

5.3. Posuvové soustavy lineární

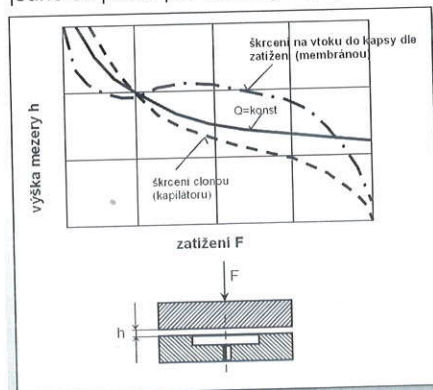
Nepříznivě se projevují následující vlastnosti:

- nutnost velmi tuhých částí vedení, aby tloušťka filmu byla stále stejná o délce i šířce vodicích ploch;
- nutnost speciálního čerpadla;
- komplikovanější konstrukce (rozvod a svod tlakového oleje, speciální škrticí ventily, tlakové buňky apod.);
- nutnost pečlivé filtrace oleje;
- komplikovaná konstrukce, náročná výroba a údržba a nákladný provoz.

Hydrostatické vedení se řídí tzv. Hagen-Poissonovým zákonem (obr. 5.105), který udává vztah mezi tloušťkou olejové vrstvy, rozměry kapes, tlakem a průtokem.

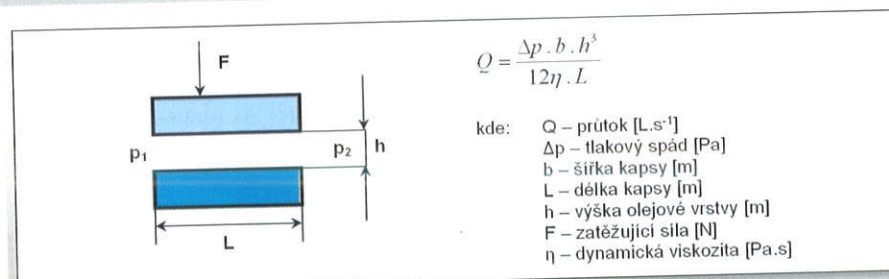
Stoupne-li ve vedení zatížení, zmenší se mezera h a tlak p stoupne a naopak. Každá kapsa má většinou nějaký regulační prvek, proto musí být seřizeny tak, aby byly protiplochy vedení pokud možno rovnoběžné. Používá se (obr. 5.106) membrána, regulátor nebo kapilára.

Zásobování jednotlivých kapes a odvod prosáklého oleje zajišťuje hydraulický obvod plnicí dodávku tlakového oleje, odvod vzniklého tepla ztrátovým výkonem a jističným vedením proti poškození. Kapsy mohou být zásobovány olejem (obr. 5.107) odměrným čerpadlem nebo každá kapsa svým čerpadlem či skupina kapes svým čerpadlem či jedno čerpadlo pro všechny kapsy.



Obr. 5.108. Charakteristiky tuhosti hydrostatických systémů [1]

Princip plnicího čerpadla je založen na dodávce tlakového oleje do odměrných čerpadel, která dodávají stejná množství do jednotlivých kapes. Při zanedbání stlačitelnosti oleje je zachována konstantní velikost vrstvy h i při různých zatíženích. Poněkud kvalitnější tuhosti se dosáhne užitím soustav se stavitelným škrcením pomocí

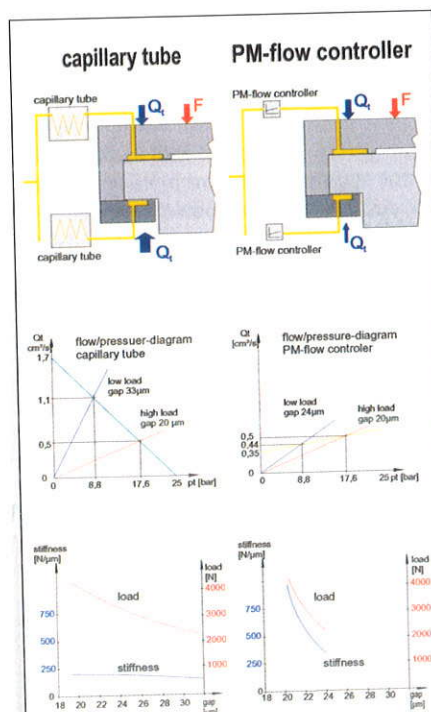


Obr. 5.105. Hagen-Poissonův vztah pro hydrostatické vedení

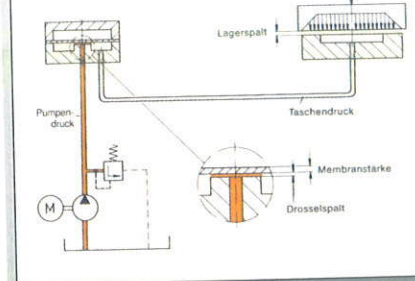
membrány (pružného pouzdra). Velikost olejové vrstvy je přibližně konstantní i při změně zatížení. Nejmenší tuhé je škrcení pomocí konstantního odporu (kapiláry). Srovnání je patrné z obr. 5.108.

Rovněž poměrně dobré parametry vykazuje systém s odměrnými čerpadly pro každou kapsu. Je proto využíván zejména

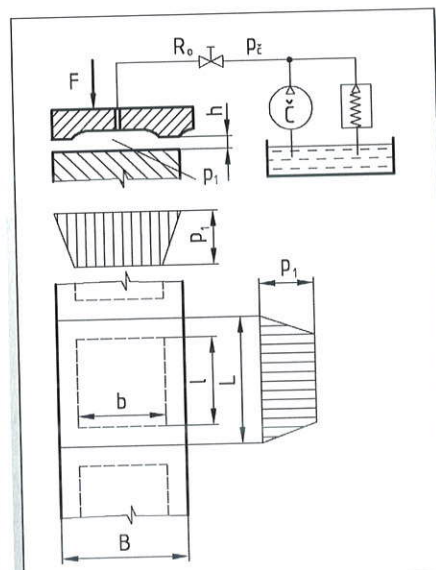
na pro případy, kdy lze předpokládat silné kolísání zatížení. Nejčastěji je v praxi využíván nákladově nejpříjemnější princip s jedním čerpadlem a konstantním škrcením na vtok do každé kapsy. Má sice nižší tuhost, ale při správném dimenzování celého obvodu pro většinu aplikací vyhovuje.



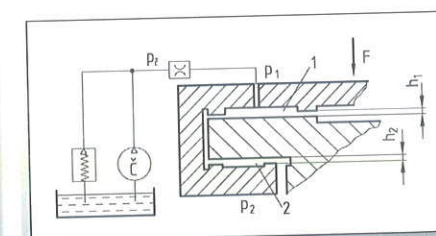
Obr. 5.106. Regulační prvky na vstupu do kapes [Hydrostatik] [Willy Vogel]



Obr. 5.107. Varianta zásobování kapes olejem [Willy Vogel]

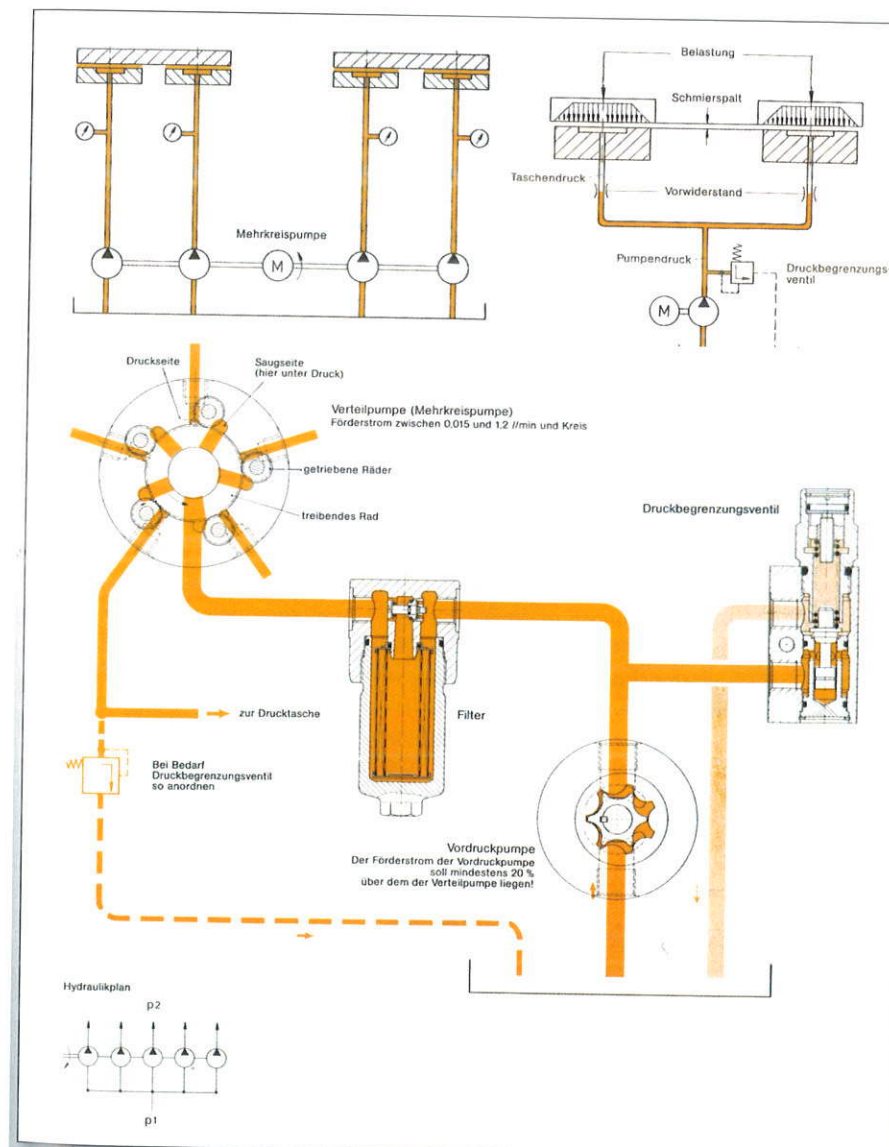


Obr. 5.109. Otevřené hydrostatické vedení [9]



Obr. 5.110. Hydrostatické vedení uzavřené [9]

Otevřené hydrostatické vedení [9] ukazuje obr. 5.109. Olej od čerpadla o konstantním tlaku p_c je veden přes škrticí ventil s konstantním odporem R_o do tlakové jed-



Obr. 5.107. Varianta zásobování kapes olejem [Willy Vogel]

notky vedení. Škrticí ventil snižuje tlak p_c na pracovní tlak p_1 , který je závislý na zatížení. Olej je tedy vytlačován z ložiskové jednotky mezerou h tlakem p_1 .

Ve stavu klidu je rovnováha mezi zatížením vedení a tlakem oleje v jednotce. Při zvětšení zatížení se mezera h zmenší, čímž se zmenší i průtok oleje jednotkou a tlak stoupne. Tento proces pokračuje až do vyrovnání tlakové síly v jednotce se zatížením. Při odlehčení děj probíhá opačně. Při optimálních poměrech se dosahuje jen velmi malých změn tloušťky olejového filmu v závislosti na změně zatížení, takže je možné toto vedení použít i pro přesné stroje.

V rovině vedení musí být minimálně tři jednotky se samostatnými, vlastními škrticími ventily. Jinak by pokles zatížení jedné jednotky měl za následek pokles pracovního tlaku ve všech jednotkách. Tím by se porušila rovnováha mezi zatížením a tlakem v ložiskových jednotkách a u více zatížených jednotek by došlo ke snížení mezery na nulu [9].

Otevřená hydrostatická vedení jsou vhodná tehdy, jestliže je pohyblivá část vedení zatížena relativně rovnoměrně. Nehodí se pro přenášení velkých klopných momentů. Dále je důležité, aby nejmenší velikost zatížení zabezpečovala dostatečnou počáteční

tuhost olejové vrstvy. Proto je vhodné toto vedení používat v takových případech, kde je zabezpečeno vysoké počáteční zatížení při malé změně vnějšího zatížení (např. stojan těžké vyvrtávačky). Jestliže tyto podmínky nejsou splněny, pak je vhodnější používat uzavřená hydrostatická vedení [9].

U uzavřených hydrostatických vedení (obr. 5.10) se tlak od čerpadla o velikosti p_c opět přivádí přes škrticí ventily do tlakových jednotek 1 na hlavních vodicích plochách a do tlakových jednotek 2 na doplňujících vodicích plochách. Každý úsek hlavní vodicí plochy o ploše $U_1 = L_1 \cdot B_1$ je možno uvažovat s odpovídající částí doplňující vodicí plochy o ploše $U_2 = L_2 \cdot B_2$ jako samostatnou jednotku. Z jednotek je olej vytlačován mezerami h_1 a h_2 do odpadu a každá jednotka působí na odpovídající vodicí plochu určitou silou. Výslednice těchto sil v jednotkách je pak v rovnováze s vnějším zatížením F . Při zvětšení zatížení se vůle h_1 zmenší a vůle h_2 zvětší do té míry, pokud výslednice sil od obou tlakových jednotek nebude opět v rovnováze s novým vnějším zatížením.

Hydrostatická vedení (otevřená i uzavřená) mají $h_{\min} = 15 - 25 \cdot 10^{-6}$ m (0,015 - 0,025 mm - malé a střední stroje, 0,04 - 0,06 mm - pro těžké stroje). Délka tlakových jednotek se volí podle velikosti vedení v rozmezí 0,5 - 1,5 m. Malý počet jednotek je vhodný pro vedení s rovnoměrným zatížením při požadované vysoké tuhosti, velký pak je vhodné volit v případech, kdy je vedení zatěžováno velkými klopnými momenty, které způsobují nerovnoměrné zatížení vedení.

Servostatická vedení [9] patří do skupiny hydrostatických vedení, kde předřadný hydraulický odpor buňky pracuje se zpětnou polohovou vazbou tak, aby byla zachována stálá poloha zpravidla pohybujícího se tělesa vůči jinému tělesu obráběcího stroje. Podle vázanosti zpětné vazby je možné udržovat:

- a) stálou tloušťku vrstvy maziva ve vedení, je-li zpětná vazba mezi dvojicí těles tvořících vedení;
- b) stálou polohu pohybující se části vedení: mění se podle potřeby tloušťka vrstvy maziva ve vedení, je-li zpětná vazba vztažena mimo dvojici těles vedení.

Zpětná vazba může být mechanická, hydraulická, elektrická, popř. jejich kombinace. Zpětná vazba mezi dvojicí ploch hydrosta-

5.3. Posuvové soustavy lineární

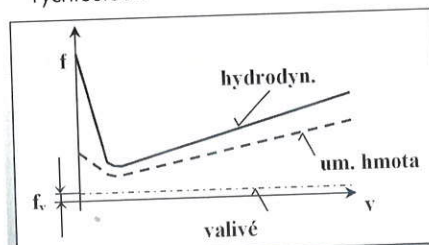
tického vedení zabezpečuje stálou tloušťku vrstvy maziva.

Vedení valivá a přímočará

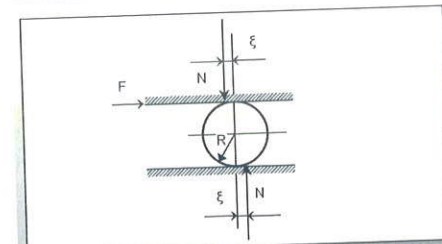
Se zřetelem na požadavky CNC obráběcích strojů se zvyšují nároky na dokonalou plynulost posuvových pohybů a vzniká požadavek na dosažení co nejmenšího rozptylu velikosti dráhy při najíždění na požadovaný rozměr. Tyto mimořádně vysoké požadavky nejsou splnitelné kluzným vedením hydrodynamickým se zřetelem na možný vznik trhavých pohybů. Jedním z řešení tohoto systému je, jak již bylo uvedeno, vedení se třením kapalným (hydrostatické), jiným je vedení valivé. Valivého vedení se začalo používat u nejpřesnějších strojů [1].

Přednosti tohoto vedení jsou obdobné jako při použití valivých ložisek namísto kluzných pro uložení hřídelí. Je to především:

- celkově menší součinitel tření a nepatrný rozdíl mezi součinitelem tření za klidu a za pohybu, což má velký vliv na odstranění trhavých pohybů při nepatrných rychlostech pohybu, jak je zřejmé z obr. 5.111;
- minimální opotřebení a tím dlouhá životnost;
- možnost vymezení vůle a předepnutí;
- vysoká přesnost pohybu i při malých rychlostech.



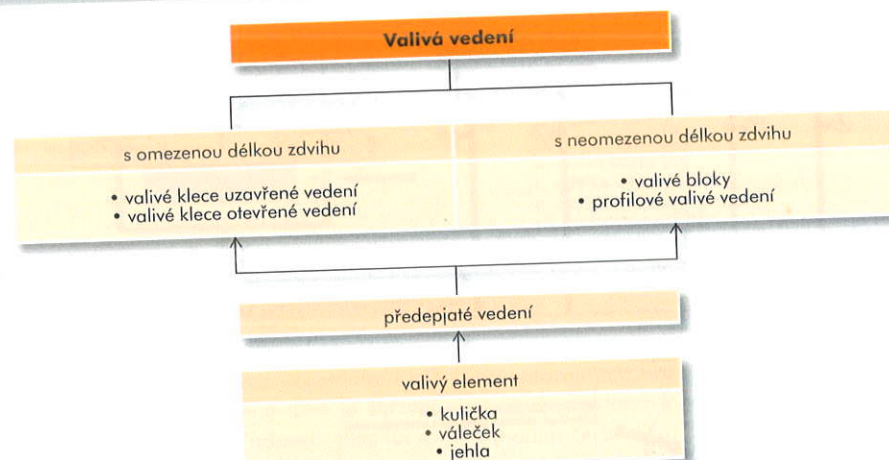
Obr. 5.111. Závislost součinitele tření na rychlosti



Obr. 5.112. Valivé tření

Na druhé straně jako nevýhody valivého vedení lze uvést:

- vysokou náročnost na přesnost výroby a tím někdy vyšší ceny;



Obr. 5.113. Druhy valivého vedení

- větší rozměry než vedení kluzná;
- menší schopnost útlumu chvění.

Vliv předepnutí na zvýšení tuhosti je dán tím, že stejná velikost zatěžující síly způsobí výrazně menší deformaci u předepnutého vedení ve srovnání s vedením nepředepnutým.

Pro výpočet třecího odporu valivého vedení platí vztah:

$$T_v = N \cdot f_v \quad [N]$$

kde:

N – zatížení normální

f_v – součinitel valivého tření $f_v = 0,01 \div 0,03$

Na velikost třecího odporu má dále vliv i velikost valivého prvku dle obr. 5.112, tzv. průměr valivého tělíska.

Platí rovnice:

$$F \cdot 2R = 2N \cdot \xi$$

čili síla k překonání třecího odporu:

$$F = \frac{N \cdot \xi}{R} \quad [N]$$

Z toho plyne, že čím je valivý prvek větší (větší R), tím je menší síla F . Valivé vedení se používá ve dvou základních variantách: s omezenou a s neomezenou délkou zdvihu (obr. 5.113).

Základní princip vedení s omezenou délkou zdvihu je uveden na obr. 5.114. Zdvih stolu je omezen, neboť klec s valivými prv-

ky vykoná zdvih rovný polovině pracovního zdvihu.

Některé typy často používaných valivých vedení s omezenou délkou zdvihu mohou být zkonstruovány jako otevřená, tj. zachycují většinou pouze axiální síly. Uzavřené vedení je vždy předepnuté a má omezenou schopnost přenášet libovolné zatížení.

Válečkové vedení s omezenou délkou zdvihu má nejčastější použití i pro dobrou tuhost a přesnost. Jehlová vedení se užívají jako provedení s prizmatickým vedením. Kuličkové vedení mají menší únosnost a konstrukční provedení vyžaduje obložit plochy vedení kalenými plechy, pokud není tvořeno již hmotnými lištami.

U vedení s neomezenou délkou zdvihu se posuvový stůl může pohybovat po celé délce lože a přenášet jmenovité zatížení. Základním prvkem, který umožňuje teoreticky neomezenou délkou zdvihu, jsou tzv. valivá hnízda (bloky). Princip je uveden na obr. 5.115. Určitý počet válečků vedených klecí obíhá po dráze vytvořené v tělese hnízda, které se připevňuje šrouby na posuvnou část [1].

Valivé bloky jsou vyráběny specializovanými výrobci v širokém sortimentu velikostí, pro pokrytí širokého spektra využití. Příkladem provedení valivého vedení je na obr. 5.115. Vodicí lišta je přišroubována k loži a valivé bloky jsou uloženy na posuvovém stole. Pro vymezení vůle a vytvoření předpětí je vždy jeden z dvojice protilehlých valivých bloků podložen dolícovací podložkou. Dolícování může být velmi přesné, neboť valivé bloky mají vysokou tuhost, např. cca 2000 N/μm. Tento způsob je značně náročný na kvalitu montáže.

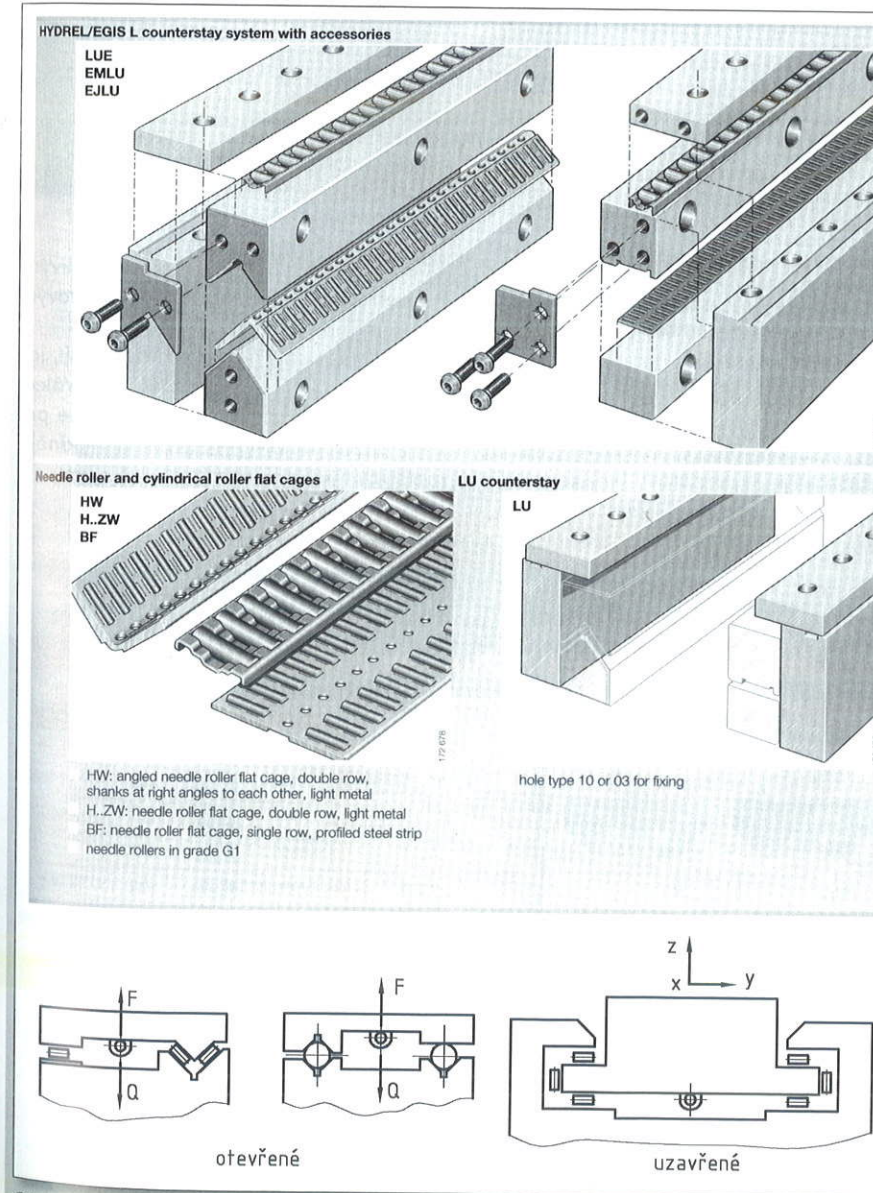
Proto je někdy výhodné použít princip stavitelného předpětí pomocí klínové podložky posouvané šroubem. Zřejmými nevýhodami tohoto způsobu jsou větší rozměry a vyšší pracnost výroby [1].

Někdy je výhodné použít pro vyvození předpětí talířové pružiny. Tento princip má ovšem nižší tuhost danou tuhostí talířových pružin a rovněž vyžaduje větší vestavný prostor.

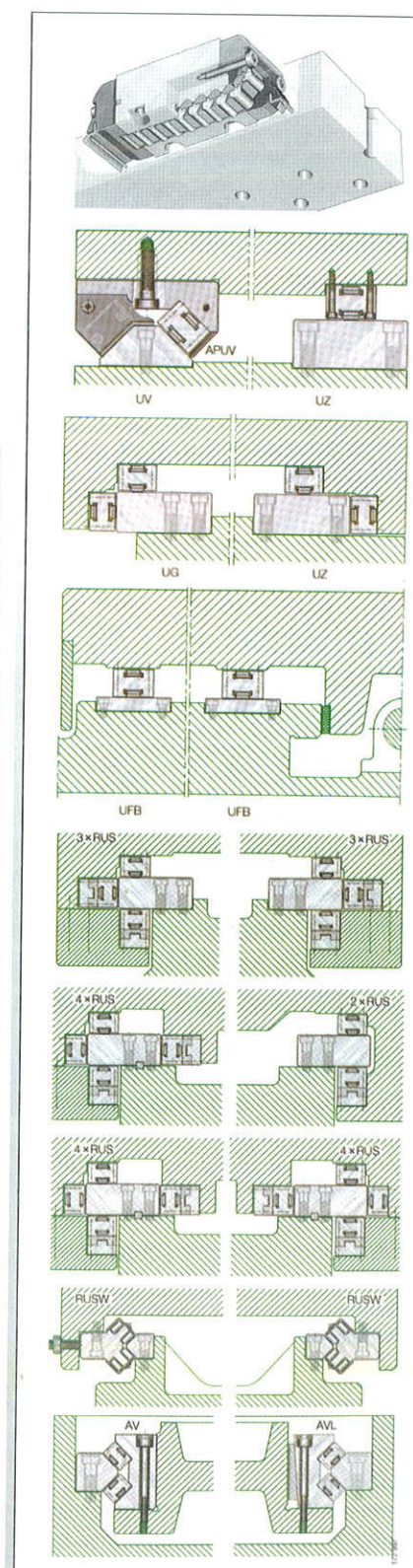
Pozornost je dále nutno věnovat připevnění vodicích lišt, neboť v místě připojovacího šroubu dochází k porušení přímočarosti vodicích ploch.

Kalené vodicí lišty z jednoho kusu mají vysokou spotřebu kvalitní legované oceli. Proto se často používá obkládání vodicích ploch pomocí tenkostěnných vodicích lišt. Existuje mnoho specializovaných výrobců, kteří dodávají hmotné kalené vodicí lišty za přijatelné ceny.

Jak již bylo uvedeno, nevýhodou valivého vedení je malá schopnost tlumit chvění, proto byl vyvinut princip vedení s řízenými vlastnostmi. Podstata je v tom, že do valivého vedení s valivými bloky jsou zabudovány řiditelné tlumicí jednotky. Tyto tlumicí prvky jsou řízeny řídicím systémem stroje



Obr. 5.114. Konstrukce valivého uložení s omezenou délkou zdvihu [INA]. [9]



Obr. 5.115. Princip vedení s neomezenou délkou zdvihu – valivé bloky [INA]