadení na presnosť geometrických tvarov a polohy a drsnosť sú procesy obrábania len ťažko nahraditeľné v kusovej resp. malosériovej výrobe.

S vývojom nových konštrukčných materiálov ako superzliatiny na báze železa, niklu, kobaltu, chrómu, hliníku a titánu si vyžadujú nové technológie obrábania. Týmto trendom obrábania vyhovujú HSC ( High Speed Cutting ), vysokorýchlostné obrábanie s podporou CAD ( Computer Aided Desing ), konštruovanie s počítačovou podporou a CAM ( Computer Aided Manufacturing ) riadenie výroby s počítačovou podporou. Tieto tendencie sú zvlášť výrazné v konštrukciách dopravných prostriedkov, výrobe automobilov, lietadiel a pod.

Moderné metódy často umožňujú výrazné zvyšovanie produktivity v porovnaní s používanými technológiami. Napriek tomu, že súčasné trendy v technológiách výroby súčiastok sa zameriavajú vzhľadom na potrebu znižovania výrobných nákladov, na využitie presného odlievania a tvárnenia, obrábanie ostane naďalej základnou technológiou.

Používanie konvenčných metód obrábania je stále aktuálne v strojárskych firmách, ktoré na nové produktívne metódy obrábania nemajú materiálne a finančné zdroje.

# 1. SÚSTRUŽENIE

## 1.1. Sústruženie špeciálnych – pohybových závitov

### 1.1.1. Význam pohybových závitov

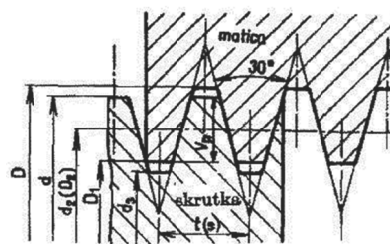
Špeciálne závitov sa s výhodou používajú na pohybových skrutkách a maticiach, ktorými sa veľmi často prenášajú väčšie sily. Výhodou závitov sú dostatočne veľké oporné plochy, veľká pevnosť a pri častom vzájomnom pohybe a skrutky sa pomerne málo opotrebovávajú. Používajú sa na prenos otáčavého pohybu na posuvný na suportoch a pracovných stoloch obrábacích strojov ako i ďalších pohybových a zdvíhacích mechanizmoch.

### 1.1.2. Druhy pohybových závitov

**Rovnoramenný lichobežníkový závit** je najpoužívannejším závitom na pohybových skrutkách. Používa sa na vodiacich skrutkách pozdĺžnych a priečných suportov sústruhov a na pracovných stoloch frézovačiek. Tento závit je normalizovaný a má profil rovnoramenného lichobežníka s vrcholovým uhlom  $30^\circ$ .



Označenie rovnoramenného lichobežníkového závit

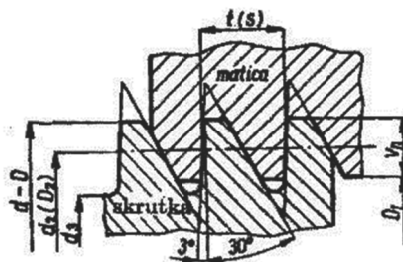


Profil rovnoramenného lichobežníkového závit

**Nerovnoramenný lichobežníkový závit** – pilový sa používa len pre veľmi namáhané skrutky, v ktorých sila pôsobí stále v jednom zmysle, napr. pre vretená skrutkových lisov, zdvihákov. Jeho oporná skrutková oporná plocha je sklonená pod uhlom  $3^\circ$  a protiahlá skrutková plocha je pod uhlom  $30^\circ$ . Závit je tiež normalizovaný označením.



Označenie nerovnoramenného lichobežníkového závit

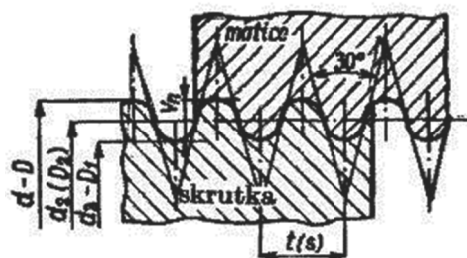


Profil nerovnoramenného lichobežníkového závit

**Oblý závit** používa sa na skrutkách s veľkými opornými plochami na ktorých sú ostré hrany závitů ohrozené neopatrným zaobchádzaním a znečisteným prostredím, prachom, pieskom, korodovaním a podobne. Oblý závit majú skrutky koľajových vozidiel, skrutky na nastavovanie polohy barana lisu a podobne. Závit je tiež normalizovaný.



*Označenie oblého závitů*



*Profil oblého závitů*

**Viacchodové závitů** majú niekoľko závitových drážok a výstupkov prebiehajúcich vedľa seba v skrutkovicí. Dvojchodový závit má dve skrutkovicové drážky a výstupky posunuté na začiatku závitů o 180°, trojchodový závit má tri skrutkovicové drážky a výstupky posunuté na začiatku o 120°. Tieto skrutky môžu byť viac namáhané než skrutky s jednochodovým závitom a pri rovnakom namáhaní sa oveľa menej opotrebovávajú. Pri sústružení viacchodového závitů sústružník potrebuje poznať stúpanie a rozstup závitů.

stúpanie závitů

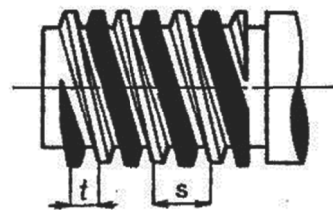
$$s = n \cdot t$$

$n$  – počet chodov

rozstup závitů

$$t = s/n$$

$n$  – počet chodov



*Dvojchodový závit*

Označenie viacchodového závitů Tr. 48x16/2

48 – veľký priemer závitů

16 – stúpanie závitů

2 – počet chodov závitů

*Príklad*

*Vypočítajte rozstup závitů*

$$t = s/n = 16/2 = 8$$

Normalizácia závitů znamená určiť ďalšie potrebné údaje k výrobe, malý priemer závitů skrutky  $d_3$  a matice  $D_1$ , stredný priemer závitů skrutky  $d_2$ , matice  $D_2$  a hlavný údaj stúpanie závitů  $s(t)$ . Norma udáva aj dĺžku hlavného ostria zapichovacieho noža  $l$ .

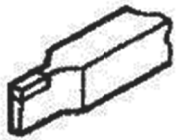


### 1.1.3. Zásady pre sústruženie pohybových závitov

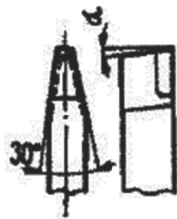
Pohybové závitové sústružia v podstate rovnakým spôsobom ako ostré závitové. Pracovný postup pri sústružení závisí predovšetkým od veľkosti profilu závit, od materiálu obrobku a od toho či ide o vonkajší alebo vnútorný závit.

### 1.1.4. Voľba a brúsenie nožov

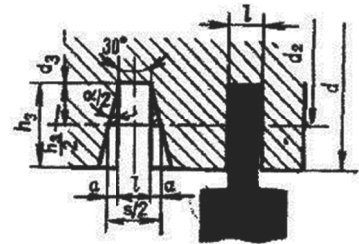
Závitové malých profilov sústružené v húževnatom materiáli a závitové stredne veľkých profilov sústružené v krehkom materiáli sa sústružia tvarovými nožmi, ktorých ostrie má tvar a rozmery zhodné s požadovaným profilom závit. Závitová drážka sa prehĺbuje pri priečnom posuve noža. Závitové väčších profilov sa musia najskôr hrubovať. Na hrubovanie sa najčastejšie používajú zapichovacie nože, ktorých hlavné ostrie má tvar zhodný s dnom závitovej drážky. Rozmery ostria sú vždy o niečo menšie, než má byť závitová drážka hotového závit. Tým je zabezpečený prídavok na dokončovanie závit. Veľkosť rezných uhlov závitových nožov sa riadi tými istými zásadami ako pri uberacích nožoch. Len hladiacie závitové nože musia mať nulový uhol čela, aby vysústružený závit mal správny tvar. Závitové nože sa najvýhodnejšie brúsia na špeciálnych nástrojových brúskach.



*Zapichovací nôž pre hrubovanie rovníramenného lichobežníkového závit*



*Tvarový nôž na dokončovanie rovníramenného lichobežníkového závit*



*Hrubovanie vonkajšieho rovníramenného lichobežníkového závit*

### 1.1.5. Nastavenie a upínanie závitových nožov

Závitové nože sa výškovo nastavujú do osi sústruženia. Ak je výškové nastavenie noža nesprávne, vysústruží sa závit nesprávneho profilu. Závitový nôž musí byť nastavený kolmo k osi obrobku podľa šablónky alebo vzorového kusa. Dĺžka vyloženia závitových nožov musí byť čo najmenšia aby sa pri sústružení čo najmenej ohýbali a chveli aby ich upnutie bolo čo najpevnejšie.

### 1.1.6. Nastavenie stroja

Na sústruženie pohybových závitov sú potrebné prevody v posuvovej alebo závitovej prevodovke a nastavujú sa podľa tabuľky pre metrický závit.

### 1.1.7. Určenie rezných podmienok

Dĺžka hlavného ostria noža sa volí podľa veľkosti profilu závit a tejto sa prispôbuje hĺbka rezu. Pri hrubovaní pohybového závit v oceli s pevnosťou ťahu asi 600 MPa sa môže voliť hĺbka rezu asi 0,3 mm. Pri sústružení vnútorných závitov treba hĺbku rezu zmenšovať. Pri dobre obrobiteľných materiáloch ako liatina bronz sa môže voliť hĺbka rezu väčšia. Pri hrubovaní a hladení pohybového závit sa nastavuje asi polovicu menšia rezná rýchlosť

ktorá sa používa pri bežnom hrubovaní. Jej presnú hodnotu vyhľadáme v tabuľkách rezných podmienok v závislosti na kvalite materiálu nástroja a obrobitelnosti obrobku. Pri poslednom zábere hladiaceho noža možno túto reznú rýchlosť o niečo znížiť.

**Rýchlosť posuvu**

Hodnoty v tabuľke odpovedajú celoštátnemu normatívu

| Závit<br><i>d</i><br>(mm) | Hru-<br>bova-<br>nie            | Hla-<br>denie | Závit<br><i>d</i><br>(mm) | Hru-<br>bova-<br>nie            | Hla-<br>denie | Závit<br><i>d</i><br>(mm) | Hru-<br>bova-<br>nie            | Hla-<br>denie | Závit<br><i>d</i><br>(mm) | Hru-<br>bova-<br>nie | Hla-<br>denie |
|---------------------------|---------------------------------|---------------|---------------------------|---------------------------------|---------------|---------------------------|---------------------------------|---------------|---------------------------|----------------------|---------------|
|                           | <i>v</i> (m.min <sup>-1</sup> ) |               |                           | <i>v</i> (m.min <sup>-1</sup> ) |               |                           | <i>v</i> (m.min <sup>-1</sup> ) |               |                           |                      |               |
| 16                        | 9,1                             | 6,3           | 42                        | 12                              | 6,6           | 80                        | 15                              | 6,3           | 140                       | 14,3                 | 4,4           |
| 20                        | 11,3                            | 6,9           | 48                        | 13,5                            | 6             | 90                        | 14,2                            | 5,6           | 160                       | 12,5                 | 4             |
| 24                        | 11,3                            | 6,8           | 56                        | 12,5                            | 5,6           | 100                       | 15,7                            | 6,3           | 200                       | 15,7                 | 5             |
| 30                        | 11,8                            | 6,7           | 64                        | 14,3                            | 6,4           | 110                       | 13,8                            | 5,5           | 220                       | 13,8                 | 5,5           |
| 36                        | 12,5                            | 7,1           | 72                        | 14,3                            | 5,8           | 125                       | 15,7                            | 6,3           | 250                       | 15,7                 | 6,3           |

**Počet záberov**

| Rozstup<br><i>P</i> (mm)               | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6  |
|----------------------------------------|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|----|
| Počet<br>hrubova-<br>cích trie-<br>sok | 4 | 4   | 6 | 7   | 7 | 8   | 8 | 9   | 9 | 10  | 12 |
| Počet<br>hladia-<br>cích trie-<br>sok  | 2 | 3   | 3 | 3   | 4 | 4   | 4 | 4   | 5 | 5   | 5  |

**Opravné súčinitele pre zmenené podmienky**

| Trvanlivosť   | 15   | 30 | 60   | Lícovanie          |      |      | Sh 6 | Sh 8 |     |
|---------------|------|----|------|--------------------|------|------|------|------|-----|
| Súčiniteľ     | 1,12 | 1  | 0,89 | Súčiniteľ hladenia |      |      | 0,80 | 1,0  |     |
| Obrobitelnosť | 8b   |    | 9b   | 10b                | 11b  | 12b  | 13b  | 14b  | 15b |
| Súčiniteľ     | 0,32 |    | 0,4  | 0,5                | 0,63 | 0,80 | 1,0  |      |     |

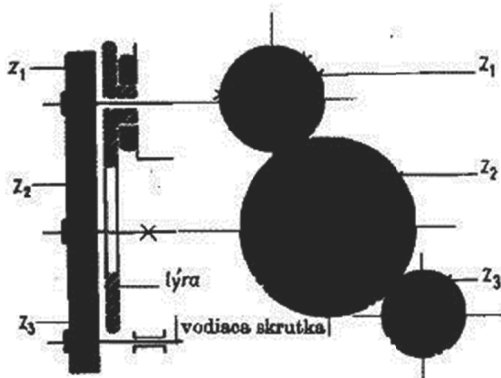
Rezné rýchlosti pri rezaní závitu – tieto môžeme zväčšiť asi 4x, keď použijeme SK – S2, (S1, F1, S3)

### 1.1.8. Sústruženie viacchodových závitov

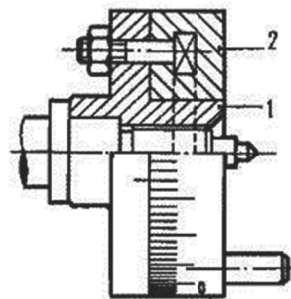
Postup pri sústružení viacchodových závitov sa v podstate nelíši od postupu pri sústružení jednochodových závitov. Po vysústružení prvej závitovej drážky sa buď obrobok musí pootočením prestaviť vzhľadom na nôž za pokojnej polohy stroja tak, aby druhá sústružená závitová drážka bola od prvej vzdialená o  $360^\circ/n$  ( $n$  – počet chodov), buď sa pozdĺžnym posunutím nôž prestaví vzhľadom na obrobok, aby sa osová vzdialenosť medzi jednotlivými závitovými drážkami rovnala rozstup závitů  $t = s/n$ .

Toto dosiahneme:

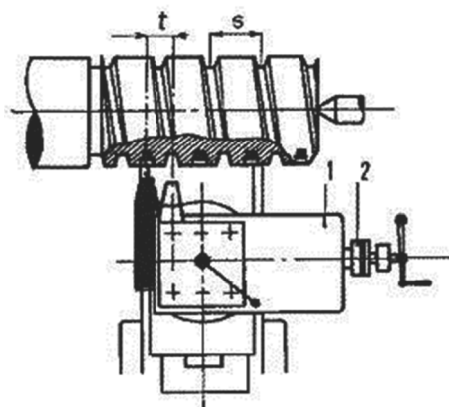
1. pootočením obrobku o žiadaný uhol výmennými ozubenými kolesami
2. pootočením obrobku o žiadaný uhol špeciálnou unášacou doskou
3. pozdĺžnym posunutím noža nožovými saňami o rozstup závitů



*Rozdelenie obvodu obrobku podľa počtu chodov závitů vymeniteľnými kolesami*



*Špeciálna unášacia doska na sústruženie viacchodového závitů*



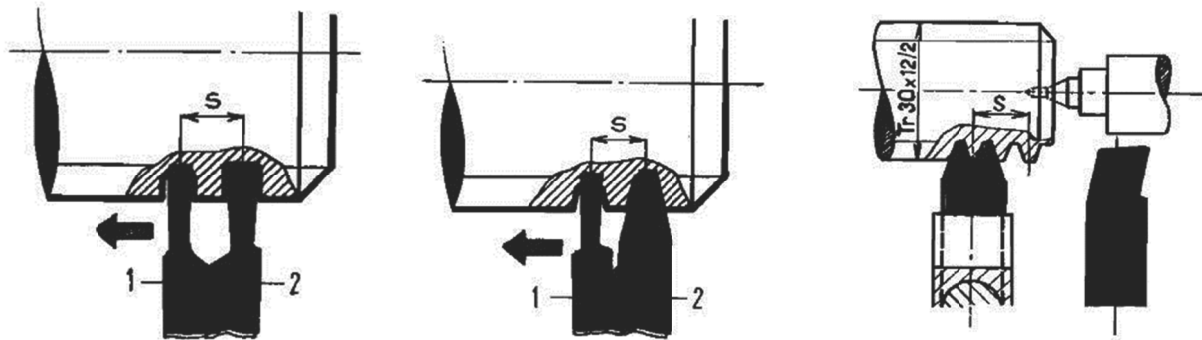
*Posunutie noža o rozstup závitů nožovými saňami*

Pri použití tohto spôsobu treba dbať, aby skrutka pre posuv nožových saní nemala v matici mŕtvý chod, aby deliaci krúžok bol dosť veľký a jeho počet dielikov deliteľný počtom chodov.

### 1.1.9. Produktívne spôsoby rezania pohybových závitov

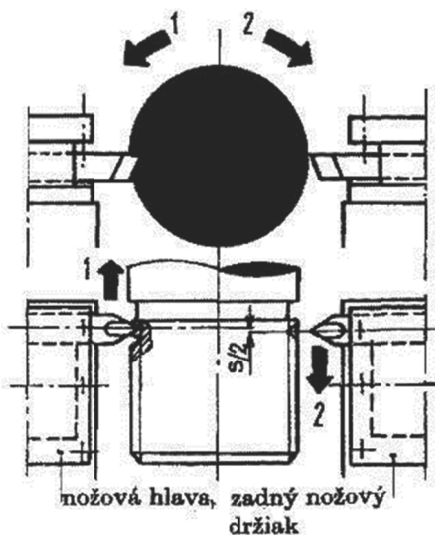
Rezanie pohybových závitov nožmi z rýchloreznej nástrojovej ocele je málo produktívne. Je to predovšetkým preto, že na vyrezanie závitu potrebujeme pomerne veľký počet záberov a že závit nemožno rezať pri veľkých rezných rýchlostiach. V snahe zvýšiť produktivitu vznikli tieto produktívne spôsoby rezania závitov:

1. sústruženie závitú nožmi zo spekaných karbidov
2. sústruženie závitú niekoľkými nožmi súčasne
3. sústruženie závitú s využitím oboch zmyslov posuvu suportu
4. rezanie závitú okružovacím spôsobom

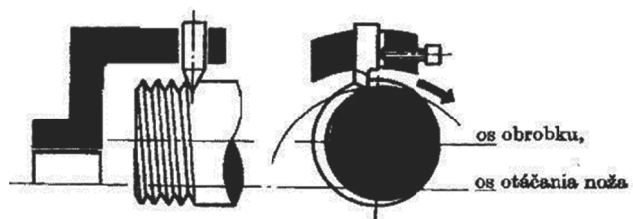


*Hrubovanie závitovej drážky dvojicou nožov v špeciálnom nožovom držiaku*

*Dokončovanie závitovej drážky profilovým nožom*



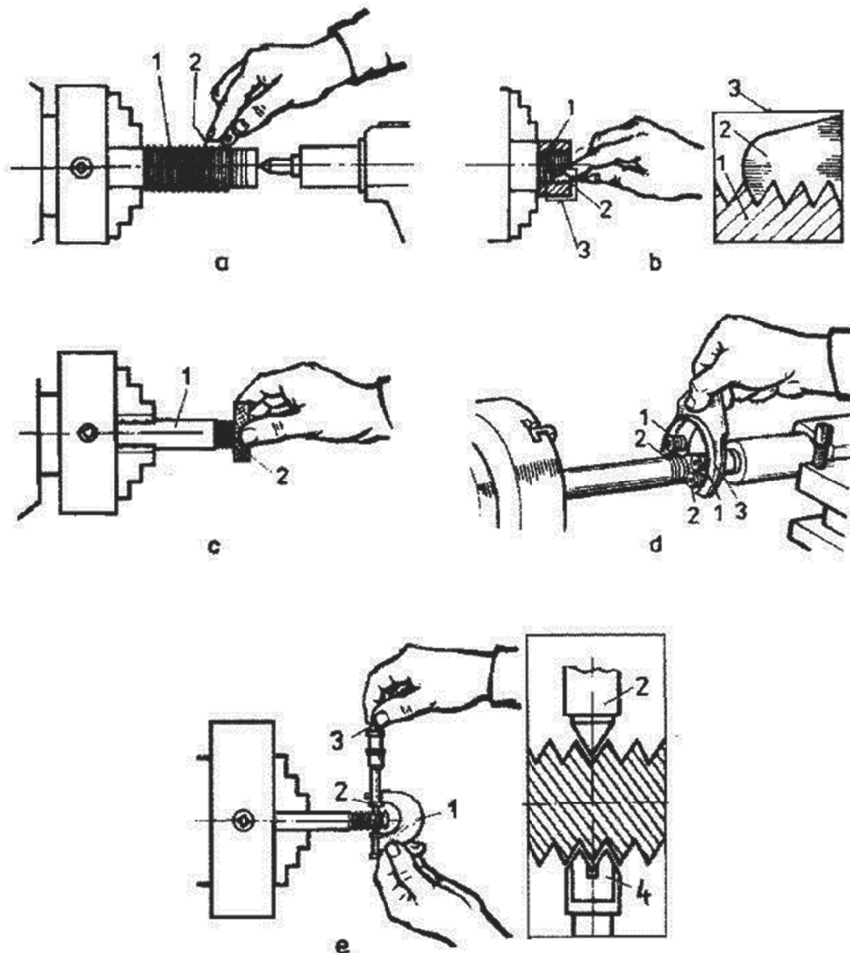
*Sústruženie vonkajšieho závitú s využitím oboch zmyslov posuvu suportov*



*Schéma rezania vonkajšieho závitú okružovacím spôsobom. Týmto spôsobom možno vyrezať závit na jeden záber. Obrobok upnutý medzi hroty sa pomaly otáča ( 3 až 30 ot/min ). Počet otáčok je taký veľký aby obvodová rýchlosť noža zabezpečila reznú rýchlosť 150 až 450 m/min podľa obrábaného materiálu.*

### 1.1.10. Meranie a kontrola závitov

1. závitovými mierkami
2. závitovými kalibrami
3. závitovým mikrometrom



*a, b – meranie závitov závitovými šablónkami ( stúpanie a profil )*

*c, d – meranie závitov závitovými kalibrami ( presnejší spôsob ), zistíme presnosť po celej dĺžke ( kužeľovitosť )*

*e – meranie závitov závitovým mikrometrom ( najpresnejší spôsob ), nameranú hodnotu porovnáme s tabuľkovou*

#### Súhrnné cvičenia

Na sústruhu SV18r máme sústružiť závit Tr 40x10/2, S48 x 8 na skrutke s materiálu 11420

1. Vysvetlite charakteristiku a použitie uvedených závitov
2. Určíte a zdôvodnite spôsob sústruženia týchto závitov
3. Popíšte konštrukciu, geometriu a nastavovanie použitých závitových nožov
4. Vysvetlite spôsob nastavenia stroja a nastavenie rezných podmienok pre výrobu
5. Popíšte produktívne spôsoby výroby pohybových závitov
6. Vysvetlite meranie a kontrolu závitov

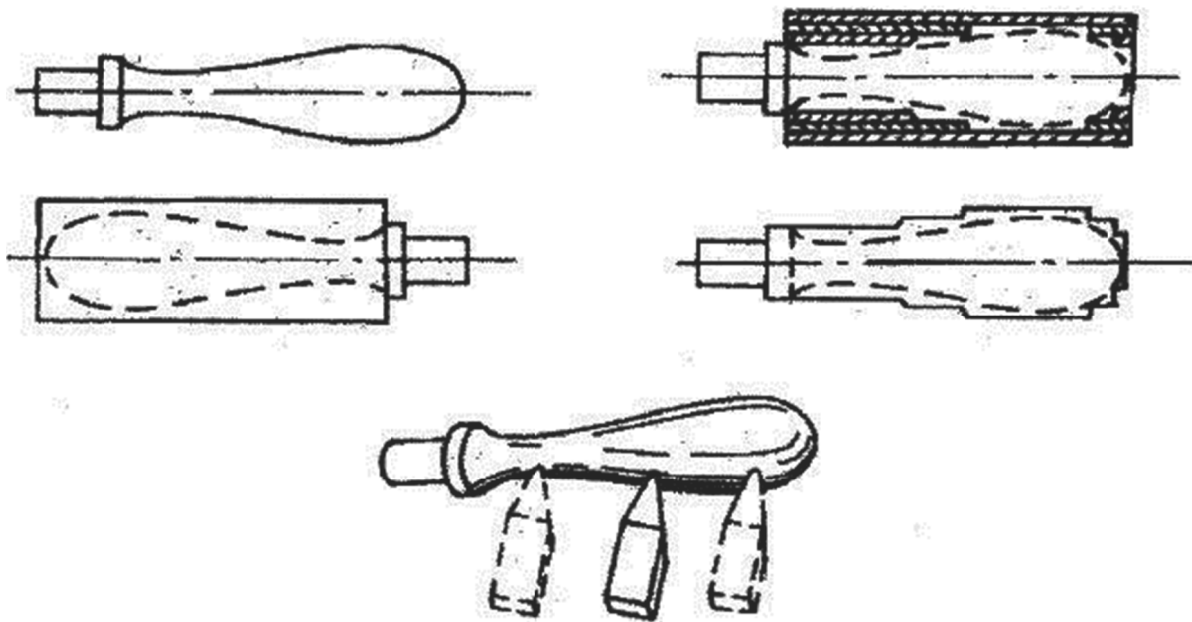
## 1.2. Sústruženie tvarových plôch

### 1.2.1. Význam tvarových plôch

Tvarové plochy sú rádiusové a guľové plochy. Slúžia na utesňovanie spojov, plochy na nástrojoch a tvaroch súčiastok v automobilovom a leteckom priemysle kde je požiadavka na nízky odpor pri obtekaní vzduch kvapalín a pri konštrukcii strojov a strojárskych výrobkov.

### 1.2.2. Rozdelenie tvarových plôch

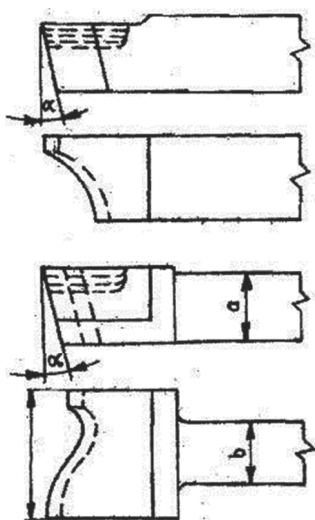
- tvarové plochy s nižšou presnosťou ako sú rukoväte na ručné náradia a posuvové mechanizmy strojov a podobne
- spôsoby sústruženia, obyčajnými nožmi pri použití združených posuvou suportov ( pozdĺžny a súčasne priečny )



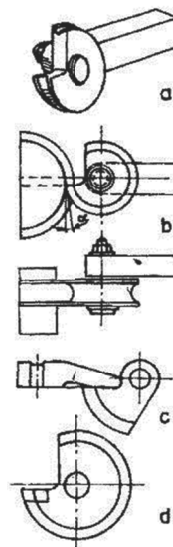
*Príklad sústruženia rukoväte pozdĺžnym a súčasne priečnym posuvom v operáciách hrubovanie a dokončovanie tvarového povrchu s nižšou presnosťou*

- tvarové plochy s vysokými presnosťami ako sú rádiusové a guľové plochy

Tieto plochy sústružíme tvarovými nožmi ktorých presný výrobný tvar zabezpečuje zapichovacím spôsobom zhotovenie krátkych tvarových súčiastok



*Tvarované kované nože*



*Kotúčové tvarové nože*

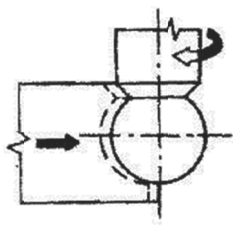
*a – kotúčový nôž*

*b – výškové nastavenie noža*

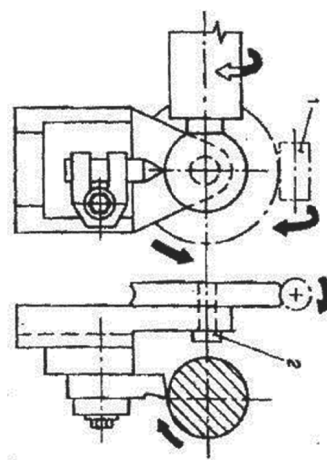
*c – čelom nadol*

*d – nôž s platničkou zo SK*

- guľové plochy sústružíme tvarovými nožmi alebo prípravkami



*Tvarový nôž*



*Otočný prípravok*

*1 – otočné súkolesie*

*2 – čap*

### 1.2.3. Rezné podmienky

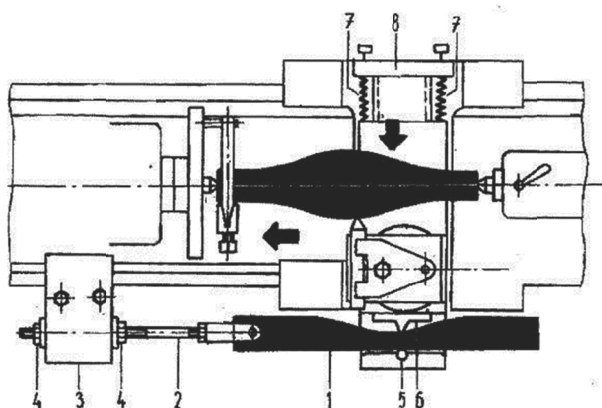
- rezná rýchlosť  $v$  sa pri sústružení tvarovými nožmi zvolí omnoho menšia ako pri bežnom hrubovaní (  $5 - 15 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$  )
- čím dlhšia je zaberajúca časť reznej hrany tým sa zvolí menšia rezná rýchlosť
- tvarové nože majú najčastejšie nulový uhol čela

- veľkosť uhla chrbta sa obyčajne nelíši od uhla chrbta iných sústružníckych nožov
- posuv tvarových nožov je väčšinou ručný, musí byť rovnomerný a plynulý, jeho veľkosť sa zvolí  $0,05 \text{ mm.ot}^{-1}$  pri šírke do 20 mm a  $0,03 \text{ mm.ot}^{-1}$  pri šírke noža nad 20 mm. Veľkosť posuvu závisí aj od priemeru obrobku. Čím menší je priemer obrobku tým menší musí byť aj posuv

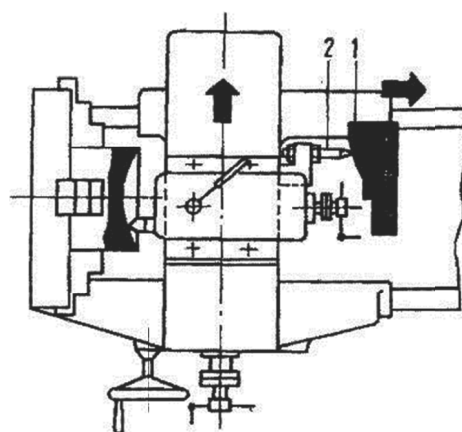
### 1.3. Špeciálne druhy sústruženia tvarových plôch

#### 1.3.1. Pomocou kopírovacích zariadení ( mechanické kopírovacie zariadenie )

Princíp kopírovania pozostáva v snímaní tvarovej plochy zo šablóny, modelu, vzorového kusa a dotykovým palcom sa tento tvarový povrch prenáša kopírovacím mechanizmom na pohyb nástroja. Mechanické kopírovanie používame na obrobky s dlhšími plochami. Podstatnou časťou tohto zariadenia je kopírovacia šablóna 1 vyrobená z hrubého oceľového plechu ktorá je pripevnená k lôžku sústruhu. Pôsobením pružín 7 sa k nej pritláča dotykový palec 6, ktorý je spojený s uvoľnenými priečnymi saňami. Pri sústružení dotykový palec obchádza obrys šablóny a pritom sústružnícky nôž tvorí s nožovým upínadlom a priečnymi saňami jediný celok, kopíruje na obrobku rovnaký tvar obrysu ako má šablóna. Pri nových sústruhoch možno namiesto kopírovacích šablón použiť kopírovacie vzorky.



*Kopírovacie zariadenie a sústruženie  
pozdlžných tvarových plôch*



*Kopírovacie zariadenie na sústruženie  
priečných tvarových plôch  
1 – šablóna, 2 – dotykový palec*

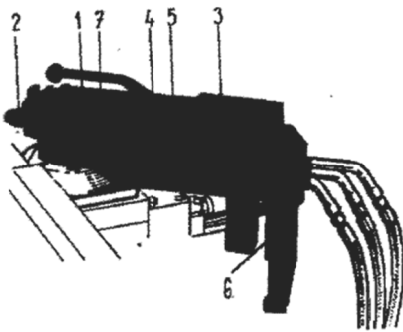
#### 1.3.2. Hydraulické kopírovacie zariadenie

Používame na presné a rýchle sústruženie tvarových plôch na moderných sústruhoch vybavených hydraulickým kopírovacím zariadením IKS. Toto kopírovacie zariadenie sa vyrába v troch veľkostiach IKS I, II, III a skladá sa:

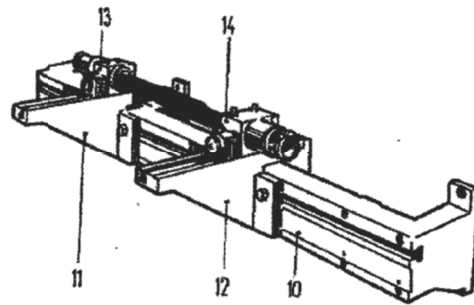
- z kopírovacieho suportu 1 do ktorého sa upína sústružnícky nôž 2 z hydraulického valca 3, telesa posúvača 4, ručnej páky 5 ovládajúcej rýchloposuv suportu z dotykového palca 6 uloženého výkyvne a z gombíka 7 s mikrometrickou stupnicou na presné nastavenie vzdialenosti medzi hrotom noža a dotykovým palcom kopírovacieho zariadenia. Kopírovací suport možno nastavovať do dvoch



východiskových polôh a to kolmo alebo šikmo (  $55^\circ$  ) osi výrobku. Tlakový olej sa privádza z hydraulického agregátu tlakovými hadicami od čerpadla.



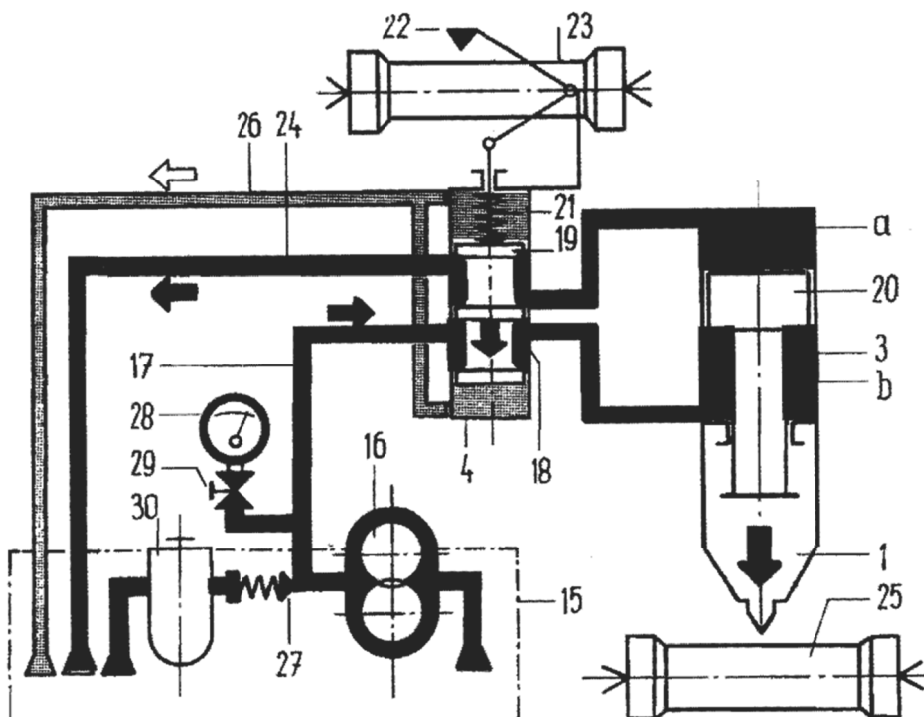
*Kopírovací suport IKS*



*Zariadenie na upnutie kopírovacej vzorky*

- zariadenie na upínanie kopírovacej vzorky alebo šablóny sa skladá z lišty 10, ktorá sa pozdĺžne prestavuje z konzol 11 a 12 a koníka 13, 14.

### 1.3.3. Funkcia kopírovacieho zariadenia



*Schéma princípu hydraulického kopírovacieho zariadenia IKS*

Po vzorovom kuse 23 sa pohybuje snímací palec 22. Tento pohyb sa prenáša ramenami na zvislé ťahlo 21 spojené s posúvačom 19. Posúvač prepúšťa tlakový olej od čerpadla 16 vybraniami 18 do pracovného valca 3 a piest 20 vykonáva riadiaci pohyb pracovného valca s nástrojom. Nástroj vykonáva zvislý pohyb nahor nadol po obrobku 25. Vlastný dotykový palec 23 je výmenný a jeho tvar sa musí zhodovať s tvarom kopírovacieho

sústružníckeho noža. Použitie kopírovacieho zariadenia je na výrobu rozličných tvarových plôch ale aj kužeľových plôch, jednoduchých plôch, ako aj čelných plôch s rôznym osadením. Veľká citlivosť dotykového palca umožňuje presné sústruženie. Pri správnom nastavení stroja prakticky nemôžu vznikáť žiadne nepodarky. Vzhľadom na väčšiu plynulosť prac. procesu, a skrátenie prípravných a vedľajších. Tento spôsob kopírovania je veľmi produktívny.

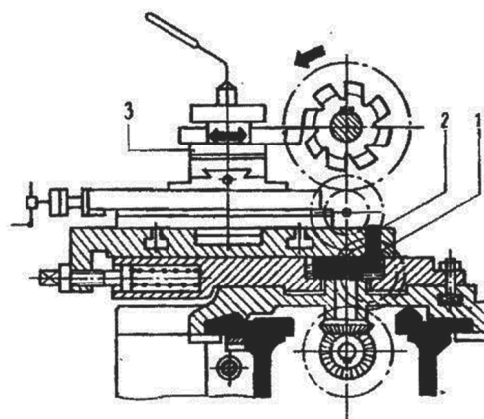
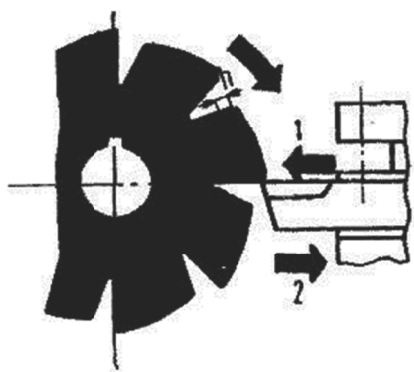
#### 1.3.4. Význam a podstata podsústružovania

Význam podsústružovania je pri nástrojoch najčastejšie kotúčových frézach kde chrbtová plocha musí byť rádiusová aby pri ostrení čo najdlhšie zachovala svoj tvar. Takéto frézy sa ostria na čelných plochách ( zubovej medzere ) a tým tvar chrbtovej plochy zostáva oblúkový. Podstata podsústružovania spočíva v tom, že na chrbtovej ploche každého zuba frézy vysústružíme rádius ktorý tvorí uhol chrbta a jeho veľkosť je daná hĺbkou podsústruženia

$$h = \frac{D}{2z}$$

D – priemer frézy [ mm ], z – počet zubov

Podsústruženie vykonávame na podsústružovacích zariadeniach, kde nástroj so suportom vykonáva krátky prísuvný pohyb v smere šípky 1 vykonávaný priečnou vačkou a spätný pohyb v smere 2 je zabezpečovaný pružinou. Obrobok – fréza sa pomaly otáča v smere šípky.



Súhrnné cvičenie:

1. Popíšte spôsoby sústruženia menej presných tvarových plôch sústružníckymi nožmi
2. Nakreslite tvarové nože a popíšte pre aké tvarové plochy ich používame
3. Vysvetlite použitie prípravkov pre výrobu tvarových plôch
4. Vysvetlite princíp kopírovania a kopírovacích zariadení
5. Použitie mechanického kopírovacieho zariadenia
6. Vysvetlite činnosť hydraulického kopírovacieho zariadenia IKS
7. Uveďte a zdôvodnite výber kopírovacieho zariadenia z hľadiska produktivity obrábania

## 1.4. Dokončovacie práce na sústruhu

### 1.4.1. Význam dokončovacích prác na sústruhu

Dokončovacími prácami chceme získať kvalitnejší povrch po operáciách sústruženia tvarových plôch združenými posuvmi pri ktorých je vysoká drsnosť povrchu. Cieľom dokončovacích prác je túto vysokú drsnosť, ktorá spôsobuje možnosť poranenia pri práci s ručnými nástrojmi ktorých rukoväte pri ostrých prechodoch nerovného prechodu sťažujú pracovníkom ovládanie ručných nástrojov. Nerovný povrch sa snažíme vyrovnať – vyhladiť operáciami pre skvalitnenie povrchu. Týmto operáciami nedosahujeme vysoké presnosti ale pre funkčnosť držiadiel náradí sa kladie do popredia požiadavka hladkosti povrchu. Medzi tieto dokončovacie operácie na zlepšenie kvality povrchu zaraďujeme:

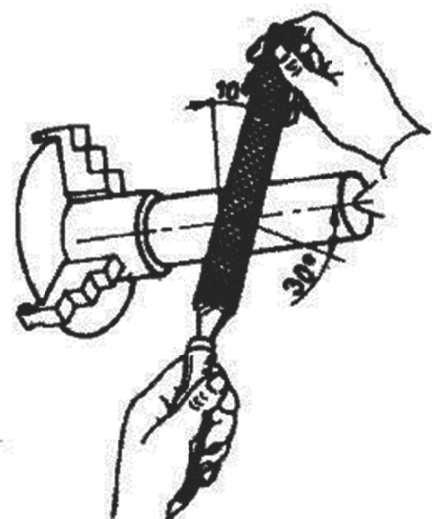
- pilovanie na sústruhu
- leštenie na sústruhu
- škrábanie na sústruhu

### 1.4.2. Pilovanie obrobkov na sústruhu

Pilovaním dokončujeme povrchy na rukovätiach ručných náradí posuvových mechanizmov, zrážanie a zaobl'ovanie hrán. Na dokončovaný povrch sa nekladú veľké požiadavky na presun z geometrického tvaru a rozmeru obrobkov. Požiadavku presnosti ovplyvňuje udržiavanie stáleho tlaku pilníka na obrobok, čím pilník odoberá triesky nerovnakého prierezu a tým porušuje správny geometrický tvar obrobku získaný predchádzajúcim sústružením. Používame ľahké pilníky profilov podobných obrábanej ploche. Napríklad obdĺžnikovým pilníkom pilujeme valcové a kužeľové plochy, vyduté a vypuklé tvarové plochy pilujeme pologuľatým pilníkom. Používame hladké pilníky so stredným sekcom ( 22 – 52 sekov na 1" ). Dĺžka pilníkov je 200 – 300 mm.



*Pilník s jednoduchým a krížovým sekcom*



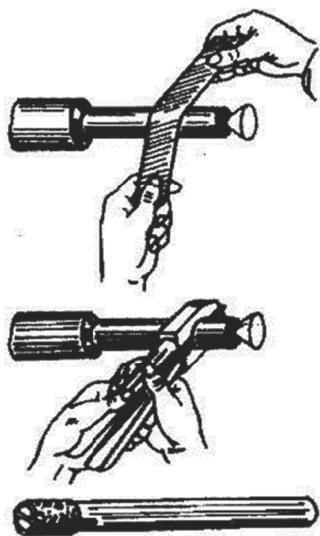
*Spôsob práce*

Na pilovanie volíme menšie prídavky. Aby bolo pilovanie hospodárne a bezpečné treba dodržiavať tieto zásady:

1. Podľa tvaru pilovanej plochy volíme vhodný pilník.
2. Reznú rýchlosť volíme o niečo vyššiu ako pri bežnom sústružení a k tomu prispôbime otáčky podľa vzorca pre výpočet. Veľké rezné rýchlosti pilník rýchlo otupia a naopak pri malých rezných rýchlostiach sa nedosiahne hladká plocha a správny prierez pilovanej časti obrobku.
3. Z bezpečnostného hľadiska sa pilník drží ľavou rukou za rukoväť a pravou za druhý koniec. Tým je pracovník otočený oproti otáčaniu upínacieho skľučovadla a vidí aby posúvanie pilníka sa nepriblížilo k čeľustiam skľučovadla.
4. Na povrch obrobku sa priloží pilník šikmo aby jeho os zvierala s kolmicou na os sústruženia uhol asi  $10^\circ$ .
5. Pilujeme strednou časťou pilníka ktorý na povrch obrobku pritláčame len pri pohybe dopredu. Prítlačná sila nemá byť veľká aby triesky neupchávali jeho seky a nepoškriabali pilovanú plochu. Prítlačný tlak v obidvoch pohyboch pozdĺž smeru obrobku má byť rovnomerný. Pilník pred zanášaním trieskami natierame kriedou a čistíme drôtenou kefou.

#### 1.4.3. Leštenie povrchu obrobku na sústruhu

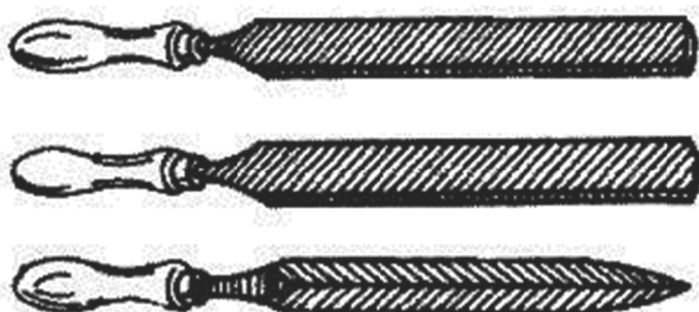
Leštením odstraňujeme nerovnosti vzniknuté po pilovaní. Ako leštiaci prostriedok používame brúsne plátno, ktorého zrnitosť sa zvolí podľa požadovanej akosti leštenej plochy. Na leštenie používame dlhší prúžok brúsiaceho plátna, pritláčame ho rovnomerným tlakom na povrch rýchlo sa otáčajúceho obrobku a posúvame pozdĺž osi obrobku. Z hľadiska bezpečnosti je výhodné používať brúsne plátno vložené do drevenej zvierky. Tým dosiahneme väčší a rovnomernejší tlak a tým aj zvýšenie výkonnosti leštenia. Na leštenie otvorov používame tyče s pozdĺžnym zárezom do ktorých sa vloží brúsne plátno. Niekedy na miesto brúsiaceho plátna používame brúsiace prášky zmiešané s olejom alebo hotové brúsiace pasty.



*Spôsoby leštenia povrchov a otvoru obrobkov na sústruhu, brúsnym plátnom, drewnou zvierkou a tyčou so zárezom na leštenie otvoru*

#### 1.4.4. Škrábanie povrchu obrobku na sústruhu

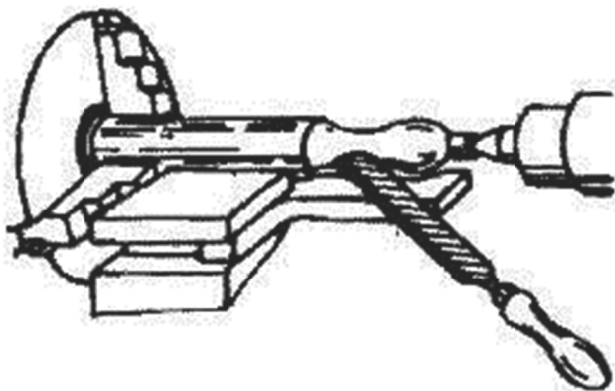
Výhodou škrábania v porovnaní s pilovaním je, že škrabákom odrezávame väčšiu triesku a možno ho používať aj pri dokončovaní dier – zrážaní hrán. Škrabáky sa podobajú pilníkom s tým že na čelnej ploche majú reznú hranu prispôsobenú tvaru škrábaného povrchu. Na zrážanie hrán v otvoroch a zaobl'ovanie dier v obrobku používame trojramenný škrabák.



*Ploché škrabáky s rovným a zaobleným ostrím a trojhranný škrabák*

#### Postup pri škrábaní

Pre škrábanie vonkajších plôch musí byť škrabák podopretý aby bol jeho pohyb presný, a aby sa zachytil vznikajúci odpor škrábaného materiálu. Opora sa nastavuje a upína v nožovej hlave tak, aby škrabák položený na opore bol v osi sústruženia. Vzďialenosť opory od škrábaného povrchu má byť čo najmenšia, aby sa škrabák nezasekával a nemohol byť vtiahnutý medzi oporu a obrobok. Na dosiahnutie čo najhladšie obrobenej plochy sa používajú malé rezné rýchlosti. Trojhranný škrabák na zrážanie hrán v otvoroch sa pri práci nepodopiera a pritláčame ho v šikmej polohe na ostrú hranu otvoru.



*Vedenie škrabáka po opornej podložke upnutej v nožovom držiaku*

Dokončovacie práce na sústruhu, ktorými zabezpečíme zdrsnenie povrchu na držiakoch kalibrov meradiel kruhových matic a obrobkoch ktorých povrch je potrebné bezpečne uchopiť aby sa nepreklzoval pri pracovnej činnosti.

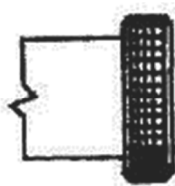
#### 1.4.5. Ryhovanie a vrúbkovanie

Ryhovaním a vrúbkovaním sa vytvárajú na povrchu obrobku drážky v smere jeho osi. Ryhovaním zdrsnujeme krátke plochy. Vrúbkovaním vytvárame pravouhlé drážky na

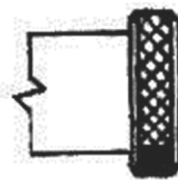
krátkých plochách a kosouhlými drážkami zdrsňujeme dlhé plochy. Označenie zdrsňovania povrchu.



Ryhovanie



Pravouhlé vrúbkovanie



Kosouhlé vrúbkovanie

Ryhovanie a vrúbkovanie je normalizované. Podľa priemeru obrobku sú priradené rozstupy rýh a vrúbkov ( $t$ )



Označenie pravouhlého vypuklého vrúbkovania s rozstupom  $t = 1,2$  mm:

| VRÚBKOVANIE 1,2 STN 01 4931      |  | Rozmery v mm |     |     |     |     |     |     |
|----------------------------------|--|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                  |  | Rozstup      |     |     |     |     |     |     |
| Drážkovanie STN 01 4930          |  | 0,5          | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 |     |     |
| Kosouhlé vrúbkovanie STN 01 4932 |  | —            | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,6 | 2,0 |

Drážkovanie Rozmery v mm

| Sústružený priemer $D$ |     | Rozstup $t$ pre šírku $b$ |     |     |     |
|------------------------|-----|---------------------------|-----|-----|-----|
| nad                    | do  | nad do                    | 6   | 16  | 32  |
|                        | 8   |                           | 0,5 |     |     |
| 8                      | 16  |                           | 0,5 | 0,6 |     |
| 16                     | 32  |                           | 0,6 | 0,8 | 0,8 |
| 32                     | 63  |                           | 0,8 | 0,8 | 1,0 |
| 63                     | 100 |                           | 0,8 | 0,8 | 1,0 |
| 100                    |     |                           | 1,0 | 1,0 | 1,2 |

Vrúbkovanie Rozmery v mm

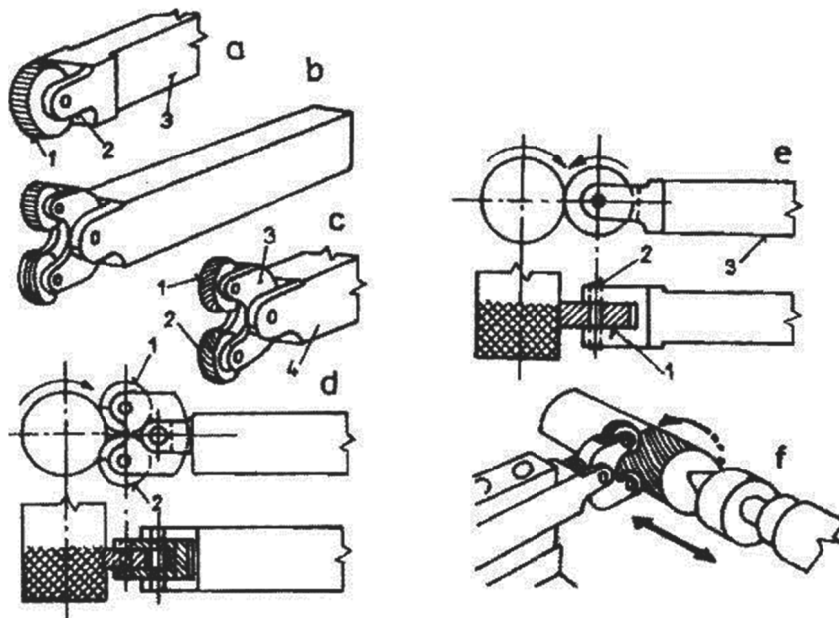
| Sústružený priemer $D$ |     | Rozstup $t$ pre šírku $b$ |     |     |     |
|------------------------|-----|---------------------------|-----|-----|-----|
| nad                    | do  | nad do                    | 6   | 16  | 32  |
|                        | 8   |                           | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| 8                      | 16  |                           | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| 16                     | 32  |                           | 0,6 | 0,8 | 0,8 |
| 32                     | 63  |                           | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| 63                     | 100 |                           | 0,8 | 0,8 | 1,0 |
| 100                    |     |                           | 0,8 | 1,0 | 1,2 |

Priemer  $D$  je uvedený pred drážkovaním alebo vrúbkovaním. Po drážkovaní alebo vrúbkovaní sa priemer  $D$  zväčší o  $2h \approx 0,5t$

## Nástroje a postup práce

Ryhovacie a vrúbkovacie nástroje sa skladajú z jednej alebo dvoch ryhovacích alebo vrúbkovacích kladiek uložených na čapoch držiaku. Kladky sú kalené. Držiak sa upína v nožovej hlave na suporte. Odporúča sa upnúť ho  $5^\circ$  až  $8^\circ$ . Pri práci sa nástroj vtlačí do celej hĺbky ryhovania alebo vrúbkovania priečnym suportom. Potom sa zaradí strojový pozdĺžny posuv. Pre ryhovanie sa zvolí posuv  $0,2 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ , pre vrúbkovanie sa odporúča posuv

rovnajúci sa polovici rozstupu vrúbkovania. Odporúčaná obvodová rýchlosť ryhovaného alebo vrúbkovaného povrchu je  $25\text{m.min}^{-1}$ . Obrobok aj nástroj sa chladia chladiacou emulziou. Pri spätnom posuve sa nesmie ryhovacie a vrúbkovacie koliesko vysunúť zo záberu. Akosť zdršňovania plochy závisí od správneho uloženia a upnutia nástroja. Ryhovač s jednou kladkou sa nastavuje tak aby os kladky bola v osi sústruženia, a aby s ňou bola súčasne rovnobežná. Vrúbkovač s dvoma kladkami sa nastavuje tak aby os čapu výkyvnej časti držiaka bola v osi sústruženia. Postup práce závisí od dĺžky zdršňovanej plochy. Plochy užšie ako šírka ryhovacej kladky zdršňujeme pri priečnom posuve ryhovača alebo vrúbkovača. Široké plochy sa vrúbkujú pri pozdĺžnom posuve vrúbkovača. Začiatok vrúbkovania je rovnaký ako pri zdršňovaní úzkych plôch. Akonáhle sa vytvoria vrúbky s plným profilom zapne sa strojový posuv a vrúbkuje sa celá plocha. Pri kosouhlom vrúbkovaní je posuv väčší ako rozstup zubov a zvolí sa podľa predbežne zistenej vzdialenosti vytvorených vrúbkov rovnobežne s osou obrobku. Ryhovacie a vrúbkovacie kolieska sa čistia drôtenou kefou.



*a – kalené ryhovacie koliesko 1 – koliesko vrúbkovača, 2 – čap, 3 – držiak,  
b – pravouhlé vrúbkovanie,  
c – kosouhlé vrúbkovanie 1,2 – kolieska vrúbkovača, 3 – výkyvná časť, 4 – držiak,  
d – vrúbkovanie dvoma kolieskami 1,2 – kolieska nástroja,  
e – vrúbkovanie jedným nástrojom 1 – koliesko nástroja, 2 – čap, 3 – držiak,  
f – uchytenie obrobku pri vrúbkovaní – pohyby obrobku a nástroja*

Súhrnné cvičenie:

Hlava skrutky má priemer 32mm a šírku 16mm. Materiál skrutky je z ocele 11500.

1. Vyhľadajte v norme STN aký má byť rozstup zubov príslušných vrúbkovacích kladiek
2. Popíšte prípravu hlavy skrutky pre vrúbkovaním
3. Navrhnete konštrukciu nástroja a vysvetlite jeho uloženie a upnutie na sústruhu
4. Uved'te postup práce a voľbu rezných podmienok

## 1.5. Sústruženie pri špeciálnych spôsoboch upínania

### 1.5.1. Význam špeciálnych ( zložitých ) spôsobov upínania

Základné spôsoby upínania do skľučovadiel, medzi hroty neumožňujú upínať tvarovo zložené obrobky, na ktorých máme vykonať operácie sústruženia. Tieto obrobky si vyžadujú osobitné druhy upínadiel, ktoré zvyšujú obstarávacie náklady ale zároveň zvyšujú výrobnosť a spravidla aj kvalitu výrobkov. Význam je i v tom, že môžeme sústružiť pohybové závity na vodiacich maticiach, ktorých vonkajší tvar je hranolovitý a môžeme dokončovať presné otvory vo výkovekoch telies ložísk, skriň prevodoviek čím sa sústruh stáva viacúčelový.

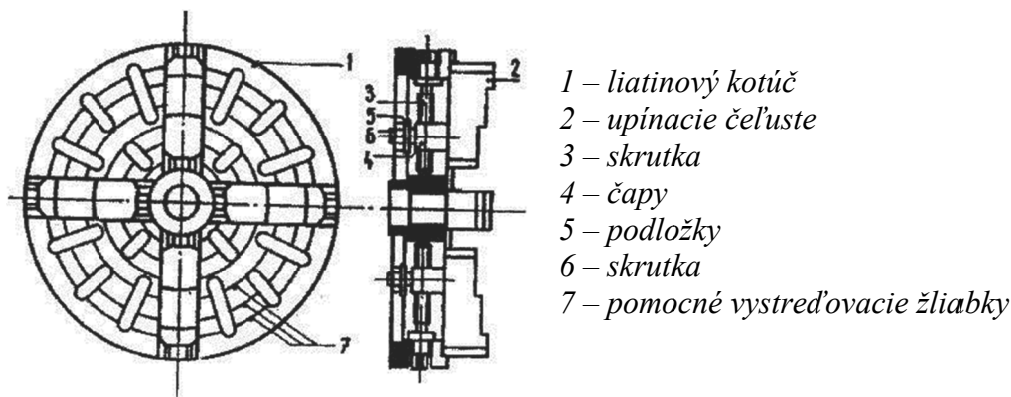
#### Upínanie obrobkov na upínacie dosky ( platne )

Druhy upínacích dosiek:

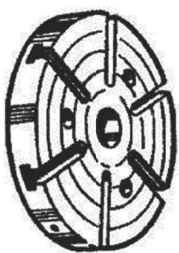
- štvorčelust'ová upínacia doska
- upínacia doska so žliabkami bez čelustí
- elektromagnetická doska

#### Štvorčelust'ová upínacia doska

Tvorí ju liatinový rebrovaný kotúč a štyri upínacie čeluste. Každá čelusť sa samostatne prestavuje v radiálnom vedení kotúča skrutkou, ktorá má štvorhran pre nástrčkový kľúč. Upínáme obdĺžnikové polotovary. Výhodu má v tom, že upínacia doska nepotrebuje na zabezpečenie čelustí žiadne matice takže sa urýchli prestavovanie čelustí.



#### Upínacie dosky so žliabkami bez čelustí

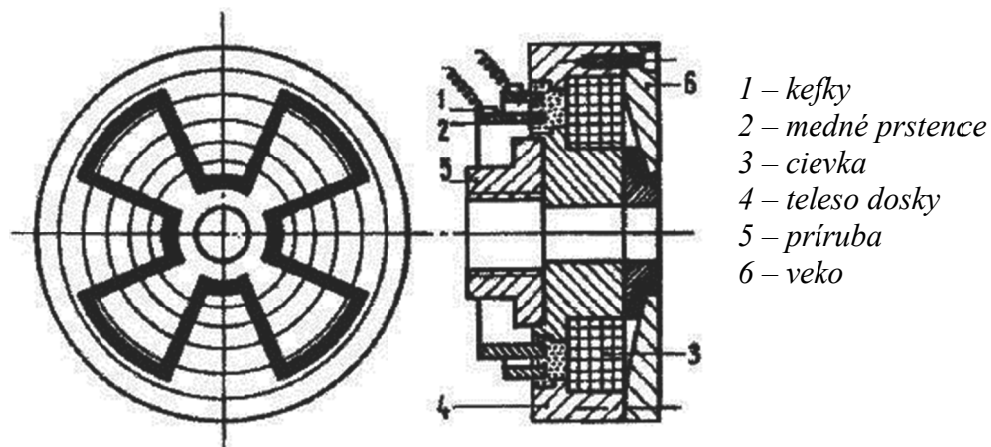


Upínacie drážky sú rozdelené rovnomerne po celej čelnej ploche. Na upnutie sa použije niekoľko upínacích strmeňov ( úpiniek ) a upínacích skrutiek s maticami. Používa sa na tvarovo zložené obrobky kde predchádzajúce spôsoby upínania sa nedajú využiť najmä pre oblúkové a rádiusové tvary povrchov obrobkov. Po tomto spôsobe upnutia musí byť obrobok vyvážený.



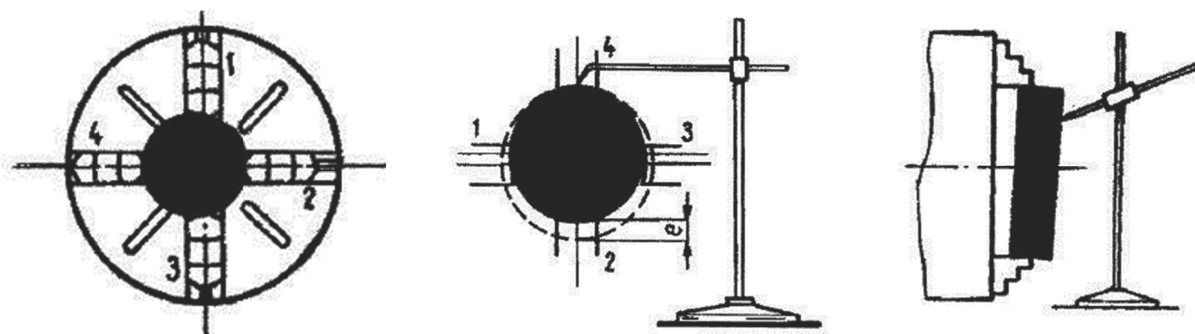
## Elektromagnetická upínacia doska

Jej využitie je v sériových a hromadných výrobách na upínanie tenkostenných oceľových alebo liatinových obrobkov ( napr. rozličných podložiek, piestnych krúžkov, kotúčov ). Výhodou elektromagnetických upínacích dosák je jednoduchosť a rýchlosť upnutia. Naopak nevýhoda je v tom, že môžeme upínať len obrobky, ktoré vedú elektrický prúd. Obrobky môžeme sústružiť len trieskou malého prierezu.



### 1.5.2. Nastavenie obrobkov na upínacích doskách

Na štvorcovej upínacej doske sa obrobky nastavujú a upínajú najskôr len približne. Spôsob nastavenia závisí od ich veľkosti a tvaru. Nastavenie sa kontroluje buď podľa bočnej alebo čelnej plochy nastaveného obrobku alebo podľa oboch týchto plôch. Pri malom počte otáčok opisujeme buď kriedou alebo rysovacou ihlou upnutou v meracom stojanku opísanú kružnicu. Ak je čiara len na jednej strane obvodu upínacia doska sa nastaví tak aby značka bola dole. Potom sa uvoľní horná čeľusť, oddiali sa o určitú hodnotu od obrobku a upínaciu dosku otočí o  $180^\circ$ . čeľusťou ktorou otočil do hornej polohy posunie obrobok na dolnú čeľusť až naň obe čeľuste pevne prilahnú. Obrobok je nastavený na upínacej doske vtedy, keď sa rysovacia ihla rovnomerne dotýka celého obvodu

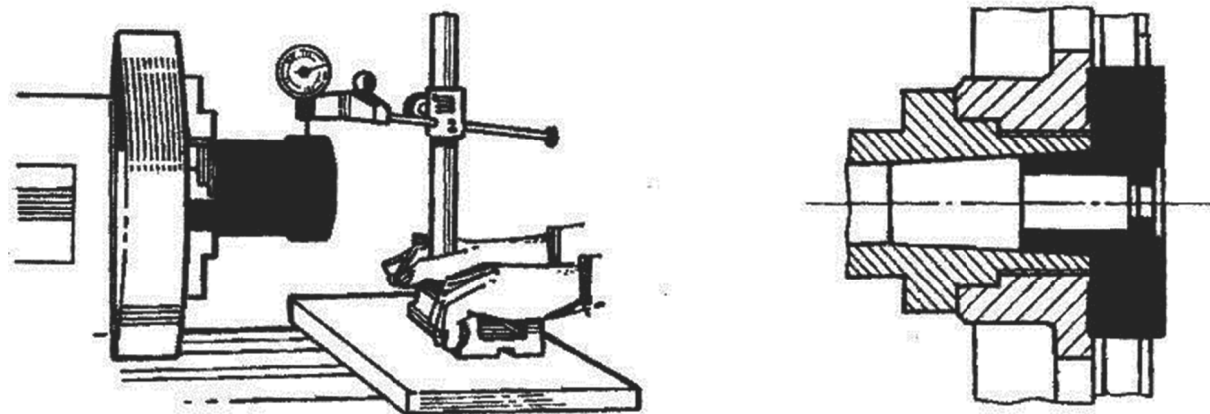


#### Nastavenie obvodu a čela obrobku

Ohnutý koniec ihly meracieho stojančeka sa priblíži k odvodu kontrolovaného výrobku tak aby medzi hrotom ihly a obvodom bola vôľa  $0,3 - 0,5$  mm. Upínaciu dosku pomaly otáčame a pozorujeme ako sa mení veľkosť tejto vôle.

## Nastavenie a kontrola obrobkov s vysokou presnosťou

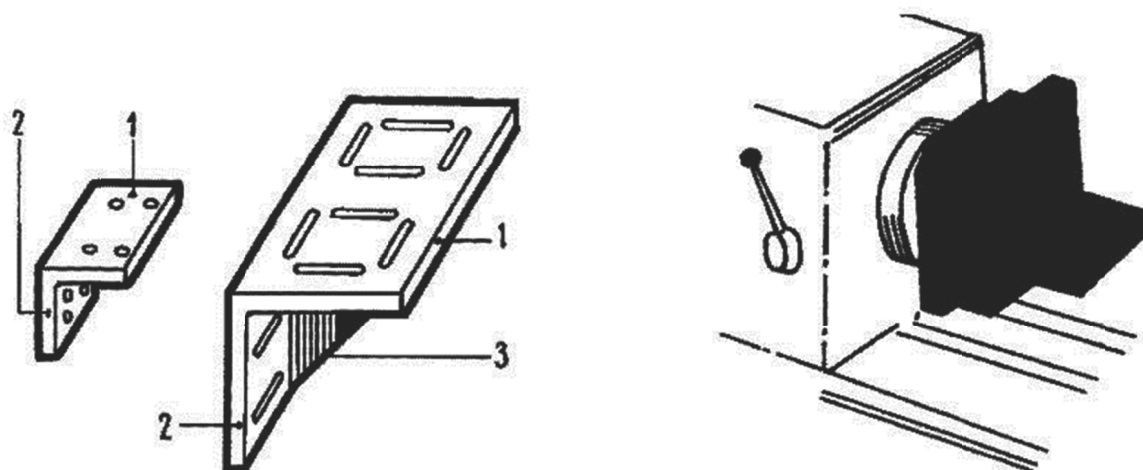
Nastavujeme obrobené povrchy obrobky obrobkov, ktoré si vyžadujú vysokú presnosť obvodového hádzania. Na tento spôsob nastavenia využívame číselníkový odchýlkomer, ktorý býva upevnený v osobitnom držiaku na nožovej hlave sústruhu. Obrobky s jednou sústruženou stranou a dierou možno upínať pomocou vložiek. Strediacia (centrovacia) plocha vložky a osústružená diera obrobku musia vzájomne lícovať.



*Presné nastavenie pomocou číselníkového odchýlkomera a pomocou strediacej vložky*

### 1.5.3. Upínanie obrobkov na uholníky

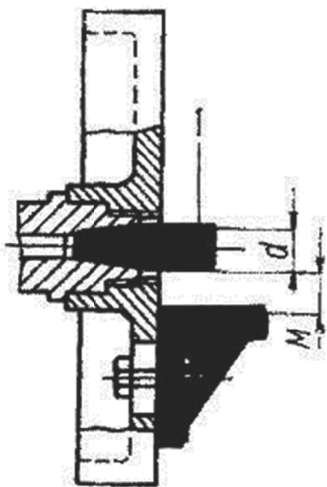
Uholníky slúžia na upínanie odliatkov alebo výkovkov najmä zložitejšieho a nepravidelného tvaru, ktoré sa ťažko upínajú na upínacie dosky. Uholníky s výhodou používame na súčiastky s rovinnými plochami napr. telesá ložísk. Rovné plochy najskôr obrobíme frézovaním alebo hoblovaním a potom sa pri sústružení použijú ako technologická základňa. Uholníky sú liatinové a podmienkou je aby ich plochy 1, 2 zvierali pravý uhol. V sériových výrobách s výhodou používame nastaviteľný uholník, ktorý spolu s obrobkom možno nastaviť do žiadanej polohy



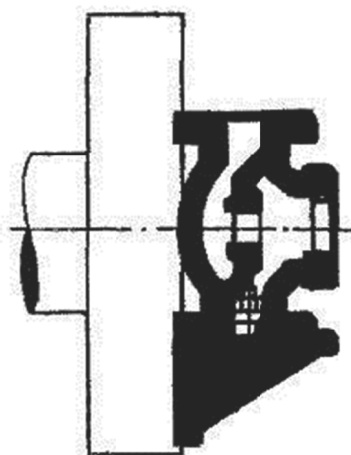
*Upínací uholník*

*Zvisle nastaviteľný uholník*

Nastavenie stredu obrábania obrobku upnutého na uholníku. Najvýhodnejší je spôsob nastavenia polohy obrobku nastavovacím valčekom kalibrom.



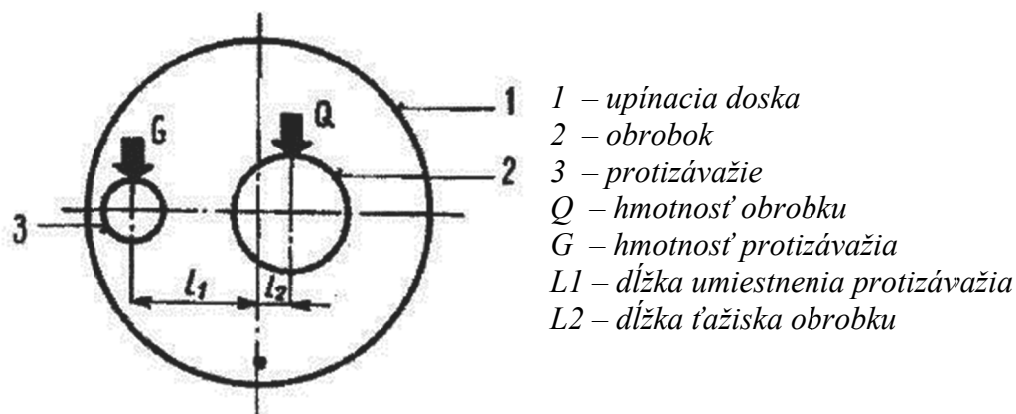
$d$  – priemer nastavovacieho valčekového kalibra



Upnutie telesa ventilu

#### 1.5.4. Vyvažovanie obrobkov

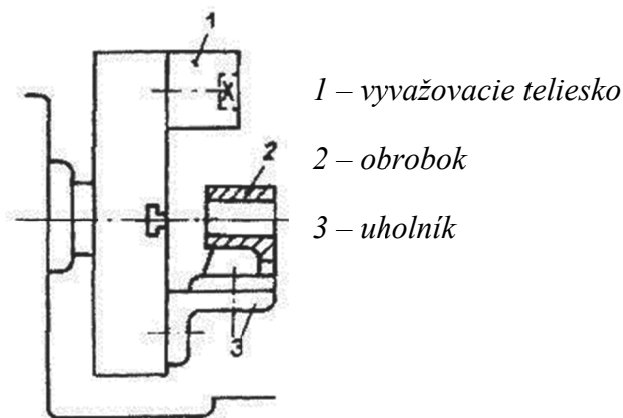
Princípom vyváženia je odstránenie odstredivej sily ktorá vzniká tým, že ťažisko obrobku je mimo stredu otáčania. Odstredivá sila môže uvoľniť obrobok prípadne porušiť upínacie skrutky. Princíp vyváženia spočíva v pridaní prídavného závažia na protiľahlú stranu proti pôsobeniu odstredivej sily.



Podmienka rovnováhy:

$$G.L1 = Q.L2 \rightarrow L1 = \frac{Q.L2}{G}$$

Vypočítali sme dĺžku umiestnenia protizávažia ktorého hmotnosť poznáme, taktiež poznáme hmotnosť obrobku a jeho ťažisko od stredu otáčania. Teliesko protizávažia umiestnime na upínaciu dosku oproti obrobku vo vypočítanej vzdialenosti, čím splníme podmienku rovnováhy oboch telies a vylúčime vznik odstredivej sily.



1 – vyvažovacie teliesko

2 – obrobok

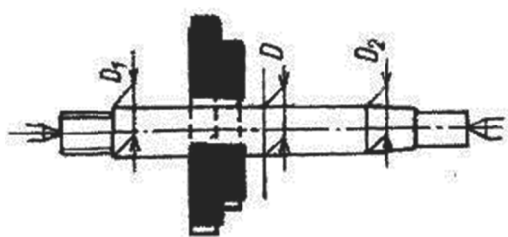
3 – uholník

*Umiestnenie vyvažovacieho telieska na upínacej doske*

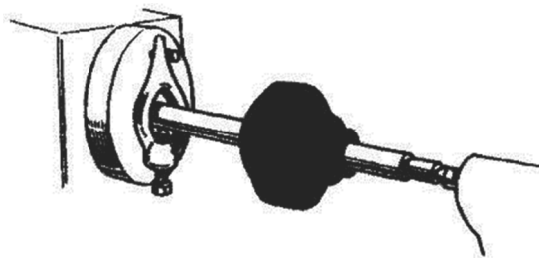
### 1.5.5. Upínanie obrobkov na upínacie trne

Upínacie trne slúžia na upínanie obrobkov, ktorých valcový povrch alebo jeho niektoré časti majú byť súosové s ich obrobenou dierou. Sú to napr. rozličné puzdra, ozubené kolesá, remenice, odliatky a výlisky. Upínacie trny delíme:

- pevné upínacie trny – sú mierne kužeľovité

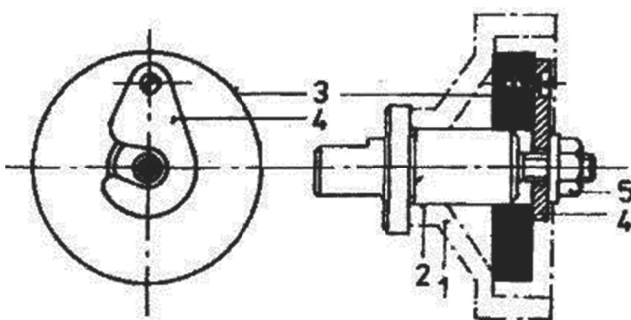


*Kužeľovitosť trna je veľmi malá 1:2500 až 1:3000*



*Upnutie obrobku medzi hroty s nalisovaným obrobkom na trne*

- valcové upínacie trne – na upínanie kratších obrobkov



1 – obrobok

2 – valcový upínací trň

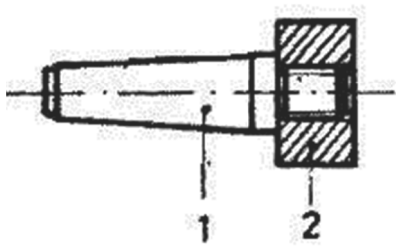
3 – kruhová podložka so zárezom

4 – otočné rameno

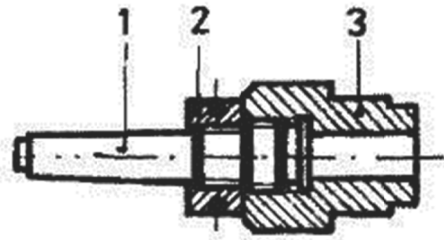
5 – matica

*Valcový upínací trň s pridržiavacím kotúčom*

- závitové trne – sú letmé trne na upínanie malých súčiastok s vnútorným závitom ( matice, časti armatúr ). Upínajú sa kužeľovou stopkou v kužeľovej dutine vretena.



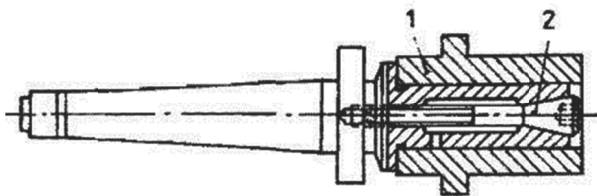
1 – trň, 2 – obrobok



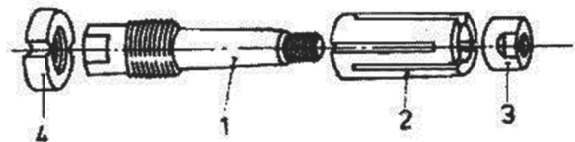
Trň s ľavým závitom

1 – trň, 2 – poistná matica,  
3 – obrobok

- rozpínacie trne – používame na upínanie obrobkov s väčšími odchýlkami ( odliatky, výkovky ). Nepresnosť priemeru vymedzíme rozpínaním puzdra alebo kužeľa



1 – obrobok, 2 – rozpínací kužeľ



1 – trň, 2 – rozpínacie puzdro, 3 – matica,  
4 – čelná plocha matice

#### Súhrnné cvičenia

1. Zdôvodnite druh upínacej dosky na upínanie tvarového obrobku
2. Vysvetlite spôsoby nastavenia a kontroly obrobkov v upínacích doskách
3. Z poznatkov fyziky vysvetlite od čoho závisí veľkosť odstredivej sily na upnutom obrobku
4. Napíšte podmienku rovnováhy a výpočet dĺžky umiestnenia vyvažovacieho telieska
5. Zdôvodnite použitie pevných upínacích trňov pre požiadavky presnosti výrobkov
6. Zdôvodnite prečo poistná matica zabraňuje vyskrutkovaniu obrobku s ľavým závitom

## 1.6. Zvyšovanie produktivity sústruženia

### 1.6.1. Pojem produktivita sústruženia

Pod pojmom produktivita rozumieme vyrobiť čo najväčšie množstvo výrobkov za stanovený čas.

Vzťah pre výpočet produktivity:

$$N_v = \frac{t_{sm}}{t_k} \left[ \frac{k_s}{smena} \right]$$

$N_v$  – produktivita práce

$t_{sm}$  – čas za zmenu, v našich závodoch a firmách je stanovený 8 hodín

$t_k$  – kusový čas, čas na vyrobenie jedného kusa ( min. )

Zo vzťahu vyplýva, že zvyšovať produktivitu sústruženia budeme vykonávať znižovaním kusového času.

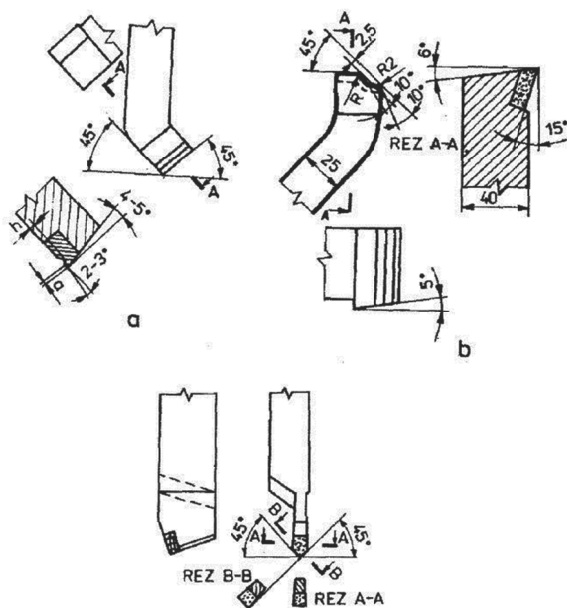
kusový čas  $t_k = t_h + t_v + t_{ost}$  [ min ]

$t_h$  – hlavný čas je čas keď je nástroj v zábere – v reze

$t_v$  – vedľajšie časy sú časy na upínanie nástrojov a obrobkov

$t_{ost}$  – ostatné časy ako sú zákonitá prestávka, krátkodobé poruchy, výseče elektrickej energie a pod.

**Znižovanie hlavného času** – hlavný čas znížime zvyšovaním reznej rýchlosti (  $v$  ), čo uskutočníme zvyšovaním kvality materiálu nástrojov ( spekané karbidy, keramické rezné materiály a hlavne povlakované nástroje ktoré odolávajú vysokým teplotám rezania ). Je dokázané, že čím je väčšia rezná rýchlosť, tým je ľahšia deformácia triesky a tým môžeme zvyšovať hĺbku záberu a posuv, ktoré priamo vplývajú na vyšší odvod triesky a tým aj skrátenie času obrábania. Na vysoké rezné rýchlosti musíme upraviť sústružnicke nože.

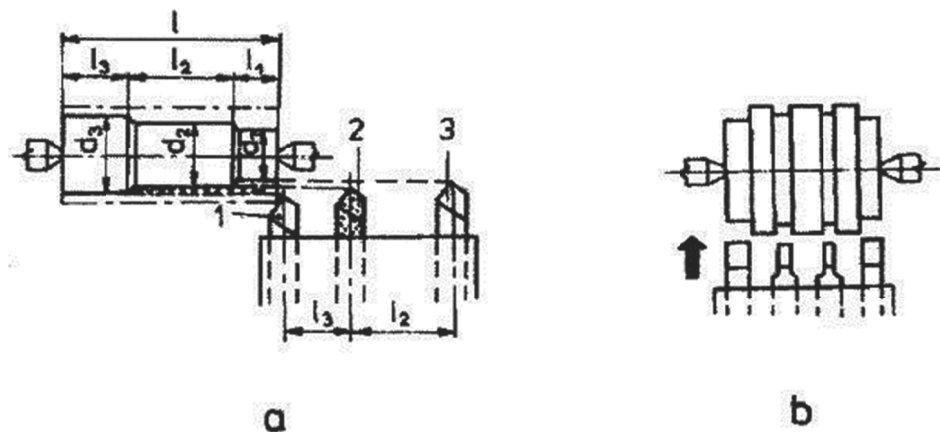


*a – nôž s malým kladným uhlom fazetky*

*b – uberací nôž s deleným rezným klinom*

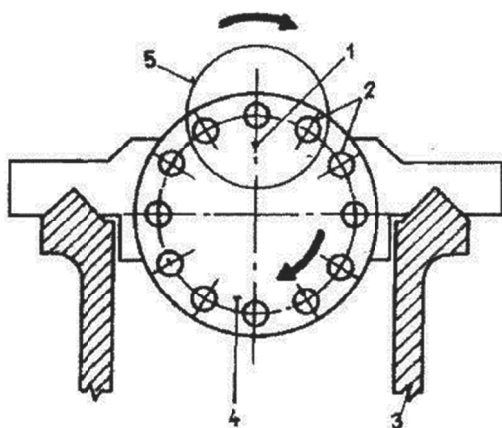
*c – vypichovací nôž na sústruženie väčšími reznými rýchlosťami*

Ďalším spôsobom skrátenia kusového času je použitie združených nožov na postupné sústruženie niekoľkých plôch.

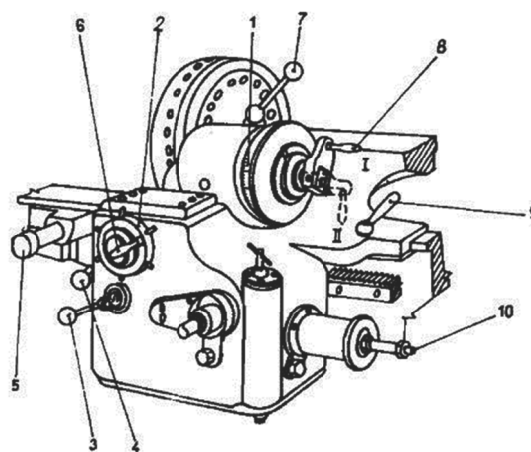


*a – sústruženie obrobku tromi nožmi súčasne pri pozdĺžnom posuve: 1 – 3 nože  
b – sústruženie obrobku niekoľkými nožmi súčasne pri priečnom posuve*

**Znižovanie vedľajších časov** – vedľajšie upínacie časy znižujeme automatizáciou upínania obrobkov pomocou pneumatického a hydraulického upínania a upínania upínacími prípravkami. Zrýchlenie upínania nástrojov sa uskutočňuje na klasických strojoch prostredníctvom revolverových hláv uložených v revolverových suportoch a na NC a CNC strojoch uložením veľkého počtu nástrojov v zásobníkoch ktorých automatické upínanie do vretien strojov vykonávajú manipulátory alebo roboty.



*Vodorovná revolverová hlava  
1 – os sústruženia, 2 – otvory pre nástroje  
3 – lôžko, 4 – revolverová hlava,  
5 – obrobok*



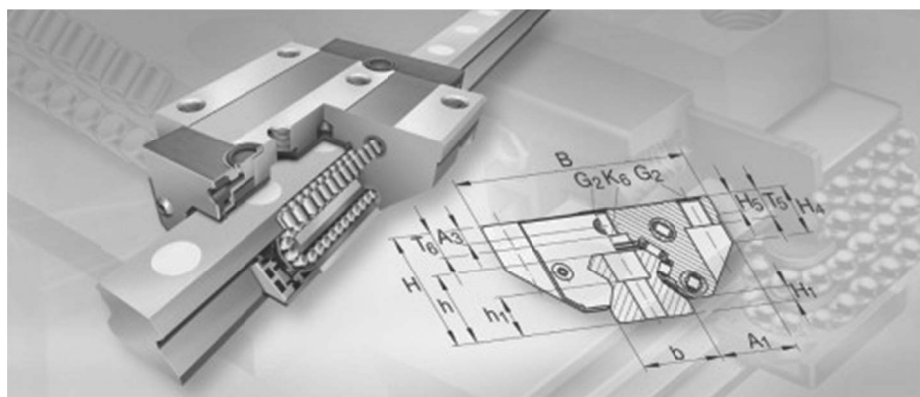
*Usporiadanie revolverového suportu  
a revolverovej hlavy  
1 – bubienok odmeriavania rotačného posuvu,  
2 – ručné koliesko priečného posuvu, 3 – páka  
na nastavovanie posuvov, 4 – páka nastavenia  
priečného posuvu, 5 – posuvný doraz, 6 –  
rukoväť, 7 – páka ovládania polohovacieho  
čapu revolverovej hlavy, 8 – kľuka na otáčanie  
revolverovej hlavy, 9 – páka zabezpečenia  
polohy, 10 – skrutka vypínania suportu*

## 1.7. Vznik a vývoj NC a CNC strojov

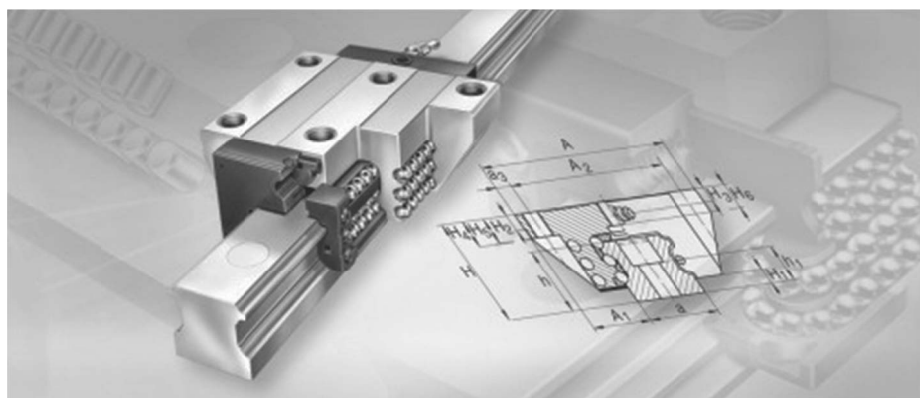
**NC ( Numerical control )** – sú automaticky riadené stroje, kde do riadiaceho systému zadávame číselné informácie o technologických a rozmerových údajoch a stroje majú automatickú kontrolu rozmerov obrobkov.

**CNC ( Computer numerical control )** – sú stroje rozšírené o riadiaci počítač, ktorý po zadaní technologických a rozmerových informácií automaticky spracuje program výroby súčiastky. Stroje vznikli v 50. rokoch v USA vo vojenskom priemysle hlavne na obrábanie tvarových plôch leteckých súčiastok. Boli začlenené do štyroch vývojových – generačných stupňov.

**Stroje I. generácie** – boli zdokonalené konvenčné stroje hlavne po konštrukčnej stránke a mali priradené riadiace systémy a odmeriavacie zariadenia. Konštrukčné zmeny spočívali v znížení trenia rotačných a posuvných mechanizmov. Klzné trenie sa zmenilo na valivé vložení medzi posuvné a otáčajúce plochy valivé telieska ako valčeky – valčkové vedenia suportov a pracovných stolov strojov a guľôčky do skrutkovicových drážok pohybových závitov – guľôčkové skrutky. Medzi klzné plochy sa priviedol stály tlak oleja a vznikli hydrostatické vedenia. Riadiace systémy mali elektrónkové súčiastky ktoré vykazovali tepelnú nestabilitu, čím boli poruchové. Morálna životnosť strojov skončila ale potvrdili životaschopnosť vývoja.



*valčkové vedenia posuvových mechanizmov*



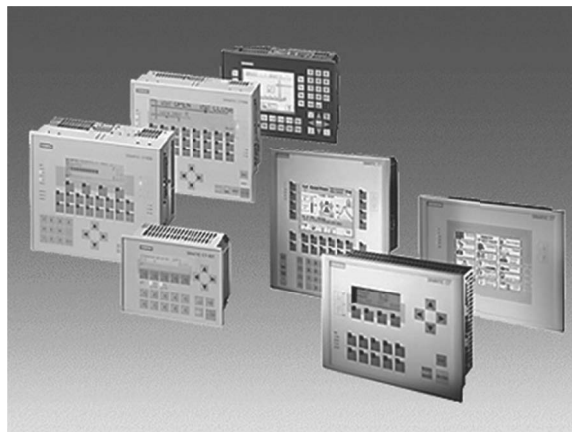
*guľkové vedenia pohybových mechanizmov*



**Stroje II. generácie** – sú charakterizované vylepšením riadiacich systémov, kde elektrónky boli nahradené polovodičmi, ktoré majú vyššiu tepelnú stabilitu, čím sú menej poruchové. Riadiace systémy prechádzajú na súvislé riadenie, ktoré umožňuje opracovanie tvarových plôch. Jednotlivé pohybové členy sú ovládané jednosmernými alebo krokovými motormi, ktoré sú schopné vydávať riadiace pohyby pomocou vnútorného člena interpolátora do viacerých pohybových osí. Týmto spôsobom sa vyrábajú presné kužeľové rádiusové a oblúkové plochy, ktoré v minulosti sa vyrábali pomocou kopírovacích mechanizmov, ktorých hlavnou časťou boli zložité šablóny, ktorých výroba bola zdĺhavá a nákladná. Takto vznikli sústružnícke, frézovacie a vŕtacie NC stroje.

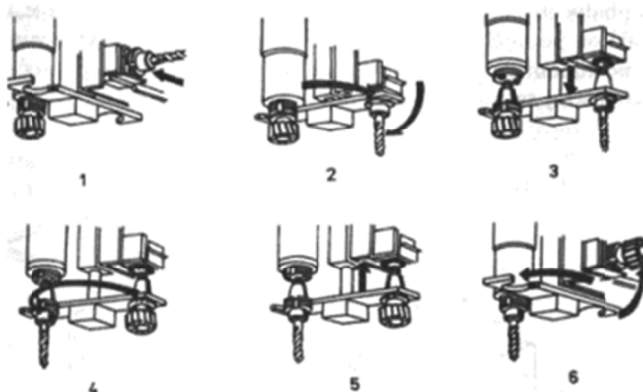
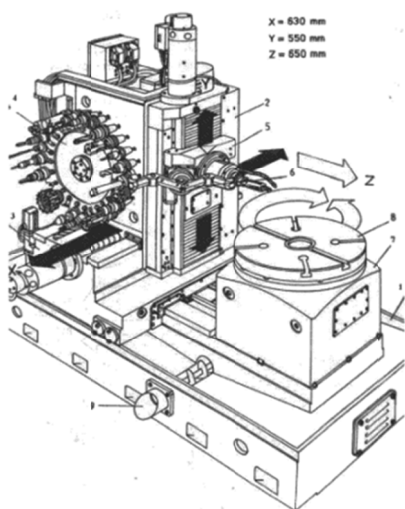


*vnútorné členy riadiaceho systému*



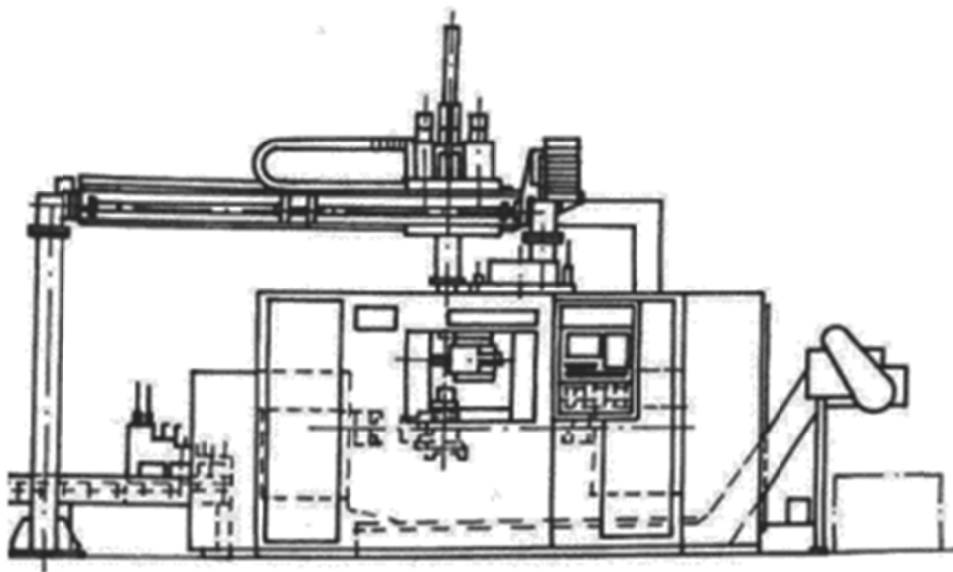
*panely riadiacich systémov*

**Stroje III. generácie** – v riadiacich systémoch boli zabudované integrované obvody, ktoré zabezpečovali združovanie funkcií a umožnenie tvorby riadiacich programov pomocou počítača. Tým sa zrýchlil čas zmeny prestavenia výroby z jedného druhu výrobku na iný. Toto si vyžiadala zmena výroby sériovej na malosériové až kusové, ktoré sú požadované v súčasnom trhovom mechanizme priemyselnej výroby. Do výroby boli nasadené obrábacie centrá ako viacprofesné stroje. Tieto stroje majú zásobníky nástrojov na sústruženie, frézovanie a vŕtanie a pri jednom upnutí obrobku opracuje obrobok týmito nástrojmi vo veľmi krátkom čase.

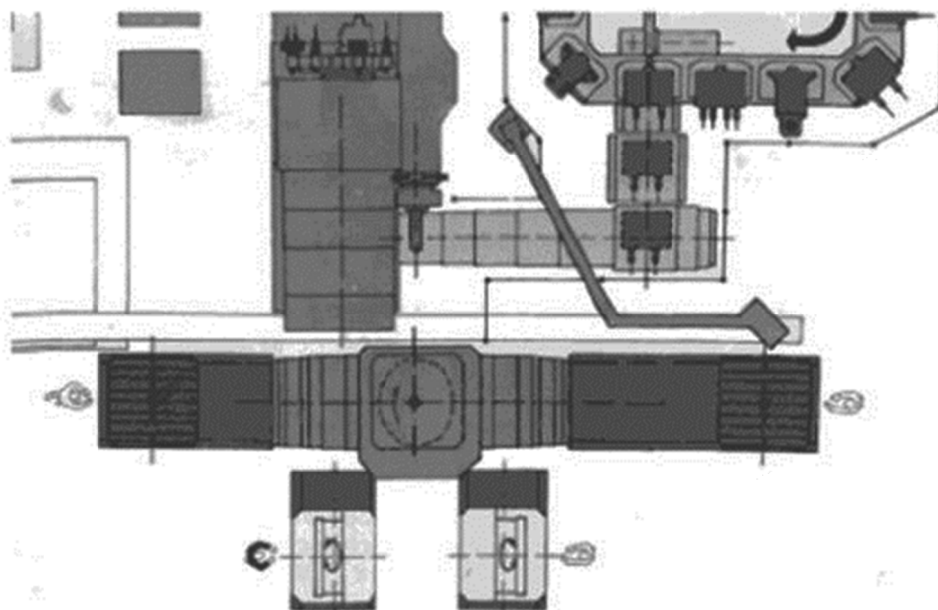


*Príklad obrábacieho centra so zásobníkom nástrojov a výmenou nástrojov*

**Stroje IV. generácie** – sú výlučne CNC riadené stroje, ktorých minipočítače ovládajú spracovanie strojového programu a vlastné automatické riadenie výroby. Vznik DNC počítačov – direct numerical control. Sú to veľkokapacitné počítače ktoré umožňujú zoradenie CNC strojov do výrobnéj linky. Tieto počítače zabezpečujú organizačné zoskupenie CNC strojov do pružných výrobných systémov. Riadia aj dopravný tok materiálu a odvod triesky v automatickom cykle. Tieto pružné výrobné systémy vo veľmi krátkom čase môžu zmeniť typ výrobku na iný len zmenou technologických a rozmerových parametrov. Pružná výrobná bunka sa skladá z technologického zariadenia s programovým riadením s prostriedkami automatizácie technologického procesu, ktorý pracuje autonómne.



*Pružná výrobná bunka tvorená jedným strojom s automatickou dopravou obrobkov*



*Pružná výrobná bunka zložená z viacerých obrábacích jednotiek a medzioperačnou dopravou*

## 2. FRÉZOVANIE

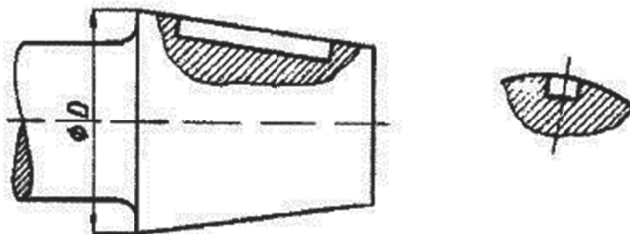
### 2.1. Špeciálne spôsoby frézovania

#### 2.1.1. Frézovanie drážok na kužeľových plochách

##### Význam drážok

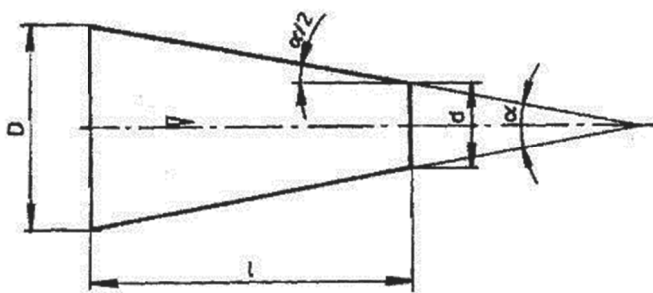
Drážky na kužeľových plochách používame na kužeľových koncoch hriadeľov a čapov na nástrojoch a ozubených kolesách. Kužeľovitost' zabezpečuje pri spájaní zvýšenú tesnosť spoja v prostrediach s vysokou teplotou. Pri nástrojoch a ozubených kolesách sa zväčšuje pracovná plocha, ktorá rovnomernejšie rozkladá zaťaženie spojenia. Tieto spoje používame s výhodou tam, kde nemožno použiť klasické tesnenia ( turbíny, spaľovacie motory ) a pri nástrojoch a ozubení sa zvyšuje prenášaný výkon.

- a) drážka, ktorej dno je rovnobežné s povrchovou priamkou kužeľa zabezpečí aby namáhanie spoja hriadeľa a náboja bolo rovnomerné po celej ploche pera



*Kužeľový čap s drážkou pre pero*

Frézar musí poznať základné výpočty kužeľov z udaných rozmerov.



*Základné rozmery zrezaného kužeľa*

D – veľký priemer kužeľa

d – malý priemer kužeľa

l – dĺžka kužeľa

α – vrcholový uhol kužeľa

α/2 – sklon kužeľa potrebný pre nastavenie obrobku

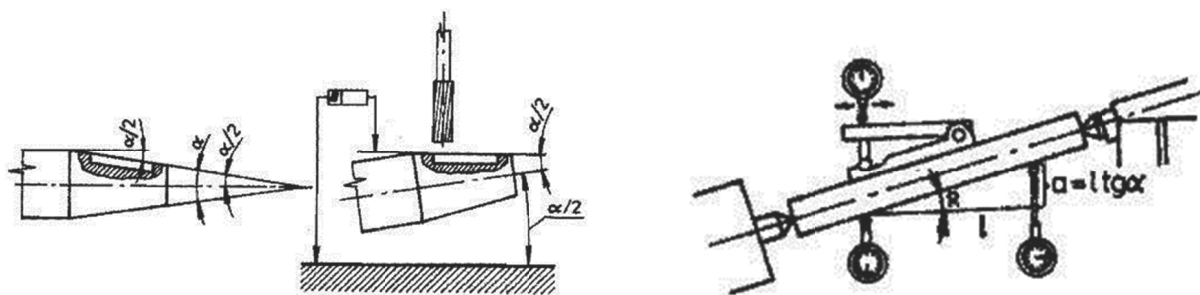
Výpočet kužeľovitosti

$$\text{Kužeľovitost'} = D - \frac{d}{l}$$

Kužeľovitost' sa udáva ako pomer dvoch čísel, napr. 1:50. Tento pomer znamená, že na dĺžke 50 mm sa zmení priemer kužeľa o 1 mm.

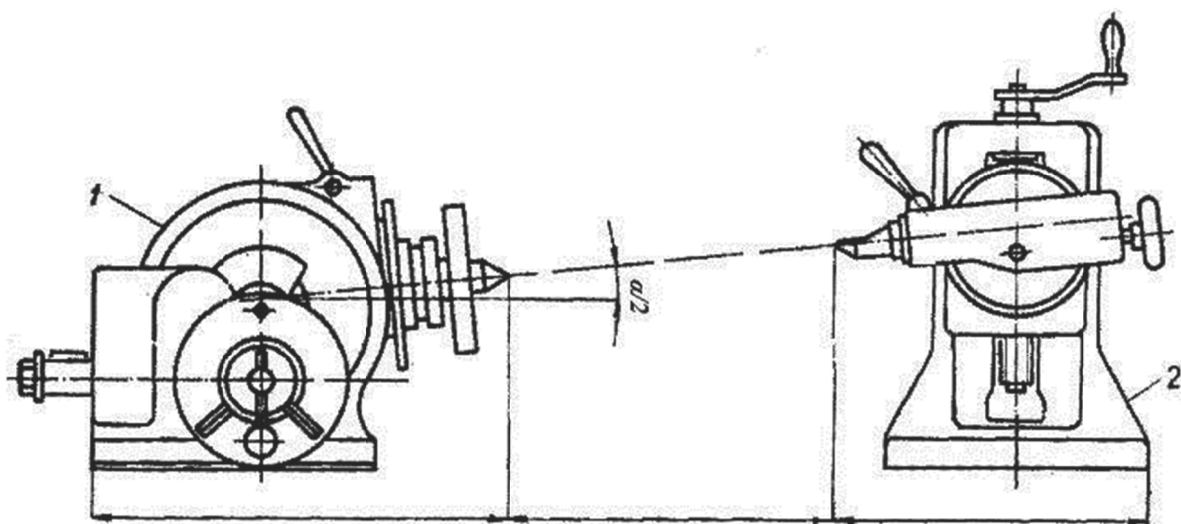
Sklon kužeľa je polovičná kužeľovitost'

$$\text{Sklon} = D - \frac{d}{2l} = \tan \frac{\alpha}{2}$$



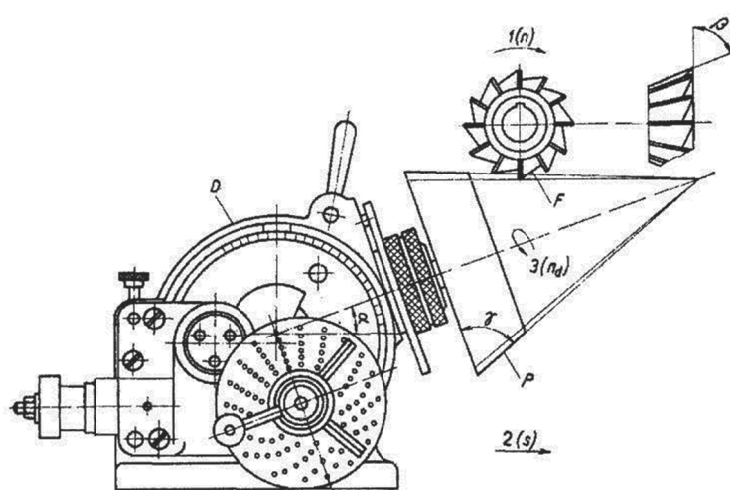
*Nastavenie a kontrola obrobku keď je dno drážky rovnobežné s povrchovou priamkou kužeľa*

### Upínanie obrobkov



*Vzájomná poloha deliaceho prístroja 1 a koníka 2 pri frézovaní drážok na kužeľ, čím dosiahneme že povrchová priamka kužeľa sa nastaví do roviny a drážku frézujeme ako na valcovom povrchu drážkovacou frézy*

- b) Dno drážky nie je rovnobežné s povrchovou priamkou kužeľa, zvierá s osou iný uhol, napr.  $\beta$ . Tieto drážky sa vyrábajú na uhlových frézach. Uhol vyklonenia vretena závisí od počtu zubov obrobku  $P$  (kužeľovej frézy), od jeho uhla  $\gamma$  a od veľkosti profilového uhla  $\beta$  použitej t.j. pracovnej frézy  $F$ .



Postup frézovania uhlovej frézy v deliacom prístroji.

$D$  – deliaci prístroj

$F$  – fréza

$P$  – obrobok

$1(n)$  – otáčavý pohyb frézy

$2(s)$  – posuv frézy

$3(n_d)$  – deliaci pohyb obrobku

Uhol vyklonia deliaceho prístroja  $\alpha$  sa určí z tabuliek podľa počtu zubov vyrábanej frézy ( $z$ ) podľa profilového uhla pracovnej frézy  $\beta$ .

| Počet zubov<br>$z$ | Profilový uhol pracovnej frézy $\beta$ |        |        |        |        |        |        |
|--------------------|----------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                    | 80°                                    | 75°    | 70°    | 65°    | 60°    | 55°    | 50°    |
| 8                  | 11°55'                                 | 10°36' | 9°14'  | 7°45'  | 6°9'   | 4°23'  | 2°22'  |
| 10                 | 14°19'                                 | 13°05' | 12°07' | 10°55' | 9°36'  | 8°09'  | 6°29'  |
| 12                 | 15°45'                                 | 14°50' | 13°53' | 12°51' | 11°45' | 10°31' | 9°07'  |
| 14                 | 16°38'                                 | 15°52' | 15°01' | 14°09' | 13°12' | 12°08' | 10°56' |
| 16                 | 17°15'                                 | 16°34' | 15°50' | 15°03' | 14°13' | 13°17' | 12°13' |
| 18                 | 17°40'                                 | 17°04' | 16°26' | 15°44' | 14°59' | 14°09' | 13°13' |
| 20                 | 18°01'                                 | 17°28' | 16°53' | 16°15' | 15°35' | 14°50' | 13°59' |
| 22                 | 18°16'                                 | 17°46' | 17°14' | 16°40' | 16°03' | 15°22' | 14°35' |
| 24                 | 18°28'                                 | 18°00' | 17°31' | 16°59' | 16°26' | 15°48' | 15°05' |
| 26                 | 18°38'                                 | 18°12' | 17°45' | 17°16' | 16°45' | 16°10' | 15°31' |
| 28                 | 18°46'                                 | 18°22' | 17°56' | 17°30' | 17°01' | 16°28' | 15°52' |
| 30                 | 18°53'                                 | 18°30' | 18°07' | 17°42' | 17°14' | 16°44' | 16°10' |

Příklad:

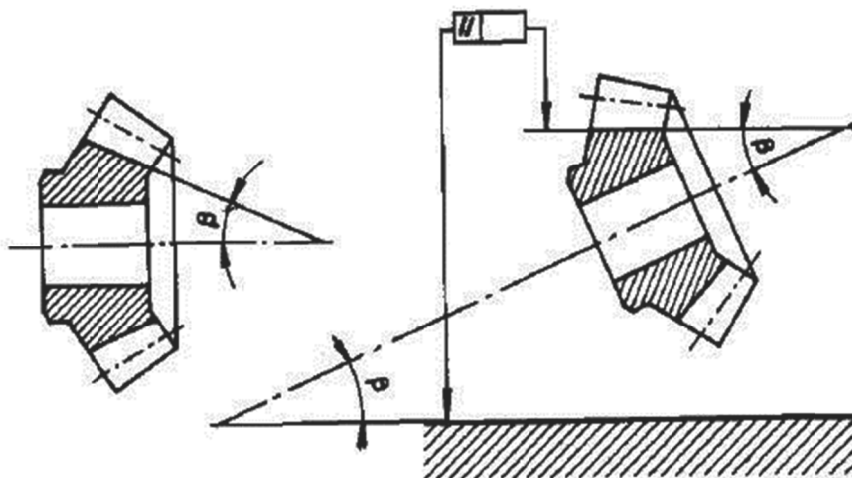
Určite Uhol vyklonenia deliaceho prístroja  $\alpha$  pre frézovanie uhlovej frézy s pracovným uhlom  $\beta = 65^\circ$  a počet zubov 20.

z tabuľky vychádza uhol vyklonenia deliaceho prístroja  $\alpha = 16^\circ 15'$

Postup práce pri nastavení obrobku a nástroja vyfrézujeme prvú závitovú drážku. Druhú závitovú drážku budeme frézovať pootočením obrobku v deliacom prístroji podľa vypočítaného počtu otáčok deliacej kľuky. Výpočet otáčok deliacej kľuky  $nk$

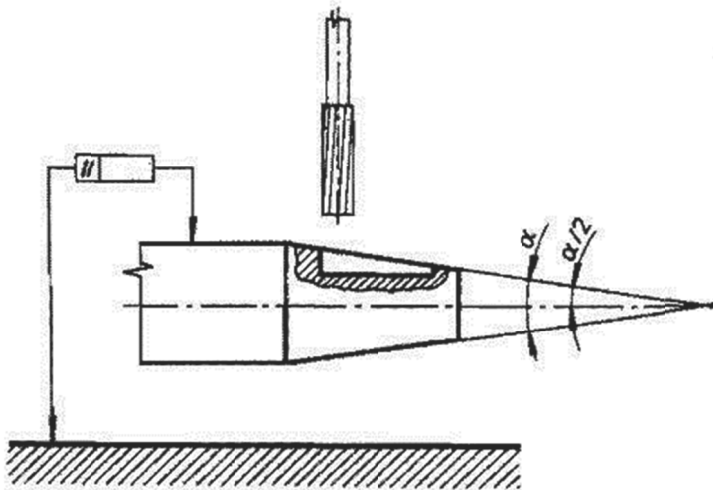
$$nk = 40/z = 40/2 = 2 \text{ otáčky deliacej kľuky}$$

- c) Výroba zubov kužeľových ozubených kolies pri ktorých dno drážky nie je rovnobežné s povrchovou priamkou kužeľa a zvierá s ňou iný uhol napr.  $\beta$



V tomto prípade sa musí vreteno deliaceho prístroja alebo iný mechanizmus sklopiť o uhol  $\beta$  aby dno drážky bolo vo vodorovnej polohe. Uhol vyklonenia  $\beta$  je uhol pätného kužeľa

- d) Dno drážky je rovnobežné s osou kužela vretena



*Používame vtedy, keď je v náboji drážka rovnobežná s vnútorným otvorom*

#### Súhrnné cvičenia

2. Čo je to kužeľovitosť a ako sa vypočíta a vyjadrí definíciou.
3. Čo je to sklon kužela a ako sa vypočíta uhol sklonu.
4. Ktoré štyri základné prípady môžu nastať pri frézovaní drážok na kuželi.
5. Určite uhol vyklonenia deliaceho prístroja  $\alpha$  pre frézovanie uhlovej frézy s 30 zubmi a profilovým uhlom  $\beta$  50°.
6. Určite otáčky deliacej kľuky  $n_k$  pre frézovanie ďalšej zubovej medzery frézy s počtom zubov 35.

## 2.2. Frézovanie ozubených kolies

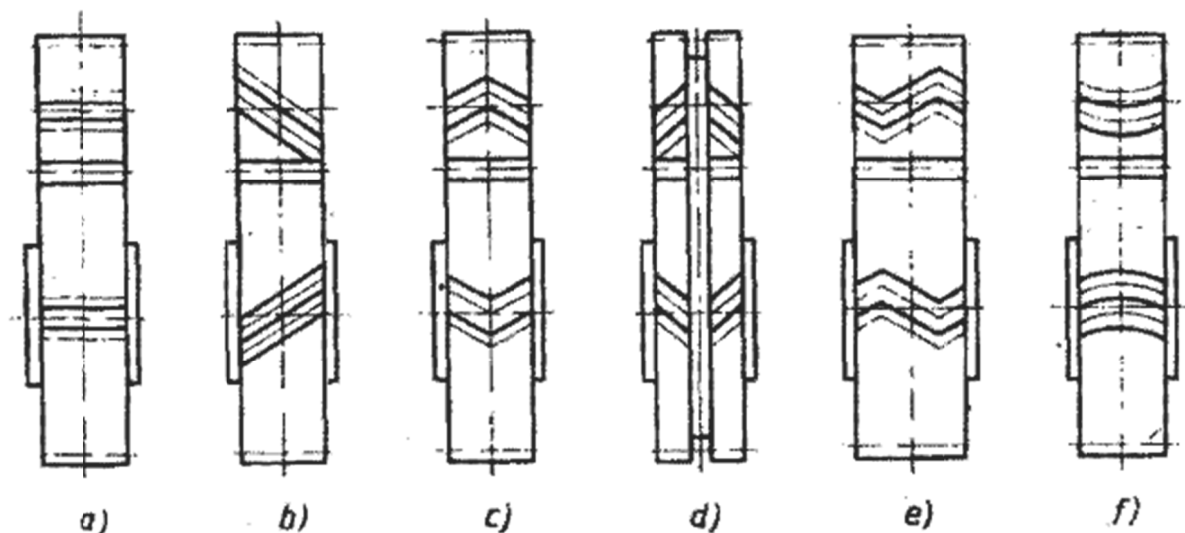
### Význam ozubených kolies

Ozubené kolesá sú hlavným článkom pre všetky prevody v prevodovkách dopravných prostriedkov a stojných zariadeniach vo všetkých oblastiach priemyslu. Ozubené kolesá umožňujú presný prevod otáčavého pohybu a prenos výkonu z hnacieho hriadeľa ( od elektromotora ) na hnaný hriadeľ ( vreteno obrábacieho stroja )

Rozdelenie ozubených kolies:

Ozubené kolesá so vzájomnou polohou osí rovnobežnou

- a) priame zuby
- b) šikmé zuby
- c) šípové zuby
- d) dvojnásobne šikmé zuby
- e) násobne šikmé zuby
- f) kruhové zuby



*Tvary zubov čelných ozubených súkolesí*

### 2.2.1. Výpočty ozubených kolies

Hlavným údajom pre výpočet ozubených kolies od ktorého závisia všetky základné rozmery ozubenia je obvodový modul ' $m$ '. Modul je časť rozstupového priemeru pripadajúceho na jeden zub. Je normalizovaný s konkrétnymi hodnotami a podľa nich sú vyrábané nástroje, modulové frézy.

#### Výpočet modulu

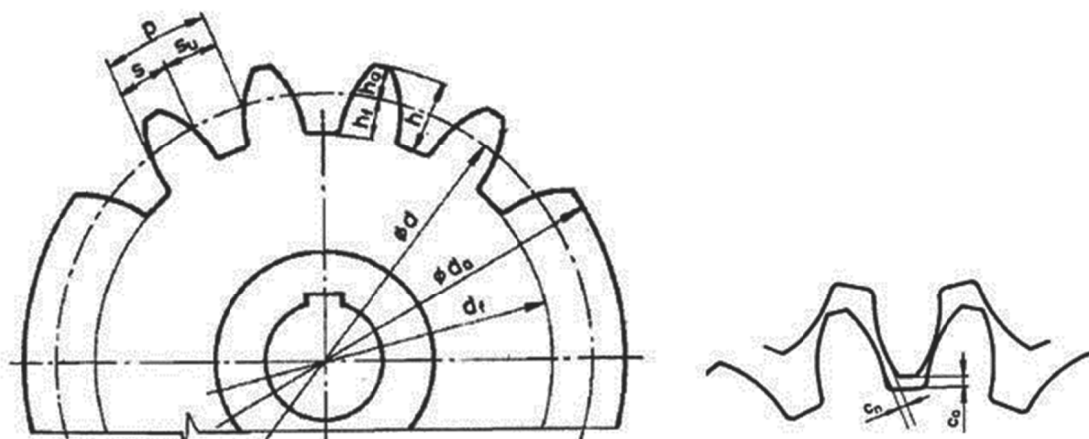
Modul vypočítame zo silových pomerov zaťaženia ozubenia prevodov. Z výrobného hľadiska modul vypočítame z rozmerov ozubenia keď poznáme hlavový priemer ozubeného kola  $d_a$  a počet zubov  $z$  zo vzťahu

$$m = \frac{d_a}{z + 2} \quad [mm]$$

Vypočítanú hodnotu zaokrúhlime na najbližšie celé číslo z hodnôt normalizovaných modulov uvedených v tabuľke

|        |      |        |      |      |     |       |     |       |     |
|--------|------|--------|------|------|-----|-------|-----|-------|-----|
| 0,12   | 0,16 | 0,2    | 0,25 | 0,3  | 0,4 | 0,5   | 0,6 | (0,7) | 0,8 |
| (0,9)  | 1    | 1,25   | 1,5  | 1,75 | 2   | 2,25  | 2,5 | 2,75  | 3   |
| (3,25) | 3,5  | (3,75) | 4    | 4,5  | 5   | (5,5) | 6   | (6,5) | 7   |
| 8      | 9    | 10     | (11) | 12   | 14  | 16    | 18  | 20    | 22  |
| 25     | 28   | 32     | 36   | 40   | 45  | 50    | 56  | 63    | 70  |

*Hrubo orámované moduly sú prednostné*



Hlavné rozmery pre výpočet a výrobu  
ozubeného kolesa s priamymi zubmi

$C_a$  – hlavová vôľ'a = 0,25 m

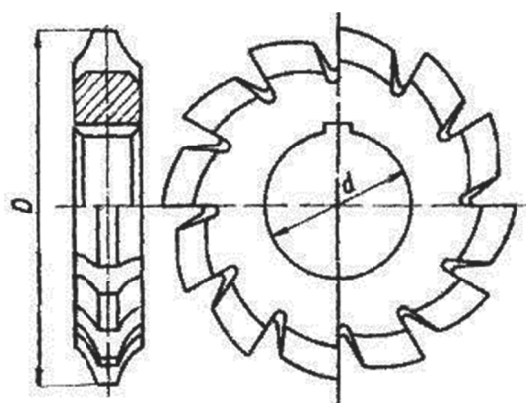
$C_n$  – bočná vôľ'a

Pre výpočet hlavných rozmerov je potrebné poznať počet zubov  $z$ , modul  $m$  a uhol záberu  $\alpha$ .

Výpočet hodnôt je uvedený v tabuľke

| Dané                         |                   |                                             |
|------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|
| Počet zubov                  | $z$               | $z = 25$                                    |
| Modul                        | $m$               | $m = 10$                                    |
| Uhol záberu                  | $\alpha$          | $\alpha = 20^\circ$                         |
| Vypočítané                   |                   |                                             |
| Výška hlavy zuba             | $h_a = m$         | $h_a = 10 \text{ mm}$                       |
| Výška päty zuba              | $h_f = 1,25 m$    | $h_f = 1,25 \cdot 10 = 12,50 \text{ mm}$    |
| Výška zuba                   | $h = h_a + h_f$   | $h = 10 + 12,50 = 22,50 \text{ mm}$         |
| Rozstup zubov                | $t = \pi \cdot m$ | $t = 3,14 \cdot 10 = 31,4 \text{ mm}$       |
| Hrúbka zuba                  | $s = t/2$         | $s = 31,4 : 2 = 15,7 \text{ mm}$            |
| Šírka zubovej medzery        | $s_u = t/2$       | $s_u = 15,7 \text{ mm}$                     |
| Priemer rozstupovej kružnice | $d = z \cdot m$   | $d = 25 \cdot 10 = 250 \text{ mm}$          |
| Priemer hlavovej kružnice    | $d_a = d + 2h_a$  | $d_a = 250 + 2 \cdot 10 = 270 \text{ mm}$   |
| Priemer pätnjej kružnice     | $d_f = d - 2h_f$  | $d_f = 250 - 2 \cdot 12,5 = 225 \text{ mm}$ |

Nástroje na výrobu ozubenia



$D$  – veľký priemer frézy

$d$  – priemer upínacieho otvoru

Profilová modulová kotúčová fréza



Modulové frézy sa vyrábajú v súpravách pre moduly od 0,5 do 8 mm a počty zubov vyrábaného ozubeného kola

| Číslo frézy      | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7         | 8   |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----|
| Počet zubov kola | 12 až 13 | 14 až 16 | 17 až 20 | 21 až 25 | 26 až 34 | 35 až 54 | 55 až 134 | 135 |

Osemčlenná súprava fréz pre moduly 0,5 až 8 mm a dané počty zubov vyrábaného kola

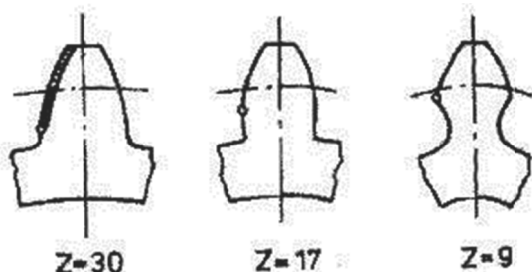
| Číslo frézy      | 1  | 1 1/2 | 2  | 2 1/2    | 3        | 3 1/2    | 4        | 4 1/2    | 5        |
|------------------|----|-------|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Počet zubov kola | 12 | 13    | 14 | 15 až 16 | 17 až 18 | 19 až 20 | 21 až 22 | 23 až 25 | 26 až 29 |

| Číslo frézy      | 5 1/2    | 6        | 6 1/2    | 7        | 7 1/2     | 8   |
|------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----|
| Počet zubov kola | 30 až 34 | 35 až 41 | 42 až 54 | 55 až 80 | 81 až 134 | 135 |

Pätnásťčlenná súprava fréz pre moduly od 8,5 do 20 mm a dané počty zubov vyrábaného kola

Podľa počtu zubov vyrábaného kola sa mení aj tvar zubového boku zuba



Z obrázkov vidieť že keď je počet zubov teoreticky menší ako 17 a prakticky ako 13 vzniká podrezanie – zoslabenie päty zuba a takéto ozubené koleso musí byť korigované aby sme zvýšili spätný priemer a tým odstránili zoslabenie zuba.

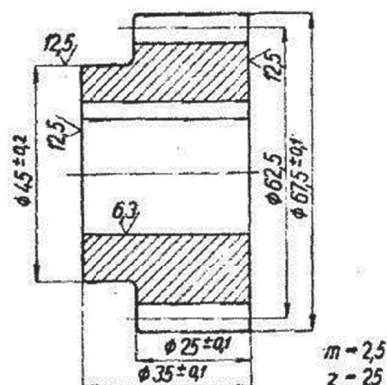
### Výroba ozubenia deliacim spôsobom

Deliaci spôsob výroby je založený na princípe, že pracovný pohyb, pri ktorom sa vytvorí jedna zubová medzera a následne pootočíme deliacou kľukou deliaceho prístroja o ďalší zub a frézujeme ďalšiu zubovú medzeru. Zubové medzery priamych zubov pri module do 6 mm sa frézujú na jeden záber pri module do 12 mm na dva zábery pri väčšom module ako 12 mm na 3 zábery. Nižšia presnosť výroby závisí od presnosti deliaceho prístroja.

Výpočet delenia pre výrobu ozubeného kola  $z = 25$

otáčky deliacej kľuky  $n_k = 40 / z = 40 / 25 = 1\frac{15}{25}$  – to znamená že pre frézovanie druhej zubovej medzery pootočíme deliacou kľukou o jednu otáčku a na deliacom kotúči na kružnici s 25 dierkami o 15 dierok.

Príklad pracovného postupu výroby ozubenenia podľa výrobného výkresu



| Číslo op. | Náplň práce (opis)                                                                                                                        | Nástroje a náradie                                                    | Meradlá                                         |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1         | Upnúť a nastaviť deliaci prístroj a konika; skontrolovať nastavenie                                                                       | Deliace prístroje D 2a, koník, upínacie skrutky                       | Merací tŕň a číselníkový odchýlkomer            |
| 2         | Tvarovú kotúčovú frézu upnúť na frézovací tŕň a skontrolovať obvodové hádzanie                                                            | Kotúčová fréza č. 4 (pre $m = 2,5$ mm, $z = 21$ až 25); frézovací tŕň | Číselníkový odchýlkomer so stojančekom          |
| 3         | Obrobok (na tŕni) upnúť medzi hrotmi (vo vretenne prístroja a v koníku)                                                                   | Upínací tŕň; unášacie srdce (alebo vidlica)                           |                                                 |
| 4         | Nastaviť vzájomnú polohu nástroj – obrobok                                                                                                |                                                                       | Uholník a základné mierky                       |
| 5         | Rozovrieť nastaviteľné ramená (deliaceho prístroja) na 15 rozstupov na rozstupovej kružnici s 25 otvormi a ich polohu zabezpečiť skrutkou |                                                                       |                                                 |
| 6         | Nastaviť potrebné otáčky frézy a žiadaný posuv                                                                                            |                                                                       |                                                 |
| 7         | Obrobok prisunúť pod frézu a zabezpečiť základnú polohu na nastavenie hĺbky frézovania                                                    |                                                                       | Deliaci krúžok skrutky konzoly nastaviť na nulu |
| 8         | Nastaviť potrebnú hĺbku rezu (hodnoty) odpočítat na deliacom krúžku pohybovej skrutky konzoly                                             |                                                                       |                                                 |
| 9         | Vyfrézovať prvú zubovú medzeru a skontrolovať                                                                                             |                                                                       | Posuvný, merací zubomer                         |
| 10        | Obrobok pootočiť na frézovanie ďalšej drážky                                                                                              |                                                                       |                                                 |
| 11        | Úkony 9 a 10 opakovať tak dlho, až sú vyfrézované všetky zuby kola                                                                        |                                                                       |                                                 |

### 2.2.2. Odvaľovací spôsob výroby ozubenia

Týmto spôsobom vyrábame ozubenia s priamymi, šikmými zubmi závitovkové reťazové kolesá. Odvaľovací spôsob výroby ozubenia sa používa v sériových výrobách kde okrem väčšieho množstva kusov je aj požiadavka zvýšenej presnosti ozubenia a akosti povrchu. To je základná požiadavka na zníženie trenia zubových bokov a tým aj zníženie hlučnosti a predĺženie životnosti výrobkov ( prevodovky dopravných a strojárskych zariadení ).

#### Princíp odvaľovania

Zakladá sa na zábere nástroja ( odvaľovacia fréza ), ktorý vykonáva hlavný otáčavý pohyb a prísuvný pohyb do rezu. Obrobok vykonáva otáčavý odvaľovací pohyb.

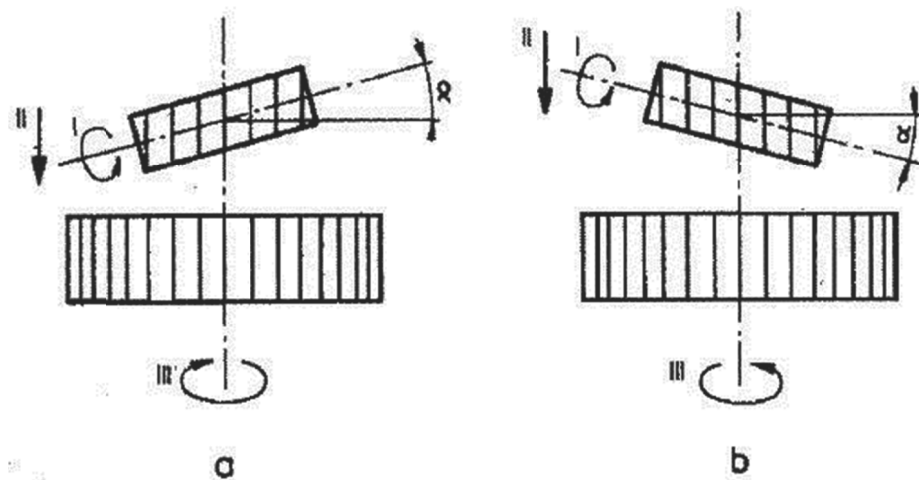
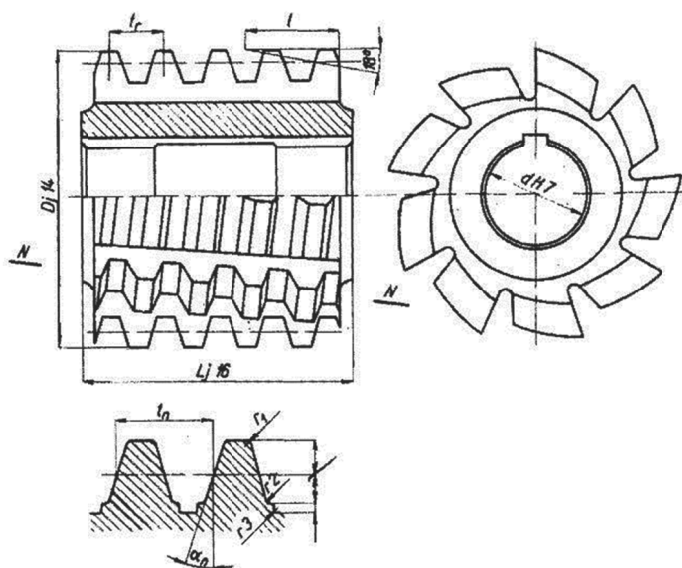


Schéma natočenia vretenníka odvaľovacej frézovačky a základné rezné pohyby  
a – pri použití frézy s ľavou skrutkovicou, b – pri použití frézy s pravou skrutkovicou  
I – hlavný rezný pohyb, II – posuv, III – otáčavý odvaľovací pohyb obrobku

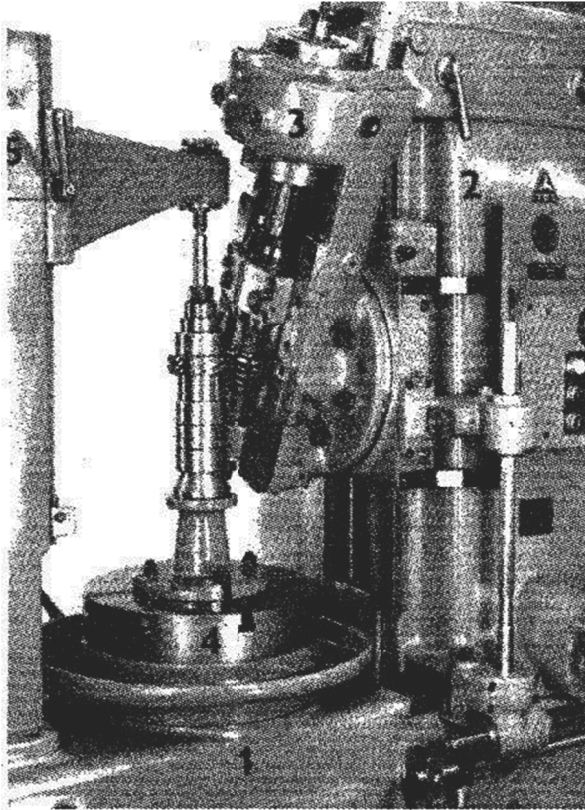
#### Nástroje – odvaľovacie frézy



Odvaľovacia fréza na ozubenie má tvar evolventnej skrutky, ktorá je vyrábaná ako jednochodová alebo viacchodová závitovka. Rezné zuby sa vytvárajú prefrézovaním pozdĺžnych drážok v telese frézy a majú podsústružené chrbty zubov. Uhol čla je najčastejšie nulový. Frézy môžu mať pravú alebo ľavú skrutkovicu. Na čele frézy sa vyznačuje modul nástroja, uhol stúpania skrutkovice a uhol záberu ozubenia.

## Stroje na výrobu

Používame špeciálne stroje na výrobu – odvaľovacie frézovačky.



Odvaľovacia frézovačka FO6, na ktorej možno frézovať ozubené kolesá do modulu 6mm s priamymi a šikmými zubmi ako aj reťazové a závitovkové kolesá. Stroj sa skladá z lôžka 1, stojana 2, vretenníka 3, a otočného pracovného stola 4. Ďalšou časťou stroja je oporný stojan 5 s posuvne nastaviteľnou podperou obrobka. Pracovný stôl 4 vykonáva len otáčavý odvaľovací pohyb. Stojan 2 možno strojovo alebo ručne posúvať po vodorovných vodiacich plochách lôžka a jeho poloha sa nastavuje podľa priemeru obrábaného kolesa a podľa hĺbky rezu. Na zvislých vodiacich plochách stojana sa posúva vretenník s vretenom na upínanie odvaľovacej frézy. Vretenník možno natáčať o potrebný uhol kruhovou stupnicou s uhlovým delením.

### 2.2.3. Obrážací spôsob výroby ozubenia

Týmto spôsobom vyrábame kužeľové ozubené kolesá. Používame špeciálne obrážacie stroje. Spôsob Oerlikon kde obrážanie – hobľovanie kužeľových zubov vytvárame podľa zväčšenej šablóny. Hobľovacie nože sú upnuté v držiakoch a pracovný pohyb vykonávajú v smere k vrcholu kužeľa S. Jeden s nožov hobľuje vrchný a druhý spodný bok zuba.

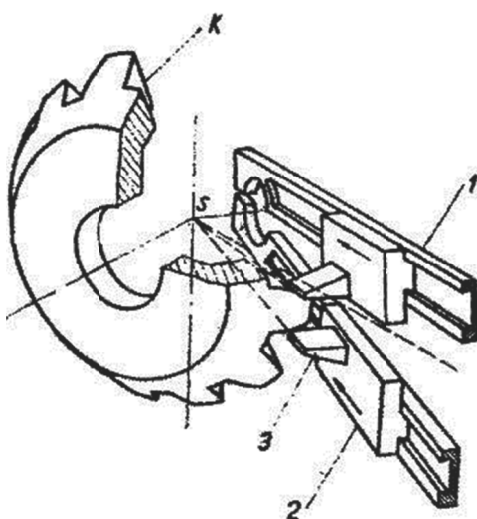


Schéma hobľovania zubov kužeľových kolies na stroji Oerlikon.

1 – vodiaca lišta

2 – pohyblivý držiak noža

3 – hobľovací nôž

K – vyrábané koleso

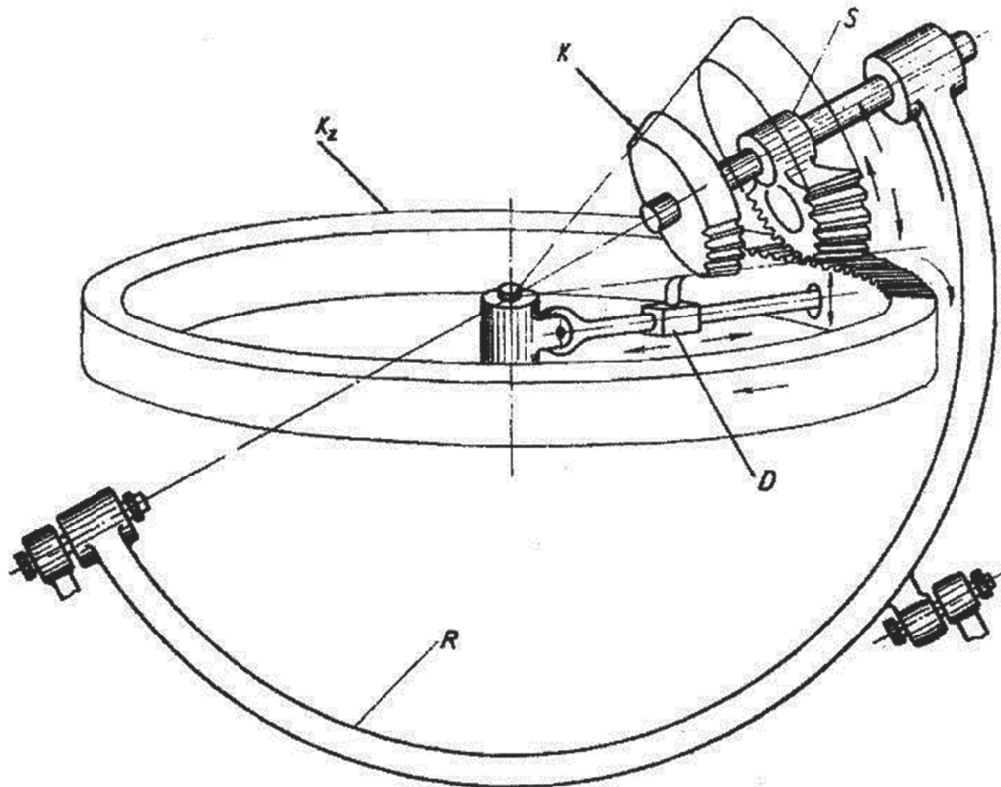
S – vrchol kužeľa

## Spôsob Gleason

Dva obrážacie nože sa pohybujú smerom od vrcholu kužeľa a späť. Obidva boky zubov sa obrábajú súčasne. Nože pracujú striedavo t.j. keď sa jeden pohybuje do rezu, druhý koná vratný pohyb na prázdno. Rezné klíny nožov majú tvar boka zubu základného kolesa. Odvalovací pohyb koná obrobok a základné koleso ( tvoriace ). Vzťah medzi týmito pohybmi je daný závislosťou

$$i = \frac{n_0}{n_k} = \frac{z_k}{z_0}$$

kde  $n_0$  je počet otáčok obrobku,  $n_k$  je počet otáčok základného kolesa,  $z_k$  je počet zubov základného kolesa,  $z_0$  je počet zubov obrobka. Odvalovací pohyb je odvodený od obojstranného kývania oblúkovitého ramena, ktoré unáša spoločný hriadeľ segmentu a obrobku. Po každom odvalení segmentu sa dokončí jeden zub načisto a deliace zariadenie pootočí obrobok ( vyrábané koleso ) o jeden zubový rozstup. Celé ozubenie sa dokončí po jednej celej otáčke.



*Schéma práce na jednonožovej hobľovačke Gleason*

*R – rameno*

*K<sub>z</sub> – základné koleso*

*K – vyrábané koleso*

*S – segment*

*D – držiak hobľovacieho noža*

Niektoré moderné stroje sú tak konštrukčne riešené, že potrebný odvalovací pohyb udeľujú výmenné ozubené kolesá cez diferenciál.

## 2.2.4. Meranie ozubených kolies

Najpresnejšia hodnota ozubení je obvodový rozstup meraný medzi dvoma susednými zubmi. Hodnotu rozstupu  $t$  vypočítame

$$t = \pi \cdot m \text{ [ mm ]}$$

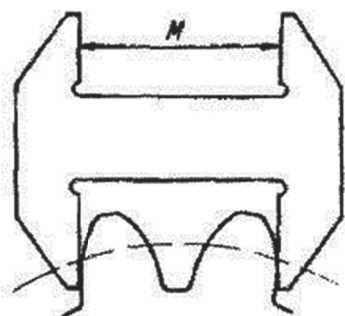
Merané hodnoty ozubeného kola

- obvodový rozstup zubov  $t$
- hrúbka zubov na rozstupovej kružnici
- tvarová odchýlka bokov zubov
- sústrednosť rozstupovej kružnice s osou otáčania
- drsnosť povrchu obrobených zubových bokov

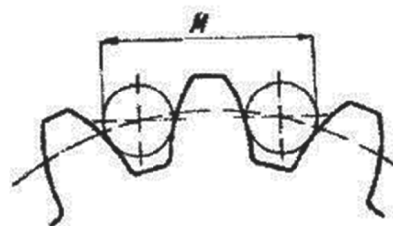
Presnosť výroby závisí od prvej operácie čiže od presnosti osústruženého povrchu. Pred začiatkom frézovania treba skontrolovať obvodové a čelné hádzanie a presne odmerať priemer hlavovej kružnice  $D_h$ .

### Obvodový rozstup zubov

Meriame pomocou strmeňového kalibra a valčekov, ktorých priemer určíme podľa modulu.



Hodnotu  $M$  určíme podľa hrúbky zubov a rozstupu



Meranie pomocou valčekov

| Modul | Priemer valčeka $d_k$ |                     |
|-------|-----------------------|---------------------|
|       | $\alpha = 15^\circ$   | $\alpha = 20^\circ$ |
| 1     | 1,517                 | 1,476               |
| 1,25  | 1,897                 | 1,845               |
| 1,5   | 2,276                 | 2,214               |
| 1,75  | 2,655                 | 2,583               |
| 2,—   | 3,035                 | 2,952               |
| 2,25  | 3,414                 | 3,321               |
| 2,5   | 3,793                 | 3,690               |
| 2,75  | 4,173                 | 4,059               |
| 3,—   | 4,552                 | 4,428               |
| 3,25  | 4,931                 | 4,797               |
| 3,5   | 5,310                 | 5,166               |
| 3,75  | 5,690                 | 5,535               |
| 4,—   | 6,069                 | 5,904               |
| 4,5   | 6,448                 | 6,273               |
| 5,—   | 7,586                 | 7,380               |
| 6,—   | 9,104                 | 8,856               |
| 7,—   | 10,621                | 10,332              |
| 8,—   | 12,138                | 11,809              |
| 9,—   | 13,655                | 13,285              |
| 10,—  | 15,173                | 14,761              |

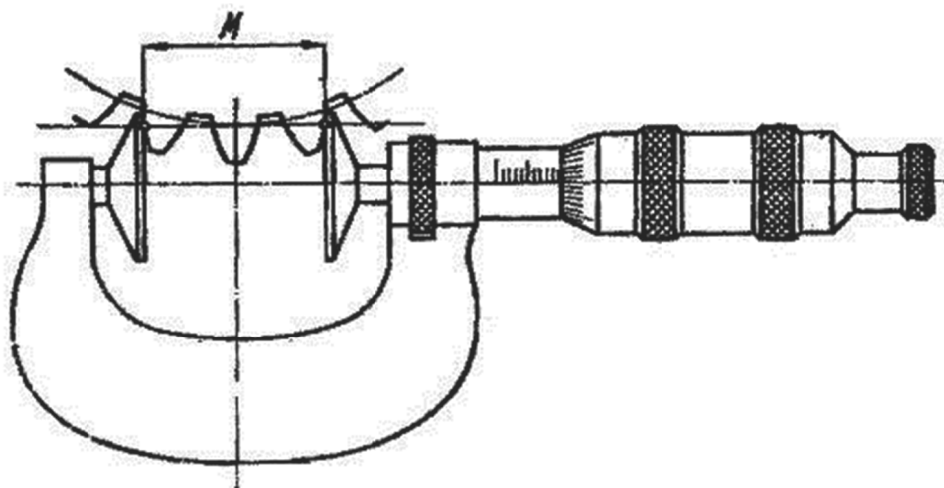
Rozstup zubov  $t$  vypočítame:

$$t = M - d$$

Hodnotu  $M$  zmeriame tanierovým mikrometrom.

## Meranie ozubených kolies tanierovým mikrometrom

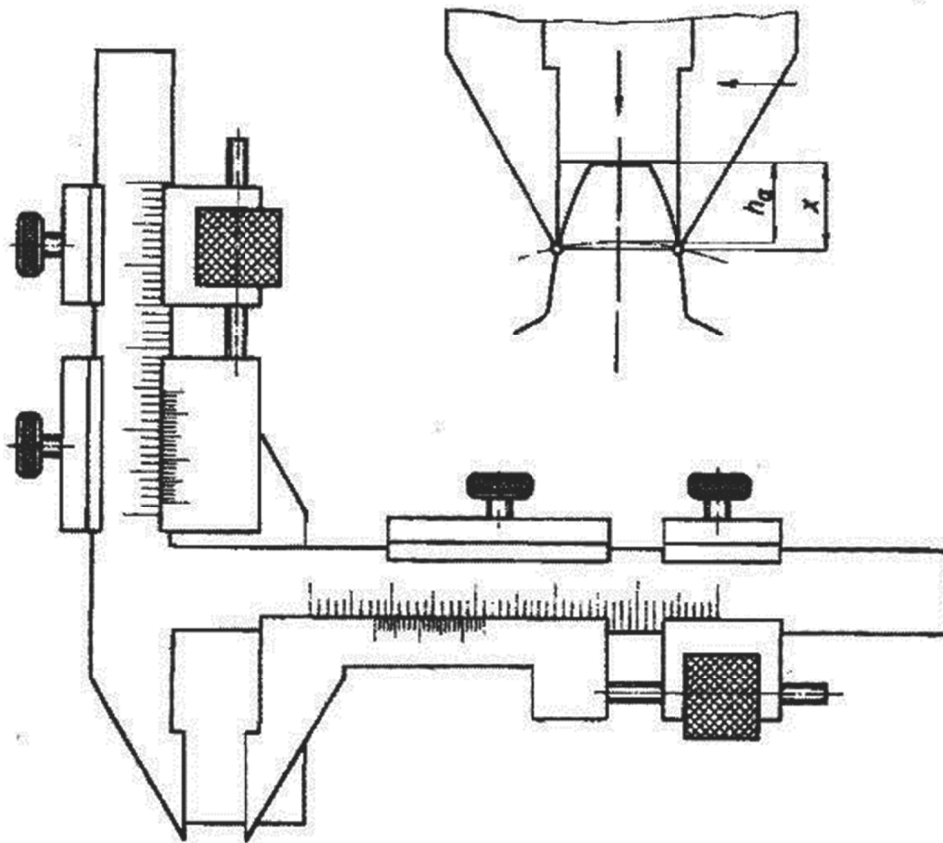
Najpresnejší spôsob merania cez niekoľko zubov a nameranú hodnotu  $M$  porovnáme s tabuľkovou hodnotou. Hodnota  $M$  je určená pre uhol záberu  $\alpha$  modul  $m$  a pre počet zubov ozubeného kola. Určená hodnota  $M$  je daná počtom meraných zubov  $z_1$ .



| Počet<br>zubov<br>$z$ | $z_1$ | Rozmer<br>$M$ | Počet<br>zubov<br>$z$ | $z_1$ | Rozmer<br>$M$ | Počet<br>zubov<br>$z$ | $z_1$ | Rozmer<br>$M$ |
|-----------------------|-------|---------------|-----------------------|-------|---------------|-----------------------|-------|---------------|
| 13                    | 2     | 4,62878       | 26                    | 2     | 4,70602       | 40                    | 3     | 7,82374       |
| 13                    | 3     | 7,66333       | 26                    | 3     | 7,74057       | 40                    | 4     | 10,85829      |
| 14                    | 2     | 4,63472       | 27                    | 2     | 4,71196       | 41                    | 3     | 7,82968       |
| 14                    | 3     | 7,66927       | 27                    | 3     | 7,74651       | 41                    | 4     | 10,86423      |
| 15                    | 2     | 4,64067       | 28                    | 2     | 4,71790       | 42                    | 3     | 7,83562       |
| 15                    | 3     | 7,67521       | 28                    | 3     | 7,75245       | 42                    | 4     | 10,87017      |
| 16                    | 2     | 4,64661       | 29                    | 2     | 4,72384       | 43                    | 3     | 7,84156       |
| 16                    | 3     | 7,68115       | 29                    | 3     | 7,75839       | 43                    | 4     | 10,87611      |
| 17                    | 2     | 4,65255       | 30                    | 2     | 4,72978       | 44                    | 3     | 7,84750       |
| 17                    | 3     | 7,68709       | 30                    | 3     | 7,76433       | 44                    | 4     | 10,88205      |
| 18                    | 2     | 4,65849       | 31                    | 2     | 4,73572       | 45                    | 3     | 7,85345       |
| 18                    | 3     | 7,69304       | 31                    | 3     | 7,77027       | 45                    | 4     | 10,88800      |
| 19                    | 2     | 4,66443       | 32                    | 2     | 4,74166       | 46                    | 3     | 7,85939       |
| 19                    | 3     | 7,69898       | 32                    | 3     | 7,77621       | 46                    | 4     | 10,89394      |
| 20                    | 2     | 4,67037       | 33                    | 2     | 4,74760       | 47                    | 3     | 7,86533       |
| 20                    | 3     | 7,70492       | 33                    | 3     | 7,78215       | 47                    | 4     | 10,89988      |
| 21                    | 2     | 4,67631       | 34                    | 2     | 4,75354       | 48                    | 3     | 7,87127       |
| 21                    | 3     | 7,71086       | 34                    | 3     | 7,78809       | 48                    | 4     | 10,90582      |
| 22                    | 2     | 4,68225       | 35                    | 2     | 4,75949       | 49                    | 4     | 10,91176      |
| 22                    | 3     | 7,71680       | 35                    | 3     | 7,79404       | 49                    | 5     | 13,94631      |
| 23                    | 2     | 4,68819       | 36                    | 3     | 7,79998       | 50                    | 4     | 10,91770      |
| 23                    | 3     | 7,72274       | 36                    | 4     | 10,83453      | 50                    | 5     | 13,95225      |
| 24                    | 2     | 4,69413       | 37                    | 3     | 7,80592       | 51                    | 4     | 10,92364      |
| 24                    | 2     | 7,72868       | 38                    | 3     | 7,81186       | 51                    | 5     | 13,95819      |
| 25                    | 2     | 4,70008       | 39                    | 3     | 7,81780       | 52                    | 4     | 10,92958      |
| 25                    | 3     | 7,73463       | 39                    | 4     | 10,85235      | 52                    | 5     | 13,96413      |

## Meranie hrúbky zuba zubomerom

Hodnota hrúbky zuba sa rovná polovici rozstupu  $t$ . Nastavíme zubomer na hodnotu  $x$  ktorá je vyššia ako výška hlavy zuba, ktorá sa rovná modulu  $m$ . V skutočnosti môže byť hrúbka zuba vždy menšia aby medzi zubmi bola predpísaná vôľa.



*Meranie hrúbky zuba zubomerom*

### Súhrnné cvičenia

1. Definujte modul, jeho výpočet a normalizáciu.
2. Vypočítajte a nakreslite výrobný výkres pre výrobu ozubeného kolesa keď  $z = 27$ ,  $m = 2,5$  a uhol záberu  $\alpha = 27^\circ$ .
3. Popíšte deliaci spôsob výroby s výpočtom delenia obvodu pre daný počet zubov na deliacom prístroji.
4. Vypočítajte modul  $m$  keď namerané hodnoty ozubeného kolesa sú:  $D_h = 100$ ,  $z = 48$ ,  $\alpha = 20^\circ$ . Vypočítajte  $D_r$ ,  $D_p$ ,  $t$  a otáčky deliacej kľuky.
5. Popíšte princíp odvaľovania ozubených kolies.
6. Akou technológiou sa vyrábajú ozubené kolesá.
7. Čo je najdôležitejšia hodnota pre rozmerovú presnosť ozubení a vypočítajte jej hodnotu.
8. Popíšte spôsoby merania ozubených kolies.

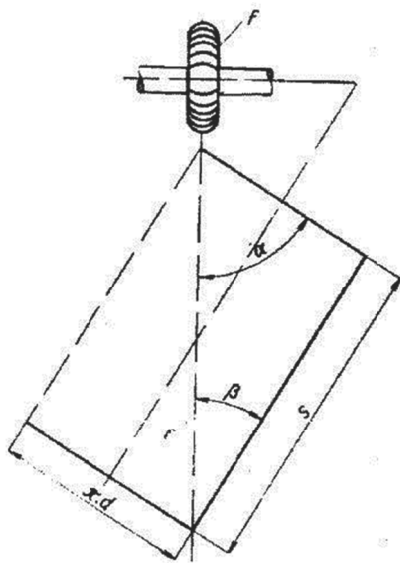


## 2.3. Frézovanie skrutkovic a závitov

### 2.3.1. Frézovanie skrutkovitých drážok

Frézovaním sa vyrábajú skrutkovité drážky s väčšími profilmi na pohybových skrutkách vŕtacích, frézovacích nástrojov, skrutkové kolesá a pod. V technickej praxi sú veľmi rozšírené a ich výroba frézovaním je produktívna s použitím bežných nástrojov a strojov.

#### Základné údaje k výrobe skrutkovice



*Vznik skrutkovice*

*F – fréza*

*$\alpha$  – uhol stúpania skrutkovice*

*$\beta$  – uhol pootočenia stola*

*S – stúpanie skrutkovice*

*$\pi \cdot d$  – rozvinutý plášť obrobku*

Pre výrobu skrutkovice máme udané:

S – stúpanie skrutkovice [ mm ]

d – priemer obrobka [ mm ]

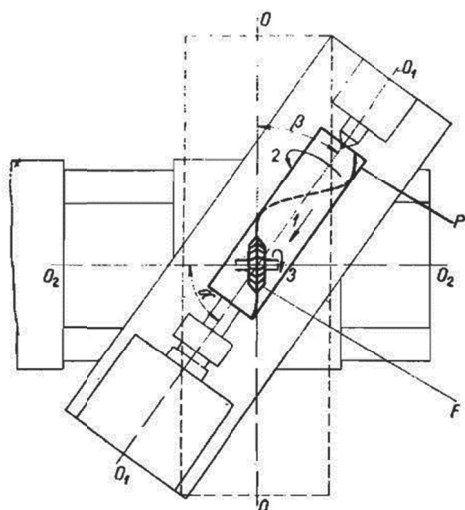
$\alpha$  – uhol stúpania skrutkovice [ ° ]

Z uvedených údajov je potrebné pre výrobu vypočítať uhol pootočenia pracovného stola  $\beta$ .

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \beta &= \frac{\pi \cdot d}{S} \quad [^\circ] & \alpha + \beta &= 90^\circ \\ & & \alpha &= 90^\circ - \beta \\ & & \beta &= 90^\circ - \alpha \end{aligned}$$

#### Vznik skrutkovice na pracovnom stole obrobka

Skrutkovica vzniká skladaním rovnoramenného otáčavého pohybu obrobka P so súčasným jeho posuvným pohybom vykonávaným pracovným stolom 1 a rezný otáčavý pohyb vykonáva fréza 3. Otáčavý pohyb obrobka 2 musí byť zosúladený s posuvným pohybom pracovného stola, ktorý zabezpečuje pohybová skrutka stola frézovačky. Zosúladenie posuvného a otáčavého pohybu sa vykonáva cez vložené ozubené kolesá.



Poloha obrobka a nástroja pri frézovaní skrutkovitých drážok.

$F$  – fréza

$P$  – obrobok

1 – posuvný pohyb pracovného stola

2 – otáčavý pohyb obrobku

3 – rezný otáčavý pohyb nástroja frézy

$\alpha$  – uhol stúpania skrutkovice

$\beta$  – uhol vyklonenia pracovného stola frézovačky

Výpočet prevodu

$$i = \frac{n_v \cdot s_s}{S}$$

$n_v$  – počet otáčok deliacej kľuky na jednu otáčku obrobku, čo je pri hlavnom prevode deliaceho prístroja závitovka, závitovkové koleso 1:40 – 40 otáčok deliacej kľuky znamená pootočeniu obrobku o jednu otáčku. Stále kuželové a čelné prevody vnútri deliaceho prístroja majú prevodový pomer 1:1. Stúpanie pohybovej skrutky pozdĺžneho stola frézovačky  $s_s$  je na frézovačkách MAS a TOS zväčša 5 mm

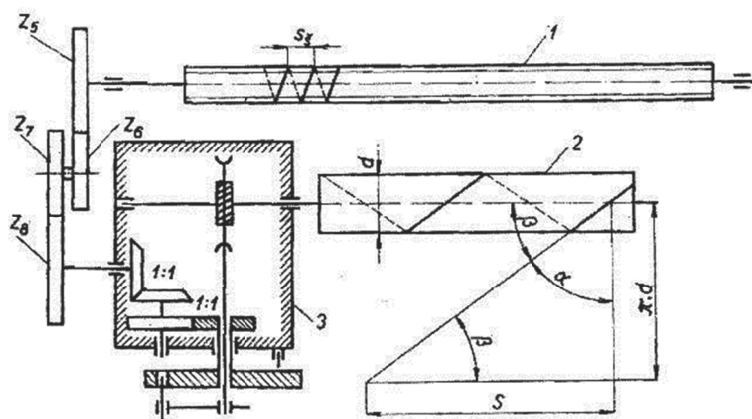


Schéma frézovania skrutkovice

1 – pohybová skrutka stola frézovačky

2 – obrobok

3 – deliaci prístroj

$Z_5 - Z_8$  – vymeniteľné prevodové ozubené kolesá

Výpočet prevodu vymeniteľných ozubených kolies

$$i = \frac{n_v \cdot s_s}{S} = \frac{40.5}{S} = \frac{Z_5}{Z_6} \cdot \frac{Z_7}{Z_8}$$

Vymeniteľné ozubené kolesá majú známe počty zubov v súbore kolies deliaceho prístroja a montujeme ich na líru – plochá doska s drážkami pre uloženie čapov na nasunutie ozubených kolies.

## Príklad

Máme frézovať skrutkovitú drážku so stúpaním  $S = 50$  mm. Priemer obrobku  $d = 50$  mm. Vypočítajte vyklonenie stola frézovačky pod uhlom  $\beta$ , prevod vymeniteľných ozubených kolies a zobrazte ich montáž.

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\pi \cdot d}{S} = \frac{3,14 \cdot 50}{50} = 3,14$$

Z toho uhol  $\beta$  určíme z tabuliek  $\operatorname{tg} 3,14 = 72^\circ 40'$

Prevod vymeniteľných ozubených kolies

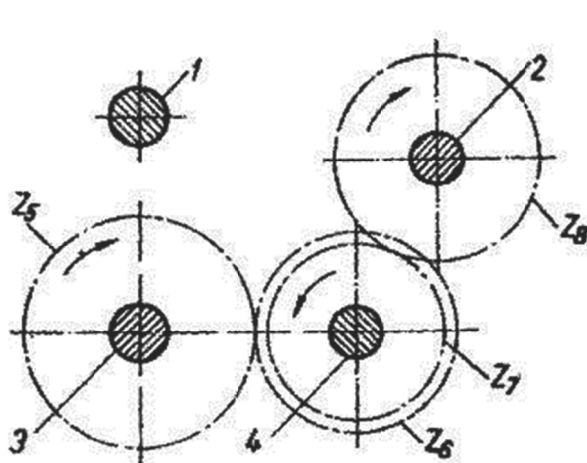
$$i = \frac{n_v \cdot s_s}{S} = \frac{40,5}{S} = \frac{Z_5}{Z_6} \cdot \frac{Z_7}{Z_8} = \frac{200}{50} = 4$$

Prevodový pomer 4 je vysoký pre počty zubov v súbore kolies preto ho rozložíme a vytvoríme zložený prevod

$$i = i_1 \cdot i_2 = 2,2 = \frac{56}{28} \cdot \frac{48}{24}$$

## Montáž kolies

Keď prevod tvoria štyri ozubené kolesá a znamienko prevodového pomeru je kladné, musí sa prvé a posledné koleso v prevode otáčať v rovnakom zmysle to znamená že štyri ozubené kolesá montujeme na tri čapy (pravotočivá drážka). Pre ľavotočivú drážku musí sa prvé s posledným ozubeným kolesom otáčať v opačnom zmysle.



Zložený prevod na frézovanie pravotočivej drážky

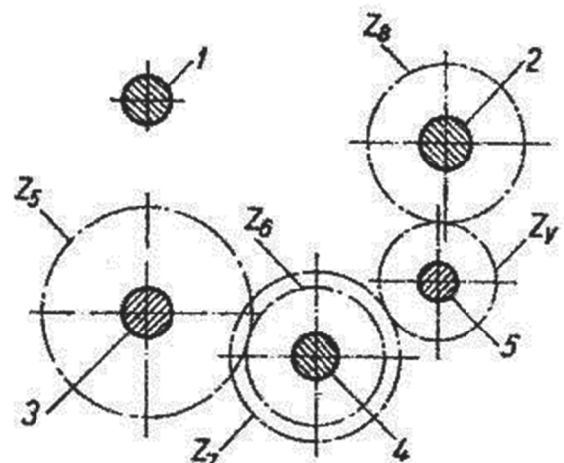
1 – pracovné vreteno prístroja

2 – hriadel kužeľového kola

3 – pohybová skrutka pozdĺžneho stola frézovačky

4 – čap na lýre

$Z_5, Z_6, Z_7, Z_8$  – vymeniteľné prevod. kolesá



Zložený prevod na frézovanie ľavotočivej drážky,  $Z_v$  – vložené koleso

1 – pracovné vreteno prístroja

2 – hriadel kužeľového kola

3 – pohybová skrutka pozdĺžneho stola frézovačky

4 – čap na lýre

$Z_5, Z_6, Z_7, Z_8$  – vymeniteľné prevod. kolesá

$Z_v$  vložené ozubené koleso mení zmysel otáčania a jeho počet zubov neovplyvňuje prevod.

Pri jednoduchom prevode s malým prevodovým pomerom montujeme pre ľavotočivú skrutkovitú drážku len dve kolesá a pre pravotočivú medzi dve vložíme tretie vložené koleso  $Z_v$  na zmenu zmyslu otáčania.

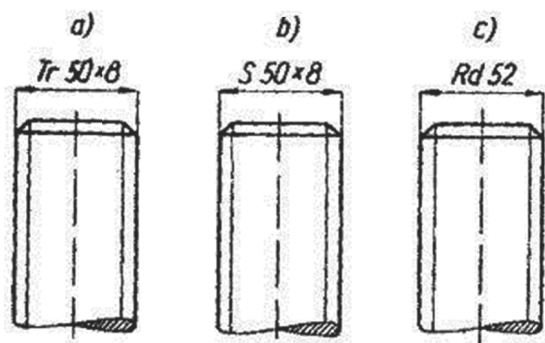
Postup pri frézovaní skrutkovitých drážok:

1. Vypočítame uhol pootočeného pozdĺžneho stola frézovačky.
2. Určíme vymeniteľné kolesá prevodu - výpočtom alebo z tabuliek a počet medzikolies.
3. Podľa profilu frézovanej drážky si zvolíme nástroj ( frézu ).
4. Nastavíme frézovaciu sústavu ( pootočíme stôl, nasadíme vymeniteľné ozubené kolesá, upneme nástroj, nastavíme otáčky vretena atď. ).
5. Upneme obrobok na pracovné vreteno deliaceho prístroja.
6. Prekontrolujeme správnosť upnutia obrobka a frézy.
7. Prekontrolujeme nastavenia vzájomnej polohy obrobka a frézy, a to tak, že celú frézovaciu sústavu bez záberu frézy uvedieme do pohybu
8. Vyfrézujeme prvú drážku a prekontrolujeme jej tvar a rozmery.
9. Nastavíme ( pootočíme ) obrobok do polohy na frézovanie druhej, tretej ... n – tej drážky.
10. Po vyfrézovaní všetkých drážok obrobok očistíme a znova prekontrolujeme.

### 2.3.2. Frézovanie závitov

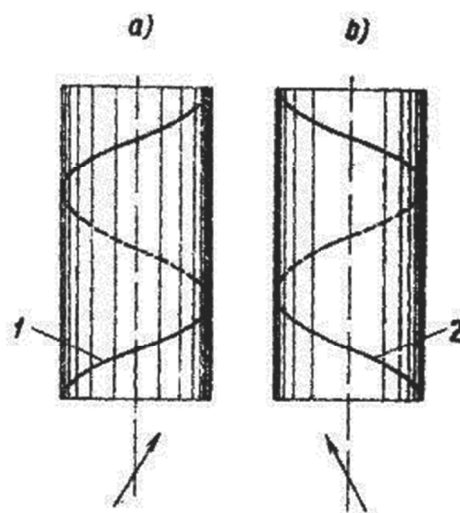
Je najvýhodnejší a najrýchlejší spôsob výroby závitov s veľkým profilom, veľkým stúpaním, alebo hrubovaním dlhého závitu na pohybových skrutkách.

#### Druhy závitov



*Označovanie závitov*

- a – lichobežníkový rovnoramenný závit*
- b – lichobežníkový nerovnoramenný závit*
- c – oblý závit*



*Navinutie závitovej drážky*

- 1, 2 – závitové drážky*
- a – pravá skrutkovica*
- b – ľavá skrutkovica*

Pohybové závity majú predpísané profily podľa tvaru geometrického obrazca ( rovnoramenný lichobežník ) so stálym vrcholovým uhlom  $30^\circ$  a normalizovaným stúpaním a počtom chodov podľa priemeru závitu.

### Viacchodové závity

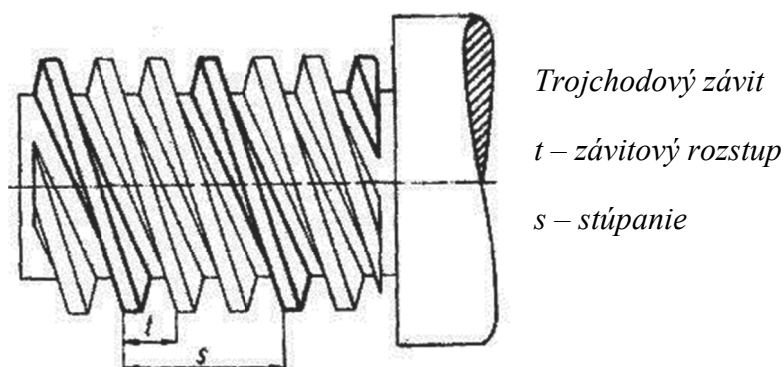
Pri jednochodových závitoch sa stúpanie závitu rovná rozstupu (  $s = t$  ) pri viacchodových je stúpanie závitu násobkom počtu chodov (  $n$  ) a rozstupu.

$$s = n \cdot t \text{ [ mm ]}$$

Označovanie na výkresoch, za značkou závitu uvedieme veľký priemer krát stúpanie / počet chodov

$$T_r 44.12/3$$

Takýto závit zistíme na výrobku, že má tri začiatky posunuté na čele o  $120^\circ$  a navinuté tri závitové drážky vedľa seba.



### Príklad

Aké stúpanie má trojchodový závit skrutky podľa obrázka s rozstupom  $t = 4$  mm.

$$s = n \cdot t$$

$$s = 3 \cdot 4$$

$$s = 12$$

Pre uvedený závit  $T_r 44.12/3$  k výrobe z tabuliek určíme stredný priemer závitu  $d_2 = 38$  mm a malý priemer závitu skrutky  $d_3$  sa bude rovnáť 31 mm.

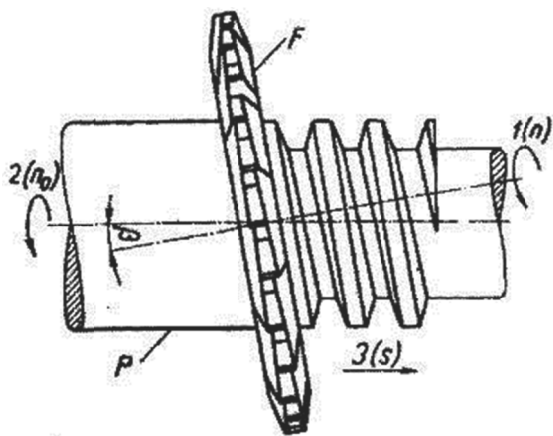
### Spôsoby frézovania

1. na univerzálnych frézovačkách
2. na špeciálnych frézovačkách na závity
3. rýchlostné frézovanie závitov

## Frézovanie závitov na univerzálnych frézovačkách

### Kotúčovou frézou

Používame na frézovanie dlhých závitov, fréza má zhodný tvar s profilom vyrábaného závitú. Pracovná poloha nástroj – obrobok má zabezpečovať správny profil a rozmery frézovanej drážky. Os otáčania frézy musí byť kolmá na smer skrutkovice, t.j. je odklonená v uhle stúpania závitovej drážky.



Frézovanie závitov kotúčovou frézou

$F$  – fréza

$P$  – obrobok

$1(n)$  – otáčavý pohyb nástroja

$2(n_0)$  – otáčavý pohyb obrobka

$3(s)$  – posuv

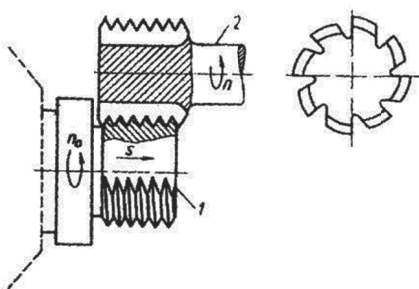
Pohyb v smere šípky 2 je pomalý otáčavý pohyb obrobka, ktorý zabezpečuje deliaci prístroj. Posuvný pohyb v smere šípky 3, ktorý vyvodzujú pohybové mechanizmy pozdĺžneho stola musí byť v určitom vzťahu k pohybu 2 aby závitová drážka mala správne stúpanie.

Tento vzťah môžeme charakterizovať takto:

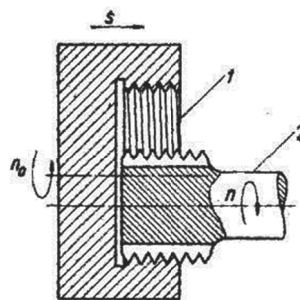
Keď obrobok vykoná jednu otáčku v smere šípky 2 musí sa súčasne posunúť v smere šípky 3 o veľkosť jedného stúpania závitú  $s$ . Závitovú drážku vyfrézujeme na jeden záber. Závitú veľkého profilu sa frézujú dvoma prípadne troma zábermi.

### Frézovanie závitú hrebeňovou frézou

Frézujeme zväčša krátke závitú s menším stúpaním. Hrebeňová fréza je nástroj, ktorý má vedľa seba niekoľko profilov kolmých na os, ale nie sú v skrutkovici. Drážky na odvádzanie triesok sú vedené rovnobežne s osou a vytvárajú rezné klíny jednotlivých zubov. Chrbty zubov sú podsústružené.



Frézovanie závitú hrebeňovou frézou  
 $1$  – obrobok,  $2$  – stopková hrebeňová fréza



Frézovanie vnútorného závitú hrebeňovou frézou.  $1$  – obrobok,  $2$  – hrebeňová fréza

## Postup frézovania

Šírku frézy volíme o niečo dlhšiu, ako je dĺžka rezaného závitu ( o 1 až 2 závity ). Obrobok musí vykonať viac ako jednu otáčku ( asi 1,2 otáčky ) aby drážka bola prefrézovaná aj v mieste prvého záberu frézy do materiálu. Závity frézujeme zväčša na jeden záber, t.j. pri jednej otáčke obrobka. Presnejšie závity na dva zábery.

### Pamätajte si:

Pri frézovaní závitov sa obrobok nielen otáča, ale aj posúva ( na normálnych frézovačkách s deliacim prístrojom ). Počas každej otáčky sa posunie o veľkosť stúpania závitu.

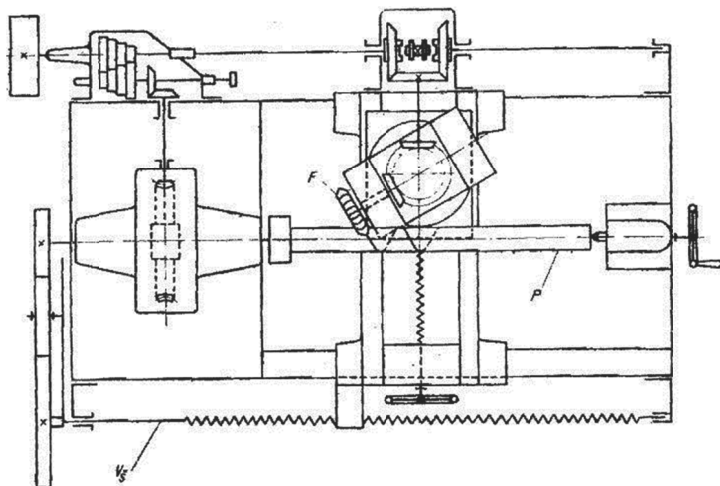
### Rezné podmienky pri frézovaní závitov

Pri frézovaní dlhého závitu použije kotúčovú frézu, volíme reznú rýchlosť až 25 m/min. Veľkosti posuvu sú z pravidla zostavené v tabuľkách ( napr. pre stúpanie závitu do 10 mm bude z tabuliek pre hrubovanie posuv 120 mm za min., pre hladenie 40 mm za min. ).

Pri frézovaní krátkych závitov hrebeňovými frézami býva rezná rýchlosť pri oceliach až 30 m/min, pri ľahkých kovoch až 150 m/min. Hodnoty posuvu sú vedené v tabuľkách napr. pre frézovanie závitov do ocelí a pre závitový rozstup 4 mm, dĺžku závitu 30 mm a normálnu akosť povrchu bude posuv 80 mm/min.

### Frézovačky na závity

Používame najmä v sériových a hromadných výrobách. Svojim konštrukčným vyhotovením pripomínajú sústruhy. Namiesto nožovej hlavy je na krížovom suporte uložený frézovací vretenník, ktorý sa môže vykloniť podľa stúpania závitovej drážky. Fréza dostáva hlavný otáčavý pohyb a súčasne aj posuvný pohyb pozdĺž obrobka. Obrobok robí len pomalý otáčavý pohyb. Suport s frézovacím vretenníkom sa uvádza do pohybu vymeniteľnými ozubenými kolesami a pohybovou skrutkou. Prevod vymeniteľných kolies určujem buď výpočtom ( ako na sústruhu ), alebo z tabuliek podľa daného stúpania závitu. Presné závity na frézovačkách iba vyhrubujeme a na čisto sa dokončujú sústružením alebo brúsením.



*Schéma frézovačky na dlhé závity*

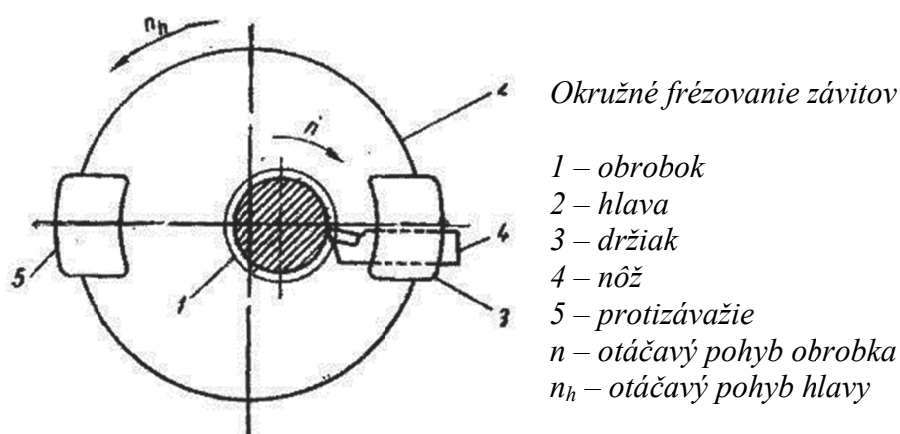
*F – fréza*

*P – obrobok*

*V<sub>s</sub> – vodiaca skrutka*

### 2.3.3. Rýchlostné frézovanie

Je z predchádzajúcim spôsobov produktívnejšie pretože využíva výkonnejšie nástroje ( napr. nástroje s reznými doštičkami so spekaných karbidov ). Pri rýchlostnom frézovaní závitov sa obrobok zväčša otáča iba okolo svojej osi. Nástroj ( závitový nôž ) upnutý vo zvláštnej hlave sa otáča veľkou rýchlosťou ( až 300 m/min ) okolo obrobka a súčasne vykonáva posuv pozdĺž obrobka. Všetky tieto pohyby musia byť vo vzájomnom súlade aby zaručovali vyfrézovanie závitovej drážky požadovaných hodnôt. Obrobok 1 sa otáča rýchlosťou až 5 m/min. Obrobok je výstredne uložený takže nôž sa s obrobkom stretáva vždy na jednom mieste a odrezáva pritom tentúž triesku v plnom profile závitovej drážky.



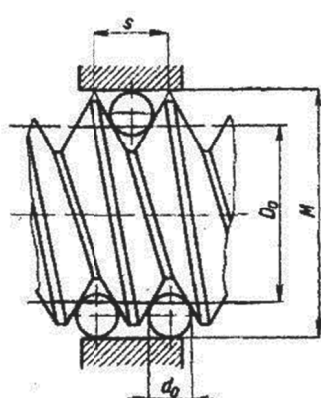
Okružovací spôsob frézovania závitov zabezpečuje podstatné skrátenie výrobného času a je až 90% rýchlejšie ako normálne spôsoby rezania závitov.

### Meranie závitov

Najdôležitejšie hodnoty každého závitu sú:

1. Stúpanie závitu  $s$
2. Stredný priemer závitu  $D_0$
3. Vrcholový uhol závitovej drážky

Normalizované závitky kontrolujeme závitovými kalibrami. Presné závitky pohybových skrutiek obrábacích strojov kontrolujeme každú hodnotu samostatne. Stredný priemer závitu  $D_0$  môžeme merať závitovým mikrometrom.



*Meranie závitu cez drôtičky*

$D_0$  – stredný priemer závitu

$d_0$  – priemer drôtika

$s$  – stúpanie závitu

$M$  – porovnávací miera z tabuľky



Priemer meracích drôťkov  $d_0$  určíme z tabuliek podľa stúpania závitu a priemeru skrutky. Nameranú hodnotu  $M$  porovnáme s tabuľkovou hodnotou a ostatné údaje ako je stúpanie, hĺbka závitu sú správne keď nameraná hodnota a tabuľková sú zhodné.

### **Nepodarky pri frézovaní závitov**

1. Zlé stúpanie závitov. Zapríčiňuje ho chybné nastavenie frézovacej sústavy. Nepodarok nemožno opraviť.
2. Nesprávne rozmery závitovej drážky. Väčšiu šírku drážky zavinuje nesprávna voľba nástroja, prípadne jeho hádzanie. Menšiu šírku drážky zapríčiňuje použitie užšej frézy. Ak je hĺbka závitovej drážky iná ako sa vyžaduje, je to zapríčinené nesprávnym nastavením hĺbky frézovania.
3. Nesprávny počet závitových drážok ( pri viacchodových závitoch ) je zapríčinený zlým delením. Pri pootáčaní obrobka pre vyfrézovanie ďalšej drážky.

### **Súhrnné cvičenia**

1. Charakterizujte dvojchodový závit, napíšte jeho označenie pre daný priemer
2. Z tabuliek určte stúpanie a pre daný počet chodov vypočítajte rozstup  $t$
3. Popíšte spôsoby výroby
4. Určte najproduktívnejší spôsob výroby – zdôvodnite
5. Určte najdôležitejšie hodnoty závitov a ich meranie

### **2.3.4. Kopírovacie frézovačky**

#### **Význam kopírovania**

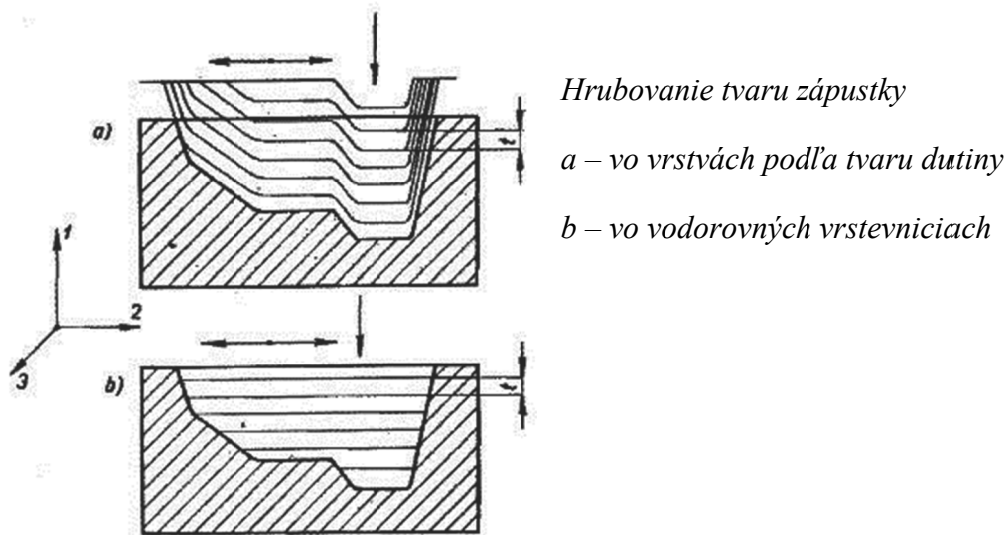
Obrábanie pomocou kopírovania má v našom strojárskom priemysle veľký význam. V modernej strojárkej výrobe sa zložité povrchy vytvárajú mnohými spôsobmi ( napr. lisovaním, pretláčaním, valcovaním, presným kovaním, presným odlievaním atď. ). Dôležité miesto zaberá aj tzv. kopírovacie obrábanie, ktoré sa uplatňuje nielen na sústruhoch, brúskach a hobľovačkách, ale aj na frézovačkách. Kopírovacie frézovanie má mnoho výhod. Najdôležitejšie sú:

- a) možnosť vytvárať plochy veľmi zložitých tvarov ( zápustky )
- b) vcelku jednoduché a lacné nástroje
- c) ľahké nastavovanie stroja
- d) na nastavenom môžu pracovať aj menej kvalifikovaní robotníci ( rekvalifikovaný z úradov práce )

Kopírovanie sa stáva dôležitým automatizačným prostriedkom pre zabezpečenie presnosti obrábacieho povrchu a zvýšenie produktivity práce. Konštrukčné riešenie a celkové vybavenie špeciálnych a moderných strojov je na takej technickej úrovni, že nám podstatne umožňuje zvyšovať výkon. Stroje majú prvky špecializácie, mechanizácie, automatizácie, čo smeruje k obmedzeniu ľudskej práce a fyzickej námahy na obsluhu týchto strojov.

## Princíp kopírovania

Kopírovanie je obrábanie tvarovej plochy podľa šablóny, modelu alebo vzorového kusa, ktoré musia byť vopred vyrobené. Od ich presnosti závisí presnosť výrobku. Priestorové tvary spravidla vytvárame tzv. trojrozmerným kopírovaním. Zvislý pohyb 1 a pozdĺžny pohyb stola frézovačky 2 je riadený dotykovým palcom kopírovacieho mechanizmu. V priečnom smere 3 sa stôl s obrobkom prestavuje o vopred určenú hodnotu obidvoch okrajových polôh pozdĺžneho posuvu.



- Hrubovanie tvaru záпустky po vrstevniciach. Dotykový palec je neustále v styku s modelom. Pri tomto princípe sa pod odfrézovaní jednej vrstvy materiálu (  $t$  ) na frézovanie ďalšej vrstvy do záberu presúva len nástroj, čím sa mení vzájomná poloha nástroja a dotykového palca.
- Znázornenie odoberania materiálu vo vodorovných vrstevniciach ( po skončení frézovania jednej vrstvy sa dotykový palec nástroj presunie k obrobku – zvislý pohyb konzoly o vopred určenú hodnotu  $t$  ).

Jednotlivé pohyby kopírovacieho mechanizmu sú riadené impulzami, ktoré vznikajú nepatrným posunutím alebo vychýlením dotykového palca pri jeho styku s modelom. Podľa spôsobu práce, dokonalosti kopírovacieho mechanizmu a strojov pohybujú sa odchýlky od vyžadovaných rozmerov v rozmedziach  $\pm 0,1$  do  $\pm 0,01$ .

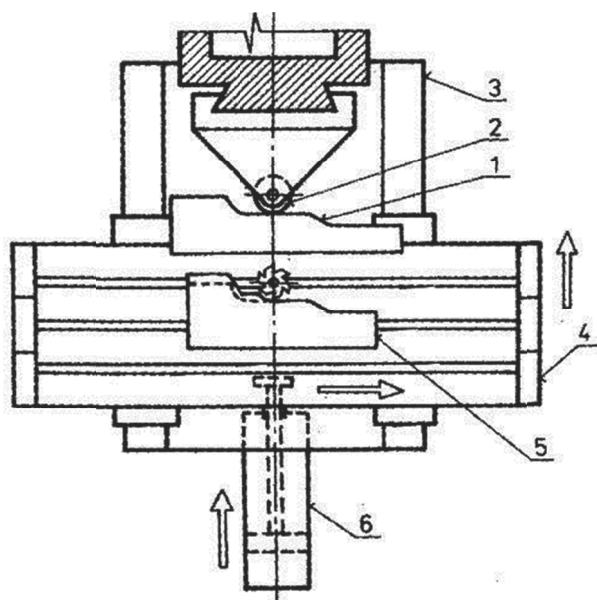
Podľa spôsobu akým je vedený nástroj – podľa šablóny, modelu alebo vzorového kusa delíme kopírovacie frézovačky na:

### 2.3.5. Frézovačky s mechanickou kopírovacou sústavou

Pri mechanickom kopírovacom zariadení sa dotykový palec alebo kladka pritláčajú na riadiacu plochu šablóny, modelu alebo vzorového kusa ručne závažím, pružinou prípadne aj stlačeným vzduchom.

Na pozdĺžnom stole frézovačky 4 je upnutý obrobok 5 a šablóna 1. Na čelo frézovačky sa pripevňuje držiak s kopírovacou kladkou 2. Všimnite si, že fréza aj kopírovacia kladka sú v jednej osi. Aj vzájomná poloha šablóna obrobku je dôležitá pre správne umiestnenie tvaru

na obrobku. Priečny stôl sa pritláča na kopírovaciu šablónu silou, ktorú môže vyvodiť hmotnosť závažia, pružiny atď. Prítlačná sila musí byť väčšia ako sila, ktorá obrobok od frézy odtláča. Pozdĺžny posuv stola frézovačky je základným posuvom, ktorý umožňuje pohyb obrobku do rezu. Priečny posuv sleduje tvar šablóny, je sledovacím posuvom. Pretože prítlačnú silu, ktorá prekonáva rezné odpory a pritláča šablónu na kopírovaciu kladku vyvodil jednoduchý mechanizmus, hovoríme mechanikom kopírovania. Pri profiloch s menším sklonom stúpania ( do  $30^\circ$  ) možno ručný základný posuv nahradiť strojovým posuvom.



*Schéma mechanického kopírovania*

1 – šablóna

2 – kopírovacia kladka

3 – vedenie

4 – pozdĺžny stôl

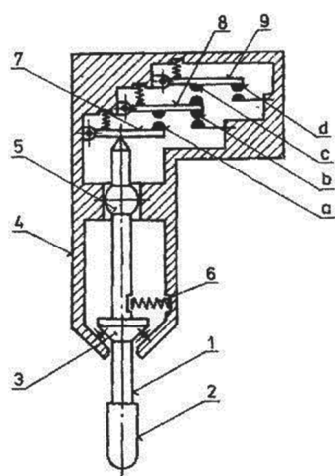
5 – obrobok

6 – prítlačný pneumatický valec

### 2.3.6. Frézovačky s elektrickou kopírovacou sústavou

Podľa princípu ovládania vzájomných pohybov nástroja obrobku rozdeľujeme elektrické sústavy na dve základné skupiny:

- a) kontaktné
- b) bezkontaktné



**Kontaktné dotykové sústavy** – snímajú tvarový povrch dotykovým palcom, ktorého výchylky spájajú alebo rozpojú elektrické kontakty.

*Elektrokontaktný kopírovací mechanizmus*

1 – dotyková páka

2 – dotyk

3 – vedenie

4 – teleso

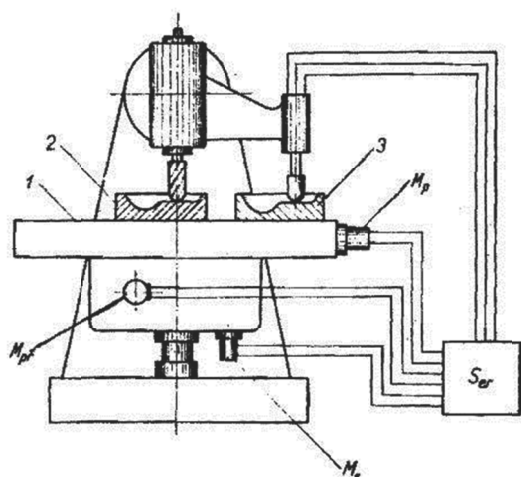
5 – guľový klb

6 – pružina

7 – 9 – páčky kontaktov

a – d – dvojice kontaktov

Dotyková páka 1 s vymeniteľným dotykom 2 je na dolnom konci uložená v kužeľovom vedení 3, v ktorom sú medzi pákou a kužeľovým sedlom telesa uložené ložiskové guľôčky na zmenšenie trenia. Guľový kĺb 5 je zvislo posuvný v telese dotykového zariadenia. Pri akejkoľvek výchylke dotyku z pôvodnej polohy spôsobuje guľový kĺb a kužeľové sedlo, že dotyková páka sa vždy zdvíha nahor. Pri zvislých výchylkách dotyku vymedzuje pružina vôľu v kužeľovom sedle. Vychýľovaním páky 1 sa postupne prestavujú páčky kontaktov 7, 8, 9: páry kontaktov a, b, c, d sa spínajú alebo vypínajú. Tým sa dávajú povely na zapnutie alebo vypnutie relé, ktoré ovládajú prúdové okruhy elektromagnetických spojok príslušných posuvov.



*Schéma frézovačky s elektrickou kopírovacou sústavou*

*1 – pozdĺžny stôl frézovačky*

*2 – obrobok*

*3 – šablóna*

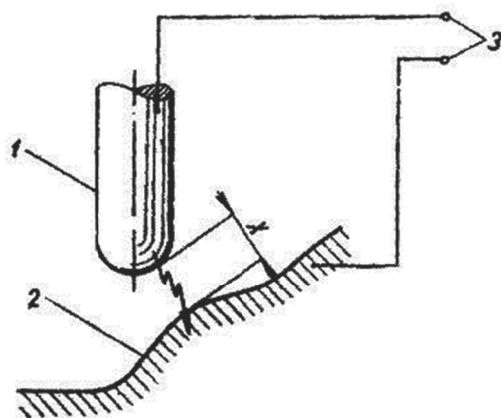
*$M_p$  – elektromotor na pozdĺžny posuv*

*$M_s$  – elektromotor na zvislý posuv*

*$M_{pr}$  – elektromotor na priečny posuv*

*$S_{er}$  – skrinka elektrického riadenia*

**Pri kontaktných sústavách** výchylky dotyku robí snímač alebo elektrický oblúk prostredníctvom ďalších prístrojov na impulzy, ktoré uvádzajú do pohybu príslušné elektromotory a riadia ich chod (otáčky a smer otáčania).



*Schéma riadenia pomocou elektrického oblúka*

*1 – dotyk*

*2 – vzorka*

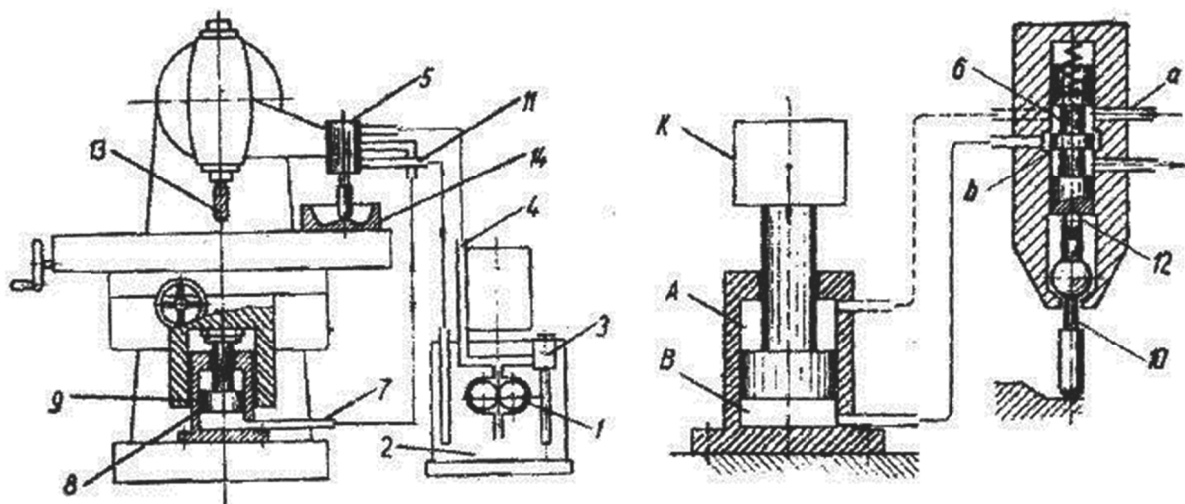
*3 – zvierky*

*$x$  – vzdialenosť elektródy od povrchu obrobku*

Pri sústave s elektrickým oblúkom je dotyk nepohyblivý. Dotyk 1 vzorka 2 sú pripojené na prívod jednosmerného prúdu stáleho napätia. Medzi dotykom a vzorkou vznikne v určitej vzdialenosti medzera  $x$  elektrický oblúk, t.j. preteká elektrický prúd, ktorý sa meria – jeho impulzy sa zosilňujú podľa veľkosti prúdu sa zaraďujú jednotlivé posuvy.

### 2.3.7. Frézovačky s hydraulickou kopírovacou sústavou

Hydraulické kopírovacie sústavy sú najvýhodnejšie z hľadiska stáleho rovnomerného tlaku kvapaliny v kopírovacej sústave. Toto zabezpečuje rovnomerné pritláčanie dotykového palca na povrch šablóny, modelu alebo vzorového kusa. Tým sa zvyšuje presnosť výroby, taktiež používanie zvýšených rezných parametrov skráti čas obrábania, ktoré sa stáva produktívnejším.



*Schéma hydraulickej kopírovacej sústavy*

1 – čerpadlo, 2 – nádrž na olej, 3 – ventil, 4 – výtláčné potrubie, 5 – teleso posúvača a dotyku, 6 – riadiaci posúvač, 7 – potrubie s riadením prietokom oleja, 8 – pracovný valec, 9 – piest, 10 – dotyková páka, 11 – odpad oleja do nádrže, 12 – ložisková guľôčka, 13 – nástroj, 14 – vzorka, A – teleso valca, B – plocha pracovného valca, K – konzola frézovačky, a – prívodové potrubie tlakového oleja, b – prívod tlakového oleja do pracovného valca

Zubové čerpadlo 1 dodáva olej z nádrže 2 do prestupného ventilu 3 a potrubím 4 do telesa posúvača 5. Riadiaci posúvač 6 zabezpečuje cez stredný nákrúžok odtok alebo prítok oleja do potrubia 7, a tým aj do valca 8 pod piest 9. Tlak oleja pred posúvačom 6 sa udržiava priepustným ventilom 3 na potrebnej výške. Prebytočný ( odpad ) olej odchádza odpadovým potrubím 11 naspäť do nádrže 2. Hydraulický valec je pripevnený na predĺženej základovej doske frézovačky. Teleso posúvača je uložené na vretenníkovej hlave. Ich vzájomná poloha je konštantná. Piest je spojený s konzolou a presúva ju vo zvislom smere ( sledovací pohyb ). Základný posuv vo vodorovnom smere má stálu veľkosť nastavenia ( podľa potreby ). Posúvač 6 je pritláčaný pružinou smerom dolu na dvojzvratnú dotykovú páku 10 uloženú na guľovom čape. Dotyk sa môže vychýliť do všetkých smerov. Ložisková guľôčka 12 zabezpečuje, aby sa posúvač pri vodorovnej výchylke odtláčal vždy iba smerom nahor. Na piest 9 pôsobí zhora stála sila rovnajúca sa tiaži konzoli K. Keď zastavíme čerpadlo, konzola zide dolu. Dotyk sa prestane opierať o obrysovú ( riadiacu ) plochu vzorky. Pružina zatláča posúvač smerom dolu dovtedy, kým guľový kĺb nezapadne do sedla a otvorí sa riadiaca hrana nákrúžku a. Keď spustíme čerpadlo, tlakový olej prúdi cez prepúšťaciu hranu a a potrubím 7 pod piest 9. Tlakom oleja na pracovnú plochu piesta sa konzola dvíha tak dlho, až obrysová ( riadiaca plocha ) vzorky narazí na dotyk, ktorý presunie posúvač do neutrálnej ( nulovej ) polohy. V tejto polohe sa riadiace hrany zatvoria, olej prestane prúdiť a konzola sa zastaví.

## Súhrnné cvičenia

1. Vysvetlite princíp kopírovania a jeho význam.
2. Popíšte spôsob frézovania s mechanickou kopírovacou sústavou.
3. Spôsoby elektrického kopírovania, princípy, výhody a nevýhody.
4. Ktoré kopírovanie je najvýhodnejšie z hľadiska produktivity a uveďte dôvody prečo.

## 2.4. Pokrokové metódy frézovania

Pokrokové metódy frézovania sledujú zvyšovanie výkonov obrábania skracovaním kusového času. Kusový čas vyjadríme vzťahom:

$$t_k = t_h + t_v + t_{x0} + t_{xd} [min]$$

$t_h$  – hlavný strojový čas, keď je nástroj v zábere

$t_v$  – vedľajší čas na upínanie obrobkov a ovládanie stroja

$t_{x0}$  – čas na technickú a organizačnú obsluhu pracoviska ( výmena nástrojov, odstraňovanie triesok, čistenie a mazanie stroja a pod. )

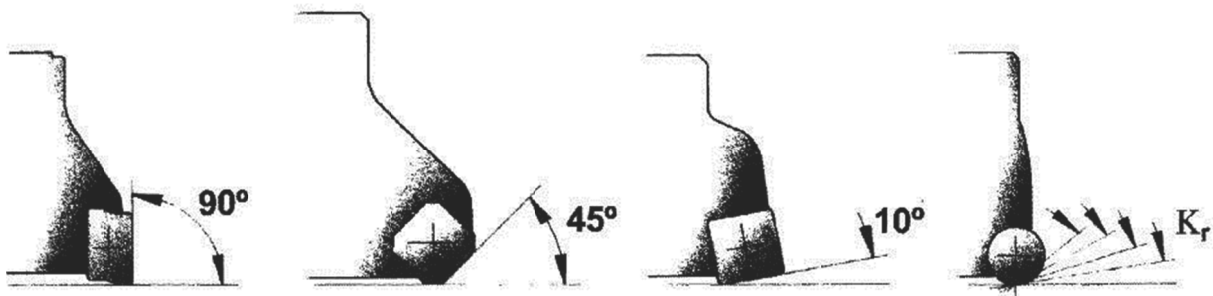
$t_{xd}$  – čas prestávok

Na zvyšovanie produktivity vplýva hlavne znižovanie hlavného času, ktorý realizujeme vývojom nových druhov progresívnych nástrojov, najmä povlakovaných spekaných karbidov. Zistilo sa, že pri hrubovaní do hĺbky okolo 15 mm a posuve 1 mm na zub frézy pre nástroj s priemerom 200 mm je potrebný stroj s elektromotorom s výkonom okolo 100 kW a množstvo odfrézovaného materiálu za jednu hodinu je väčšie ako 1000 kg. Celkom bežné sú posuvy 0.5 až 1 mm na zub. Hrubovacie frézy sa overovali pri týchto rezných podmienkach

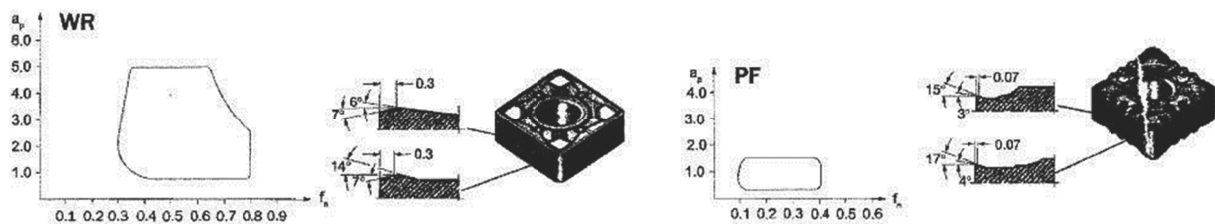
| Obrábaný materiál       | oceľ na odliatky s pevnosťou 700 MPa |          |
|-------------------------|--------------------------------------|----------|
| Nástroj                 | Ø 160 mm, z = 6                      |          |
| Spekaný karbid          | PRAMET S5 – P 50                     |          |
| Šírka záberu            | 150 mm                               |          |
| Rezná rýchlosť          | 70 m.min <sup>-1</sup>               |          |
| Geometria               | pozitívna                            |          |
| Príkon stroja           | 100 kW                               |          |
| Hĺbka rezu              | 17 mm; 10 mm                         |          |
| Posuvy na minútu        | 1 250 mm                             | 2 000 mm |
| Hmotnosť jednej triesky | 2,3 g                                | 2,0 g    |
| Úber za 1 minútu        | 25 kg                                | 20 kg    |

Používané nástroje čelné valcové frézy s liatym telesom a prispájkovanými platničkami so spekaných karbidov dosiahli prenikavé úspechy. Rezné platničky sa spájajú špeciálnou spájkou, ktorá vytvára pevný spoj. Týmto nástrojmi sa dá prenášať podstatne väčší výkon ako pri frézovaní frézami z rýchloreznej ocele. Preto sa používa čelné unášanie ktoré je bezpečné a umožňuje veľké krútiace momenty. Tieto výkonné nástroje sa dodávajú ako pravorezné a môžu byť aj nástrčné vo vyhotovení s rôznymi uhlami nastavenia ostria frézy. Frézy s uhlom nastavenia 90° používame vtedy, keď treba na obrobku vytvoriť kolmé

osadenie. Rezné platničky môžu byť takisto aj mechanicky pripevnené skrutkami cez otvory v rezných doštičkách.

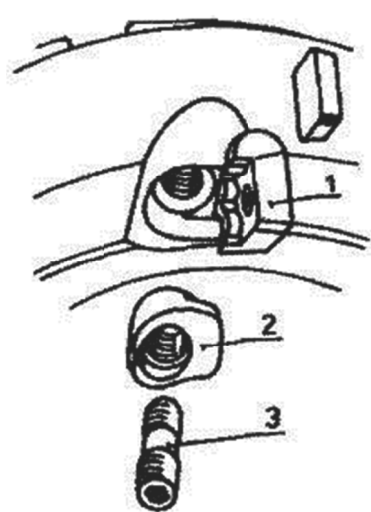


*Radiálny uhol nastavenia ostrej frézy*



*Typické pracovné oblasti hrubovacích a dokončovacích rezných doštičiek*

Rezné doštičky týchto fréz majú kladný uhol čela  $+10^\circ$  a na úzkej negatívnej fazetke je vytvorený záporný uhol čela až do  $17^\circ$ . Rezné platničky sa vyrábajú so spekaných karbidov P20, 30, 40 a K10. Pred poškodením pri vylomení platničiek sa chránia tak že sa platničky neupínajú priamo do telesa ale do ustavujúcich vložiek pripevnených k telesu podľa firmy Sandvik.



*Uloženie reznej platničky s negatívnym uhlom čela*

1 – vložka

2 – klin

3 – skrutka

Vedľajší čas môžeme skracovať rôznymi spôsobmi napr.

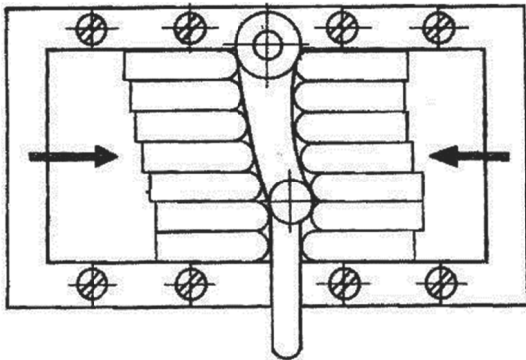
- použitím rýchloupínacích zverákov
- zmechanizovaním univerzálnych upínacích zverákov pneumatickými, hydraulickými upínačmi alebo použitím elektrickými uťahovacími jednotkami

- c) použitím prípravkov, ktoré umožňujú upínanie niekoľkých obrobkov naraz vyvedením prítlačného tlaku mechanicky, pneumaticky alebo hydraulicky

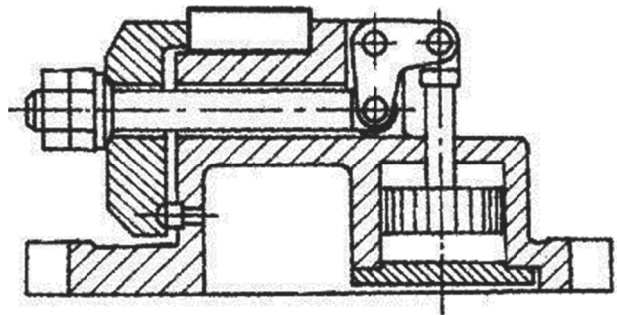
Upínacie prípravky sú najvýhodnejší spôsob skracovania vedľajšieho – upínacieho času. Hlavnou požiadavkou na použitie prípravku je jeho rentabilita t.j. aby nezvyšoval náklady na výrobu.

Podľa spôsobu upínania rozoznávame prípravky

- mechanické
- pneumatické
- hydraulické
- elektromagnetické
- prípravky s plastom

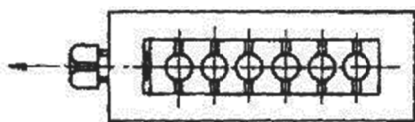


*Zverák na upínanie tvarových obrobkov  
prítlačné sily je najvýhodnejšie vyvodiť  
hydroplastickou hmotou*

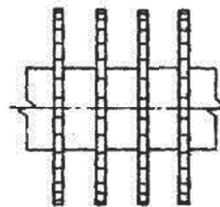


*Schéma pneumatického zveráka. Stlačený  
vzduch dosiahne tlak 0,4 – 0,6 MPa.  
Výhodnejšie je použiť hydraulický valec  
kde tlak oleja je obyčajne 7,5 – 10 MPa.*

Výhodné je konštruovanie upínacích prípravkov ako viacmiestne pre postupné frézovanie.



*Postupné frézovanie*



*Súčasné frézovanie*

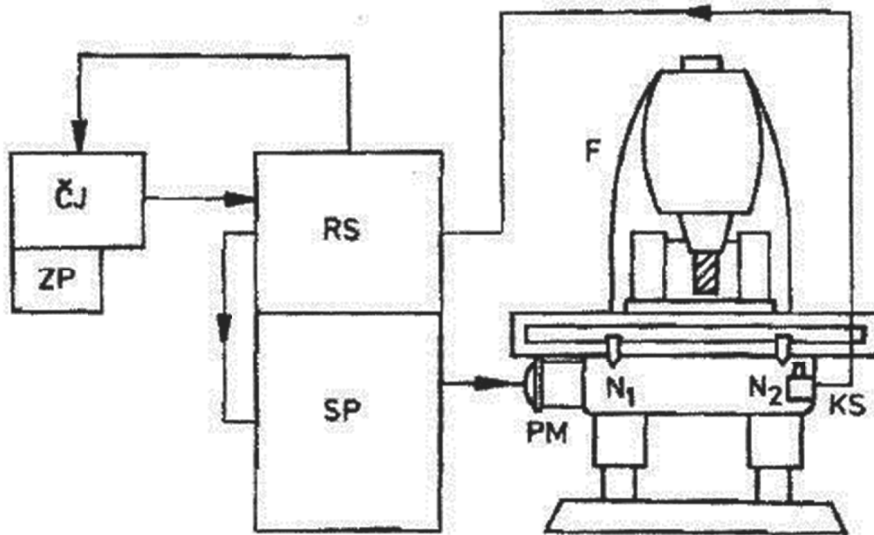
Súhrnné cvičenia

1. Vysvetlite princípy zvyšovania produktivity práce.
2. Uveďte a popíšte vzťah pre výpočet kusového času.
3. Ako vyplývajú prípravky na skracovanie vedľajšieho času.
4. Vysvetlite pojem rentabilita prípravkov.



## 2.5. Programovo riadené frézovačky

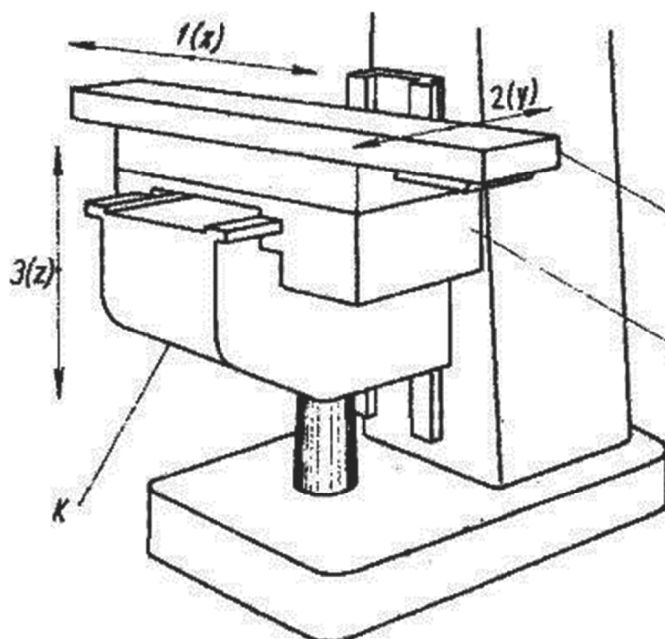
Tieto stroje možno rýchle nastaviť a prestaviť na iný typ výrobku, čo je základná požiadavka pre malosériové výroby, ktoré sa uplatňujú v súčasnom trhovom hospodárstve. Do prípravy (nastavenia stroja), ktorá sa nazýva programovanie, zahrňujú sa zmeny rezných podmienok a poradie operácií určujúcich tvar a rozmery obrobku. Programovo riadené stroje pracujú podľa vopred určených dispozícií, ktoré sa odovzdávajú stroju vhodným spôsobom.



*Schéma programovo riadenej frézovačky*

ČJ – čítacia jednotka, RS – releová skriňa, SP – spínacie prístroje, KS – koncový spínač, N1, N2 – nárazky, PM – pohon, F – frézovačka

Čítacia jednotka ČJ prečíta program a vyšle príslušné informácie do releovej skrine RS. Príslušné relé a spínacie prístroje v skriní SP vykonajú príslušné funkcie. Napr. frézovačky s automatickým cyklom pohybov nástroja rovnobežných so základnými osami x, y, z.



*Programové osi rozmerov obrobku*

*x – rovnobežný priamočiary,*

*y – priečny*

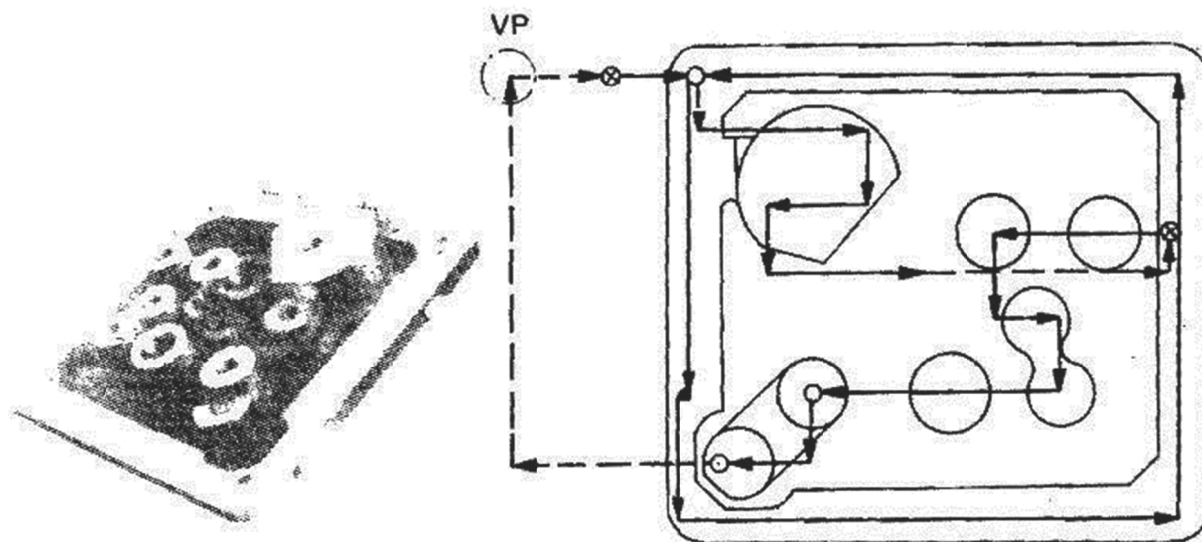
*z – zvislý pohyb*

*K – konzola*

*S – priečny stôl*

*P<sub>s</sub> – priečny stôl*

Frézovačky s pravouhlým pracovným cyklom v troch základných cykloch x, y, z. Osi smerov navzájom zvierajú pravý uhol. Jednotlivé pohyby nenastávajú súčasne ( v niekoľkých smeroch ), ale postupne a sú odvodené od príslušných pohybových skrutiiek. Postup ( sled ) jednotlivých pohybov je súčasťou programu zaznamenaného na riadiacej jednotke, z ktorej si stroj číta príkazy a inštrukcie a podľa ktorých potom riadi vyžadované pohyby. Tieto frézovačky pracujú systémom pravouhlého riadenia.

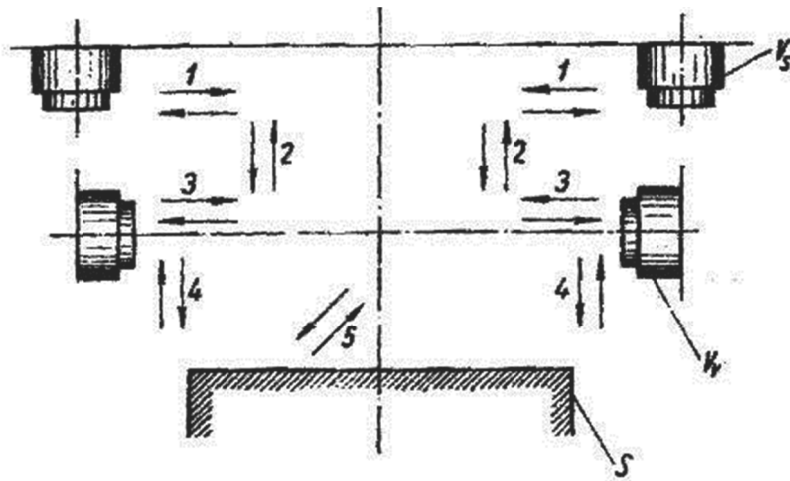


Obrobok

*Pohyby pri pravouhlom frézovacom programe*  
*VP – východisková poloha nástroja, → –*  
*rýchloposuv, → – pracovný posuv, ○ – posuv konzoly*  
*nadol, krížok s krížikom – posuv konzoly nahor*

Programovanie pracovného cyklu rovinných frézovačiek je zložitejšie, pretože rozsah programovania je veľmi široký. Napr. na rovinnej frézovačke so štyrmi vreteníkmi môžeme programovať:

- posuvy stolov v oboch smeroch a troch základných rýchlostiach ( rýchloposuv, pracovný posuv a prísuv )
- posuvy vodorovných vreteníkov ( pracovný posuv nahor a nadol, zníženie a zvýšenie polohy vreteníka - odskok )
- vlastnú prípravu programu na obrábanie danej súčiastky, ktorá sa skladá z týchto prác: určenie dráhy nástroja, zostavenie celého programu, t.j. sled jednotlivých úkonov postupne ako budú postupne nasledovať s požadovanou presnosťou a skúška správnosti celého programu
- zoradenie nástrojov sa vykoná podľa zoradovacieho listu vzhľadom na východiskový bod nástroja
- upnutie obrobku je takisto podmienené nastavením technologickej základne vzhľadom k východiskovej polohe nástroja



#### Programovateľné pohyby rovinných frézovačiek

$V_s$  – zvislé vreteníky,  $V_v$  – vodorovné vreteníky,  $S$  – stôl, 1 – pozdĺžne pohyby zvislých vreteníkov, 2 – zvislé pohyby zvislých vreteníkov, 3 – pozdĺžne pohyby pozdĺžnych vreteníkov, 4 – zvislé pohyby vodorovných vreteníkov, 5 – pohyb stola

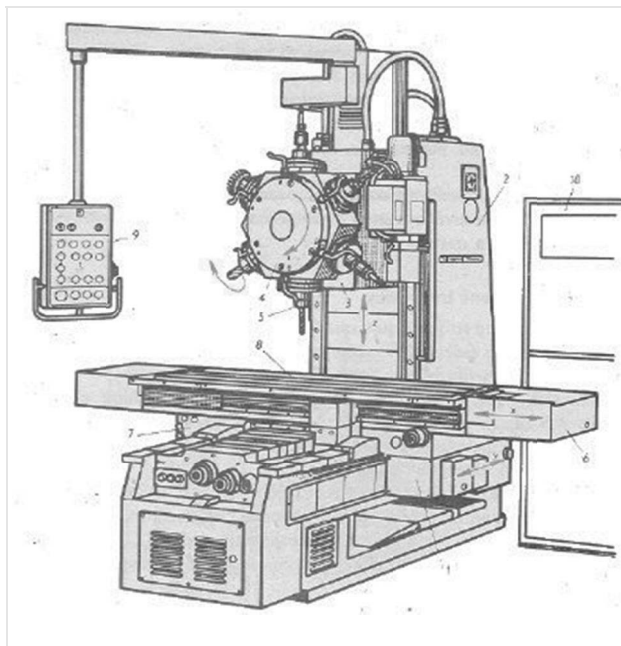
Takéto frézovačky sa používajú na obrábanie skriňových súčiastok, napr. prevodoviek kde na jedno upnutie obrobku sa tento opracuje z viacerých strán čo umožní skrátenie výrobného času a tým zvýšenie produktivity.

#### Súhrnné cvičenia

1. Popíšte význam programového riadenia ako systému automatizácie obrábania.
2. Ako sú vykonávané pracovné pohyby frézovačky zadanými programovými informáciami.
3. Popíšte nastavenie východiskovej polohy nástroja a pracovné pohyby pravouhlého riadenia.
4. Charakterizujte produktívne frézovanie použitím vodorovných a zvislých vreteníkov.

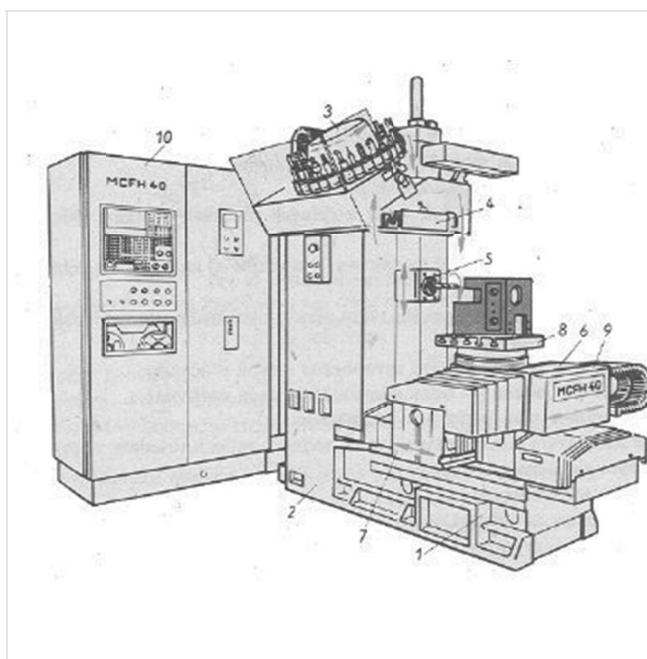
## 2.6. Číslicovo riadené frézovačky ( NC – numerical control ), CNC ( computerized numerical control )

Tieto stroje majú zadané technologické a rozmerové informácie v abecednočíslícových kódach so vstavanou automatickou kontrolou. Na všetkých strojoch možno programovať zmysel, rýchlosť a dĺžky posuvov v osiach x, y, z, korekciu nástroja, chladenie prípadne riadenie otáčok vretena alebo pohon otočného stola a vymedzovanie vôle posuvovej skrutky pri súbežnom frézovaní. Posuvy suportov sú zabezpečované guľkovými skrutkami, ktoré sú ovládané elektrickými servomotormi. Riadenie môže byť pravouhlé alebo súvislé. Najmodernejšie stroje majú riadenie CNC s mikroprocesormi. Výhodou sú malé rozmery možnosť opravy programu a diagnostické programy. Do tejto skupiny zaraďujeme hlavne obrábacie centrá – viacprocesné stroje, ktoré na jedno upnutie obrobku tento opracujú veľkým počtom nástrojov ktoré sú uložené v zásobníku. Tým skrátime vedľajšie upínacie časy nástrojov a tým vzrastie produktivita práce.



*Zvislá stolová frézovačka s revolverovou hlavou a číslicovým riadením – NC*

1. lôžko
2. stojan
3. vretenník
4. revolverová hlava
5. vreteno v pracovnej polohe
6. pozdĺžny pracovný stôl
7. priečne sane
8. upínacia poloha
9. ovládací panel
10. riadiaci systém



*Obrábacie centrum*

1. základňa
2. stojan
3. zásobník nástrojov
4. mechanická ruka
5. vretenník
6. pozdĺžne sane
7. priečne sane
8. otočný pracovný stôl
9. odmeriavanie súradníc x
10. riadiaci systém
11. servopohon zvislého posunu (os y)

Obrábacie centrá sa od NC frézovačiek odlišujú predovšetkým:

- automatickým číslicovým riadením polohovaním obrobku, ktorý býva väčšinou upnutý na otočnom stole
- možnosťou vykonávať rozličné druhy operácií v automatickom číslicovom riadenom cykle zahrňujúcim automatickú výmenu nástrojov. V zásobníku je 15 až 30 nástrojov, veľkokapacitné zásobníky majú 60 a viac nástrojov.

Súhrnné cvičenia

1. Charakterizujte NC frézovačky a ich koncepčné riešenie.
2. Popíšte zvýšenie automatizácie obrábania na CNC frézovačkách.

### 3. BRÚSENIE

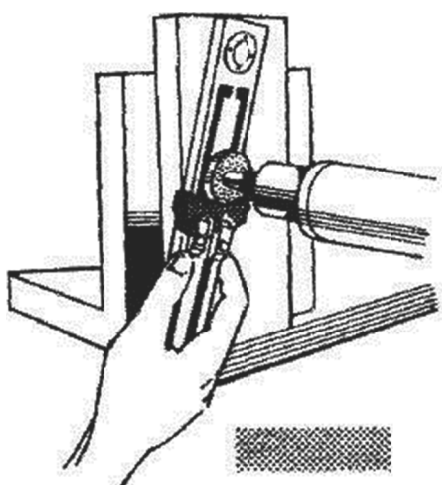
#### 3.1. Brúsenie tvarových plôch

##### Význam brúsenia tvarových plôch

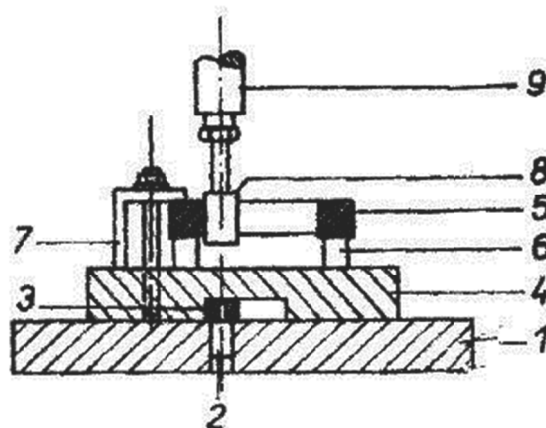
Brúsenie tvarových plôch sa v strojárskej praxi využíva u nástrojov, meradiel – šablón a obrobkov – obežné dráhy ložísk a podobne. Sú to najnáročnejšie operácie brúsenia a od ich presnosti rozmerov a tvarov a rýchlosti obrábania závisí výkonnosť a hospodárnosť výroby.

##### 3.1.1. Brúsenie tvarových plôch na rovinných brúskach

Na brúsenie používame vodorovné rovinné brúsky typov BPH20N alebo BPH200/600. Veľmi výhodné je vybavenie prídavnými vretenami ( vodorovné a zvislé ).



*Brúsenie veľkého vnútorného oblúkového tvaru vo výkyvnom prípravku*



*Kopírovacie brúsenie uzavretého vnútorného tvaru s prídavným vnútorným vretenom podľa šablóny*

Obrobok je uložený vo výkyvnom prípravku na čape ktorý má stred brúseného oblúka. Vnútorné tvary brúsime pomocou šablóny 4, ktorej vnútorný tvar je odliaty podľa obrobka z technického dentakrylu ( rýchla, lacná výroba ). Obrobok 5 upnutý na podložkách 6 úpinkami 7 sa otáča ručne ako i šablóna okolo riadiacej kladky 3 uloženej na čape 2. Brúsne vreteno 9 vykonáva otáčavý rezný pohyb brúsneho kotúča 8. Prídavok do záberu dosiahneme zmenšovaním priemeru vodiacej kladky 3, čím pritláčame obrobok k brúsnemu kotúču.

##### 3.1.2. Brúsenie tvarovými kotúčmi

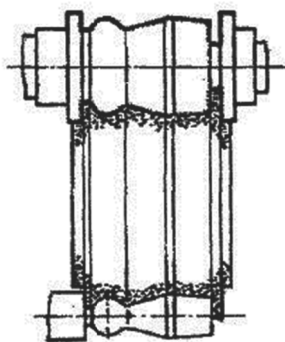
##### Tvarovanie brúsnych kotúčov

- Profilový oceľový kotúč – má na obvod drážky a taký tvar aký chceme na brúsnom kotúči. Takýmto spôsobom sa brúsiace kotúče tvarujú najmä v sériovej výrobe, pričom na nich možno vytvárať aj ostré hrany. Týmito kotúčmi brúsime menej presné tvary.
- Diamantová orovnávací kladka – slúži na najrýchlejšie a najefektívnejšie orovnávanie brúsiaceho kotúča. Ohrubovanie predbežného tvaru vytvoríme na obvode

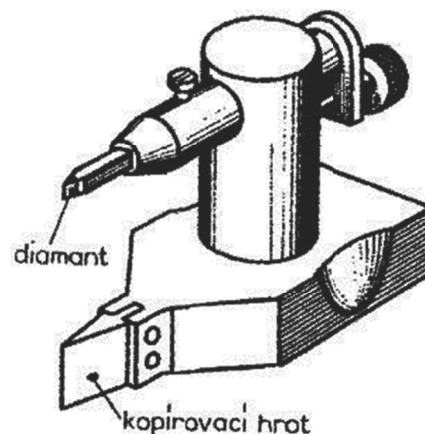
kotúča diamantom upnutým v prípravku. Po tvare šablóny sa pohybuje kopírovací hrot a tento pohyb sa prenáša na diamant, ktorý vytvorí na brúsnom kotúči presne rovnaký tvar, ako má šablóna. Podmienkou presnosti je, aby hrot prípravku bol v kolmom priemere tvarom a polohou totožný s polomerom a tvarom diamantu.



*Profilovací ocelový kotúč*

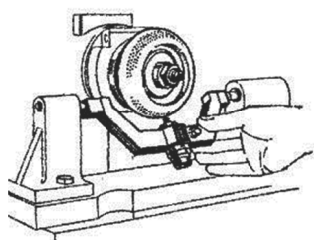


*Diamantová orovnávací kladka*

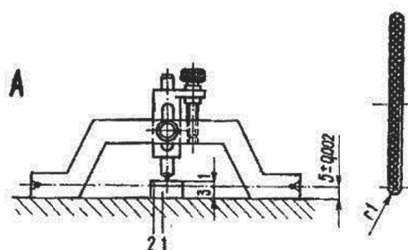


*Obtáhovací přípravek*

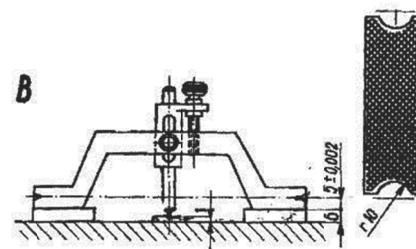
- Brusičská kolíska – slúži na tvarovanie presných rádiusových tvarov diamantovým orovnávačom upevneným v otočnom prípravku. Je univerzálnou pomôckou na tvarovanie oblúkových úsekov profilov brúsnych kotúčov. Kotúč sa tvaruje kývavým pohybom kolísky upnutej v hrotovom prístroji.



*Práca s kolískou upnutou v hrotovom prístroji*



*A – nastavenie diamantu vonkajšieho zaoblenia s polomerom 1 mm. 1, 2 základné mierky*



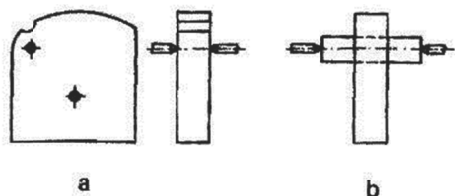
*B – nastavenie diamantu vnútorného zaoblenia s polomerom 10 mm*

Diamantový orovnávač sa nastavuje na primeriavacej doske základnými mierkami 1, 2.

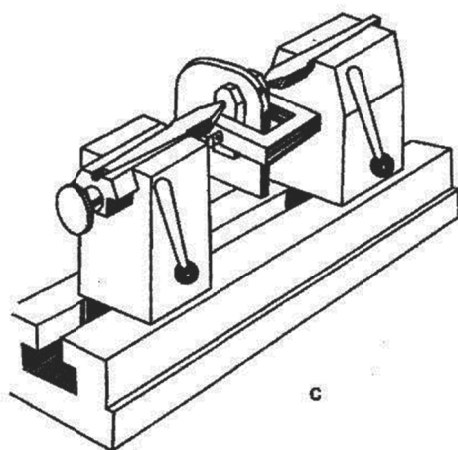
Ak sa nastaví hrot diamantu o hodnotu 1 mm pod os hrotov, ktorých sa kolíska otáča, potom sa na brúsnom kotúči tvaruje vonkajšie zaoblenie s polomerom  $r = 1$  (obr. A). Ak sa má na kotúči tvarovať vnútorné zaoblenie s polomerom  $m = 10$ , musí sa diamant nastaviť o túto hodnotu nad os hrotov (obr. B).

### 3.1.3. Brúsenie šablón upnutých v hrotovom prístroji

Vonkajšie zaoblenia na jednoduchých obrobkoch ( šablónach ) upnutých v hrotovom prístroji sa dajú pomerne jednoducho brúsiť rovným, plochým kotúčom. Výhodou je veľký výkon, jednoduché opotrebovanie kotúčov. Obrobky na ktorých možno urobiť pomocné otvory v stredoch brúsených oblúkov, sa pri brúsení otáčajú buď v strediacich jamkách alebo na trni s jamkami. Tieto spôsoby sa nedajú použiť vtedy, ak je brúsená súčiastka tenká ( ako napr. šablóna ) alebo ak stred oblúka je mimo obvodu súčiastky, prípadne vo väčšom otvore a pod. V týchto prípadoch sa obrobky zvierajú medzi príložky s jamkami, ktoré majú rôzne tvary rozmiery.

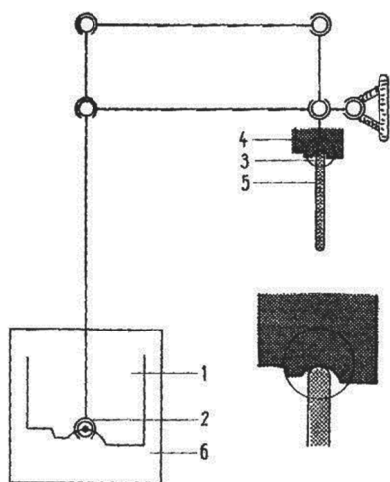


*Brúsenie oblúkov na obrobkoch upnutých v hrotovom prístroji*



- a) obrobok so strediacimi jamkami*
- b) obrobok na trni s jamkami*
- c) obrobok medzi príložkami s jamkami*

### 3.1.4. Brúsenie tvarov pomocou optického zariadenia



Na brúsenie používame pantografické kopírovacie brúsky, ktoré pracujú na snímaní tvaru ktorý je nakreslený vo zväčšenej mierke na priesvitnom papieri, ktorý sa upína na matnici. Na tú istú matnicu sa premieta optickým zariadením rovnako zväčšený profil obrobku. Brúsný kotúč sa obsluhou ručných koliesok vedie pozdĺž obrysu obrobku, až kým súhlasí s obrysou čiarou na výkrese. Nevýhodou brúsok je, že pracujú pomalšie ako vodorovné brúsky lebo môžu brúsiť len bodovým dotykom brúsneho kotúča. Väčší význam majú pri brúsení spekaných karbidov diamantovými kotúčmi.

*1 – výkres, 2 – snímacia ihla, 3 – mikroskop, 4 – obrobok, 5 – brúsný kotúč, 6 – matnica*

Súhrnné cvičenia:

1. Popíšte spôsoby brúsenia tvarov na vodorovných rezných brúskach.
2. Nakreslite a vysvetlite princíp tvarovania kotúča profilovými a diamantovými orovnávačmi.
3. Vysvetlite postup pri tvarovaní presných kruhových profilov pomocou brusičskej kolísky.
4. Popíšte špeciálne kopírovacie brúsky na tvarové profily.

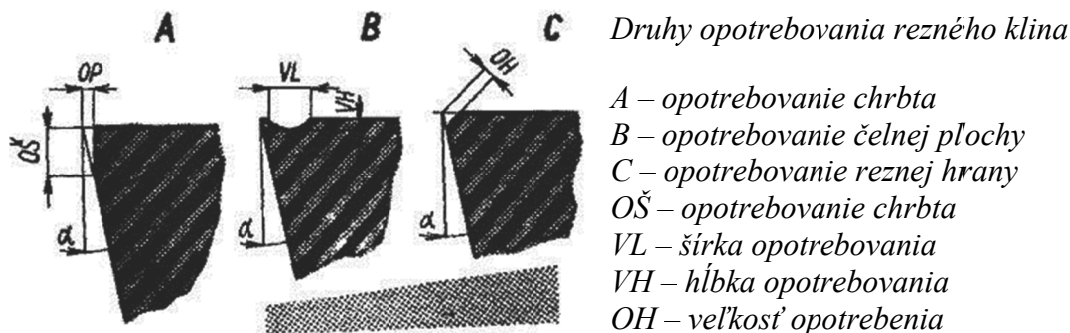
## 3.2. Ostrenie nástrojov

### Význam ostrenia nástrojov

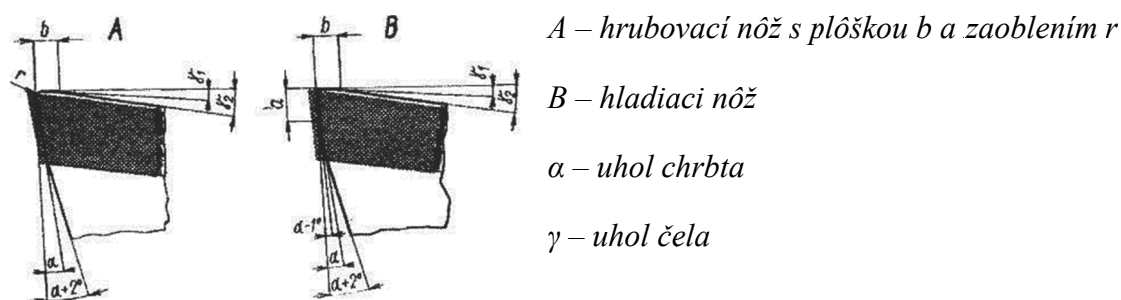
Ostrenie nástrojov je špecializovaný odbor, v ktorom sa používajú špeciálne strojové zariadenia – nástrojárske brúsky s typovým označením N ( N1, BN102, BBT350 a pod. ). Dobrý brusič náradia musí dobre poznať vlastnosti rezných materiálov a geometriu rezných klinov, ktorá je pri mnohých druhoch nástrojov pomerne zložitá. Správne naostrený nástroj musí spĺňať rezné parametre ako nový nástroj včítane jeho trvanlivosti.

#### 3.2.1. Ostrenie sústružníckych nôžov

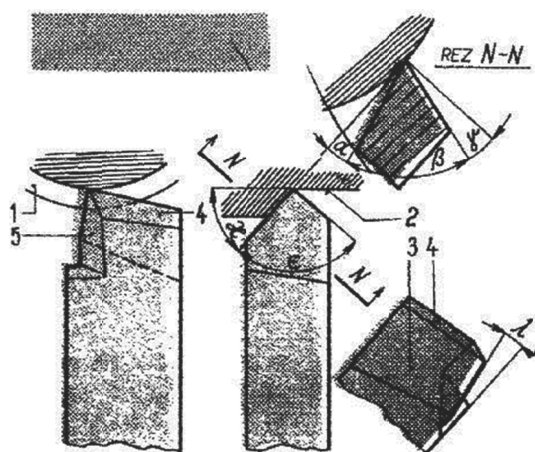
Každý nástroj ostríme po jeho otupení rezného klina, ktoré sa prejaví u nástrojových ocelí zaoblením hrotu, pri spekaných karbidoch krehkým lomom. Toto nastane najčastejšie po uplynutí doby trvanlivosti, ktorá je daná v minútach keď nástroj pracuje v reze. Porušenie rezného klina môže nastať aj nárazovým účinkom alebo zvýšenými reznými parametrami. Otupenie sa prejaví zhoršenou drsnosťou obrobní ( charakterom ) alebo niekedy nástroj vydáva pískavý tón, je prehriaty a vychádzajú z rezu spaliny.



### Geometria sústružníckeho noža







### Uhly a plochy na noži

- $\alpha$  – uhol chrbta
- $\beta$  – uhol rezného klina
- $\gamma$  – uhol čela
- $\epsilon$  – uhol hrotu
- $\kappa$  – uhol nastavenia
- $\lambda$  – uhol sklonu reznej hrany
- 1 – rezná plocha
- 2 – obrábaná plocha
- 3 – chrbát noža
- 4 – vedľajší chrbát noža
- 5 – čelo noža

Uhol chrbta  $\alpha$  leží medzi chrbtom 1 a obrobenou plochou 2. Veľmi malý uhol chrbta zväčšuje v tomto mieste trenie a zapríčiňuje, že sa nástroj predčasne otupí. Na druhej strane veľmi veľký uhol chrbta znižuje uhol rezného klina  $\beta$ , a tým zoslabuje oporu reznej hrany, ktorá sa potom pri väčšom namáhaní môže ľahko vylomiť. Pozor! Nože s reznými doštičkami zo spekaných karbidov majú dva uhly chrbta. Uhol chrbta ocelového držiaka je o  $2^\circ$  väčší než uhol chrbta reznej doštičky. Na nožoch pre najjemnejšie obrábanie sú dokonca 3, pretože sa na ich reznej hrane upravuje ešte plôška s uhlom chrbta o  $1^\circ$  menším.

Uhol rezného klina  $\beta$  sa dopĺňa s uhlami chrbta a čela na  $90^\circ$ . Pri obrábaní tvrdých druhov materiálov sa volí čo najväčší.

Uhol čela sa prispôbuje obrábanému materiálu, na mäkké druhy s dobrou obrobiteľnosťou sa volí veľký, na tvrdé a húževnaté druhy naopak malý a na krehké druhy najmenší. Pri zväčšovaní uhla čela sa znižuje rezná sila ale zároveň aj odolnosť reznej hrany. Preto sa vylamovaniu reznej hrany na nožoch zo spekaných karbidov predchádza tak, že sa zvolí menšie čelo uhla ako na nožoch z rýchloreznej ocele.

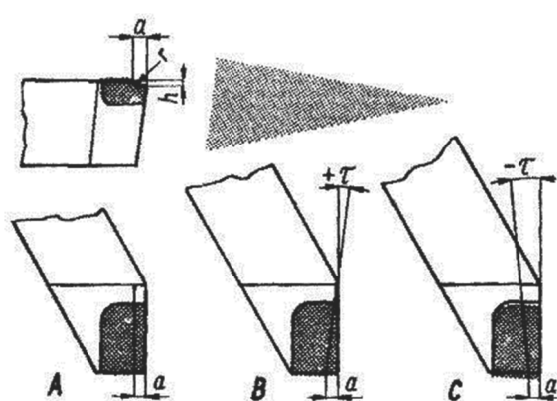
Pozor! Na nožoch so spekaných karbidov na tvrdý materiál a prerušovaný rez sa na čele upravuje plôška b s menším uhlom  $\gamma_1$ . Táto plôška má šírku rovnajúcu sa posuvu, s ktorým nôž pracuje najmenej však 1 mm. Uhol  $\gamma_1$  umiestnený tesne pri reznej hrane má vplyv na utváranie triesky. Na uhol  $\gamma_1$  nadväzuje väčší uhol  $\gamma_2$ , ktorý uľahčuje jemný výbrus a odvod triesok. Na ocel' a liatu ocel', najmä pri prerušovaných rezoch, sa môže uhol  $\gamma_1$  voliť negatívny, a to až do  $5^\circ$ . Rezná hrana uberacích nožov sa zaobľuje polomerom r.

Uhol hrotu  $\epsilon$  zovretý hlavnou hranou a vedľajšou reznou hranou má byť čo najväčší, aby sa dobre odvádzalo teplo. Jeho veľkosť vyplýva s uhlom nastavenia  $\kappa$  a vedľajšieho uhla nastavenia  $\kappa_1$ . Na priamych uberacích nožoch je uhol hrotu  $\epsilon$  z pravidla  $90^\circ$ .

Uhol nastavenia  $\kappa$ . S malým uhlom nastavenia vznikajú široké triesky. Keď sa tým znižuje namáhanie reznej hrany, získava sa jeho väčšia trvanlivosť. Na uberacích nožoch sa preto uhol nastavenia volí  $30^\circ$  až  $60^\circ$ , na nožoch na dlhé štíhle obrobky, ktoré sú náchylné na chvenie až  $90^\circ$ .

Uhol skonu reznej hrany  $\lambda$ . Rezná hrana noža môže byť vodorovná alebo naklonená, t.j. smerom k hrotu stúpajúca ( s kladným uhlom  $+\lambda$  ) alebo klesajúca ( so záporným uhlom  $-\lambda$  ). Na malé a stredné úbery sa volí uhol  $\lambda = 0^\circ$  až  $-5^\circ$ . Na veľmi ťažké a prerušované rezy  $-5^\circ$  až  $-10^\circ$ . Kladné uhly  $\lambda$  sa používajú na nožoch pre obrábanie zliatin z neželezných kovov.

### Tvarovače triesok



*A – priamy tvarovací stupeň*

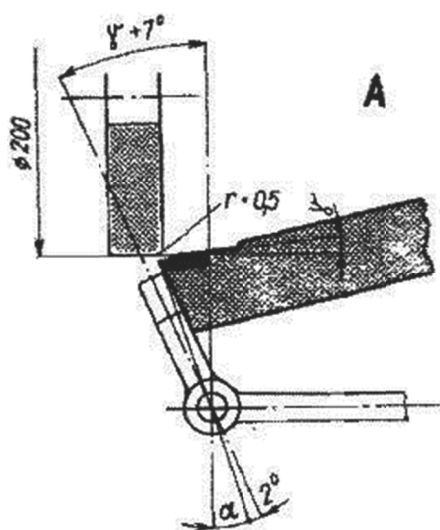
*B – kladný uhol sklonu tvarovacieho stupňa  $+\tau$*

*C – záporný uhol sklonu  $-\tau$*

Najčastejšie sa používajú tvarovače triesok v tvare žliabkov, ktoré sa musia vybrúsiť tak, aby sa uhol čela nezmenil. Ich šírka ja hĺbka závisí od tvárností obrábaného materiálu a od posuvu, s ktorým sa tento materiál bude obrábať. Smer odchodu triesky sa určuje sklonom stupňa ( uhol  $\tau$  ). Pri  $\tau = 0$  sú triesky krátke, pri  $+\tau$  odchádzajú triesky od obrobku a pri  $-\tau$  odchádzajú triesky smerom k obrobku.

### Postup pri ostení nožov

Sústružnícke nože sa ostria ručne na strojoch so sklápacími stolmi. Na nože z rýchloreznej ocele stačia dva korundové kotúče, a to jeden na hrubé brúsenie a druhý na dokončovanie. Rovinné plochy na noži sa dajú brúsiť len čelom hrncovitého alebo prstencového kotúča. Ak sa brúsi obvodom plochého kotúča je brúsená plocha vypuklá, a to tým viac, čím je menší priemer tohto kotúča. Doporučuje sa brúsiť len s kotúčom, ktorého priemer je viac ako 500 mm.



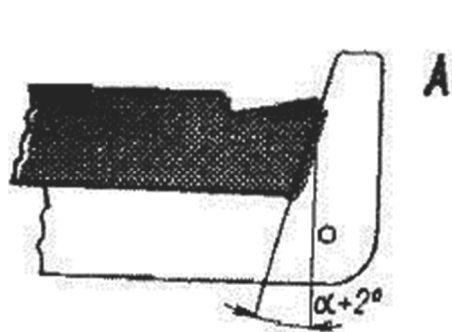
*Otočný prípravok ktorý možno nastaviť na ostrenie čelnej plochy ( uhol  $\gamma$  ), ktorú bude ostríť valcovou časťou brúsneho kotúča. V tejto polohe na čelnej ploche vybrúsime aj tvarovač triesky. Po otočení prípravku na nastavenie uhla chrbta  $\alpha$  bude plocha chrbta rovnobežná s čelnou rovnou plochou brúsneho kotúča. Po nastavení uhlov chrbta a čela nástroje pritlačíme po vyklonených stoloch ručne, takou silou aby sa nástroj neprehrial ( modrastá farba ). V prípade prehriatia nástroja sa tento popustí – zmäkne a tým sa zničí jeho rezacia schopnosť. Preto pri ostrení nástrojov odvádzame teplo chladením.*

Ostrenie nožov s doštičkami so spekaných karbidov sa vykonáva väčším postom operácií, ktoré závisia od miery opotrebenia a od predpísanej akosti reznej hrany.

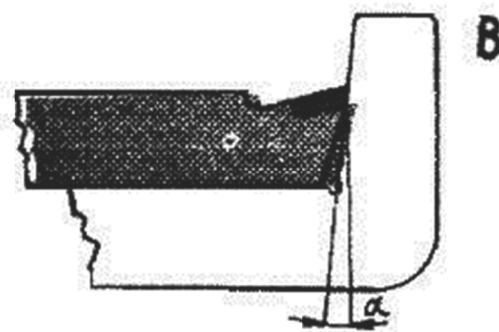
- Oceľový držiak noža ( chrbát ) sa brúsi korundovým kotúčom. Ak je kotúč plochý, má mať veľký priemer ( 500 mm ), aby výbrus bol čo najmenej vypuklý.
- chrbát reznej doštičky sa brúsi nahrubo karborundovým kotúčom so zrnitosťou 36 a tvrdosťou L.
- Ak je potrebný tvarovač triesok, vybrusuje sa brúsením načisto plochým karborundovým kotúčom so zrnitosťou 100 a s tvrdosťou L.
- čelo a chrbát ( reznej doštičky ) sa obrúsi načisto na prstencovom karborundovom kotúči so zrnitosťou 80 a tvrdosťou K
- Po vybrúsení chrbtovej plochy sa hrot zaobľuje polomerom  $r$ , ktorý sa rovná dvoj až trojnásobku posuvu, a kým sa má nožom sústružiť.
- pri hladiacich nožoch na najjemnejšie obrábanie sa na plochách reznej hrany vylapujú plôšky  $a$  a  $b$ . Lapuje sa na liatinovom kotúči, ktorý je potiahnutý bórkarbidovou lapovacou pastou: smer otáčania je opačný než pri brúsení, tzn. po reznom kline. Lapovať sa môže aj jemným karborundovým kotúčom 240J alebo diamantovým kotúčom

### Kontrola geometrie nástroja

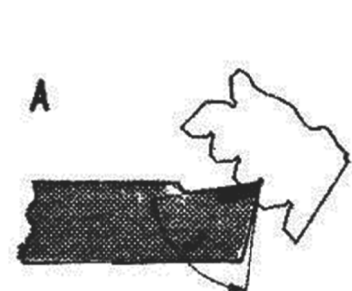
Naostrené nástroje musia mať predpísanú geometriu uhlov chrbta, rezného klina a čela. Správne naostrený nástroj nesmie byť prehriaty aby nevzniklo jeho popustenie a musí spĺňať požiadavky na prenos rezných podmienok ako nový nástroj.



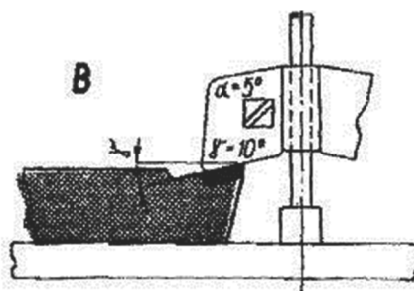
Kontrola uhla chrbta šablónami  
A – kontrola uhla  $\alpha + 2^\circ$



B – kontrola uhla  $\alpha$  pri chrbte reznej doštičky



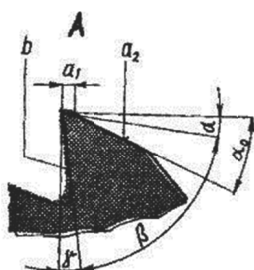
Kontrola uhlu rezného klina  $\beta$  a uhlu čela  $\gamma$



### 3.2.2. Ostrenie fréz

Frézy sú nástroje s viacerými reznými hranami a preto sú podstatne drahšie. Ostria sa na univerzálnych brúskach na nástroje, ktoré sa vyznačujú širokou škálou možností ustavenia ostreného nástroja a brúsiaceho kotúča.

#### Geometria frézy



*A – frézované zuby*

*$a_1$  – hlavná chrbtová plôška*

*$a_2$  – lomená chrbtová plôška*

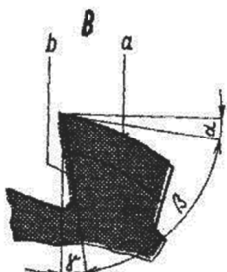
*$b$  – čelná plocha*

*$\alpha$  – uhol chrbta*

*$\alpha_0$  – uhol lomeného chrbta*

*$\beta$  – uhol rezného klina*

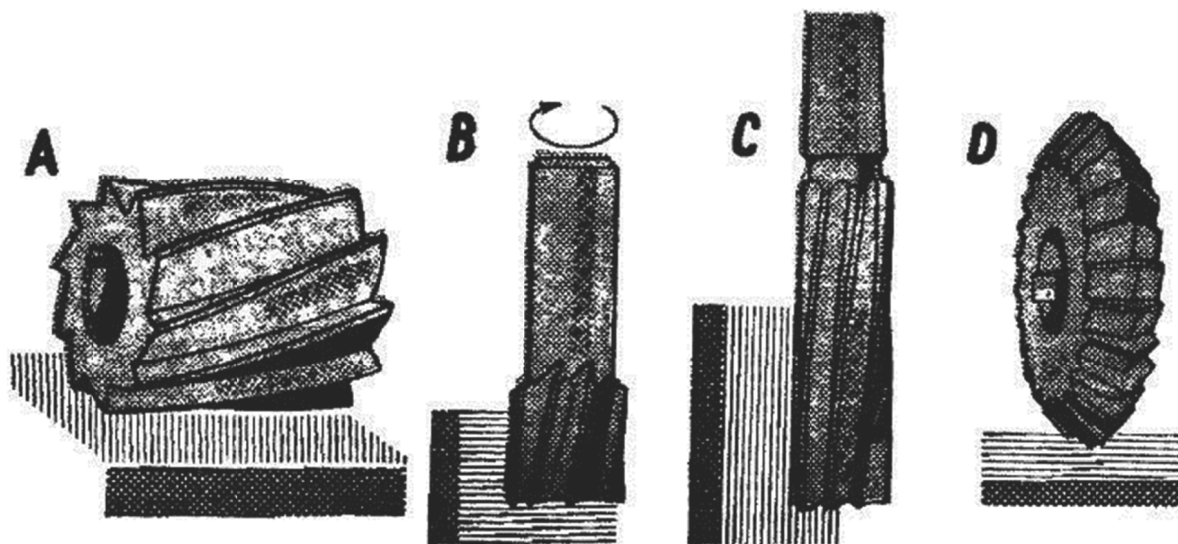
*$\gamma$  – uhol čela*



*a – podsústružená oblúčková chrbtová plocha*

*b – čelná plocha*

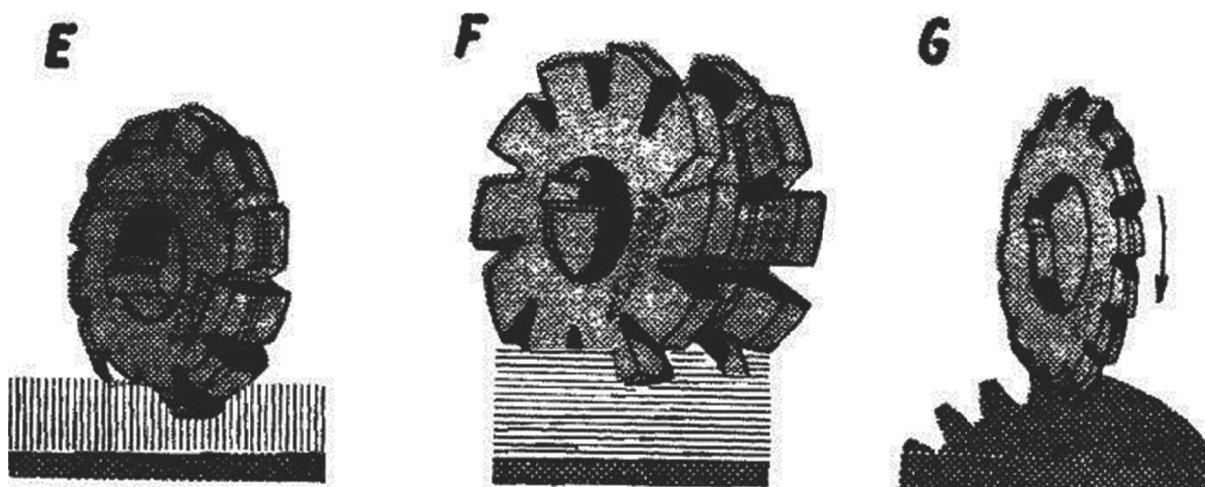
Frézy s frézovanými zubmi lepšie uberajú materiál a ich výroba je lacnejšia. Sú to najmä frézy na rovinné plochy ako valcové, čelné valcové, čelné valcové so stopkou, uhlové a pod.



*A – valcová, B – valcová čelná, C – valcová čelná so stopkou, D – uhlová*

Frézy s podsústruženými zubmi ( prípadne aj podbrúsenými ) sa používajú na obrábanie presných tvarových plôch a ich profil sa musí zachovať aj po naostrení. Preto ich čelné plochy a, ktoré určujú profil sa nemôžu brúsiť. Na podsústružených frézach je pre jednoduchšiu výrobu uhol čela  $\gamma = 0$ , takže čelná plocha zuba smeruje na os frézy. Ak je však

uhol čela iný, musí mať táto fréza už pri výrobe korigovaný profil, tzn. tvarovo prispôsobený profil príslušnému uhlu  $\gamma$ .



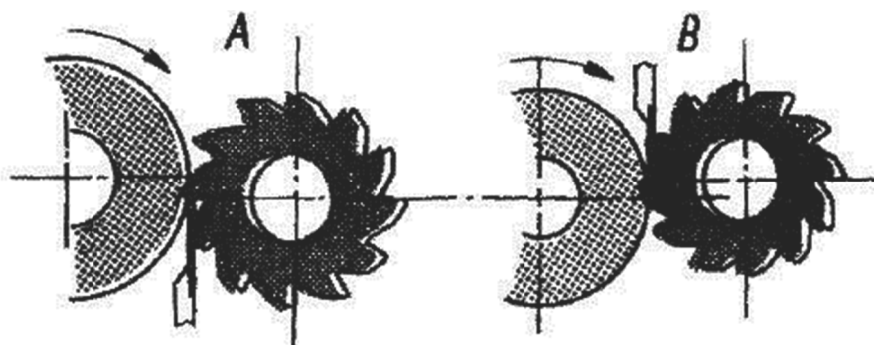
*Frézy s podsústruženými ( podtáčanými ) zubmi*

*E – zaobl'ovacia vypuklá, F – zaobl'ovacia vydutá, G – modulová kotúčová na ozubenie*

### **Postup pri ostrení**

Frézy s frézovanými zubmi s nadmerne otupenými obvodovými reznými hranami môžeme ostriť dvoma spôsobmi:

- Priebežným valcovým obrúsením, fréza nastavená na trni sa upne medzi hrotmi hrotovej brúsky, na ktorej môžeme veľmi opotrebovanú reznú hranu najrýchlejšie uberať. Brúsny kotúč sa otáča proti reznej hrane aby nevznikol na nej otrep. Nevýhodou tohto rýchleho spôsobu je znižovanie priemeru frézy. Takto rozšírená valcová ploška sa potom zníži podbrúsením chrbta.
- Brúsenie po reznej hrane, je plne využitá opierka, ktorou sa nastavuje poloha zuba vzhľadom na kotúč. Od kotúča nemá byť vzdialená viac než 0,75 mm. V tomto prípade je zub samostatne pritláčaný na opierku, samozrejme pri ostrení proti reznej hrane je od nej odtláčaný, takže sa nemusí pevne pridržovať rukou. Brúsenie po reznej hrane je výhodné, ale musíme veľmi dbať, aby sa na reznej hrane nevytváral otrep a aby sa rezná hrana nevyhriala ( nepopustila sa a neznížila sa tvrdosť ) – úber musí byť malý. Preto v mnohých závodoch dávajú prednosť menej chúlостivému a výkonnému brúseniu proti reznej hrane.

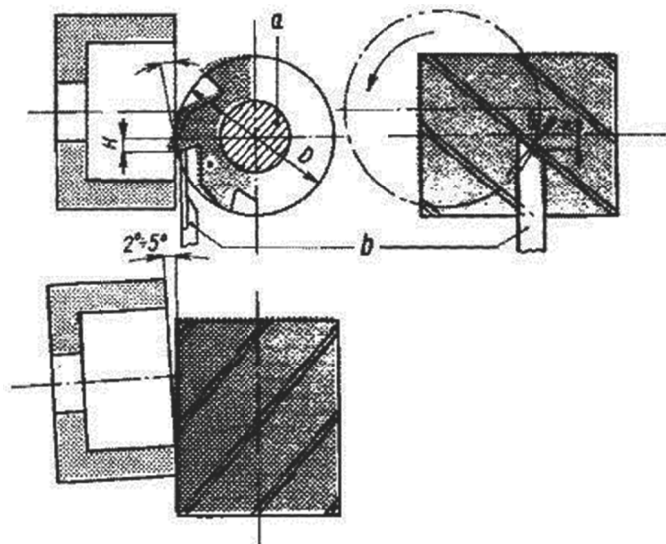


*Brúsenie frézy*

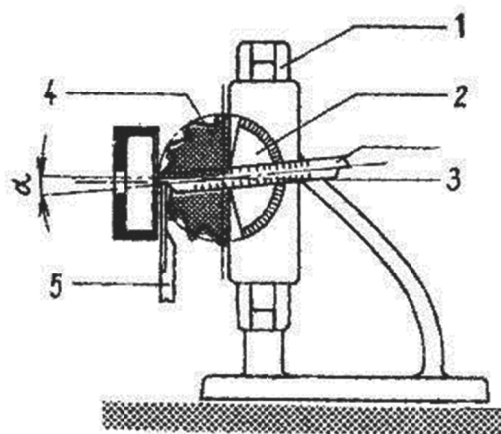
*A – proti reznej hrane*

*B – po reznej hrane*

Pri brúsení čelom hrncovitého kotúča alebo miskovitého kotúča dosiahneme predpísaný uhol chrbta nastavením osi frézy pod os alebo nad os kotúča ( podľa toho v akom zmysle sa otáča brúsny kotúč ). Patričná vzdialenosť  $H$  sa vyhľadá v tabuľkách, ktoré sú zostavené pre rôzne priemery nástroja a rôzne uhly chrbta  $\alpha$ . Výpočet vzdialenosti  $H$  – vypočítame násobením uhla chrbta ( v stupňoch ) priemerom ostrého nástroja ( v mm ) a násobením výsledku číslom 0,0087. Hľadanie v tabuľkách a výpočet si môžeme ušetriť tak že použijeme nastavovacie meradlá.

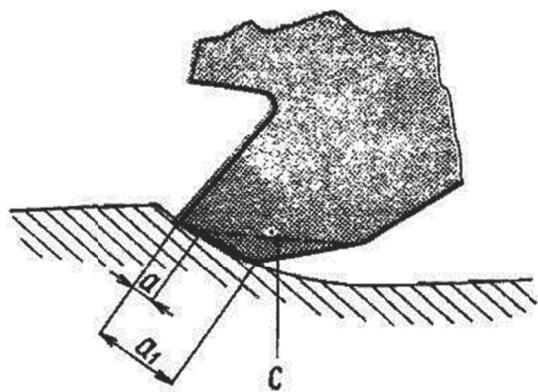


*Brúsenie chrbta valcovej frézy hrncovitým kotúčom*  
 $a$  – trň,  $b$  – opierka



*Nastavovacie meradlo*  
 $1$  – stojan,  $2$  – segment so stupnicou pre uhol  $\alpha$ ,  $3$  – pravítko so stupnicou pre priemer frézy,  $4$  – fréza,  $5$  – opierka

Šírka chrbta sa po viacnásobnom ostrení zväčší natoľko, že zub už nie je dostatočne podbrúsený. Potom musíme podbrúsiť chrbát pod uhlom 25 až 30°.



*Šírka chrbta*

$a$  – pôvodná šírka na novej fréze

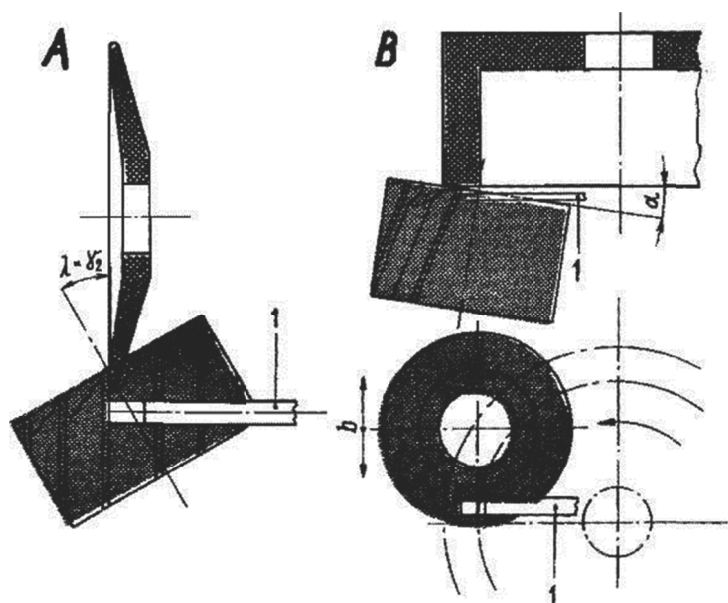
$a_1$  – šírka po viacnásobnom brúsení

$c$  – po prebrúsení s uhlom 25 - 30°

### **Brúsenie čelnej plochy**

Na čelných valcových frézach je uhol čela obvodových zubov  $\gamma_1$  zároveň uhlom sklonu čelných zubov. Pritom uhol čela čelných zubov  $\gamma_2 = \lambda$  ( uhlu stúpania skrutkovice obvodových zubov ). Pri brúsení obvodových zubov na čele musíme prebrúsiť aj čelné zuby. Frézy s otvorom ( nástrčné ) nasadzujeme na trň, frézy stopkové upínáme priamo v klieštinách

alebo v kužeľovej dutine vretena upínacieho vretenníka. Príslušnú polohu dosiahneme vyklonením osi frézy. Uhol chrbta  $\alpha_1$  nastavíme naklonením osi frézy podľa zvislej stupnice na vretenníku



*Brúsenie čelných zubov čelnej valcovej frézy*

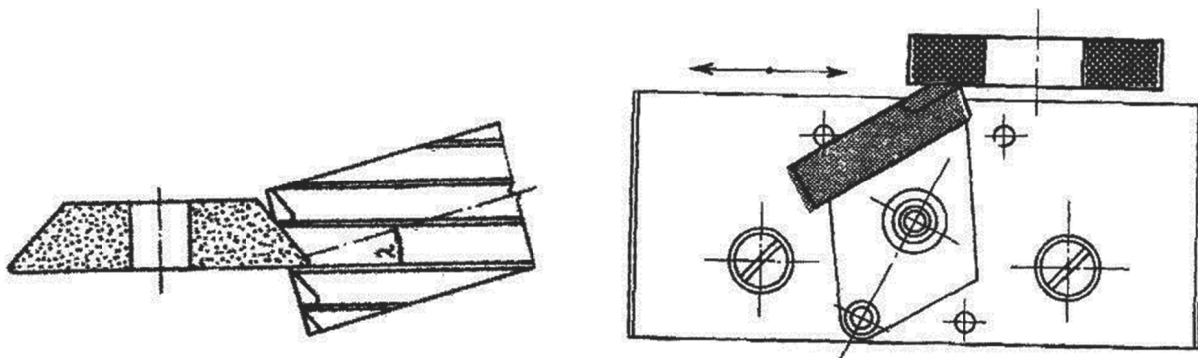
*A – na čele*

*B – na chrbte*

*l – opierka*

*b – vedenie zuba*

Ked' sa opakovaným brúsením priestor pre triesky veľmi zmenší, musíme ho prehĺbiť. Na malých stopkových frézach, kde sa to najčastejšie vyskytuje, vybrúsime úzkym gumovým kotúčom nové medzery pozdĺž čela zubov a chrbty zubov potom upravíme patrične skoseným plochým kotúčom.



*Prehlbovanie zubových medzier čelných zubov frézy*

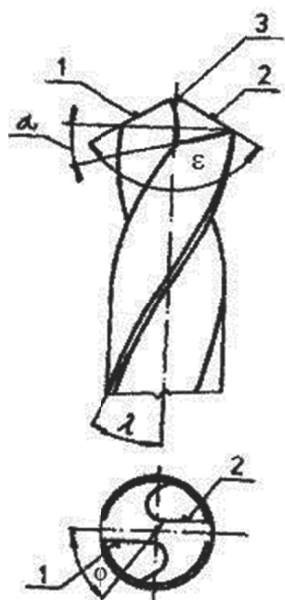
*Prípravok na brúsenie chrbtov vymeniteľných nožov na frézovacích hlavách*

### 3.2.3. Ostrenie vrtákov, výhrubníkov, výštružníkov, závitníkov

#### Ostrenie vrtákov

Vrtáky sú dvojklinové rezné nástroje, určené uhlom skrutkovice  $\lambda$ , vrcholovým uhlom  $\epsilon$  a uhlom chrbta  $\alpha$ . Pri vrtákoch, ktoré sú správne naostrené, musia byť obidve rezné hrany rovnako dlhé a musia zvierat' s osou vrtáka rovnaký uhol  $\epsilon/2$ . Na chrbtových plochách musí byť vrták podbrúsený pod uhlom  $\alpha = 6 - 18^\circ$  podľa druhu vrtaného materiálu. Pri správnom podbrúsení zvierá priečna rezná hrana s hlavnými reznými hranami stredový uhol  $\phi = 55 -$

60°. Na koniec sa hrot vrtáka musí vybrúsiť tak, aby sa dĺžka priečnej reznej hrany zmenšila, tým sa dosiahne podstatné zmenšenie osového tlaku a správny rezný uhol na hrote. Vrták sa prisúva k brúsnemu kotúču po vyklonenom pracovnom stole pod uhlom  $\varepsilon/2$ , takou silou aby sme jeho rezné hrany neprehriali (modrastá farba), čím by sa rezný hrot popustil – znížila sa jeho tvrdosť. Vrtáky brúsime na čele kotúča a brúsená rezná hrana musí pritom ležať vodorovne.



*Geometria rezných hrán vrtákov*

$\alpha$  – uhol chrbta = 6 - 18°

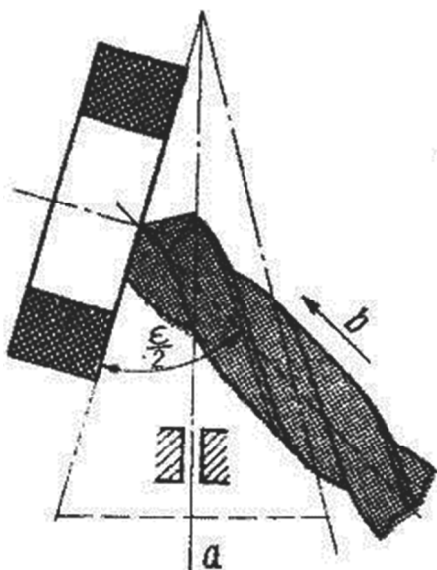
$\varepsilon$  – vrcholový uhol, pre ocel' a liatinu = 118°, pre farebné kovy = 130°, pre plechy = 100°, pre bakelit = 60°

$\lambda$  – uhol sklonu skrutkovice, pre ocel' = 25° a pre ľahké kovy = 45°

$\phi$  – stredový uhol priečneho ostria = 55 - 65°

1, 2 – hlavné rezné hrany

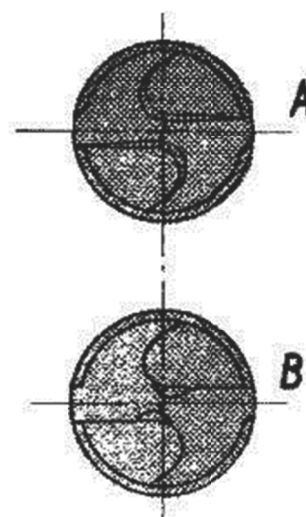
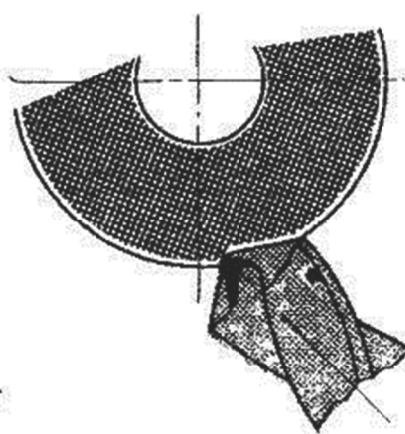
3 – priečna rezná hrana



*Ostrenie hlavných rezných hrán vrtákov*

$a$  – os výkyvného pohybu

$b$  – prísuv v smere osi vrtáka



*Vybrusovanie priečnej reznej hrany vrtáka*

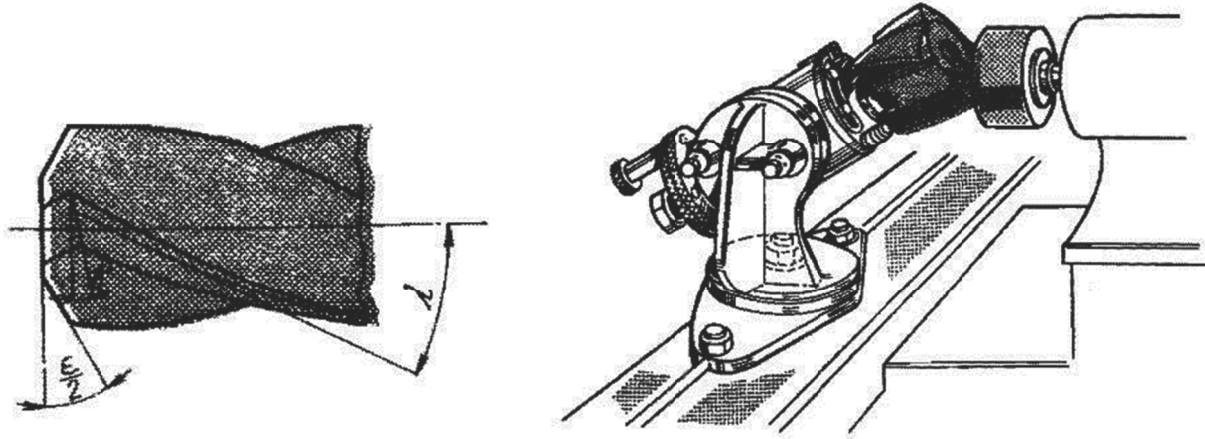
A – správne, B – nesprávne

Priečna rezná hrana sa na vrtákoch do priemeru 10 vybrusuje plochým kotúčom s hranami, na vrtákoch s väčším priemerom než 10 plochým kotúčom so zaobleným profilom primeranej veľkosti. Táto operácia sa môže robiť ručne, ale s najväčšou pozornosťou.



## Ostrenie výhrubníkov

Výhrubníky sa ostria podbrúsením zubov na reznom kuželi pod uhlom  $8^\circ$ . Ostríme ich na zariadeniach na ostrenie vrtákov, alebo použitím prístroja na podbrusovanie výhrubníkov na univerzálnych brúskach.



Rezné hrany výhrubníkov

$\lambda$  – uhol stúpania skrutkovice

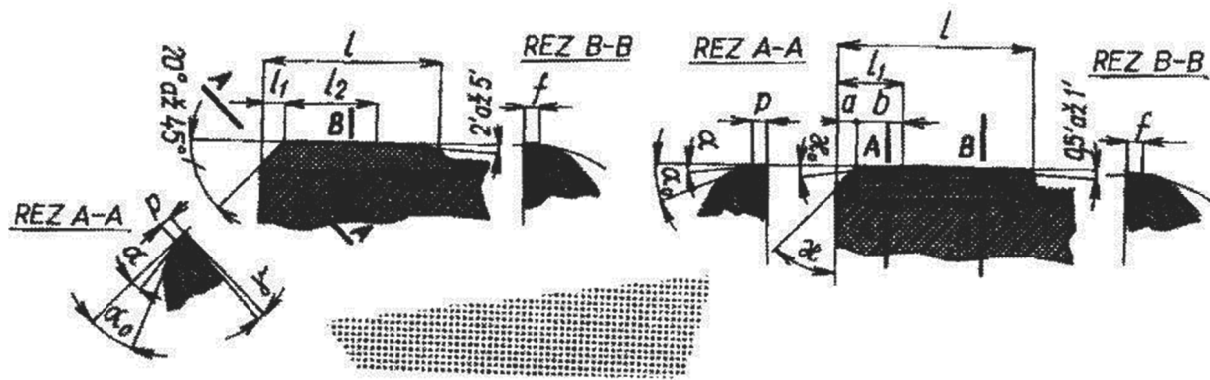
$\varepsilon$  – uhol sklonu rezného kužela

Prístroj na podbrusovanie výhrubníkov

## Ostrenie výstružníkov

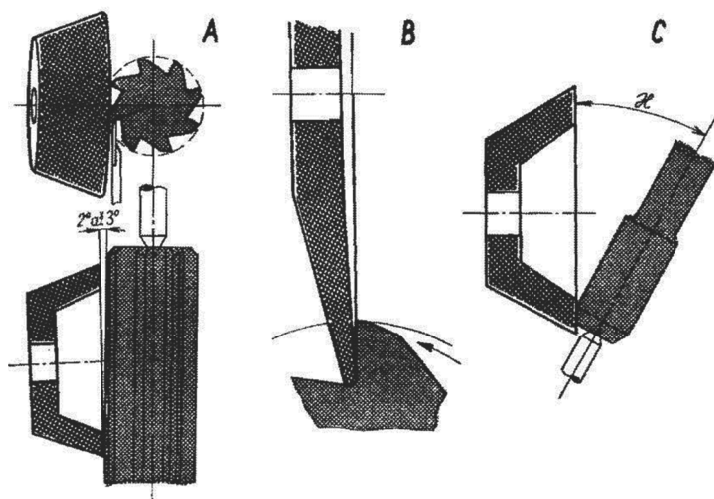
Výstružníky sa obyčajne ostria len na reznom kuželi, na ktorom sa vybrusuje uhol chrbta  $\alpha$  a uhol čela  $\gamma$ . Rezný kužel  $\kappa$  sa kuželovito podbrusuje ak je veľmi tupý, pokiaľ však priemer výstružníka je ešte dostatočne veľký.

Geometria rezných hrán výstružníkov



Strojový výstružník

Ručný výstružník



### Ostrenie výstružníkov

*A – brúsenie chrbta zuba nastaveného opierkou*

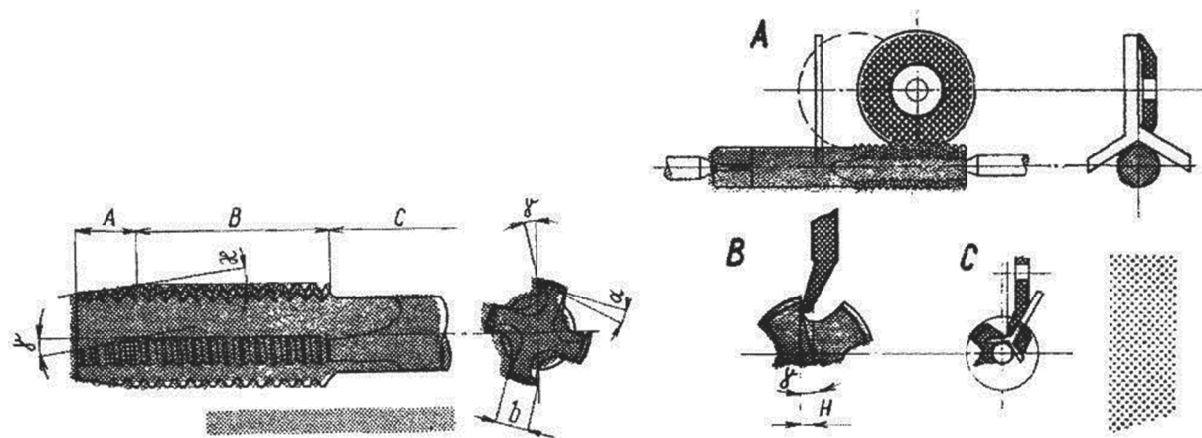
*B – brúsenie čelnej plochy zuba*

*C – brúsenie rezného kužeľa*

Dosiahnuté uhly po naostrení zuba sú pre tvrdé materiály, uhol  $\gamma = 0$ , ale pre mäkké a veľmi mäkké materiály je uhol čela  $\gamma$  výhodnejší a býva až  $6^\circ$ . Na chrbte majú zuby výstružníkov valcovú plôšku  $f$ , ktorá je na reznom kuželi podbrúsená pod uhlom  $\alpha = 3 - 8^\circ$ , ktorý nadväzuje na uhol  $\alpha_0 = 8 - 25^\circ$

### Ostrenie závitníkov

Závitník sa podobá skrutke, ale má na odvádzanie triesok pozdĺžne drážky, ktorých jedna stena tvorí čelo zubov. Závitníky ostríme na čelných plochách.



#### Geometria reznej hrany závitníka

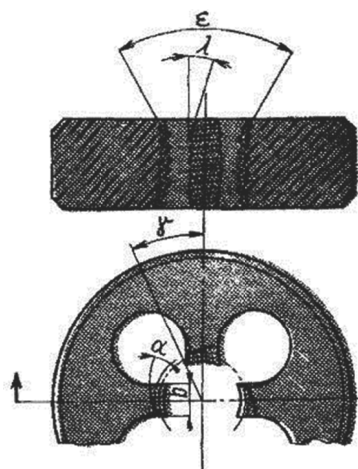
*A – rezný kužeľ, B – vodiaca časť, C – stopka,  $\alpha$  – uhol chrbta,  $\gamma$  – uhol čela,  $b$  – šírka zuba*

#### Ostrenie závitníka na čelných plochách

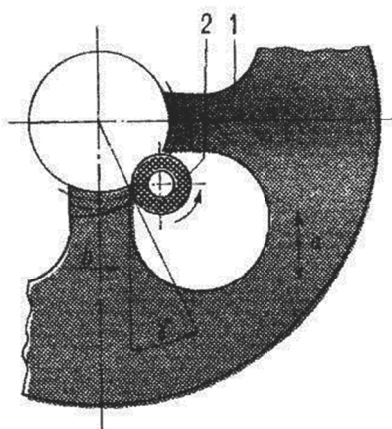
*A – nastavenie brúsneho kotúča v drážke závitníka, B – posunutie o hodnotu  $H$ , C – brúsenie závitníkov s drážkami v skrutkovici*

Závitník sa upne na univerzálnej brúske medzi hroty s deliacim zariadením. Strediacou šablónou postavenou na stopku závitníka sa rovina brúsneho kotúča nastaví do roviny idúcej s osou závitníka. Potom sa stôl posunie o hodnotu  $H$  vyhl'adanú v tabuľkách pre príslušný uhol čela  $\gamma$ . Potom sa otočí závitník tak aby čelo zuba sa dotýkalo s kotúčom a v tejto polohe sa brúsi. Veľmi otupené závitníky sa brúšia podbrúsením na reznom kuželi. Ostrenie

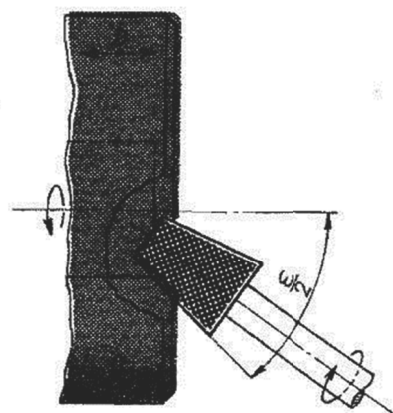
kruhových závitových čelustí vykonávame na čelných plochách zubov, ostríme uhol čela  $\gamma$  alebo uhol rezného klina  $\varepsilon$ .



*Geometria rezných hrán kruhovej závitovej čeluste*  
 $\alpha$  – uhol chrbta,  $\beta$  – vrcholový uhol rezného kužela,  $\lambda$  – uhol sklonu reznej hrany,  $b$  – šírka zuba



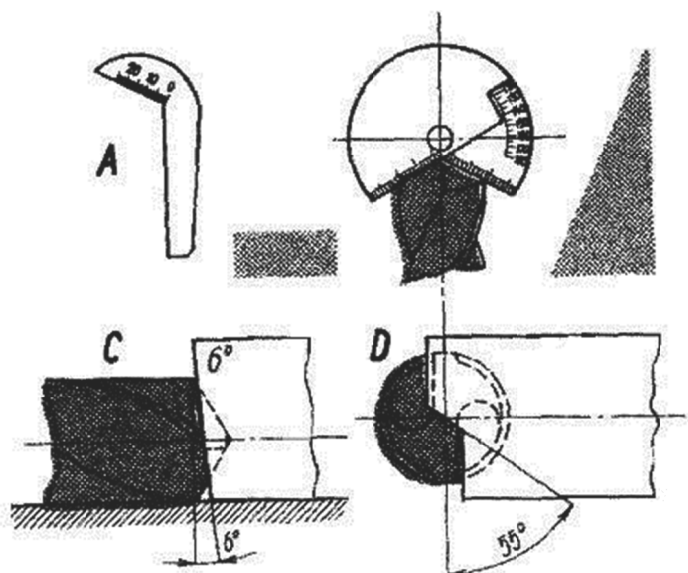
*Ostrenie čelných plôch zubov kruhovej závitovej čeluste*  
 1 – čelusť, 2 – brúsne teliesko,  $a$  – vratný pohyb čeluste,  $b$  – prísuv



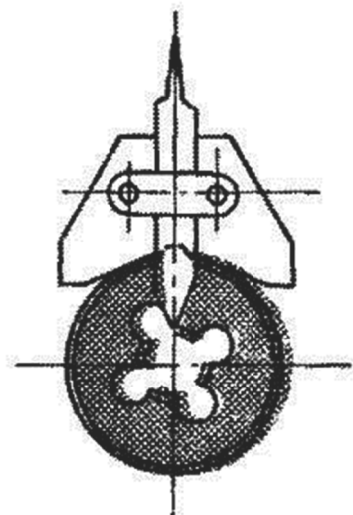
*Ostrenie kruhovej závitovej čeluste na reznom kuželi*  
 $a$  – prísuv,  $b$  – vratný pohyb,  $\varepsilon/2$  – uhol nastavenia brúsneho telieska

## Kontrola nástrojov

Na nástrojoch kontrolujeme naostrené časti, t.j. vrcholový uhol  $\varepsilon$  a geometrické uhly  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\lambda$  a  $\varphi$ .



*Meradlá na kontrolu ostrenia vrtákov*  
 A – šablóna na špičky, B – meradlo vrcholového uhla a dĺžky reznej hrany, C – šablóna na podbrusovanie, D – šablóna na polohu priečnej reznej hrany



*Kontrola kruhovej závitovej čeluste šablónou na uhly čela  $\gamma$*

## Súhrnné cvičenia

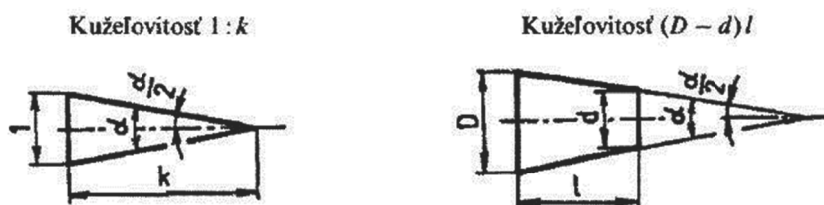
1. Nakreslite základnú geometriu nástrojov a popíšte plochy na ktorých sa ostria
2. Charakterizujte nástrojárske brúsky a ich hlavné časti pre ostrenie
3. Vysvetlite postup pri ostrení sústružníckych nožov
4. Vysvetlite postup pri ostrení fréz
5. Uveďte plochy a uhly pre ostrenie vrtákov a uveďte hodnoty pre vrtanie ocele, farebných kovov, plechov a bakelitu
6. Popíšte ostrenie výstružníkov
7. Nakreslite meradlá na kontrolu nástrojov

### 3.3. Brúsenie kužeľových plôch

#### Význam brúsenia kužeľových plôch

Vonkajšie a vnútorné kužeľové plochy sa využívajú na utesňovanie vodovodných a plynových armatúr, pri ktorých sa vyžaduje aj presná súosovosť. Veľkú dôležitosť prikladáme nástrojovým kužeľom, ktorých kvalita a presnosť brúsenia zaručuje ich samosvornosť aby trením boli upevnené povrchy nástrojov v dutinách vretien alebo redukčných vložkách strojov. Kužele sú normalizované:

- metrické – kužeľovitost' 1:20, vrcholový uhol  $2^{\circ}51'$
- Morseho – kužeľovitost' je približne 1:20, vrcholový uhol sa pohybuje od  $2^{\circ}51'$  až do  $3^{\circ}58'$  podľa kužeľovej rady (0 – 6). Veľkosti jednotlivých rád sú normalizované



| Kužeľ                                                                    | Kužeľovitost'<br>1 : k          | Vrcholový<br>uhol<br>$\alpha$ | Uhol nastavenia<br>na stroji<br>$\alpha/2$ |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|
| vrtanie pre výstružníky<br>a výhrubníky                                  | 1 : 30 = 0,033 33               | $1^{\circ}54'34''$            | $57'17''$                                  |
| metrický                                                                 | 1 : 20 = 0,050 00               | $2^{\circ}51'52''$            | $1^{\circ}25'56''$                         |
| Morseho,<br>Morseho<br>krátky a na vrtáčkove<br>skľučovadlá<br>(1, 2, 3) | 0                               | 1 : 19,212 = 0,052 05         | $2^{\circ}58'54''$                         |
|                                                                          | 1                               | 1 : 20,047 = 0,049 88         | $2^{\circ}51'26''$                         |
|                                                                          | 2                               | 1 : 20,020 = 0,049 95         | $2^{\circ}51'40''$                         |
|                                                                          | 3                               | 1 : 19,922 = 0,050 20         | $2^{\circ}52'32''$                         |
|                                                                          | 4                               | 1 : 19,254 = 0,051 94         | $2^{\circ}58'30''$                         |
|                                                                          | 5                               | 1 : 19,002 = 0,052 63         | $3^{\circ}00'52''$                         |
|                                                                          | 6                               | 1 : 19,180 = 0,052 14         | $2^{\circ}59'10''$                         |
| strmý                                                                    | 7 : 24 = 1 : 3,428 6 = 0,291 67 | $16^{\circ}35'40''$           | $8^{\circ}17'50''$                         |
| na upínanie frézovacích<br>hlav                                          | 3 : 10 = 0,300 00               | $17^{\circ}03'42''$           | $8^{\circ}31'51''$                         |

- nenormalizované kužele používané v technickej praxi pre rôzne technologické uhly podľa požiadaviek strojárskych súčiastok. Pre výrobu nenormalizovaných kužeľov musia byť udané nasledovné údaje:

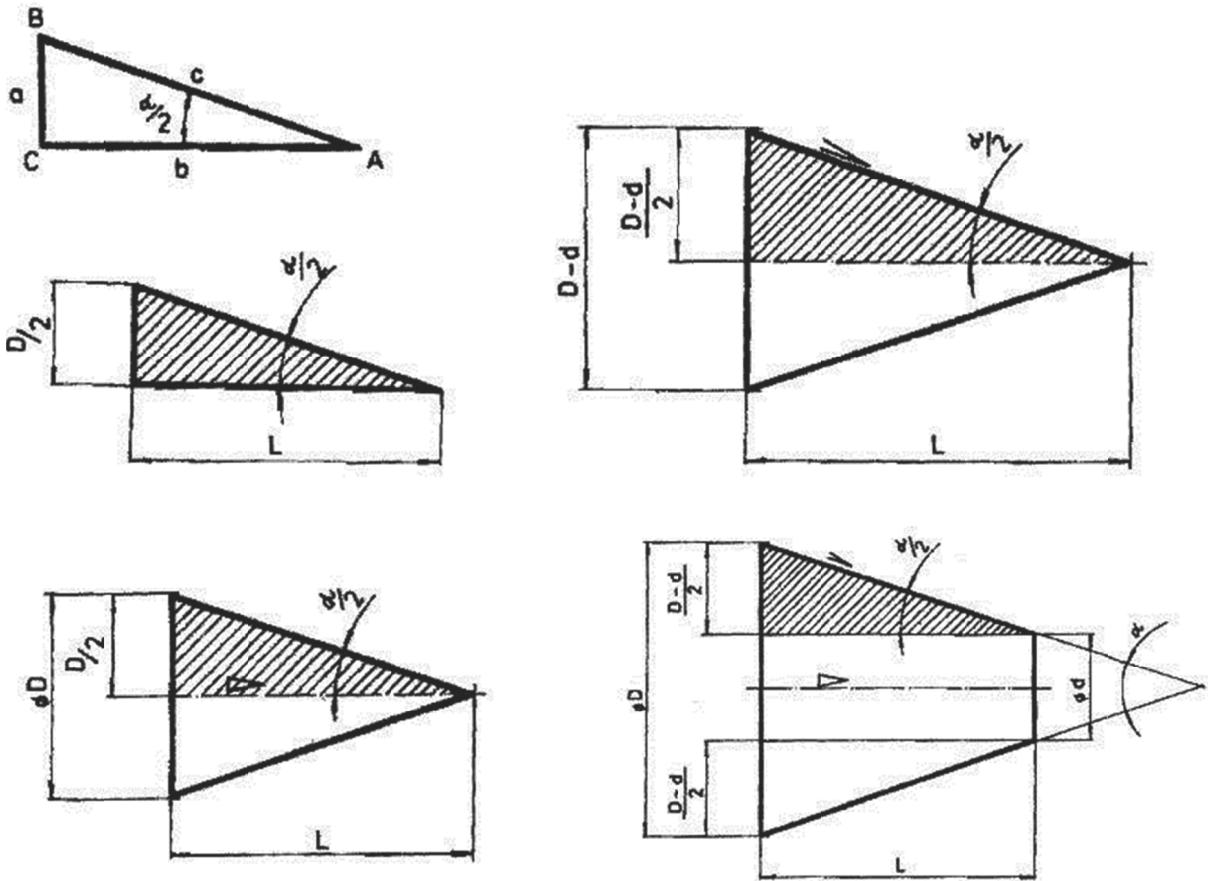
D – veľký priemer kužeľa

$\alpha$  – vrcholový uhol kužeľa

d – malý priemer kužeľa

$\alpha/2$  – uhol sklonu kužeľa

L – dĺžka kužeľa



*Základné rozmery kužeľa pre potreby výpočtov*

Podľa vzorového kužeľa určitej strojovej súčiastky si môžeme zmerať veľký priemer D, malý priemer d, a dĺžku kužeľa L. Z týchto rozmerov si môžeme vypočítať dôležitú hodnotu **kužeľovitost' k**, ktorá sa vypočíta:

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

Kužeľovitost' k určuje pomer dvoch čísel, napr. 1:30. Tento pomer udáva, že na dĺžke 30 mm sa priemer kužeľa mení o 1 mm. K výrobe kužeľov z daných rozmerov si musíme vypočítať vrcholový uhol kužeľa  $\alpha$  a hlavne uhol sklonu povrchovej priamky kužeľa  $\alpha/2$ , ktorý je potrebný pre nastavenie obrobku alebo pracovného stola k brúseniu.

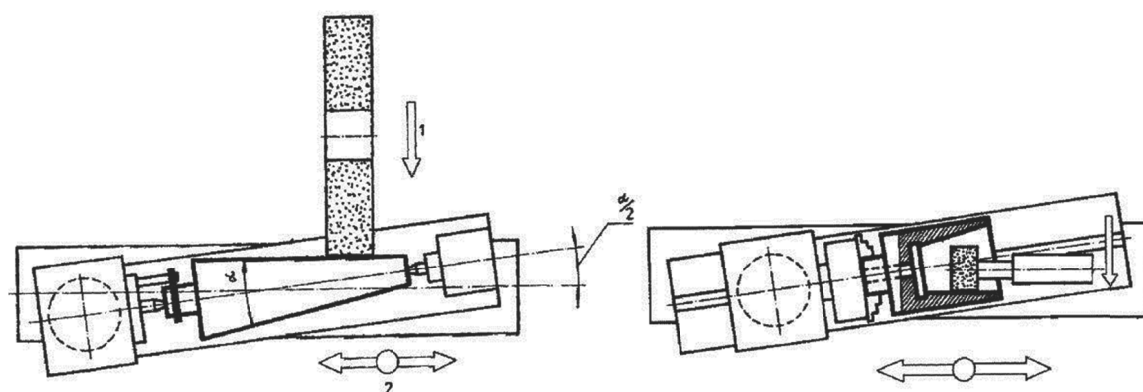
$$\tan \alpha = \frac{D}{2L} \quad \tan \frac{\alpha}{2} = \frac{D-d}{2L}$$

## Spôsoby brúsenia

Na brúsenie používame univerzálne hrotové brúsky, ktoré majú nasledovné vybavenie: Brúsiaci vretenník obojstranne otočný o  $45^\circ$ , takto môžeme brúsiť kužeľové plochy zápichovým alebo pozdĺžnym spôsobom. Pracovný unášací vretenník, otočný o  $90^\circ$  pri brúske BHU32 o  $+95^\circ$  a  $-5^\circ$ , čiže spolu o  $100^\circ$ . Táto úprava umožňuje brúsenie strmých krátkych kužeľov a čelných rovinných plôch obvodom brúsiaceho kotúča.

### 3.3.1. Brúsenie kužeľa natočením stola brúsky o uhol $\alpha/2$

Moderné brúsky majú presne vstavané číselníkové odchýlkomery (väčšinou dvojtisícinové), ktorými možno veľmi presne nastaviť požadovaný uhol  $\alpha/2$  natočenia stola. Presne nastaviť stôl možno aj koncovými mierkami s presnými číselníkovými odchýlkomermi.

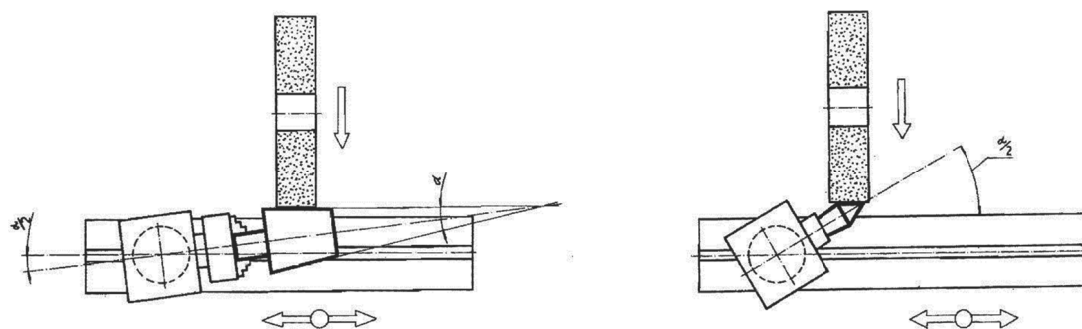


*Brúsenie vonkajšieho kužeľa natočením stola brúsky  
1 – prísuv, 2 – posuv*

*Brúsenie vnútorného kužeľa natočením stola brúsky. Výbeh stola 1/3 kotúča.*

### 3.3.2. Brúsenie strmých kužeľov

Strmé kužele môžeme brúsiť natočením pracovného vretenníka pri upnutí v univerzálnom sklúčovadle alebo v kuželi vretena. Možno pritom použiť pozdĺžnu a zápichovaciu metódu brúsenia pre krátke kužele. Pracovný vretenník sa natáča o uhol sklonu kužeľa  $\alpha/2$ . Pri zápichovacom spôsobe brúsenia možno drsnosť povrchu zlepšiť oscilačným pohybom stola brúsky. Uhol sa nastavuje podľa uhlomerovej stupnice a pri presných prácach sa spresňuje dodatočným natočením stola brúsky

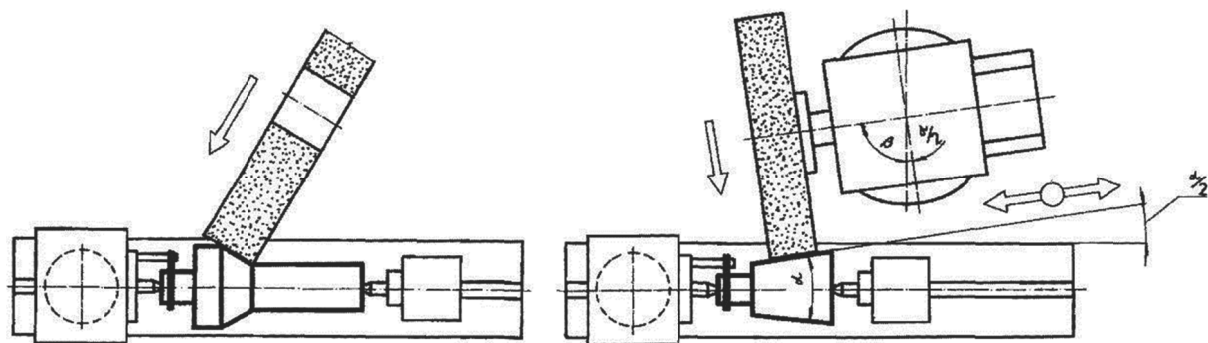


*Brúsenie kužeľa natočením pracovného vretenníka pri upnutí v sklúčovadle*

*Brúsenie hrotu pri natočenom pracovnom vretenníku a upnutí v kuželi vretena*

### 3.3.3. Brúsenie natočením brúsiaceho vretenníka

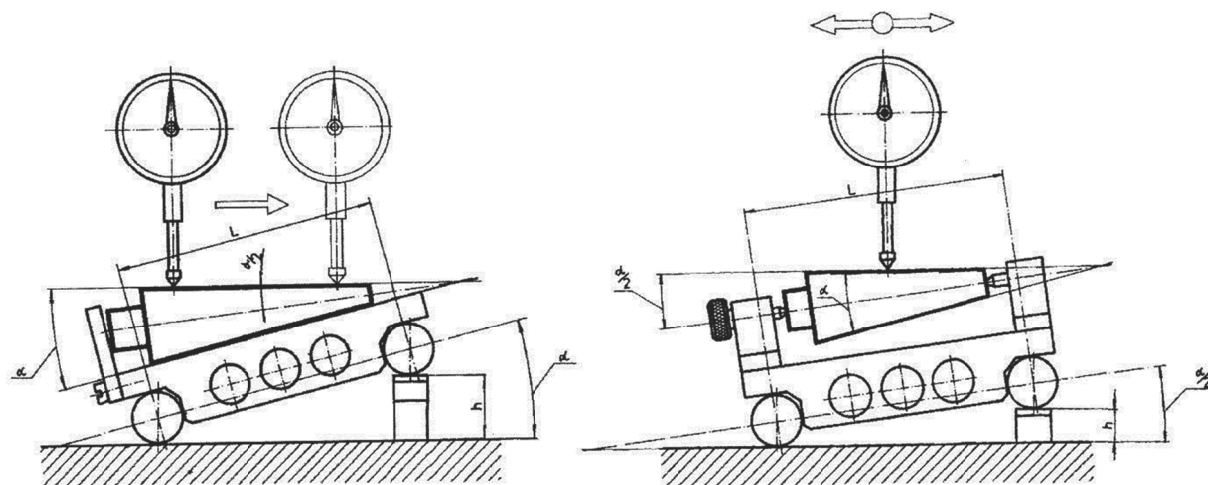
Týmto spôsobom možno brúsiť kužele šikmým zapichovacím spôsobom. Špeciálnymi brúskami s pozdĺžnym posuvom brúsiaceho vretenníka sa dajú brúsiť kužeľové plochy pozdĺžnym spôsobom



Brúsenie kužela natočením brúsiaceho vretenníka šikmým zapichovacím spôsobom  
Brúsenie kužela pozdĺžnym prísuvom pri natočenom brúsiacom vretenníku

### 3.3.4. Kontrola kužeľov

- Vonkajšie kužele kontrolujeme kužeľovými kalibrami pri obrúsení prvej vrstvy kontrolujem kužeľovitosť diery kalibrom a podľa výsledkov merania spresníme uhol nastavenia dovtedy, kým kaliber nelícuje po celej dĺžke. Brusič to pozná podľa toho, že čiara nakreslená mäkkou ceruzkou na povrchovej priamke kalibra je po celej dĺžke meraného kužela rovnomerne zmazaná.
- Kontrola kužeľov na sínusovom pravítku. Kužeľ kladieme priamo na sínusové pravítko a oprieme ho o opierku. Pri normalizovaných kužeľoch sa uhol  $\alpha/2$  vyhľadá z tabuliek. Pri nenormalizovaných kužeľoch musíme najskôr vypočítať uhol  $\alpha$  pomocou ktorého si vypočítame výšku nastavenia základných rovnobežných mierok  $h$ .



Kontrola uhla sklonu na sínusovom pravítku pomocou opierky

Kontrola uhla sklonu na sínusovom pravítku s upínacími hrotmi

## Výpočet výšky základných rovnobežných mierok

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

Výšku nastavenia  $h$  skladáme takým spôsobom aby sme na vypočítaný rozmer položili čo najmenší počet mierok, čím sa zvýši presnosť celkového rozmeru. Po nastavení sa povrch kužeľa ustaví do roviny a presnosť nastavenia kontrolujeme po celej dĺžke číselníkovým odchýlkomerom, ktorý musí mať nulovú výchylku.

### Príklad

Vypočítajte uhol nastavenia kužeľa  $\alpha/2$ , keď brúsime kužeľ s rozmermi  $D = 100$  mm,  $d = 70$  mm,  $L = 100$  mm. Výpočet uhlu sklonu povrchovej priamky

$$\tan \alpha/2 = \frac{D - d}{2L} = \frac{100 - 70}{2 \cdot 100} = \frac{30}{200} = 0,15$$

Vypočítanej hodnote 0,15 z tabuliek zodpovedá uhol  $\alpha/2 = 8^{\circ}40'$

Výpočet výšky nastavenia základných mierok  $h$

$$h = L \cdot \sin \alpha/2 = 100 \cdot \sin 8^{\circ}40' = 100 \cdot 0,1506 = 15,06$$

Vypočítanú hodnotu zložíme zo základných mierok nasledovne

$$h = \text{prvá mierka } 1,06 + \text{druhá mierka } 4,00 + \text{tretia mierka } 10,00 = \text{celkom } 15,06$$

Základné mierky majú povrch vysoko akostne obrobený lapovaním a nasúvaním na seba sa vytlačí medzi mierkami vzduch čím vznikne podtlak a mierky k sebe prilnú.

### Súhrnné cvičenia

1. Popíšte kde sa vyskytujú kužeľové plochy na strojárskych výrobkoch a ich význam
2. Vypočítajte kužeľovitost' a uhly  $\alpha$ ,  $\alpha/2$  pre kužeľ, ktorého rozmery sú  $D = 22,671$ ,  $d = 19,1$ ,  $L = 70,5$
3. Ktoré základné druhy brúsenia kužeľov poznáte
4. Vysvetlite kontrolu kužeľov kalibrami
5. Popíšte princíp nastavenia a merania kužeľov sínusovým pravítkom
6. Vyhľadajte z tabuliek údaje k výrobe Morseho kužeľa číslo 5



### 3.4. Brúsenie ozubenia

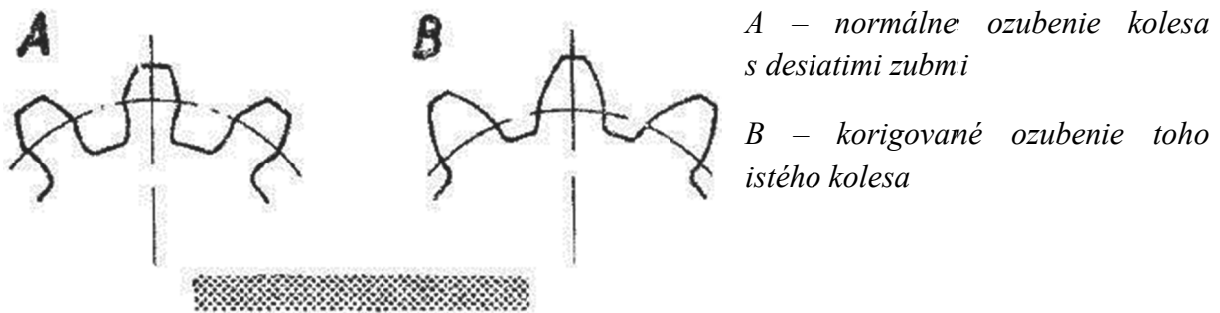
#### Význam brúsenia ozubenia

Brúsením ozubenia zvyšujeme presnosť profilu zubov a zlepšujeme akosť ich povrchu, čím sa dosahujeme najmä nehučný chod súkolesia a znižovanie strát v prevodoch. Veľmi dôležité je brúsenie kalených kolies na ktorých sa takto dajú odstrániť deformácie spôsobené tepelným spracovaním. Význam dôležitosti brúsenia umocňuje výroba nových strojných zariadení hlavne v automobilovom priemysle. Jednou z hlavných častí automobilu je prevodovka, ktorú tvorí súbor ozubených kolies a od kvality výroby ozubenia, hlavne akosti povrchu, ktorú zabezpečuje práve proces brúsenia sa zaručuje minimálna hlučnosť.

V praxi používame dva základné spôsoby brúsenia ozubenia, deliaci a odvaľovací.

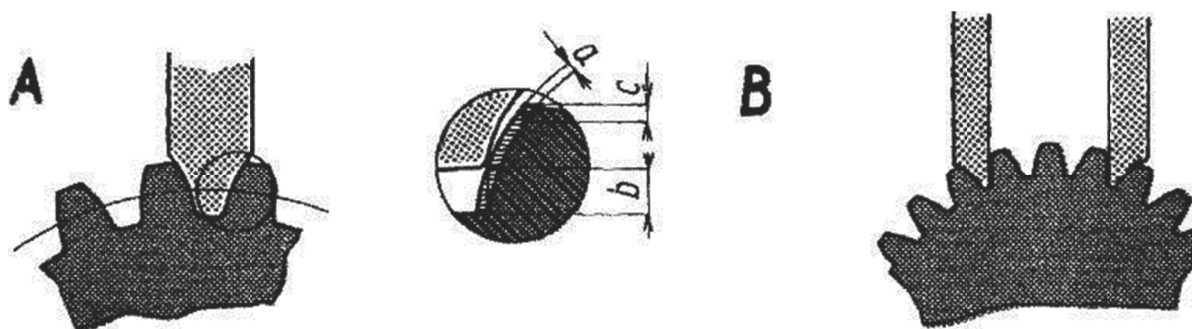
#### 3.4.1. Deliaci spôsob brúsenia ozubenia

Používame pre brúsenie ozubenia, keď profil zubového boku nie je ideálna krivka, ktorú tvorí evolventa a tá pri frézovaní zubov nie je ideálna hlavne u ozubených kolies s menším počtom zubov ako 17 kde dochádza k podrezanému tvaru profilu.



Pri odvaľovacom spôsobe brúsenia obrobok alebo brúsny kotúč robí vratný pohyb rovnobežný s osou obrobku, aby obrobok bol obrúsený po celej šírke. Po každom dvojzdvihu sa obrobok pootočí o jeden rozstup a obrúsi sa nasledujúca zubová medzera. Po obrúsení všetkých zubových medzier sa kotúč nepatrne prisúva ( o 0,005 až 0,05 mm ) smerom k osi obrobku, čo sa opakuje, kým a nedosiahne predpísaný rozmer. Tento spôsob má nevýhody, ktoré vyplývajú z nerovnomerného rozdelenia práce brúsneho tvarového kotúča. Pri prídavku na brúsenie  $a$  je množstvo materiálu  $b$  odoberané brúsnymi zrnami na vonkajšom obvode brúsneho kotúča oveľa väčšie než množstvo  $c$  odoberané pri hlave brúsneho zuba. Brúsny kotúč sa preto nerovnomerne opotrebuje a bez častého orovnávania sa s ním nedá dosahovať vyššia presnosť. Výhodnejší je spôsob kde dva brúsne kotúče, každý s tvarom jednej bočnej strany brúsia dva zuby natoľko od seba vzdialené aby sa tvar kotúča čo najviac blížil valcovému. V tomto prípade je množstvo materiálu odoberaného pri päte a hlave zubov oveľa vyrovnanejšie, rozdiel obvodových rýchlostí nepatrný a opotrebovanie brúsneho kotúča rovnomernejšie. Brúsky na ozubenie, na princípe tvarového brúsenia sú Minerva, Schaudt, Orcutt. Medzi sebou sa v podstate rozlišujú len počtom a usporiadaním brúsných kotúčov a konštrukciou orovnávacích zariadení. Ich výhodou je najmä jednoduchosť konštrukcie ( sú podobné brúskam na drážkové hriadele ) a veľký výkon. Ich nevýhody sú: veľká spotreba kotúčov, ktoré sa preto musia často vymieňať; veľká dotyková plocha kotúča s obrobkom,

takže veľké teplo, ktoré pritom vzniká môže brúsené koleso aj deformovať; obťažné upravovanie na správnu súmernosť zubov. Okrem toho sa na týchto strojoch nedajú brúsiť kolesá so šikmým ozubením, pretože orovnávacie zariadenie je potom veľmi komplikované.



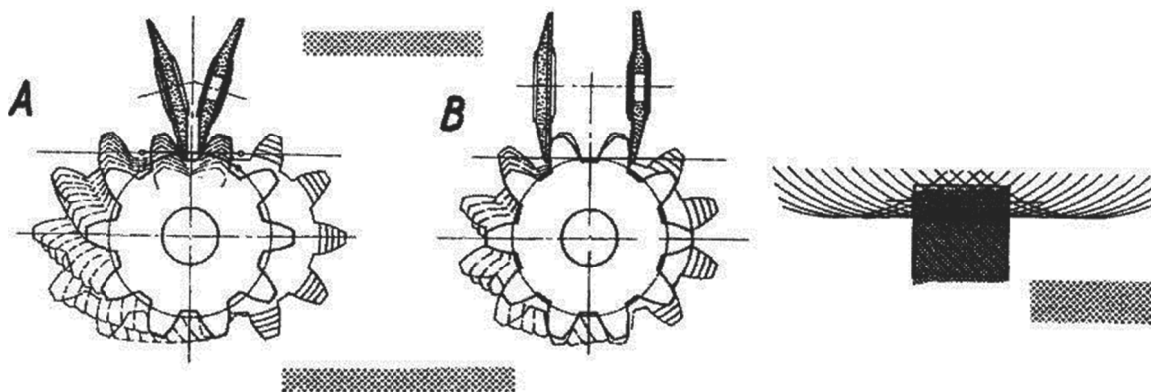
*Tvarové brúsenie ozubení*

*A – kotúčom s tvarom zubovej medzery, B – dvoma kotúčmi s tvarom strán zubov*

### 3.4.2. Odvaľovacie brúsenie ozubení

Špeciálne brúsky na ozubenie pracujú na princípe odvaľovania brúsneho kotúča po ozubenom hrebeni, ktorého zub je utvorený jedným alebo dvoma brúsnymi kotúčmi. Používame dva spôsoby brúsenia a to systém Maag, ktorými sa dá pracovať dvoma spôsobmi.

- Brúsenie s kotúčmi sklonenými o  $15^\circ/20^\circ$ . Obidva kotúče sú navzájom sklonené o dvojnásobný uhol záberu takže ich plochy tvoria zub myšlieného ozubeného hrebeňa po ktorom sa brúsené ozubené koleso môže odvaľovať; súčasným vratným pohybom kolesa v smere jeho osi sa zuby brúšia po celej šírke. Okrem toho po obrúsení každého zuba kotúč vystupuje z ozubení, aby sa deliacim pohybom kolesa umožnilo brúsenie ďalších zubov. Podľa tohto spôsobu brúsi každý kotúč jednu stranu tej istej zubovej medzery a dotykové body medzi kotúčom a stranou sa pohybujú po oblúkovej čiare. Z neustáleho kríženia brúsných stôp vzniká charakteristický krížový výbrus, ktorý je znakom známej metódy brúsenia ozubení.
- Brúsenie s kotúčmi v nulovej polohe kde obidva kotúče sú nastavené do vodorovnej osi a ich pracovné plochy predstavujú rovnobežné plochy dvoch zubov hrebeňa s uhlom  $0^\circ$ . Pri tomto spôsobe sa kotúč sa dotýka zubov len v jednom bode, takže povrch obrúseného zuba nemá krížový výbrus, ale pozdĺžne rovnobežné stopy vytvárajú výbrus podobný výbrusu tvarovým kotúčom.



*Odvaľovacie brúsenie Maag, A – kotúčmi sklonenými, B – kotúčmi v nulovej polohe*

## Stroje na brúsenie

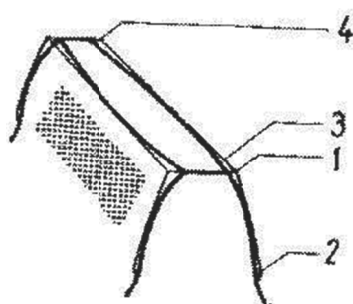
Najrozšírenejší typ na brúsenie čelných kolies s priamymi a skrutkovým ozubením do priemeru 300 mm je brúska Maag HSS – 30.

Hlavné údaje

|                                                 |          |
|-------------------------------------------------|----------|
| Najmenší priemer rozstupovej kružnice           | 35 mm    |
| Najväčší vonkajší priemer brúseného kolesa      | 300 mm   |
| Najväčší ( najmenší ) modul                     | 10/2 mm  |
| Najväčšia šírka kolesa pri module 2             | 180 mm   |
| Najväčší a najmenší uhol sklonu zubov           | 45°/0°   |
| Počet jednoduchých odval'ovacích pohybov za min | 90 – 300 |
| Posuv na jednoduchý odval'ovací pohyb plynule   | 0 – 7 mm |
| Priemer Brúsnych kotúčov                        | 220 mm   |
| Váha stroja                                     | 3000 kg  |

## Korekcia ozubenia

Sa vykonáva pre evolventné ozubenie, pri uhle záberu 15° keď je počet zubov teoreticky 30 prakticky 25, pri uhle záberu 20° teoreticky 17 prakticky 14. Vznikne podrezaný tvar päty zuba, ktorý odstránime brúsením zubových bokov. Korekcia zubov sa dosahuje zväčšením uhla záberu  $\alpha$  alebo skrátením hlavy a päty zubov alebo aj kombináciou týchto zákrokov. Korekcia evolventy ( päta a hlava ) sa dosahuje korigovaným tvarom kotúča obrobok je upnutý na kruhovom stole a vreteno s brúsnym kotúčom je na šmykadle, ktoré s ním koná vratný pohyb cez šírku zubov. Kotúč, ktorého šírka je menšia než šírka zubovej medzery, brúsi jednou stranou ľavú bočnú stranu zuba a druhou jeho pravú bočnú stranu.



- 1 – hlava zuba  
2 – päta zuba  
3, 4 – šírka zuba

Obrysová čiara profilu sa odsúva za evolventu v miestach 1, 2. Korekciou v smere šírky zuba sa odsúva obrysová čiara na oboch koncoch zuba v miestach 3, 4, čím sa dosiahne súdkovitosť zuba, ktorou sa zabraňuje nosnému dotyku zubov na hranách.

Po dokončení ozubenia meriame tanierovým mikrometrom cez počet zubov udaný v tabuľke podľa modulu a nameranú hodnotu M porovnáme s tabuľkovou.

## Súhrnné cvičenia

1. Popíšte význam brúsenia ozubenia
2. Charakterizujte pohyby pri odval'ovacom spôsobe brúsenia
3. Graficky znázorníte tvarové brúsenie ozubenia
4. Čo je korekcia ozubenia a kedy ju vykonávame a ako ju dosiahneme brúsením

### 3.5. Dokončovacie pochody brúsenia

#### Význam dokončovacích pochodov

Súčasná strojárka výroba je charakterizovaná okrem vysokej presnosti aj vysokou životnosťou výrobkov, ktorá zohľadňuje zvýšené nadobúdacie náklady v porovnaní s minulosťou. Životnosť zvyšujeme vysokým charakterom ( kvalitou ) povrchov, ktorá vyžaduje aby súčiastky mali čo najhladší povrch a ich geometrický tvar sa čo najmenej odchyľoval od teoretického tvaru. Súčiastky, ktorých plochy sa po sebe rýchlo pohybujú, a ktoré zároveň zaťažujú veľké špecifické tlaky si vyžadujú znížené trenie, tepelné prehriatie a súčasne aj opotrebovanie čo predlžuje ich životnosť. Vysoký charakter povrchu vyžadujú súčiastky, ktorých plochy majú dokonale tesniť, ako napr. valce, piesty spaľovacích a hydraulických motorov, posúvače turbín a podobne. Tieto požiadavky zabezpečíme dokončovacími operáciami brúsenia ako sú: lapovanie, honovanie, superfinišovanie.

#### 3.5.1. Lapovanie

##### Vznik a vývoj

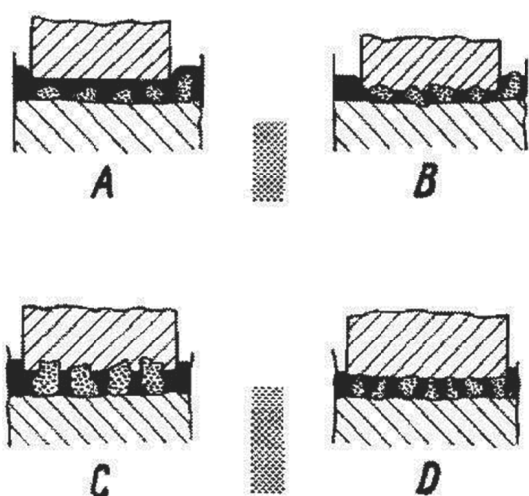
Lapovanie ako najstarší dokončovací spôsob vznikol v deväťdesiatych rokoch osemnásteho storočia keď švédsky nástrojár C. E. Johanson predstihol modernú techniku a vytvoril základ výroby vymeniteľných súčiastok. Jeho prvá lapovačka bola zhotovená zo šijacieho stroja, ktoré zotrvačník nahradil lapovacím kotúčom. Po kotúči pohyboval obrobkom v rôznych smeroch, čím križil brúsne stopy a dosiahol križový výbrus, ktorý je stále najvyšším stupňom charakteru – kvality povrchu. Tým dosiahol zrkadlovo rovinný povrch, čo dokumentuje spojenie dvoch povrchov nasunutím na seba, vytlačenie vzduchu, vznik podtlaku a vzájomné prilnutie povrchov v pevný spoj. Na tomto princípe vytvoril základné rovnobežné mierky ( Johansonove kocky ) s presnosťou 1,005, ktoré sa doteraz používajú pri kontrole a nastavovaní meradiel a meracích prístrojov.

- Princíp lapovania
- Lapovacie prostriedky
- Rezná kvapalina
- Lapovacie nástroje
- Proces lapovania

##### Princíp lapovania

Pri lapovaní je nástrojom voľné brusivo, prášok, ktorým sa plnia najmä lapovacie pomôcky ( kotúče, trne, dosky a iné ), ktoré musia byť z mäkkšieho materiálu ako je obrobok, aby zachytili brúsne zrná. Nástroj vykonáva obyčajne otáčavý pohyb kombinovaný s vratným pohybom v niekoľkých smeroch pri pomerne malej rýchlosti. Triesku uberajú len zrná zachytené v lapovacej pomôcke. Namáhanie týchto zrn je aj pri malom tlaku veľké. V týchto podmienkach je úber len nepatrný, preto je lapovanie postup pomalý. Však len takto sa dá dosiahnuť výborná rovinnosť niekoľko stotín  $\mu\text{m}$  a ďalej drsnosť povrchu  $R_a$  až 0,005  $\mu\text{m}$ , čo

je najlepšia dosiahnuteľná akosť povrchu, na ktorom sa ani pod mikroskopom nedajú zachytiť stopy po obrábaní.



*Hustota reznej kvapaliny a zrnitosť lapovacieho prášku*

*A – hrubý film hustej reznej kvapaliny znemožňuje úber materiálu*

*B – film s priemerne hustej reznej kvapaliny neprekáža práci brúsnych zŕn*

*C – zvolená zrnitosť lapovacieho prášku*

*D – jemná zrnitosť skvalitňuje povrch*

## Lapovacie prostriedky

Najlepším lapovacím prostriedkom na oceľ je čistý korund na najkvalitnejšie povrchy. Na dokončovanie ocele sa používa kysličník chromitý. Na spekané karbidy používame karbid bóru. Na mosadz, zliatiny hliníka a iné mäkké materiály používame pemzu. Diamantový prášok je výborný lapovací prostriedok na oceľ a spekané karbidy a používame ho v náročných prípadoch.

## Rezná kvapalina

Slúži na vytvorenie film medzi obrobkom a nástrojom, ktorého hrúbka závisí od jej hustoty. Najlepšou reznou kvapalinou je voda, prípadne mydlová voda, ktorá je vhodná na mäkké materiály lapované olovenými nástrojmi. Pre lapovanie tvrdých obrobkov s vysokou kvalitou musí mať rezná kvapalina aj mastiacu schopnosť, ktorá zabráňuje zakusávaniu brúsnych zrníek a chveniu. Túto požiadavku spĺňa petrolej s prísadou masťného oleja. Emulzia sa používa pri lapovaní liatinových obrobkov. Lapovacie pasty majú práškové brusivo spojené s väzným materiálom zloženým s rôznych organických látok. Tieto chemické látky urýchľujú úber materiálu, takže lapovanie je vlastne kombinovaný obrábací spôsob chemicko-mechanický.

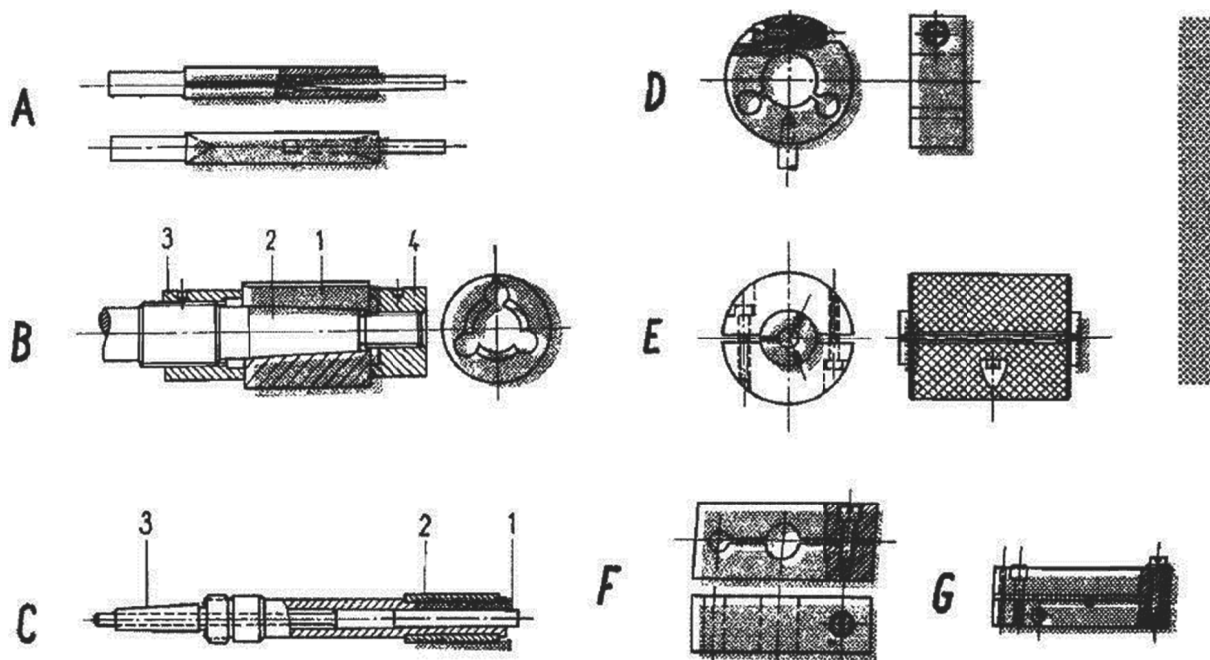
## Lapovacie nástroje

Lapovacie prostriedky sa nanášajú na lapovacie nástroje, ktoré sa najčastejšie vyrábajú z jemnozrnej liatiny, ktorá dobre zachytáva zrnká lapovacieho prášku a dostatočne zachováva svoj tvar. Tenké lapovacie nástroje sa vyrábajú z mäkkej ocele medi a mosadze.

## Proces lapovania

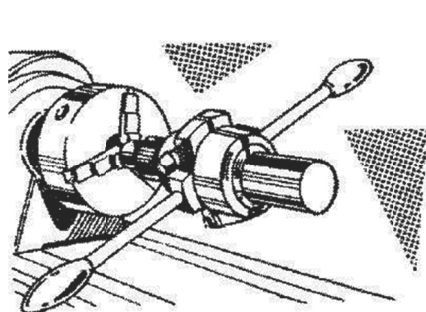
Ručné lapovanie – nástroje držíme v ruke a robíme striedavé, vratné a otáčavé pohyby.

Strojové lapovanie – vykonávame na lapovacích kotúčových strojoch, ktoré sú vybavené unášacími drážkami alebo prípravkami, ktoré pohybujú obrobkami po otáčajúcom lapovacom kotúči.



*Lapovacie nástroje*

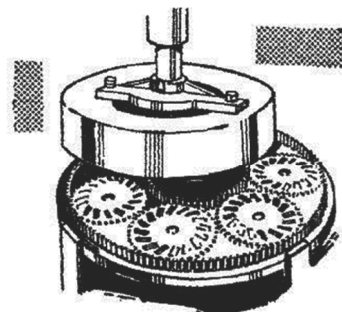
*A – rozpínací trň, B – nastaviteľný trň, C – strojový trň, D – lapovací krúžok, E – široký lapovací krúžok na prerušované plochy, F, G – lapovacie svorky*



*Lapovanie valcového obrobku na sústruhu lapovacím krúžkom*



*Kotúčový lapovací stroj na obrobky, ktoré sa držia v ruke*



*Nútený otáčavý pohyb unášača obrobkov na lapovacích strojoch*

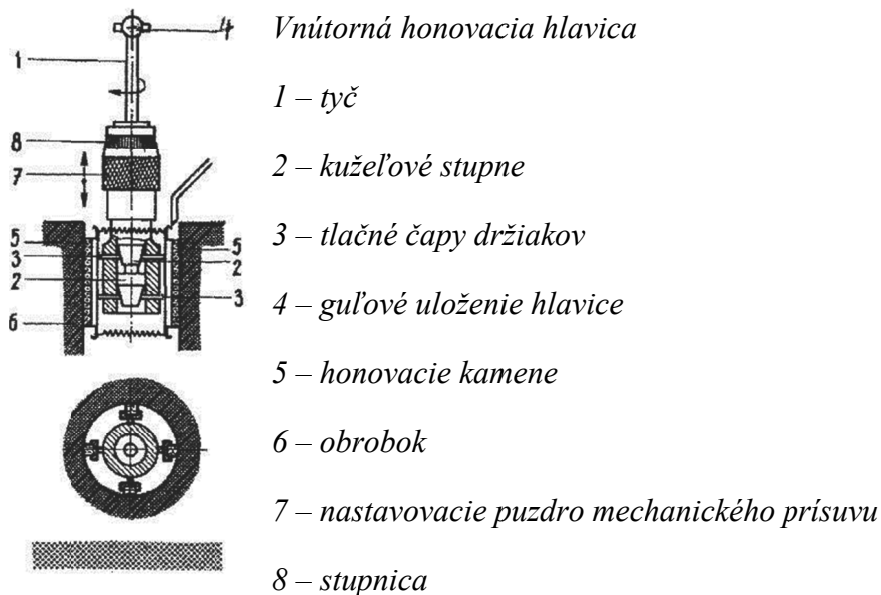
### 3.5.1. Honovanie

#### Vznik a vývoj

Honovanie vzniklo po prvej svetovej vojne vo Francúzsku ako účinný spôsob povrchovej úpravy otvorov so správne obrobeným geometrickým tvarom. Dotyková plocha honovacích kameňov s obrobkom je 150krát až 400krát väčšia než pri brúsení takže honovanie je niekoľkokrát rýchlejšie ako brúsenie. Používajú sa malé rezné rýchlosti takže honovací postup je chladný a nemení zostavu povrchovej vrstvy materiálu ako brúsenie.

## Princíp honovania

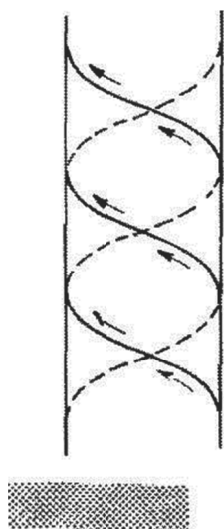
Honuje sa kameňmi s veľmi jemného brusiva s rozloženými v pravidelných rozstupoch na obvod vnútornej honovacej hlavice ( na otvory ), alebo v otvore honovacej hlavice ( na povrchy ).



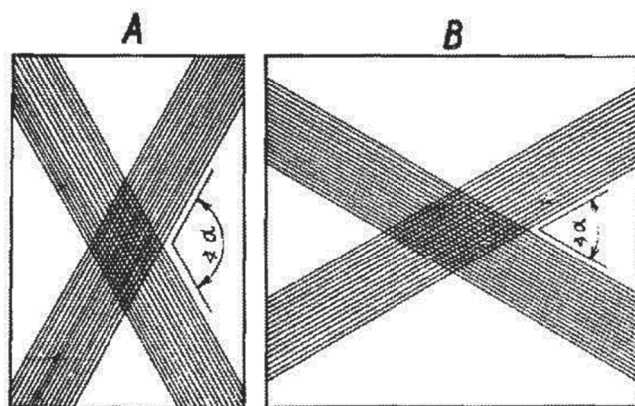
## Honovacie pohyby

- Rezný otáčavý pohyb honovacej hlavice s obvodovou rýchlosťou 50 – 70 m/min.
- Priamočiary vratný pohyb ( posuv ) v smere pozdĺžnej osi obrobku s obvyklou rýchlosťou 15 – 30 m/min.

Honovacia hlavica je upnutá v klbovom spoji 4 čo zabezpečí jej navedenie do otvoru obrobku, ktorý nemusí byť upnutý s vysokou presnosťou. Pri kombinácii obidvoch pohybov honovacie kamene nasledujú dráhu skrutkovice, čím vzniká charakteristický krížový výbrus.

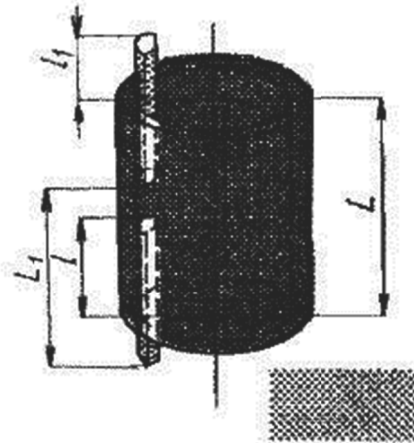
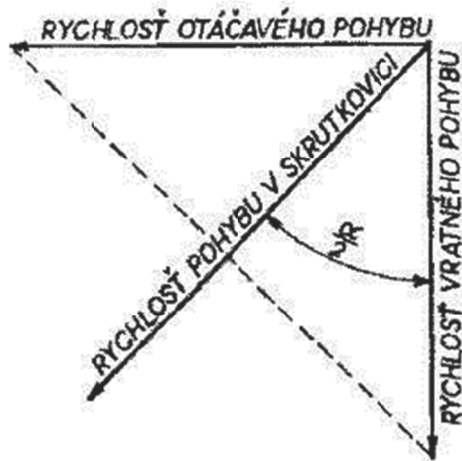


*Dráha honovacích kameňov*



*Krížový výbrus do stôp po honovacích kameňoch*

Posuv do rezu ( tlak kameňov na obrobok ) sa pre menšie úbery vyvodí rozpínaním kužeľov 2 od pracovného pohybu hlavice a pre väčšie úbery zväčšovaním vonkajšieho rozmeru hlavice 7, 8. Rezná rýchlosť sa skladá z obidvoch pohybov honovacej hlavice ako dve odvesny pravouhlého trojuholníka prepona vyznačuje rýchlosť pohybu v skrutkovici.



*Dráha a rýchlosť pohybu v skrutkovici*

*Dĺžka vratného pohybu honovacieho kameňa*

Dĺžka vratného pohybu – dĺžka zdvihu  $L_1$  sa určí odčítaním dĺžky kameňa od súčtu dĺžky otvoru  $L$  a prebehu v obidvoch súradniciach  $l_1$ . Pritom prebeh sa zvolí približne  $1/3$  dĺžky honovacieho kameňa.

Výpočet uhlu skríženia stôp  $\alpha$ :

$$\tan \alpha = \frac{v_p}{v_o} \quad \begin{array}{l} v_p - \text{rýchlosť vratného pohybu} \\ v_o - \text{obvodová rýchlosť honovacej hlavice} \end{array}$$

Najlepšie výsledky sa dosahujú pri takom usporiadaní otáčavého a vratného pohybu, pri ktorom sa kamene pohybujú po skrutkovici s uhlom stúpania  $\alpha/2 = 40^\circ - 45^\circ$ . Z celkového rozsahu  $20^\circ - 60^\circ$  sa veľké uhly používajú na dosiahnutie veľkých výkonov, malé na dosiahnutie lepšej akosti honovacej plochy.

- Dosiahnuteľná presnosť rozmeru je IT2 až IT4, teda v tolerancií až 0,002
- Dosiahnuteľná presnosť geometrického tvaru je 0,005 až 0,003
- Dosiahnuteľná drsnosť povrchu  $R_a$  je 0,4 až 0,025  $\mu\text{m}$

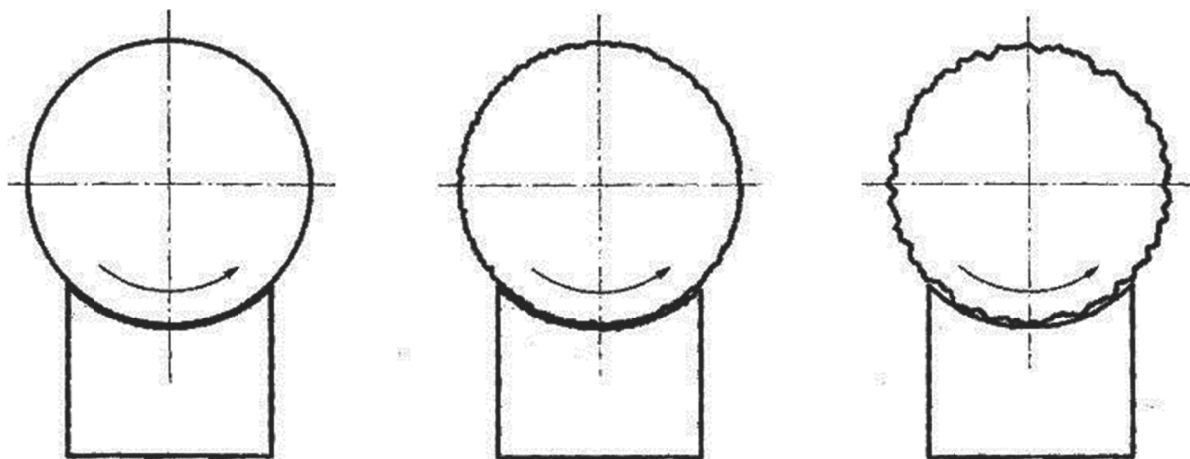
### 3.5.2. Superfinišovanie

#### Vznik a vývoj

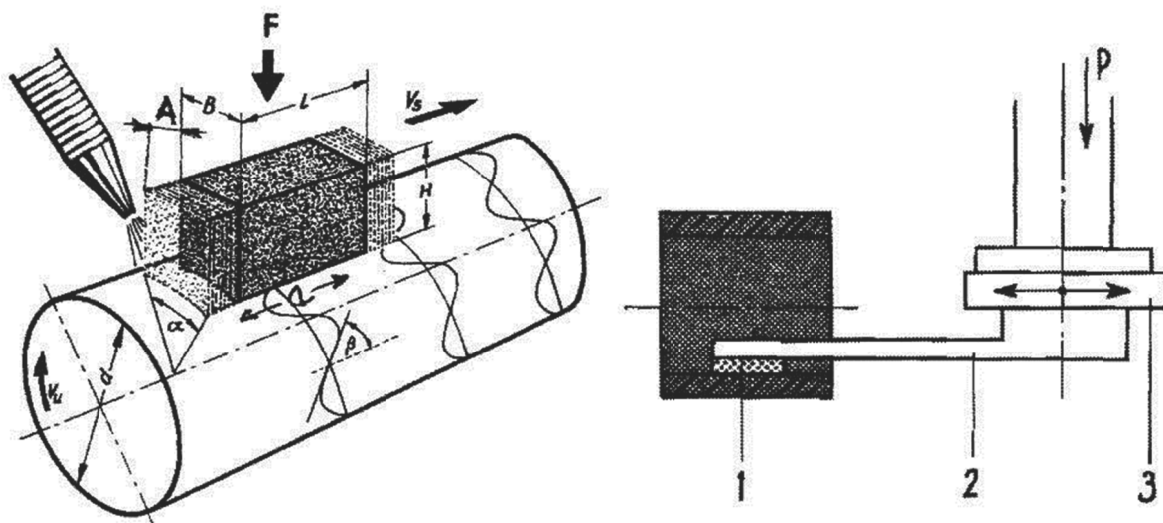
Superfinišovanie je najmladší dokončovací brusný proces, ktorým chceme dosiahnuť povrch rovnocenný lapovanému, ale takým rýchlym spôsobom ako honovaním. Vznikol v rokoch 1935 – 1937 v automobilovom priemysle hlavne u rýchlootáčkových povrchoch. Obrobok musí mať presný geometrický tvar, lebo odoberáme len niekoľko tisícín milimetra,



takže odchýlky geometrického tvaru sa nedajú opravovať. Veľký význam nadobudlo odstránením metalurgických závad po brúsení. Mäkká vrstva po vrchu vzniknutá ako následok veľkej reznej rýchlosti v ktorom sa brúsny kotúč dotýka v úzkej ploche s obrobkom. Túto mäkkú vrstvu s výstupkami drsnosti superfinišovaním rýchle odstránime a získame tak hladký povrch na tvrdom jadre. Takto upravený povrch má nosný podiel až 90% a prakticky nepotrebuje inak nevyhnutné zabehávanie ( prevodovky dopravných prostriedkov a rýchlootáčkových CNC a HSC strojov ).



*Postup uberania materiálu pri superfinišovaní*



*Schéma superfinišovania vonkajších povrchov*

*Superfinišovanie otvorov*

*1 – superfinišovací kameň, 2 – rameno, 3 - nadstavec*

### **Postup pri superfinišovaní**

Brúsne zrná na obrobku sieť križujúcich stôp s určitým uhlom skríženia,  $\alpha$  ktorý závisí od pomeru rýchlosti obidvoch pohybov. Kamene najviac odoberajú pri uhle  $\alpha = 80^\circ - 100^\circ$ , t.j. keď sú rýchlosti obidvoch pohybov približne rovnaké. Zväčšovaním obvodovej rýchlosti, alebo zmenšovaním dĺžky kmitu A, prípadne kmitočtu sa zmenšuje uhol  $\alpha$  a sním aj úber za súčasného rastu leštiaceho účinku. Preto sa pri superfinišovaní najkvalitnejších povrchov

obvodová rýchlosť  $v_u$  zväčšuje až na 60 m/min., ináč sa pracuje s rýchlosťou v rozmedzí 20 – 60 m/min. Rýchlosť kmitavého pohybu maximálna, nakoľko sa v úvratkách znižuje na nulu sa vypočíta:

$$v_a = \frac{3 \cdot A \cdot f}{1000} \text{ [ m/min. ]}$$

A – dĺžka kmitu  
f – kmitočet

Pozdĺžny posuv je malý a musí byť menší než posuv, ktorý sa používa pri predchádzajúcom brúsení.

### **Rozmery superfinišovacích kameňov**

L – dĺžka kameňa sa zvolí čo najväčšia aby mohla opraviť čo najviac vlnitosť v smere osi ( 30 – 60 mm ).

B.H – šírka . výška – sú čo najväčšie aby kameň obsiahol čo najväčšiu časť obvodu ( 10.10 do 25.30 ), ktoré sú z umelého korundu spojeného keramickým spojivom V a zo syntetickej živice B so zrnitosťou M22 a M15.

### **Rezná kvapalina**

Je potrebná na vytvorenie mastiaceho filmu medzi dotýkajúcimi plochami obrobka a nástroja a zároveň má odplavovať uvoľnené zrnká brusiva. Vhodný je petrolej so zdravotných dôvodov sa nemá používať. Vyskúšané sú rezné oleje PZL ( na ocele ), P ( na mäkké kovy ) a zmes týchto olejov na veľmi mäkké ocele, nehrdzavejúce ocele a farebné kovy.

### **Prítlačná sila F**

Sú ňou pritláčané brúsiace kamene malým tlakom ( 0,115 – 0,25 MPa ), ktoré rýchlo kmitajú v smere šípky a.

### **Počet dvojzdvihov a dĺžka zdvihu**

Počet dvojzdvihov brúsiacich kameňov je 500 – 1200 za minútu pri dĺžke zdvihu 1,5 – 6 mm.

### **Rýchlosť otáčania obrobku**

Na začiatku obrábania 6 – 9 m/min., na konci obrábania 18 – 27 m/min.

### **Úber materiálu**

Len asi 0,002, dosiahnuteľná drsnosť podľa brusiva a materiálu obrobku od 0,08 – 0,025  $\mu\text{m}$ . Kvalita povrchu o málo lepšia než pri honovaní ale povrch má zrkadlový lesk.

### **Súhrnné cvičenia**

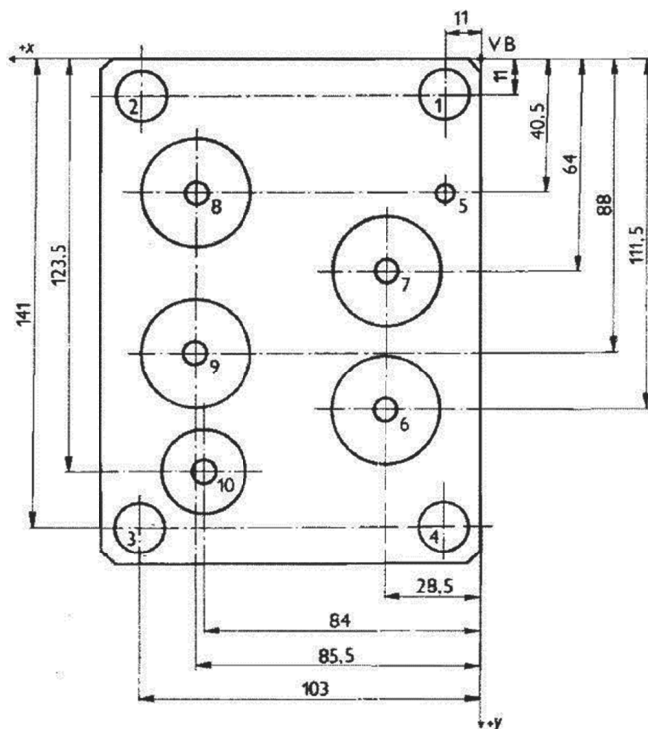
1. Popíšte význam dokončovacích pochodov brúsenia
2. Charakterizujte princípy lapovania, honovania, superfinišovania
3. Čo je to krížový výbrus, ako vzniká a výpočet uhlu skríženia  $\alpha$ .

## 4. VRTANIE

### 4.1. Vrtanie otvorov na súradnicových vyvrtávačkách

#### Význam vrtania

Na súradnicových vyvrtávačkách s výhodou vrtáme väčší počet obrobkov na rozmernejších plochách súčiastok ako sú lišty, kryty, príruby a pod. Zdlhavý postup pri orýsovaní zvyšuje náklady na výrobu rovnako ako vrtanie v prípravkoch.



*Výrobný výkres obrobku, ktorý má polohy vrtaných dier v osiach x, y*

*Súradnicové vyvrtávačky svojou konštrukciou, ktorá umožňuje prestavovať pracovný stôl alebo vreteník.*

#### 4.1.1. Stroje s pevným lôžkom a pohyblivým stolom a vreteníkom

Po pevnom lôžku sa v pozdĺžnom smere posúva pracovný stôl po valčekovom vedení na lôžkach pomocou guľôčkovej skrutky. V priečnom smere prestavujeme vreteník pomocou guľôčkovej skrutky, v ktorom je upnutý nástroj (priečne rozstupy). Stroj je určený na vyvrtávanie a vystružovanie dier k rezaniu závitov, zrovnávanie plôch a môže byť použitý i k jemnému frézovaniu. Je výhodný k obrábaniu malých rozmernejších obrobkov bez orýsovania a bez použitia prípravkov. Pracovný cyklus prebieha automaticky. Nabíhanie súradníc v dvoch osiach kolmých na seba je riadený číslícovo. Najmenšia odmeriavacia jednotka je 0,01. Rozsah otáčok je od 28 – 1500, rozsah posuvov od 0,005 – 2 mm/ot. Celkový príkon stroja je 10 kW. Najväčší priemer vrtania v oceli do pevnosti 600 MPa je 50 mm. Najväčší priemer vyvrtávania je 120 mm. Súradnicovými vyvrtávačkami možno vrtáť diery s presnosťou priemeru IT5 – IT12 s presnosťou rozstupu 0,0001.

#### 4.1.2. Stroje s krížovým stolom

Krížový stôl sa vodorovne pohybuje v dvoch na seba kolmých smeroch. Pracovný vreteník v ktorom sa prostredníctvom vretena otáča vrtací nástroj sa posúva zvisle po stole vŕtačky a môže mať revolverovú vŕtaciú hlavu.

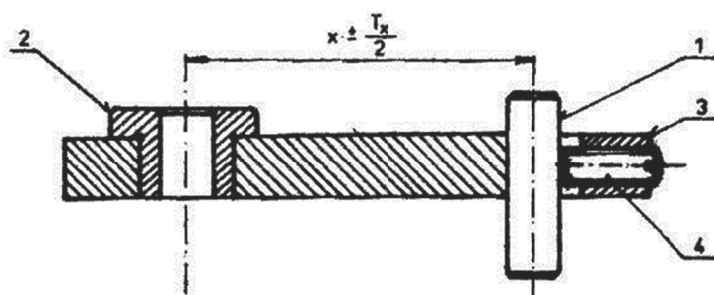
#### 4.1.3. Súradnicové vrtačky s otočným stolom

Majú otočný optický stôl, ktorým možno presne vŕtať diery na rozstupovej kružnici. Otočný a sklopný optický stôl ( SOS30 ), ktorým možno vŕtať otvory v rôznych rovinách, redukčné vložky, vyvŕtavacie tyče, vyvŕtavacie hlavičky, vystred'ovacie a kontrolné prístroje.

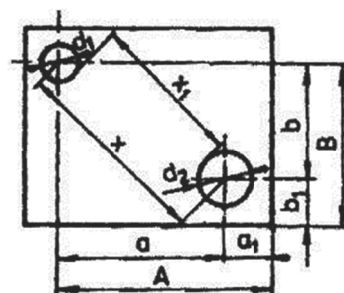
### 4.2. Vŕtanie otvorov s presnými rozstupmi

#### 4.2.1. Diery ležiace na jednej osi

Je ďalší spôsob vŕtania otvorov s presnými rozstupmi na klasických vrtačkách s využitím vŕtacích platní. Nastavenie vŕtacej platne pre danú hodnotu  $x$  pomocou vystred'ovacieho valčeka pre hodnotu  $x_1$ .



Nastavenie presného rozstupu vystred'ovacím valčekom  
1 – vystred'ovací valček, 2 – vŕtacie púzdro, 3 – vŕtacia platňa, 4 – nastavovacia skrutka



Výpočet pomocného technologického rozmeru

Pre kontrolu rozstupu osí dvoch dier  $x$  treba určiť rozmer  $x_1$ , vypočítaním zo vzťahu

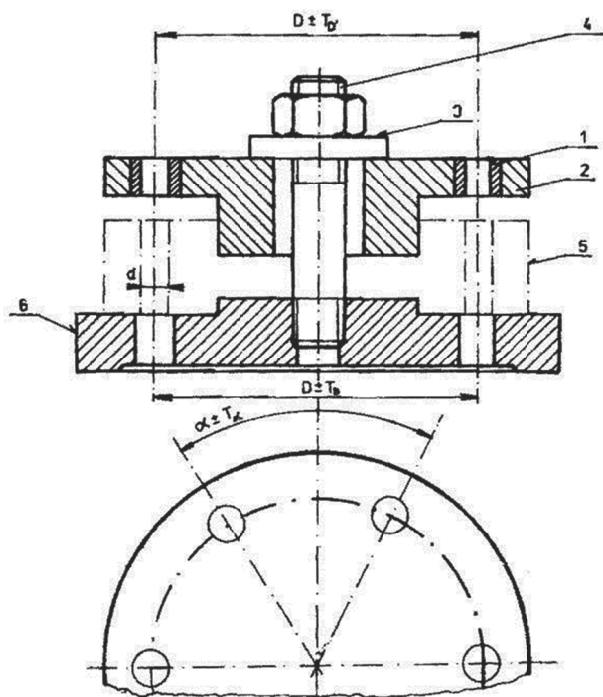
$$\begin{aligned}x^2 &= a^2 + b^2 \\x &= \sqrt{a^2 + b^2} \\x_1 &= x - \frac{d_1}{2} - \frac{d_2}{2} \quad [mm]\end{aligned}$$

#### 4.2.2. Diery ležiace na rozstupovej kružnici

Otvory vodiacej platne ležia na rozstupovej kružnici s priemerom  $D$ . Toleranciu priemeru Rozstupovej kružnice platne udáva vzťah

$$T_{D'} = (0,7 - 0,8) T_D - o$$

kde  $T_D$  je tolerancia priemeru rozstupovej kružnice vŕtaných otvorov. Hodnota odchýlky  $o$  sa v závislosti od priemeru dier, spôsobu výroby otvorov a tolerancie otvorov vyhľadá v tabuľkách. Pri vŕtaní dier, usporiadaných na rozstupových kružniciach navzájom rovnakých vzdialenostiach sa používajú otočné stoly ( ISO050 ) s procesom delenia na 5".



Prípravok s vŕtacou platňou pre diery ležiace na rozstupovej kružnici

1 – vŕtacie puzdro

2 – vŕtacia platňa

3 – podložka

4 – skrutka

5 – obrobok

6 – teleso prípravku

| Priemer<br>vŕtanej<br>diery<br><i>d</i> (mm) |    | Diery                          |             |              |        |
|----------------------------------------------|----|--------------------------------|-------------|--------------|--------|
|                                              |    | vŕtané                         | vyhrubované | vystružované |        |
|                                              |    |                                |             |              |        |
|                                              |    |                                |             |              |        |
| s toleranciou                                |    |                                |             |              |        |
| H 11                                         |    | H 8                            | H 7         |              |        |
| nad                                          | do | Hodnota odchýlky <i>o</i> (mm) |             |              |        |
|                                              | 3  | ± 0,04                         | –           | –            | –      |
| 3                                            | 6  | ± 0,05                         | –           | ± 0,04       | ± 0,03 |
| 6                                            | 10 | ± 0,06                         | –           | ± 0,05       | ± 0,04 |
| 10                                           | 18 | ± 0,08                         | ± 0,08      | ± 0,06       | ± 0,05 |
| 18                                           | 30 | ± 0,10                         | ± 0,10      | ± 0,08       | ± 0,06 |
| 30                                           | 50 | ± 0,12                         | ± 0,12      | ± 0,10       | ± 0,07 |

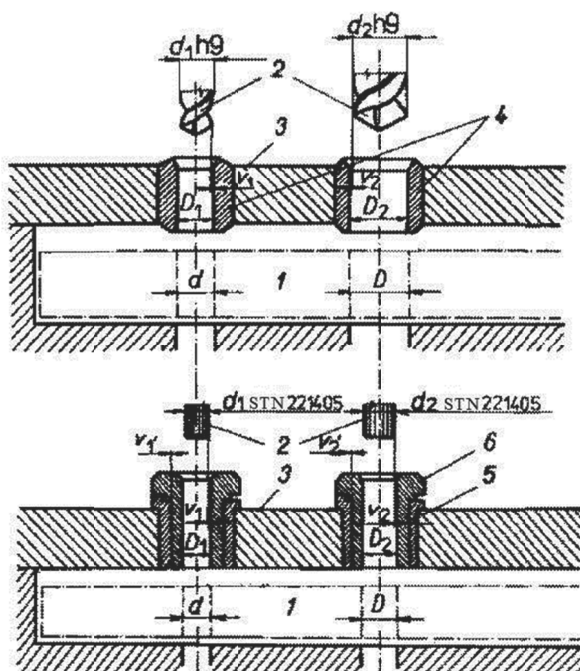
Určenie hodnôt odchýliek podľa priemeru vŕtanej diery o pre vŕtanie, vyhrubovanie, vystružovanie.

### 4.3. Vŕtanie otvorov s presnými rozstupmi v prípravkoch

Prípravky sú vŕtacie pomôcky, ktoré zabezpečujú výrobné požiadavky v dvoch oblastiach

#### 4.3.1. Znižovanie výrobných časov

Znižovanie uskutočňujeme odstránením rozmeriavania a orýsovania v takých prípadoch, keď nemáme alebo nemôžeme použiť nákladné súradnicové a vodorovné vyvŕtavačky, viacvretenové vŕtačky, otočné vŕtačky, pojazdné vŕtačky, montážne otočné vŕtačky alebo otočné vŕtačky s krížovým stolom. Použitie prípravkov musí spĺňať požiadavku rentability. Rentabilita znamená vyrábať tak, aby prípravok nezvyšoval výrobné náklady a neznižoval zisk ( výhodné v sériových výrobách pre vyšší počet výrobkov ).



*Vrtacia platňa prípravku*

1 – obrobok

2 – nástroje

3 – vrtacia platňa

4 – pevné vrtacie puzdro STN 243705 – 65

5 – pevné vodiace puzdro STN 243711 – 63

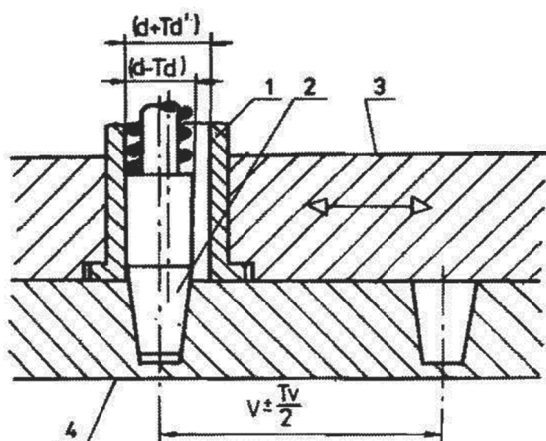
6 – nástrčné vrtacie puzdro STN 243714 - 63

#### 4.3.2. Prípravky pre kusové výroby

Použitie prípravkov v takých prípadoch keď sa prípravok iným spôsobom nedá vyrobiť. Pre takéto prípravky výroby požiadavka rentability nemusí byť splnená.

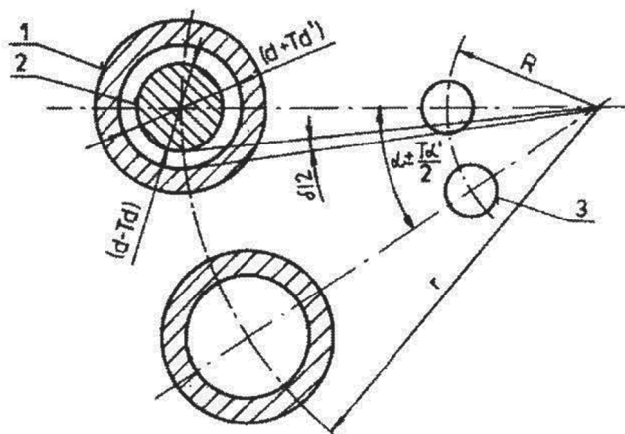
##### Druhy prípravkov

- Prípravky na priamkové vedenie
- Prípravky na uhlové delenie
- Prípravky na delenie na rozstupovej kružnici



*Prípravok s priamkovým deliacim zariadením*

1 – vodiace puzdro, 2 – kužeľová západka,  
3 – pohyblivá časť prípravku, 4 – pevná časť



*Príklad uhlového deliaceho zariadenia*

1 – vodiace puzdro, 2 – valcový čap západky,  
3 – vrtaná diera

## 5. ŽIVOTNÉ PROSTREDIE

Požiadavky na životné prostredie z hľadiska strojárskej výroby stále viac prichádzajú do všetkých oblastí výrobných technológií. Sú vypracované súbory noriem bezpečnostných predpisov. Hlavným účelom týchto noriem je zabezpečiť čo najväčšiu bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci na všetkých výrobných zariadeniach. Z hľadiska bezpečnostných predpisov možno podľa ich zamerania zaradiť požiadavky na bezpečnosť, fyziológiu, psychológiu a hygienu práce pracovníkov. Požiadavky na bezpečnosť musia spĺňať:

- Vonkajšiu úpravu, tvar a náter stroja
- Konštrukciu stroja z hľadiska montáže a dopravy
- Konštrukciu stroja z hľadiska údržby, obsluhy a nastavenia
- Konštrukciu pohybových častí
- Konštrukciu hydraulického, elektrického prípadne pneumatického zariadenia
- Konštrukciu brzdiaceho a poist'ovacieho zariadenia
- Konštrukciu ovládacieho a oznamovacieho zariadenia
- Konštrukciu ochranných zariadení chrániacich pracovníka pred trieskami a rozstreknúcou sa reznou kvapalinou
- Nehlučnosť a chvenie stroja atď.

Tieto požiadavky z hľadiska ochrany pôdy musia zabezpečovať neprenikavosť odpadových látok, ktorú musia výrobné závody riešiť zbernými nádobami na odpadové kvapaliny a odpadové materiály. Tieto musíme sústreďovať do vybudovaného odpadového hospodárstva, ktoré musí spĺňať požadované normy. Zabezpečenie odpadových látok ako sú spaliny a chemické produkty musia prechádzať filtračnými zariadeniami. Ďalšou požiadavkou je zabezpečenie a splnenie noriem z hľadiska hlučnosti strojných zariadení.

## LITERATÚRA

- [1] JANYŠ, B. – RAFFL, K. – VÁCLAVOVIČ, A. – BÍZA, V.: Technológia II. Bratislava, Alfa 1976
- [2] JANYŠ, B. – RAFFL, K. – VÁCLAVOVIČ, A. – BÍZA, V.: Technológia III. Bratislava, Alfa 1976
- [3] JANYŠ, B. – RAFFL, K. – VÁCLAVOVIČ, A. – BÍZA, V.: Sústružník. Bratislava, Alfa 1976
- [4] DRIENSKY, D. – LEHMANOVÁ, T.: Strojové obrábanie II. Bratislava, Alfa 1976
- [5] DRIENSKY, D. – LEHMANOVÁ, T.: Sústruženie. Bratislava, Alfa 1976
- [6] DRIENSKY, D. – TOMAIDES, J.: Strojové obrábanie. Bratislava, Alfa 1988
- [7] DRIENSKY, D. – TOMAIDES, J.: Frézovanie. Bratislava, Alfa 1988
- [8] DRIENSKY, D. – TOMAIDES, J.: Strojové obrábanie II. Bratislava, Alfa 1989
- [9] DRIENSKY, D. – TOMAIDES, J.: Brúsenie. Bratislava, Alfa 1989
- [10] DRIENSKY, D. – ZONGOR, J.: Strojové obrábanie II. Bratislava, Alfa 1988
- [11] DRIENSKY, D. – ZONGOR, J.: VŔTANIE. Bratislava, Alfa 1988
- [12] VÁVRA, P. – LEINVEBER, J.: Strojnícke tabuľky. Bratislava, Alfa 1992
- [13] HÁJÍČEK, J. – KOMÍŽ, S.: Technológia strojového obrábania III. Bratislava, Alfa 1990