

Vysoké učení technické,
Fakulta strojního inženýrství,
Ústav strojírenské technologie, odbor tváření,
Technická 2, 616 69 BRNO
Tel. 541 142 621, Fax 541 142 626

VÝROBNÍ STROJE A ZAŘÍZENÍ

ČÁST TVÁŘECÍ STROJE

Určeno pro **KOMBINOVANÉ STUDIUM, III. roč.**

Zpracoval: **Doc. Ing. Karel Novotný, CSc.**

Září 2002

TVÁŘECÍ STROJE

1. ÚVOD

1.1. Rozdělení tvářecích strojů

Podle druhů relativního pohybu nástroje k tvářenému materiálu se tvářecí stroje dělí na:

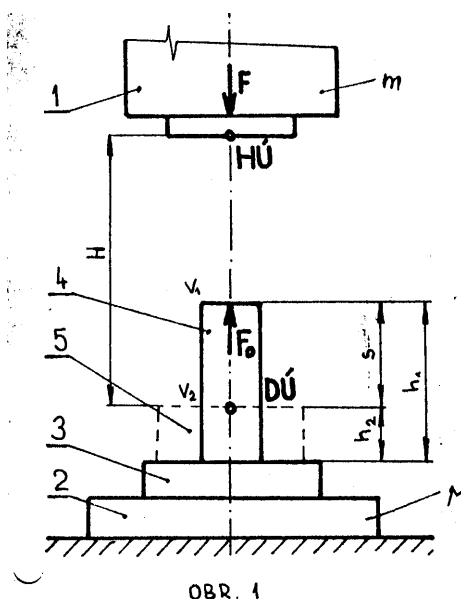
- stroje s přímočarým pohybem nástroje
- stroje s rotačním nebo obecným pohybem nástroje

Nejvíce jsou rozšířeny stroje s přímočarým pohybem nástroje. jejich základní uspořádání je na obr. 1. Beran 1 vykonává přímočarý vratný pohyb mezi úvratěmi HÚ a DÚ (horní a dolní). Výchozí materiál 4 spočívá mezi jednotlivými díly nástroje, které jsou upevněny na beranu 1 a na stole 2. Beran s nástrojem se pohybuje z počáteční polohy z nulové rychlosti v okamžiku dotyku s výchozím materiálem rychlostí $\underline{v}$ a síla $\underline{F}$ na beranu překonává tvářecí sílu F_0 a způsobuje plastickou deformaci tělesa, tvářecí pochod končí při nulové rychlosti nástroje v dolní úvratě.

Energii je možno vyjádřit vztahem:

$$A = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + (F - mg)(h_1 - h_2)$$

Označení veličin je patrné z obr. 1,
 m – hmoty pohybujících se částí,
 $g = 9,81 \text{ m.s}^{-1}$ je tíhové zrychlení.



Podle druhů hlavní formy využití energie lze tvářecí stroje rozdělit do tří skupin:

a) Tvářecí stroje silové

Tyto stroje k překonání deformačního odporu tvářeného materiálu využívají převážně energie potenciální (druhý člen rovnice) při rychlosti beranu menší než asi $v = 0,25 \text{ m.s}^{-1}$.

Typickým představitelem těchto tvářecích strojů je hydraulický lis, u kterého síla na beranu $\underline{F}$ je konstantní a nezávislá na dráze beranu $\underline{h}$. Tvářecí dráha nástroje $\underline{s}$, tj. plastická deformace tvářeného tělesa je omezena silou $\underline{F}$ na beranu.

Základním parametrem silového tvářecího stroje je síla $\underline{F}$ na beranu.

b) Tvářecí stroje energetické

K překonání přetvárného odporu tvářeného materiálu využívají převážně energii kinetickou – energie volného pádu (první člen rovnice) při rychlosti beranu $v = 4$ až 8 m.s^{-1} . Typickým představitelem této skupiny je padací buchar. Základním parametrem energetických strojů je kinetická energie.

c) Tvářecí stroje zdvihové

K překonání přetvárného odporu tvářeného materiálu využívají obou základních forem energie, tj. energie potenciální i kinetické. Typickým představitelem této skupiny je klikový lis, u kterého síla F na beranu a rychlost beranu je funkcí dráhy h . Základními parametry zdvihového tvářecího stroje jsou jmenovitá síla F_i a dráha h , na které může tato síla působit.

Tvářecí stroje silové a zdvihové, které působí na materiál převážně „klidovou“ silou, se nazývají lisy. Tvářecí stroje energetické-zdvihové, které působí na tvářený materiál dynamickou rázovou silou, se nazývají buchary nebo tvářecí stroje pracující s rázem.

Podle druhu mechanismu použitého k přenosu energie lze tvářecí stroje rozdělit na:

- mechanické
- hydraulické
- pneumatické a parní
- ostatní - kombinované.

Podle druhu technologického určení, tj. charakteristickým druhem technologického tvářecího pochodu, lze stroje rozdělit na:

- tvářecí stroje pro plošné tváření
- tvářecí stroje pro objemové tváření
- stroje pro stříhání a dělení materiálu.

Podle pracovního rozsahu lze rozlišit:

- univerzální tvářecí stroje, na nichž je možno tvářet nebo oddělovat materiál různých rozměrů a různými operacemi
- speciální tvářecí stroje, na nichž se tváří nebo odděluje materiál různých rozměrů jedinou operací
- jednoúčelové tvářecí stroje, určené pro stejné operace a stejné výrobky

1.2. Tuhost tvářecích strojů

Kriteriem pro volbu rozměrů a tvarů většiny součástí tvářecích strojů je jejich největší dovolená pružná deformace.

Měřítkem odolnosti proti pružným deformacím je tzv. tuhost, která je definovaná jako poměr mezi zatížením a přetvořením v místě zatížení. Rozeznávají se různé druhy tuhosti – tuhost statická nebo dynamická, tuhost v posunutí, v natočení, tuhost v tahu nebo tlaku a další.

Tuhost v posunutí je definována jako poměr mezi silou $\underline{F}$ a posunutím $\underline{y}$, které vzniklo touto silou v jejím působišti.

$$T_p = \frac{F}{y}$$

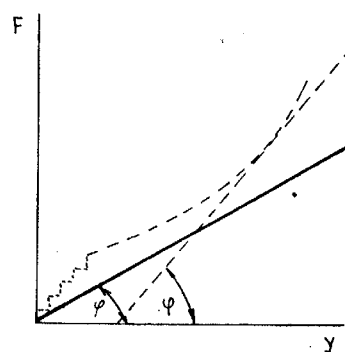
Tuhost v natočení je pak poměrem mezi momentem $\underline{M}$ a natočením $\underline{\varphi}$, které od tohoto momentu vzniklo v jeho působišti.

$$T_n = \frac{M}{\varphi}$$

Podle toho, zda se jedná o tuhost jedné součásti nebo o tuhost soustavy součástí, rozeznáváme tuhost dílčí a tuhost celkovou.

Podle způsobu zatížení se rozlišuje tuhost statická a dynamická. Podle druh zatížení je to tuhost v ohybu, tahu nebo tlaku a krutu.

Dílčí tuhost součástí, pro které platí až do meze úměrnosti Hookův zákon, se při změně velikosti zatížení nemění, je konstantní. Závislost mezi zatížením a deformací, tzn. charakteristika statické tuhosti, je dána přímkou a tuhost je vyjádřena tangentou úhlu sklonu (obr.2). $T = \operatorname{tg} \varphi = \text{konst.}$



OBR. 2.

Přetvárná hodnota tuhosti je tzv. poddajnost v posunutí

$$b_p = \frac{1}{T_p} = \frac{y}{F}$$

a v natočení

$$b_n = \frac{1}{T_n} = \frac{\varphi}{M}$$

Tuhost vztažená na přírůstek výšky pracovního prostoru však plně necharakterizuje deformaci lisu. Např. u otevřených stojanů tvaru C dochází k určitému natočení osy beranu a vzájemnému porušení rovnoběžnosti upínacích ploch beranu a stolu. Hodnota sešikmení je úměrná síle, proto je pro tyto lisy zaváděn doplňující ukazatel tuhosti, tzv. úhlová tuhost

$$T_\gamma \text{ [kN/radian]}.$$

Lisy pro plošné tváření mají tuhost mnohem nižší než lisy pro objemové tváření. Malá tuhost zhoršuje využití lisu, snižuje životnost nástrojů, zapříčiňuje velké energetické ztráty a intenzivní opotřebení jednotlivých součástí lisu. Z praxe je známo, že životnost tvarovacích nástrojů při práci na lisech s otevřeným stojanem tvaru C je zhruba poloviční proti práci na lisech s uzavřeným stojanem tvaru O.

Pro jednostojanové lisy se uvádí tuhost pracovního prostoru v průměru

$$T = 6,3 \sqrt{F_j} \text{ [N.m}^{-1} \text{]} \quad \text{a} \quad T_\gamma = (6 - 8) \sqrt{F_j} \cdot 10^3 \text{ [kN.rad}^{-1} \text{]}$$

Pro stroje pro objemové tváření je vyžadována větší tuhost např. pro kovací lisy je to

$$T = 17 \sqrt{F_j} \quad (F_j \text{ je jmenovitá síla lisu}).$$

Tuhost má kromě vlivu na životnost nástrojů také vliv na odpory proti smykovému tření, na přesnost rozměrů výrobku aj.

2. HYDRAULICKÉ LISY

Hydraulické lisy pracují na základě poznatku o rovnoměrném šíření tlaku všemi směry (Pascalův zákon).

Porovnání s mechanickými lisy:

- je možné konstruovat na síly až 10^3 MN
- velikost pracovního zdvihu se dá nastavit libovolně z celkového zdvihu beranu
- rychlost pohybu beranu lze nastavit podle potřeby v rozmezí $v = 0$ až $0,25$ m/s
- možnost plynule regulovat rychlost
- jednoduchá a rychlá rezervace pohybu beranu
- možnost mechanizace a automatizace pracovního cyklu a pomocných operací
- možnost odebrání maximální síly v libovolném zdvihu
- možnost docílení konstantního tlaku a konstantní rychlosti beranu

Určité nevýhody hydraulických lisů ve srovnání s mechanickými lisami jsou tyto:

- větší složitost konstrukce pohonu
- horší účinnost
- pomalejší chod beranu a tím menší výrobnost stroje
- obtížnější možnost zjišťování poruch
- složitější údržba
- vyšší pořizovací náklady při stejné jmenovité síle – až o 30 %

U moderních strojů se některé nedostatky podařilo eliminovat použitím nových hydraulických prvků a proto se tyto stroje stále více rozšiřují.

Podle uložení hydromotoru lze hydraulické lisy rozdělit na

- 1) Svislé $\Rightarrow$ s nahoře uloženým pracovním válcem
 $\Rightarrow$ s dole uloženým pracovním válcem
- 2) Vodorovné
- 3) Kombinované

Podle konstrukce lisu mohou být lisy : - stojanové
- rámové
- sloupové
- skříňové

Hydraulický pohon → nastavení velikosti sil
pohyb pracovních mechanismů
rychlost pohybu

Mechanismy pohonu lze rozdělit na :

- **Mechanismy s přímým pohonem**
Sériové nebo sérioparalelní řazení hydraulických prvků s hydrostatickým generátorem
- **Mechanismy s nepřímým pohonem**
Sériové nebo sérioparalelní řazení hydraulických prvků s hydrostatickým generátorem a akumulátorem
- **Mechanismy s kombinovaným pohonem**
Kombinace např. dvou generátorů, multiplikátoru a generátoru, kombinace multiplikátoru, akumulátoru a generátoru aj.

Přímý pohon - tlaky do 20 MN
- vhodné pro programové řízení
- větší uplatnění

Nepřímý pohon - pro velké lisovací rychlosti
- pro velké jmenovité síly u pomaluběžných lisů

Kombinovaný pohon - pro velké jmenovité síly , použití multiplikátoru, pulsátoru (multiplikátor s klikovým mechanismem)

Tlakové médium - vodní emulze nebo olej

Emulzní kapaliny - dostupnost, nehořlavost, nízká cena

Olej je vhodný pro malé tvářecí jednotky, možnost použití rychloběžných pístových čerpadel a šoupátkového rozvodu - dopravované médium slouží i jako mazivo. Jeho viskozita je však závislá na teplotě.

VÝHODY:

- Rychlost beranu $v = 0 - 0,25 \text{ m/s}$
- Malá tvářecí rychlost – nedochází k intenzivnímu zpevnění
- Jsou vhodné pro hluboké tažení – malá rychlost (nebezpečí utržení dna)
- Jsou vhodné pro lisování kovových prášků, příp. keramiky
- Nižší rychlost se dá lépe regulovat, lze sledovat tvářecí proces

- Hydraulický lis nelze přetížit – nepotřebuje žádné pojistky proti přetížení
- Lze průběžně měřit tvářecí sílu
- Síla lisu potřebná na tváření závisí na přetvárném odporu tvářeného materiálu
- Pracují klidně, bez hluku a otřesů (ne však čerpadla a ventily)
- Nepotřebují velký základ, jsou jednoduché na obsluhu, lze je poměrně snadno mechanizovat a automatizovat

NEVÝHODY:

- Menší výkon – menší produktivita (nutno zkrátit vedlejší časy)
- Nejsou vhodné pro zápusťkové kování malých výkovků – chladnutí
- Nutno přesně stanovit tvářecí sílu, jinak by lis nestačil na vylisování
- Nemají pevnou spodní úvrat' – výšku je nutno regulovat zarážkou

3. BUCHARY

Buchary se řadí mezi stroje, u kterých se deformační práce získá přeměnou kinetické energie, nahromaděné v padajících částech stroje.

Buchary je možno rozdělit na buchary šabotové a na buchary bezšabotové protiúderové. U protiúderových bucharů nahrazuje šabotu spodní beran, který se pohybuje proti hornímu beranu. Šabotové buchary mají šabotu uloženou v základu stroje nezávisle vzhledem ke stojinám pro vedení beranu, takové buchary slouží pro volné kování. Šabotové buchary se šabotou pevně spojenou se stojinami a protiúderové buchary jsou vzhledem k dobrému vedení beranu vhodné pro zápusťkové kování.

Podle dopadové rychlosti beranu lze rozlišit buchary pracující s běžnou kovací rychlostí $v = 4$ až $8 \text{ [m.s}^{-1}\text{]}$ a buchary pracující se zvýšenou rychlostí $v = 20$ až $60 \text{ [m.s}^{-1}\text{]}$.

Běžných kovacích rychlostí lze docílit volně padajícím beranem. Např. volnému pádu beranu z výšky 1 až 2 m odpovídá dopadová rychlost 4,5 až $6 \text{ [m.s}^{-1}\text{]}$. Větších dopadových rychlostí se docílí urychlením padajícího beranu přídatnou silou.

Velikost a pracovní schopnost bucharů je udávána **prací (energií)**, kterou vykoná beran bucharu při jediném nejsilnějším úderu. Tato práce se nazývá rázová nebo úderová práce bucharu.

Schéma padacího bucharu je na obr. 3.

Pro úderovou práci platí: $A = \eta_0 \cdot G \cdot H$ [J]

kde G – hmotnost beranu (padajících částí) [kg]

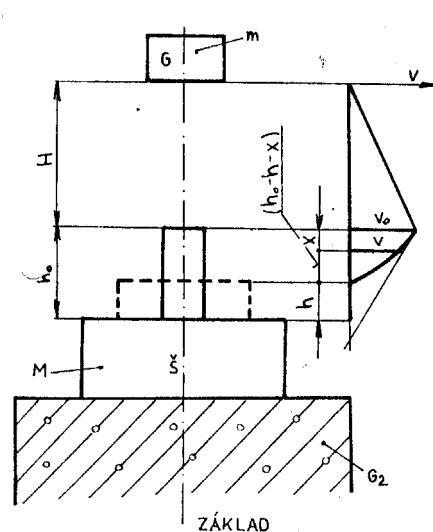
H – výška pádu [m]

η_0 – účinnost $\eta_0 = \frac{v_0^2}{v_t^2}$

v_0 – skutečná měřená rychlost při dopadu beranu

v_t – teoretická rychlost volného pádu.

Úderovou práci je možno určit: $A = \frac{1}{2} \cdot \frac{G}{g} \cdot v_0^2$



OBŘ. 3.

Rychlost beranu roste až do okamžiku styku s tvářeným materiálem, po úderu rychlost beranu klesá až na nulu přibližně podle paraboly. Okamžitou rychlost $\underline{v}$ je možno stanovit z rovnice

$$v^2 = \frac{v_0^2}{h_0 - h} \cdot (h_0 - h - x)$$

kde x je vzdálenost od místa styku beranu s tvářeným materiálem, ve které se rychlost počítá (obr. 3).

Označí-li se hmotnost beranu $\underline{m}$, hmotnost šaboty M (obr. 1), rychlost dopadu beranu v_0 , šabota má rychlost nulovou, pak za předpokladu, že společná rychlost po rázu je $\underline{v'}$, je možno určit tzv. „šabotovou ztrátu“ při úderu.

Hybnost před rázem = hybnost po rázu, tj. $m \cdot v = (M + m) \cdot v'$

z toho $v' = \frac{m \cdot v}{M + m}$

Energie před úderem je $E_1 = \frac{1}{2} m v^2$.

Energie ztracená pohybem šaboty $E_2 = \frac{1}{2} (M + m) v'^2$

Využitá energie je $E_v = E_1 - E_2$

Účinnost = $\frac{\text{využitá energie}}{\text{původní energie}} = \frac{E_1 - E_2}{E_1} = 1 - \frac{E_2}{E_1}$

$$\eta = 1 - \frac{\frac{1}{2} v'^2 (M + m)}{\frac{1}{2} v^2 \cdot m} \text{ dosazením za } v' = \frac{m \cdot v}{M + m}$$

$$\eta = 1 - \frac{m}{M+m} = \frac{M}{M+m}$$

Tento vztah platí pro případ, že stlačovaná tělesa jsou dokonale plastická a nedochází ke zpětnému odrazu. Vzhledem k tomu, že tělesa nejsou dokonale plastická a ani kovaný materiál není ideálně plastický, rovněž nástroje jsou pružné, nastane částečný odraz, představující další ztráty. Do výpočtu šabotové ztráty se zavádí součinitel rázu $k = 0,25$ až $0,35$.

Účinnost pak bude se zřetelem na součinitel rázu:

$$\eta = \frac{M}{M-m} (1-k^2).$$

Poměr hmotnosti beranu a šaboty se volí pro volné kování $\frac{M}{m} = 10$ až 15 ,

pro zápustkové kování je $\frac{M}{m} = 20$ až 25 .

Šabota je uložena na betonovém základu, jehož hmotnost bývá přibližně 80 až 120 krát větší než hmotnost beranu.

Hmotnost základu lze také stanovit ze vztahu

$$G_2 = 75 \cdot G \left(\frac{v_0}{v_s} \right)^2 \quad [t]$$

kde v_0 – je úderová rychlost beranu $[m.s^{-1}]$

v_s – je rychlost srovnávací – $5,6 [m.s^{-1}]$.

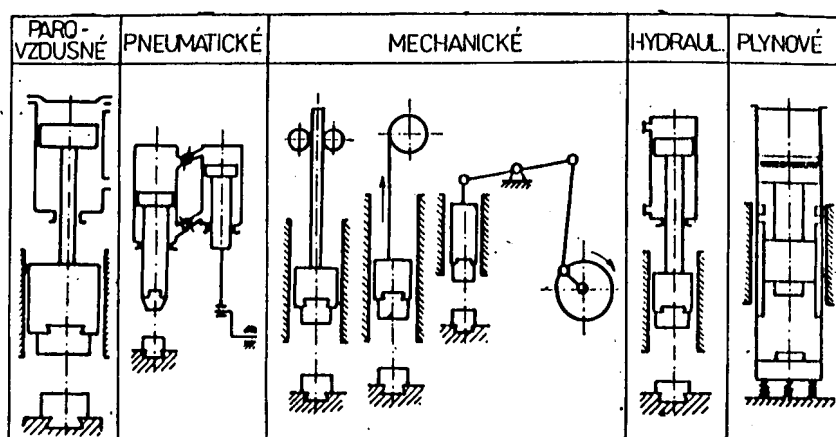
Podle způsobu práce je buchary možno rozdělit na buchary jednočinné a dvojčinné. U jednočinných bucharů se pohyb pohyblivých částí vyvozuje hmotností padajících částí, nahoru jsou pohyblivé části zdvihány parou, vzduchem, kapalinou, plynem, elektromotorem. K jednočinným bucharům patří některé parovzdušné, hydraulické a část mechanických bucharů.

U dvojčinných bucharů pohyb i směrem dolů vyvozuje nejen hmotnost pohyblivých částí, ale i energie páry, vzduchu, plynu, kapaliny, elektrické energie nebo pružiny. Proto energie rázu dvojčinných bucharů je větší proti jednočinným při stejné hmotnost padajících částí a padací výšce. Ke dvojčinným bucharům patří část parovzdušných, pneumatických, mechanických, hydraulických a všechny buchary vysokorychlostní.

Podle typu šablony lze buchary rozdělit na buchary s pevnou šabotou, s odpruženou šabotou a bezšabotové buchary.

V současné době jsou ještě stále buchary používány pro volné i zápustkové kování, i když jsou postupně nahrazovány kovacími lisami. V porovnání s klikovými lisami jsou buchary univerzálnější, dají se na nich provádět i pomocné operace. Při kování na bucharu je čas styku nástroje s výkovkem při jednom úderu 20 až 30 x menší než na lisu, což má vliv na životnost nástrojů. Další zvláštností bucharu je, že tvářený materiál zatéká lépe proti směru a ve směru rázu, málo však do šířky. Proto výkovky výškově členité a složitých tvarů je výhodnější kovat na buharech. Při porovnání s klikovými lisami vyplývá, že při menším vytížení zařízení než 40 % je výhodnější ve výrobě s malými sériemi používat buchary. Použití lisů je aktuální ve středně a velkosériové výrobě při kování výkovků malé a střední hmotnosti.

Druhy bucharů:



Buchary pneumatické

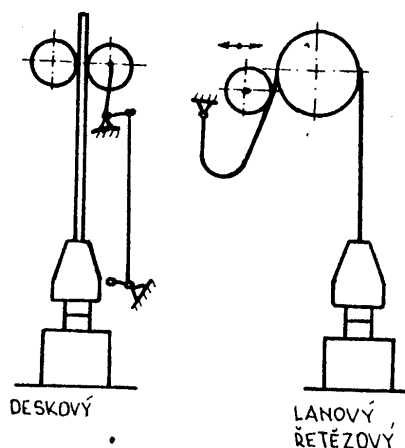
Pneumatické, nebo také kompresorové, buchary mají vlastní kompresor a jsou nezávislé na centrálním rozvodu vzduchu. Používají se převážně pro volné kování a přechování za tepla.

Buchary mechanické

Mechanické buchary tvoří skupinu bucharů, které jsou poháněny elektromotory a energie se z elektromotoru přenáší mechanickými přenosovými mechanismy.

Patří sem pružinové buchary, deskové padací buchary, řemenové padací buchary, řetězové buchary a lanové buchary. Nejrozšířenější jsou pružinové a padací buchary. Výška zdvihu řetězových, řemenových a deskových bucharů je nastavitelná jen tehdy, když stroj není v chodu. Za chodu stroje nelze ani měnit velikost jednotlivých úderů. Proto se tyto buchary používají na zápusťkové kování, při kterém není třeba během práce měnit velikost úderu.

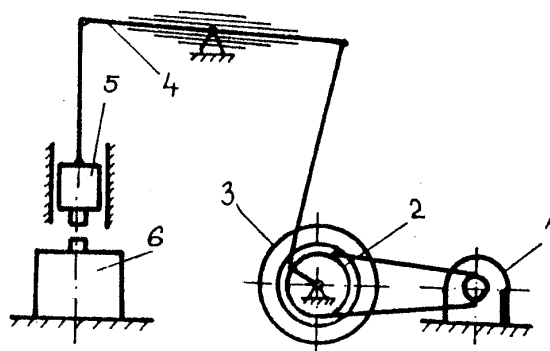
Základní principy bucharů jsou na obr. 4.



OBR. 4

Pružinové buchary

U pružinových bucharů beran pohání klikový mechanismus. Mezi klikový mechanismus a beran je vložen pružný člen – (listové pružiny) - obr. 5.



OBR. 5

a) Řemenové padací buchary

Tyto buchary se v minulosti velmi často používaly pro jejich jednoduchost, nízkou cenu a malé nároky na údržbu. Jejich nevýhodou však je rychlé opotřebení řemenu jako zdvihacího orgánu. v současné době se tyto buchary už téměř nevyrábí. Hmotnost padajících částí u těchto bucharů bývá až 2500 kg.

b) Deskové padací buchary

Pracovní částí těchto bucharů se skládají z beranu, desky upevněné na beranu pomocí klínu, stojanu, šaboty a zdvihacího mechanismu (obr.4).

Deska je uložena mezi dvěma nebo čtyřmi kladkami. Dvě kladky jsou hnací a dvě přítlačné. Při otáčení hnacích kladek elektromotorem a po přitlačení přítlačných kladiček na hnací kladky, vzniknou mezi kladkami a deskou třecí síly, které desku a tím i beran zdvihají do horní polohy. Po uvolnění přítlačných kladiček beran s deskou padají dolů.

Tyto buchary se vyrábějí s hmotností beranu 500 až 2500 kg.

d) Řetězové padací buchary

Použití těchto bucharů je nejvýhodnější při kování ve vícedutinových zápustkách. Řetěz, který je pružně spojen s beranem, eliminuje možnost zlomení pístní tyče.

Bucharý hydraulické

Nositel energie u hydraulických bucharů je kapalina. Nejčastěji se používá vodní emulze a minerální olej. Hydraulické buchary se vyrábí jako jednočinné i dvojčinné.

Bucharý plynové

U těchto bucharů se používá jako zdroje energie stlačený plyn. Rychlost beranu se docílí až 200 m.s^{-1} .

Protiběžné buchary

Dva berany, horní 1 a spodní 2, se pohybují proti sobě (obr. 6). Kinetická energie protiběžných bucharů je dána vztahem:

$$E = \frac{m_1 \cdot v_1^2}{2} + \frac{m_2 \cdot v_2^2}{2}, \text{ kde } m_1, m_2 \text{ jsou hmotnosti beranů}$$

v_1, v_2 jsou rychlosti beranů v momentě úderu.

Aby tváření proběhlo v rovině dotyku nástroje, je nutno dodržet podmínku

$$m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot v_2 = m \cdot v$$

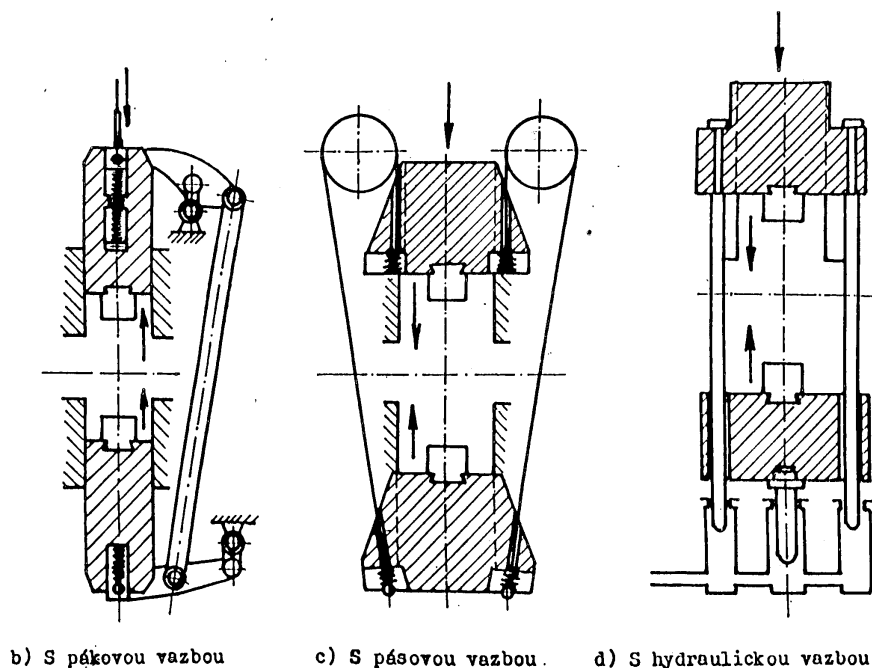
Je-li $m_1 = m_2$ a $v_1 = v_2$, je pak kinetická energie bucharu $E = m \cdot v^2$

Při setkání obou beranů má každý beran rychlost $\underline{v}$. Úderová práce je dána součtem energie obou beranů. Protože, $G_1 = G_2 = G$ bude úderová práce

$$A = \frac{G}{g} \cdot v^2. \text{ Úderová rychlost bývá asi } 3 \text{ m.s}^{-1}, \text{ takže}$$

$$A = \frac{G}{10} \cdot 9 = 0,9 G.$$

Úderová práce se tedy přibližně rovná hmotnosti jednoho beranu (Pozor! Jen číselně)



OBR. 6 Protiběžné buchary

V praxi při použití pásové vazby bývá hmotnost spodního beranu o 10 až 20 % větší než hmotnost horního beranu. Rychlost obou beranů je stejná. Pak $m_2 \cdot v > m_1 \cdot v$, tzn. že dolní beran má v okamžiku rázu větší hybnost, což se využívá právě u bucharů s mechanickou pásovou vazbou na odlehčení pásů během úderu. Po úderu vlivem větší hmotnosti spodního beranu dochází k otevření pracovního prostoru.

4. MECHANICKÉ LISY

Mechanické lisy jsou nejpoužívanější tvářecí stroje pro různé tvářecí operace. Tyto lisy mají velkou výrobnost, jsou poměrně jednoduché, avšak z technologického hlediska je nevýhoda, že maximální tvářecí sílu lze odebrat až těsně před dolní úvratí, dále je nebezpečí přetížení stroje, obtížné tváření velkou silou po delší dráze, nevýhodný průběh rychlosti aj. S ohledem na tyto nedostatky jsou však stroje v provozu nejvíc využívány. Lis ale může být zatížen jen takovou silou, která nepřevyší jmenovitou sílu. Aby se předešlo porušení strojů při přetížení, používá se různých pojistek proti přetížení.

Mechanické lisy je možno rozdělit podle mechanismu použitého k přenosu energie na:

- klikové
- kolenové
- vačkové
- klínové

Podle velikosti se dělí na - lehké – jmenovitá síla $F_j < 500 \text{ kN}$
 - střední – $F_j = 500 \text{ až } 5000 \text{ kN}$
 - těžké – $F_j > 5000 \text{ kN}$

Dále se mohou dělit podle druhu stojanu na lisy s otevřeným (tvar C), uzavřeným (tvar O) nebo sloupovým stojanem.

Podle počtu ojníc se lisy dělí na jednobodové, dvoubodové nebo čtyřbodové.

4.1 KLIKOVÝ MECHANIZMUS

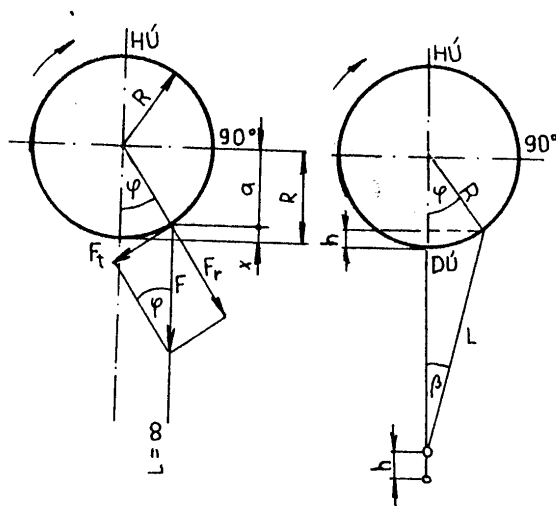
Klikový mechanismus je nejpoužívanější mechanismus u tvářecích strojů. Pro pracovní zdvih lze využít nejvýše jednu čtvrtinu otáčky klikového hřídele, v rozmezí úhlu $\varphi = 0^\circ$ až 90° .

Pro zjednodušení výpočtu je možno uvažovat nekonečně dlouhou ojnici. Síla na beranu je pak dána vztahem

$$F = \frac{F_t}{\sin \varphi} \quad (\text{obr. 7}).$$

Hřídel lisu může přenést určitý krouticí moment. Stojan lisu může přenést rovněž určitou sílu $F_{\max}$ rovnou jmenovité tvářecí síle. Tyto dvě podmínky určí závislost síly F na zdvihu beranu. Ze vztahu $M_k = \text{konst.} = F_t \cdot R \text{ [Nm]}$

$$\text{plyne} \quad F = \frac{M_k}{R \cdot \sin \varphi} \quad [\text{N}]$$



OBR. 7

Nahradí-li se $\sin \varphi$ ze vztahu $\cos \varphi = \frac{a}{R}$

$$\sin^2 \varphi = 1 - \cos^2 \varphi = 1 - \frac{a^2}{R^2}$$

$$\text{potom } F = \frac{M_k}{\sqrt{R^2 - a^2}} \quad a = R - x$$

$$F = \frac{M_k}{\sqrt{2Rx - x^2}} \quad [\text{N}]$$

Pracovní dráha $\underline{x}$, na které může být dosaženo maximální síly, se určí ze vztahu:

$x = R (1 - \cos \varphi) = \frac{Z}{2} (1 - \cos \varphi) \quad [\text{mm}]$, kde $\underline{Z}$ je celkový zdvih klikového lisu, u výstředníkových lisů se bere aritmetický průměr z nejmenšího a největšího zdvihu

φ - úhel před dolní úvratí, kdy může být lis zatížen jmenovitou silou (maximální)

R - je poloměr kliky ($R = \frac{Z}{2}$)

Pro $\varphi = 30^\circ$ je $x = 0,067 Z$
- obvykle lisy o jmenovité síle do 1600 kN

pro $\varphi = 20^\circ$ je $x = 0,030 Z$ -
- obvykle lisy o jmen. síle nad 1600 kN

pro $\varphi = 15^\circ$ je $x = 0,017 Z$ - stříhací lisy.

Pro konečnou délku ojnice L se určí okamžitá síla beranu ze vztahu:

$$F = \frac{F_t}{\sin \varphi + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 2\varphi + \dots}$$

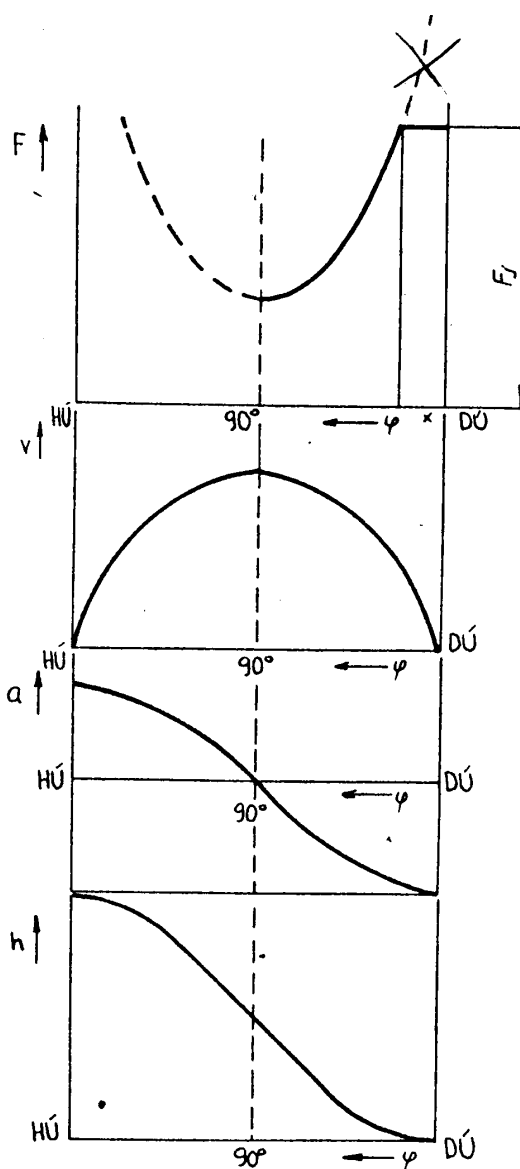
kde $\lambda = \frac{R}{L}$

R - délka ramene kliky

L - délka ojnice

Pro dráhu beranu možno odvodit vztah

$$h = R [(1 - \cos \varphi) + \frac{L}{R} (1 - \cos \beta)]$$



OBR. 8

$$\frac{L}{\sin \varphi} = \frac{R}{\sin \beta}$$

$$L \cdot \sin \beta = R \cdot \sin \varphi$$

$$\sin \beta = \frac{R}{L} \cdot \sin \varphi = \lambda \cdot \sin \varphi$$

po úpravě:

$$h = R \left[(1 - \cos \varphi) + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin^2 \varphi \right]$$

Rychlost beranu se obdrží derivováním dráhy:

$$v = R \cdot \omega \left(\sin \varphi + \frac{\lambda}{2} \sin 2\varphi \right)$$

Druhou derivací dráhy se obdrží zrychlení beranu

$$a = R \cdot \omega^2 \left(\cos \varphi + \lambda \cdot \cos 2\varphi \right)$$

Průběh síly, rychlosti a zrychlení v závislosti na úhlu otočení kliky je na obr. 8.

4.2 Pojistná zařízení mechanických tvářecích strojů

Aby se zvýšila bezpečnost práce obsluhy a předešlo se ztrátám výrobní kapacity tím, že tvářecí stroj byl pro poruchu nebo havárii odstaven z provozu, vybavují se stroje různými druhy pojistných zařízení. Podle účelu, kterému slouží, je možno pojistky rozdělit na :

- pojistky funkční
- pojistky zvyšující bezpečnost obsluhy
- pojistky jistící stroj proti přetížení

Funkční pojistky zajišťují správnou činnost stroje a jeho mechanismů i při seřizování. Je to např. napěťové nebo proudové chrániče, tachodynamo, které hlídá počet otáček elektromotoru, nebo tlakový spínač, který hlídá tlak vzduchu aj.

Pojistky zvyšující bezpečnost obsluhy mají chránit obsluhu před úrazem. Jsou to např. ochranné kryty pevné nebo pohyblivé, nebo bezdotyková clona (přerušení světelného paprsku v pracovním prostoru) aj. Nejlepší ochrannou je ale automatizovaný provoz. Pokud se použijí kryty v pracovním prostoru, musí být průhledné, u pohyblivých krytů musí být malá uzavírací síla, rychlost pohybu krytu bývá 2x větší než rychlost pohybu beranu. Při použití ochranné mříže musí být mříž uzavřena a hlídána koncovým spínačem, jinak stroj nelze spustit. U

strojů, kde je nebezpečí roztržení nástroje, používá se kryt plný, který má v sobě průhled (plexisklo, mřížka). U velkých lisů, kde je nebezpečné zdržovat se poblíž pracovního prostoru, jsou zabudovány nášlapné plošiny. Pokud je plošina zatížena, stroj nejde spustit.

Pojistky jistící stroj proti přetížení jsou dvojího druhu:

- a) pojistky proti překročení kroutícího momentu M_k
- b) pojistky proti překročení jmenovité tvářecí síly F_j

Stroje bývají většinou poškozeny tím, že se do nástroje vloží větší materiál než odpovídá možnostem stroje, nenadálým zvýšením deformačního odporu vkládaného materiálu, např. snížením teploty výkovku a konečně změnou pracovních podmínek otupením nebo poruchou nástroje, zadřením kluzných ploch stroje aj. K přetížení dochází obvykle při takových tvářecích operacích, které vyžadují největší síly na konci pracovního zdvihu před dolní úvratí. Protože přetížení se projevuje nadměrným zvětšením $\underline{M_k}$ nebo $\underline{F_j}$, vybavují se tyto stroje pojistným zařízením proti překročení $\underline{M_k}$ nebo překročení $\underline{F_j}$ a někdy současně obojím. U menších lisů se používá převážně pojistek proti překročení $\underline{F_j}$, u větších lisů často obou druhů pojistek.

a) Pojistky proti překročení kroutícího momentu

- pojistky střížné a trhací
- pojistky třecí

b) Pojistky proti překročení jmenovité tvářecí síly

Tento druh pojistek tvoří početnou skupinu pojistných zařízení navzájem se lišících provedením i způsobem použití. Jsou to např. střížné a drtící pojistky v beranech, trhací pojistky na ojnicích, pružinové pojistky, hydraulické pojistky, hydraulicko-pneumatické pojistky, pneumatické pojistky, elektrické pojistky.

Střížné, drtící a trhací pojistky musí být po zničení před opětovným spuštěním stroje nahrazeny novými. Ostatní druhy pojistek se samočinně nastaví do funkční polohy, takže nemusí být měněny, jen seřizovány.

4.3 DRUHY MECHANICKÝCH LISŮ

Základní druhy mechanických lisů jsou:

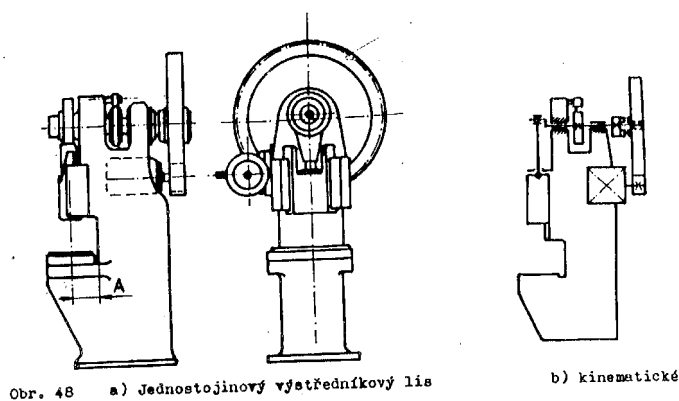
- Výstředníkové lisy
- Tažné lisy
- Lisy se spodním pohonem
- Děrovací a vysekávací lisy

- Ohraňovací lisy
- Kovací lisy
- Kolenové lisy
- Vřetenové lisy

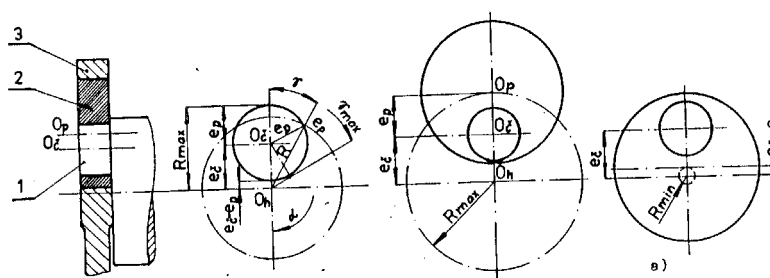
Výstředníkové lisy.

Tyto stroje jsou určeny hlavně pro zpracování plechu. Používají se však i pro protlačování, ražení, nebo ostřihování výkovků (obr. 9).

Lis má otevřený stojan, pohon je elektromotorem, který roztáčí setrvačnick, ve kterém se akumuluje energie. U těchto lisů je použit výstředníkový mechanismus, který umožňuje změnit velikost zdvihu beranu (obr. 10).

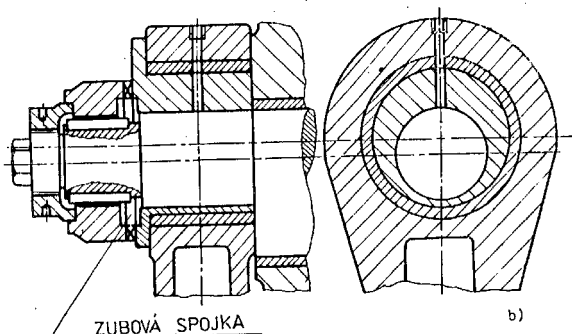


Obr. 9



Obr. 49
Schema přestavování zdvihu výstředníkovým mechanismem

- a) schema přestavování
b) konstrukční provedení

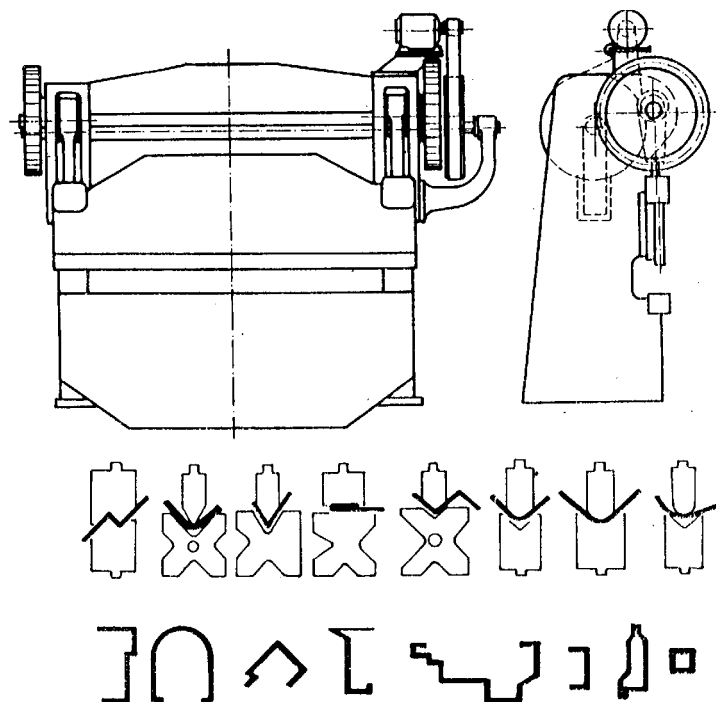


Mechanismus přestavování zdvihu

Obr. 10

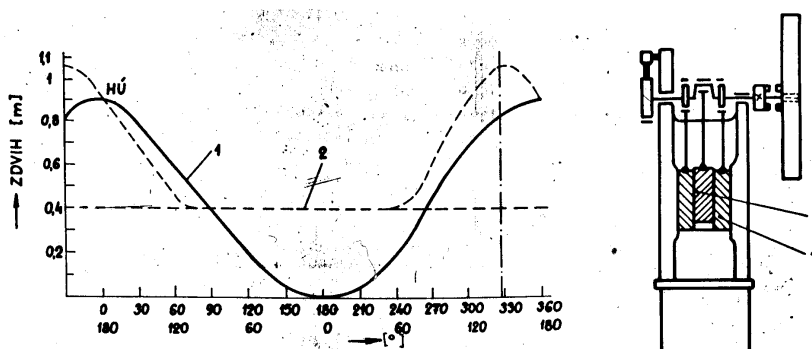
Ohraňovací lisy - mechanické
- hydraulické

Tyto lisy slouží převážně k ohraňování plechů, někdy i k rovnání, ohýbání nebo děrování. Vyrábějí se na nich ocelové zárubně, součásti kovových oken, dveří, rámových konstrukcí aj. Příklady jsou uvedeny na obr. 11.



OBR. 11

Tažné lisy - (obr. 12) - dvojčinnné lisy určeny pro hluboké tažení plechu



OBR. 12

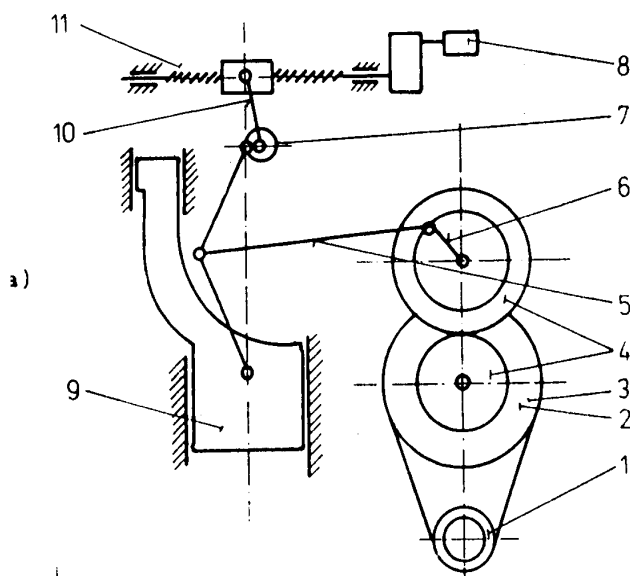
Kolenové lisy (obr. 13)

Jsou určeny pro přesné ražení, kalibrování a rovnání plochých součástí. Jsou zvláště vhodné pro sériovou a hromadnou výrobu jídelních příborů, plaket, medailí, mincí, kancelářských počítačích strojů a j. Lze je vhodně mechanizovat a automatizovat.

Základní konstrukční charakteristika :

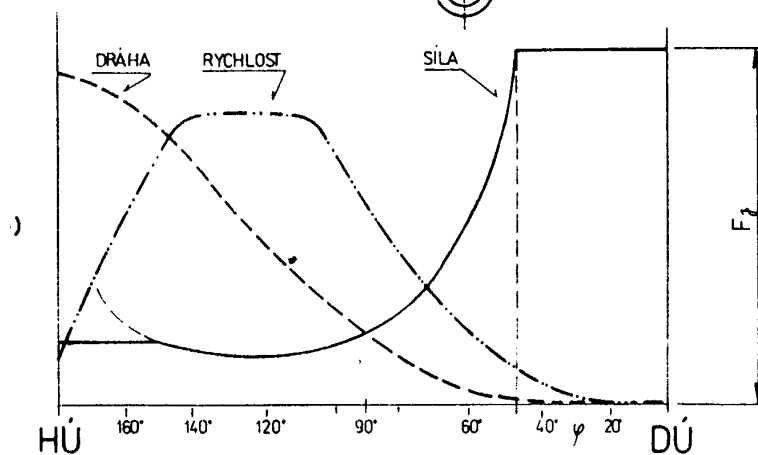
K přenosu síly je použito kolenového mechanismu, kterým lze docílit značných sil při relativně nízkém výkonu hnacího elektromotoru. Zdvih beranu je konstantní sevření je možno měnit, beran je výškově přestavitelný. Stojan se používá uzavřený (tvar O) s velkou tuhostí, obvykle svařovaný.

Kinematické schéma kolenového lisu je na obr. 58 a). Krouticí moment z elektromotoru 1 je přenášén na setrvačnick 2, v němž je vestavěna lamelová spojka.



Na hřídeli setrvačnicku je umístěna i brzda, která je funkčně spřažena se spojkou. Krouticí moment je dále přenášén ozubeným soukolím 4 a klikovým hřídelem s ojnicí 5 transformován na střední čep kolenového mechanismu, který ovládá pohyb beranu. Sevření beranu lze měnit pootáčením šnekového soukolí v beranu ovládaného pomocným elektromotorem nebo natáčením horního opěrného čepu 7, který je uložen výstředně. V beranu je vestavěn horní vyražec, jehož zdvih lze měnit. Pneumatické vyvážení beranu vymezuje vůle

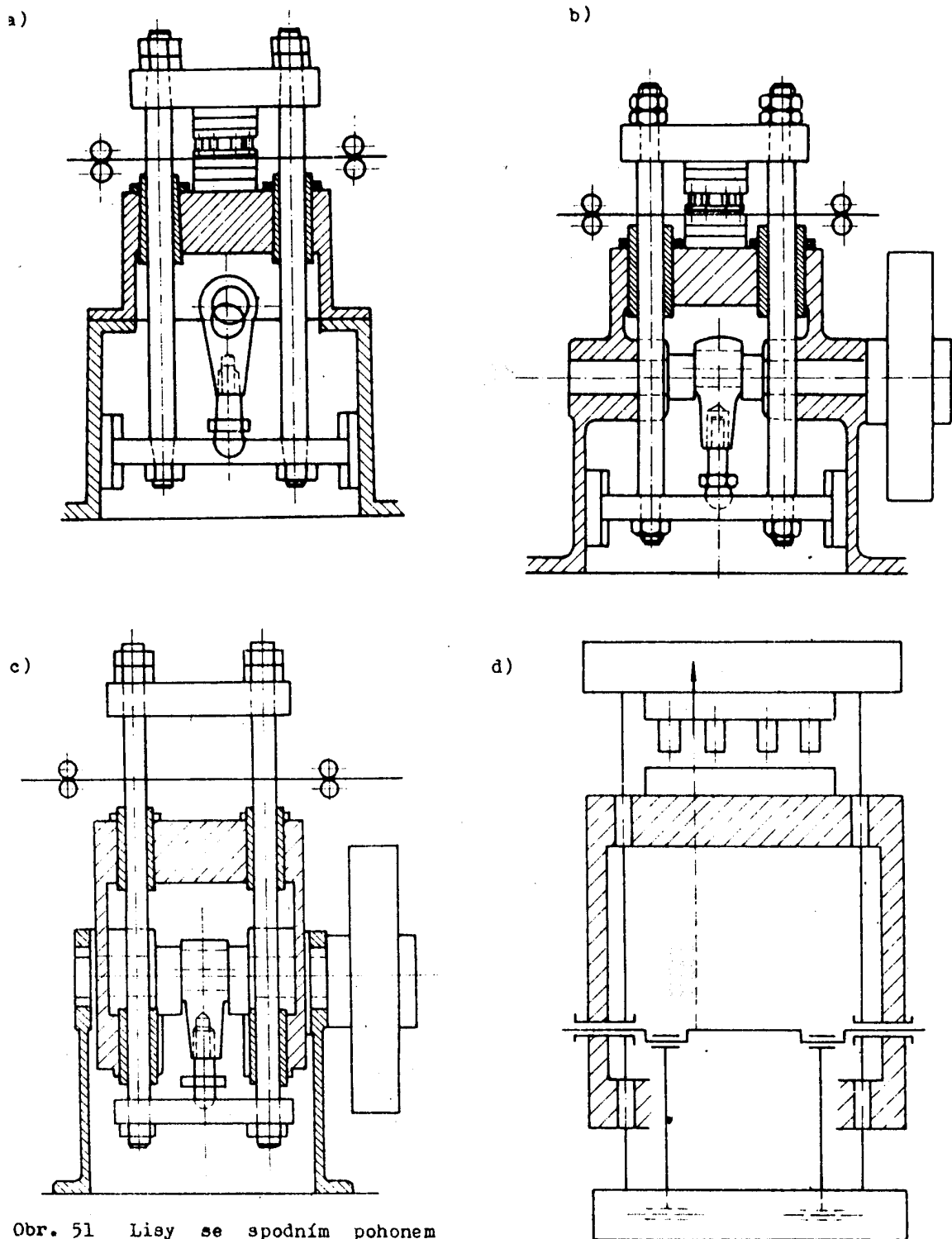
v kloubech kolenového mechanismu. Kolenový mechanismus tvoří soustava desek, přičemž pouzdra jsou z kované bronzi. Ve stole lisu je dolní vyhazovač, který je ovládán pravitkem a táhlem od klikového hřídele.



Obr. 58 Kolenový lis a) kinematické schéma
b) průběh síly, rychlosti a dráhy beranu
v závislosti na úhlu otočení kliky

Proti poškození při přetížení bývají tyto lisy chráněny vzduchovou pojistkou,

Lisy se spodním pohonem - malá tuhost, použití jen pro plošné tváření
 - velký počet zdvihů (obr. 14)

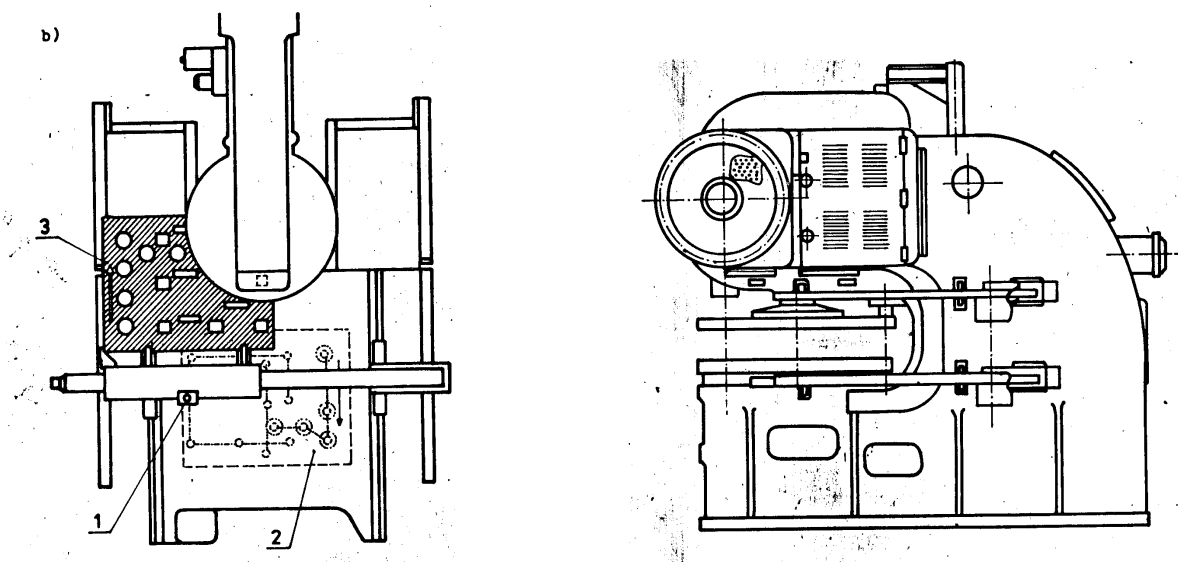


Obr. 51 Lisy se spodním pohonem

- a) s příčně uspořádaným výstředníkovým hřídelem
- b) s podélně uspořádaným výstředníkovým hřídelem
- c) s horním a spodním vedením
- d) výstředné zatížení

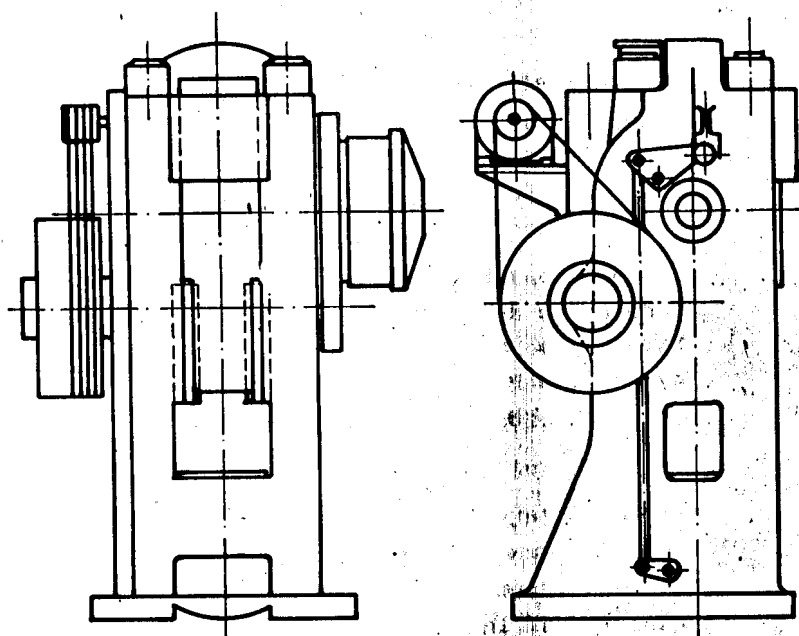
OBR. 14

Děrovací lisy - jsou určeny pro postupné děrování a rozstřihování tabulí plechu. Jsou určeny pro výrobu např. panelů měřicích přístrojů, ovládacích zařízení, základních desek přístrojů aj. (obr. 15).



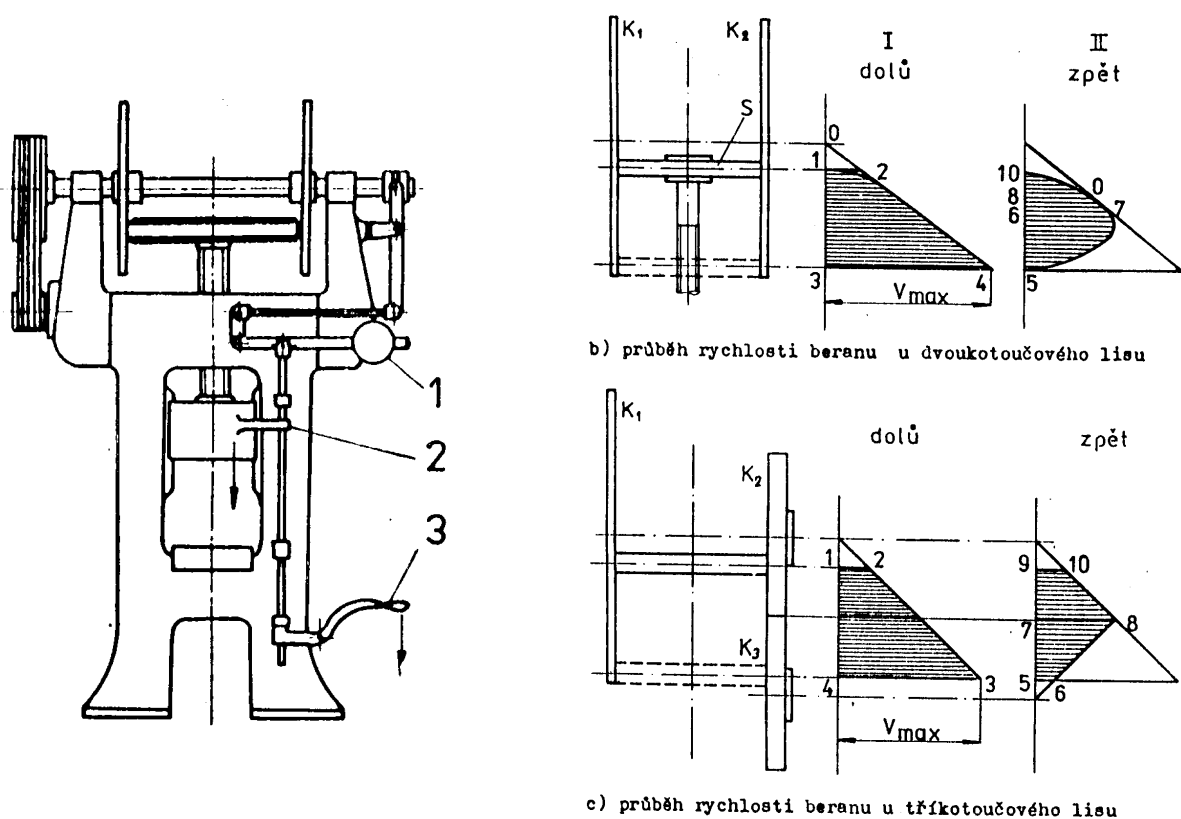
OBR. 15

Kovací lisy - jsou určeny pro zápuskové kování (obr. 16)



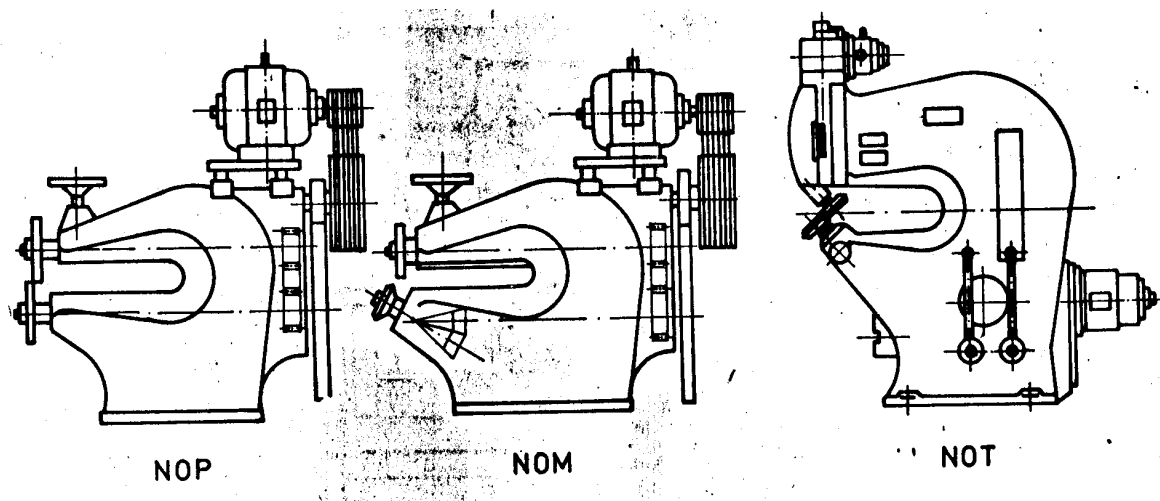
OBR. 16

Vřetenové třecí lisy (obr. 17)



OBR. 17

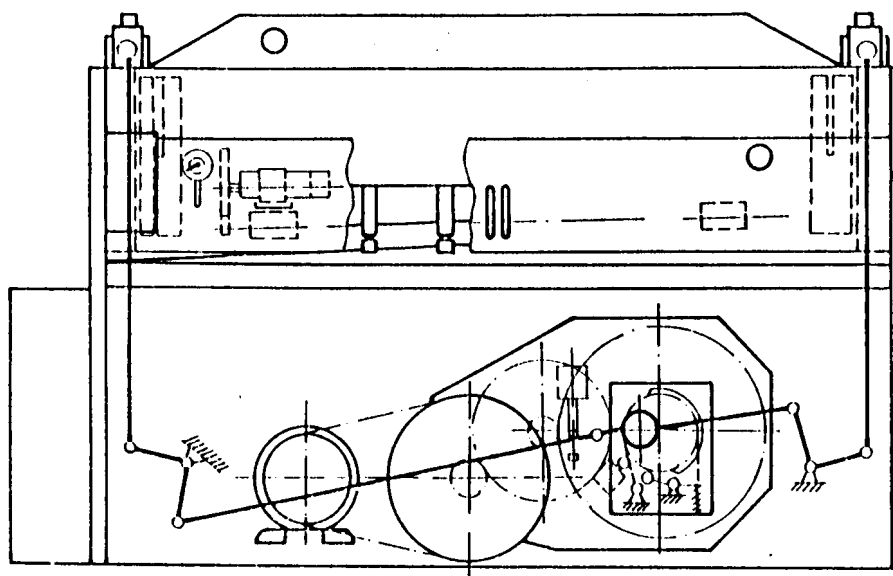
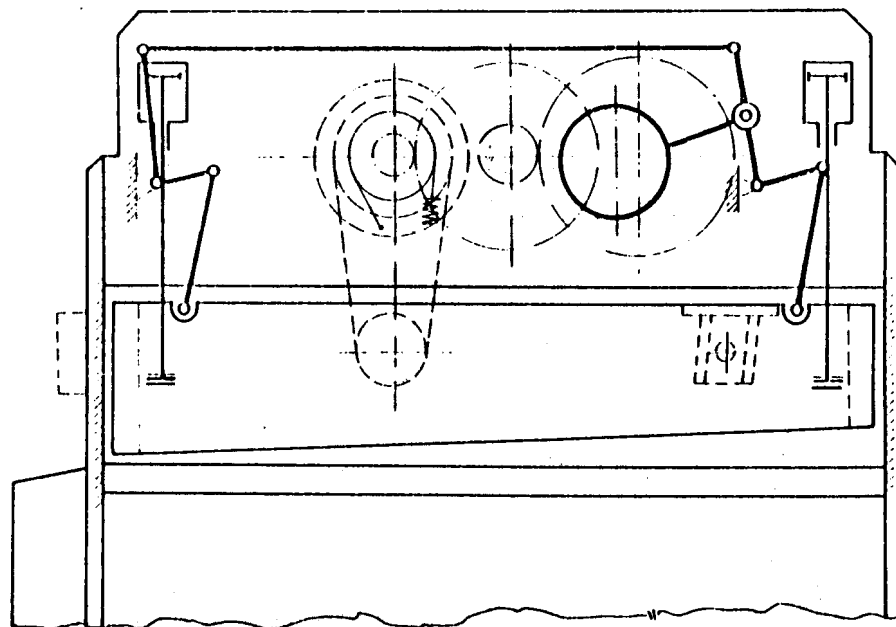
DĚLENÍ MATERIÁLU



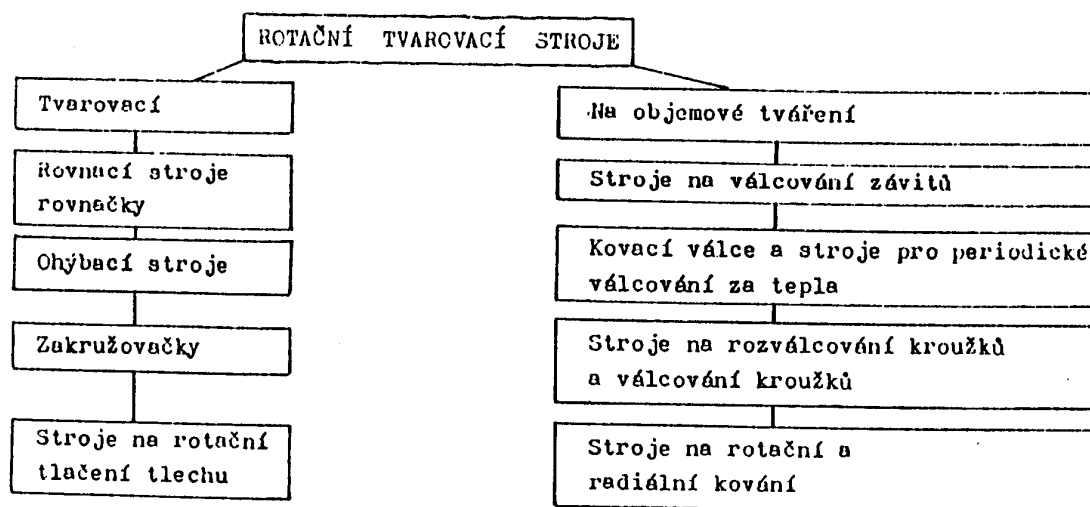
OBR. 18 Nůžky s kotoučovými noži

Tabulové nůžky - s horním pohonem

OBR. 19



Tabulové nůžky - s dolním pohonem



Ohýbačka

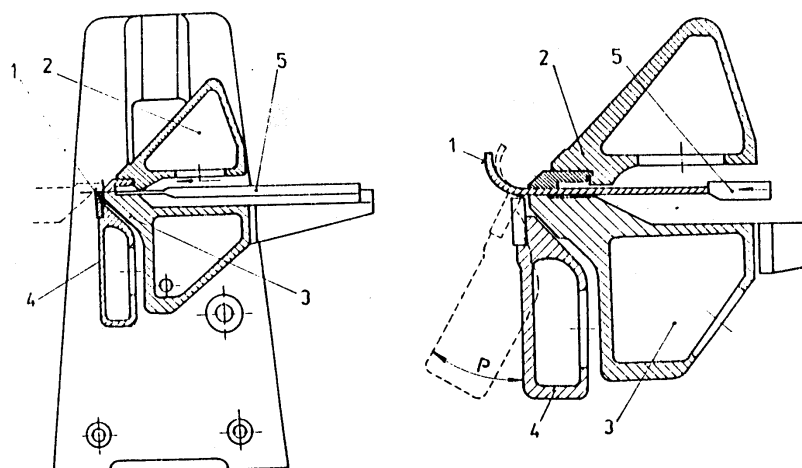
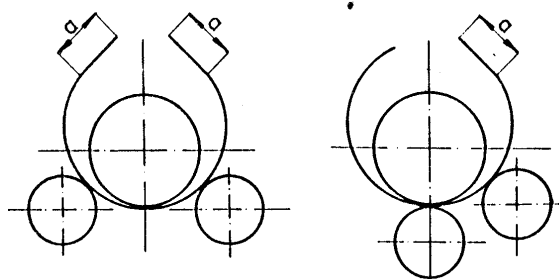
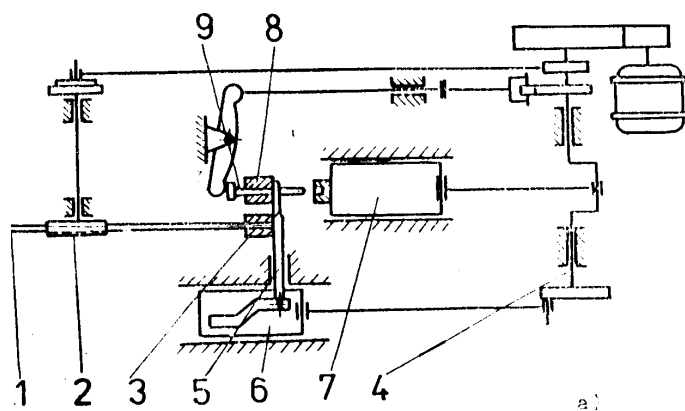


Schéma tříválcové zakružovačky – symetrická a nesymetrická

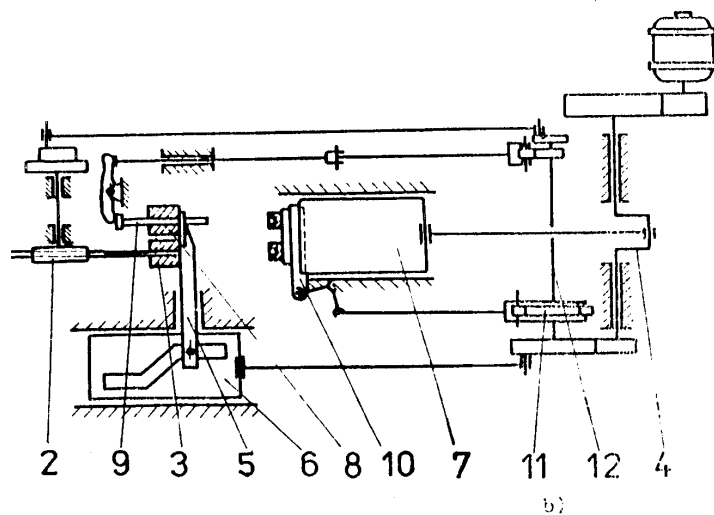


TVÁŘECÍ AUTOMATY

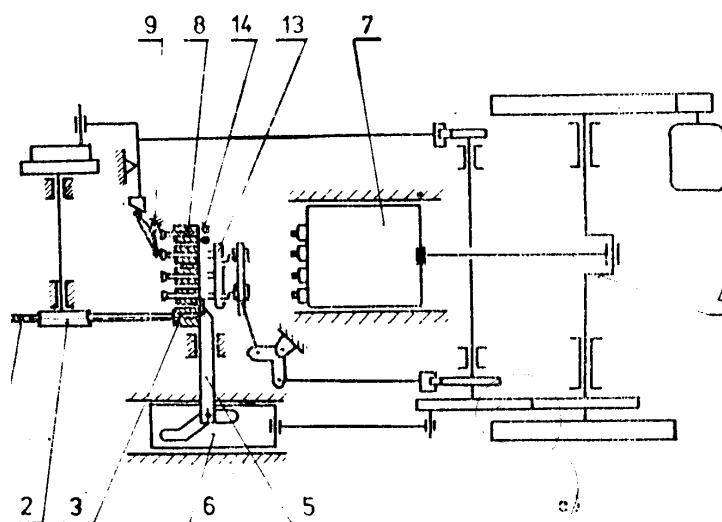
Jednoráz



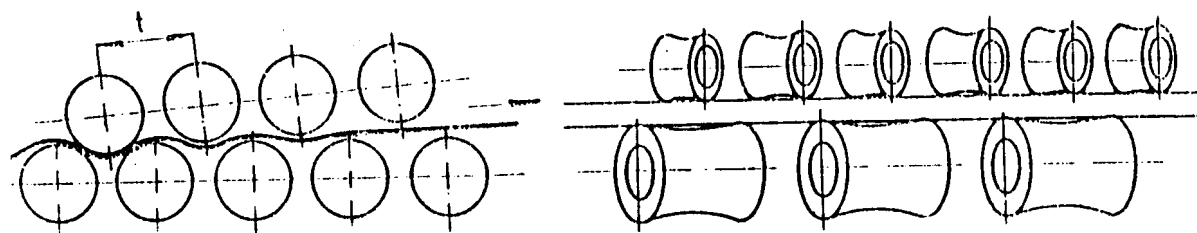
Dvouráz



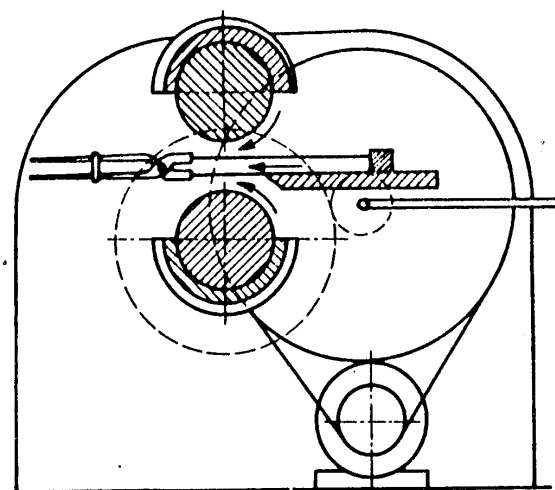
Postupový automat



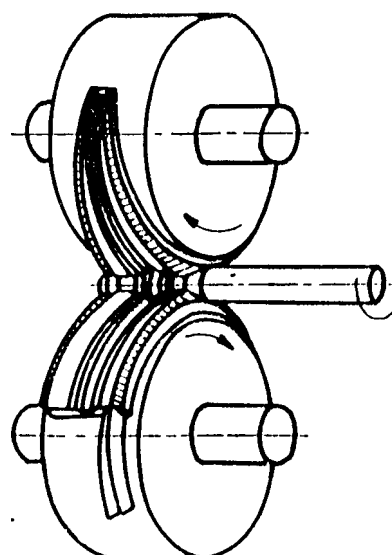
Rovnačí stroje



Kovací válce



Příčné klínové válcování



OBRÁBĚCÍ STROJE

UČEBNÍ TEXTY VYSOKÝCH ŠKOL

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKE
V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

Doc. Ing. Ivan Vavřík, CSc., Ing. Petr Blecha, Ing. Josef Hampl

OBRÁBĚCÍ STROJE

Sylabus přednášek pro distanční studium

**Ústavu výrobních strojů, systémů a robotiky
pro obor Stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu**

1. vydání

2002

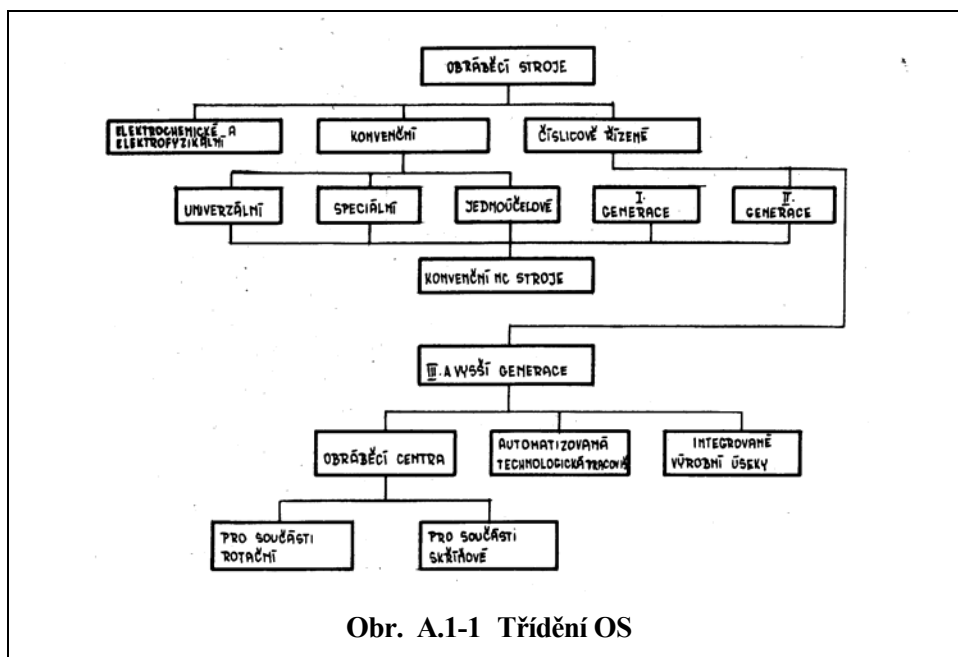
A Úvod

A.1 Základní definice a třídění OS

Pod pojmem „obráběcí stroj“ se rozumí nejrozšířenější druh výrobních strojů.

Definice : „Obráběcí stroj“ je výrobní stroj, který umožňuje dát obrobku žádaný geometrický tvar a jakost povrchu oddělováním materiálu ve formě třísek řezným nástrojem“

Základní třídění obráběcích strojů je na obr. A.1-1



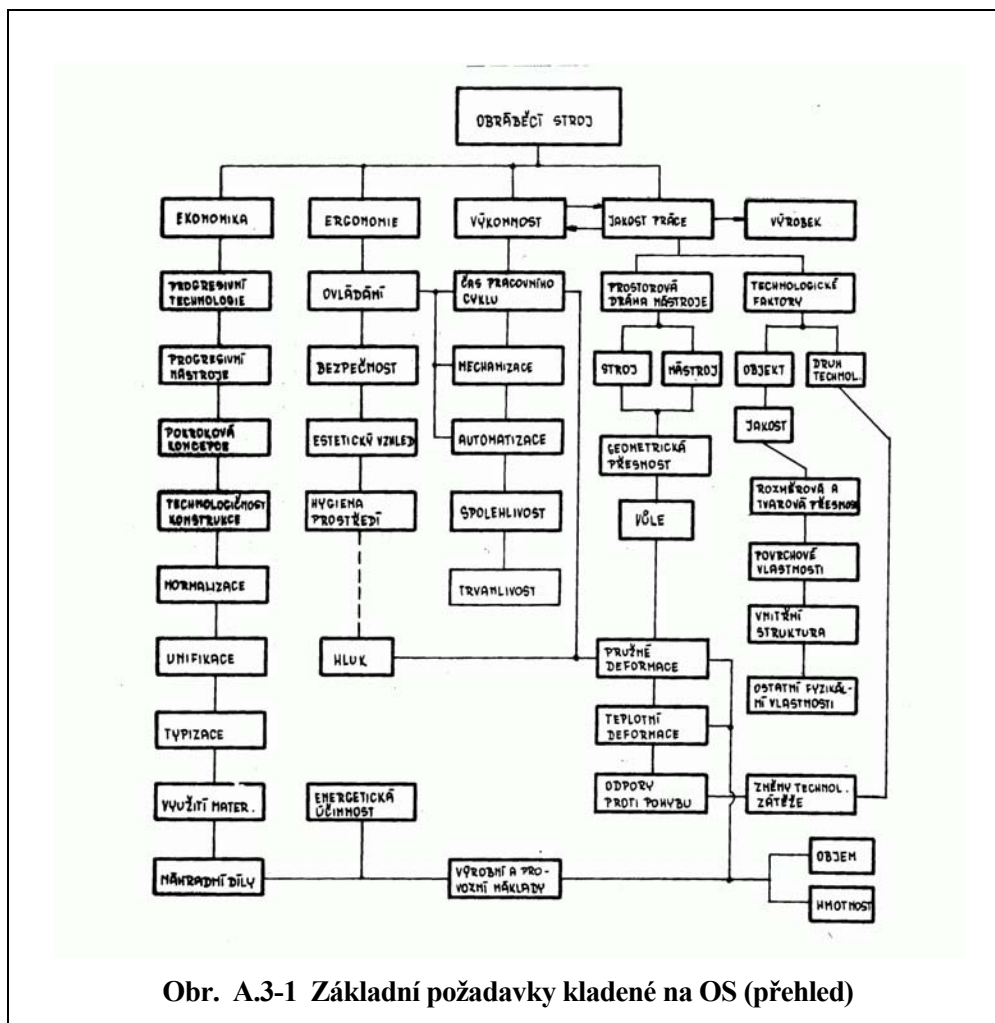
A.2 Rozdělení konvenčních OS

Skupina strojů		obrobky		operace	Příklady	Výroba
		druh	rozměr			
univerzální	široce	různý	různý	různé, odlišné	univerzální soustruh, univerzální bruska, vodorovná vyvrtávačka	kusová sériová
	úzce	různý	různý	příbuzné	vrtačka, produkční soustruh	kusová
speciální		stejný	různý	omezený rozsah	ozubárenské stroje podtáčecí soustruh	kusová neriová hromadná
jednoúčelová		stejný tytéž obrobky	stejný tytéž obrobky	jedna nebo několik stejných	speciální stavebnicové stroje	hromadná

Tab. A.2-1 Rozdělení konvenčních obráběcích strojů

A.3 Požadavky kladené na OS

Přehled základních požadavků, které jsou kladeny na obráběcí stroje jsou uvedeny na obr. A.2-1.



Obr. A.3-1 Základní požadavky kladené na OS (přehled)

A.3.1 Výkonnost

Výkonnost obráběcího stroje je dána velikostí úběru za jednotku času, vyjádřeného objem materiálu (produkční a hrubovací stroje), nebo obrobenou plochou (dokončovací stroje).

Obecně je velikost úběru nepřímo úměrná celkovému času na obrobení dané součástky nebo dané dávky součástek t_c .

Pro t_c platí :

$$t_c = t_h + \sum_i t_{vi}$$

kde t_h je hlavní čas /stroj odebrá třísku (řeže), t_{vi} jsou vedlejší časy (časy kdy stroj „neřeže“ - pro přestavování nástroje vůči obrobku, upínání a odepínání obrobku a nástrojů, proměřování obrobku, údržbu stroje, atd.).

Zvyšování výkonnost znamená snižování obou složek t_c . Minimalizace t_h je omezeno požadavkem aplikace hospodárných řezných podmínek, při kterých proces řezání probíhá hospodárně (např. při minimálních nákladech na obrábění. Snižování jednotlivých složek t_{vi} se řeší automatizací OS.

A.3.2 Jakost práce

Jakost práce je ovlivňována

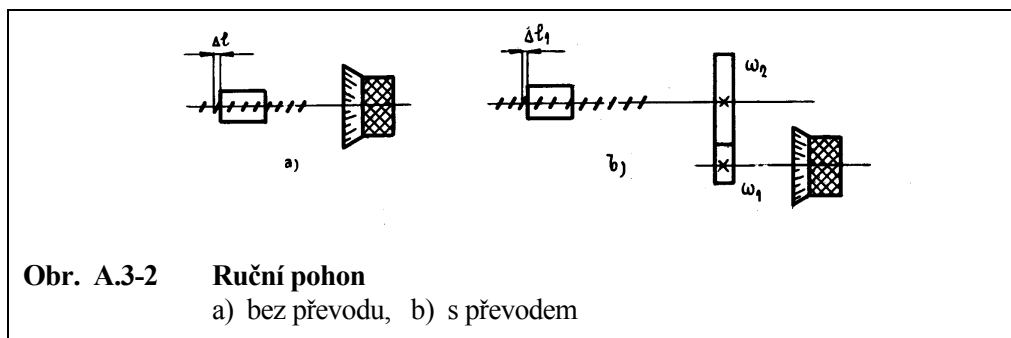
1. přesností relativní dráhy nástroje – geometrickou přesností stroje, přesností nastavování polohy nástroje vzhledem k obrobku (přesnost polohování), odolností stroje vůči pružným deformacím (vyvolaných řeznými silami, hmotností obrobku apod.), odolností stroje vůči teplotním dilatacím („teplotní tuhost“), apod.
2. volbou řezných podmínek

A.3.2.1 Přesnost polohování

Je dána maximálním rozdílem mezi skutečnou a teoretickou polohou nástroje vůči obrobku v souřadném systému stroje.

Přesnost polohování závisí na:

1. Přesností odměřovacího zařízení stroje,
2. geometrické přesnosti, jeho tuhosti, odolnosti vůči teplotním dilatacím aj.



A.3.2.2 Vůle v pohybovém ústrojí

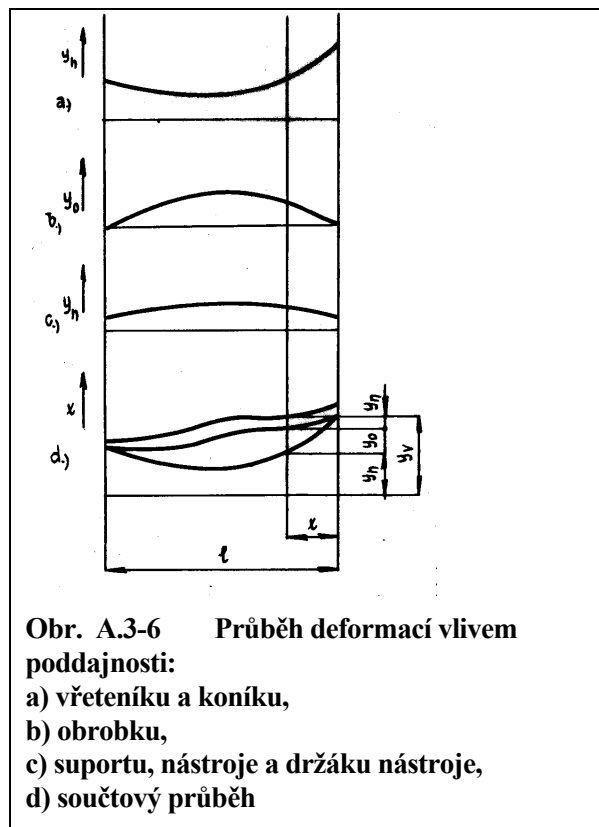
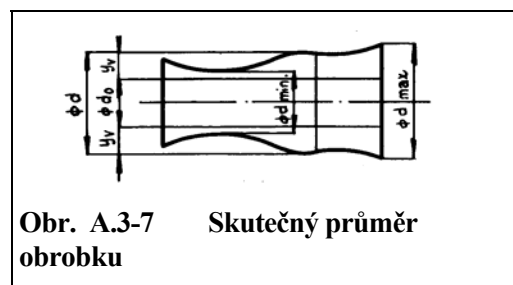
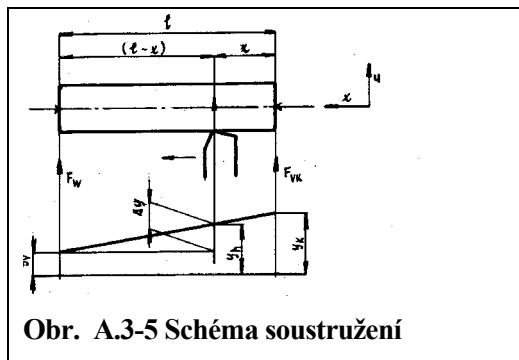
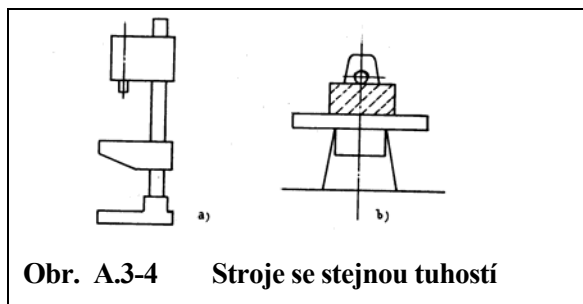
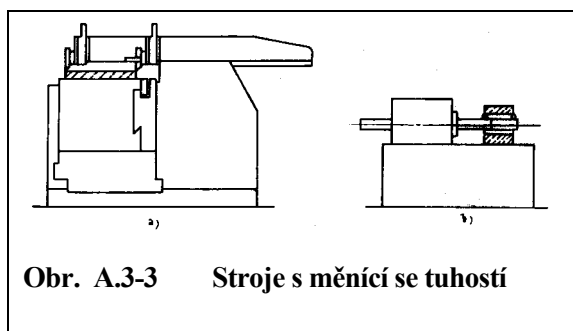
Ovlivňuje přesnost polohování při změně smyslu pohybu přesouvané části stroje

A.3.2.3 Tuhost systému nástroj-obrobek

Ovlivňuje výrazně pracovní přesnost OS. Z hlediska vlivu změn velikostí a působíště sil působících v systému stroj-obrobek – nástroj, lze stroje rozdělit na stroje :

1. stroje s měnící se tuhostí,
2. stroje se stejnou tuhostí

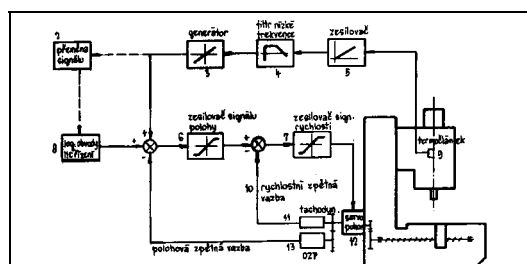
Příklad vlivu změny tuhosti systému stroj-obrobek – nástroj je znázorněn pro případ soustružení na obr. A.3-4 až A.3-8.



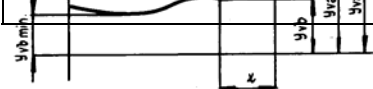
A.3.2.4 Teplotní dilatace

V procesu obrábění dochází k nerovnoměrnému oteplování jednotlivých částí OS. a tím jeho teplotním dilatacím.

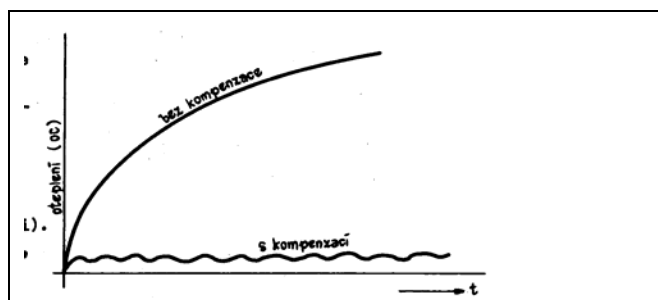
Eliminaci těchto vlivů lze dosáhnout jejich kompenzací. Příklad automatického kompenzování vlivu teplotních dilatací je uveden na obr. A.3-9 a A.3-10.



Obr. A.3-9 Schéma automatických kompenzací teplotních dilatací



Obr. A.3-8 Průběh deformací



Obr. A.3-10 Výsledky teplotní kompenzace

A.3.2.5 Geometrická přesnost stroje

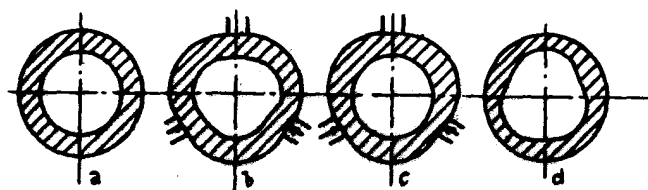
Geometrická přesnost OS je daná

1. Přesností tvaru a vzájemné polohy vodících ploch stroje, vyjádřenou tolerancemi tvaru a vzájemné polohy těchto ploch (přesností jejich výroby a montáže),
2. Přesností tvaru a vzájemné polohy pohybových os stroje (trajektorií pohybů výstupního členu stroje)
3. Přesností polohy osy vřetena v souřadném systému stroje

Geometrická přesnost je předmětem výstupní kontroly OS. Zkušební metody jsou normalizované.

A.3.2.6 Upnutí obrobku

Je velmi důležité, zejména v případě málo tuhých obrobků. Příklad vlivu upnutí na tvarovou přesnost obrábění tenkostěnného pouzdra je uveden na obr. A.3-8.

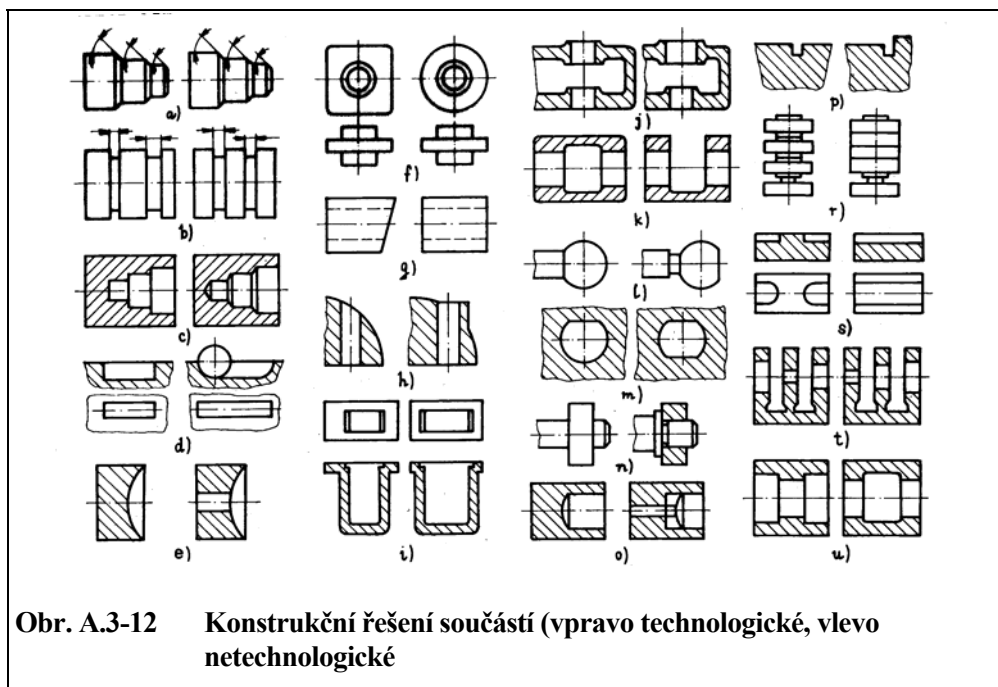


Obr. A.3-11 Vliv deformace při upnutí na tvarovou přesnost obrobku

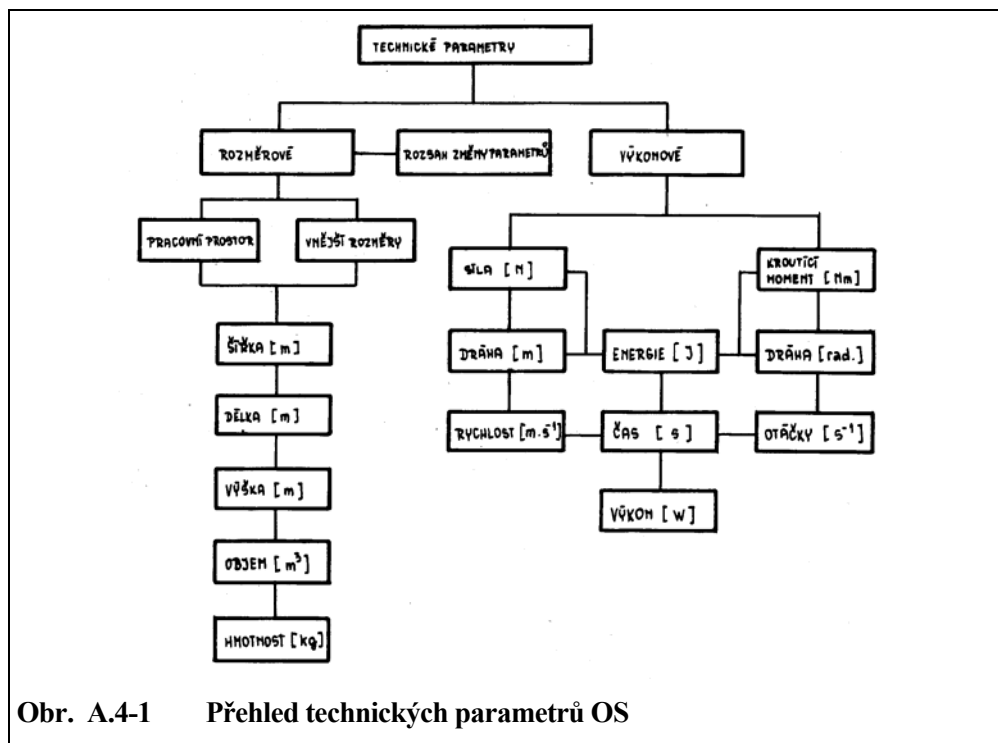
A.3.2.7 Technologičnost konstrukce

Technologičnost konstrukce bývá definována jako soubor vlastností součástí, projevujících se optimalizací potřeby práce, prostředků, materiálů a času při výrobě, montáži a využití. Technologičnost konstrukce je závislá na charakteru výroby (výroba kusová-sériová hromadná).

Příklady „technologické“ a netechnologické“ konstrukce různých typů součástí je uveden na obr. A.3-12.



A.4 Základní technické parametry OS



A.4.1 Tuhost a její vliv na konstrukci OS

A.4.1.1 Základní pojmy

Tuhost součástí popř. konstrukčních skupin OS je obecně definována poměrem zatížení a jemu přetvoření v místě zatížení

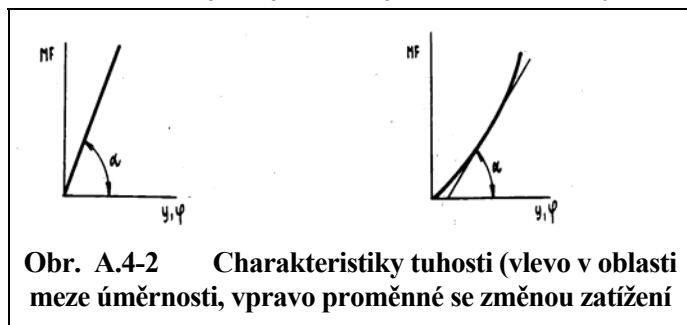
$$c_p = \frac{F}{y} \quad [\text{N m}^{-1}] \quad c_n = \frac{M}{\varphi} \quad [\text{Nm rad}^{-1}]$$

Kde jsou :

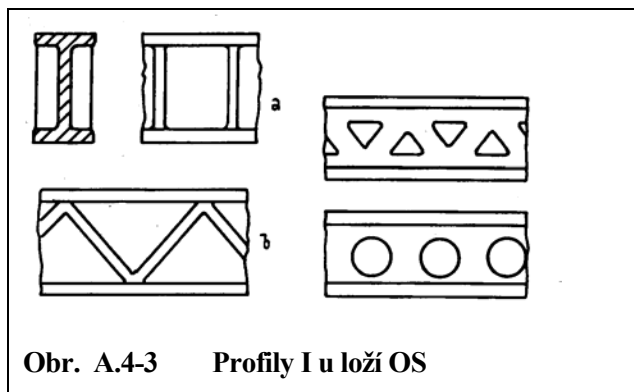
c_p - tuhost v posunutí, c_n - tuhost v natočení

Na obr. A.4-2 jsou znázorněny tzv. charakteristiky tuhost

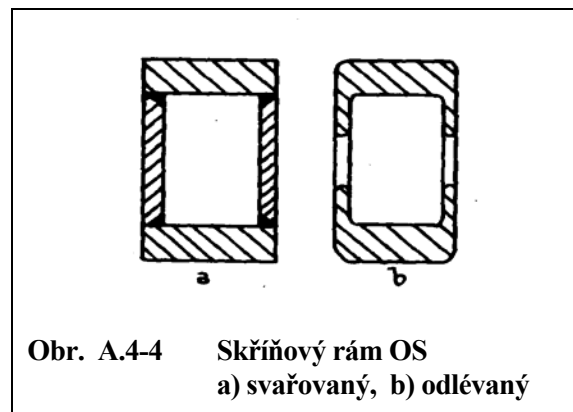
Pro tuhost OS strojů mají rozhodující vliv tuhost v ohybu a tuhost krutu



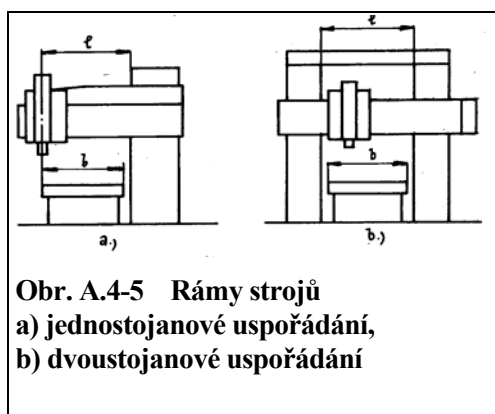
Tab. A.4-3 Kvadratické momenty průřezu pro ohyb a krut



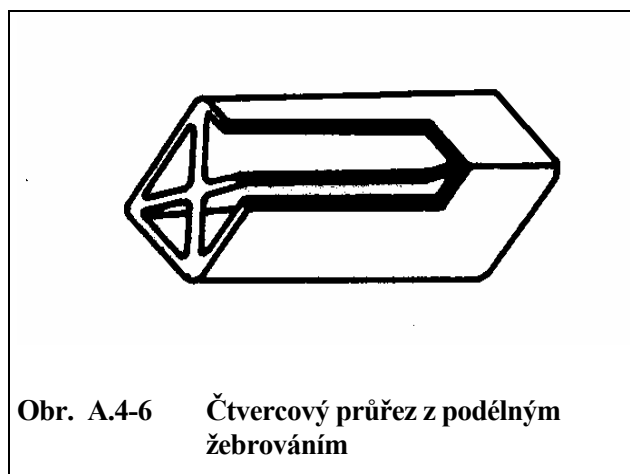
Obr. A.4-3 Profily I u loží OS



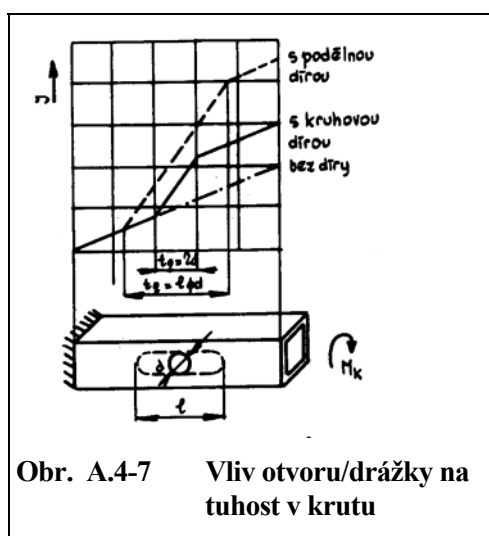
Obr. A.4-4 Skříňový rám OS
a) svařovaný, b) odlévaný



Obr. A.4-5 Rámy strojů
a) jednostranné uspořádání,
b) dvoustrojanové uspořádání



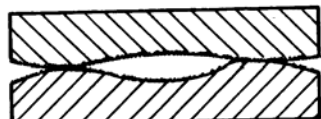
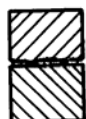
Obr. A.4-6 Čtvercový průřez z podélným žebrováním



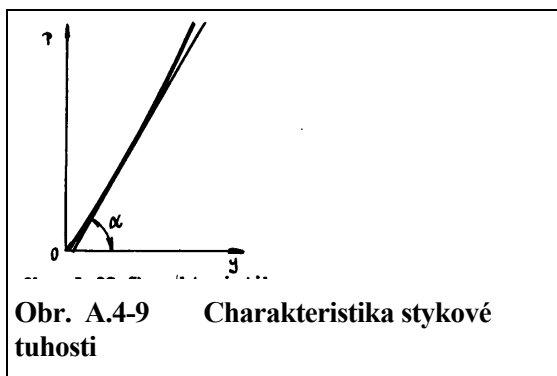
Obr. A.4-7 Vliv otvoru/drážky na tuhost v krutu

A.4.2 Styková tuhost

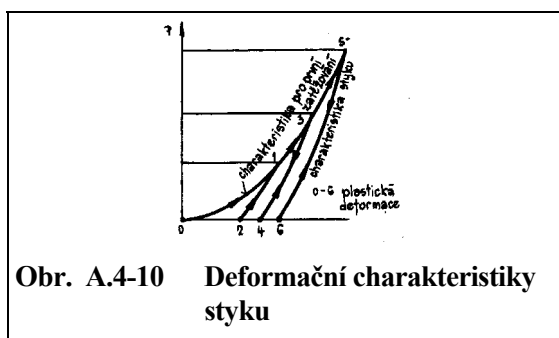
Tuhost soustavy tvořící určitou strojní konstrukční skupinu je ovlivňována tzv. stykovou tuhostí. Příčina tohoto jevu souvisí se skutečným stykem dvou stýkajících se součástí – obr. A.4-8 až A.4-10.



Obr. A.4-8 Znázornění skutečného styku dvou součástí



Obr. A.4-9 Charakteristika stykové tuhosti



Obr. A.4-10 Deformační charakteristiky styku

A.5 Klidnost chodu vřetena

Závislost kruhové frekvence a tím i vlastního kmitu kmitající soustavy je dán vztahem

$$\Omega = \sqrt{\frac{c}{m}} \quad \text{kde :} \quad c - \text{tuhost soustavy, } m - \text{hmotnost soustavy}$$

Je-li vlastní úhlová rychlost kmitání shodná s úhlovou rychlostí proměnlivé budící (rušivé) síly nastává rezonance a amplitudy kmitů dosahují značné hodnoty a hrozí překročení meze pevnosti některé součásti kmitající soustavy

A.6 Kmitání v obráběcích strojích

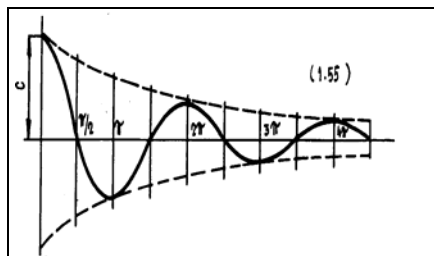
Základní typy se kterými se setkáváme s následujícími typy kmitání :

1. Volným kmitáním
2. Vynuceným kmitáním

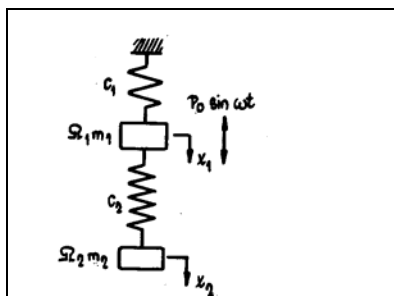
Oba typy kmitání jsou v praxi tlumeny – viz obr. A.6-1.

Pro zvýšení útlumu uvedených kmitání se v praxi používají různé typy tlumičů. Princip tlumičů je uveden na obr. A.6-2 a A.6-3.

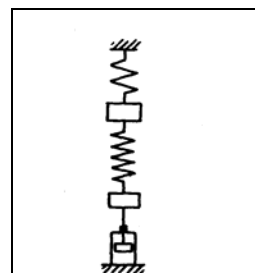
Příklady praktického provedení tlumičů jsou uvedeny na A.6-4 až A.6-6.



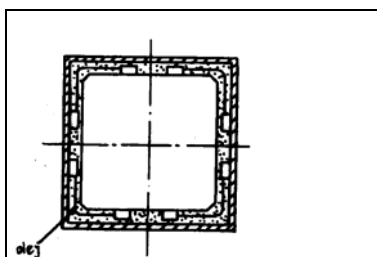
Obr. A.6-1 Průběh amplitudy kmitání



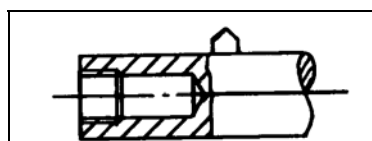
Obr. A.6-2 Princip tlumiče kmitání



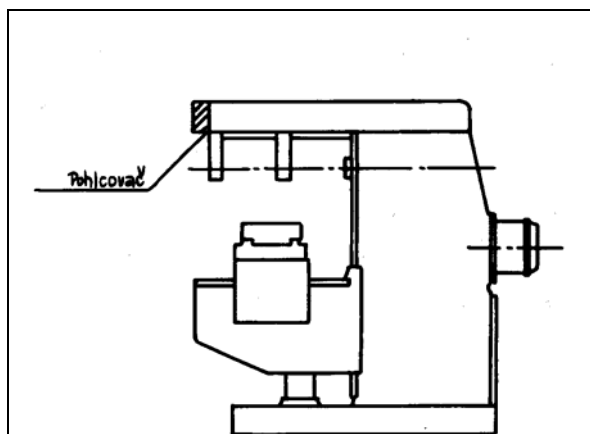
Obr. A.6-3 Schéma tlumeného tlumiče



Obr. A.6-4 Konstrukce tlumeného tlumiče



Obr. A.6-5 Tlumič kmitů vyvrtávací tyče



Obr. A.6-6 Umístění tlumiče na frézce

B Základy konstrukce OS

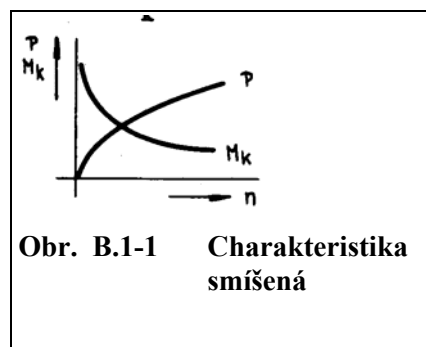
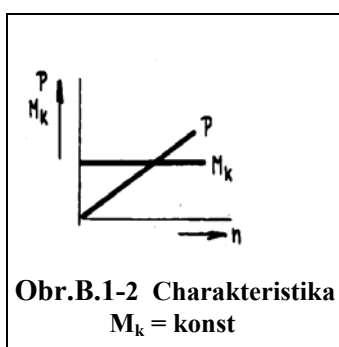
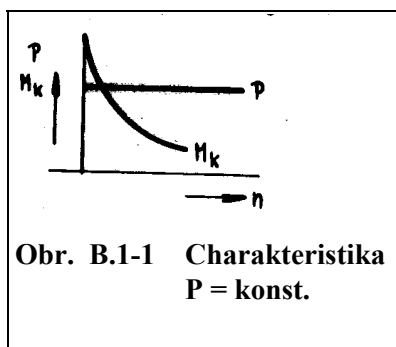
B.1 Převodové systémy pro stupňovitou a plynulou změnu otáček

Převodové systémy rozdělujeme z hlediska kinematického na systémy

1. se stupňovitou změnu otáček,
2. systémy s plynulou změnu otáček

Podle výkonové a momentové charakteristiky na systémy dle obr. B.1-1- B.1-3.

1.

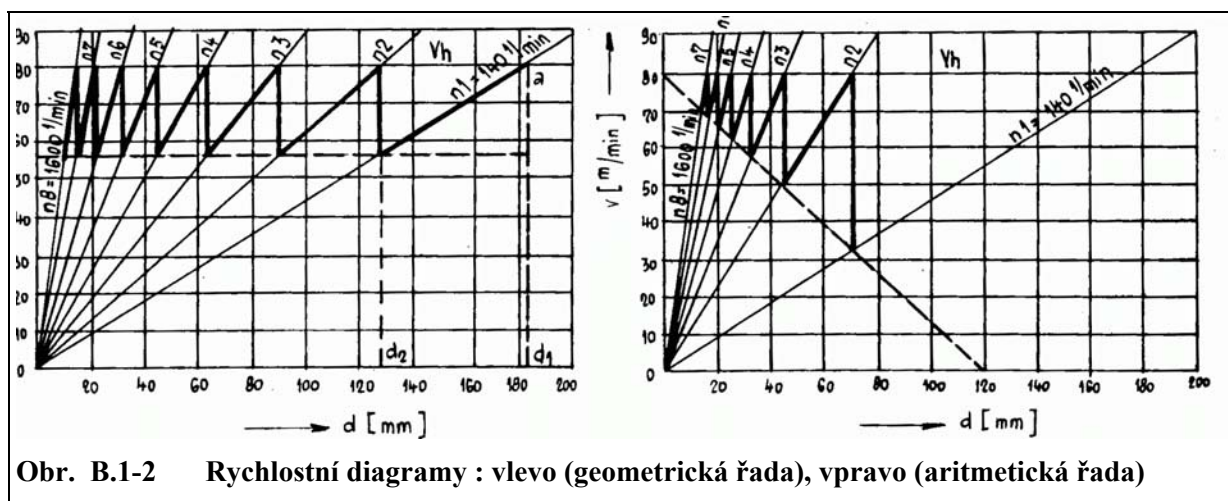


B.1.1 Otáčkové řady

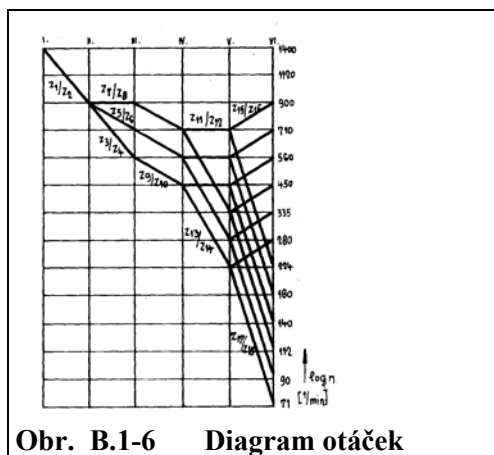
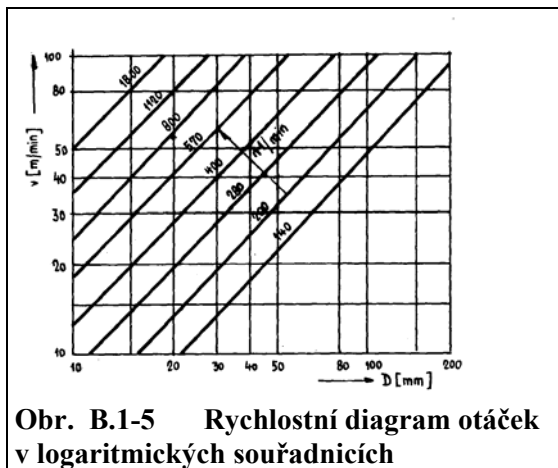
U stupňovité změny otáček mohou být jednotlivé otáčkové stupně odstupňovány do :

1. Řady geometrické nebo
2. Řady aritmetické

Na obr. B.1-4 Jsou znázorněny tzv. rychlostí diagramy pro oba typy řad



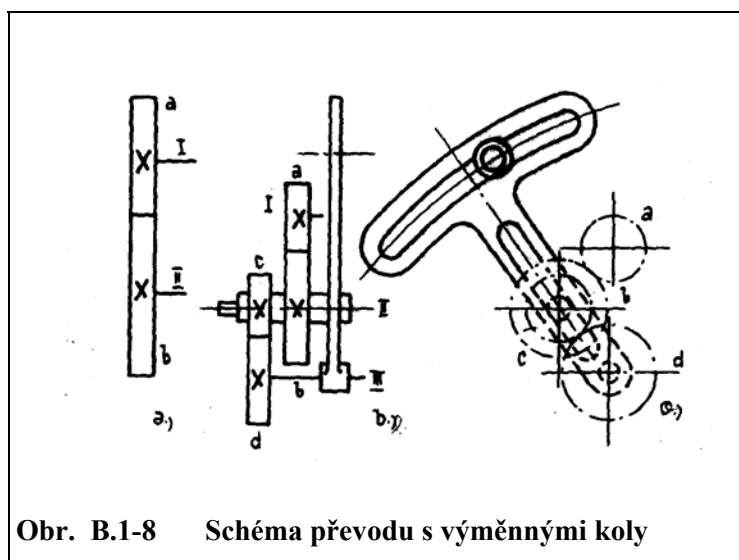
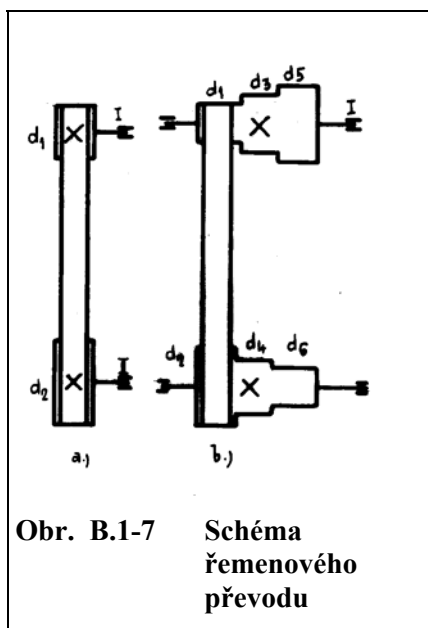
Na obr. B.1-5 je zobrazen rychlostní diagram pro geometrickou řadu v logaritmických souřadnicích a na obr. B.1-6 klasický diagram otáček pro otáčkové stupně odstupňované v řadě geometrické.

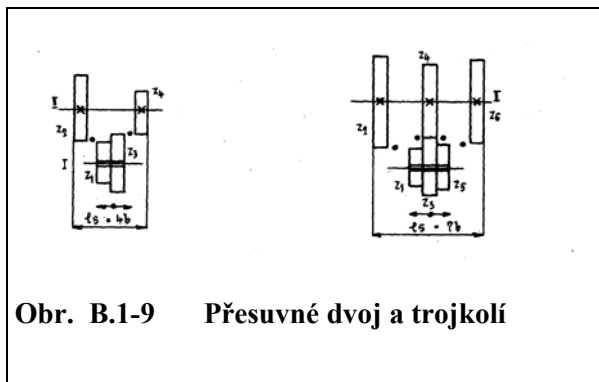


B.1.2 Ústrojí stupňovitou změnu otáček

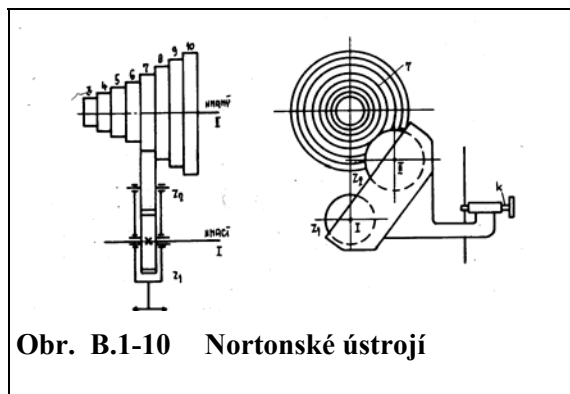
Stupňovitou změnu otáček je možno provádět pomocí

1. řemenových převodů – obr. B.1-7,
2. výměnných kol - obr. B.1-8,
3. přesuvných kol - obr. B.1-9, obr. B.1-10,
4. spojek - obr. B.1-11,
5. víceotáčkových elektromotorů - obr. B.1-12,
6. kombinací výše uvedených způsobů např. B.1-13.

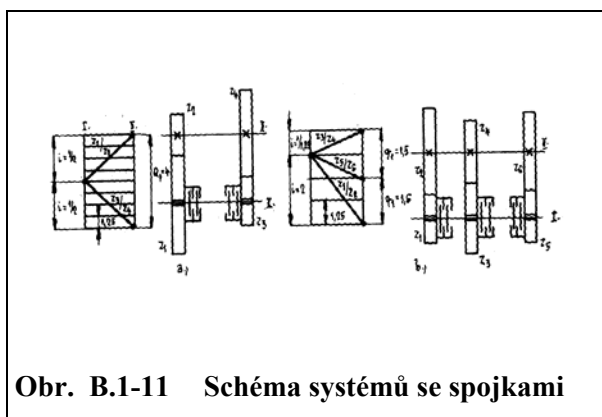




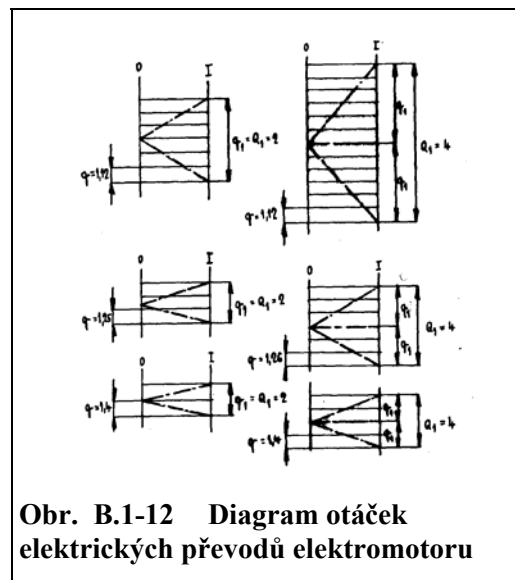
Obr. B.1-9 Přesuvné dvoj a trojkolí



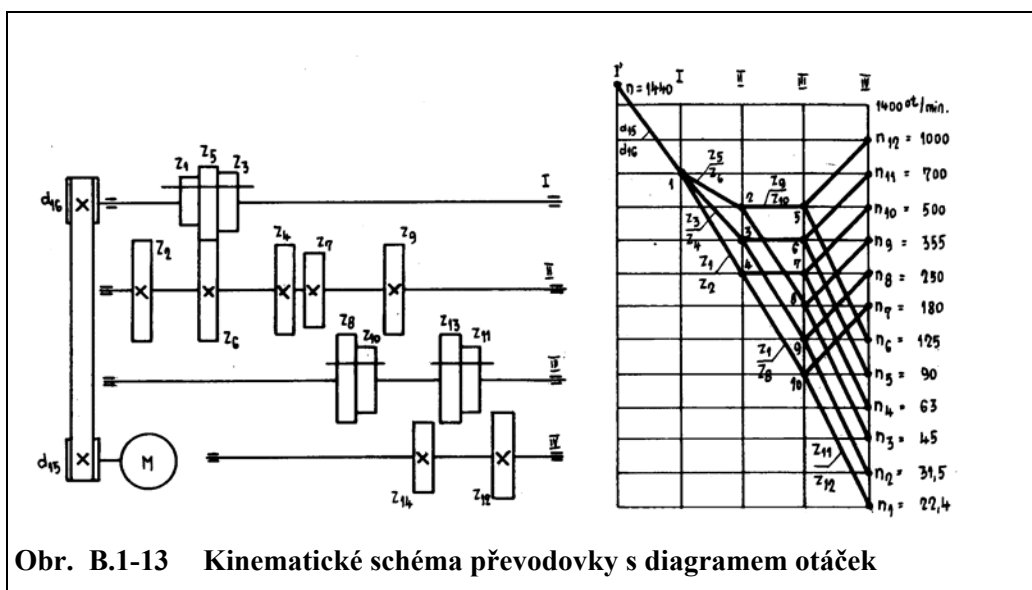
Obr. B.1-10 Nortonské ústrojí



Obr. B.1-11 Schéma systémů se spojkami

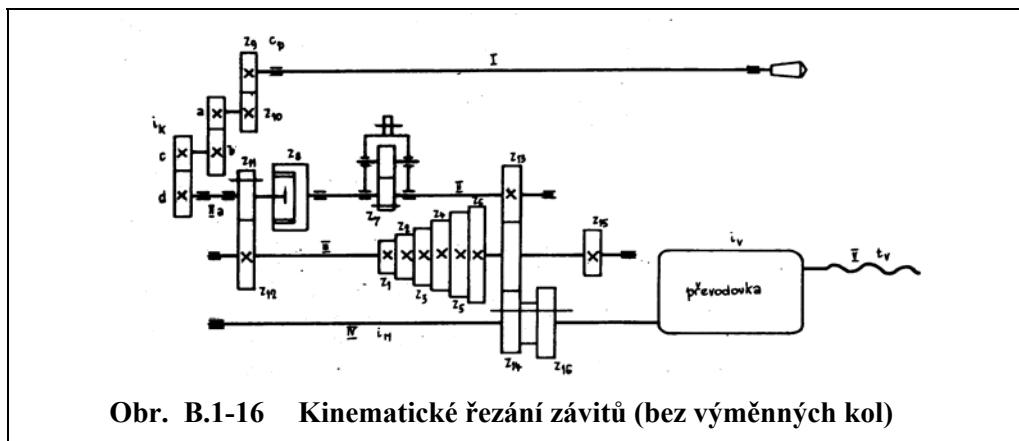
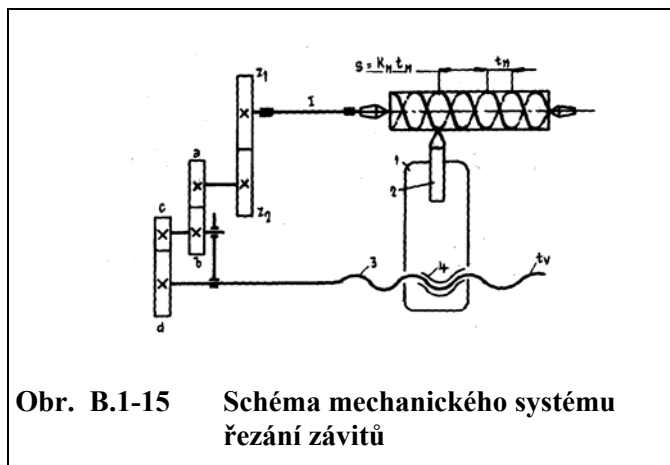
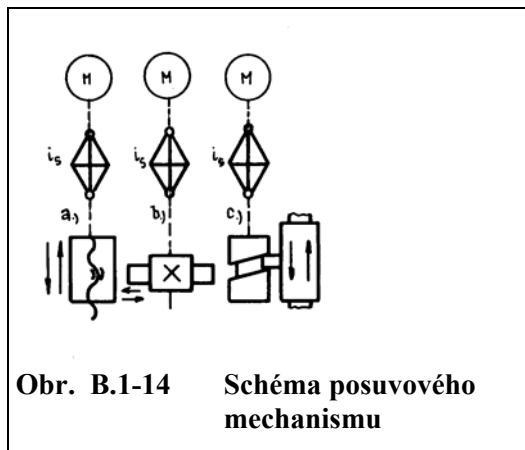


Obr. B.1-12 Diagram otáček elektrických převodů elektromotoru

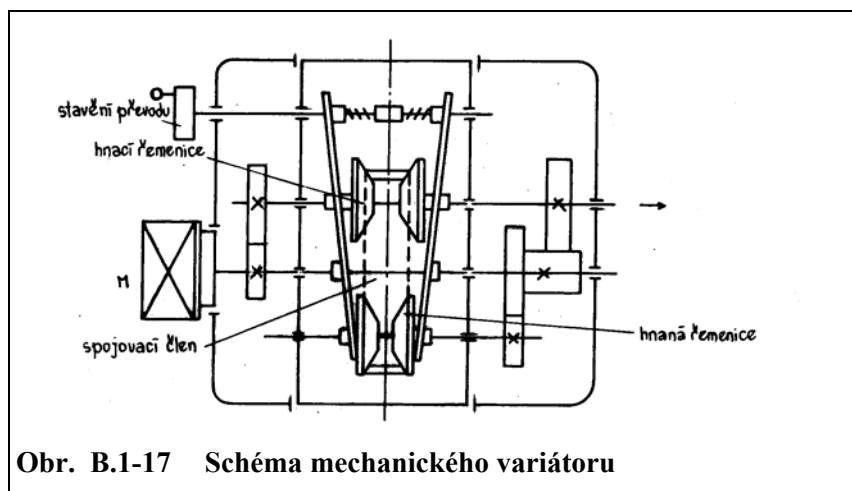


Obr. B.1-13 Kinematické schéma převodovky s diagramem otáček

B.1.3 Kinematika posuvových mechanismů s mechanickými převodovými systémy

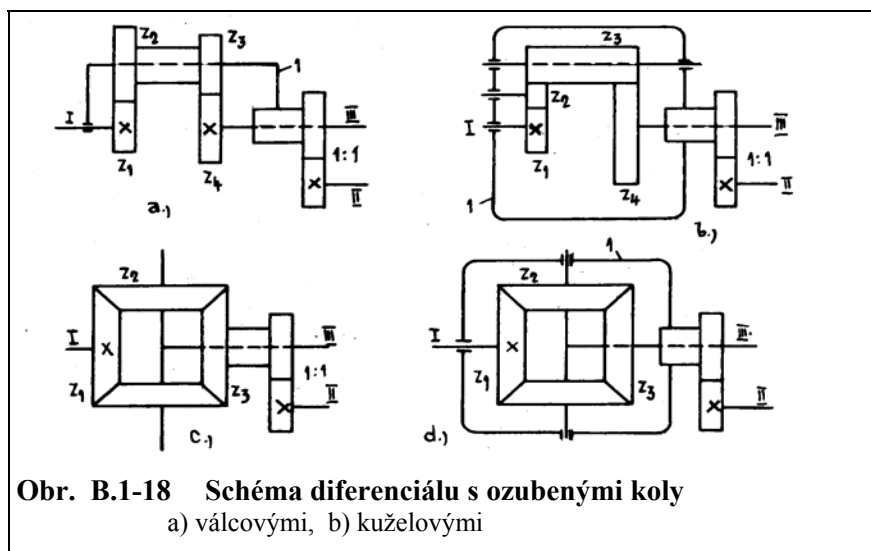


B.1.4 Mechanické ústrojí pro plynulou změnu otáček (variátory)



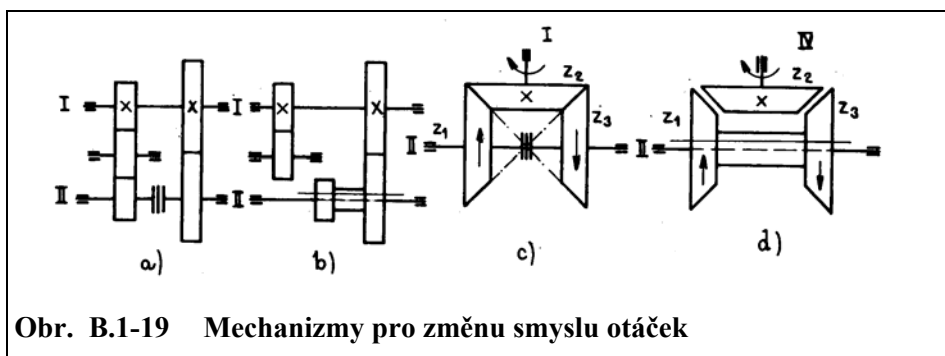
B.1.5 Součtové mechanismy

Pro součet pohybu na článku kinematického řetězce se používají speciální mechanismy – diferenciály s válcovými nebo kuželovými ozubenými. Příklad schématu diferenciálu s válcovými ozubenými koly je uveden na obr. B.1-18.



B.1.6 Mechanizmy pro změnu směry otáček

Změna smyslu otáčení určitého hřídele v pohonu vřetena nebo posuvu bývá prováděna přepínáním motoru. Stejného efektu lze dosáhnout i mechanicky – obr. B.-19.

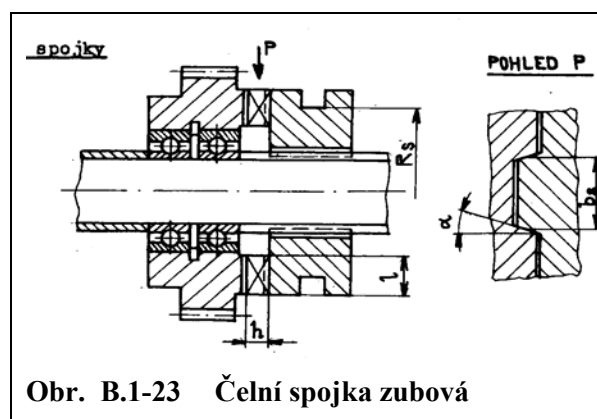
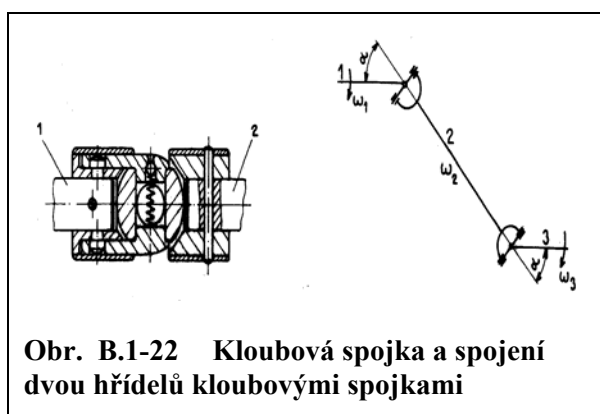
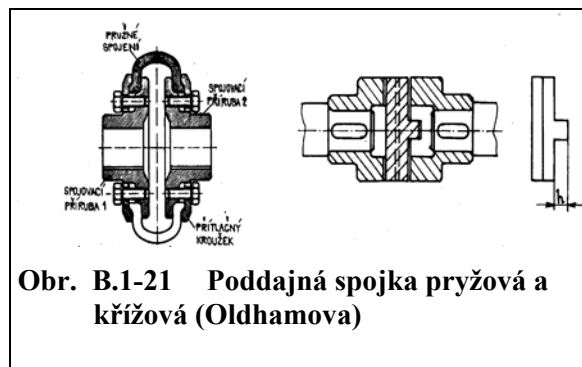
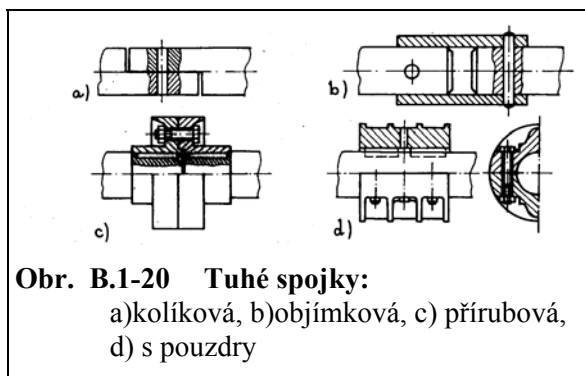


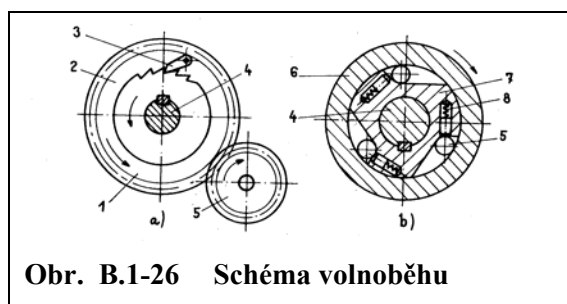
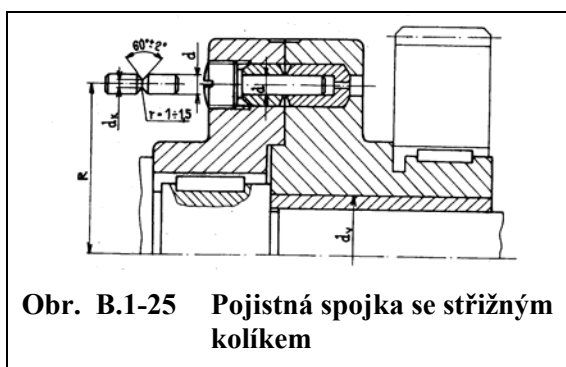
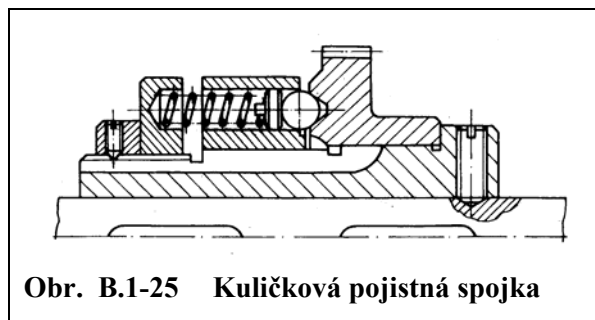
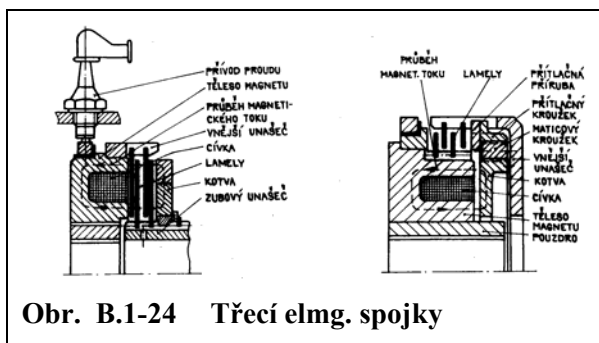
B.1.7 Spojky

V pohonech OS se používají různé typy spojek

1. tuhé spojky
2. poddajné spojky
3. výsuvné spojky
 - zubové
 - třecí
4. pojistné spojky
5. volnoběžné spojky (volnoběhy)

Schémata těchto základních druhů spojek jsou uvedena na obr. B.1-20 až B.1-26.





B.2 Mechanismy k dosažení přerušovaných pohybů

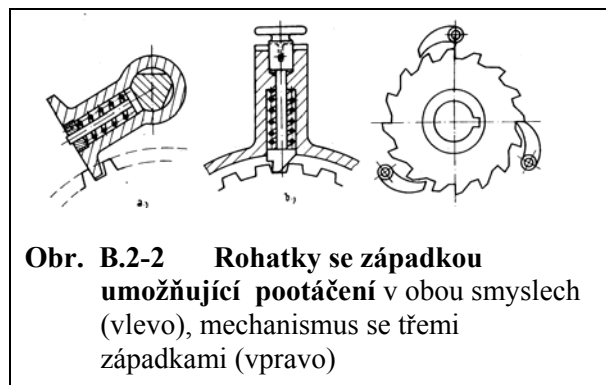
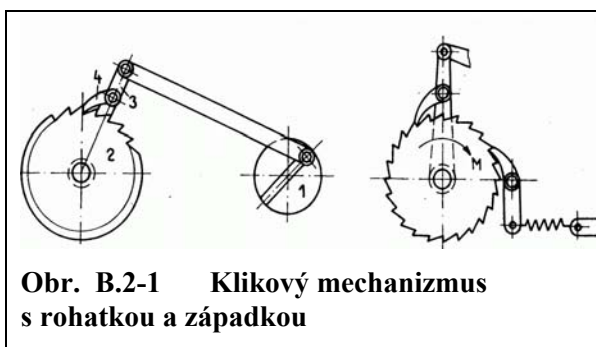
U některých OS je třeba, aby se nástroj nebo obrobek pohyboval pouze v určitých časových úsecích. Může se jednat jak o pohyby přímočaré, tak otáčivé, periodické nebo neperiodické

B.2.1 Vypínání a zapínání pohonu

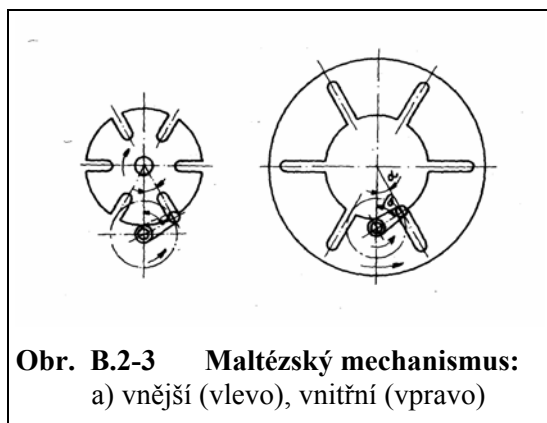
Pohyb se odvozuje buď od motoru, nebo od některého hřídele. Spouští se a zastavuje zapnutím nebo vypnutím motoru nebo spojky. Počátek a konec pohybu se řídí např. rozvodovým hřídelem, otáčejícím se jednou za pracovní cyklus.

B.2.2 Rohatka se západkou

Mechanismus je vhodný pro velmi krátké pohyby. Princip mechanismu je patrný z obr. B.2-1 (vpravo). Pohon je realizován klikovým kotoučem (1). Kývavý pohyb ramena (3) se mění na pootáčení rohatky (2). Podle potřeby je možno toto pootáčení transformovat na přerušovaný přímočarý pohyb pomocí matice a šroubu spojeného s rohatkou (2). Působí-li na rohatku stálý moment M (obr. B.2-1 vpravo), je nutno mechanismus doplnit o zadržovací západku.



B.2.3 Maltézské mechanismy



Tento mechanismus se používá tehdy, je-li třeba pootáčet nějakou součástí OS periodicky přerušovaně

Princip mechanismu je zobrazen na obr. B.2-3.

Pro vnitřní MM platí :

$$\frac{t_v}{t_h} = \frac{z+2}{z-2}$$

Pro vnější MM platí

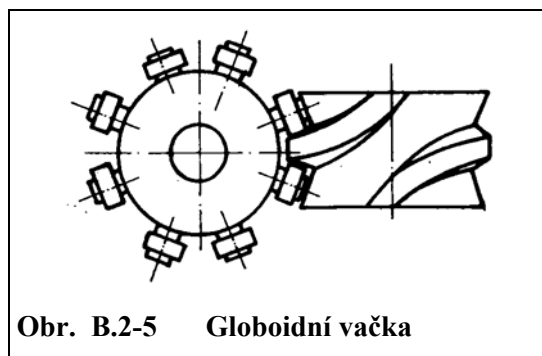
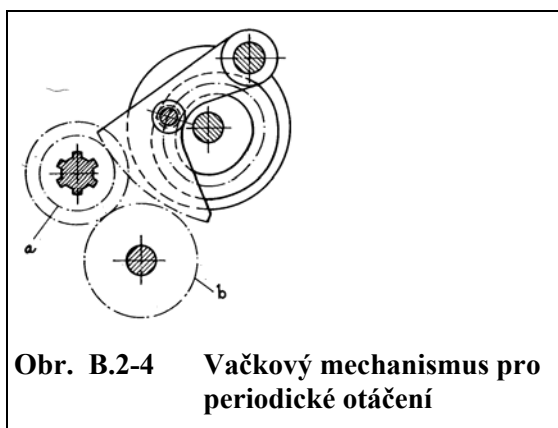
$$\frac{t_v}{t_h} = \frac{z-2}{z+2}$$

Kde z je počet drážek, t_h je hlavní čas, t_v je vedlejší čas

B.2.4 Vačkové mechanismy

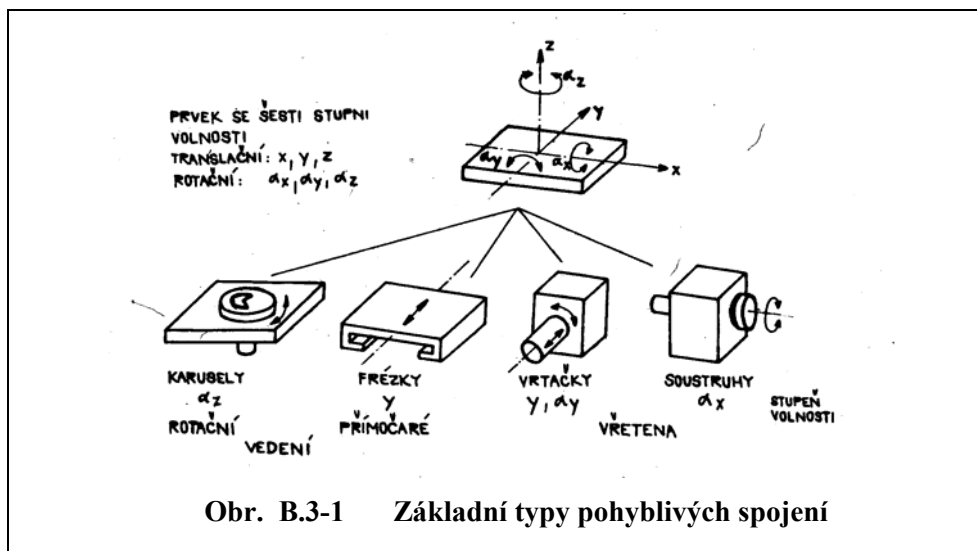
Vačkové mechanismy se používají automatizovaných OS. Mechanismus pro periodické pootáčení je znázorněn na obr. B.2-4. Jeho výhodou je, že tvarem vačky lze optimalizovat průběh zrychlení pootáčení.

Na obr. B.2-5 je mechanismus globoidní vačkou. Funkční ploše vačky je možno opět dát vhodný tvar a tím i zvolit výhodný průběh zrychlení pootáčení.

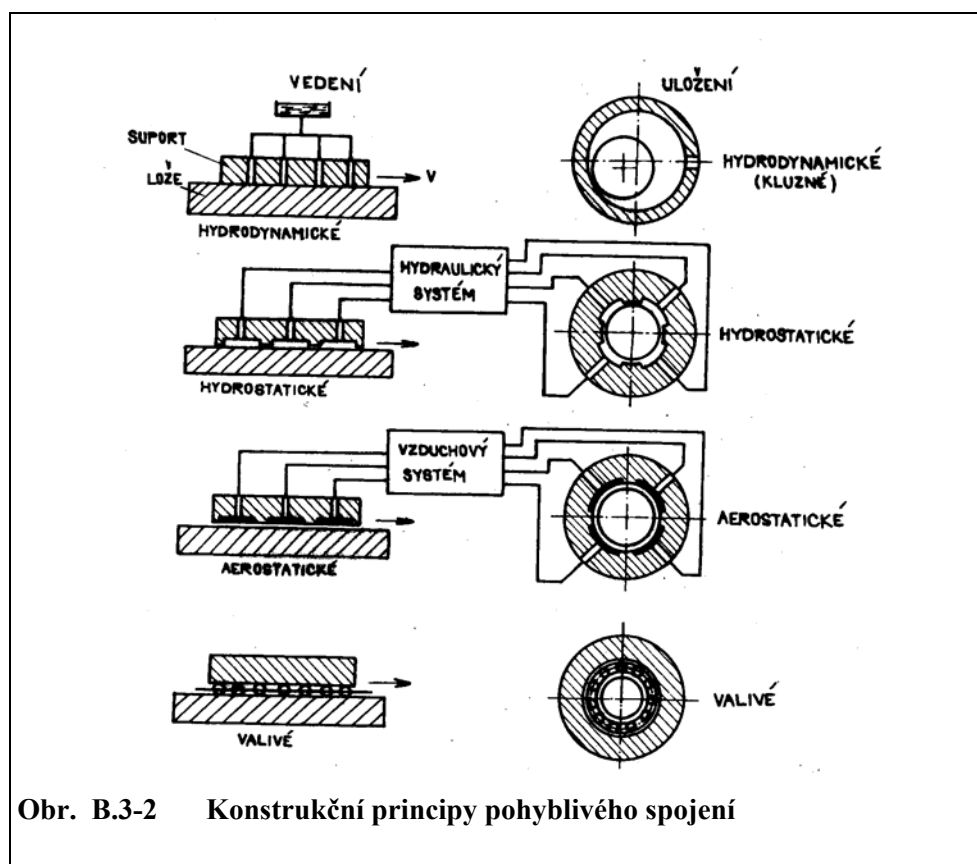


B.3 Pohyblivá spojení přímočará a rotační

Pohyblivými spojeními se označují ty části OS, které slouží k realizaci relativního pohybu nástroje vůči obrobku v pracovním prostoru stroje. Základní typy pohyblivých spojení OS jsou schématicky znázorněny na obr. B.3-1.



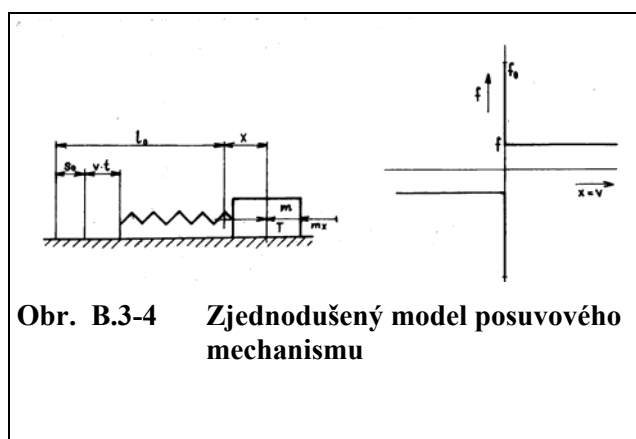
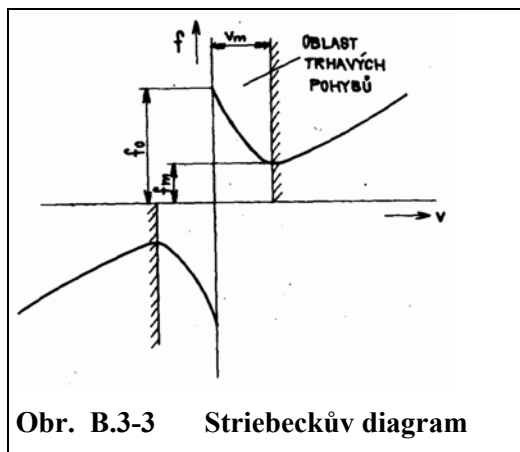
Vlastní spojení může být provedeno z hlediska konstrukční několika způsoby – obr. B.3-2.



B.3.1 Přímochařá vedení

B.3.1.1 Kluzná (hydrodynamická) vedení

U kluzně uložených pohyblivých spojení je stabilita pohybu negativně ovlivňována tzv. Strieckovým jevem (obr.B.3-3). V důsledku změny součinitele kluzného tření v závislosti na rychlosti posuvu dochází k tzv. slipsticku - trhavému pohybu



Pomocí zjednodušeného modelu znázorněnému na obr. B.3-4 je možno sestavit pohybovou rovnici pro hmotu m

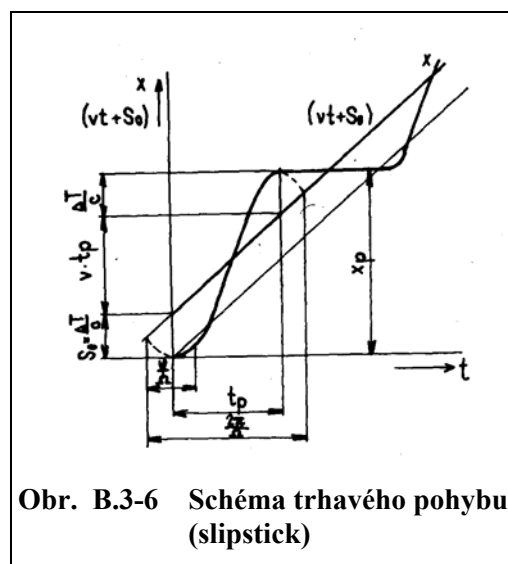
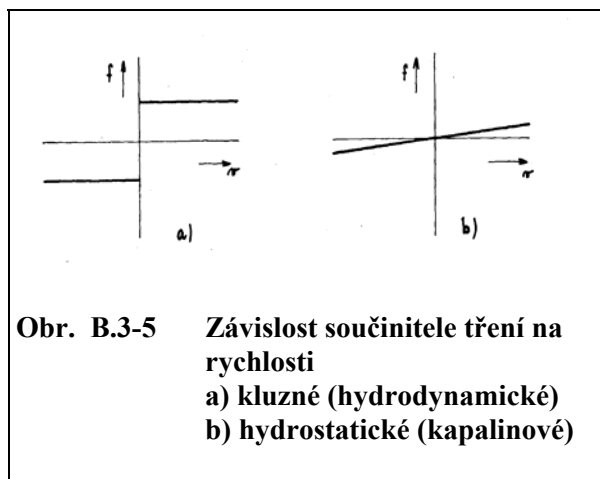
$$m \ddot{x} = -I + c(s_0 + vt - x)$$

grafické řešení uvedené rovnice na znázorněno na obr. B.3-6. Z obr. B.3-6 plyne, že velikost poskoku x_p je:

$$x_p = \frac{2\Delta T}{c} + vt_p$$

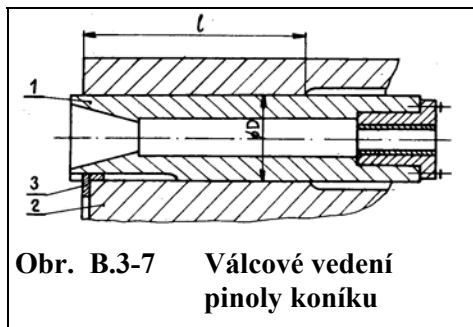
kde ΔT je změna součinitele tření, c je tuhost soustavy (pružiny), t_p je doba poskoku. Pro velmi

malé rychlosti v lze psát :

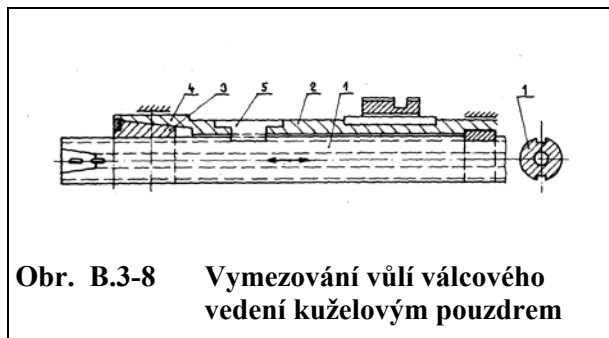
$$x_p = \frac{2\Delta T}{c}$$


B.3.1.2 Základní typy kluzných (hydrodynamických) vedení

B.3.1.2.1.1. Válcová vedení

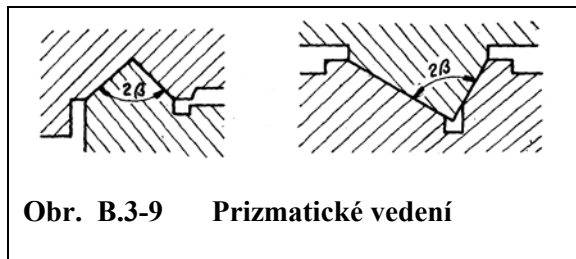


Obr. B.3-7 Válcové vedení pinoly koníku

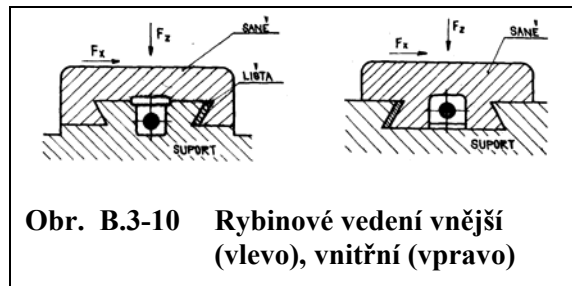


Obr. B.3-8 Vymezování vůlí válcového vedení kuželovým pouzdrem

B.3.1.2.1.2. Prismatické a rybinové vedení

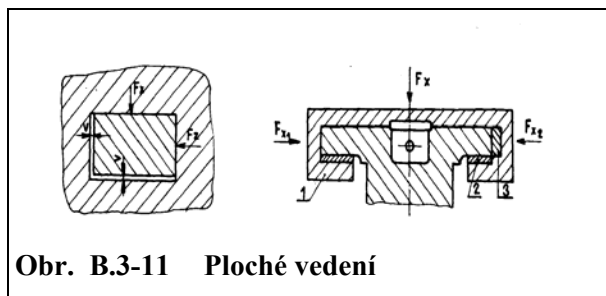


Obr. B.3-9 Prismatické vedení

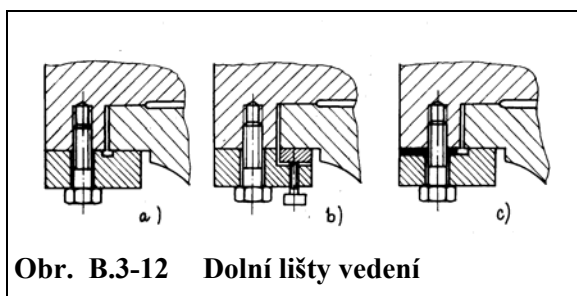


Obr. B.3-10 Rybinové vedení vnější (vlevo), vnitřní (vpravo)

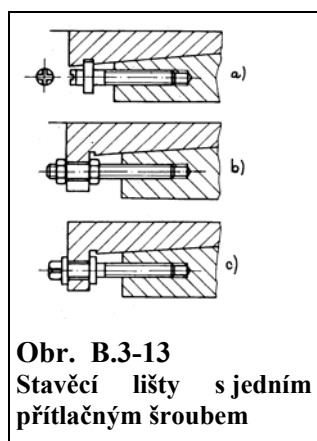
B.3.1.2.1.3. Ploché vedení



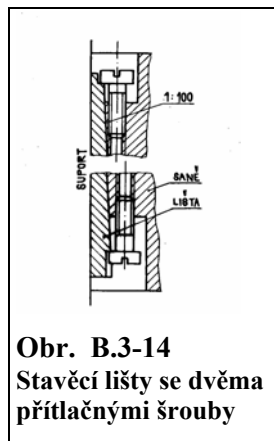
Obr. B.3-11 Ploché vedení



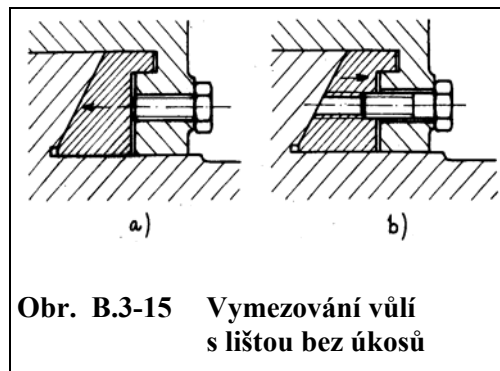
Obr. B.3-12 Dolní lišty vedení



Obr. B.3-13 Stavěcí lišty s jedním přítláčným šroubem



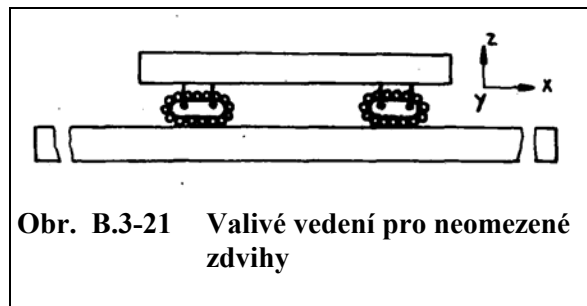
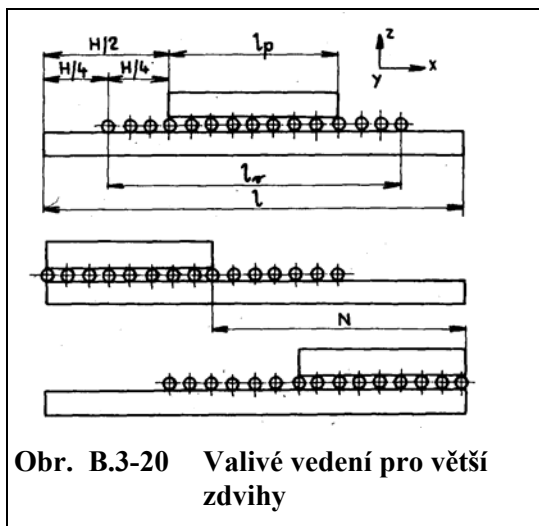
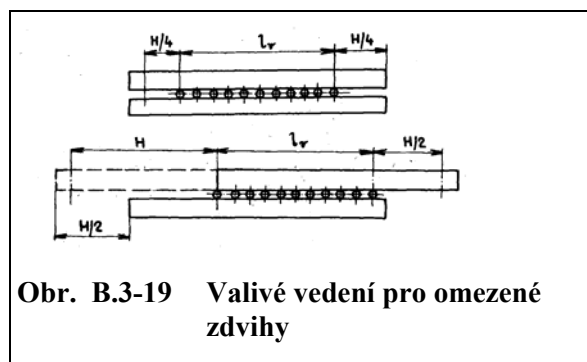
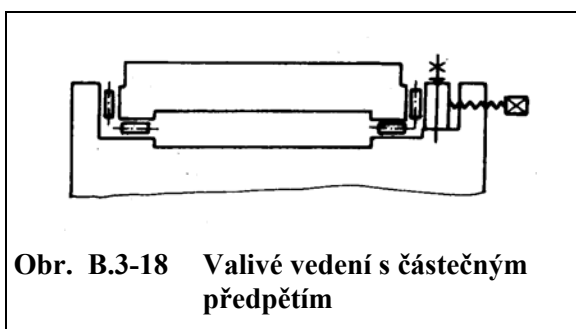
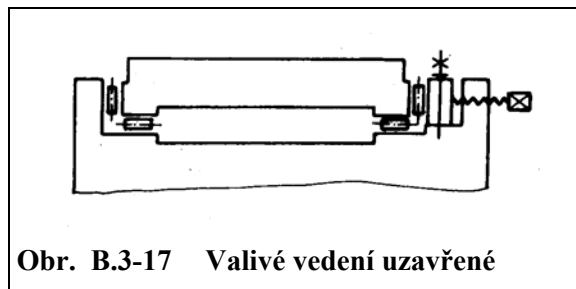
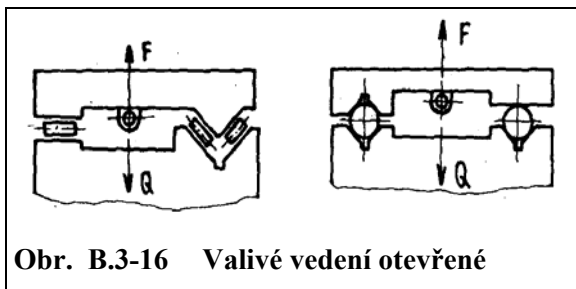
Obr. B.3-14 Stavěcí lišty se dvěma přítláčnými šrouby



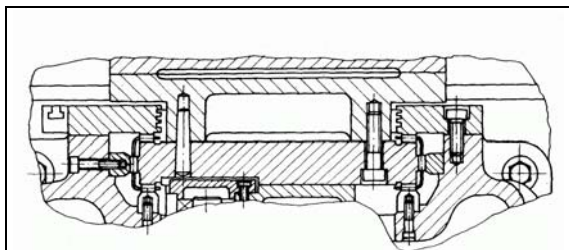
Obr. B.3-15 Vymezování vůlí s lištou bez úkosů

B.3.1.3 Valivá vedení

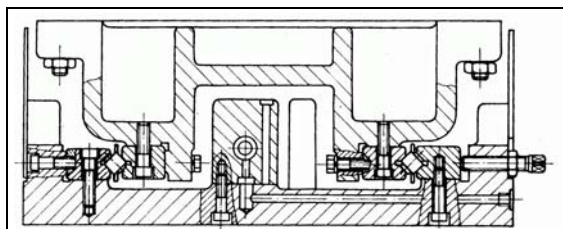
B.3.1.3.1 Základní typy valivých vedení



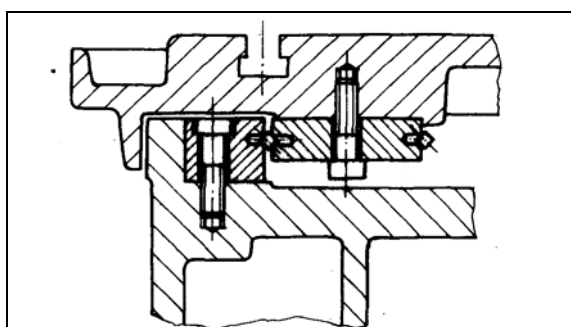
B.3.1.4 Příklady konstrukcí valivých vedení



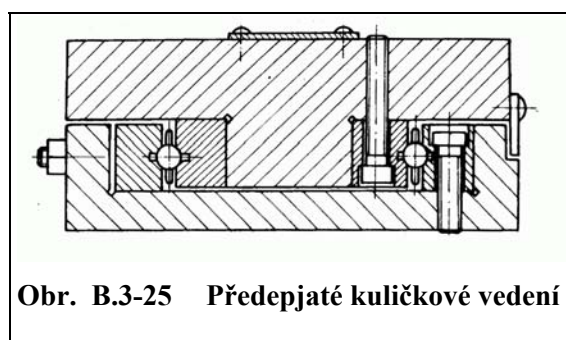
Obr. B.3-22 Pravoúhlé předepjaté vedení



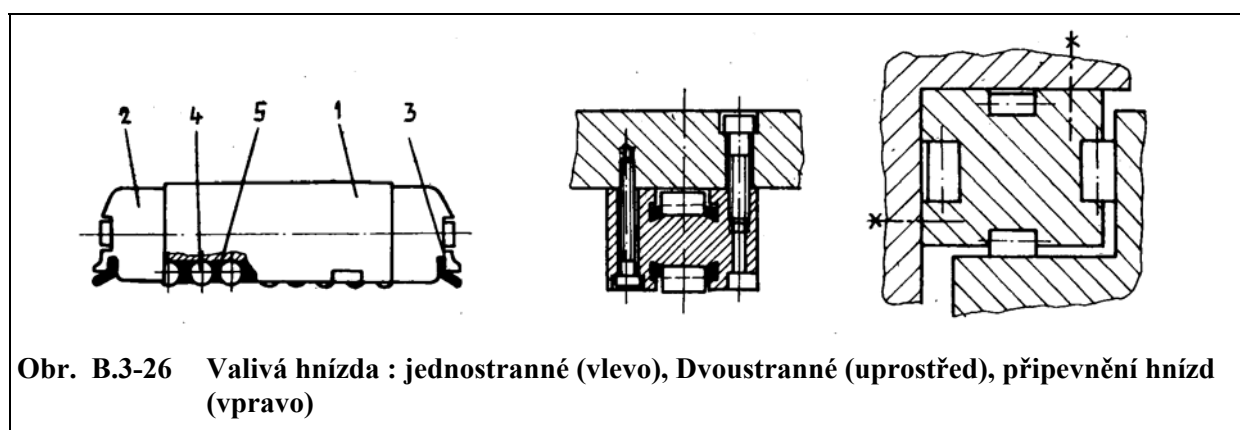
Obr. B.3-23 Předepjaté vedení se zkříženými válečky



Obr. B.3-24 Vedení se zkříženými válečky a recirkulací válečků



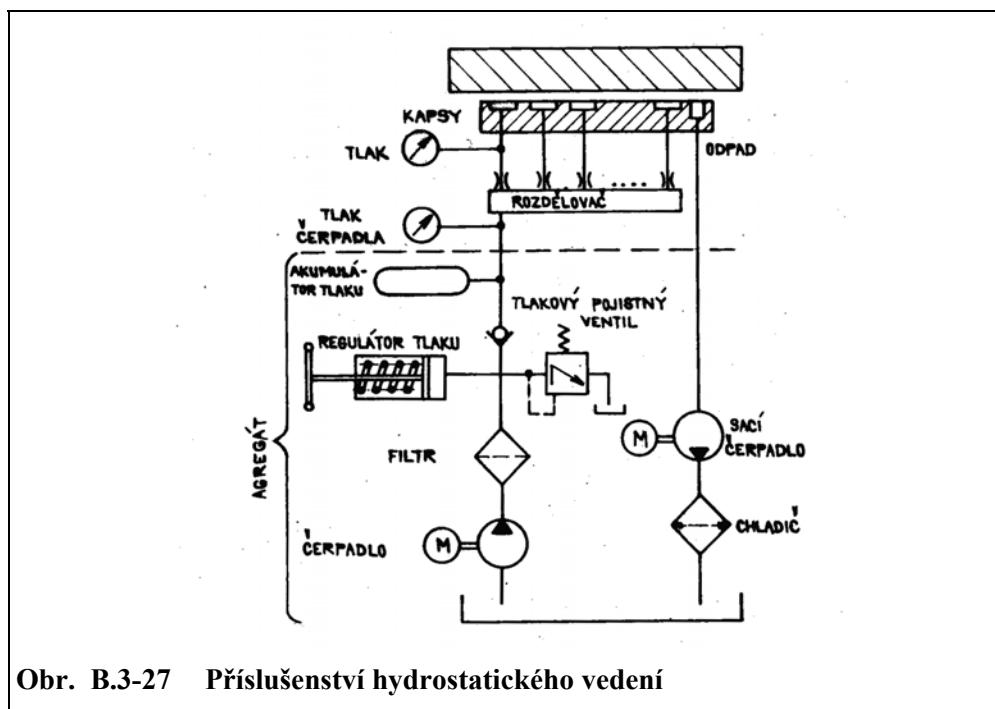
Obr. B.3-25 Předepjaté kuličkové vedení



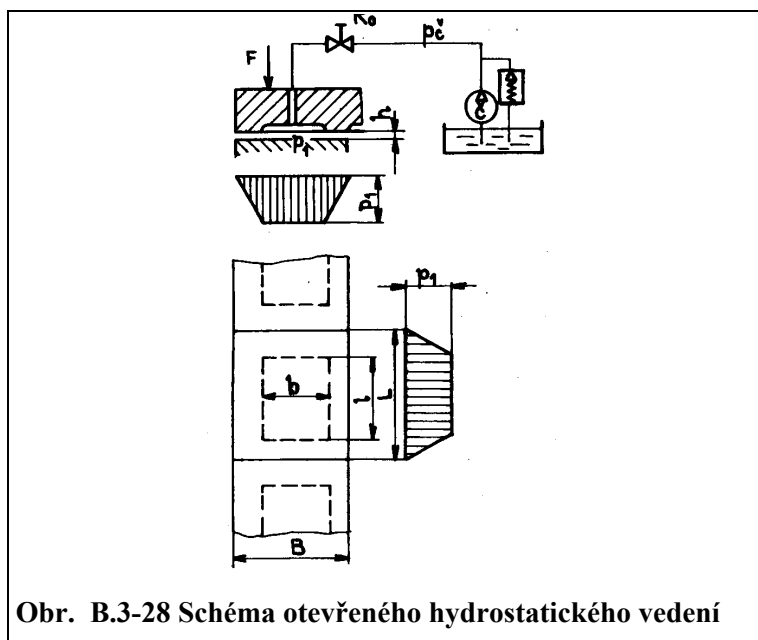
Obr. B.3-26 Valivá hnízda : jednostranné (vlevo), Dvoustranné (uprostřed), připevnění hnízd (vpravo)

B.3.1.5 Hydrostatické vedení

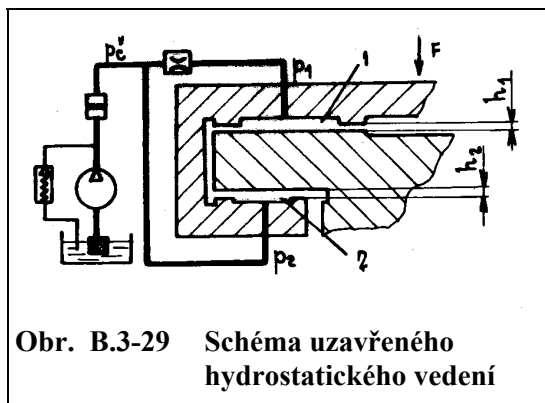
B.3.1.5.1 Princip hydrostatického vedení



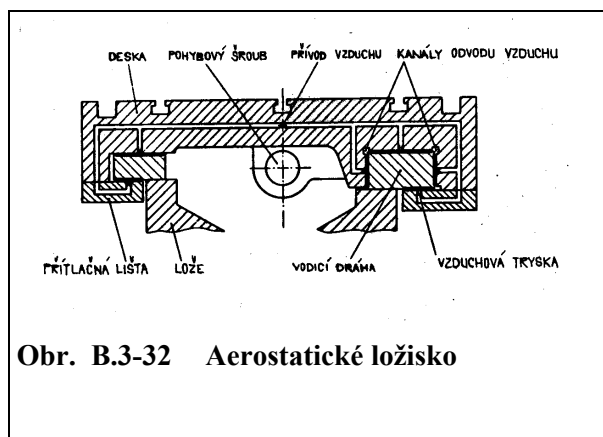
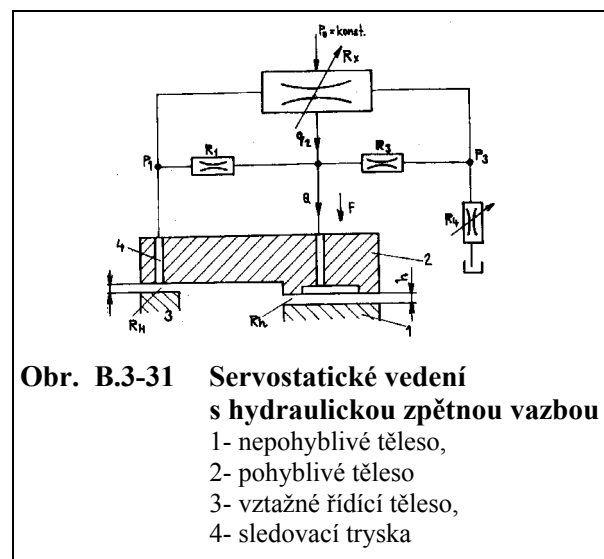
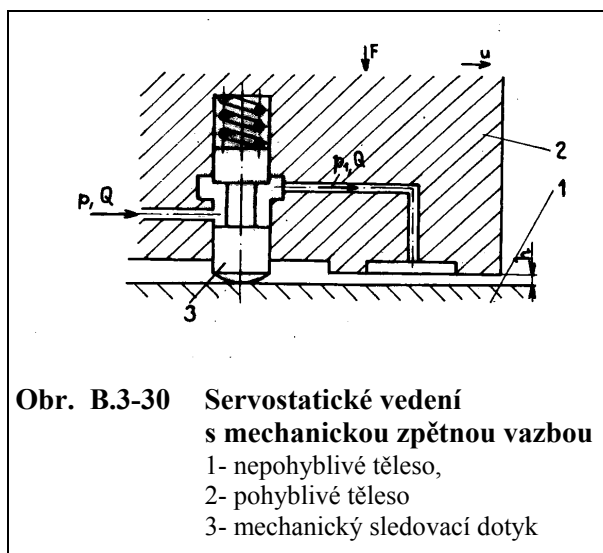
B.3.1.5.2 Hydrostatické vedení otevřené



B.3.1.5.3 Hydrostatické vedení uzavřené

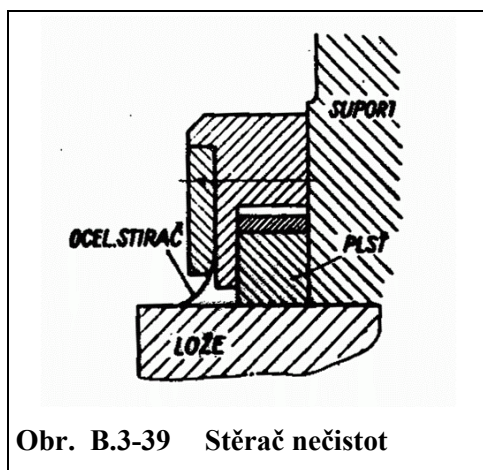
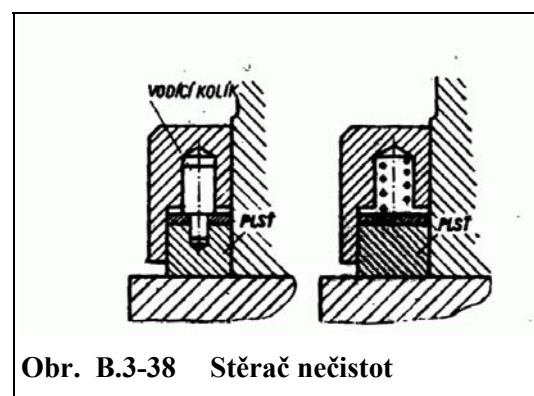
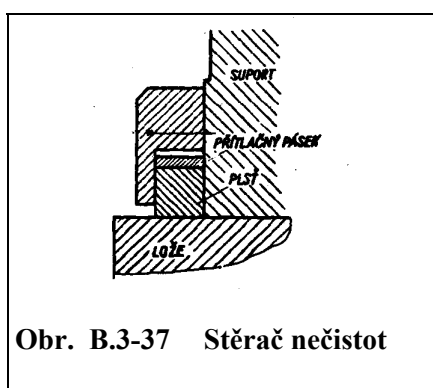
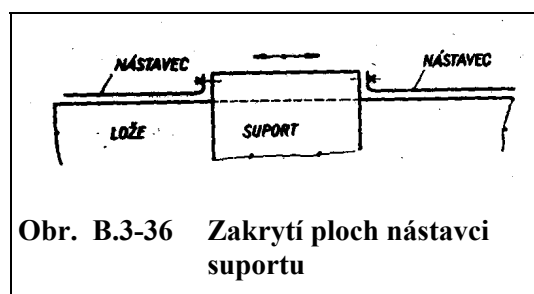
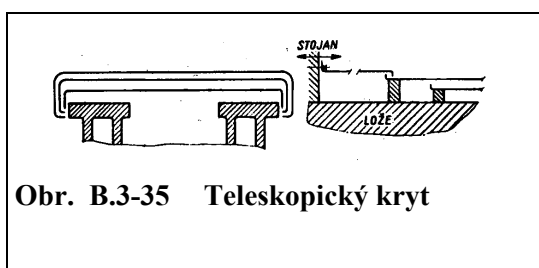
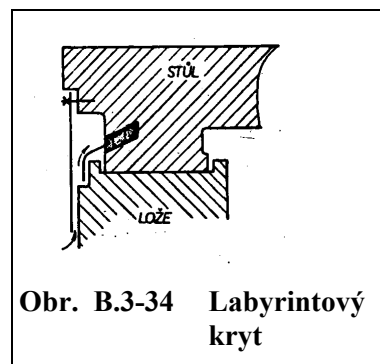
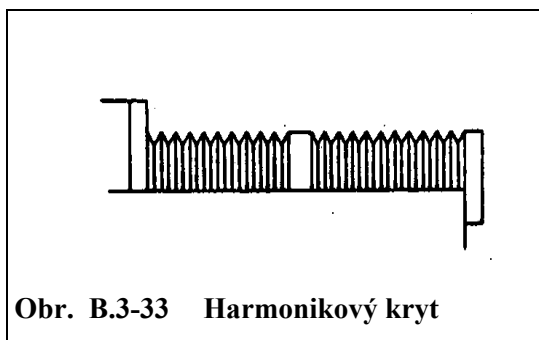


B.3.1.5.4 Servostatické vedení



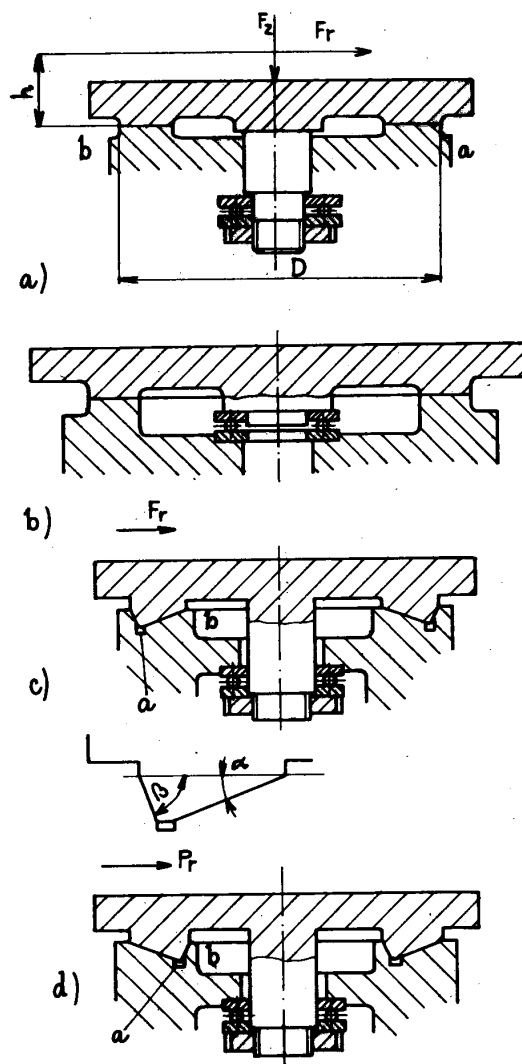
B.3.1.5.5 Aerostatické vedení

B.3.1.6 Ochrana vedení

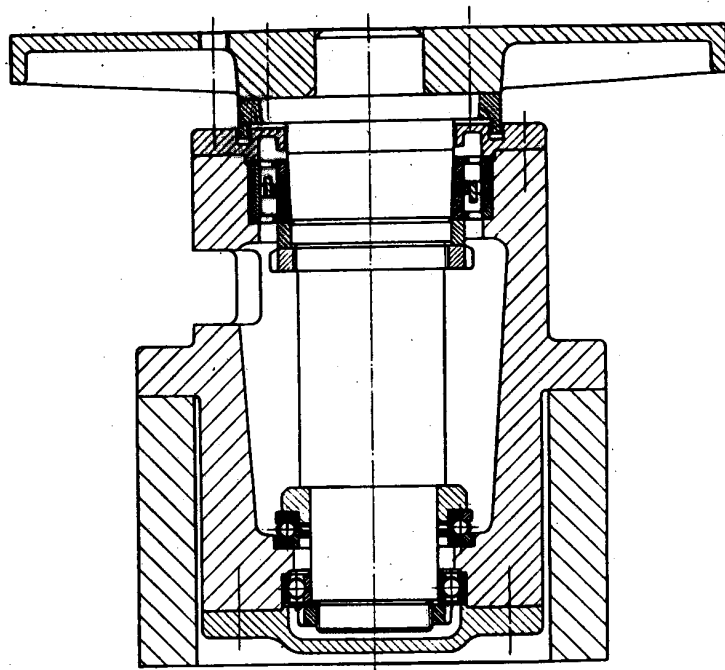


B.3.2 Kruhová vedení

B.3.2.1 Kruhové vedení kluzná

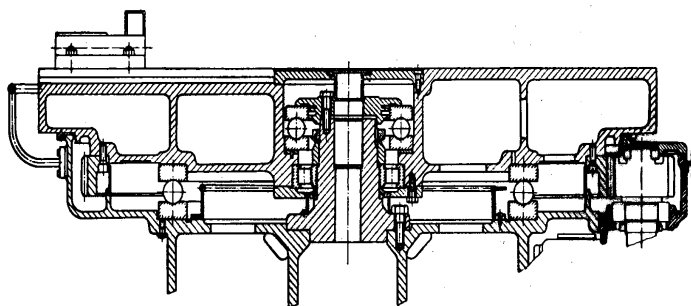


Obr. B.3-40 Kruhová vedení kluzná

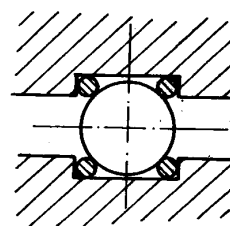


Obr. B.3-41 Valivé uložení stolu vřetenového typu

B.3.2.2 Kruhová vedení valivá



Obr. B.3-42 Uložení desky karuselu



Obr. B.3-43 Drátové kuličkové vedení

B.4 Vřetena obráběcích strojů

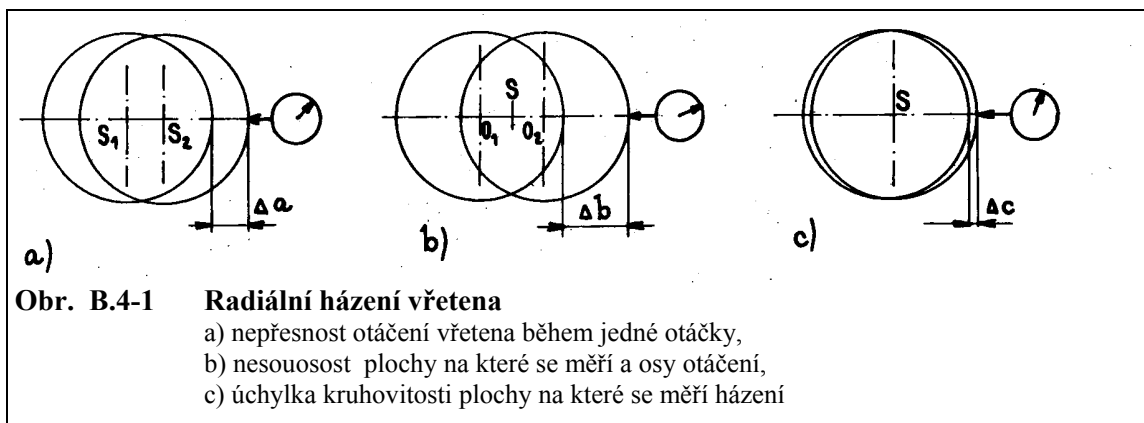
Kolem vřetena je zaručit obrobku (u soustruhů) nebo nástroji (u frézky, vrtačky, brusky) přesný otáčivý pohyb – odchylku bodů obrobku či nástroje v přípustné toleranci. Jde o stejnou funkci, jako je tomu u kruhového vedení.

Vřeteno OS je uloženo ve dvou radiálních a jednom axiálním ložisku. Přední, z vřeteníku vyčnívající konec, sloužící k nasazení či upnutí obrobku/nástroje je normalizovaný. Ložisko bližší přednímu konci vřetena se nazývá přední nebo hlavní ložisko a má rozhodující vliv na přesnost chodu vřetena.

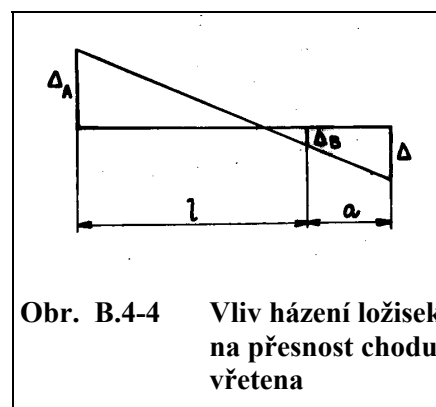
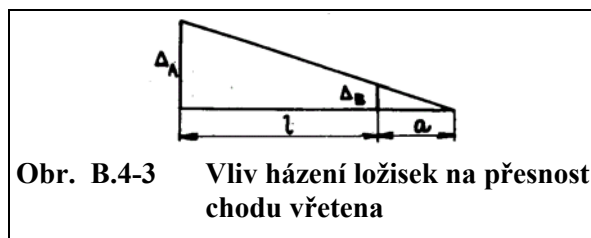
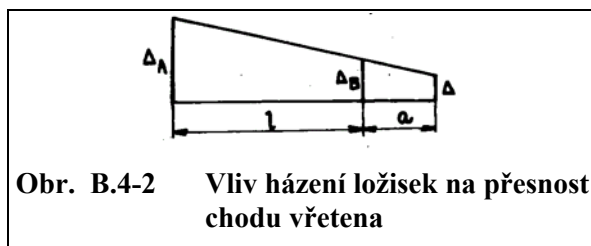
Vřeteno nesmí měnit svou polohu v pracovním prostoru stroje se změnou smyslu velikosti a smyslu zatížení. Konstrukce uložení ložiska musí umožňovat vymezování vůlí způsobených opotřebením a teplotními dilatacemi vřetna.

B.4.1 Přesnost chodu vřetena

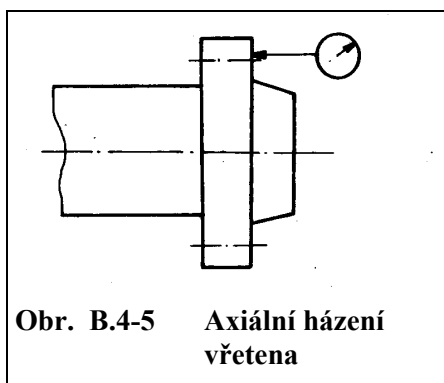
Kontroluje se na předním konci vřetena. Činitelé ovlivňující radiální přesnost chodu vřetena jsou uvedeny na obr.B.4-1.



Vliv radiálního házení ložisek na radiální házení předního konce vřetena je zřejmý z obr. B.4-2 a B.4.4. Teoreticky lze dosáhnout nulového házení (B.4-3).



Budou-li však házení v jedné rovině, ale v opačném smyslu, bude házení na předním konci vřetena největší (obr. B.4-1.4).



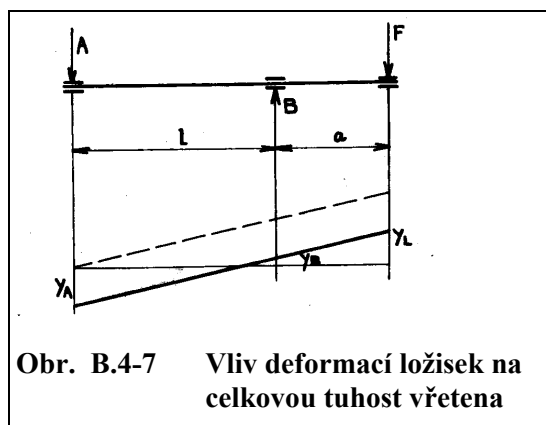
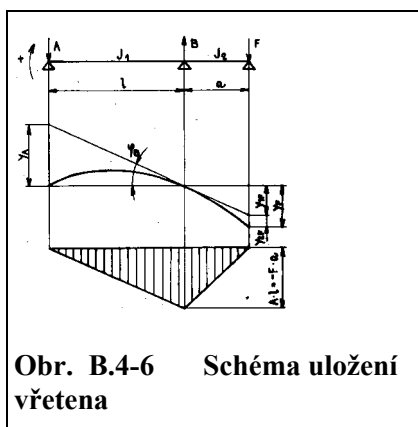
Axiální házení se měří na čelní ploše vřetena – obr. B.4-5. Souvisí: s :

1. axiálním házením ložisek,
2. nekolmostí čelní plochy vřetena k ose jeho otáčení.

Axiální házení příruby (nebo upínací desky) se zdánlivě odstraní, obrobí-li se příslušná plocha po montáži na vlastním stroji.

B.4.2 Tuhost vřetena

Tuhost vřetena má zásadní vliv přesnost obrábění i na dynamickou stabilitu OS. Obvykle se udává tuhost vřetena na jeho předním konci, na nějž se upevňuje upínací zařízení s obrobkem nebo náástrojem (deformace v tomto místě má přímý vliv na jakosti práce).



Při výpočtu tuhosti vřetena se vychází ze schématu uvedeném na obr. B.4-6. Z uvedeného schématu lze odvodit průhyb v místě působení síly F

$$y_F = \frac{Fa^2}{3E} \left(\frac{1}{J_1} + \frac{s}{J_2} \right)$$

Další činitelem ovlivňujícím tuhost vřetena je tuhost uložení vřetena, tj. tuhost ložisek, které jsou zatěžovány reakcemi A a B, viz obr. B.4-7.

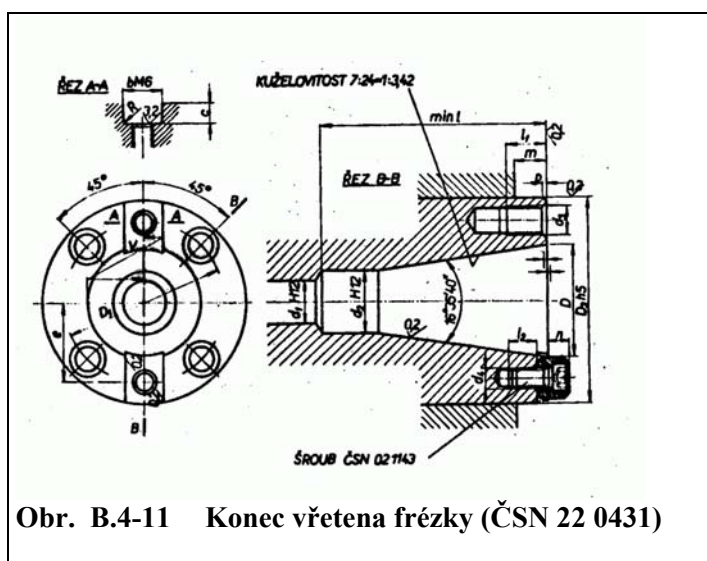
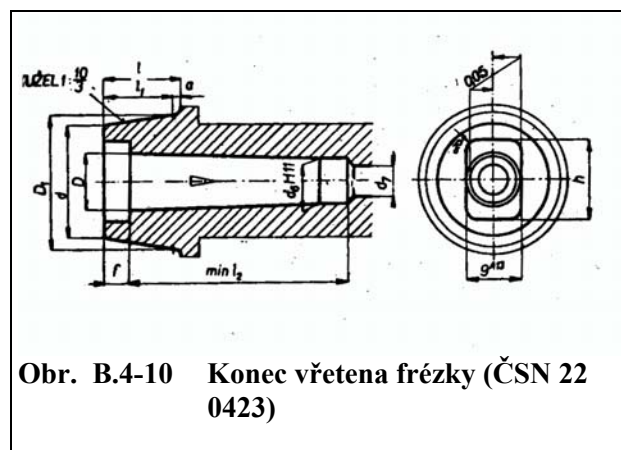
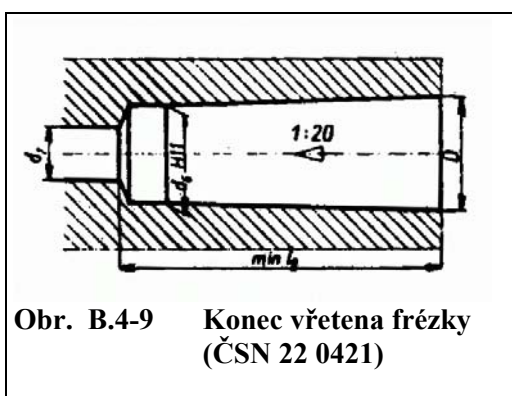
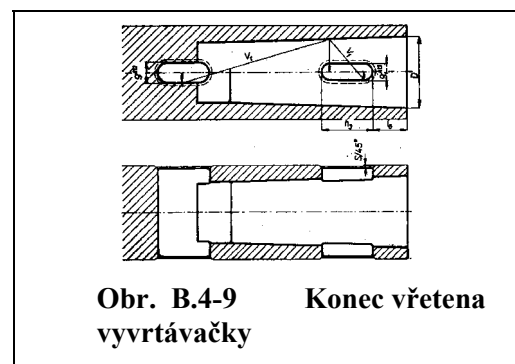
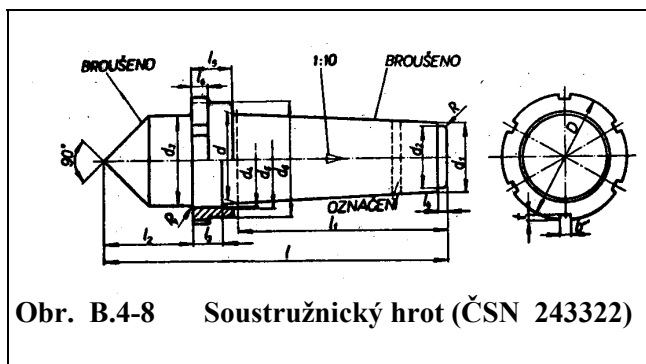
Z tohoto schématu lze odvodit velikost deformace

$$y_L = \frac{F}{l^2} (s^2 * p_A + (s+l)^2 * p_B)$$

Výsledná deformace, způsobená deformací vřetena a ložisek se rovná $y = y_F + y_L$

B.4.3 Konce vřeten obráběcích strojů

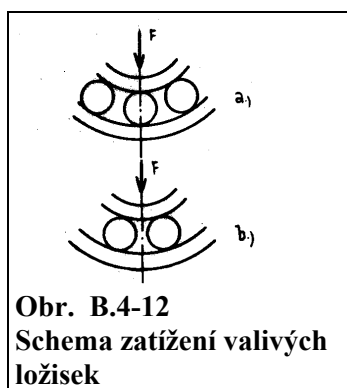
Konce vřeten jsou normalizované. Slouží k jednoznačnému a přesnému upnutí součástí nebo nástrojů do vřeten. Konce vřeten jsou normalizované. Všechny konce vřeten jsou opatřeny přesným kuželvým otvorem, jehož osa je v rámci povolené tolerance totožná s osou otáčení vřeten. Příklady konstrukčních provedení vřeten základních typů obráběcích strojů jsou uvedeny na obr. B.4-8 až 4-11.



B.4.4 Ložiska vřeten

Úkolem ložisek vřeten je radiální a axiální uložení vřetena ve vřeteníku a zachycení na vřeteník působících sil. K tomuto účelu se používají ložiska kluzná (hydrodynamická), hydrostatická a valivá

B.4.4.1 Požadavky na ložiska



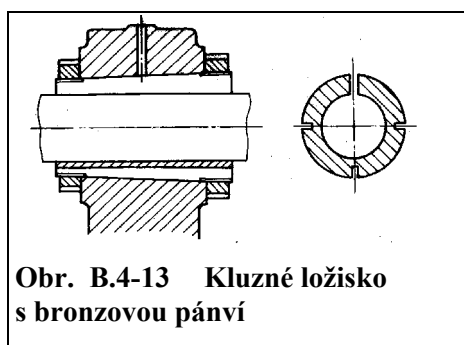
Na ložiska vřeten jsou kladeny tyto požadavky :

- ❖ Přesnost – ložisko nesmí házet a se změnou velikosti a smyslu zatížení měnit polohu své osy,
- ❖ Vysoká tuhost
- ❖ Malé pasivní odpory – malý součinitel tření a tím i malé oteplení,
- ❖ Malé opotřebení – pomalé zvětšování vůle, vysoká životnost
- ❖ Možnost vymezování vůle
- ❖ Jednoduchá údržba a spolehlivost
- ❖ Klidný chod

Klidnost chodu vřetena je specifický problém u valivých ložisek, u kterých se při otáčení mění poloha valivých tělísek vzhledem k zatěžující síle, vzhledem k tomu, že se klec s tělísky otáčí polovičními otáčkami čepu – obr. B.4-12. Frekvence kmitání způsobovaného postupným periodickým zatěžováním a odlehčováním tělísek :

$$v = \frac{\omega}{2z} \quad \text{kde } \omega \text{ je úhlová rychlost čepu, } z \text{ je počet valivých tělísek}$$

B.4.4.2 Ložiska kluzná (hydrodynamická)



Výhodou je snazší dosažení klidného chodu. : Ložiska nejsou náročná na přesnost výroby a dobře tlumí vibrace a rázy.

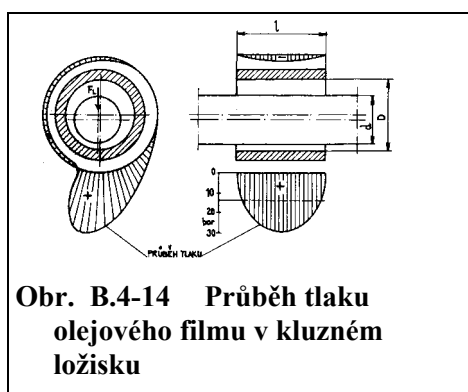
Vyžadují dokonalé a spolehlivé mazání a nejsou vhodná tam, kde vřeteno mění v širokém rozsahu své otáčky.

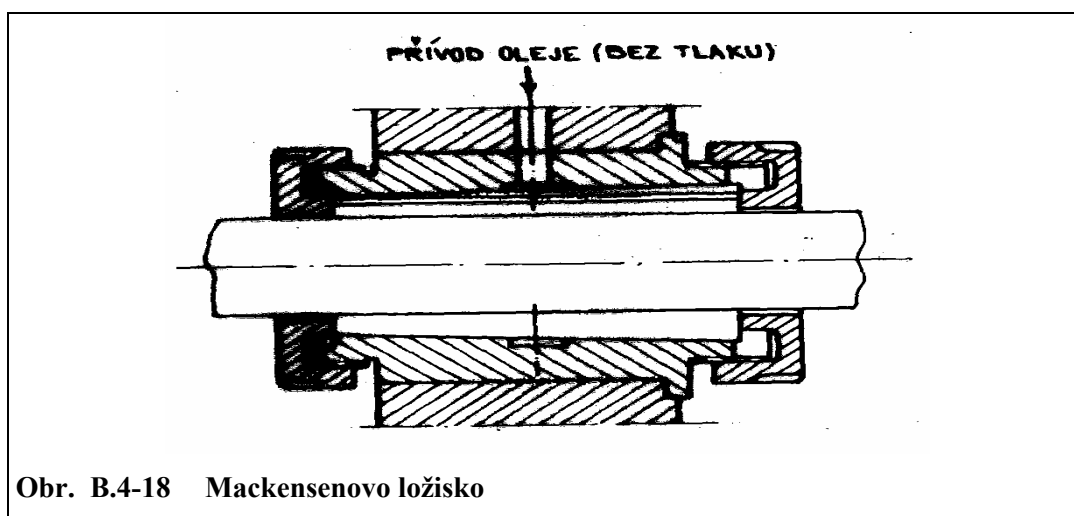
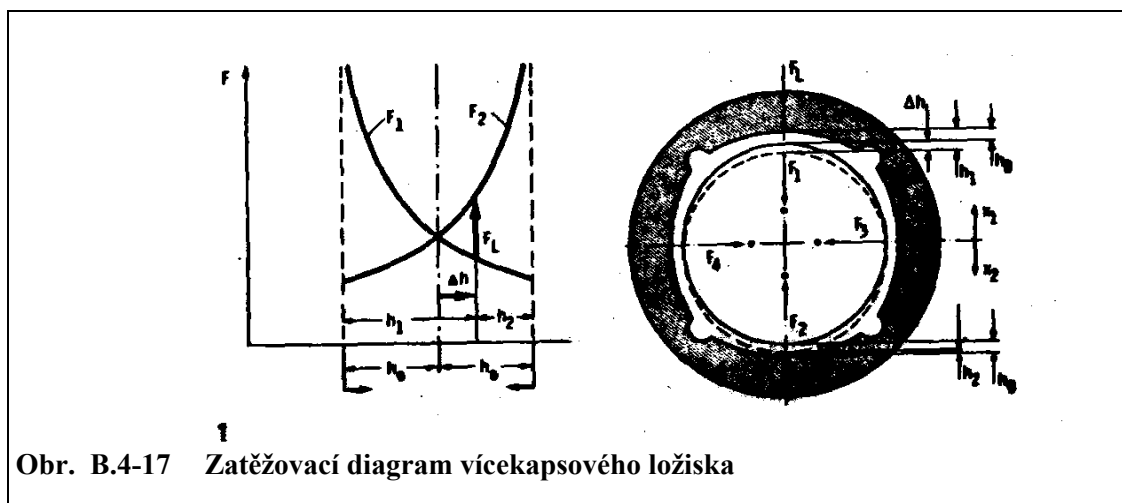
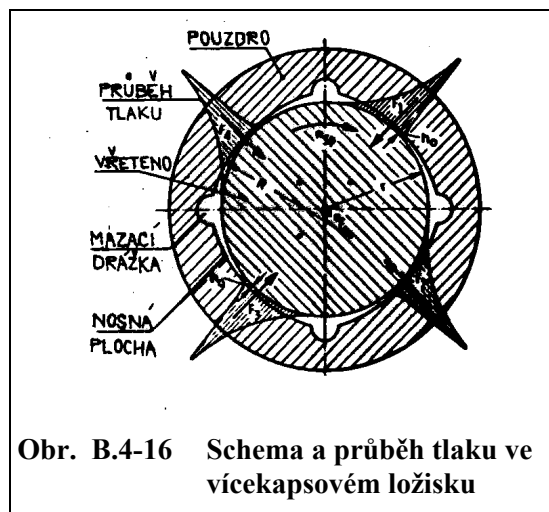
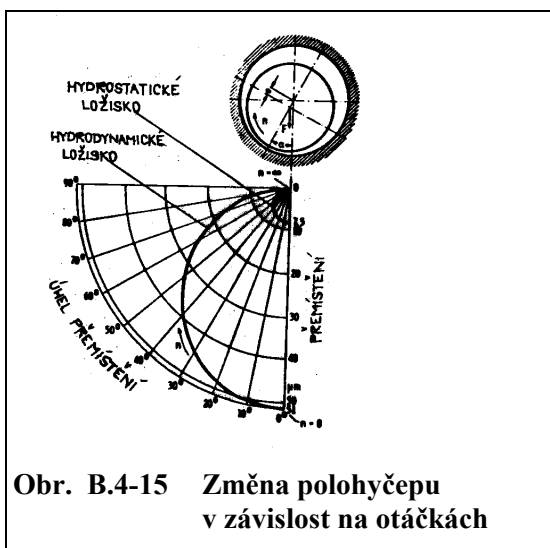
Kluzná ložiska se s rostoucími otáčkami oteplují a to čep intenzivněji než pánev. V důsledku toho se se zvyšujícími otáčkami zmenšuje vůle mezi čepem a pávní (z hlediska nosnosti ložiska a vytváření olejového filmu by to mělo být opačně).

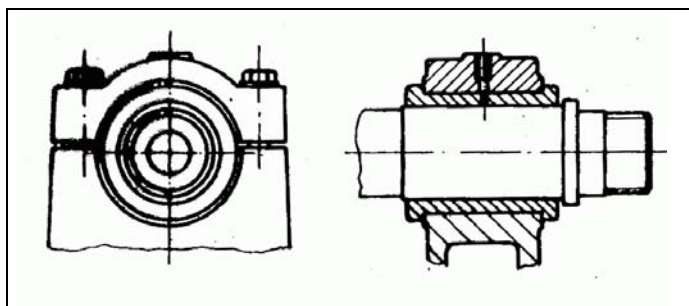
Pro omezení přehřívání ložiska je proto nutno dodávat nadbytečné množství oleje, který přebytek tepla odvádí.

Konstrukční řešení různých druhů radiálních i axiálních ložisek jsou znázorněna na obr. B.4-13, B.4-18 až B.4-23.

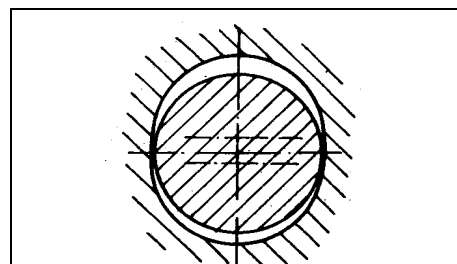
Na obr. B.4-14 až B.4-17



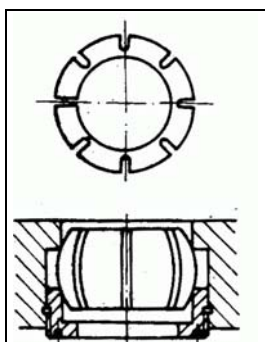




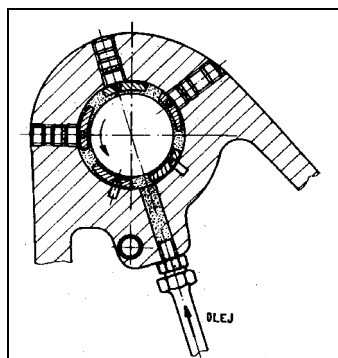
Obr. B.4-19 Ložisko soustruhu



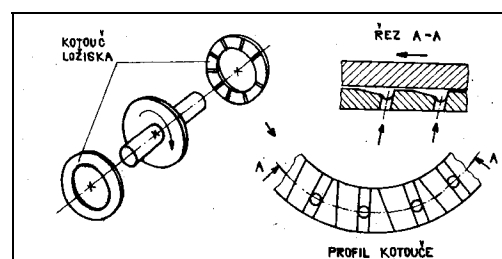
Obr. B.4-20 Ložisko s oválnou pánví



Obr. B.4-21 Ložisko s kulovou pánví



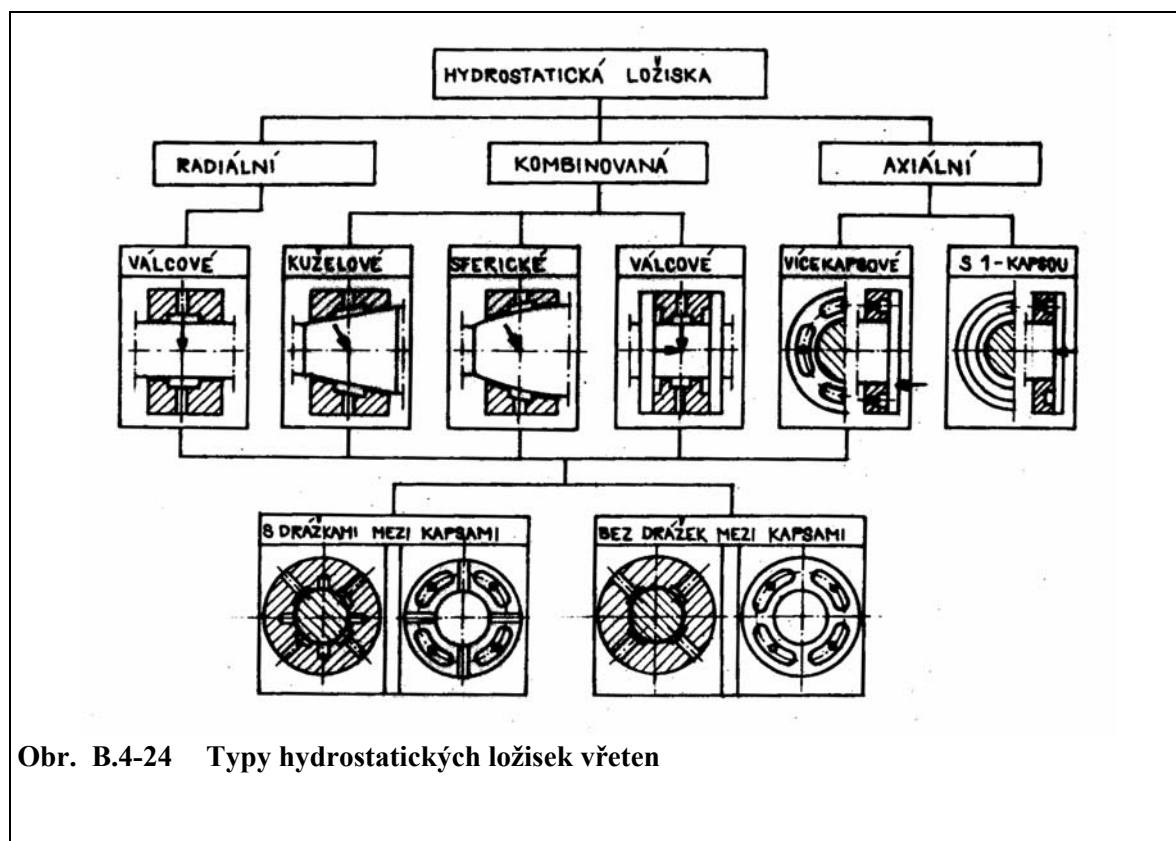
Obr. B.4-22 Ložisko Filmatic



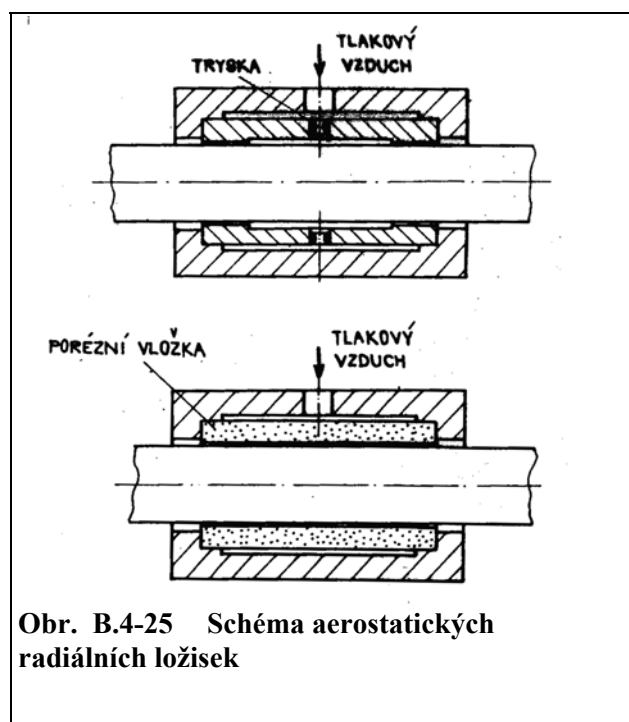
Obr. B.4-23 Axiální kluzné (hydrodynamické) ložisko

B.4.4.3 Ložiska hydrostatická a aerostatická

Obdobně jako se používají hydrostatická vedení se i pro uložení vřeten používají **hydrostatická ložiska**, do kterých se dodává z agregátu tlakový olej. Základní typy hydrostatických ložisek jsou uvedeny na obr. B.4-24. Vyznačují se nepatrným součinitelem tření, klidným chodem a oproti klzným ložiskům i vyšší tuhostí.



Obr. B.4-24 Typy hydrostatických ložisek vřeten



Obr. B.4-25 Schéma aerostatických radiálních ložisek

Na stejném principu jsou založena vzduchová (aerostatická) ložiska.

Obdobné jsou i vlastnosti mimo tuhosti (stlačitelnost vzduchu)

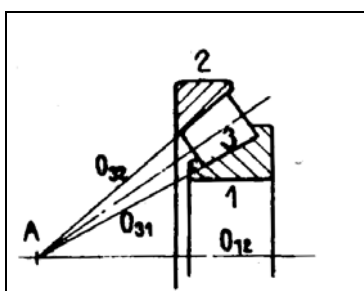
B.4.4.4 Ložiska valivá

B.4.4.4.1 Radiální valivá ložiska

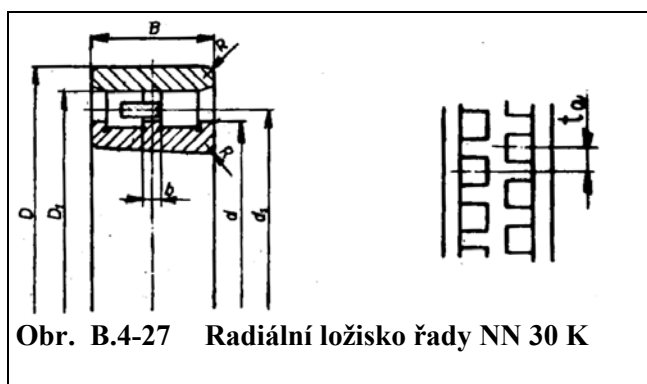
Výhody : Malý součinitel tření / nižší oteplování. Tuhost lze zvyšovat předepínáním. Dají montovat bez vůle – dokonalé vedení vřetena. U většiny řešení lze dobře vymezovat vůle.

Nevýhody: obtížnější dosažení požadované přesnosti - nutnost přesné výroby.

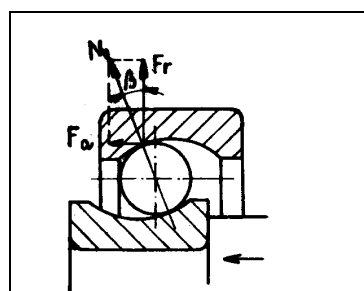
Příklady požívaných ložisek jsou na obr. B.4-26 až B.4-31.



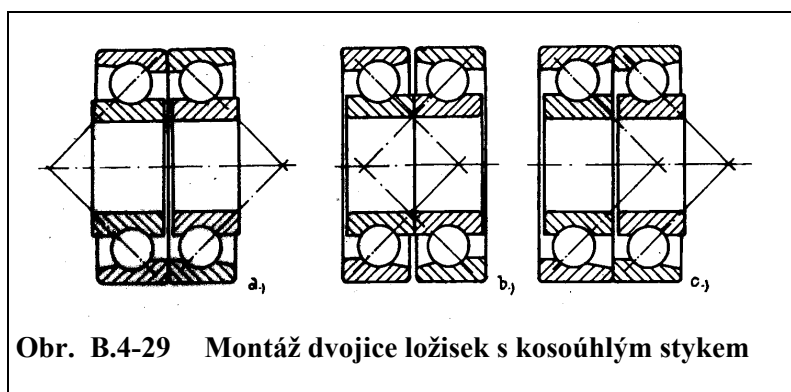
Obr. B.4-26
Podmínka zachování valení
valivých tělísek



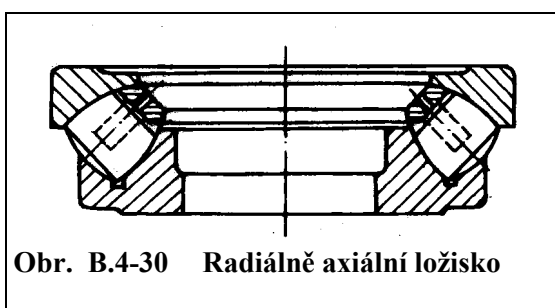
Obr. B.4-27 Radiální ložisko řady NN 30 K



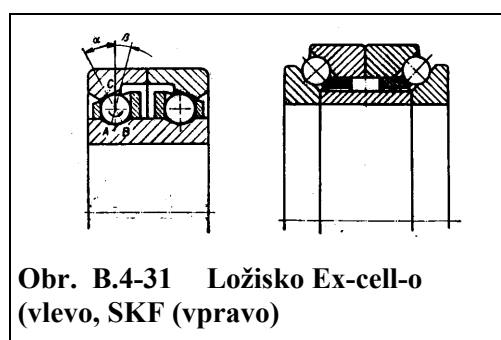
Obr. B.4-28
Kuličkové ložisko při
posunutí kroužků



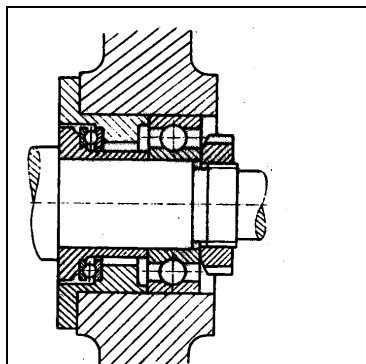
Obr. B.4-29 Montáž dvojice ložisek s kosoúhlým stykem



Obr. B.4-30 Radiálně axiální ložisko



Obr. B.4-31 Ložisko Ex-cell-o
(vlevo, SKF (vpravo))

B.4.4.4.2 Axiální valivá ložiska

Obr. B.4-32 Kombinace
axiálního a radiálního
ložiska

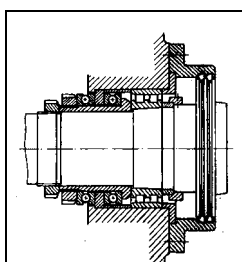
Nejběžnějším typem těchto ložisek jsou axiální kuličková ložiska.

Jejich použití je omezeno maximálně přípustným otáček, který se určuje ze vztahu

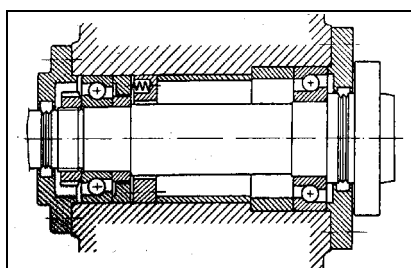
$$n_{\max} \cdot D_s = 200\,000.$$

kde D_s je střední průměr ložiska. ($n_{\max}$ axiálních kuličkových ložisek je cca 2,5 krát nižší, než obobně velkých radiálních kuličkových ložisek !).

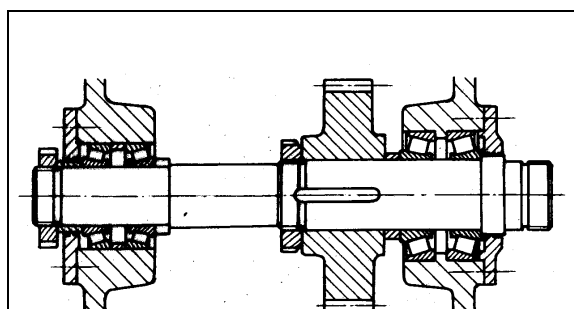
Příklad montáže toho ložiska je uveden na obr. B.4-32.

B.4.4.5 Příklady konstrukce uložení

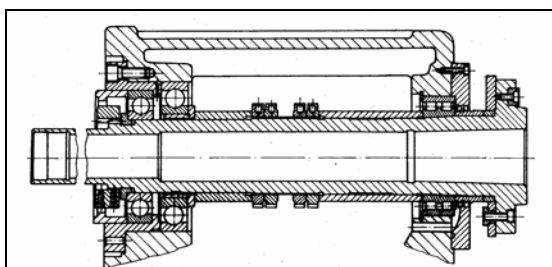
Obr. B.4-33
Radiálně axiální
uložení předního
konce vřetena



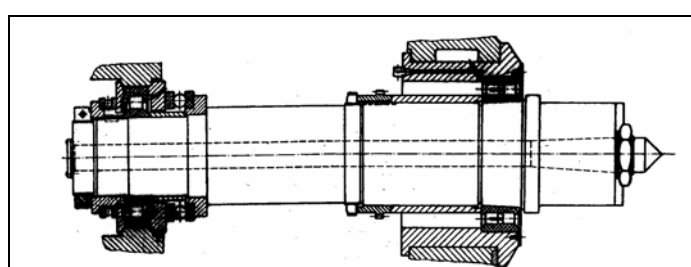
Obr. B.4-34 Uložení vřetena
v radiálních kuličkových
ložiskách s kosoúhlým
stykem



Obr. B.4-35 Vřeteno hrubovacího
soustruhu



Obr. B.4-36 Vřeteno soustruhu SS 40

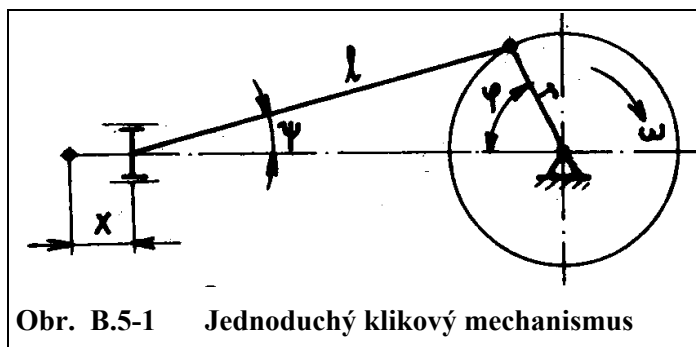


Obr. B.4-37 Vřeteno soustruhu SR 1250

B.5 Ústrojí pro dosažení přímočarých pohybů

B.5.1 Klikové mechanismy

B.5.1.1 Jednoduchý klikový mechanismus



Obr. B.5-1 Jednoduchý klikový mechanismus

Používá pro hlavní přímočarý vratný pohyb s krátkým zdvihem (do cca 100 mm).

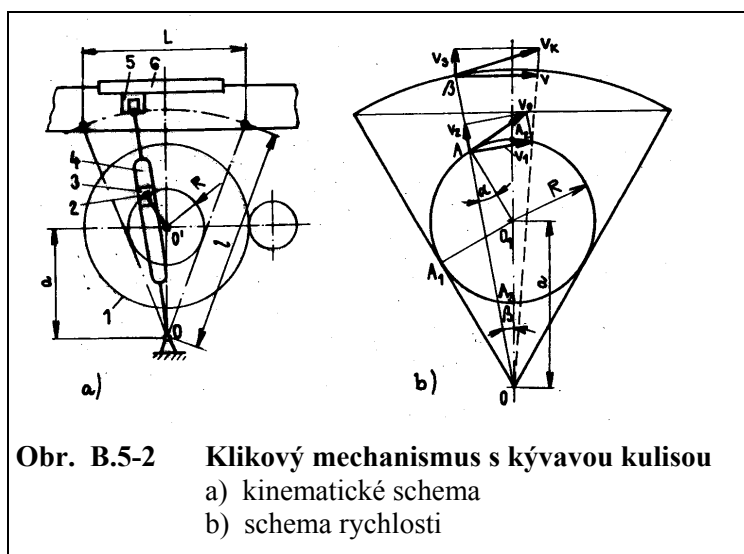
Pro $\lambda = r/l$ je dráha smykadla

$$x = r (1 - \cos \varphi) + r (1 - (1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi)^{1/2})$$

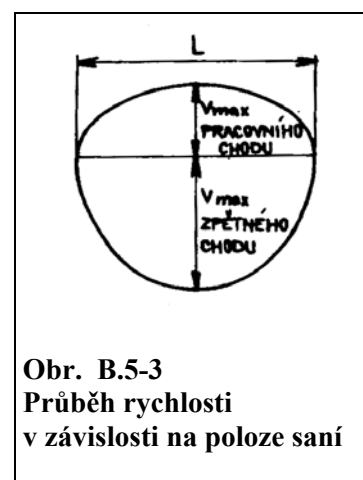
$$v = \omega r (\sin \varphi + (a \sin \varphi \cos \varphi) / (1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi)^{1/2})$$

$$a = \omega^2 r (\cos \varphi + \lambda \cos \varphi^2 / \cos^3 \kappa - \lambda \sin^2 \varphi / \cos \kappa)$$

B.5.1.2 Klíka s kývavou kulisou



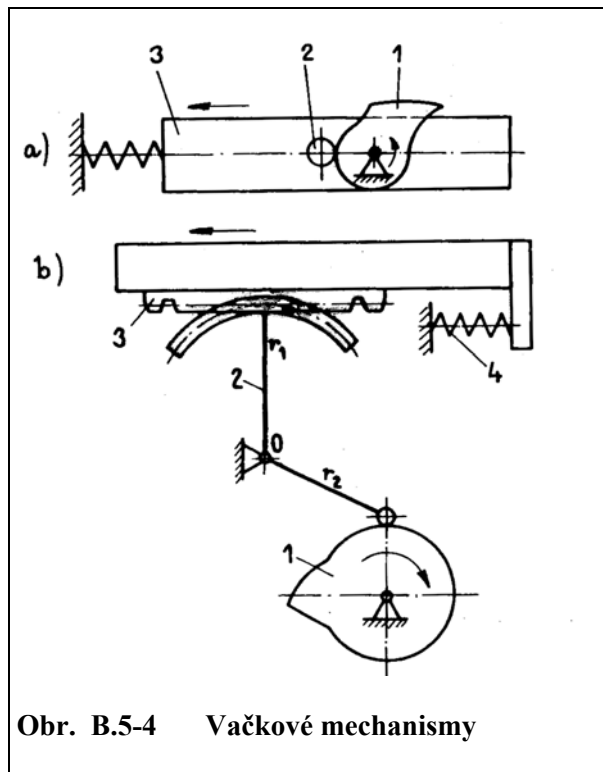
Obr. B.5-2 Klikový mechanismus s kývavou kulisou
a) kinematické schema
b) schema rychlosti



Obr. B.5-3
Průběh rychlosti
v závislosti na poloze saní

B.5.2 Vačkové mechanismy

Používají se pro pohon posuvových mechanismů automatických a poloautomatických strojů.



Vačky mohou být spojeny přímo s poháněným členem posuvového mechanismu - (obr. B.5-4 a), nebo nepřímo pomocí pákového mechanismu - obr. B.5-4 b).

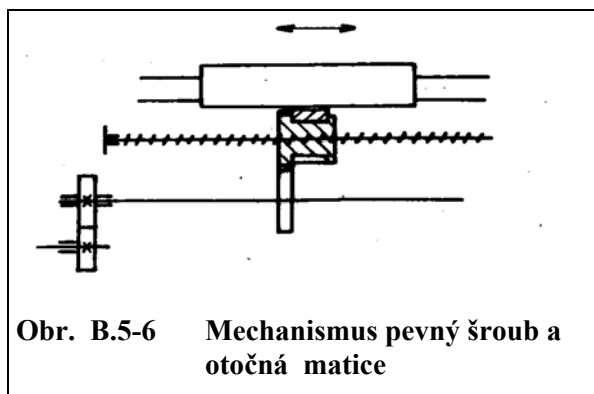
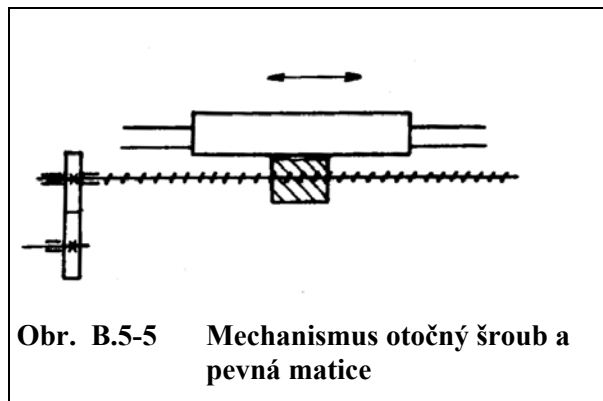
Profil vaček závisí na požadovaném zákonu pohybu suportu.

B.5.3 Šroub a matice

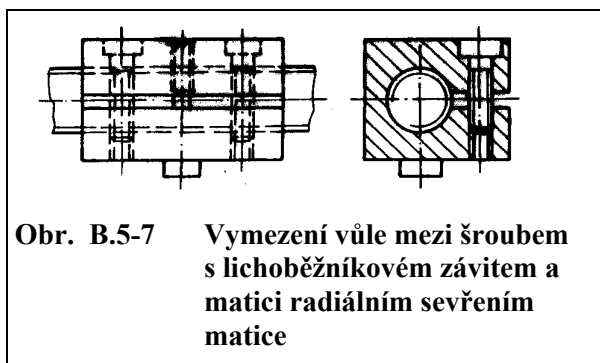
Použití – soustruhy, frézky, souřadnicové vyvrtávačky. Vlastnosti - menší posuvové rychlosti (do $10 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$), velký převodový poměr. Nevýhodou je malá účinnost velké opotřebení.

Základní konstrukční provedení jsou znázorněna na následujících obrázcích B.5-5 a B.5-6.

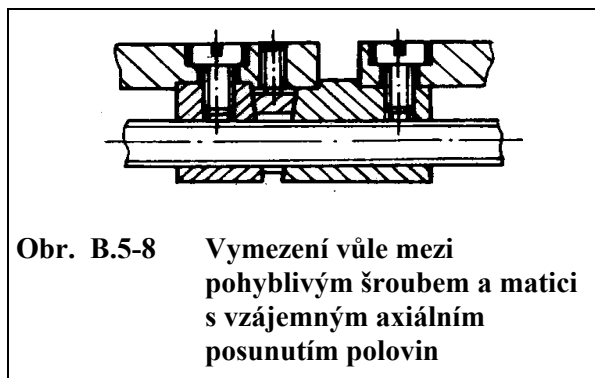
Běžně se používají šrouby s lichoběžníkovým závitem – snadná výroba a jednoduché vymezování vůle.



Pro podřadnější účely (např. příčné saně suportů apod.) se volí matice dle obr. B.5-7. Další způsob je na obr. B.5-8.

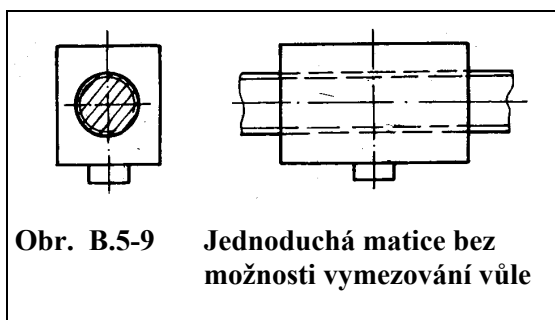


Obr. B.5-7 Vymezení vůle mezi šroubem s lichoběžníkovým závitem a maticí radiálním sevřením matice



Obr. B.5-8 Vymezení vůle mezi pohyblivým šroubem a maticí s vzájemným axiálním posunutím polovin

Pro občasné používání se používá matice dle obr. B.5-10.



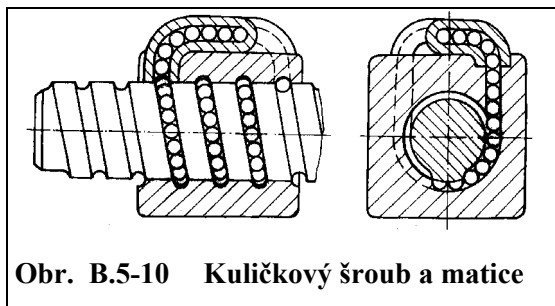
Obr. B.5-9 Jednoduchá matice bez možnosti vymezování vůle

Délka matice bývá

$$L = (1,5 \text{ až } 4) d_s$$

$$L = (2 \text{ až } 3) d_s \quad (\text{vodící šrouby soustruhů}) - \text{u vyvrtávaček ještě větší}$$

Měrný tlak, u vodících šroubů, kde má být co nejmenší opotřebení, by měl být v rozsahu 1,5 – 2,5 MPa a méně. Materiál šroubů: ocel s pevností 700-800 MPa – matice je bronzová.

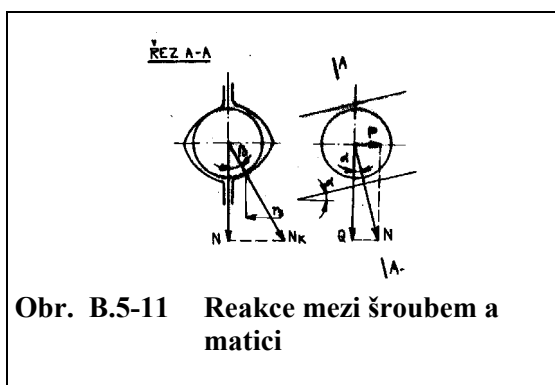


Obr. B.5-10 Kuličkový šroub a matice

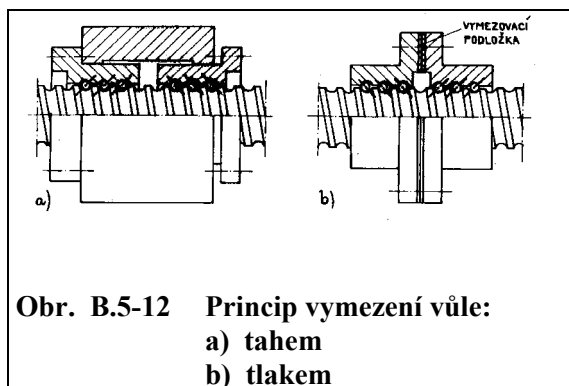
Dokonalejším řešením jsou tzv. kuličkové šrouby a matice, obr. B.5-10 až B.5-12.

Výhody: snížení součinitele tření (valivé tření, obr. B.5-10), možnost vymezování vůle popř. vyvození předepnutí.

Princip vymezování vůle je uveden na obr. B.5-12.

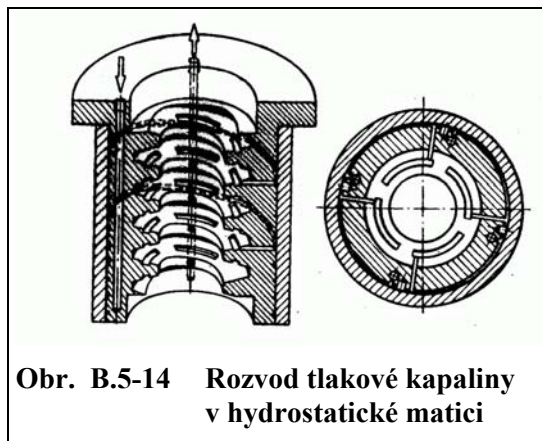
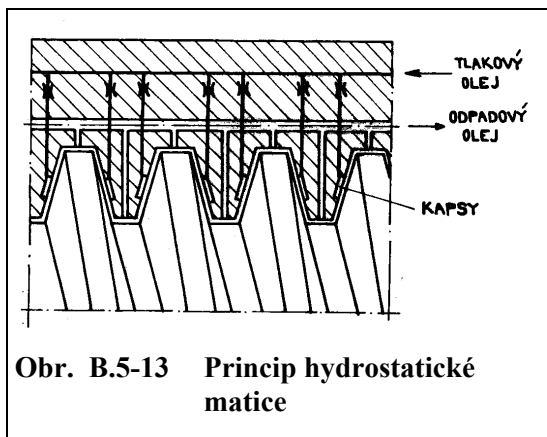


Obr. B.5-11 Reakce mezi šroubem a maticí



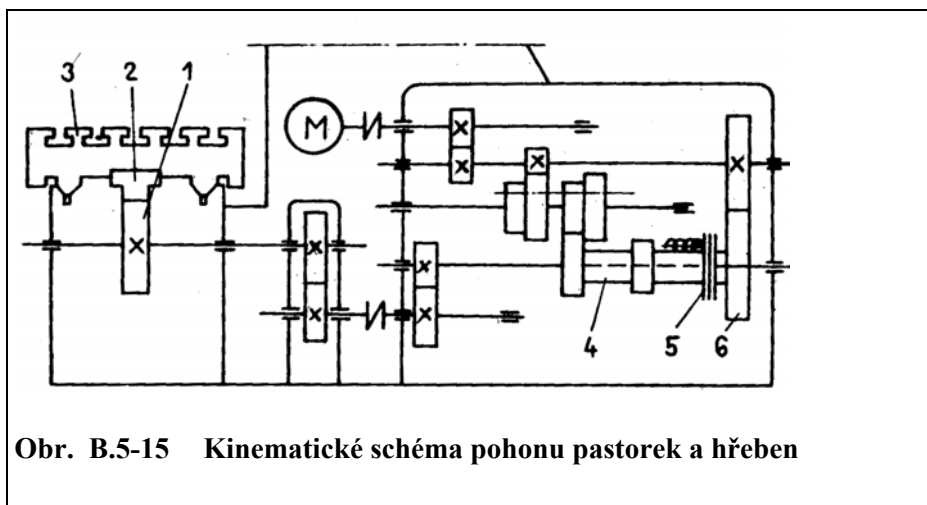
Obr. B.5-12 Princip vymezování vůle:
a) tahem
b) tlakem

Dalším konstrukčním řešením šroubu a matice je šroub s hydrostatickou maticí. Princip je uveden na obr. B.5-13. Způsob rozvodu tlakového oleje v matici je znázorněn na obr. B.5-14.



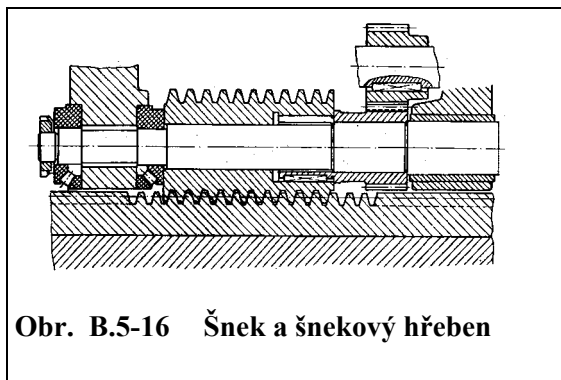
B.5.4 Pastorek a ozubený hřeben

Oproti šroubu a matici má menší převod, lepší účinnost a tuhost. Horší je jeho přesnost. Lze jím vyvodit vyšší posuvové rychlosti jak šroub-matice.



B.5.5 Šnekový mechanismus

B.5.5.1 Šnek a šnekový hřeben



Obr. B.5-16 Šnek a šnekový hřeben

cementovaný a kalený šnek a hřeben ze speciální šedé litiny. Délka šneku bývá v rozmezí 8 až 10 roztečí. Existují rovněž konstrukční provedení šneku a hřebenu s valivým popř. hydrostatickým třením.

Použití – pohon stolů portálových frézek. Šnekový hřeben tvoří částečnou matici. Šnekový hřeben mazán tím, že se šnek brodí v olejové lázni.

Nevýhodou, že hnací pohánějící kolo má omezený průměr.

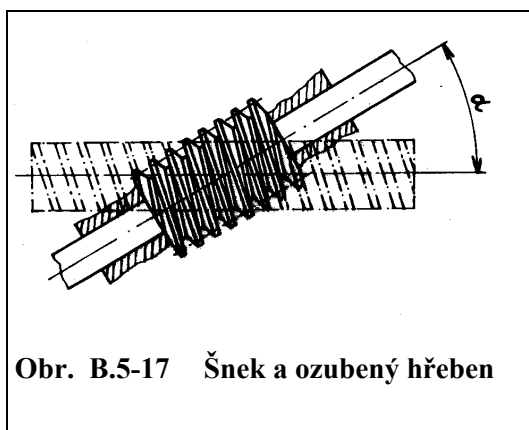
Materiál šneku: ocel

Materiál šnekového hřebenu: bronz.

Povolené měrné tlaky mezi šnekem a hřebenem : 8 – 12 Mpa.

Pro menší tlaky (4-6 Mpa) lze použít

B.5.5.2 Šnek a ozubený hřeben



Obr. B.5-17 Šnek a ozubený hřeben

kolíky).

Používá se ojediněle k pohonu stolů hoblovek.

Na rozdíl od předcházejícího systému šnek – šnekový hřeben je možno pohánět šnek velkým ozubeným kolem (mimoběžné osy hřebenu a šneku).

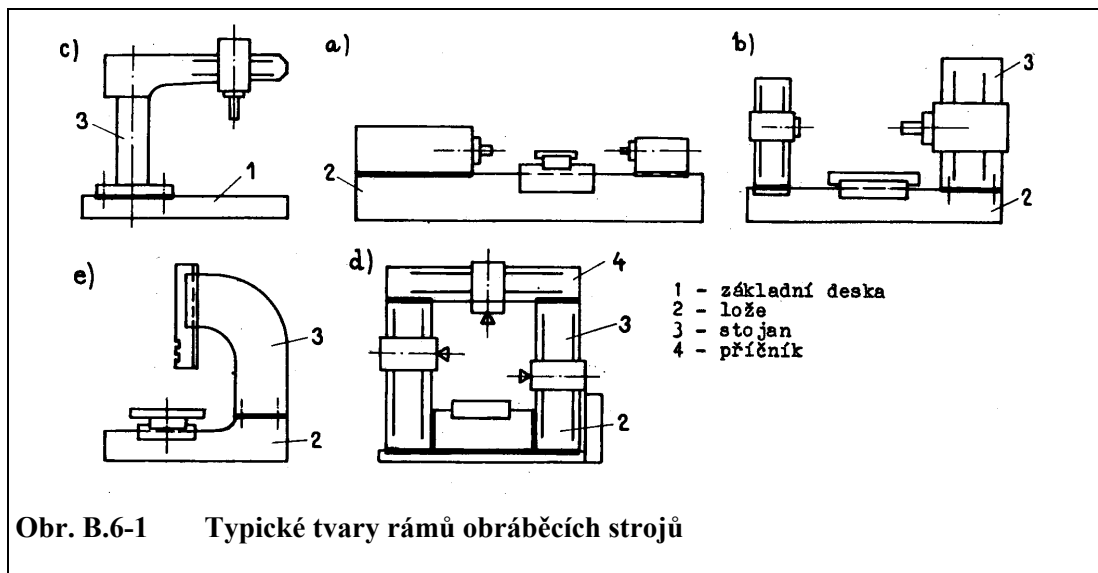
Výhodou je klidný záběr a malá síla na obvodu hnacího kola

Nevýhodou je nízká účinnost a značné opotřebení (šnek se stýká s hřebenem v úsečce).

Tuhost je větší než u šroubu a matice (hřeben je upevněn ke stolu po celé své délce šrouby a

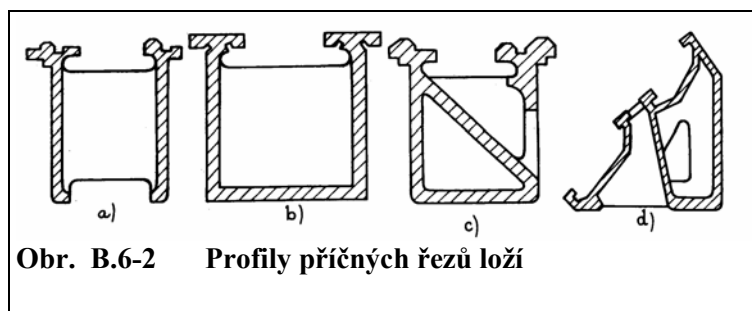
B.6 Rám stroje

Typická tvary rámců obráběcích strojů jsou uvedeny na obr. B.6-1.



Obr. B.6-1 Typické tvary rámců obráběcích strojů

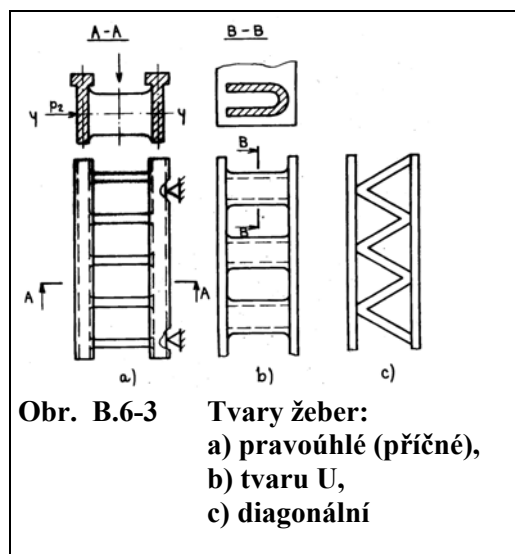
B.6.1 Lože a stojany



Obr. B.6-2 Profily příčných řezů loží

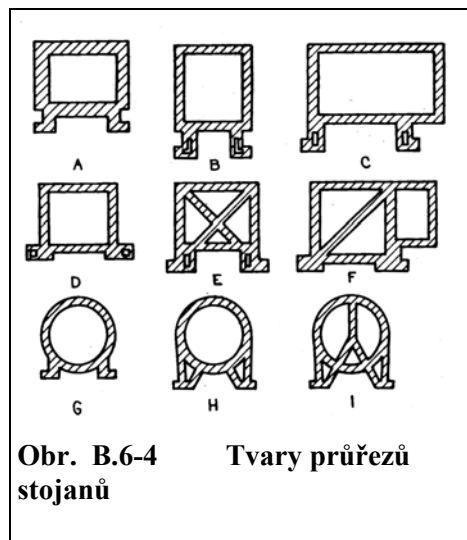
Základními částmi rámců OS jsou lože a stojany. Lože neobsahující vedení se nazývají základní desky. Horizontální lože velkých OS jsou na základ umístovány celou svou základnou.

Lože lehkých strojů (soustruhy na nohy nebo na zpravidla odlehčenou dosedací plochu.



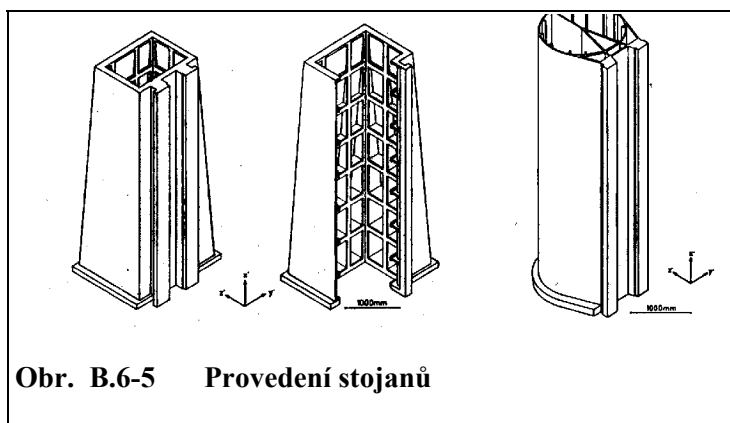
Obr. B.6-3 Tvary žebor:
a) pravoúhlé (příčné),
b) tvaru U,
c) diagonální

odlehčenou dosedací plochu.



Obr. B.6-4 Tvary průřezů stojanů

Profily loží jsou na obr. B.6-2. Pro zvýšení tuhosti loží na ohyb resp. se používá žebrování, obr. B.6-3.



Příklady příčných profilů stojanů jsou uvedeny na obr. B.6-4. Na obr. B.6-5 je vidět skutečné provedení stojanů

Lože i stojany OS jsou obvykle odlévány nebo svařovány.

Pro lité části se nejčastěji používá šedá litina. Lepší mechanické vlastnosti má očkovaná nebo legovaná litina.

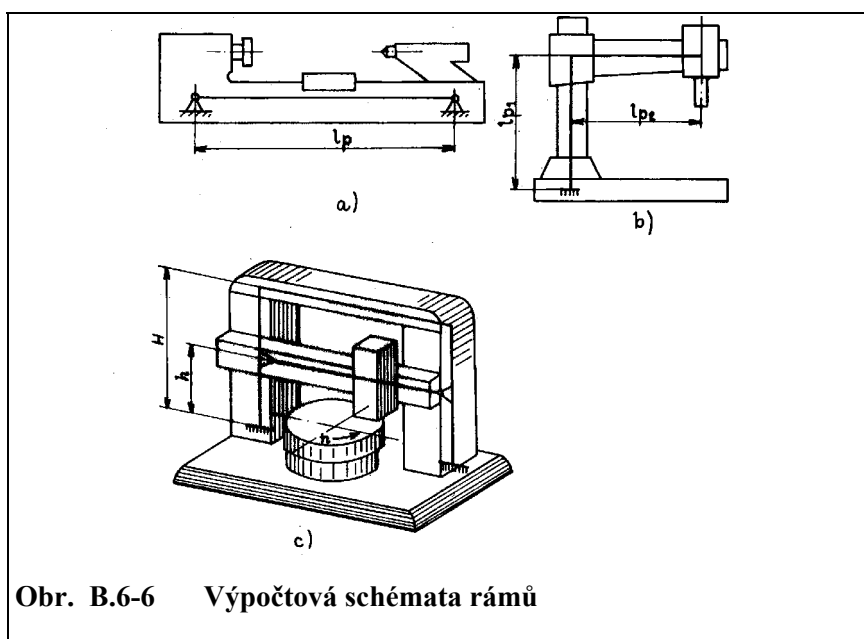
Stále častěji se však začíná při výrobě dílů rámců a stojanů používat svařování (zejména v kusové a malosériové výrobě OS). Důvodem jsou lepší mechanické vlastnosti svařovaných dílů (pevnost, tuhost, tvrdost atd.), odpadá výroba forem apod. Naopak horší jsou tlumící schopnost oceli, třecí vlastnosti aj.

Do výroby loží začínají pronikat i nové technologie, např. použití betonu, polymerbetonu aj.

Přehled základních mechanických vlastností klasických materiálů pro výrobu loží a stojanů je uveden v Tab. B.6-1.

Materiál	Modul pružnosti E N/mm ²	Specifická hmotnost γ kg/dm ³	Koeficient tepelné roztažnosti α 1/°C	Pevnost σ_B N/mm ²
Ocel	$2,1 \cdot 10^5$	7,85	$11,1 \cdot 10^{-6}$	400 ... 1300
Očkovaná ocel	$1,7 \cdot 10^5$	7,40	$9,5 \cdot 10^{-6}$	400 ... 700
Šedá litina	$0,5-1,1 \cdot 10^5$	7,20	$9,0 \cdot 10^{-6}$	100 ... 300
Měď	$1,2 \cdot 10^5$	8,95	$16,2 \cdot 10^{-6}$	200 ... 400

Tab. B.6-1 Mechanické vlastnosti materiálů rámců obráběcích strojů



B.7 Vybavení obráběcích strojů

B.7.1 Elektrická výzbroj obráběcích strojů

Elektrotechnické, elektronické, optoelektronické komponenty pro pohony, ovládání, signalizace, řízení atd.

B.7.2 Mazací zařízení

Účel : snížení pasivních odporů (ztrát), snížení opotřebení ploch částí pohyblivých spojení, zvýšení životnosti stroje, zvýšení přesnosti obrábění, snížení vibrací a hluku, snížení oteplení stroje apod.

Mezi nejdůležitější místa mazání na OS patří:

- ❖ ložiska vřeten,
- ❖ převodovky,
- ❖ vedení stroje

B.7.2.1 Volba maziva

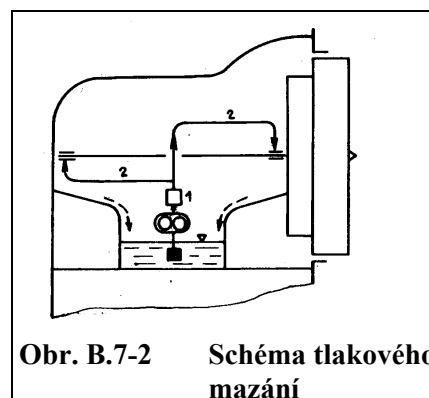
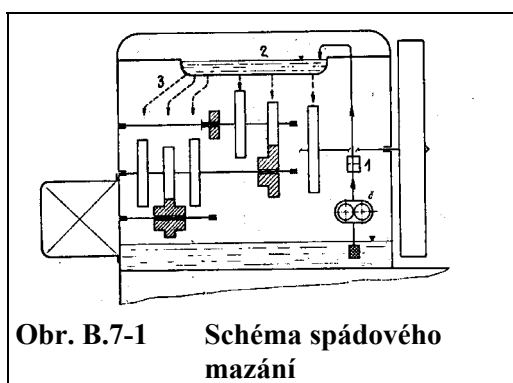
Použití pro		ČSN	Označení	Dynamická viskozita η (Pa.s)
mechanizmy	malých a středních	65 6610	OL-J4	0,030 9 až 0,037 7
	velkých		OL-J6	0,052 0 až 0,059 2
hydrauliku			OL-J2	0,015 3 až 0,020 4
kluzná vedení		65 6612	OL/P4	0,031 6 až 0,037 7
občasně mazání		65 6611	OL-B5	0,045 9 až 0,054 1

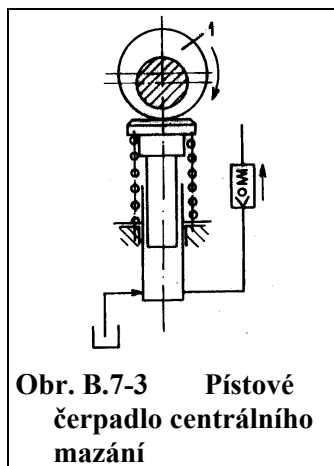
Tab. B.7-1 Mazací oleje pro obráběcí stroje

B.7.2.2 Samočinný mazací oběh

Základní typy jsou:

- ❖ spádový (obr. B.7-1) – převodovky (obvodová rychlost ozubení přesahuje $20 - 025 \text{ m s}^{-1}$)
- ❖ tlakový (obr. B.7-2) – používá se tam mazání vedení, ložisek vřeten apod. Tlakový olej je dodáván zubovým čerpadlem s vlastním pohonem. Závada v dodávce oleje je signalizována kontrolkou a zvukovým signálem. Pokud není stroj zastaven obsluhou, dojde k jeho automatickému zastavení.

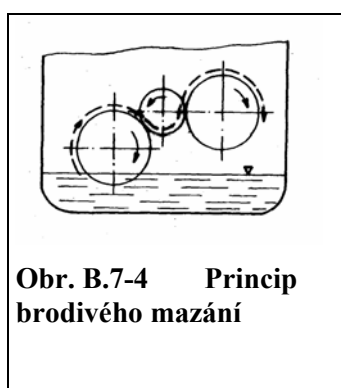


B.7.2.3 Centrální tlakové mazání**Použití :**

Současné promazání všech většího počtu vedení v suportů, smýkadel stroje apod.

Zabraňuje se tím opomenutí některé z uvedených míst promazat

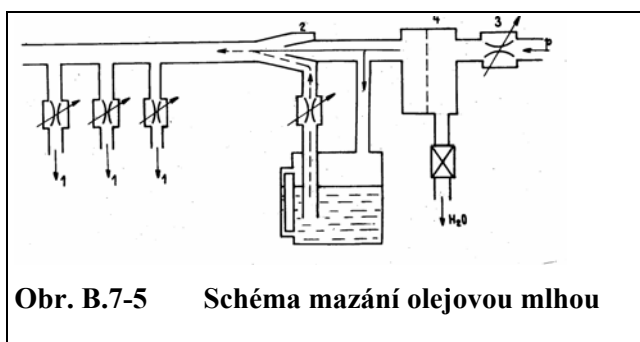
Centrální mazání je zpravidla vybaveno pístovým čerpadlem poháněným samočinně při pohybu promazávané jednotky (obr. B.7-3). – pohon vačkou (1) na předlohovém hřídeli v posuvové skříni. Lze ovládat i ručně.

B.7.2.4 Mazání roztříkem a broděním**Použití:**

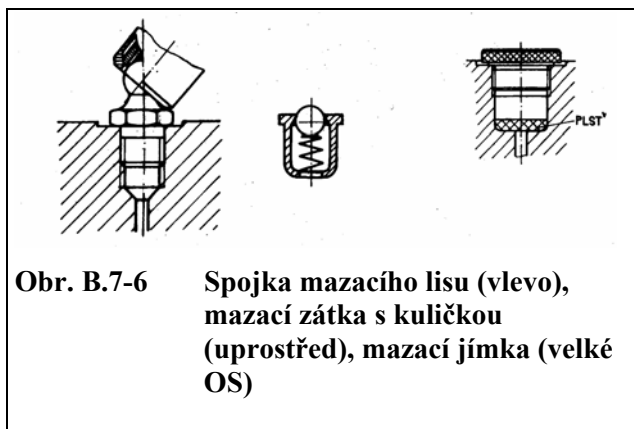
Při obvodových rychlostech ozubených kol v převodovkách . Brodění do rychlost do cca 3 m s^{-1} .

Při větších obvodových rychlostech jsou kola, spojky, přesouvadla atd. mazána roztříkem (kolo je ponořeno asi do $1/3$ svého průměru. Mazána tak jsou i ložiska.

Max. obvodová rychlost kola by neměla překročit 8 m s^{-1} . Při větších rychlostech nutno použít mazání s uzavřeným oběhem, ev. vstříkací trysky do míst záběru kol s vysokými otáčkami.

B.7.2.5 Mazání olejovou mlhou**Použití:**

Mazání rychloběžných vřeten uložených ve valivých ložiskách s obvodovou rychlostí nad 25 m s^{-1} .

B.7.2.6 Ruční mazání**Použití:**

Při málo mazacích místech s malou spotřebou maziva v denních intervalech, kdy opomenutí promazání nezpůsobí poruchu apod.

B.7.3 Chladicí systémy

Odvádění tepla vzniklého při obrábění, snížení třecích odporů, snížení řezných sil a zvýšení jakosti obrobených ploch.

Chladicí kapalina nesmí působit korozivně a být zdravotně závadná.

B.7.3.1 Způsoby chlazení

Chladicí kapalina se přivádí do místa řezu při nízkém tlaku (běžné způsoby obrábění) nebo pod vysokým tlakem - zajištění spolehlivého přívodu kapaliny do místa obrábění a spolehlivé odstranění třísek (rychlostní broušení, vrtání hlubokých otvorů apod.).

Používané chladicí kapaliny:

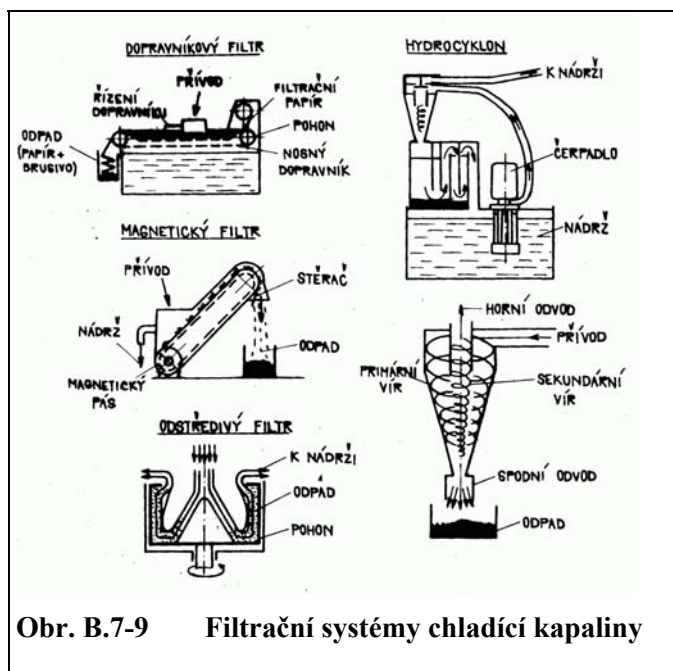
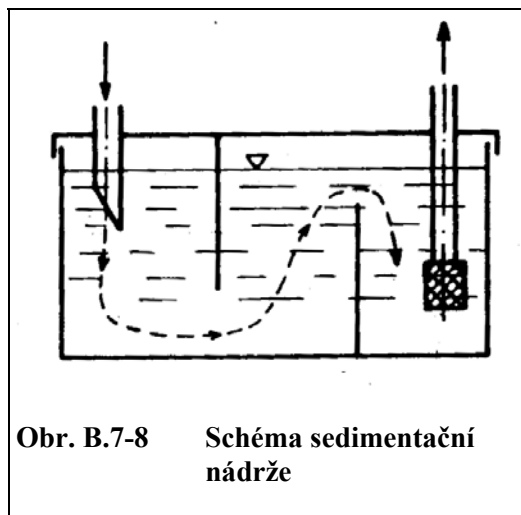
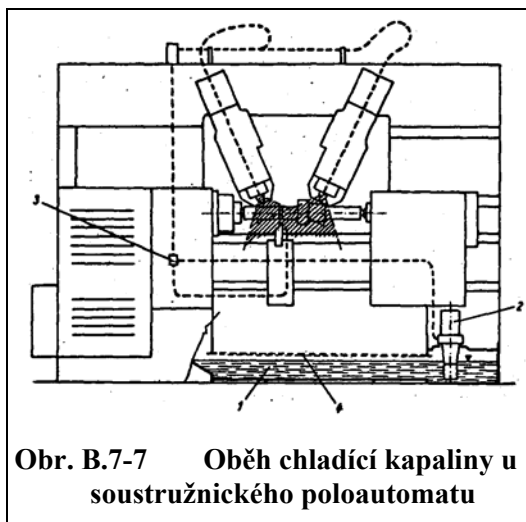
- Vodní roztoky,
- Emulzní kapaliny,
- Olej (zvýšené nároky na mazací účinek).

Doprava chladicí kapalina – odstředivá elektrická čerpadla (0,03 – 0,06 MPa/ 10-20 l min⁻¹). Popř. vysokotlaká čerpadla (1-5 Mpa).

Objem nádrže je volen jako 5-10 násobek minutového objemu čerpadlem dodávaného množství kapaliny (dokonalejší chlazení kapaliny a sedimentace nečistot).

B.7.3.2 Uspořádání a řízení chladicího oběhu

Schéma oběhu chladicí kapaliny je obr. B.7-7. Princip jednoduchého sedimentačního čištění chladicí kapaliny je uveden na obr. B.7-8.



Náročné požadavky na čištění jsou u brusek..

Příklady dokonalejších filtračních systémů jsou uvedeny na obr.B.7-9.

Teplota chladicí kapaliny být 60-80 °C. Nestačí-li se kapalina na tuto teplotu ochlazovat, je nutno aplikovat umělé chlazení s termostatickým ovládáním.

U některých strojů je možno spustit řezání až po zapnutí chlazení, které se automaticky vypíná po zastavení obrábění.

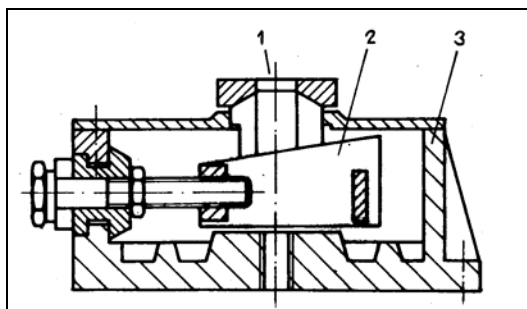
B.8 Základy obráběcích strojů

Způsob uložení stroje závisí na :

- 1- tuhosti lože,
- 2- velikosti a dráze (změně těžiště) při přemísťování hmot,
- 3- velikost rázů při obrábění,
- 4- možnost vyrovnávání stroje event. potřeby jeho přemísťování,
- 5- hmotnosti základu a vlastností zeminy,
- 6- amplitudě a frekvenci rušivých sil

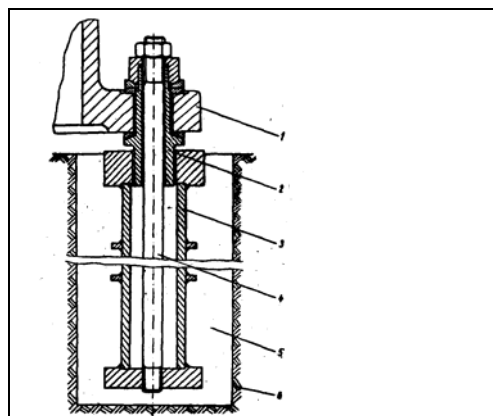
B.8.1 Uložení na podlaze

Používá se u malých a středně velkých strojů s dostatečnou tuhostí lože. Maximální přípustné zatížení podlahy je 30000 A. m²., kterému odpovídá hmotnost OS cca 10 000 kg.



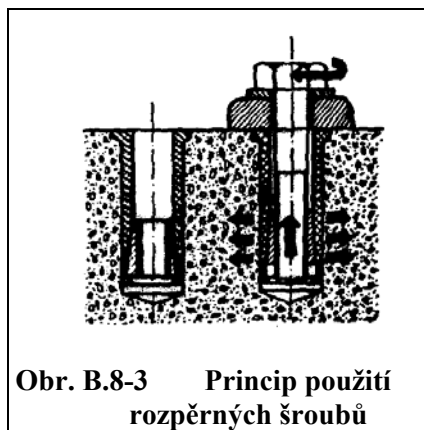
Obr. B.8-1 Kotevní blok se stavěcím klínem

- 1- osa základového šroubu,
- 2- stavěcí klín,
- 3- těleso kotevního bloku

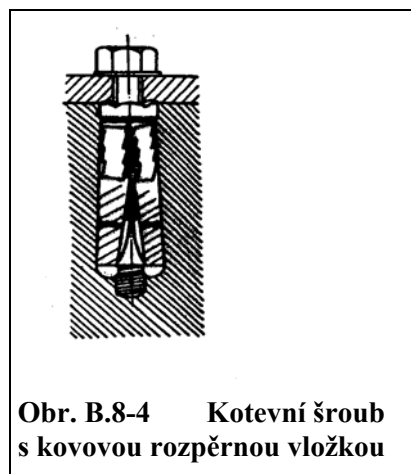


Obr. B.8-2 Základový šroub se stavěcím šroubem

- 1 lože,
- 2 stavěcí šroub,
- 3 kotevní trubka,
- 4 základový šroub,
- 5 prostor pro vyplnění betonem,
- 6 betonová podlaha



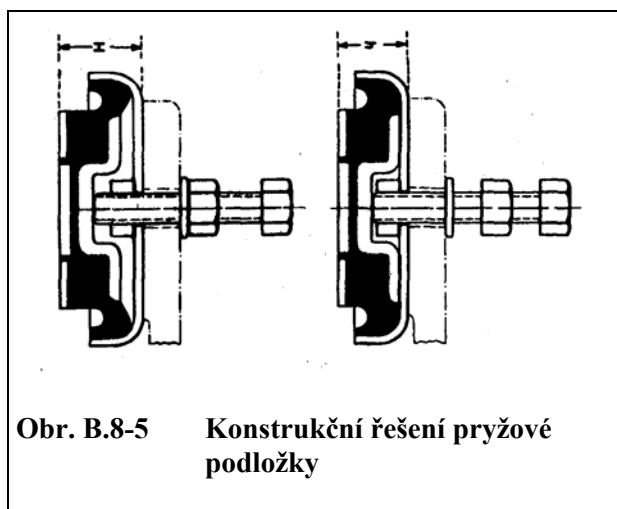
Obr. B.8-3 Princip použití rozpěrných šroubů



Obr. B.8-4 Kotevní šroub s kovovou rozpěrnou vložkou

Při zvýšených požadavcích na přesnost u malých resp.

středně velkých OS se stroje kotví na pružných podložkách (obr. B.8-5), které tlumí přenos kmitů z okolí stroje.

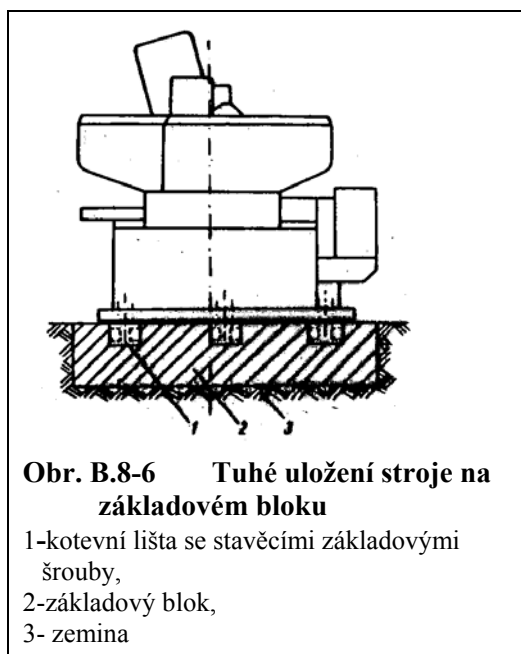


B.8.2 Uložení na základových blocích

Použití : velké OS s nižší tuhostí lože a velkou hmotností (nad 10000 kg).

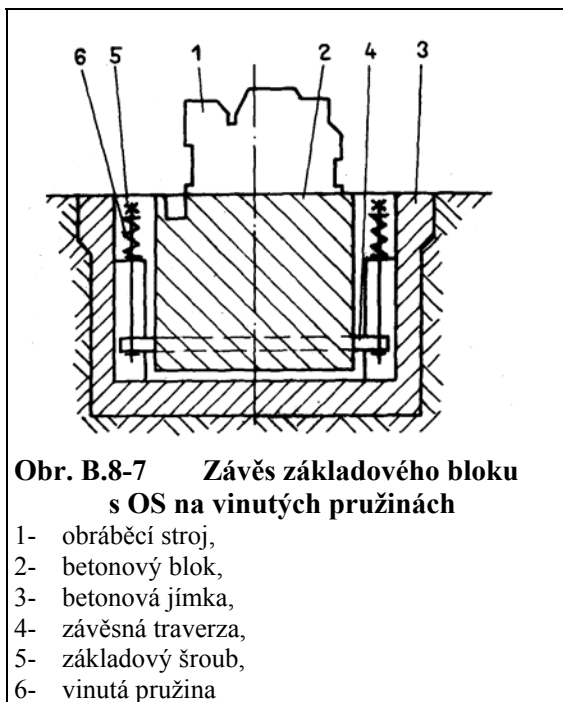
B.8.2.1 Tuhé uložení na základovém bloku

Rozměry bloku se určují dle tabulky



Tab. B.8-1....Hloubka základového bloku pro stroje o hmotnosti do 30000 kg

Druh OS	Hloubka základového bloku /m/
Soustruhy hoblovky, rovinné frézky, vodorovné protahovačky	$0,3 \cdot l^{1/2}$
Brusky	$0,4 \cdot l^{1/2}$
Ozubárenské stroje, svislé soustruhy, svislé automaty a protahovačky, bezkonzolové frézky, vodorovné vyvrtávačky	$0,6 \cdot l^{1/2}$

B.8.2.2 Pružné uložení základového bloku**Výhody:**

Při uložení základového bloku na pružné elementy (koberce, podložky, korek apod.), se snižuje přenos budících sil stroje do oholí a opačně.

Izolační účinek pružného uložení se určuje tzv. *součinitelem propustnosti* – poměrem amplitud síly budící a síly přenesené.

Při vysokých požadavcích na přesnost obrábění, kdy je požadována vlastní frekvence základového bloku se strojem menší než 5 Hz, je nutno zavěsit základový blok na vinuté pružiny, např. podle obr. B.8-7.

OBSAH části A a B

A Úvod	A-1
A.1 Základní definice a třídění OS	A-1
A.2 Rozdělení konvenčních OS	A-2
A.3 Požadavky kladené na OS	A-2
A.3.1 Výkonnost	A-3
A.3.2 Jakost práce	A-3
A.4 Základní technické parametry OS	A-7
A.4.1 Tuhost a její vliv na konstrukci OS	A-7
A.4.2 Styková tuhost	A-10
A.5 Klidnost chodu vřetena	A-10
A.6 Kmitání v obráběcích strojích	A-10
B Základy konstrukce OS	B-1
B.1 Převodové systémy pro stupňovitou a plynulou změnu otáček	B-1
B.1.1 Otáčkové řady	B-1
B.1.2 Ústrojí stupňovitou změnu otáček	B-2
B.1.3 Kinematika posuvových mechanismů s mechanickými převodovými systémy	B-4
B.1.4 Mechanické ústrojí pro plynulou změnu otáček (variátory)	B-4
B.1.5 Součtové mechanismy	B-5
B.1.6 Mechanizmy pro změnu směry otáček	B-5
B.1.7 Spojky	B-6
B.2 Mechanismy k dosažení přerušovaných pohybů	B-8
B.2.1 Vypínání a zapínání pohonu	B-8
B.2.2 Rohatka se západkou	B-8
B.2.3 Maltézské mechanismy	B-8
B.2.4 Vačkové mechanismy	B-9
B.3 Pohyblivá spojení přímočará a rotační	B-10
B.3.1 Přímochará vedení	B-11
B.3.2 Kruhová vedení	B-18
B.4 Vřetena obráběcích strojů	B-20
B.4.1 Přesnost chodu vřetena	B-20
B.4.2 Tuhost vřetena	B-21
B.4.3 Konce vřeten obráběcích strojů	B-22
B.4.4 Ložiska vřeten	B-23
B.5 Ústrojí pro dosažení přímočarých pohybů	B-29

OBRÁBĚCÍ STROJE

B.5.1 Klikové mechanismy	.....	B-29
B.5.2 Vačkové mechanismy	.....	B-30
B.5.3 Šroub a matice	.....	B-30
B.5.4 Pastorek a ozubený hřeben	.....	B-32
B.5.5 Šnekový mechanismus	.....	B-33
B.6 Rám stroje	.....	B-34
B.6.1 Lože a stojany	.....	B-34
B.7 Vybavení obráběcích strojů	.....	B-36
B.7.1 Elektrická výzbroj obráběcích strojů	.....	B-36
B.7.2 Mazací zařízení	.....	B-36
B.7.3 Chladicí systémy	.....	B-38
B.8 Základy obráběcích strojů	.....	B-40
B.8.1 Uložení na podlaze	.....	B-40
B.8.2 Uložení na základových blocích	.....	B-41

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

VÝROBNÍ STROJE A ZAŘÍZENÍ

– část – „OBRÁBĚCÍ STROJE“

**ČÁST C
„STROJE“**

OBSAH

C „stroje“	84
C.1 Obráběcí stroje - základy	87
C.1.1 Úvod, pohled do historie vývoje obráběcích strojů	87
C.1.2 Definice obráběcího stroje	87
C.1.3 Třídění a dělení obráběcích strojů podle různých hledisek	87
C.1.4 Označování obráběcích strojů	87
C.1.5 Konstrukce obráběcích strojů	87
C.1.5.1 Požadavky na konstrukci obráběcích strojů	87
C.1.5.2 Stavebnicová konstrukce	87
C.1.5.3 Počítačová podpora konstruování obráběcích strojů a technologie	87
C.1.6 Výroba obráběcích strojů	87
C.1.7 Kontrola a zkoušení obráběcího stroje, uvedení do provozu	87
C.1.8 Obsluha stroje, seřizování stroje, údržba, opravy, generální opravy	87
C.1.9 Retrofit obráběcích strojů	87
C.1.10 Ekologická likvidace obráběcího stroje	87
C.2 Přehled obráběcích strojů	88
C.2.1 Vrtací stroje	88
C.2.1.2 Rozdělení vrtáček	88
C.2.2 Vyvrtávací stroje	90
C.2.2.2 Rozdělení vyvrtávaček	90
C.2.3 Soustruhy	95
C.2.3.2 Rozdělení soustruhů	95
C.2.4 Frézovací stroje	99
C.2.4.2 Rozdělení frézek	99
C.2.5 Stroje na dělení materiálu	103
C.2.5.2 Rozdělení pil	103
C.2.6 Hoblovací a obrážecí stroje	104
C.2.6.2 Hoblovací stroje	104
C.2.6.3 Obrážecí stroje	104
C.2.7 Stroje protahovací a protlačovací	105
C.2.7.2 Protahovací stroje – vodorovné	105
C.2.7.3 Protlačovací stroje – svislé	105
C.2.8 Brousící stroje	106
C.2.8.2 Rozdělení brusek	107
C.2.9 Dokončovací stroje	112
C.2.9.2 Rozdělení strojů	112

C.2.10 Stroje na výrobu ozubení	113
C.2.10.2 Stroje na výrobu ozubení - obrážecí	113
C.2.10.3 Stroje na výrobu ozubení - frézovací	113
C.2.10.4 Stroje na výrobu ozubení - brousící	113
C.2.11 Stroje na výrobu závitů	115
C.2.11.1 Výrobu závitů na soustruhu, frézce a vrtačce, nádstavce	115
C.2.11.2 Stroje pro výrobu závitů - závitorezy	115
C.2.12 Jednoučelové stroje (JÚS), tvrdé výrobní linky	116
C.2.12.1 Skladba a komponenty JÚS	116
C.2.12.2 Tvrdé výrobní linky, skladba, použití	116
C.2.13 Stroje pro drobné podnikatele, pro malé a servisní dílny	117
C.2.13.1 Malé univerzální stroje	117
C.2.13.2 Elektrické a pneumatické ruční nářadí	117
C.2.14 Nekonenční obráběcí stroje (úběrové stroje)	117
C.2.14.1 Elektrochemické, elektroerosivní, elektronové obrábění	117
C.2.14.2 Chemické obrábění. Obrábění ultrazvukem	117
C.2.14.3 Obrábění vodním paprskem	117
C.2.14.4 Obrábění a úpravy povrchu laserovým paprskem	117
C.2.15 Stroje s NC a CNC řízením – obráběcí centra	117
C.2.15.1 Koncepce obráběcích strojů s NC a CNC řízením	117
C.2.15.2 Koncepce obráběcích center a základních uzlů	117
C.2.15.3 Obráběcí centra pro obrábění rotačních součástí	117
C.2.15.4 Obráběcí centra pro obrábění skříňových a plochých součástí	117
C.2.15.5 Speciální stroje pro nekonvenční technologie	117
C.2.15.6 Výrobní buňky	117
C.2.15.7 Pružné výrobní linky	117
C.2.15.8 Pružné výrobní systémy	117
C.2.15.9 CIM	117
C.2.16 Nové směry vývoje obráběcích strojů	120
C.2.16.1 Nové kinematické struktury strojů (hexapody apod.)	120
C.3 Doporučená literatura	122

C.1 Obráběcí stroje - základy

C.1.1 Úvod, pohled do historie vývoje obráběcích strojů

C.1.2 Definice obráběcího stroje

C.1.3 Třídění a dělení obráběcích strojů podle různých hledisek

C.1.4 Označování obráběcích strojů

C.1.5 Konstrukce obráběcích strojů

C.1.5.1 Požadavky na konstrukci obráběcích strojů

C.1.5.2 Stavebnicová konstrukce

C.1.5.3 Počítačová podpora konstruování obráběcích strojů a technologie

C.1.6 Výroba obráběcích strojů

C.1.7 Kontrola a zkoušení obráběcího stroje, uvedení do provozu

C.1.8 Obsluha stroje, seřizování stroje, údržba, opravy, generální opravy

C.1.9 Retrofit obráběcích strojů

C.1.10 Ekologická likvidace obráběcího stroje

C.2 Přehled obráběcích strojů

C.2.1 Vrtací stroje

C.2.1.1 Základní vrtací operace a nástroje

C.2.1.2 Rozdělení vrtaček

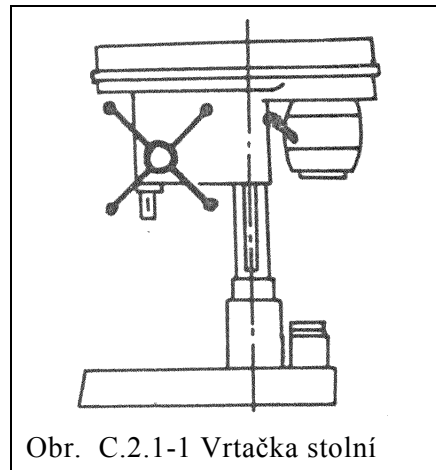
C.2.1.2.1 Stolní

C.2.1.2.2 Sloupové

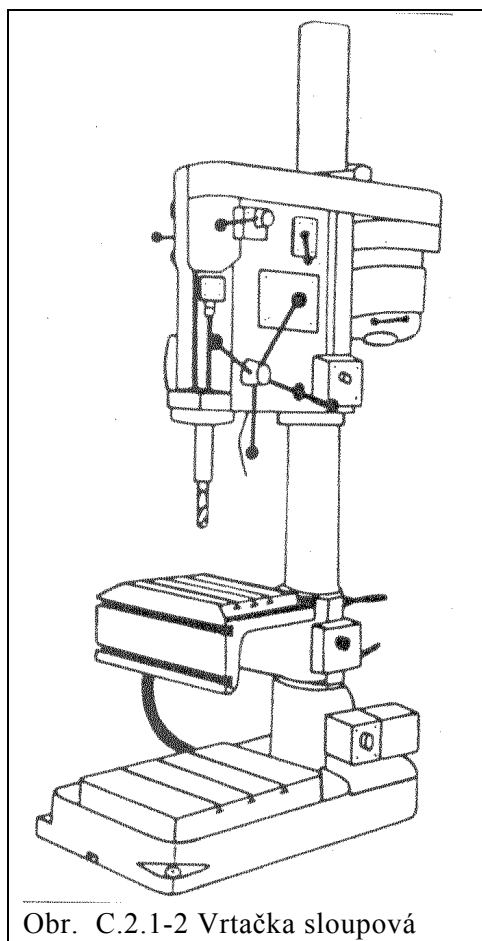
C.2.1.2.3 Stojanové

C.2.1.2.4 Radiální vrtačky

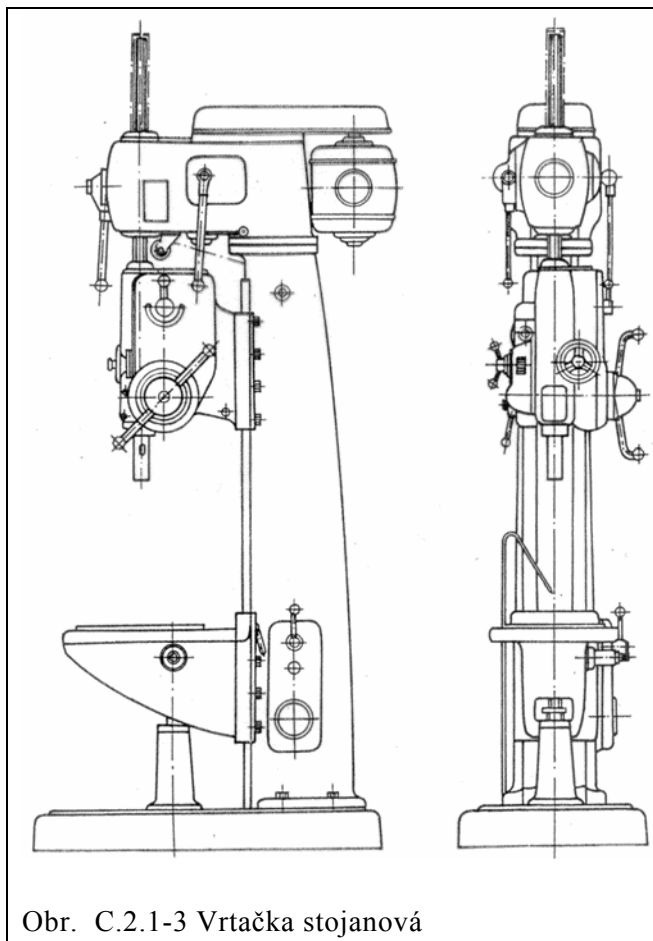
C.2.1.2.5 Vícevrátenové vrtačky



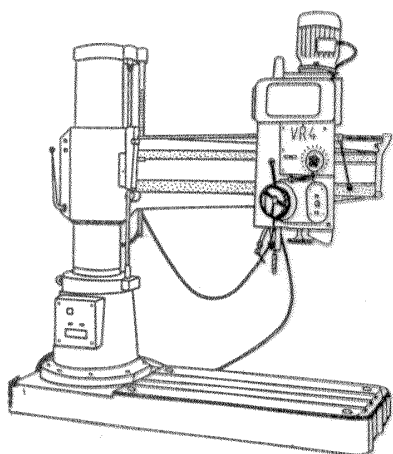
Obr. C.2.1-1 Vrtačka stolní



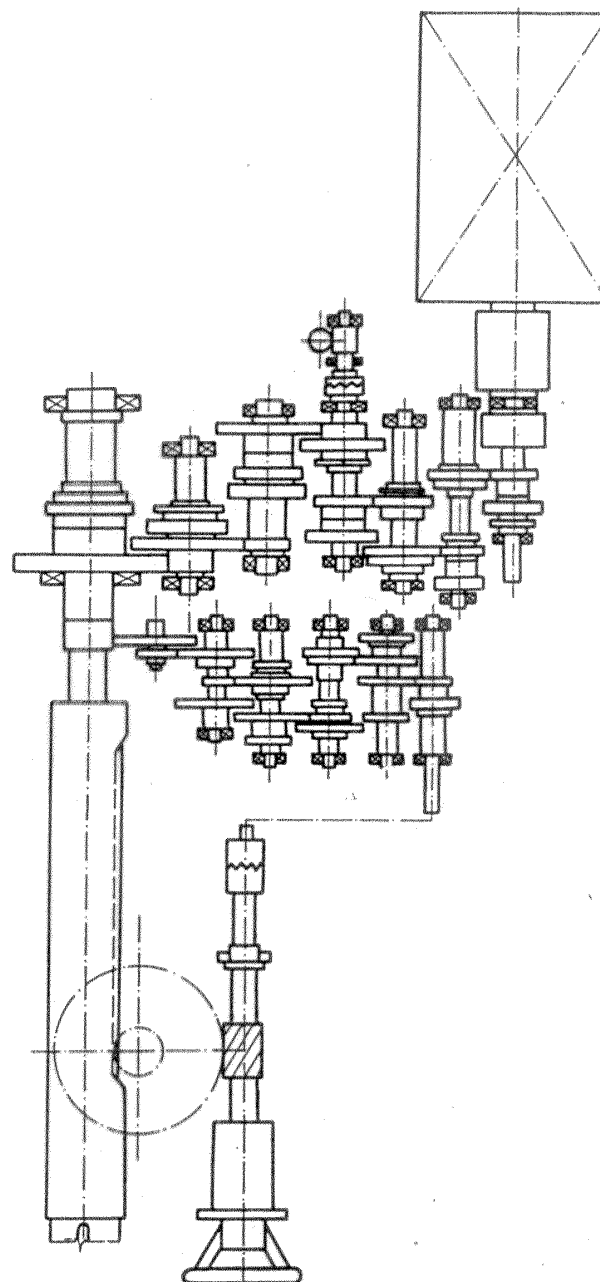
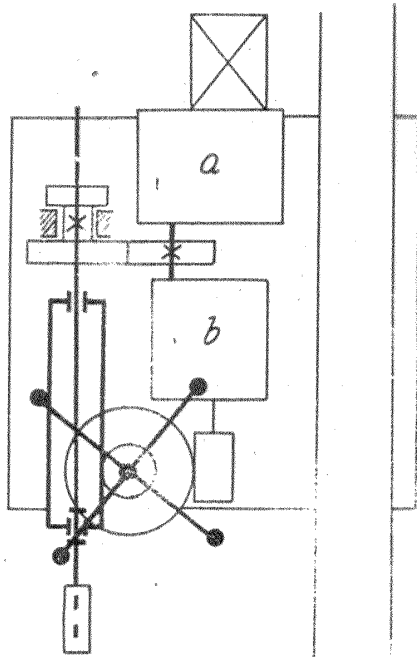
Obr. C.2.1-2 Vrtačka sloupová



Obr. C.2.1-3 Vrtačka stojanová



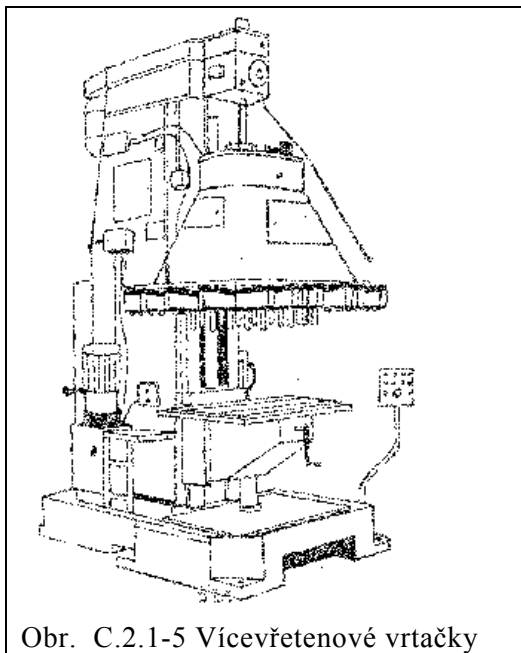
VRTAČKA RADIÁLNÍ



VRTAČKA RADIÁLNÍ

- KINEMATICKÉ SCHEMA POHONU VŘETENE
A POSUVŮ PINOLY

Obr. C.2.1-4 Radiální vrtačka



Obr. C.2.1-5 Vícevřetenové vrtačky

C.2.2 Vyvrtávací stroje

C.2.2.1.1 Základní vyvrtávací operace a nástroje

C.2.2.2 Rozdělení vyvrtávaček

C.2.2.2.1 Vodorovné vyvrtávačky stolové

C.2.2.2.2 Vodorovné vyvrtávačky deskové

C.2.2.2.3 Jemně vrtací stroje - vodorovné

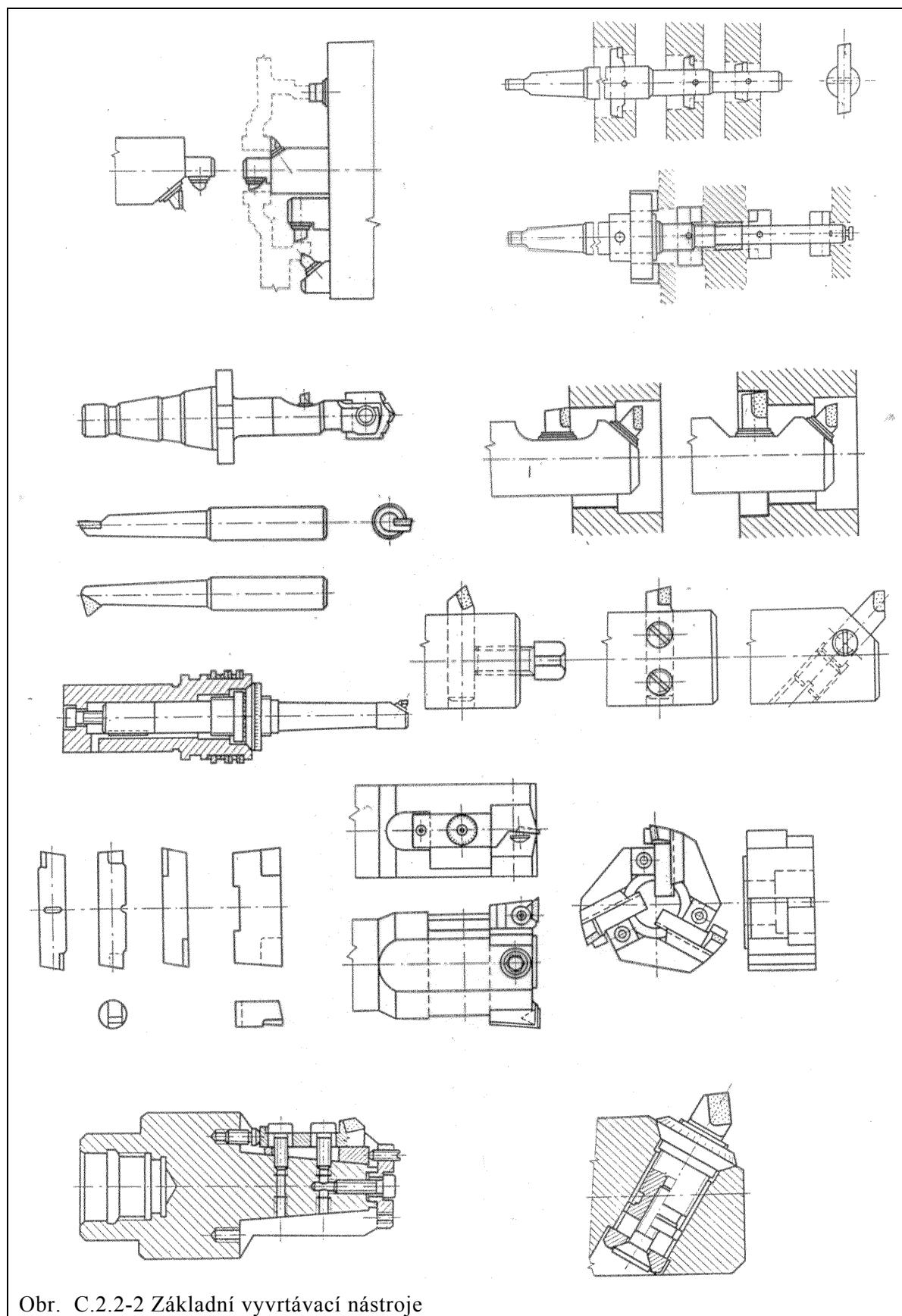
C.2.2.2.4 Souřadnicové vyvrtávačky – svislé (kordinky)

C.2.2.2.5 Stroje pro vrtání hlubokých otvorů

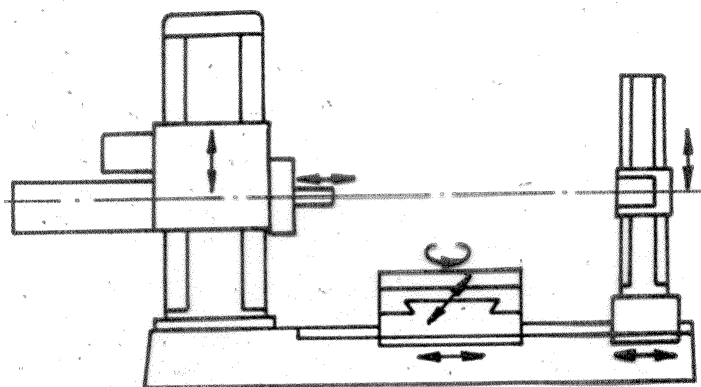
PŘEHLED ZPŮSOBŮ VYVRTÁVÁNÍ

Pořadí	Náčrt	Pořadí	Náčrt
1		7	
2		8	
3		9	
4		10	
5		11	
6		12	

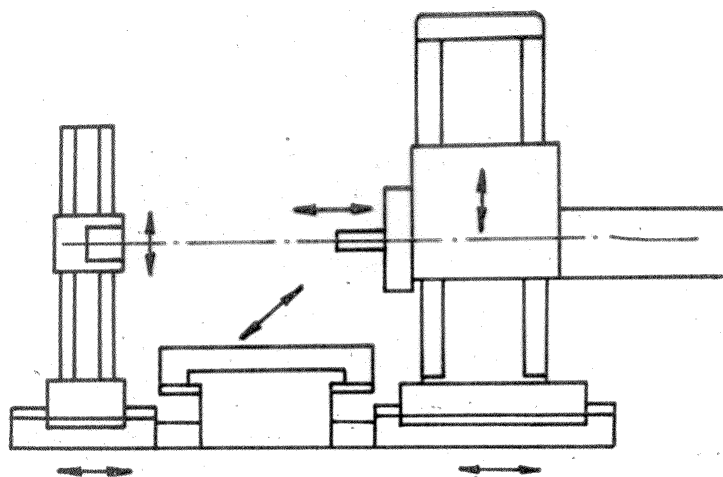
Obr. C.2.2-1 Základní vyvrtávací operace



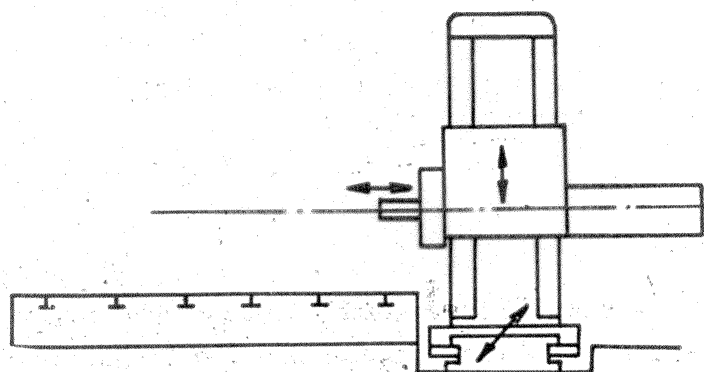
Obr. C.2.2-2 Základní vyvrtávací nástroje



VYVRTÁVAČKA VODOROVNÁ STOLOVÁ
S OPĚRNÝM LOŽISKEM



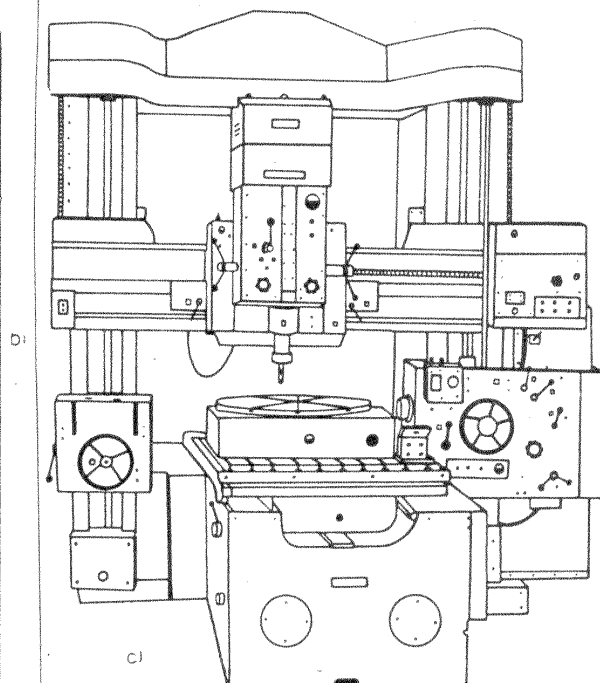
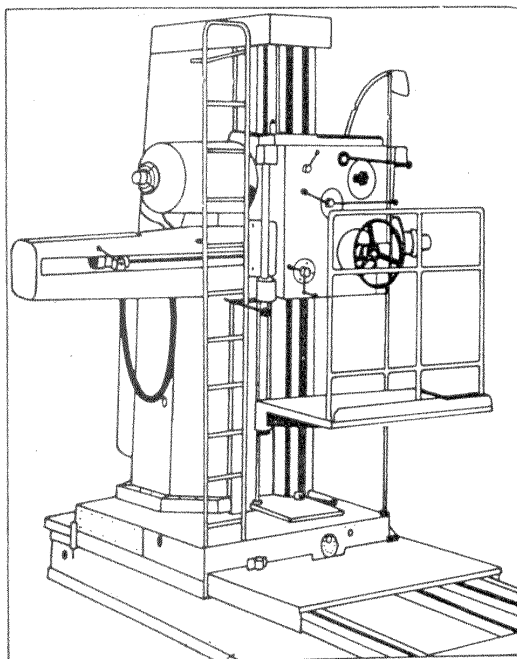
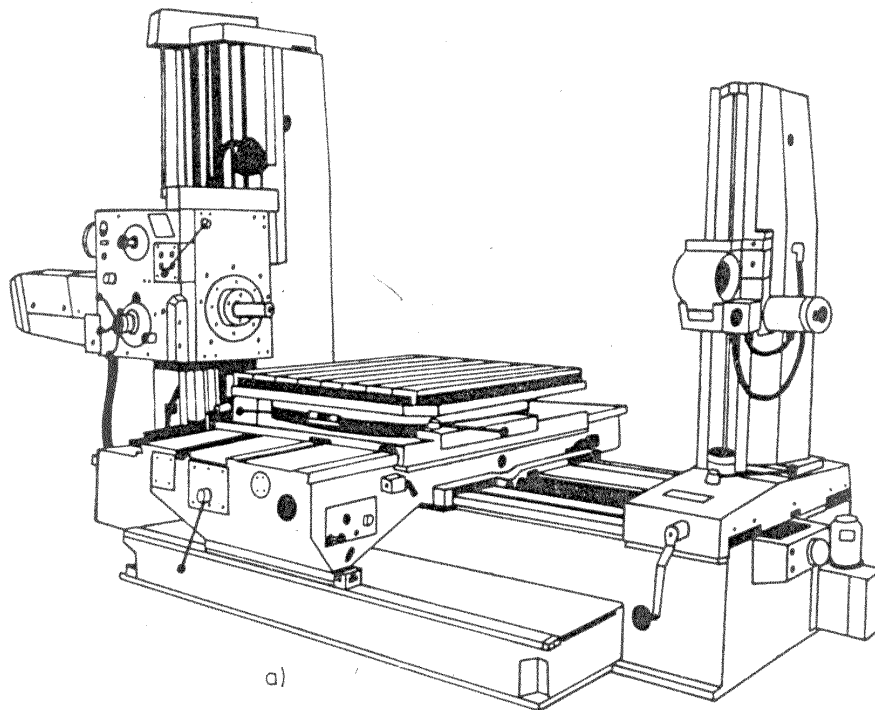
VYVRTÁVAČKA VODOROVNÁ
S PŘÍČNÝM STOLEM



VYVRTÁVAČKA VODOROVNÁ
DESKOVÁ

Obr. C.2.2-3 Vodorovné vyvrtávačky

Základní typy vyvrtávaček
a – stolová; b – desková; c – souřadnicová



Obr. C.2.2-4 Základní typy vyvrtávaček

C.2.3 Soustruhy

C.2.3.1.1 Základní soustružnické operace a nástroje

C.2.3.2 Rozdělení soustruhů

C.2.3.2.1 Hrotové soustruhy – univerzální

- produkční
- kopírovací

C.2.3.2.2 Soustruhy lícní (čelní)

C.2.3.2.3 Svislé soustruhy – karusely – jednostranové

- dvoustrojanové

C.2.3.2.4 Revolverové soustruhy – svislá osa revolverové hlavy

- vodorovná osa revolverové hlavy
- šikmá osa revolverové hlavy

C.2.3.2.5 Poloautomatické soustruhy – hrotové

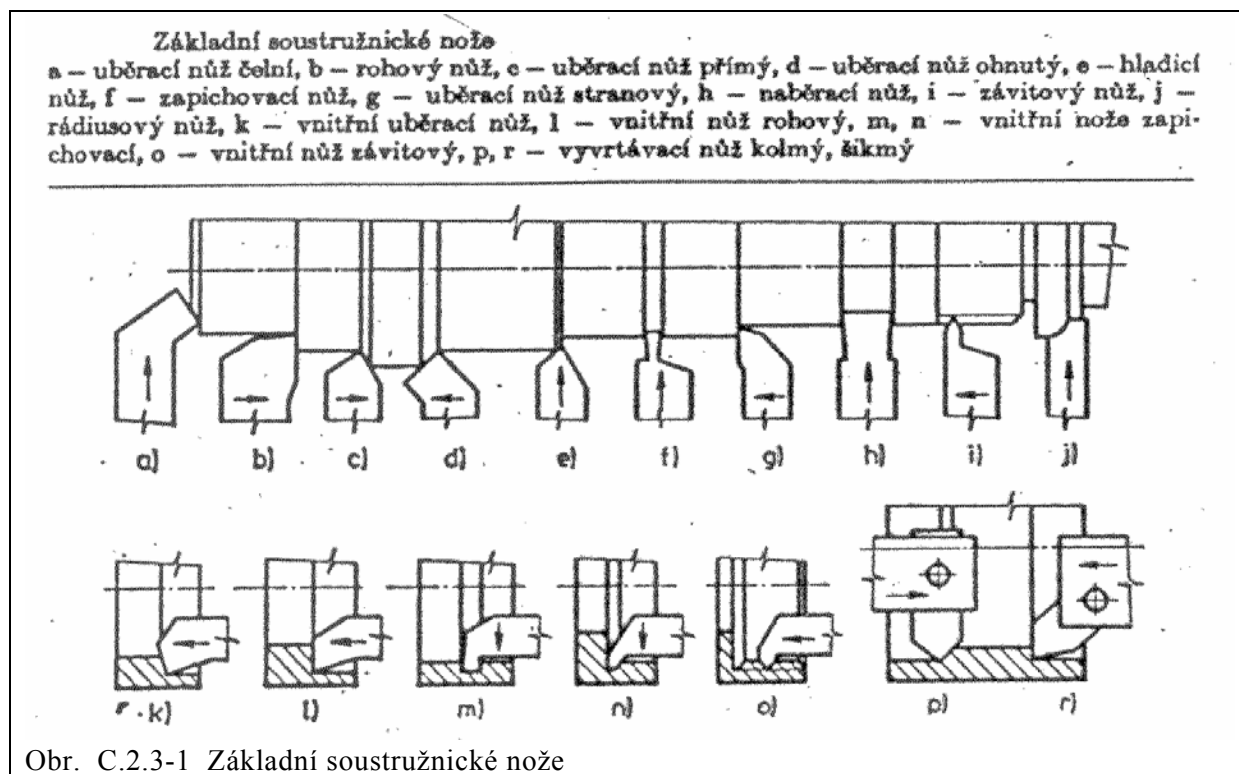
- sklíčidlové

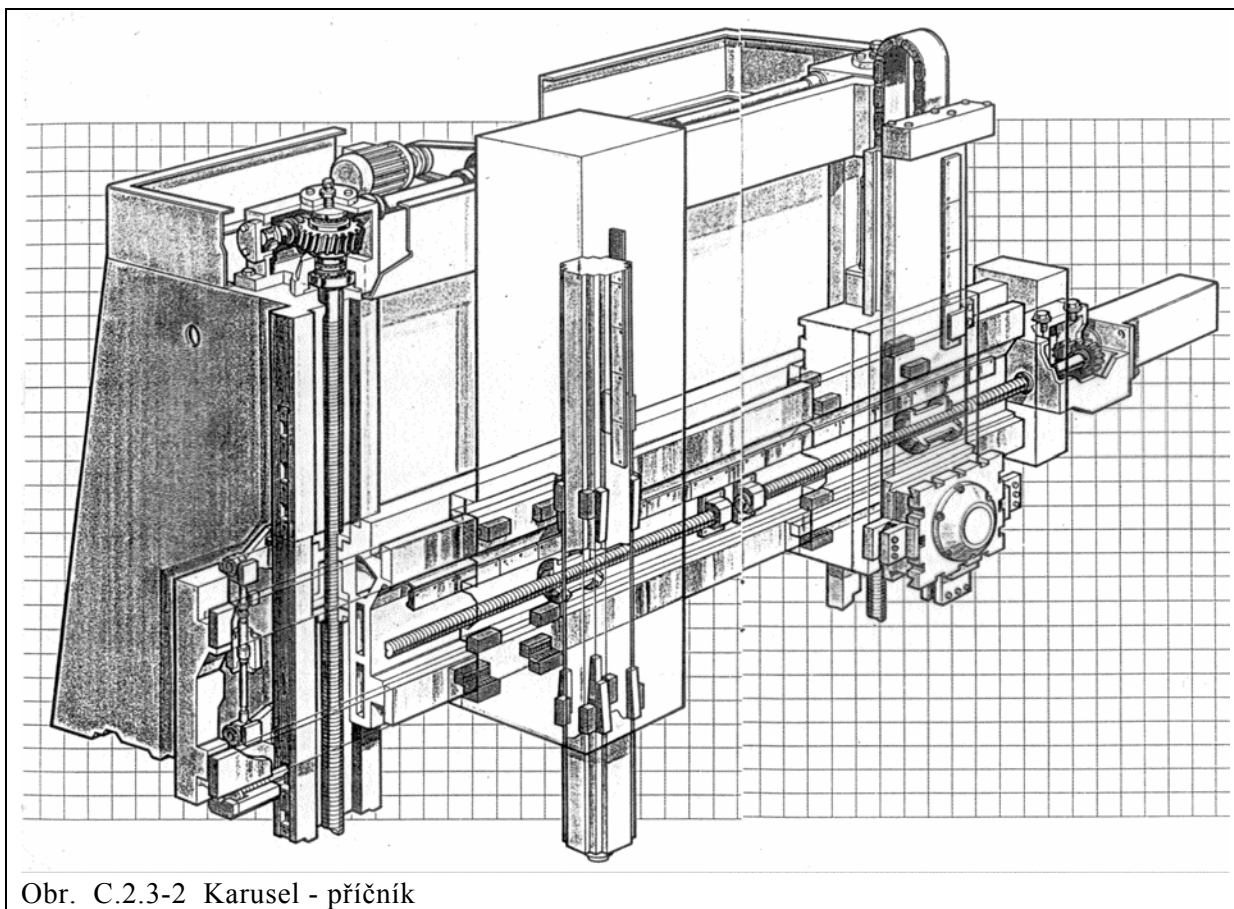
C.2.3.2.6 Automatické soustruhy – jednovřetenové

- vícevřetenové (6)

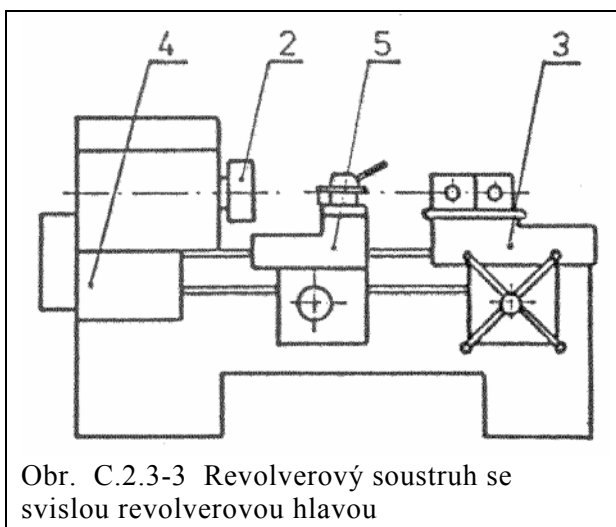
C.2.3.2.7 Speciální soustruhy – na vačky

- na klikové hřídele
- na nástroje (podtáčení podsoustružovací)
- na ingoty..

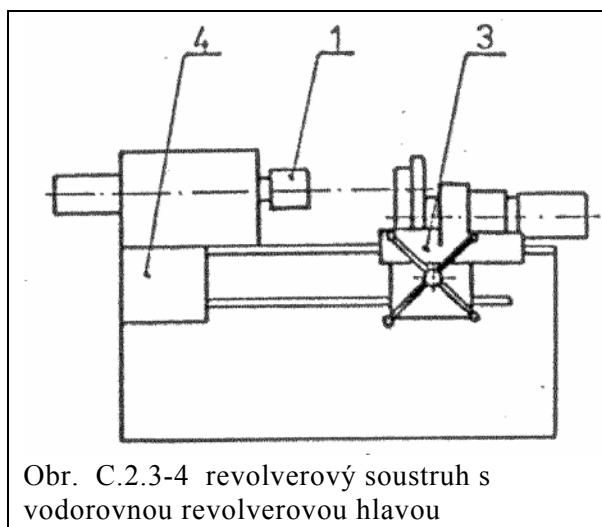




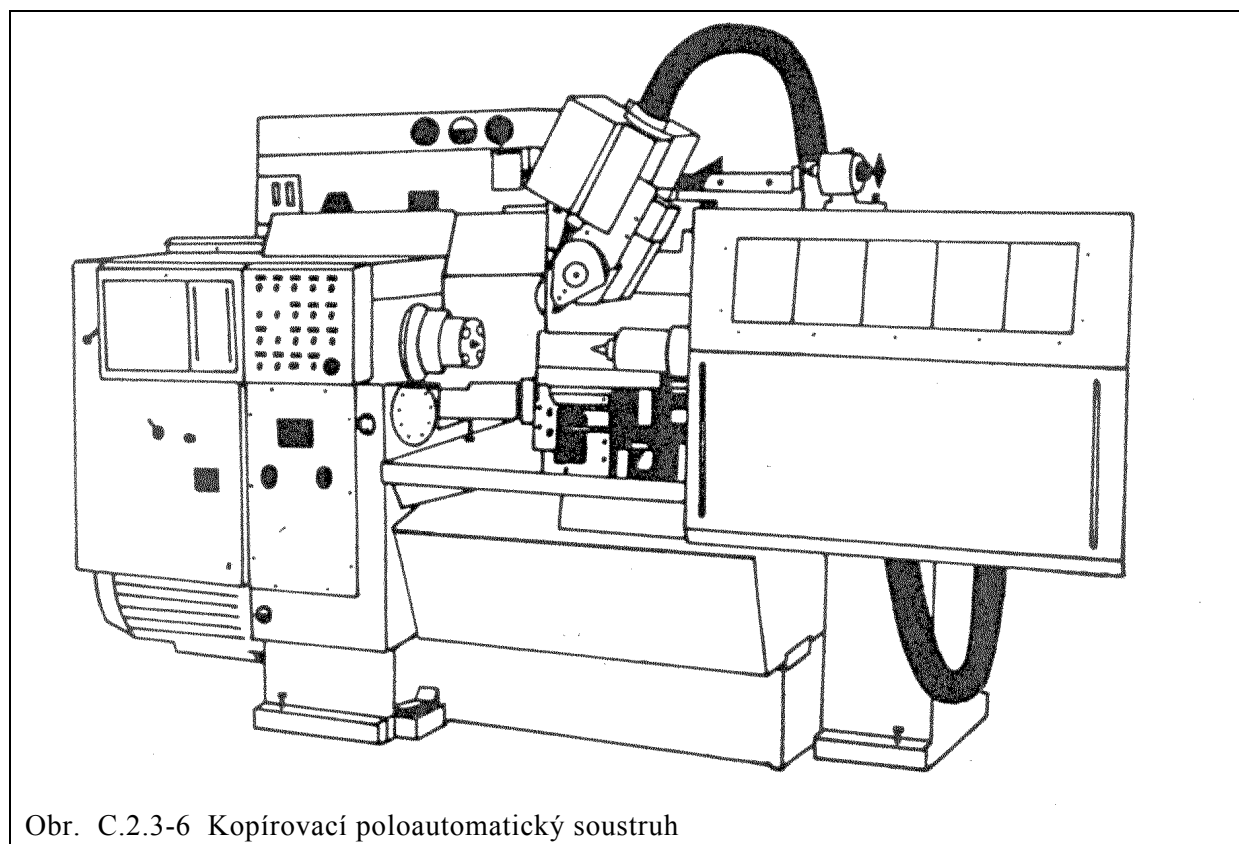
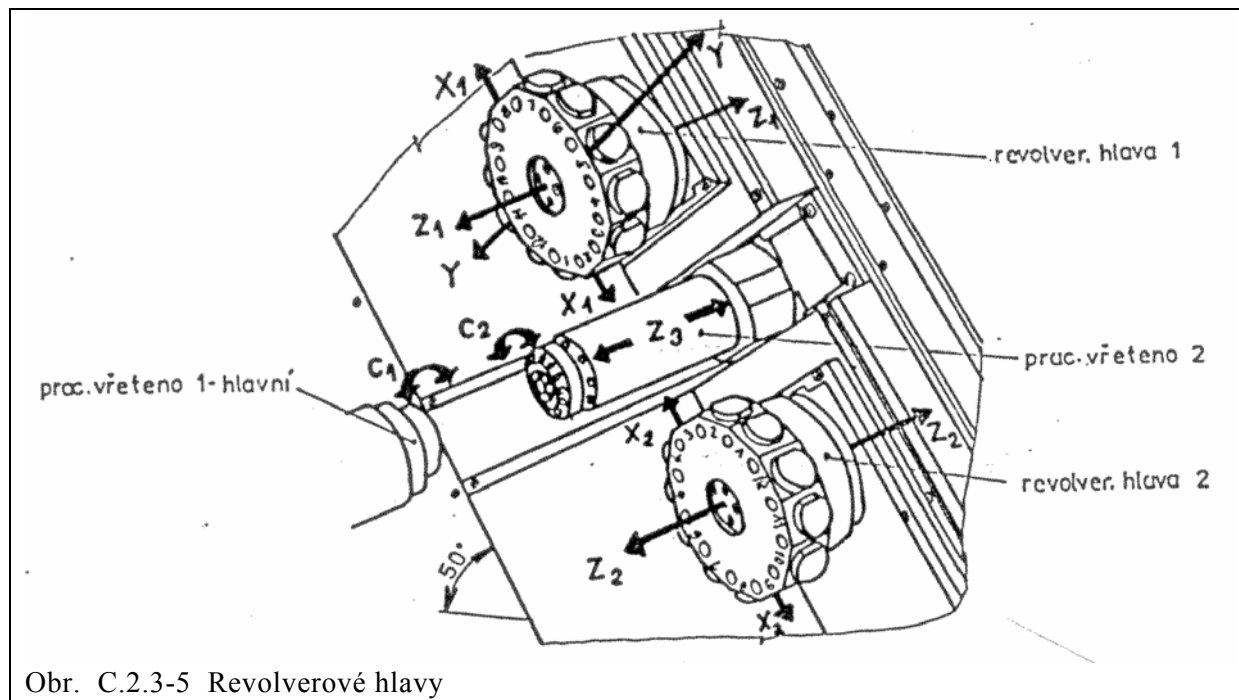
Obr. C.2.3-2 Karusel - příčník

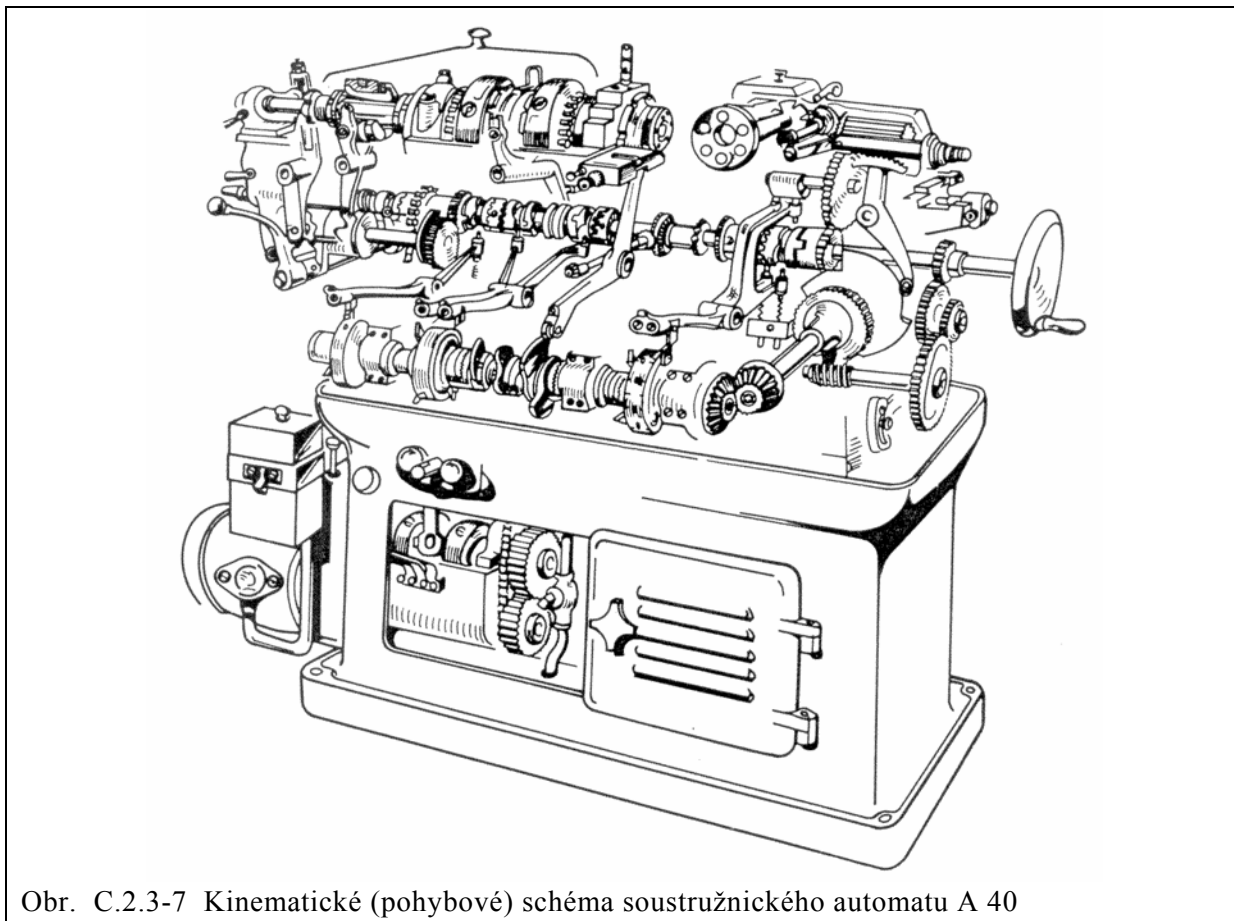


Obr. C.2.3-3 Revolverový soustruh se svislou revolverovou hlavou

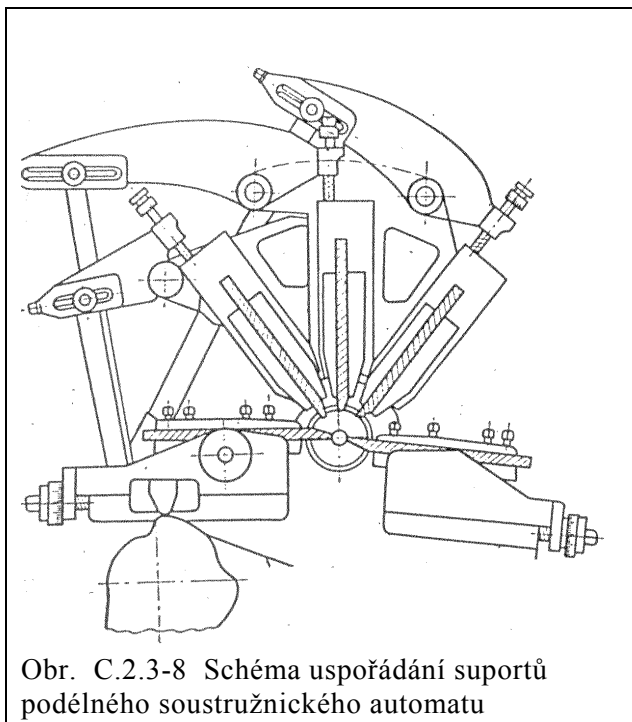


Obr. C.2.3-4 revolverový soustruh s vodorovnou revolverovou hlavou

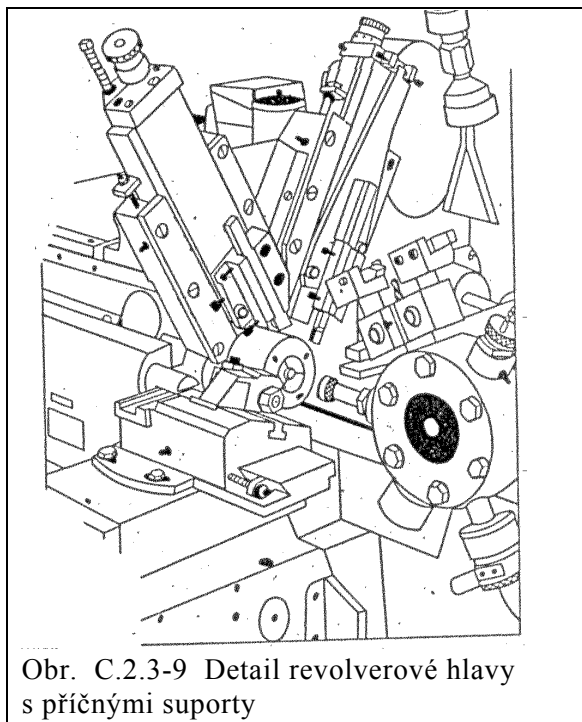




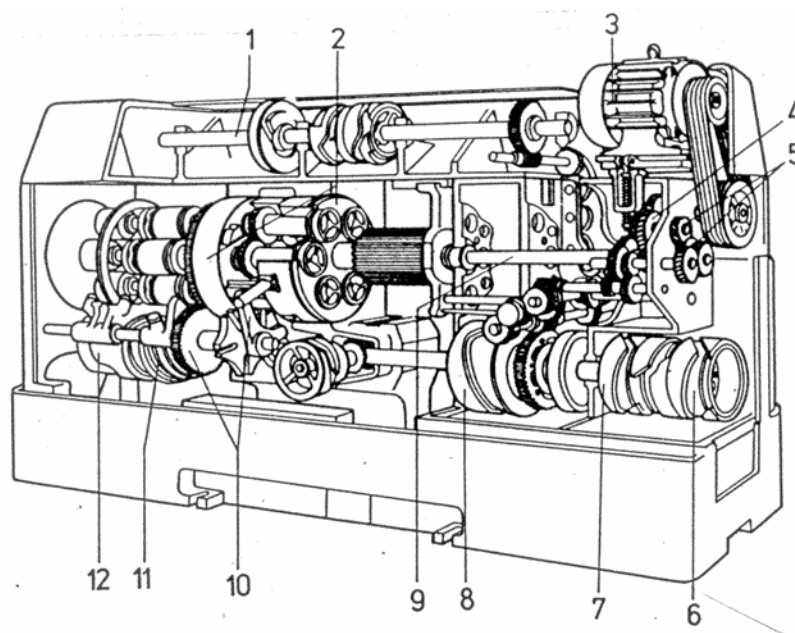
Obr. C.2.3-7 Kinematické (pohybové) schéma soustružnického automatu A 40



Obr. C.2.3-8 Schéma uspořádání suportů podélného soustružnického automatu



Obr. C.2.3-9 Detail revolverové hlavy s příčnými suporty



Obr. C.2.3-10 Pohybové schéma šestivřetenového automatu

C.2.4 Frézovací stroje

C.2.4.1.1 Základní frézovací operace a nástroje

C.2.4.2 Rozdělení frézek

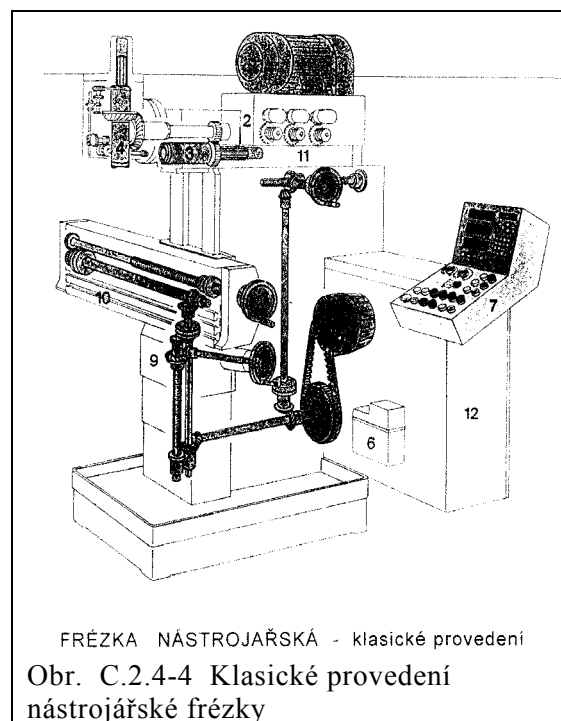
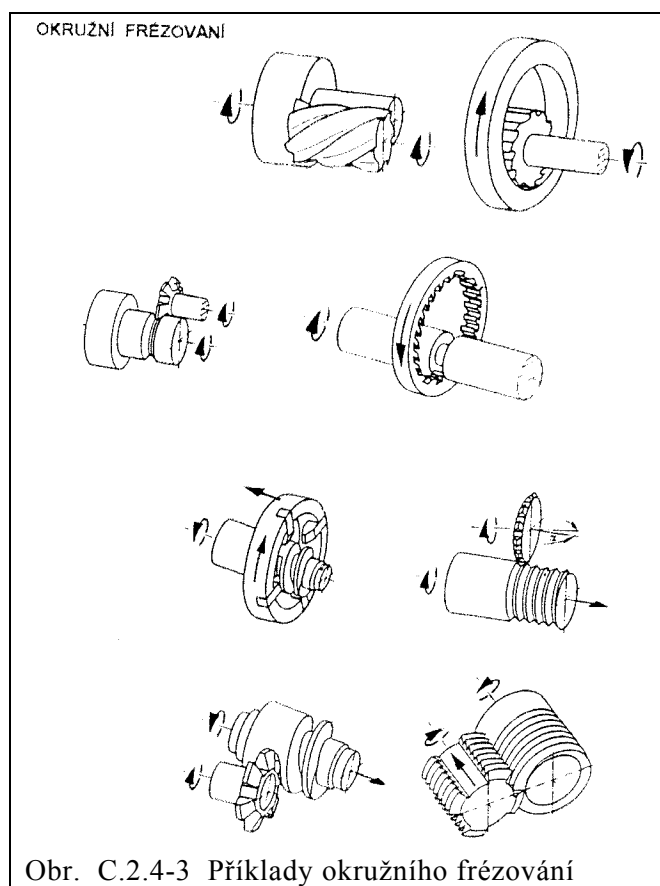
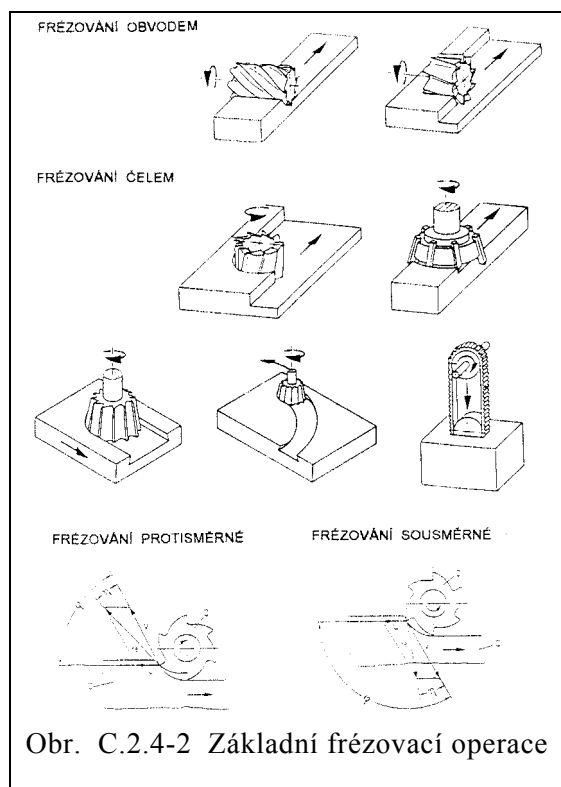
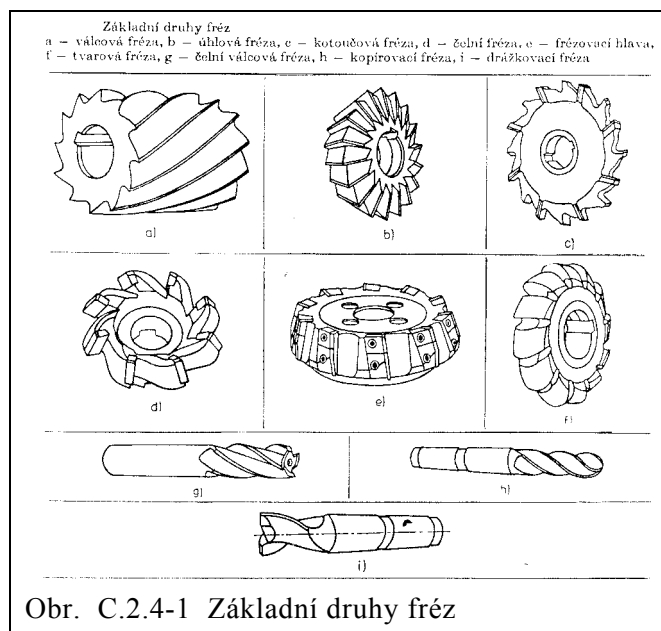
C.2.4.2.1 Frézky vodorovné – konzolové – univerzální – produkční – nástrojařské

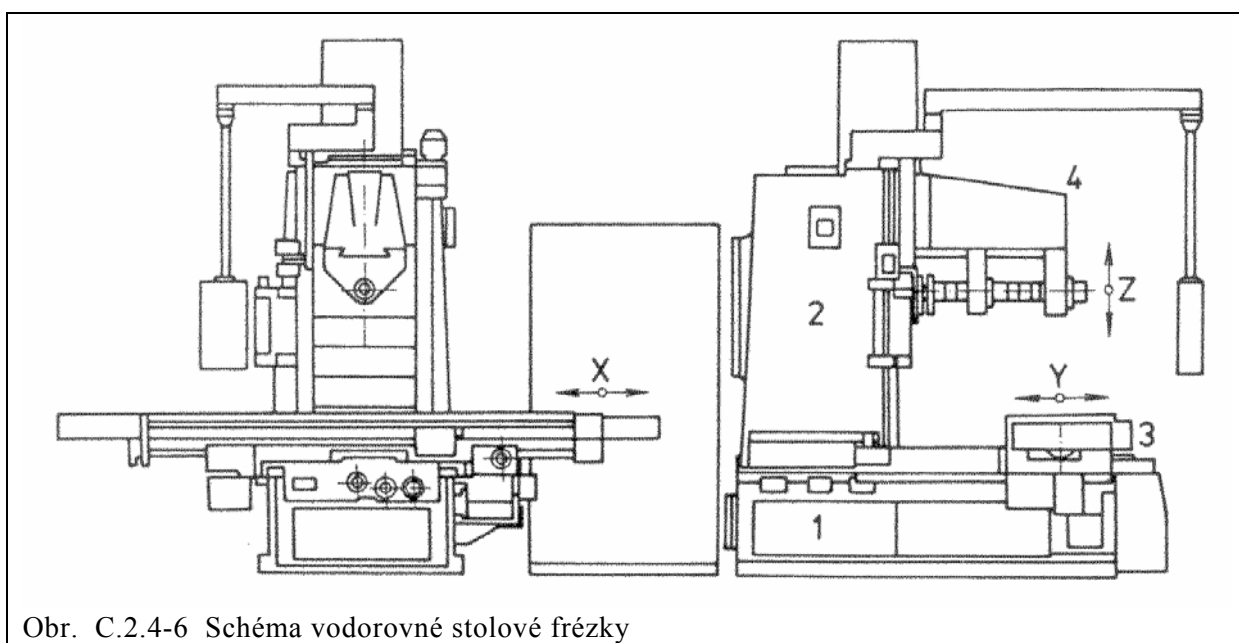
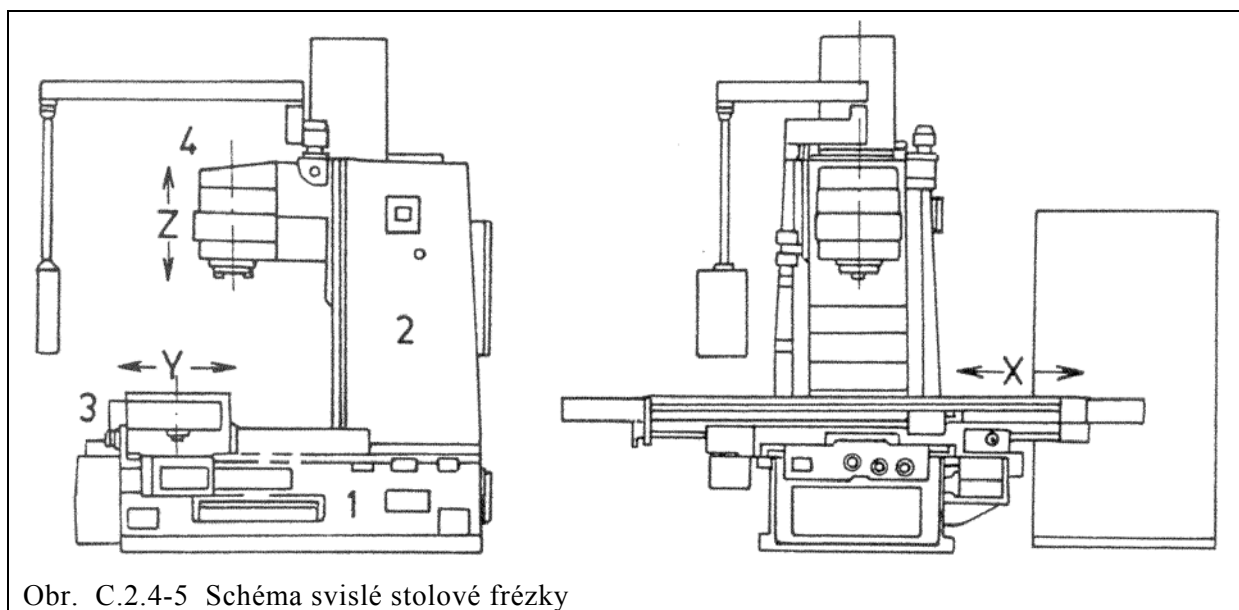
C.2.4.2.2 Frézky svislé – konzolové – stolové

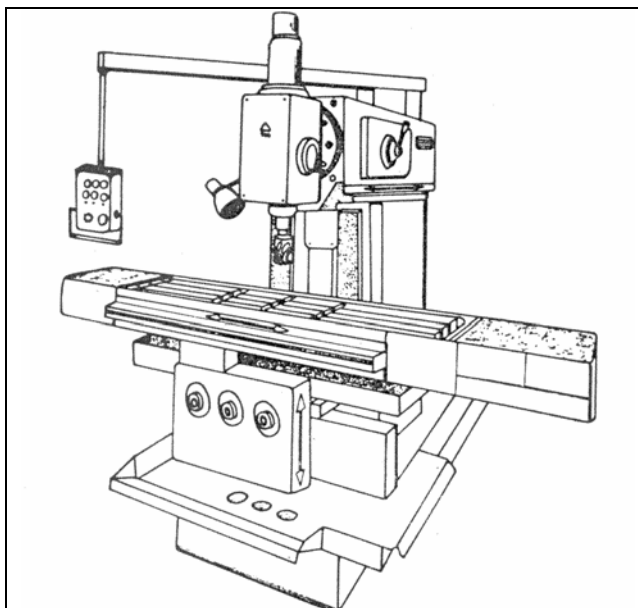
C.2.4.2.3 Frézky rovinné – portálové

C.2.4.2.4 Frézky kopírovací

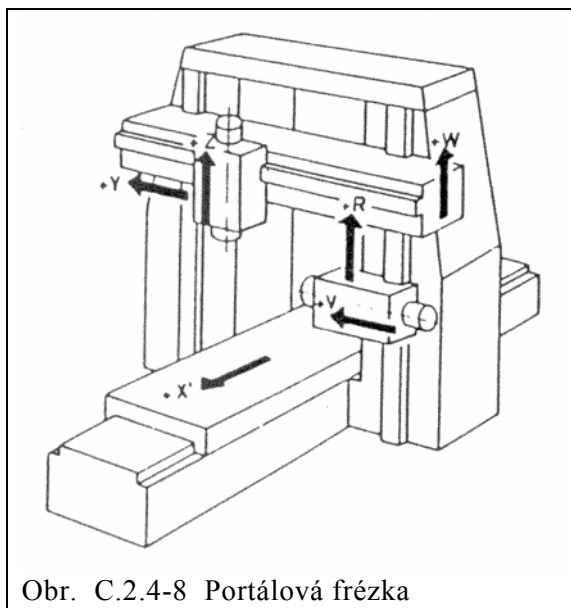
C.2.4.2.5 Frézky speciální – na drážky – na vačky – na závity – na ozubení – klikové hřídele



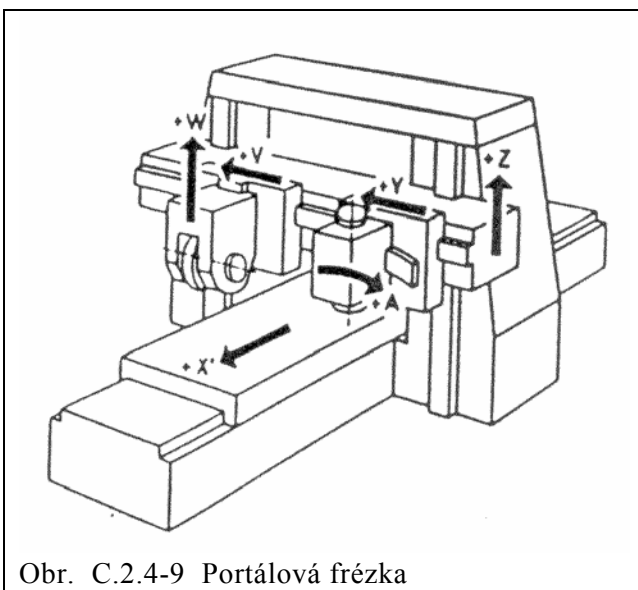




Obr. C.2.4-7 Konzolová frézka s příčným pojezdem smýkadlového vřeteníku



Obr. C.2.4-8 Portálová frézka



Obr. C.2.4-9 Portálová frézka

C.2.5 Stroje na dělení materiálu

C.2.5.1.1 Nástroje

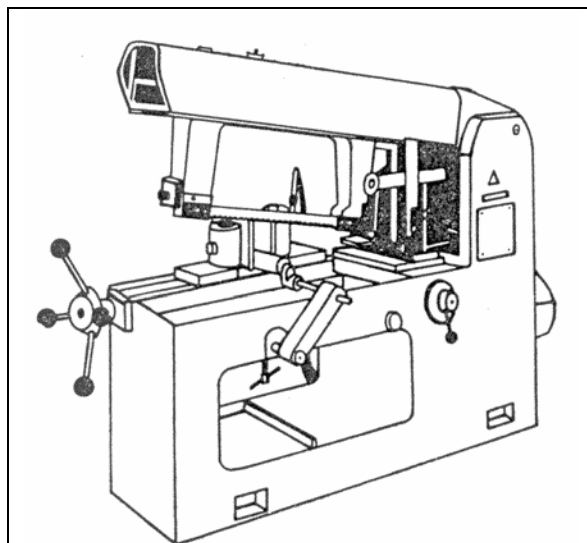
C.2.5.2 Rozdělení pil

C.2.5.2.1 Pily rámové

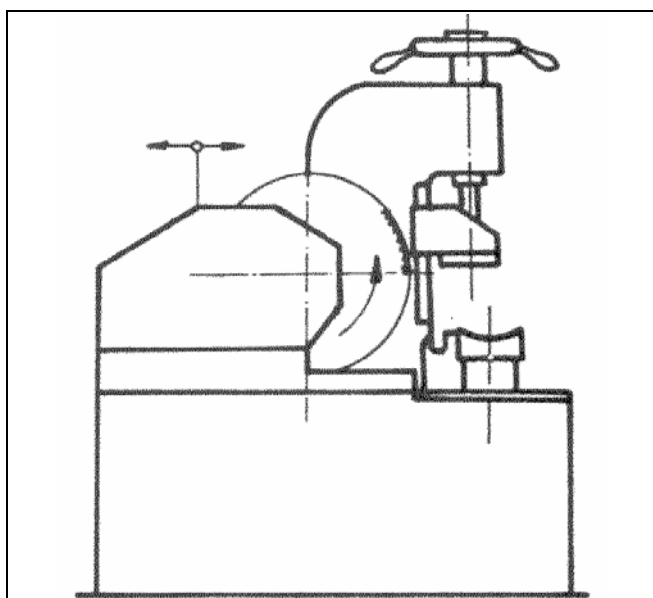
C.2.5.2.2 Pily kotoučové

C.2.5.2.3 Pily pásové

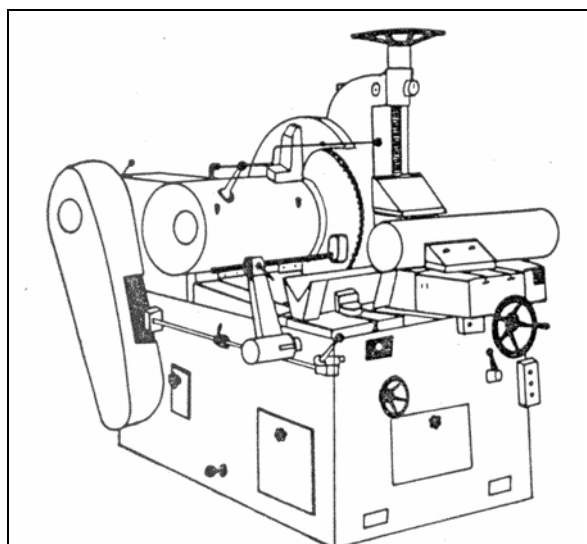
C.2.5.2.4 Pily rozbrušovací



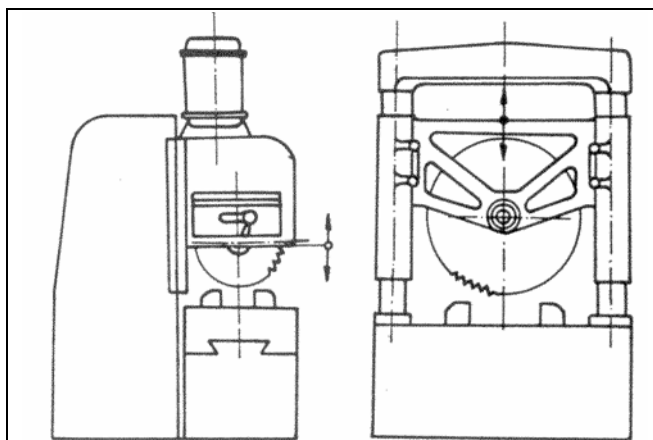
Obr. C.2.5-1 Rámová pila



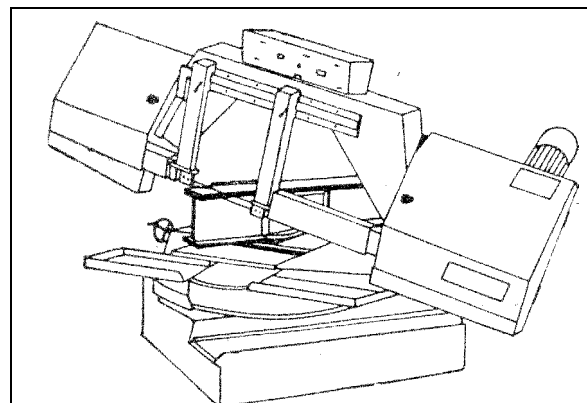
Obr. C.2.5-2 Schéma vodorovná kotoučové pily



Obr. C.2.5-4 Kotoučová pila



Obr. C.2.5-3 Schéma svislé kotoučové pily ve stojanovém a sloupovém provedení



Obr. C.2.5-5 Pásová pila

C.2.6 Hoblovací a obrážecí stroje

C.2.6.1.1 Základní operace a nástroje

C.2.6.2 Hoblovací stroje

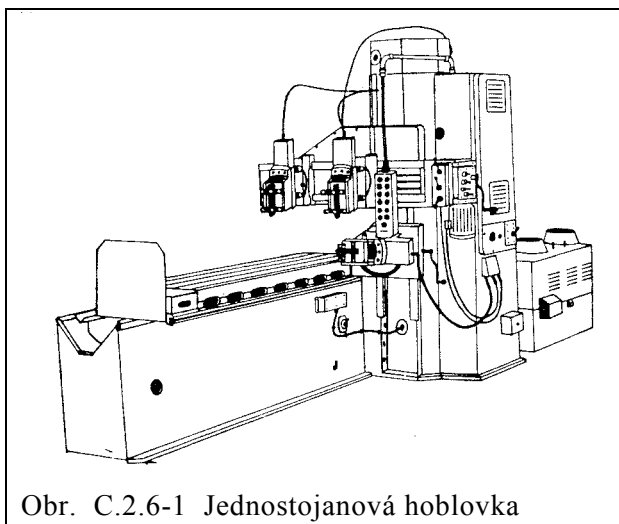
C.2.6.2.1 Hoblovací stroje – jednostožanové

C.2.6.2.2 Hoblovací stroje – dvoustožanové

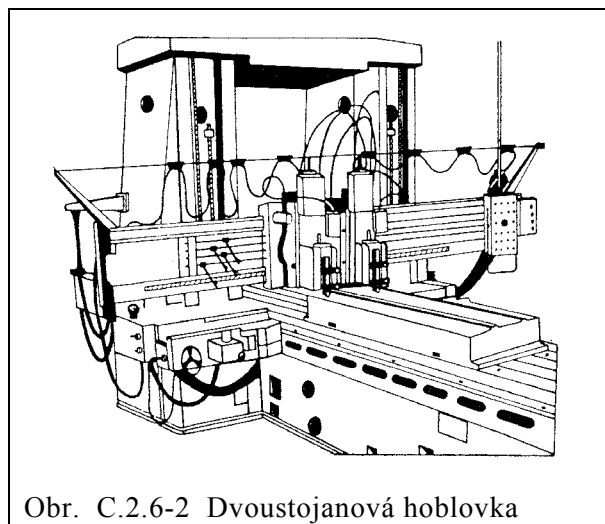
C.2.6.3 Obrážecí stroje

C.2.6.3.1 Obrážecí stroje – vodorovné (šeping)

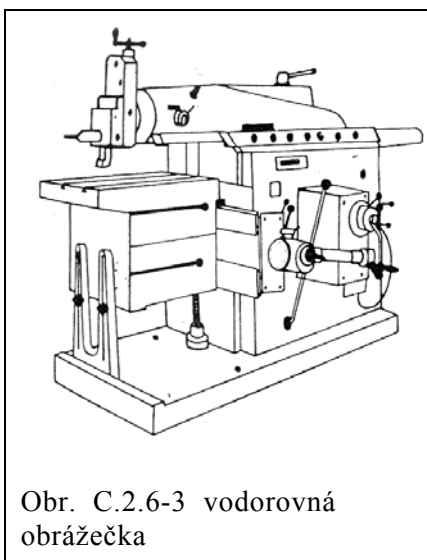
C.2.6.3.2 Obrážecí stroje – svislé



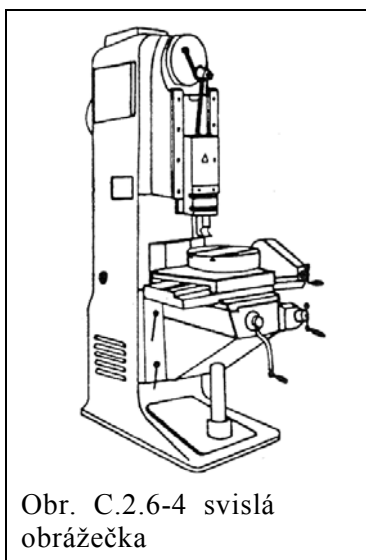
Obr. C.2.6-1 Jednostožanová hoblovka



Obr. C.2.6-2 Dvoustožanová hoblovka



Obr. C.2.6-3 vodorovná obrážečka



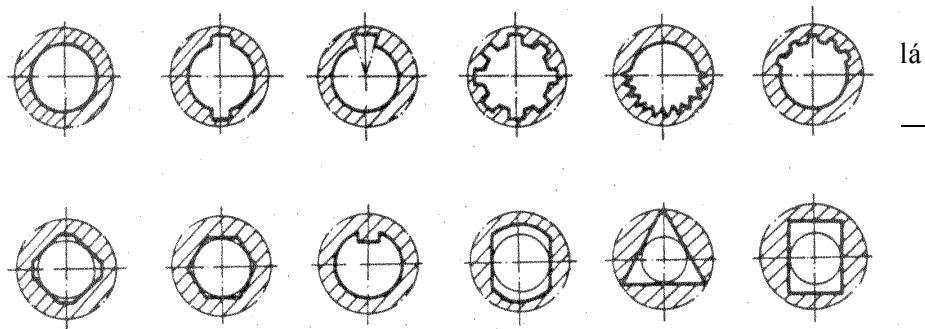
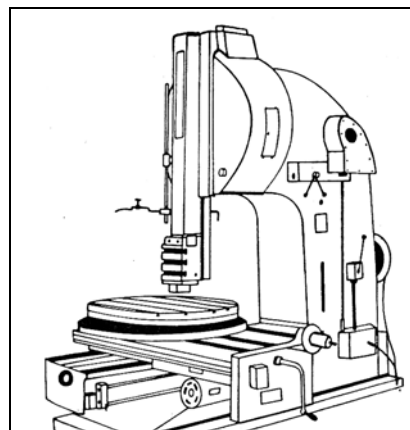
Obr. C.2.6-4 svislá obrážečka

C.2.7 Stroje protahovací a protlačovací

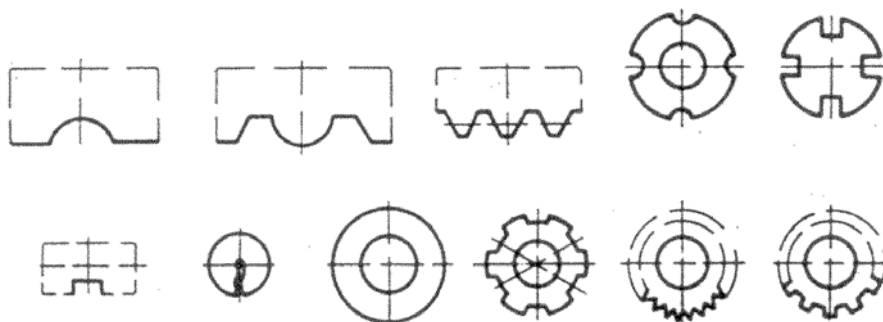
C.2.7.1.1 Základní operace a nástroje.

C.2.7.2 Protahovací stroje – vodorovné

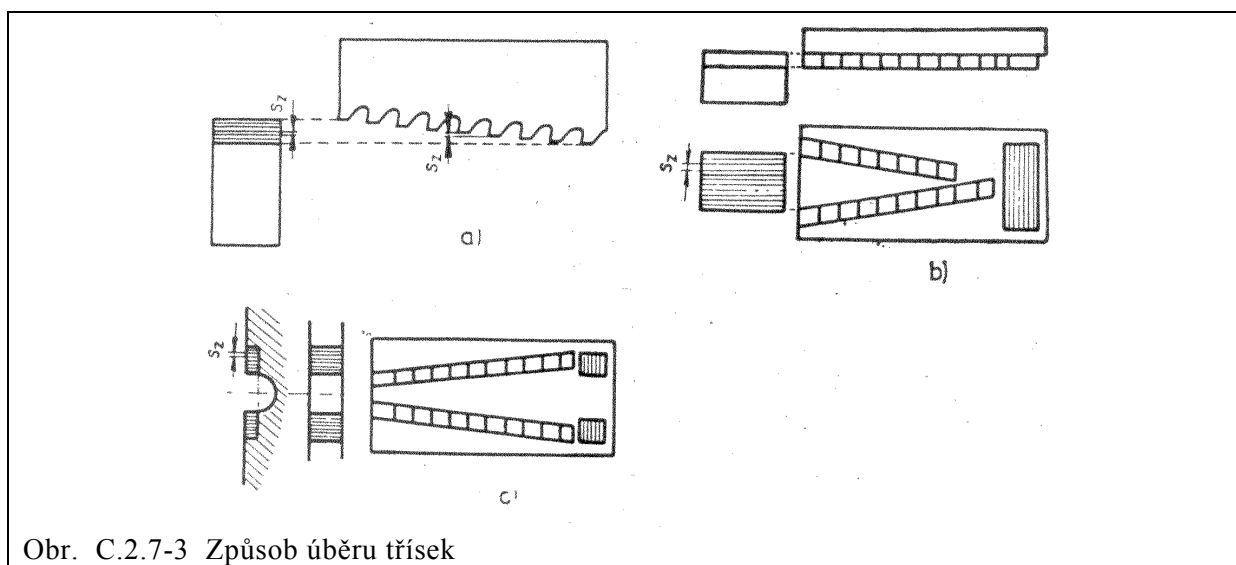
C.2.7.3 Protlačovací stroje – svislé



Obr. C.2.7-1 Vnitřní protahované tvary



Obr. C.2.7-2 Vnější protahované tvary



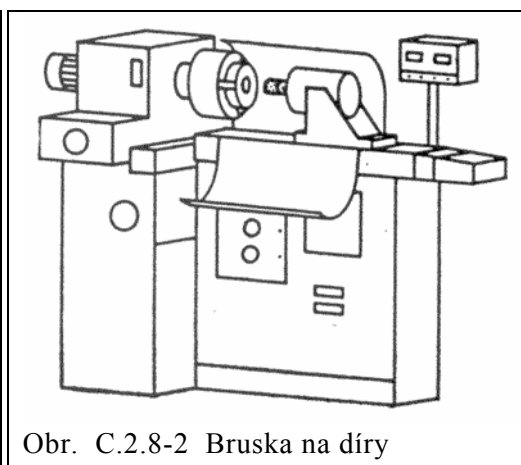
C.2.8 Brousící stroje

C.2.8.1.1 Základní operace a nástroje

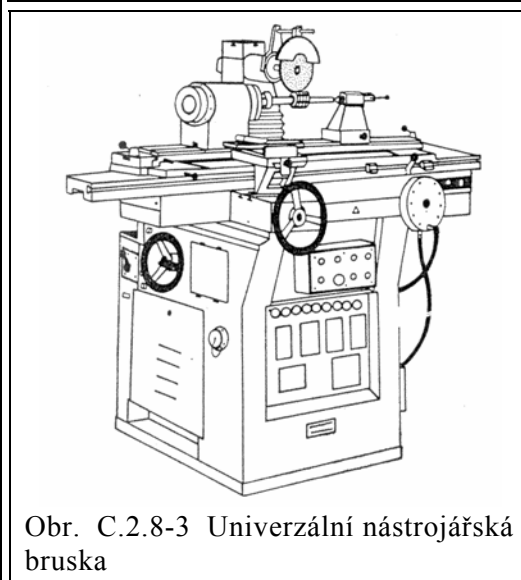
C.2.8.2 Rozdělení brusek**C.2.8.2.1 Brusky univerzální****C.2.8.2.2 Brusky hrotové****C.2.8.2.3 Brusky bezhroté****C.2.8.2.4 Brusky na otvory****C.2.8.2.5 Brusky rovinné****C.2.8.2.6 Brusky na ostření nástrojů****C.2.8.2.7 Brusky speciální**

Druh broušení		Kinematické schéma
Hrotové broušení vnějších rotujících ploch	s podélným posuvem a radiálním přísuvem	
	zapichovací s radiálním přísuvem	
	zapichovací se šikmým přísuvem	
	zapichovací s tangenciálním přísuvem	
Broušení rovinných ploch obvodem kotouče	přímočarý vratný pohyb obrobku, příčný posuv obrobku, radiální přísuv kotouče	
	rotační pohyb obrobku, radiální přísuv kotouče	
Broušení rovinných ploch čelou kotouče	přímočarý vratný pohyb obrobku, osový přísuv kotouče	

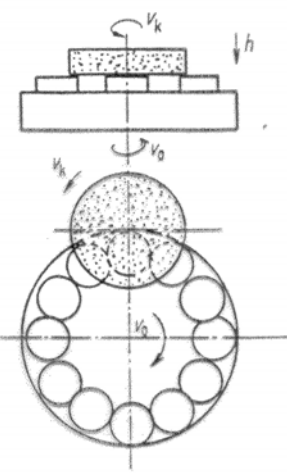
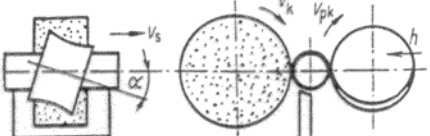
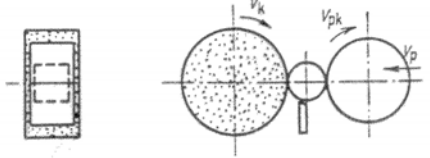
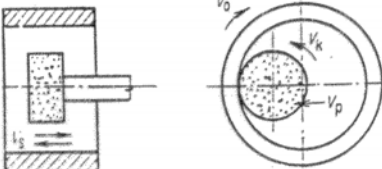
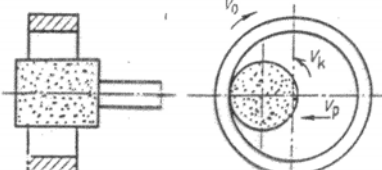
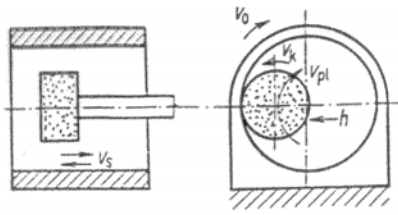
Obr. C.2.8-1 Základní metody broušení



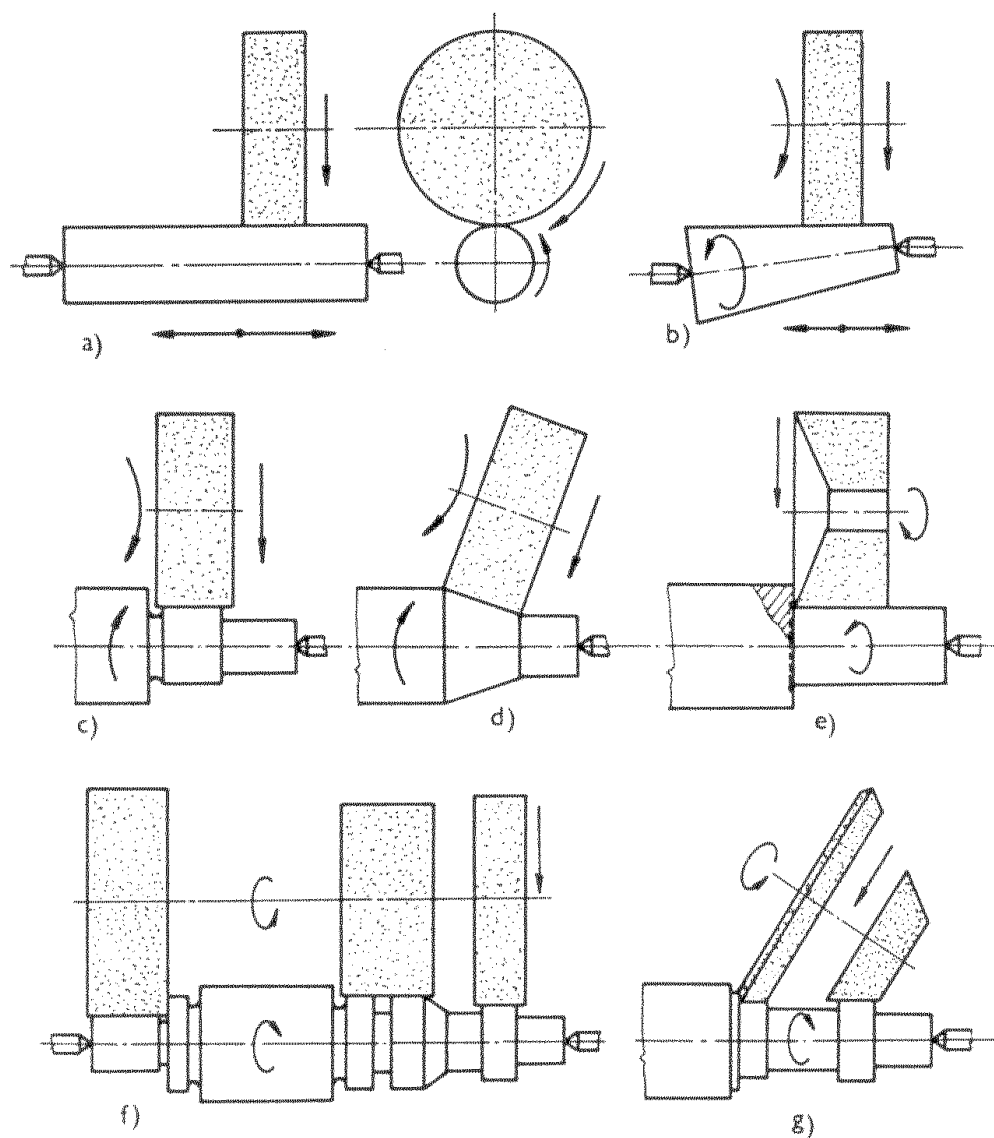
Obr. C.2.8-2 Bruska na díry



Obr. C.2.8-3 Univerzální nástrojářská bruska

Broušení rovinných ploch čelem kotouče	rotační pohyb obrobku, osový přísuv kotouče	
Bozhroté broušení	průchozí	
	zapichovací	
Broušení vnitřních rotačních ploch	s podélným posuvem a radiálním přísuvem	
	zapichovací s radiálním přísuvem	
Broušení vnitřních rotačních ploch	planetové s podélným posuvem a radiálním přísuvem	

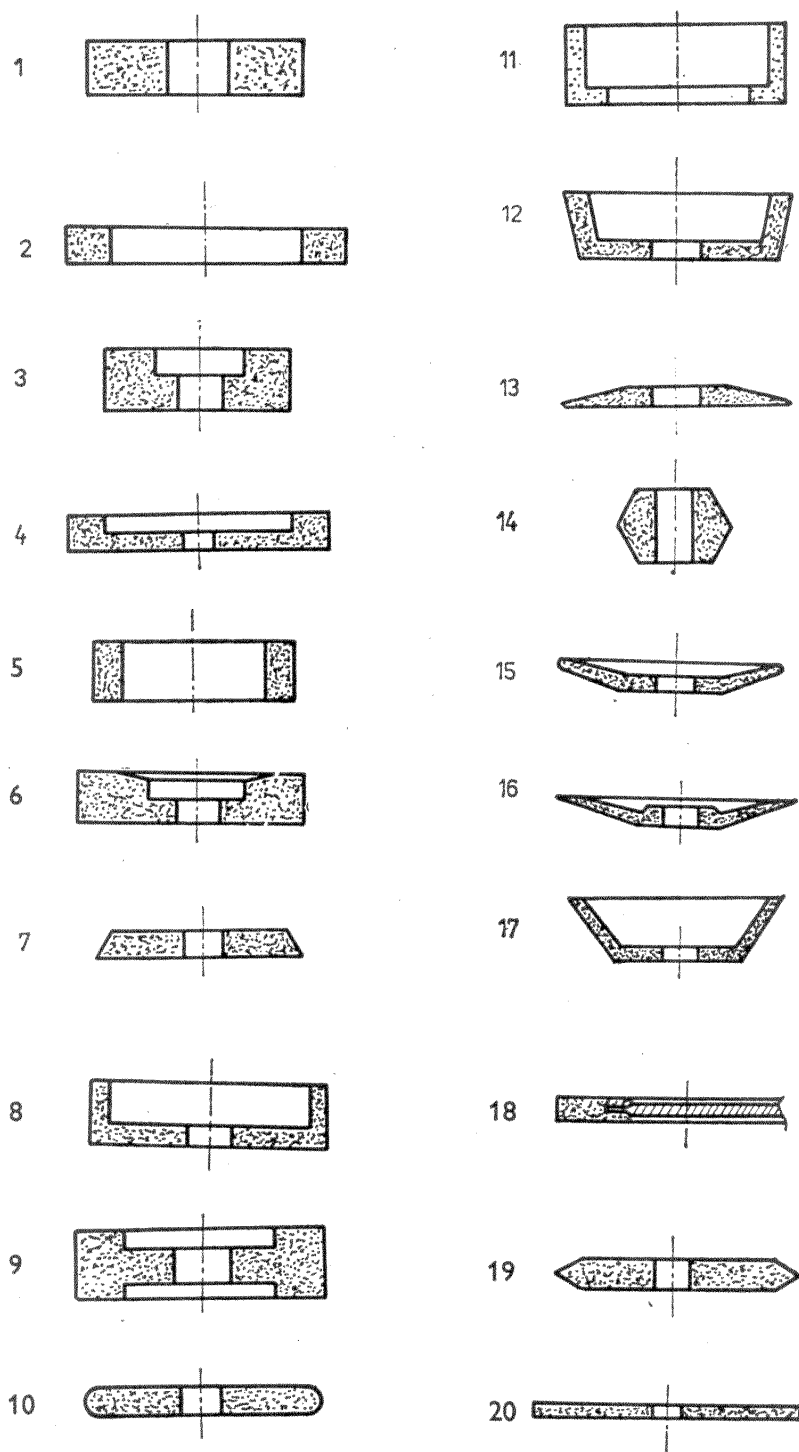
Obr. C.2.8-4 Základní brousící operace



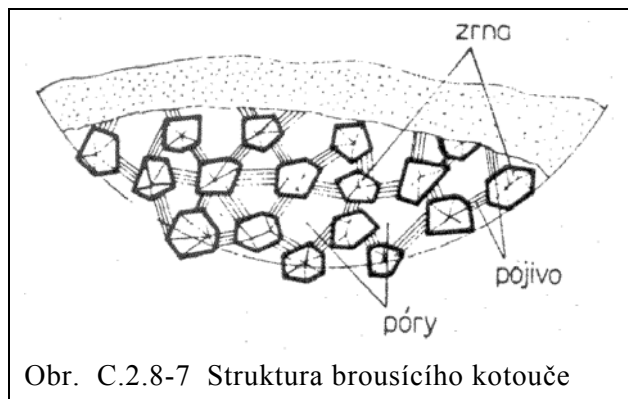
a), b) podélné, c), d) zapichovací, e) čelem brousícího kotouče, f), g) zapichovací
několika kotouči současně

Obr. C.2.8-5 Způsoby broušení na hrotových bruskách

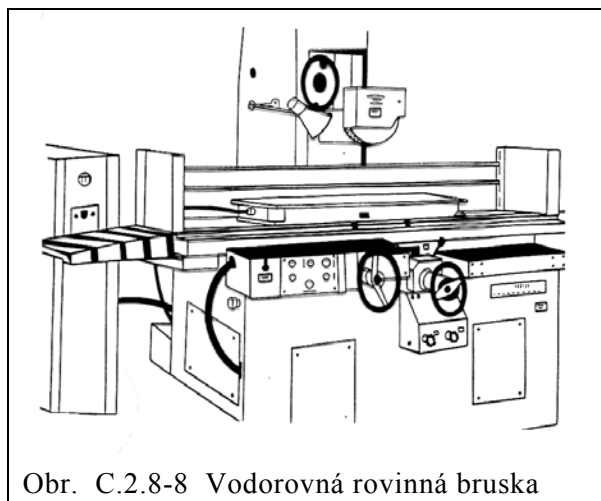
1, 2 – ploché, 3 – s jednostranným vybráním, 4 – na ostření vrtáků, 5 – prstencový, 6 – se zkoseným vybráním, 7 – jednostranně zkosený, 8 – hrncovitý, 9 – podávací kotouč pro bezhroté brusky, 10 – zaoblený, 11 – hrncovitý s velkou dírou, 12 – miskovitý, 13 – kuželovitý, 14 – na ostření nožů žacích strojů, 15 – talířovitý na broušení ozubených kol, 16 – talířovitý, 17 – na frézy na dřevo, 18 – řezací kotouč na kámen, 19 – oboustranně zkosený, 20 – řezací a drážkovací kotouč



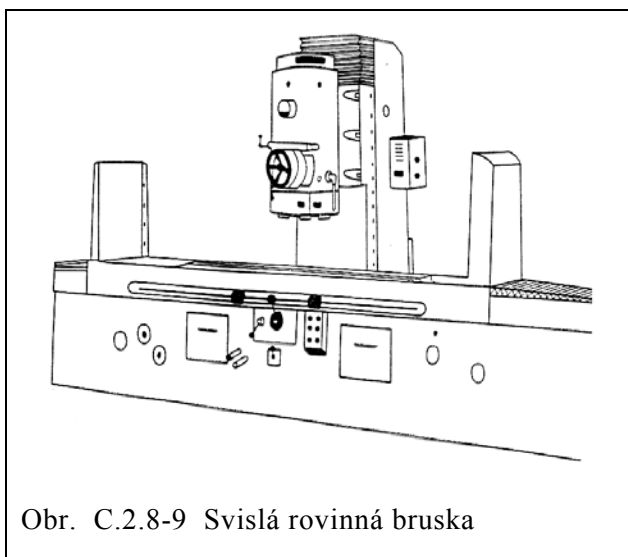
Obr. C.2.8-6 Základní tvary brousících kotoučů



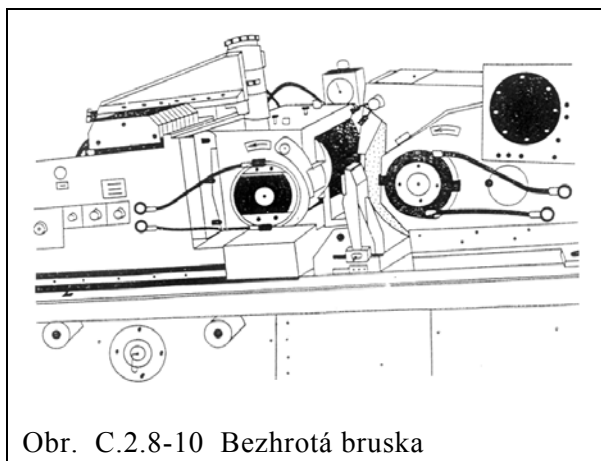
Obr. C.2.8-7 Struktura brousícího kotouče



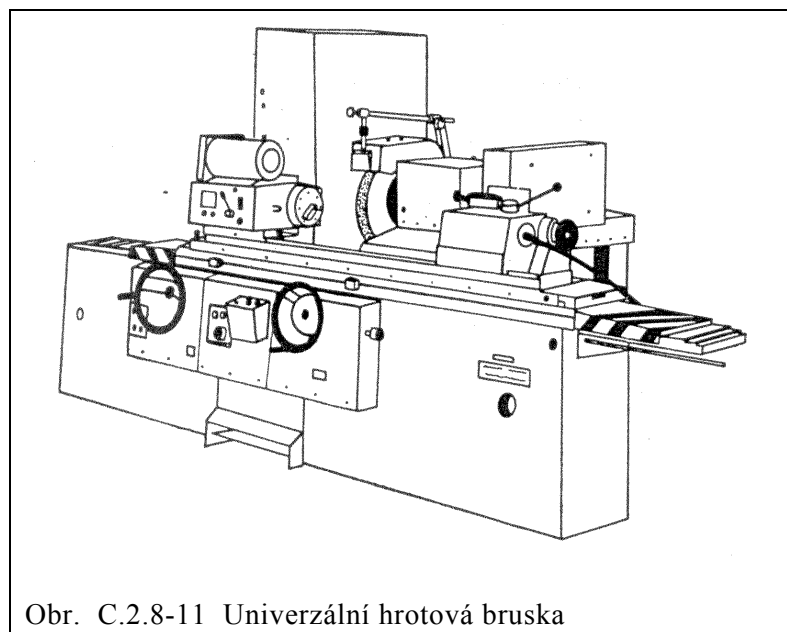
Obr. C.2.8-8 Vodorovná rovinná bruska



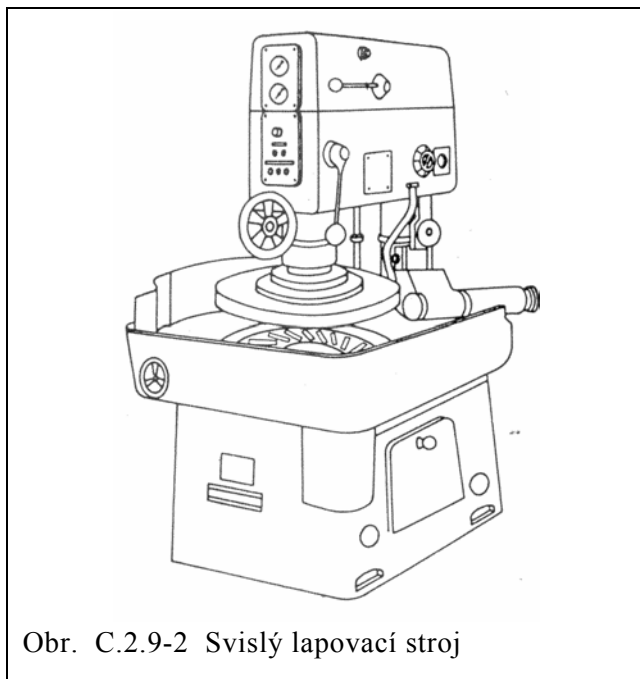
Obr. C.2.8-9 Svislá rovinná bruska



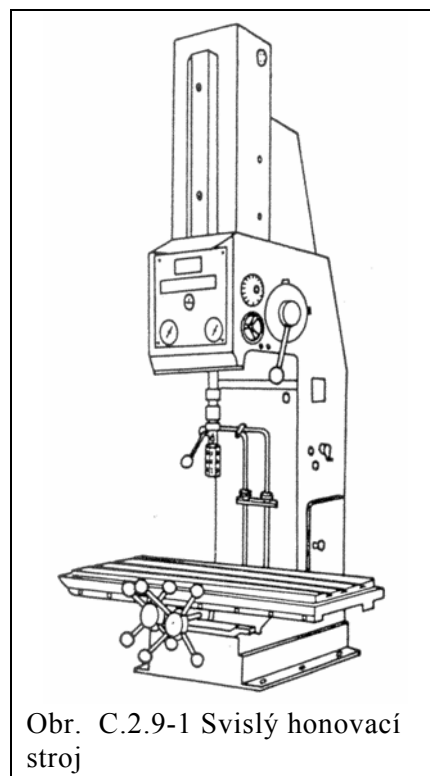
Obr. C.2.8-10 Bezhrotá bruska



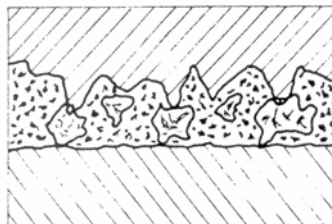
Obr. C.2.8-11 Univerzální hrotová bruska

C.2.9 Dokončovací stroje***C.2.9.1.1 Základní operace a nástroje*****C.2.9.2 Rozdělení strojů*****C.2.9.2.1 Stroje honovací******C.2.9.2.2 Stroje lapovací******C.2.9.2.3 Stroje superfinišovací***

Obr. C.2.9-2 Svislý lapovací stroj



Obr. C.2.9-1 Svislý honovací stroj



Obr. C.2.9-3 Schéma řezného procesu při lapování

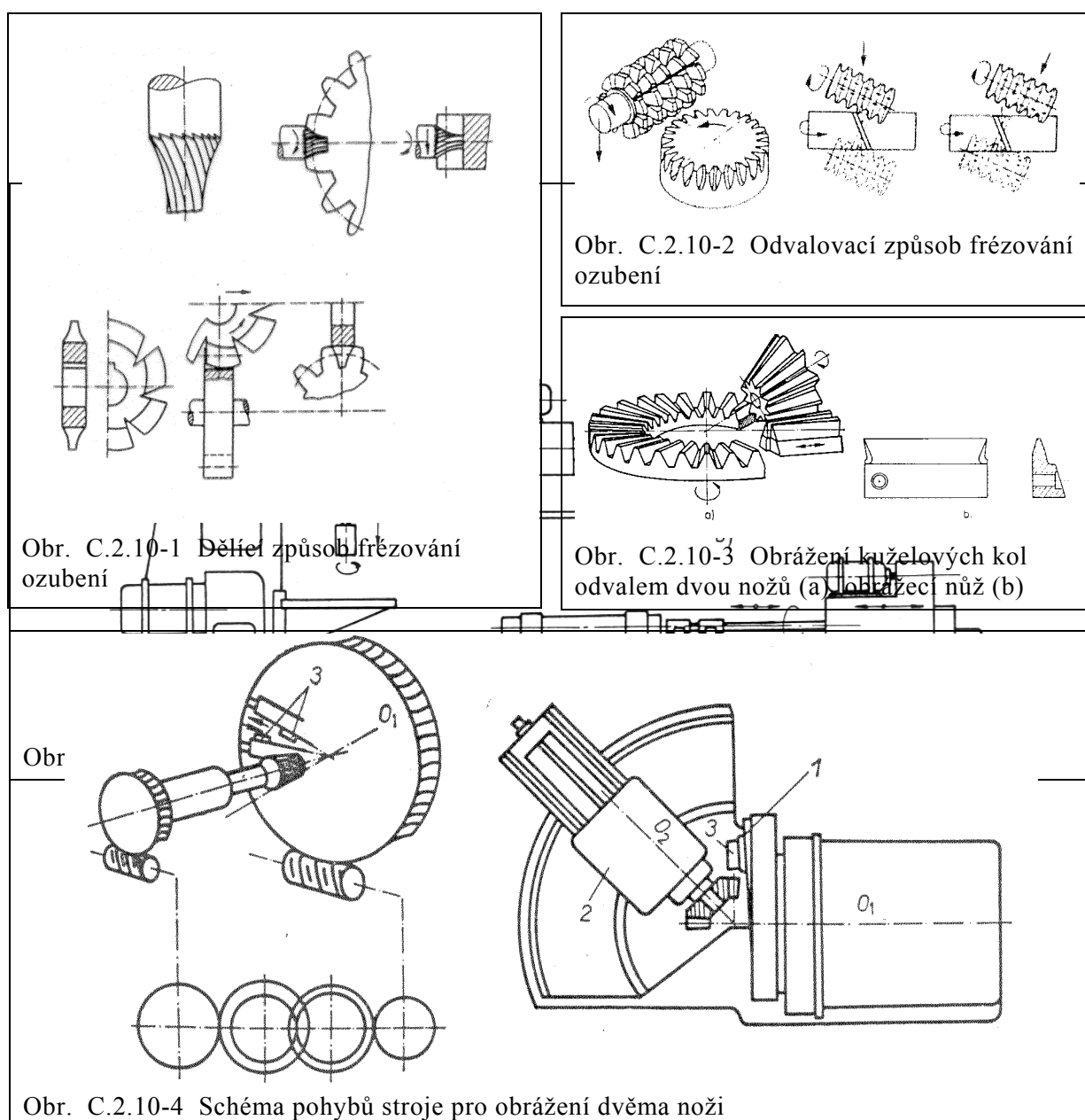
C.2.10 Stroje na výrobu ozubení

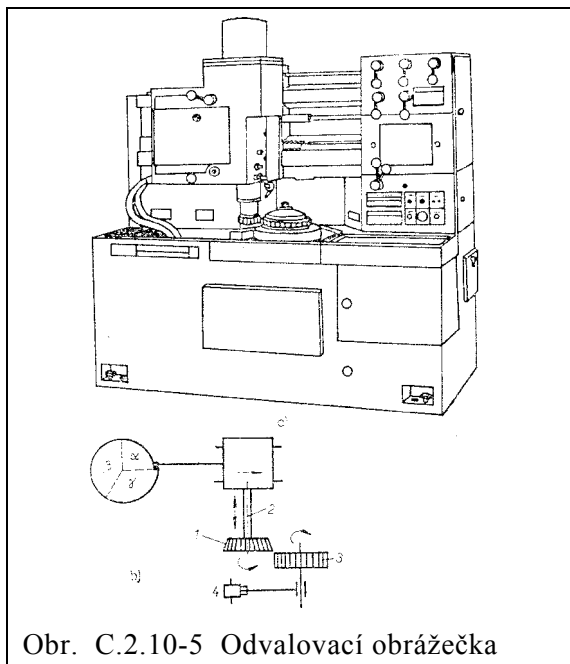
C.2.10.1.1 Způsoby výroby - dělicí, stroje s tvarovými nástroji - odvalovací – obrážecí – frézovací – brousící

C.2.10.2 Stroje na výrobu ozubení - obrážecí

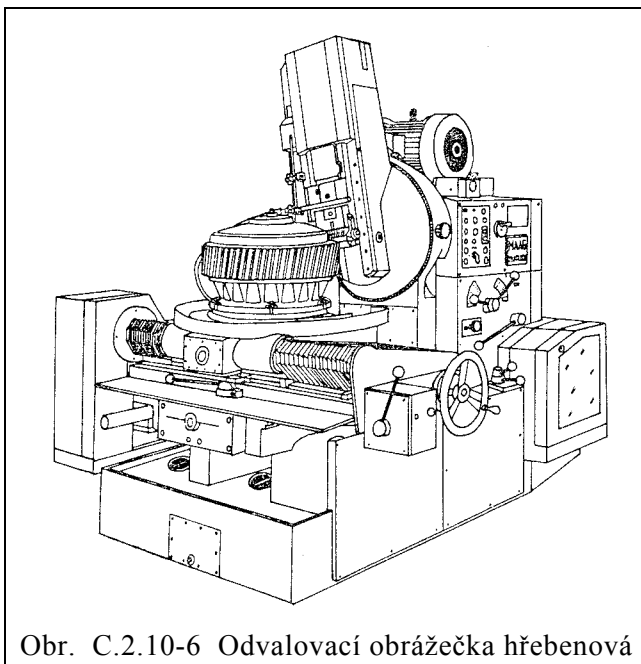
C.2.10.3 Stroje na výrobu ozubení - frézovací

C.2.10.4 Stroje na výrobu ozubení - brousící

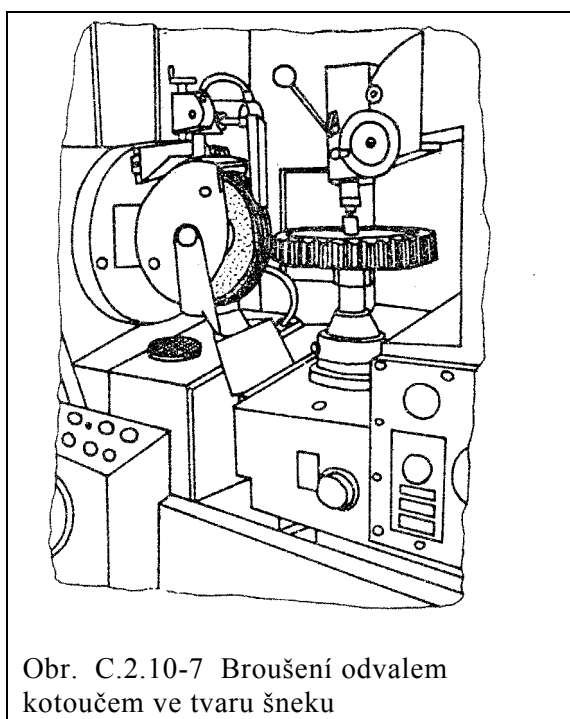




Obr. C.2.10-5 Odvalovací obrážečka



Obr. C.2.10-6 Odvalovací obrážečka hřebenová

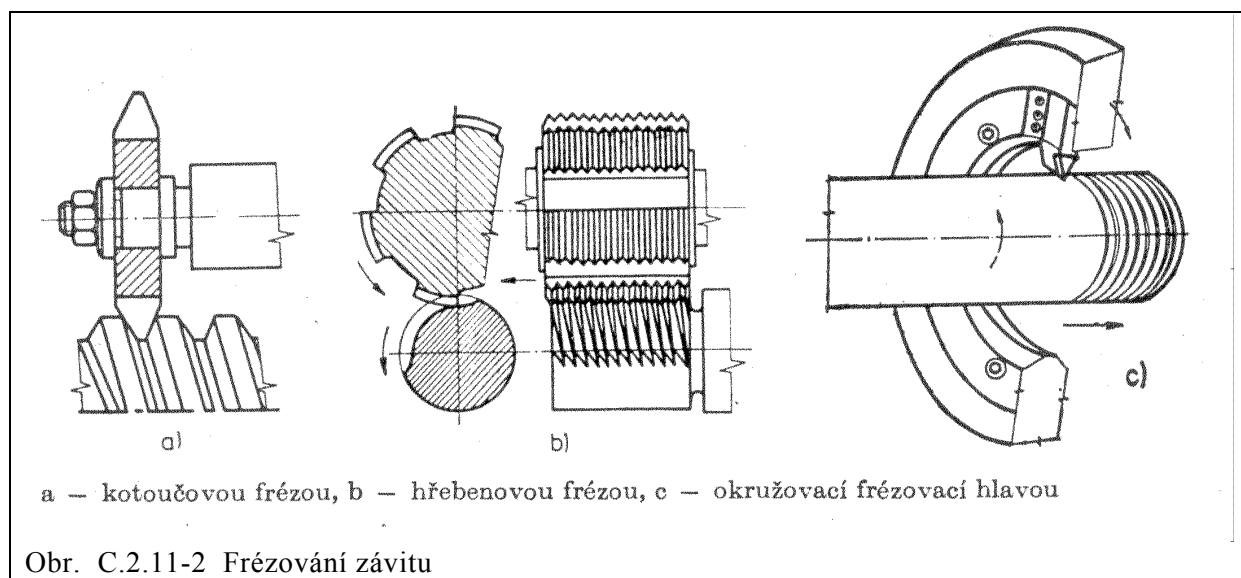
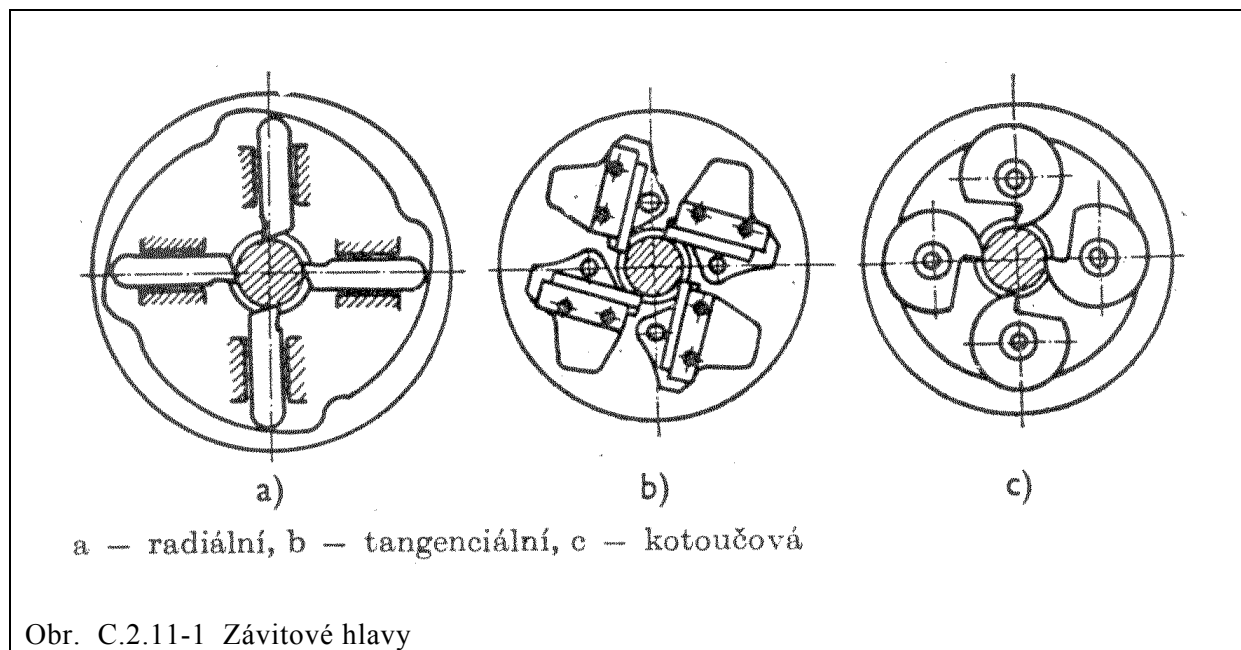


Obr. C.2.10-7 Broušení odvalem kotoučem ve tvaru šneku

C.2.11 Stroje na výrobu závitů

C.2.11.1 Výrobu závitů na soustruhu, frézce a vrtačce, nádstavce

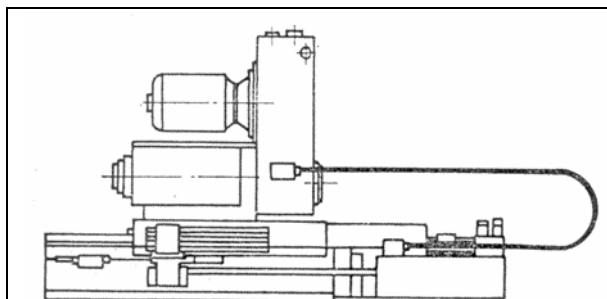
C.2.11.2 Stroje pro výrobu závitů - závitořezy



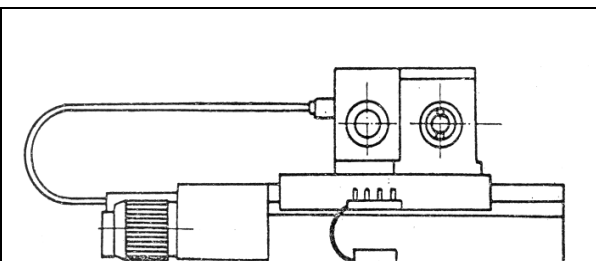
C.2.12 Jednouúčelové stroje (JÚS), tvrdé výrobní linky

C.2.12.1 Skladba a komponenty JÚS

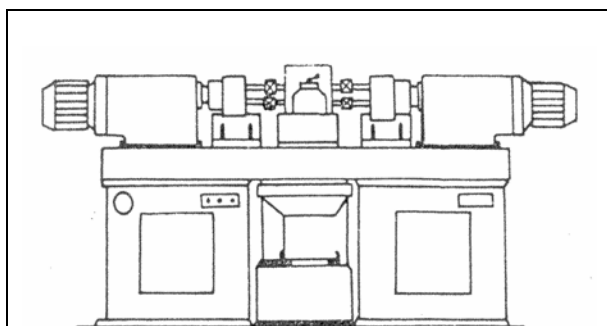
C.2.12.2 Tvrdé výrobní linky, skladba, použití



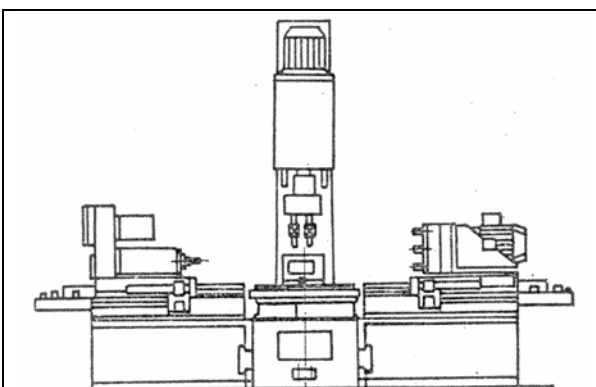
Obr. C.2.12-1 Vyvrtávací pracovní jednotka



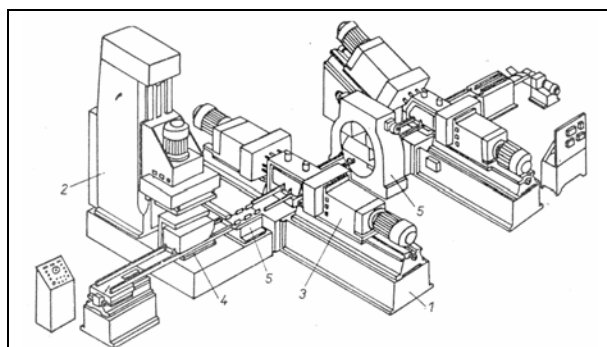
Obr. C.2.12-2 Frézovací pracovní jednotka



Obr. C.2.12-3 Stavebnicový stroj jednopoložový

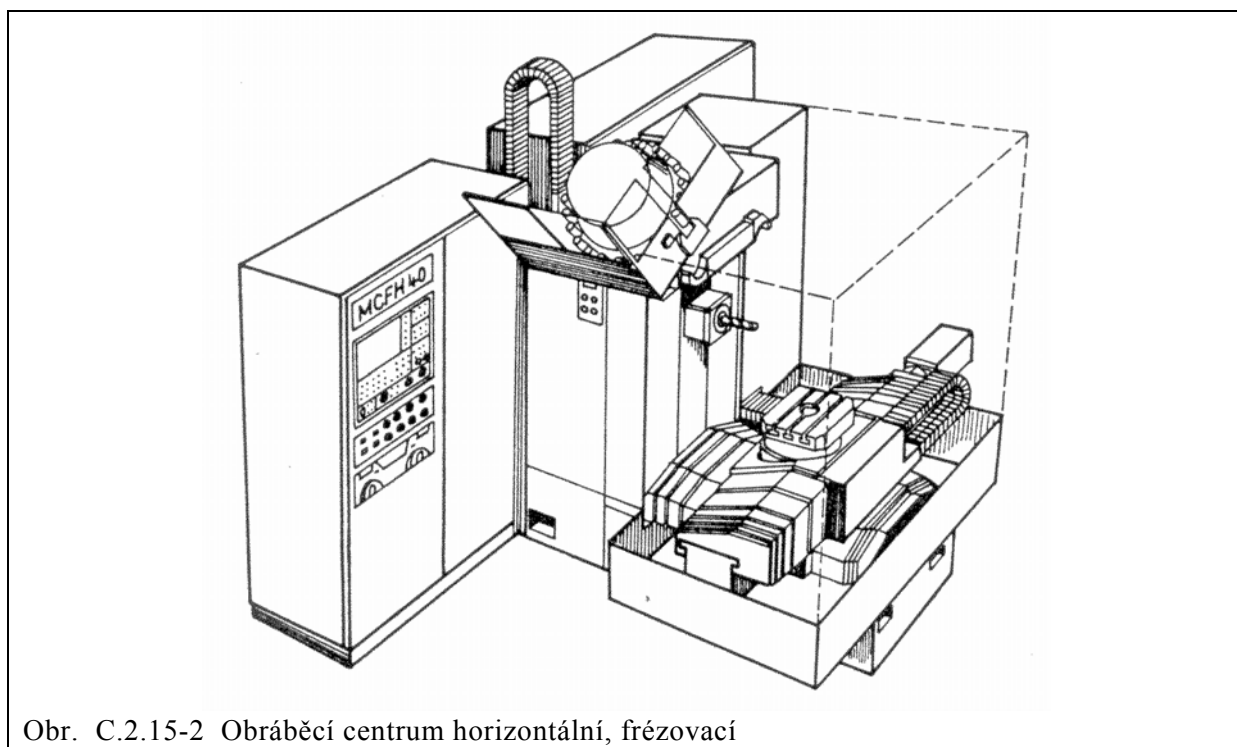
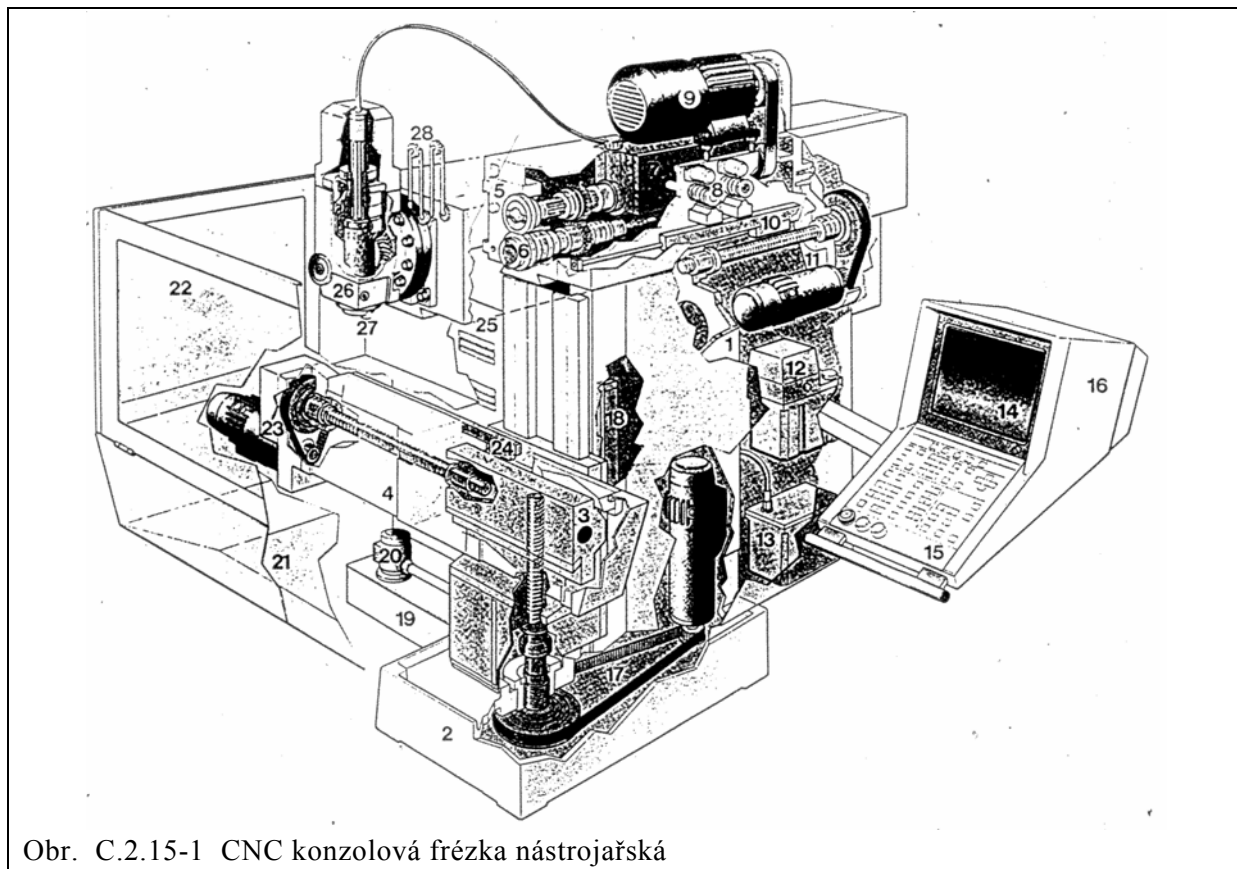


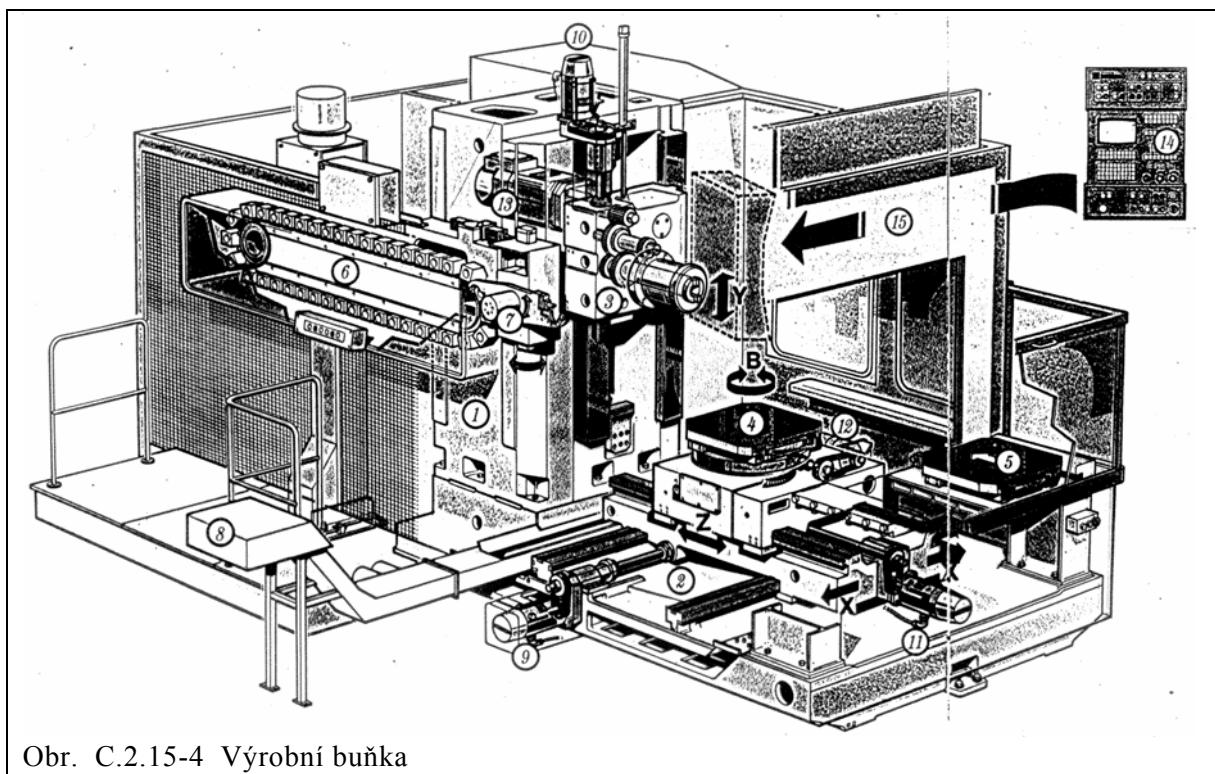
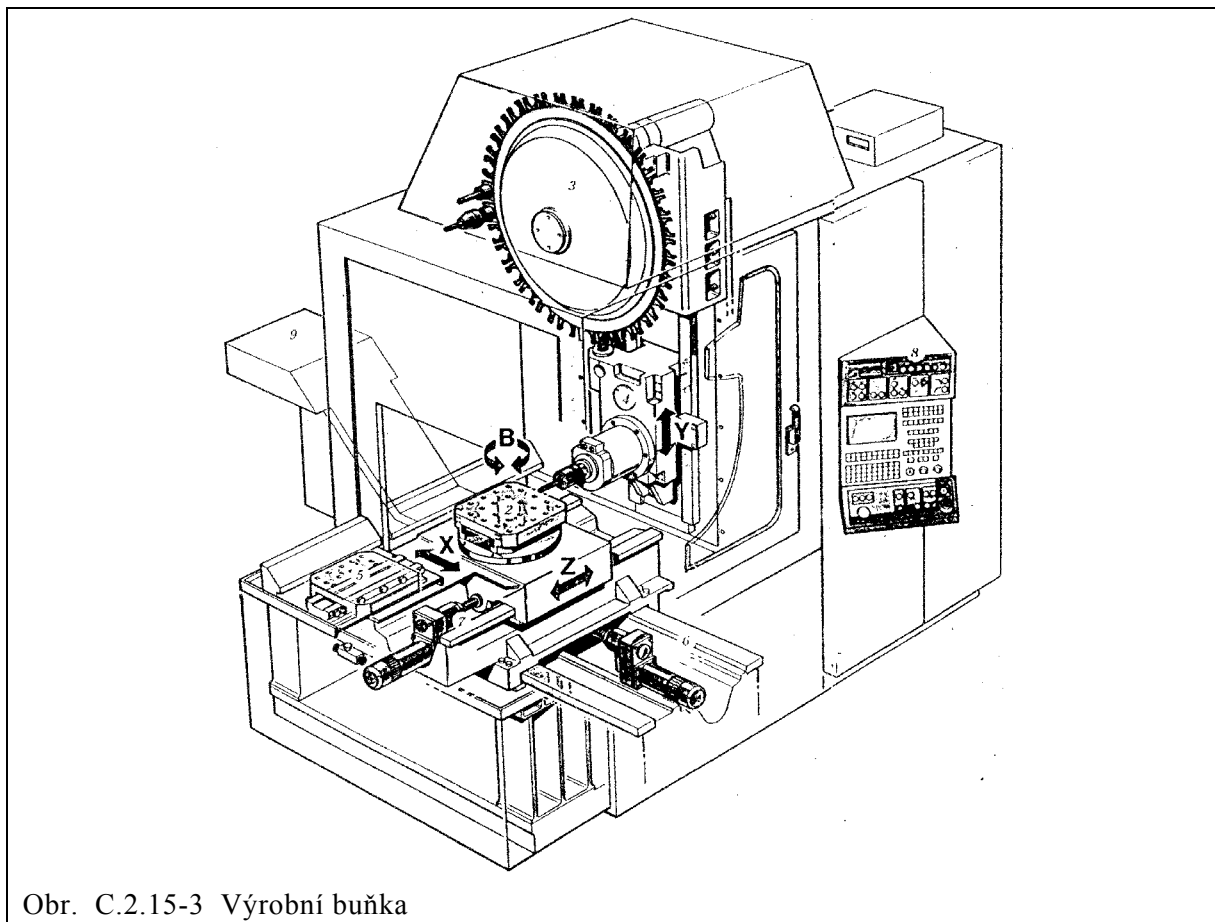
Obr. C.2.12-4 Stavebnicový stroj s otočným kruhovým stolem

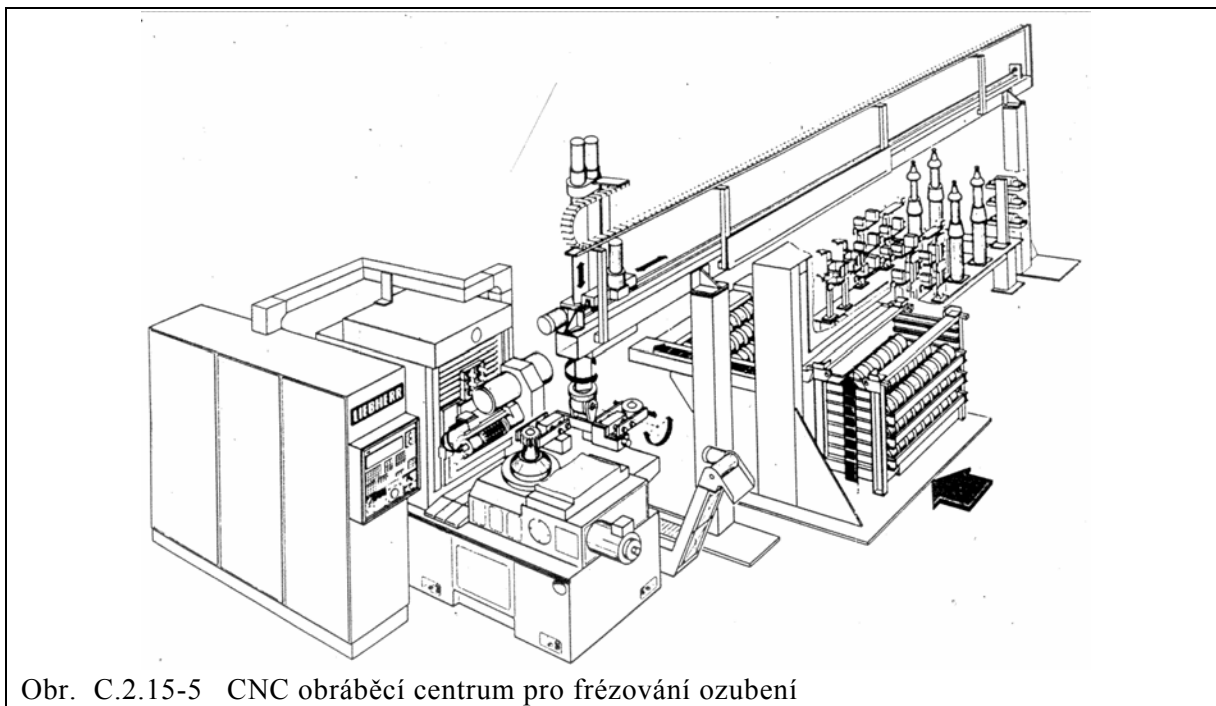


Obr. C.2.12-5 Automatická výrobní linka

C.2.13 Stroje pro drobné podnikatele, pro malé a servisní dílny**C.2.13.1 Malé univerzální stroje****C.2.13.2 Elektrické a pneumatické ruční nářadí****C.2.14 Nekonvenční obráběcí stroje (úběrové stroje)****C.2.14.1 Elektrochemické, elektroerosivní, elektronové obrábění****C.2.14.2 Chemické obrábění. Obrábění ultrazvukem****C.2.14.3 Obrábění vodním paprskem****C.2.14.4 Obrábění a úpravy povrchu laserovým paprskem****C.2.15 Stroje s NC a CNC řízením – obráběcí centra****C.2.15.1 Koncepce obráběcích strojů s NC a CNC řízením****C.2.15.2 Koncepce obráběcích center a základních uzlů****C.2.15.3 Obráběcí centra pro obrábění rotačních součástí*****C.2.15.3.1 Obráběcí centra – soustružnická, vodorovná******C.2.15.3.2 Obráběcí centra - svislá, karuselová*****C.2.15.4 Obráběcí centra pro obrábění skříňových a plochých součástí*****C.2.15.4.1 Obráběcí centra frézovací – vodorovná******C.2.15.4.2 Obráběcí centra frézovací – svislá*****C.2.15.5 Speciální stroje pro nekonvenční technologie****C.2.15.6 Výrobní buňky****C.2.15.7 Pružné výrobní linky****C.2.15.8 Pružné výrobní systémy****C.2.15.9 CIM**

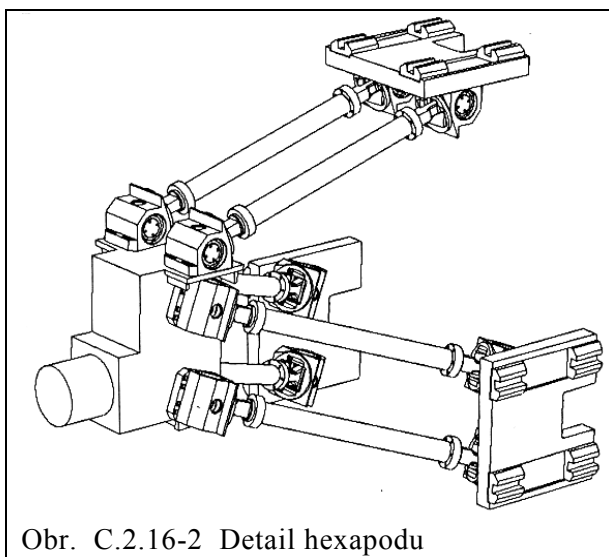
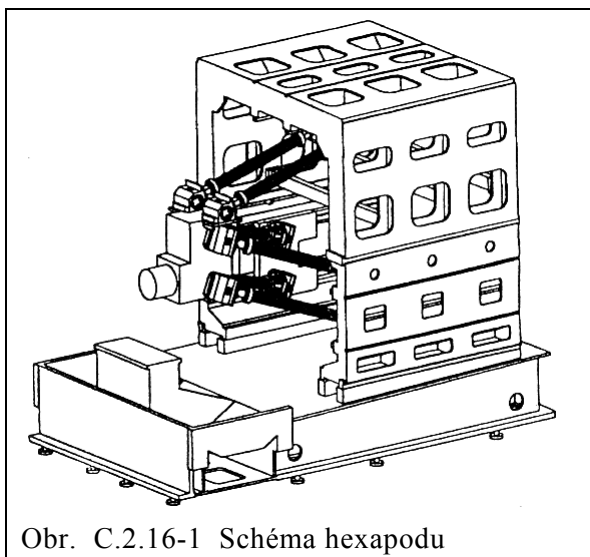






C.2.16 Nové směry vývoje obráběcích strojů

C.2.16.1 Nové kinematické struktury strojů (hexapody apod.)



C.3 Doporučená literatura

Knihy :

J.Ženíšek, J.Kratochvíl - Teorie a konstrukce výrobních strojů II., 1988

M.Wigner, Z.Přikryl - Obrábění, 1984

B.Vlach - Technologie obrábění a montáží, 1990

P.Breník, J.Píč - Obráběcí stroje, 1986

S.Černoch - Strojně technická příručka I + II.díl1977

J.Ženíšek, M.Jenkut - Výrobní stroje a zařízení, 1986

Strojírenská příručka - svazek 1 - 8, SCIENTIA, spol. s.r.o. Praha 1998

Sborníky :

OBRÁBĚCÍ STROJE NA 12.EMO V HANNOVERU, Praha 1997

IMTS - CHICAGO SHOW98 a BIMU MILÁNO98, Praha 1999

OBRÁBĚCÍ STROJE NA EMO PAŘÍŽ 99, Praha 1999

Strojírenská výrobní technika a technologie pro 21.století, Praha 1999

IMTS CHICAGO a FTK STUTTGART 2000, Praha 2001

Obráběcí stroje na EMO HANNOVER 2001, Praha 2001