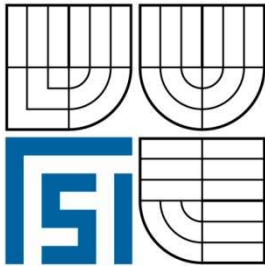


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

DESKRIPCE VEDENÍ U OBRÁBĚCÍCH STROJŮ

Literature Review on Track Systems in Field of Machine-Tools

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

KAREL ŠVÁČEK

VEDOUČÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. MICHAL HOLUB

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Karel Šváček

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Deskripce vedení u obráběcích strojů

v anglickém jazyce:

Literature Review on Track Systems in Field of Machine-Tools

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rešerše a popis vedení používaných u obráběcích strojů.

Cíle bakalářské práce:

- Provést rešerši vedení
- Provést popis a rozdělení
- Popis matematických modelů vedení s valivými elementy (typy a použití)

Seznam odborné literatury:

Borský, V.: Základy konstrukce obráběcích strojů

Marek, J.: Konstrukce CNC obráběcích strojů

www.thk.com

www.ina.com

www.sst.cz

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Michal Holub

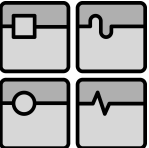
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 28.11.2008

L.S.

Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 4
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Abstrakt

Předmětem této bakalářské práce je popis vedení u obráběcích strojů. Stále větší důraz je kladen na přesnost vedení, protože je to jedna z hlavních částí, která ovlivňuje přesnost celého stroje a tím i výroby. Popisují se zde materiály, z kterých se vedení vyrábí, rozdělení vedení a jeho používání u CNC strojů. V závěru práce je uvedeno celkové zhodnocení.

Klíčová slova

Lineární vedení, kluzná vedení, valivá vedení, výpočet vedení,

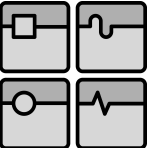
Abstract

The main theme of this thesis is is a description of machine tools slide ways. More and more emphasis is laid on the accuracy of slide ways, because it is among the main parts that influences the exactness of of the mashine and thus the whole making process ass well. Materials that the sliding ways are made of are described here as well as their classification and their use with the CNC machines. The final summary of the thesis contents the evaluation.

Key words

linear guider, slide-way, rolling guideways, calculate guideways

ŠVÁČEK, K. *Deskripce vedení u obráběcích strojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 36 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Michal Holub.

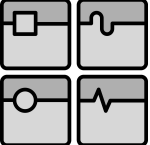
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že tuto bakalářskou práci *Deskripce vedení u obráběcích strojů* jsem vypracoval a napsal samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce Ing. Michala Holuba. V závěru práce jsem uvedl veškeré použité zdroje a literaturu.

Karel Šváček

V Brně dne 29.5.2009

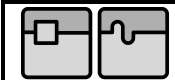

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 8
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Poděkování

Děkuji tímto vedoucímu bakalářské práce Ing. Michalu Holubovi za poskytnuté rady a připomínky k této práci.

Obsah

1.	ÚVOD.....	10
2.	POPIS VEDENÍ A ROZDĚLENÍ.....	10
3.	Vedení přímočará.....	11
3.1.	Rozdělení vedení.....	11
3.1.1.	Podle tvaru vedení.....	11
3.1.2.	Rozdělení podle druhu vedení.....	12
3.2.	Vedení kluzná.....	13
3.2.1.	Rozdělení kluzných vedení.....	13
3.2.2.	Popis kluzného vedení.....	13
3.2.3.	Druhy vodících ploch.....	14
3.2.4.	Hydrostatické vedení.....	14
	Vlastnosti hydrostatického vedení:.....	15
	1) Otevřené vedení a uzavřená vedení.....	15
	2) Servostatická vedení.....	16
3.2.5.	Hydrodynamické vedení.....	17
3.2.6.	Materiál vedení.....	18
	1) Volba materiálu.....	18
	2) Materiál.....	18
	3) Nanášení umělých hmot.....	19
3.3.	Vedení valivá.....	21
3.3.1.	Rozdělení vedení.....	21
3.3.2.	Definice vedení, výhody.....	21
3.3.3.	Vedení s omezenou délkou zdvihu.....	22
3.3.4.	Vedení s neomezenou délkou zdvihu.....	23
3.3.5.	Profilové valivé vedení.....	25
	Použití jednotlivých valivých elementů.....	26
3.3.6.	Postup návrhu valivého vedení.....	27
3.4.	Kombinovaná vedení.....	31
3.5.	Aerostatické vedení.....	31
4.	KRUHOVÉ VEDENÍ.....	32
4.1.	Vedení kruhová kluzná.....	32
4.2.	Vedení kruhová hydrostatická.....	32
4.3.	Kruhová vedení valivá.....	33
5.	OCHRANA VEDENÍ.....	34
6.	Závěr.....	35
7.	Seznam použitých zdrojů.....	36
8.	Seznam obrázků.....	37

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 10
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

1. ÚVOD

Obor strojírenství zasahuje do všech odvětví průmyslu. Na stroje jsou kladeny stále větší požadavky na přesnost, rychlost práce, multifunkčnost. Pak taky požadujeme, aby stroje byly plně automatizovány, a taky aby efektivita práce byla co největší. Od toho se odvíjejí konstrukce strojů.

Výrobci vedení mají v podstatě několik společných základních prvků, ze kterých při výrobě vychází. Avšak každý do svého výrobku vkládá osobní know-how a tím nám vzniká velký sortiment vedení.

Vedení je jedna z hlavních částí, která ovlivňuje celkový chod a hlavně přesnost stroje a jakost výroby. Vedení u strojů máme několik druhů a typů, můžeme je dělit podle nejrůznějších hledisek. V práci se zabývám rozdělením a popisem jednotlivých vedení. Jako dvě hlavní skupiny jsou vedení přímá a kruhová. U obou skupin je pak princip pohybu saní po loži velmi podobný.

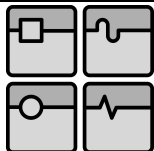
2. POPIS VEDENÍ A ROZDĚLENÍ

Vedení je soustava tzv. vodicích ploch, na nichž se stýká pohyblivá část (např. saně, smýkadlo, stůl) s nepohyblivou (např. s ložem), která zaručuje pohyb po geometricky přesných dráhách.

Podle tvaru drah, po nichž se jednotlivé body těchto těles pohybují, se rozeznávají vedení přímočará (body se pohybují po přímkách) a kruhová (body se pohybují po soustředných kružnicích). Podle druhu tření mezi styčnými plochami se dělí vedení na kluzná (obyčejná a hydrostatická) a valivá.

Na vedení se kladou tyto požadavky:[2]

- vedení má vykazovat vysokou statickou a dynamickou tuhost;
- vedení musí být vyrobeno s takovou přesností, aby odchylky dráhy pohybu od ideálního tvaru dráhy byly v určitých mezích, daných požadovanou přesností práce stroje;
- přesnost vedení dosažená při výrobě má být co možná nejdéle zachována. Proto musí být vedení odolné proti opotřebení, tzn. musí být zvolen vhodný materiál ploch, popřípadě jeho tepelné zpracování;
- možnost vymezení vůle vzniklé opotřebením ploch vedení při provozu, aby bylo možno udržovat přesnost i správnou funkci vedení;
- výborná jakost povrchu, která přispívá ke snížení součinitele tření a tím ke snížení odporu proti pohybu a ke snížení opotřebení;
- ochrana proti vnikání prachu, třísek a jiných nečistot, které by velmi agresivně působily na vodicí plochy a způsobovaly jejich opotřebení a v kritickém případě za dření;
- mazání, aby ztráty pohybu a opotřebení byly co nejmenší;
- tvar, který musí za všech okolností při provozu zaručovat vedení pohybujících se částí s jedním stupněm volnosti a vhodné zachycení sil přenášených z jedné části na druhou;



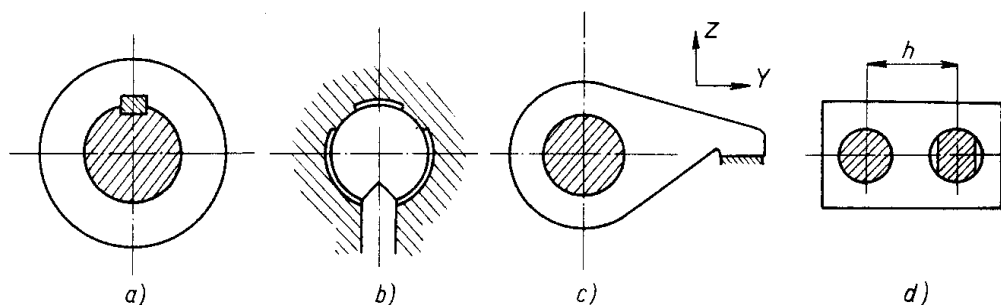
- jednoduchý tvar se zřetelem na snadnou výrobu, neboť pak bude možno dobře splnit všechny požadavky předchozí. Profil vedení se má skládat z co nejmenšího počtu ploch.[1]

3. Vedení přímočará

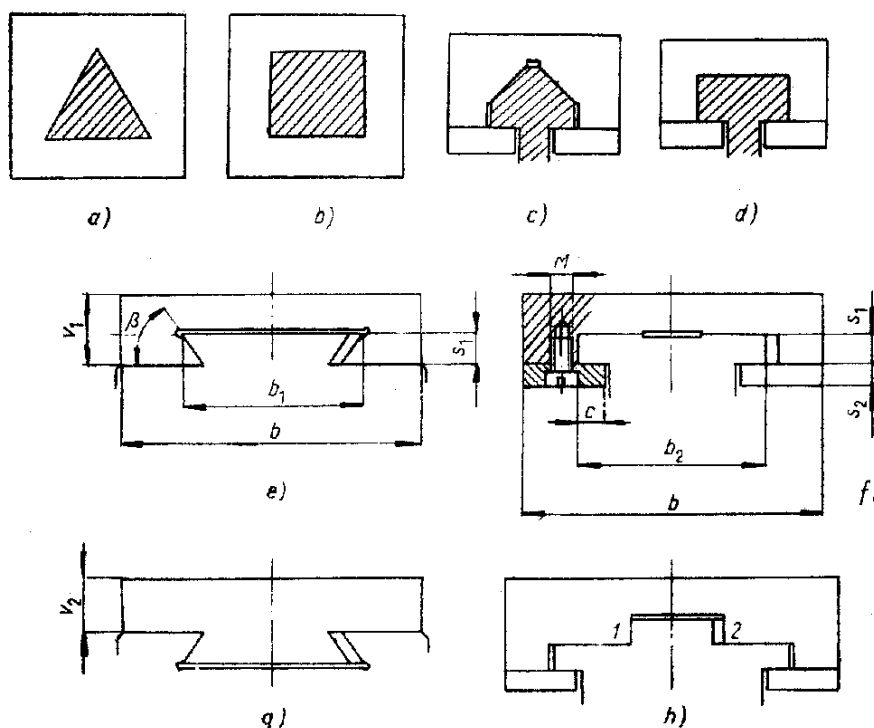
3.1. Rozdělení vedení

3.1.1. Podle tvaru vedení

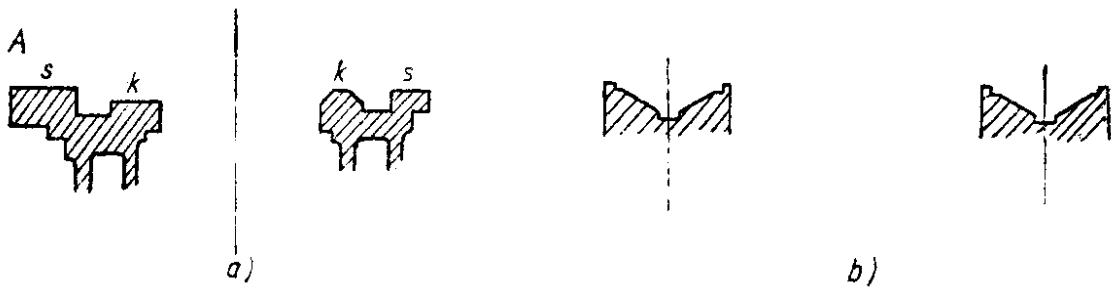
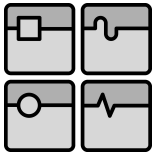
Podle tvaru se dělí přímočará vedení na hranolová (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**Obrázek 2) a válcová (Obrázek 1). Dále je dělíme na jednoduchá a složená. Jednoduchá jsou tvořena souvislou soustavou vodících ploch. Používají se jen pro poměrně úzké saně nebo jako vedení smýkadel. Pro široké saně je nutné vedení složené – dvojnásobné (Obrázek 3), trojnásobné (Obrázek 4), čtyřnásobné. [15]



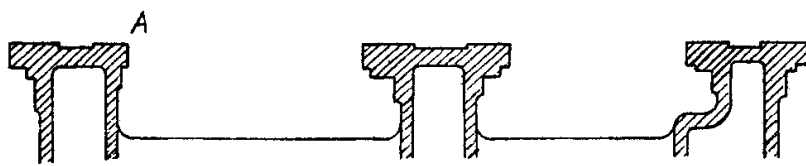
Obrázek 1 Přímochará vedení válcová: a), b) jednoduchá, c), d) složená [15]



Obrázek 2 Přímochará vedení hranolová, jednoduchá: a) trojboké, b) čtyřboké vedení smýkadla, c) trojboké, d) čtyřboké vedení saní, e) vedení trojboké (rybinovité) vnější, f) vedení čtyřboké (ploché), h) vedení trojboké (rybinovité) vnitřní, h) vedení čtyřboké se zúženým stranovým vedením na plochách 1, 2 [15]

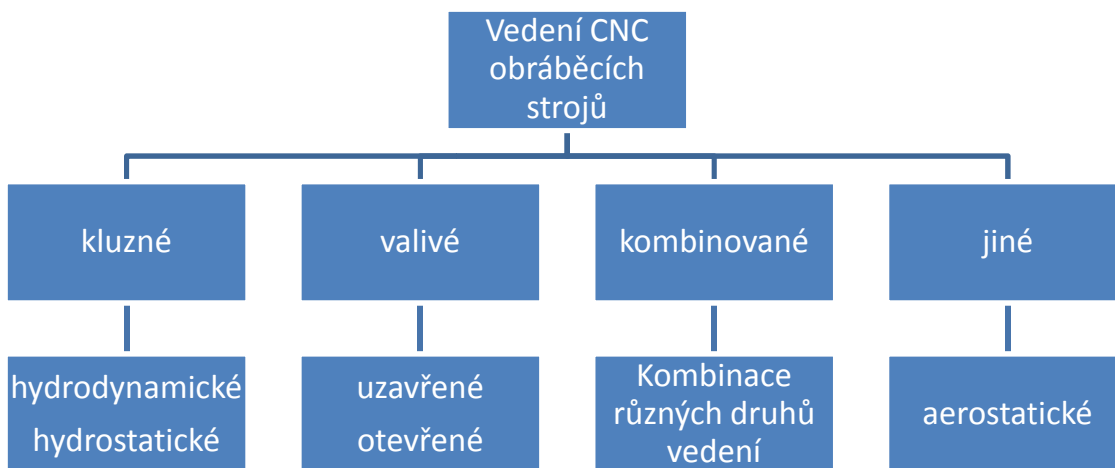


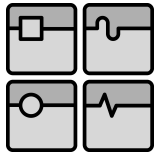
Obrázek 3 Přímočará vedení dvoudráhová: a) soustruhu s - vedení pro suport, k - vedení pro koník, b) hoblovky [15]



Obrázek 4 Přímočaré vedení třídráhové[15]

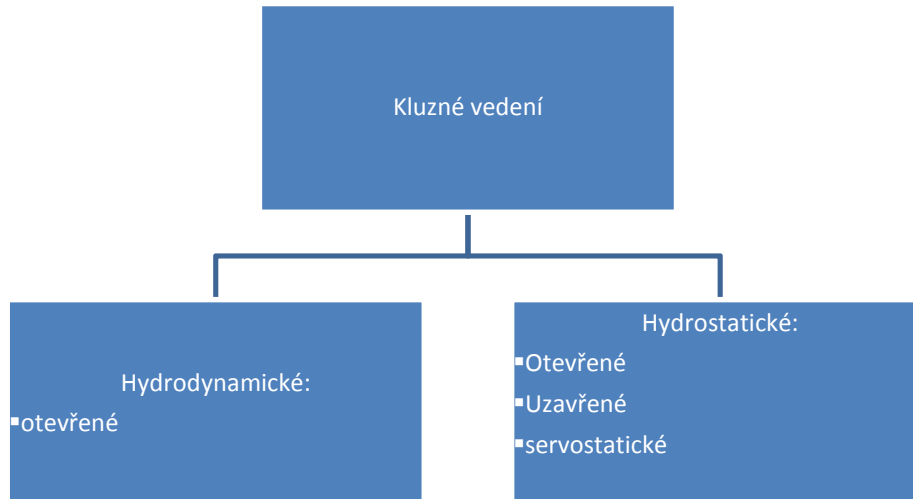
3.1.2. Rozdělení podle druhu vedení





3.2. Vedení kluzná

3.2.1. Rozdělení kluzných vedení



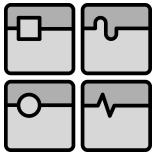
Obrázek 5 Multifunkční obráběcí centrum firmy Newtech [7]

Argumentem pro užití kluzných vedení je jejich stabilita a tuhost. Kvalitním zaškrabáváním vodicích ploch vznikají miniaturní jamky, které působí jako olejové kapsy. Tak je udržován olej na vodicích plochách a působí jednak jako prevence proti zadření, jednak jako důležitý faktor při tlumení vibrací. Energie vibrace se ovšem při této metodě přeměňuje na teplo. [7]

3.2.2. Popis kluzného vedení

Kluzná vedení se využívají ve dvou variantách podle třecích poměrů (viz. Rozdělení). Při použití kluzného vedení může být jakost práce podstatně snižována nestabilitou pohybu, zejména pak u hydrodynamického typu. Nestabilita se projevuje ve dvou podobách.:

- nerovnoměrný trhavý pohyb (horší jakost povrchu)
- necitlivost (znemožnění nastavení nástroje vůči obrobku)



Při trhavých pohybech musí saně, které jsou v klidu, překonat odpor tření za klidu. Jakmile jsou saně v pohybu, je součinitel tření roven součiniteli tření v pohybu. Posuvový mechanismus však není dokonale tuhý a přebytek hnací síly je příčinou vzniku poskoku. Trhavý pohyb je tak výsledkem kombinací poklesu součinitele tření a poddajnosti posuvového mechanismu. [1]

Velikost poskoku lze určit:

$$\Delta p = \frac{2 \cdot (F_{t0} - F_t)}{k} + v \cdot t \quad [1]$$

F_{t0} -třecí síla v klidu

F_t -třecí síla za pohybu

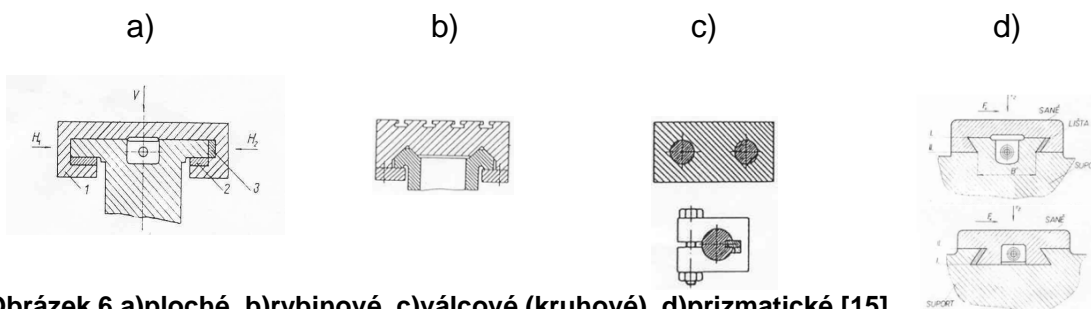
k - tuhost posuvového mechanismu

v - konstantní posuvová rychlost

t - čas ustáleného pohybu

Ze vzorce je patrné, že ke snížení poskoků, musíme buď zvýšit součinitel tuhosti k , nebo zmenšovat rozdíl mezi silami za pohybu a v klidu. Hydrostatické vedení má lepší součinitel tření, proto se lehce odstraní poskoky. U hydrodynamického vedení musíme použít speciální aditivové maziva, nebo vodící plochy potáhnout umělou hmotou. Při posouvání suportu po vedení se vlivem opotřebení vyvíjí teplo. Hydrostatické vedení je mnohem přesnější, a proto se používá u vysoce přesných CNC strojů. Vedení nemá žádné vůle. Vodící plochy se stýkají jen přes tenký film maziva a to i za klidu. Mazivo se zde přivádí pod konstantním tlakem. Má také mnohem lepší charakteristiky tlumení. Nevýhoda je ekonomická náročnost na výrobu i na provoz.[1]

3.2.3. Druhy vodících ploch



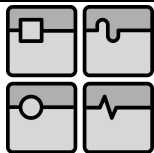
Obrázek 6 a) ploché, b) rybinové, c) válcové (kruhové), d) prizmatické [15]

3.2.4. Hydrostatické vedení



Princip hydrostatického vedení je založen na dodávce tlakového oleje mezi vodící plochy např. loží a saní, čímž je docíleno tzn. kapalinového tření. Vedení s kapalným třením se vyznačuje velmi malým součinitelem tření (0,000005) při poměrně velkém rozsahu rychlostí.[1]

Obrázek 7 Hydrostatické vedení INA [8]



Vlastnosti hydrostatického vedení:

Klady:

- velmi malý součinitel tření
- třecí síla stoupá s rychlostí a to nám kladně ovlivňuje stabilitu při malých rychlostech
- nemají skoro žádné opotřebení, protože se plochy nedotknou, i při nulových rychlostech
- tlumení velmi vysoké ve směru na plochy vedení a vysoká tuhost
- nemá vůli, mezery jsou vyplněny tlakovým olejem

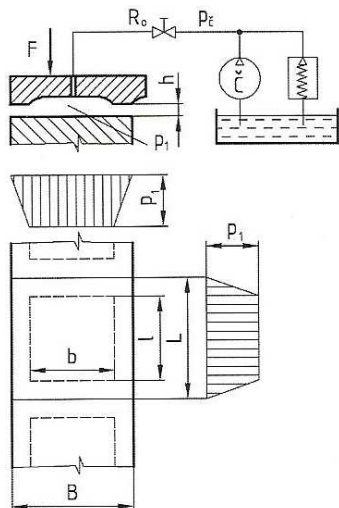
Zápory:

- vedení musí být maximálně tuhé, aby tloušťka filmu byla pořád stejná
- potřebujeme speciální čerpadlo a složitý rozvod tlakového oleje. A ten se musí pečlivě filtrovat
- komplikovaná konstrukce;
- -náklady na provoz a údržba.

Hydrostatické vedení se používá především pro vysoce přesné obráběcí stroje, kde díky minimálnímu třecímu odporu vzniká možnost přesného najetí do cílové polohy. Není pochyb, že tento druh lineárního vedení má nejlepší charakteristiku tlumení pro vysokou dynamickou tuhost a vysoké nároky na preciznost jak konstrukce, tak výroby. V minulosti byla hydrostatická vedení zavrhována zejména kvůli svým ekonomickým nevýhodám. [6]

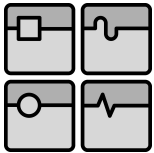
1) Otevřené vedení a uzavřené vedení

Otevřená 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 vrtačky). Jestliže tyto podmínky nejsou splněny, pak je vhodnější používat uzavřená hydrostatická vedení.[1]

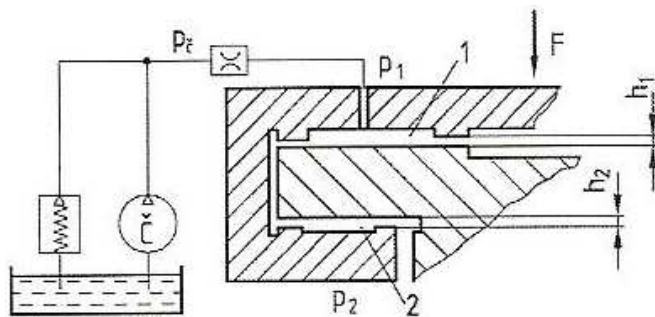


princip: Čerpadlo tlačí olej přes škrtkový ventil, ten sníží tlak oleje na pracovní (P_e). Olej je pak vtlačován do ložiskové skříně mezerou h . Zatížíme-li vedení, mezera se zmenší a tím i průtok oleje. Tlak nám stoupne. Toto se opakuje až do vyrovnání síly.

Obrázek 8 Otevřené vedení [1]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



Obrázek 9 Uzavřené vedení [1]

princip: U uzavřeného vedení je to podobné. Máme zde akorát vtoky pro olej z obou stran, regulace je tak přesnější.

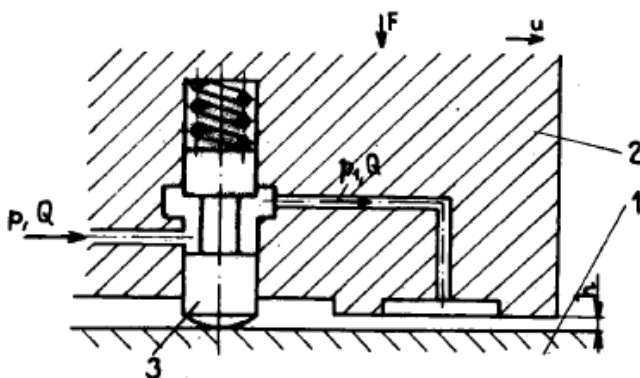
2) Servostatická vedení

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.: [2]

a) stálou tloušťku vrstvy maziva ve vedení, je-li zpětná vazba mezi dvojicí těles tvořících vedení.

b) stálou polohu pohybujících se částí vedení: mění se podle potřeby tloušťka vrstvy maziva ve vedení, je-li zpětná vazba vztažena mimo dvojici těles vedení.[2]

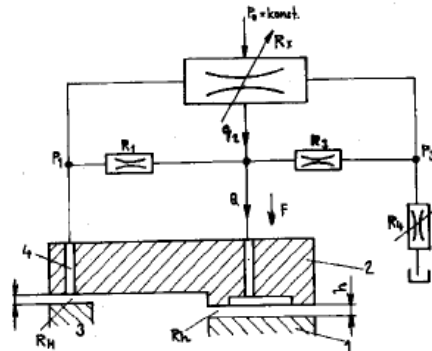
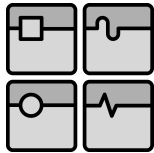
Zpětná vazba může být mechanická, hydraulická, elektrická, popř. jejich kombinace



Princip: Mechanický dotyk ovládá hydraulický odpor. Stálou tloušťku mazací vrstvy h zajišťuje zpětná vazba

Obrázek 10 Servostatické vedení s mechanickou zpětnou vazbou [5]

- 1) nepohyblivé těleso,
- 2) pohyblivé těleso,
- 3) mechanický sledovací dotyk



Obrázek 11 Servostatické vedení s hydraulickou zpětnou vazbou [5]

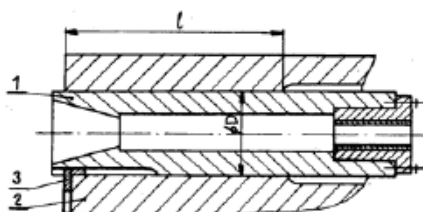
Potom podstata tohoto systému spočívá v tom, že pohybující se část 2 vedení je opatřena tryskou 4, která při pohybu přesně sleduje řídicí plošku tělesa 3, i když těleso 1 vedení vykazuje určité nepřesnosti (geometrické, deformační aj.). Sledovací tryska 4 o hydraulickém odporu R_H je zapojena jako jeden z odporů hydraulického můstku, tvořeného odpory R_H , R_1 , R_3 , R_4 . Rovnováha můstku je kontrolována (udržována) jednoduchým šoupátkovým odporem R_x , ovládaným tlakem p_1 a p_3 , který přiškrcuje přívod tlakového maziva k hydraulickému můstku a vlastní hydrostatické buňce. Předností tohoto systému je též plné využití vstupního tlaku p_2 , tzn., že při plném otevření odporu R_x je $p_2 = p_0$. [2]

3.2.5. Hydrodynamické vedení

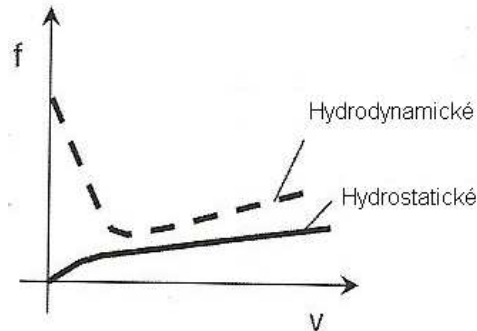
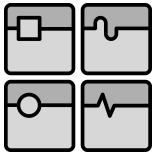
Kluzného vedení lze využít především pro velká zatížení (velké stroje) podle třecích poměrů. Při použití kluzného vedení může být kvalita provedené práce snižována a to nestabilitou pohybu, zejména u hydrodynamického typu. Nestabilita se projevuje ve dvou podobách: [1]

- nerovnoměrný trhavý pohyb (horší jakost povrchu)
- necitlivost (znemožnění nastavení nástroje vůči obrobku)

Při trhavých pohybech musí sáně, které jsou v klidu, překonat odpor tření za klidu. Jakmile jsou sáně v pohybu, je součinitel tření roven součiniteli tření v pohybu. Posuvový mechanismus však není dokonale tuhý a přebytek hnací síly je následkem poskoku. Velikost poskoků můžeme snižovat buď zvyšováním tuhosti, nebo snižováním rozdílů tření za klidu a za pohybu. Poskoky můžeme odstranit zcela, když nahradíme hydrodynamické tření hydrostatickým (kapalinové tření), nebo pomocí speciálních aditivovaných mazacích olejů, a nebo obkládáním vodících ploch umělými hmotami. V důsledku změny součinitele kluzného tření v závislosti na rychlosti posuvu dochází k tzv. slipsticku – trhavému pohybu. Používá se např. U vedení pinoly koníka [1]



Obrázek 12 Válcové vedení pinoly koníku [1]



Obrázek 13 Závislost součinitele tření na rychlosti[1]

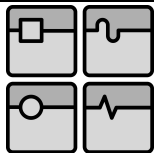
3.2.6. Materiál vedení

1) Volba materiálu

Počáteční přesností vedení se dosáhne vhodnou technologií obrábění a zachování této přesnosti po delší dobu je pak dáno volbou vhodného materiálu, kromě dalších podmínek, jako je mazání a ochrana vodících ploch. Jak bude vedení odolné, tak to závisí na mnoha faktorech, jako je chemické složení, fyzikální vlastnosti, materiálu sdužených ploch, atd. Je dokázáno, že dvě různé tvrdosti vodících ploch jsou lepší, než kdyby byly stejného materiálu. U stejně tvrdých ploch může docházet k zadírání při malých rychlostech a vyšších měrných tlacích. Konstrukce se provádí tak, že na lože strojů, se používá tvrdší materiál (ocel) a na suport měkčí (litina). Plochy se však nerovnoměrně opotřebovávají, a proto dochází k zhoršení přesnosti stroje. Vedení musíme chránit proti nečistotám (prach, třísky), aby nedocházelo k jeho opotřebením. To se hlavně děje u tvrdých materiálů, které jsou poškrabány.[1]

2) Materiál

- **Šedá litina-** Používá se jakostní šedá litina. Vedení se obkládá chladníky, aby se zvýšila tvrdost (cca 20HB). Modul pružnosti se nám zvýší, použijeme-li očkovanou litinu.
- **Kalená šedá litina-** Litina se kalí pro zvýšení tvrdosti 48-53HRC do hloubky 2-3mm. Používáme indukční, středo, nebo vysokofrekvenční metody
- **Kalená ocel-** Nejvyšší tvrdost (cca 60HRC). Vedení se vyrábí v lištách, které které se lepí, nebo šroubují na profil lože. Také lože můžeme obložit kalenými lištami, které jsou vyrobené s ocelových plátů o síle 0,3-0,8mm.
- **Umělé hmoty různého složení-** Jejich použití, je stále větší, mají výborné třecí vlastnosti, které skoro neumožňují zadření. Plocha po, které jezdí se opotřebovává minimálně. Desky umělých hmot se na suport můžou přišroubovat, nanýtovat, ale nejlepší je nalepit. [1]
- **Minerální litina (polymerbeton):** Polymerbeton je známe již řadu let. V současnosti se spíše zlepšily jeho vlastnosti a technologie výroby. I přes růst aplikací minerální litiny v oblasti obráběcích strojů se stále objevuje "obava" při využití tohoto moderního materiálu. Navržené koncepce struktur z minerální litiny vyžadují znalosti vlastností materiálů, výrobního postupu a technologie lití. Minerální litina se neliší jen hmotností od konvenčních materiálů, ale má i různé hodnoty z hlediska statického, dynamického a tepelného chování.



Oproti oceli a litině má řádově vyšší tlumicí vlastnosti a podstatně nižší tepelnou vodivost a vyšší tepelnou kapacitu. Těmito vlastnostmi je zajištěna odolnost proti vibracím a celková geometrie stroje při rychlých teplotních změnách v okolí stroje nebo přímo na stroji. Polymerbeton se skládá z plnicího materiálu, kterým bývá většinou anorganická látka, basalt, granit, různé minerály, a ze spojovacího činidla na epoxidové bázi, které zaručí dokonalé provázání, vytvrzení materiálu a chová se chemicky neutrálně. Po vytvrzení se díly brousí.[6]

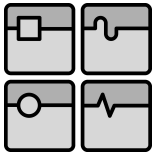
Přehled materiálů pro vodící lišty:

Materiál vodících ploch		Největší dov. měrný tlak p [MPa]	Součinitel tření f	Oblast využití
kratší plochy – stůl	delší plochy – lože			
šedá litina		2 až 3	0,1 ... 0,15	stoly a suporty soustruhů, frézek apod.
	šedá litina (+20 HB)	0,15 až 0,8	0,06 ... 0,1	stoly hoblovek (nižší hodnota p pro velké rychlosti)
	litina povrchově kalená (48 – 53 HRC)	0,005 až 0,1	0,06 ... 0,1	stoly brusek apod.
	ocelové kalené lišty (60 – 63 HRC)	2,5 ... 3, 5	0,1 ... 0,15	stoly a suporty os s vyšší odolností proti opotřebení
umělá hmota	šedá litina	0,35 ... 0,8	0,02 ... 0,06	stoly a suporty os s menším třením

Obrázek 14 Přehled materiálů pro vodící plochy[1]

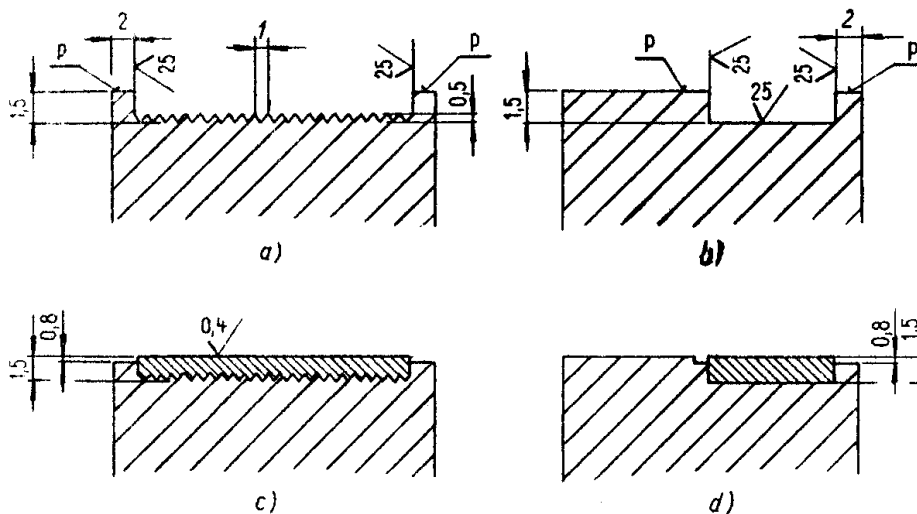
3) Nanášení umělých hmot

Jedním z hlavních nedostatků klasických kluzných vedení (bez obložení) jsou špatné kluzné vlastnosti (velký součinitel tření a vznik trhavých pohybů) a malá životnost (nízká odolnost proti opotřebení). Použitím vhodného obložení, zpravidla pohyblivé části vedení, se uvedené nedostatky do značné míry odstraňují. Součinitel tření je o 20 až 50 % nižší, trhavé pohyby jsou ve většině případů použité na stroji odstraněny a opotřebení je rovněž výrazně nižší (o více než 50 %). Další výhodou hmot nanášených na vodící plochy v tekutém nebo kašovitém stavu je, že odpadá zaškrabávání nebo přesné obrobení pohyblivé části vedení (např. stolu nebo suportu), na kterou se kašovitá hmota nanese a tvar dráhy se obtiskne z vodících ploch nepohyblivé části vedení (např. lože). U hmot tekutých je postup nanášení poněkud jiný, ale výsledek je stejný — odpadá zaškrabávání či přesné obrobení vodících ploch jedné části- vedení. [2]



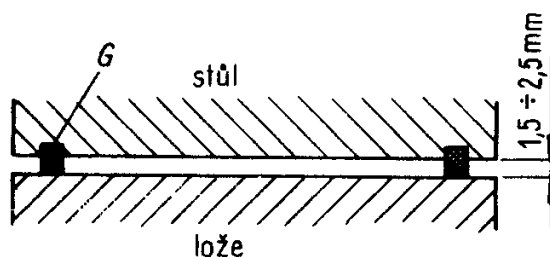
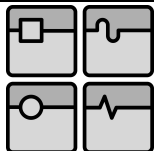
Třídění materiálu podle obkládání:

- **materiály připevňované v tuhém stavu lepením nebo mechanicky:** Vyrábí se ve fóliích, deskách nebo pásích. Montují se na jednu z funkčních ploch, většinou na stůl, či suport. Výrobce Turcit (Dánsko) dodává pásy, které se lepí tmely na vedení. Pásy mají tloušťku 2-3,3mm a součinitel tření $f=0,06$. Výrobce metaloplast vyrábí fólie tloušťky 0,5mm a třením $f=0,13$. Je to bronzová mřížka vyplněná teflonem.
- **materiály nanášené v kašovitěm stavu stěrkou:** Vytvořeny na bázi epoxidových pryskyřic s přídavkem vhodných plnidel. Máme dvě technologie nanášení. Při prvním způsobu se vodící plochy pro nanesení hmoty upraví hoblováním, nebo frézováním do tvaru (obrázek 15a, b). Provedení a je vhodné pro litinu a b pro ocel. Tloušťka vrstvy hmoty nesmí být větší než 1,5mm. Na takto upravené a odmaštěné plochy se hmota nanese stěrkou a součást s hmotou opatřenými vodícími plochami se přiloží a přitlačí na vodící protilehlé plochy potřené separátorem tek, aby plošky P dosedly na protilehlé plochy. Tak je zaručena správná vzájemná poloha obou těles vedení. Po vytvrzení hmoty se plošky P odfrézují asi o 0,8mm (obrázek 15c,d). [2]

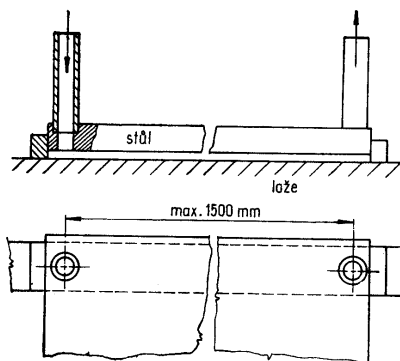


Obrázek 15 Tvary vodících ploch pro nanesení kašovitě hmoty: a)hoblovaný, b)frézovaný, c,d)nanesená hmota a odfrézované kraje [15]

- **materiály nanášené v tekutěm stavu litím:** Tyto materiály jsou rovněž vytvořeny na bázi epoxidových pryskyřic s vhodnými plnidly. Od materiálů nanášených v kašovitěm stavu se v podstatě liší jen viskozitou před vytvrzením v důsledku čehož je třeba použít jinou technologii nanášení na vodící plochy. Na okrajích ploch se vytvoří drážky pro usazení pryžových těsnících profilů (Obrázek 16). Takto připravená plocha se usadí na protilehlou plochu pomocí podpěr a podložek, tak aby vznikla požadovaná mezera pro nalití hmoty (Obrázek 17). Prostor pro nalití hmoty se utěsní a upraví se vtoky a výfuky. Hmota se nalije do vzniklého prostoru, po vytvrzení se sejmou pohyblivé části. Úplně vytvrzení je až po třech a čtyřech dnech.[2]



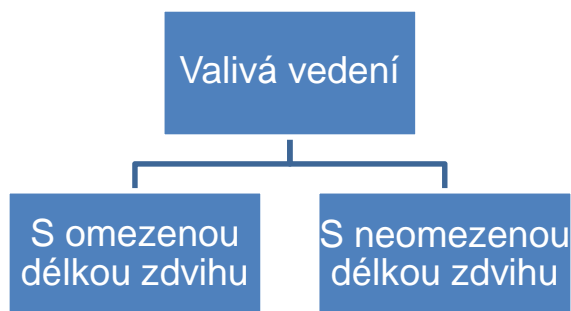
Obrázek 16 Úprava vodící plochy před nalitím hmoty nanášené v tekutém stavu, G - pryžový těsnící profil [15]



Obrázek 17 Úprava vtoku a výfuku před nalitím hmoty v tekutém stavu [15]

3.3. Vedení valivá

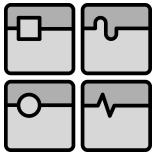
3.3.1. Rozdělení vedení



3.3.2. Definice vedení, výhody

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].

Základní stykový element je jedno valivé tělísko (kulička nebo váleček) mezi dvěma rovnoběžnými rovinnými povrchy, vytvořenými na dvou tělesech pohyblivé a nepohyblivé části vedení[2]



Klady valivých vedení

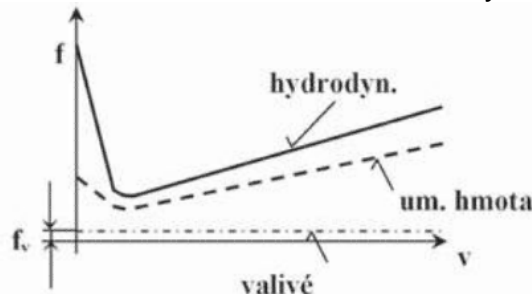
- nízké pasivní odpory (ekvivalentní součinitel tření je 0,001 až 0,0025);
- součinitel tření se v závislosti na rychlosti pohybu prakticky nemění, takže při malých posuvových rychlostech nedochází k trhavým pohybům (obr.18);
- protože opotřebenění valivých drah a valivých tělísek při valení je velmi malé, vyznačují se valivá vedení dlouhou životností;
- valivé vedení je možné vždy navrhnout tak, aby v něm nebyla vůle; pro jistotu, že je vůle vymezena, montuje se vedení s určitým předpětím;
- při vhodné konstrukci a při předpětí je možno dosáhnout značné tuhosti;
- při přesné výrobě se dosahuje vysoké přesnosti dráhy pohybu;
- snadná údržba.

Nevýhody těchto vedení:

- velké nároky na přesnost výroby, a proto i vyšší cena;
- spotřeba většího konstrukčního prostoru pro elementy vedení;
- malá schopnost, tlumit chvění jak ve směru pohybu, tak v rovině k němu kolmé;
- nutnost dokonalé ochrany proti vnikání nečistot, popř. chladicí kapaliny.

Uvedené problémy, které s sebou přináší použití valivých vedení, je možné v řadě případů uspokojivě řešit, a proto se tato vedení používají zejména u přesných a číslicově řízených obráběcích strojů.[2]

Srovnání vedení valivého s kluzným

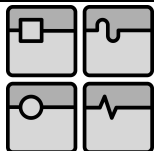


Obrázek 18 Závislost součinitele tření na rychlosti [1]

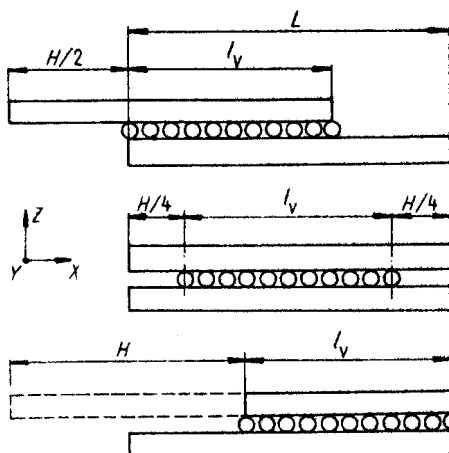
3.3.3. Vedení s omezenou délkou zdvihu

Některé typy často používaných valivých vedení s omezenou délkou zdvihu mohou být zkonstruována 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. Kuličková vedení mají menší únosnost a konstrukční provedení vyžaduje obložení plochy vedení kalenými plechy, pokud není tvořeno již hmotnými lištami. [1]

- **Pro malé zdvihy:** Vyznačují se tím, že během celého zdvihu pohyblivé části vedení valivá tělíska zůstávají stále mezi oběma hlavními vedeními. Valivé dráhy pohyblivé i nepohyblivé části mají stejnou délku. [2]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



$$l_v = L - \frac{H}{2} \quad [2]$$

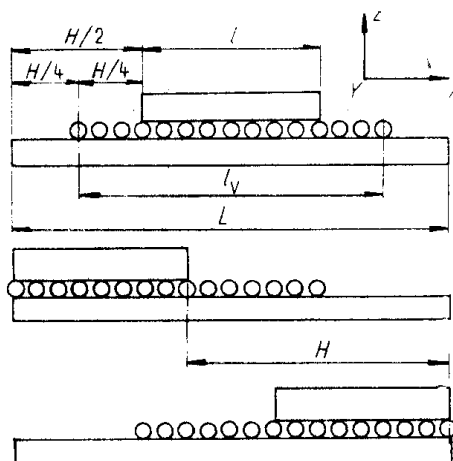
l_v ...potřebná délka klece

L ... délka vedení

H ... střední poloha klece

Obrázek 19 Valivé vedení pro malé zdvihy [15]

- **Pro velké zdvihy:** Poloha stykové oblasti valivých tělísek s pohyblivou částí se nemění. Pro realizaci zdvihu H je třeba, aby nepohyblivá část vedení byla stejně dlouhá jako u kluzných vedení



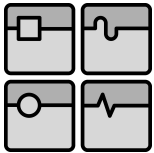
Obrázek 20 Valivé vedení pro velké zdvihy [15]

U těchto vedení se většinou používá otevřeného vedení nepředpjatého, proto jsou takto vedení levnější, ale mají horší přesnost.

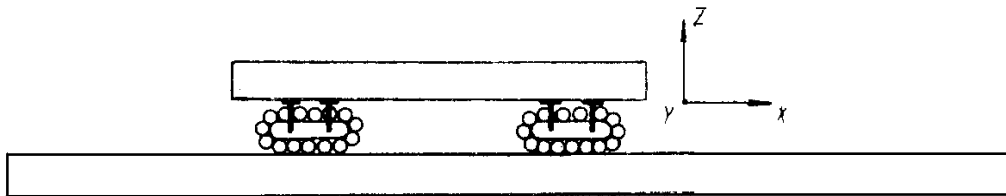
Určitou nevýhodou tohoto řešení je, že při vyběhání a vbíhání valivých tělísek z mezery a do mezery mezi valivými dráhami může docházet k malým pohybům pohyblivé části ve směru osy Z , což má za následek menší klidnost a přesnost chodu. Tento jev však lze vhodnou konstrukcí a uspořádáním tělísek v kleci velmi zmírnit. [2]

3.3.4. Vedení s neomezenou délkou zdvihu

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 (obrázek 21). Určitý počet válečků vedených klecí obíhá po dráze vytvořené v tělese hnízda, které se připevní šrouby na posuvnou část. [1]



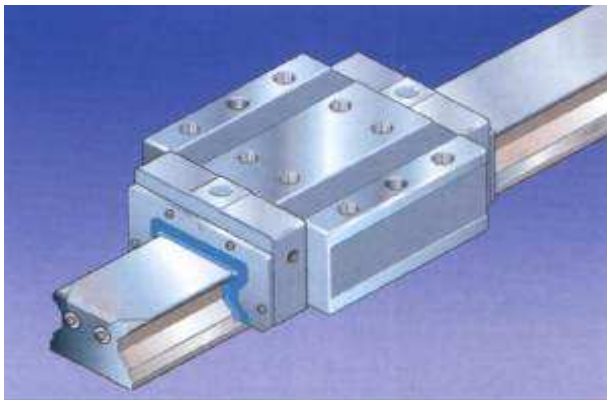
Podle konstrukce a náročnosti na přesnost se používají vedení přepjaté, nebo nepředpjaté. Předpjaté jsou složitější a přesnější, proto se užívají u vysoce přesných strojů.



Obrázek 21 Valivé vedení pro neomezené zdvihy [5]

Účelem klecí je udržovat valivá tělíska stále v určitém rozmístění. Bez klece by většinou docházelo k samovolné změně polohy valivých tělísek ve vedení, zejména vlivem výrobních nepřesností (valivá tělíska by se vzájemně dotýkala a po sobě třela). Pro zhotovení klecí se také často užívá plastů. Z krátkých jednořadých i dvouřadých valivých pásků lze vytvářet klece různých seskupení i tvarů. Klece pro kuličky mohou být také různé, např. snýtováním dvou plechů s kuželovými otvory, kterými jsou kuličky uzavřeny v kleci. [2]

Takové to vedení vyrábí mnoho výrobců:

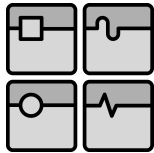


Kolejnicové lineární vedení

- THK
- Schneeberger
- INA
- ACCUMAX
- SKF
- STAR

Obrázek 22 Kolejnicové lineární vedení [12]

Valivé vedení má velmi malou tlumící schopnost, proto se do valivých hnízd zabudovávají říditelné tlumící jednotky. Jsou to prvky pod tlakem a řídí si je stroj, podle druhu operace.



3.3.5. Profilové valivé vedení

Profilové valivé vedení je velmi progresivní způsob provedení vedení pohyblivých částí CNC obráběcích strojů. Jejich masové nasazení začalo, až když výrobci obráběcích strojů počali vyrábět sériově, a bylo třeba mít spolehlivé vedení pohybových skupin. První vedení tohoto druhu bylo patentováno v roce 1944 v Německu a USA a bylo to kuličkové pouzdro na válcové tyči. V roce 1978 americká Kearney & Trecker užila jako první na světě valivého profilového vedení od firmy THK (Japonsko). [1]

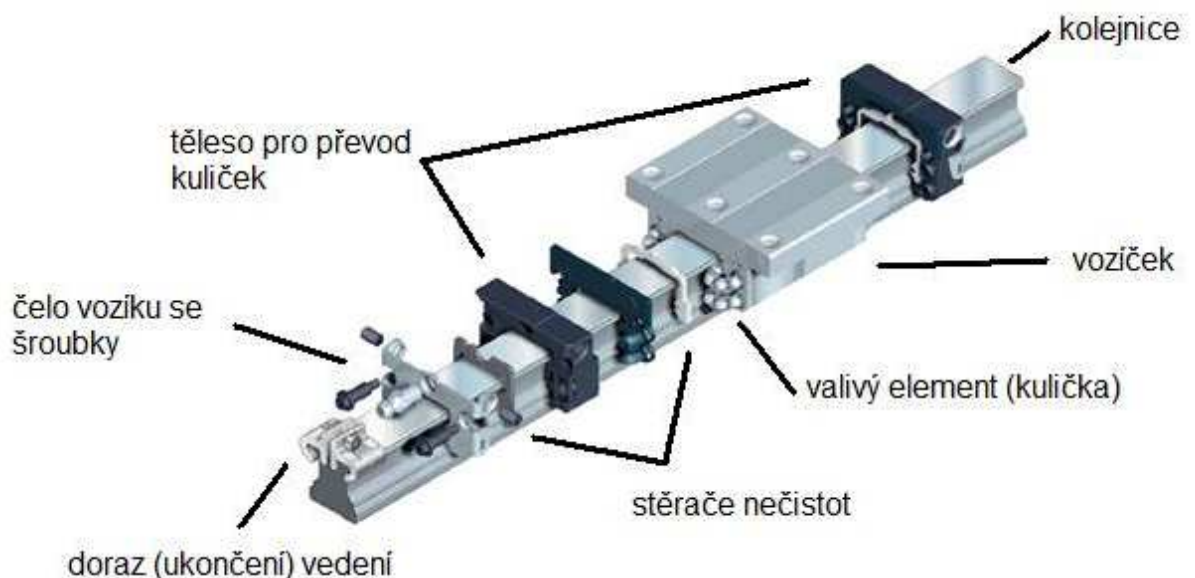
Vedení je založeno na obíhání elementů uvnitř vozíku. Kuličky jsou vhodnější pro rychloběžné aplikace. Válečky mají zase větší únosnost.

Výhody:

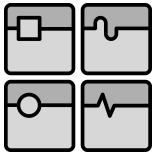
- bezvúlový chod;
- vysoká přesnost potahování;
- snadnější kompenzace nepřesností ustavení a nepřesnosti obrobení dosedacích ploch;
- snadnější instalace;
- vysoké posuvové rychlosti;
- při správném dimenzovaném vedení minimální pružné deformace;
- při správném dimenzování možnost vysokého zatížení;
- snadná údržba;
- při návrhu dodavatelskou firmou, poměrně přesný výpočet životnosti

Nevýhody

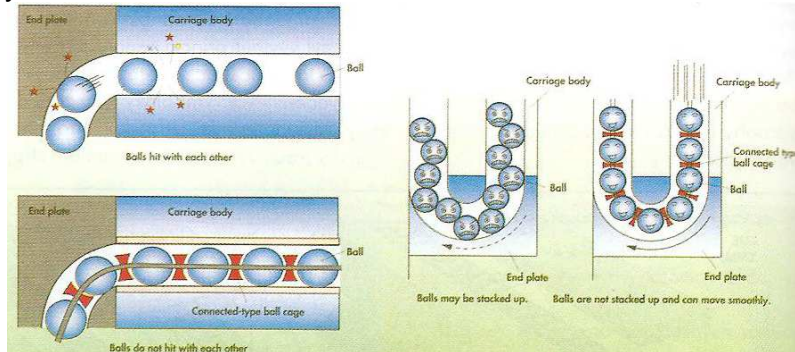
- u velkých strojů, a tím i zatížení je nutnost použít více vozíků a kolejnic, nebo větší profilové vedení;



Obrázek 23 Skladba profilové vedení SKF [10]



valivé elementy:



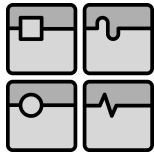
Obrázek 24 Řízený převod valivých elementů THK [1]

Použití jednotlivých valivých elementů

- **Kuličkové vedení:** jsou vhodnější pro rychloběžné operace. Mají menší únosnost, vedení se obvykle obkládá kalenými lištami, aby nám nedocházelo k v máčknutí kuličky do vedení. tzn. Bodový styk.
- **Válečkové vedení:** Přenesou větší síly než kuličkové. Nejčastější použití je v nepředpjatém jednostranném prizmatickém vedení. Tato vedení mají nejmenší tuhost. Proto používáme vedení se dvěma skloněnými drahami. Vedení je předepnuté horizontálně i vertikálně. Můžeme zde dobře přenášet i klopné momenty. Vedení však vyžaduje přesnější výrobu. [2]
- **Jehlová vedení:** Používají se obvykle na prizmatickém vedení, nebo plochém



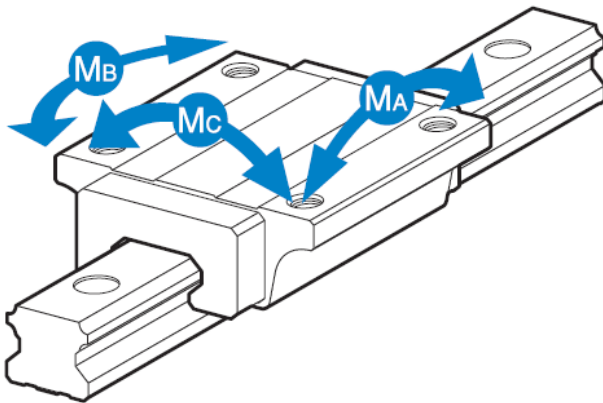
Obrázek 25 Druhy vedení [12]



3.3.6. Postup návrhu valivého vedení

Příklad výpočtu valivého vedení od firmy THK

1) Zjistění zatížení

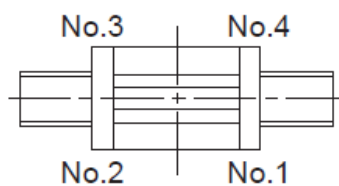


Momenty M_C , M_B , M_C zjistíme z namáhání, které nám působí na vozík

$$P = K \cdot M \quad [14]$$

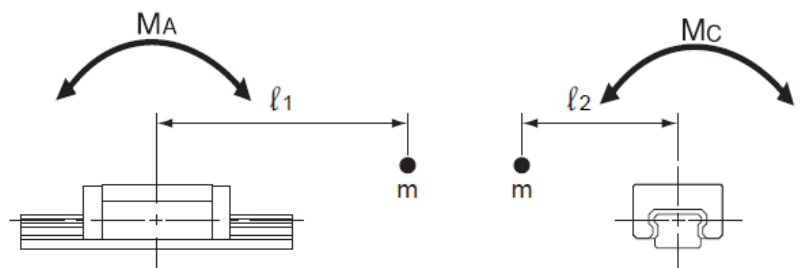
P... ekvivalentní zatížení
K... ekvivalentní momentový faktor
M... vyvinutý moment

Obrázek 26 Působení momentů [14]



Obrázek 27 Pohled na vedení shora [14]

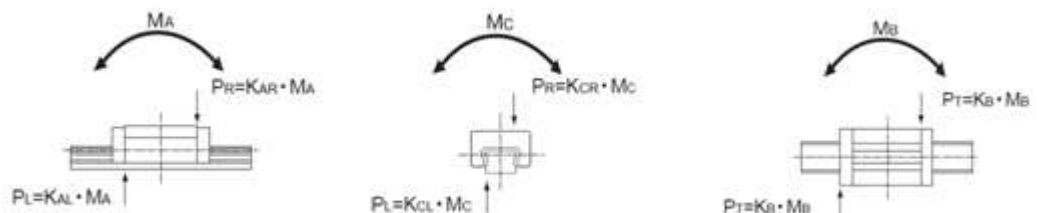
Spočítáme si zatížení v jednotlivých bodech podle momentové rovnice



Obrázek 28 ztížení vedení momenty [14]

$$\begin{aligned} \text{No.1 } P_1 &= mg + K_{AR1} \cdot mg \cdot l_1 + K_{CR} \cdot mg \cdot l_2 \\ \text{No.2 } P_2 &= mg - K_{AL1} \cdot mg \cdot l_1 + K_{CR} \cdot mg \cdot l_2 \\ \text{No.3 } P_3 &= mg - K_{AL1} \cdot mg \cdot l_1 - K_{CL} \cdot mg \cdot l_2 \\ \text{No.4 } P_4 &= mg + K_{AR1} \cdot mg \cdot l_1 - K_{CL} \cdot mg \cdot l_2 \end{aligned} \quad [14]$$

Určení konstant K



Obrázek 29 zobrazení vedení [14]

ekvivalentní faktor v radiálním směru

$$K_{AR} = \frac{C_0}{MA}$$

$$K_{CR} = \frac{C_0}{Mc}$$

boční zatížení

$$K_B = \frac{C_{0T}}{M_B}$$

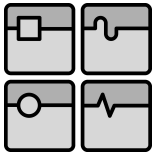
ekvivalentní faktor v opačném radiálním směru

$$K_{AL} = \frac{C_{0L}}{MA}$$

$$K_{CL} = \frac{C_{0L}}{Mc}$$

[14]

[14]

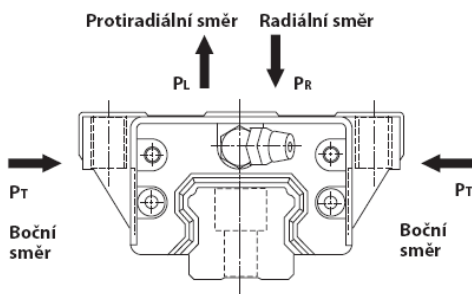


$$\frac{C_U}{K_{CR} \cdot M_C} = \frac{C_{UL}}{K_{CL} \cdot M_C} = 1 \quad \frac{C_{OT}}{K_B \cdot M_B} = 1 \quad \frac{C_0}{K_{AR} \cdot M_A} = \frac{C_{OL}}{K_{AL} \cdot M_A} = 1$$

[14]

- C_0 ...základní statická hodnota zatížení (radiální směr)
- C_{OL} ... základní statická hodnota zatížení (opačný směr)
- C_{OT} ...základní statická hodnota zatížení (boční směr)
- P_R ...vypočítané zatížení (radiální směr)
- P_L ... vypočítané zatížení (opačný směr)
- P_T ... vypočítané zatížení (boční směr)

2) Celkové zatížení



Nyní když máme zatížení v jednotlivých místech, můžeme je sečíst do jednoho. A zjistit tak ekvivalentní zatížení P_E

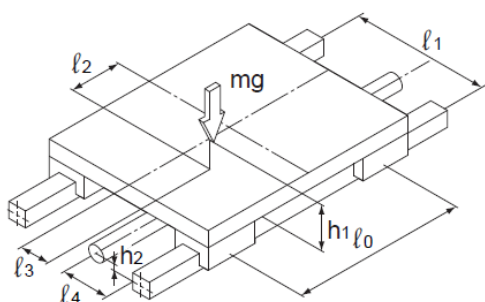
$$P_E = P_R (P_L) + P_T \quad [14]$$

Obrázek 30 Model SHS vedení [13]

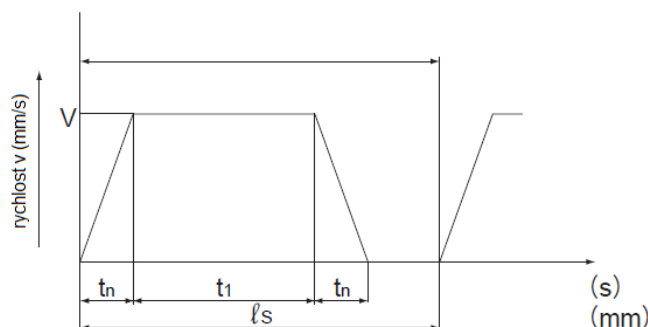
3) Nastavení provozní podmínky

Stanovit podmínky potřebovalo spočítat, kolik lineární pohybový systém uskutečnil nákladu a spočítat životnost v hodinách. Je to ovlivněno:

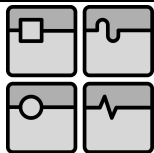
- Zatížení m
- Směrnice pro pracovní zatížení
- Pozice pracovního bodu (střed gravitace)..... l_2, l_3, h_1
- Vzdálenost od posuvu..... l_4, h_2
- Uspořádání systému..... l_0, l_1
- Rychlostní diagram rychlost..... v
čas..... t_n
zrychlení..... $a_n = v / t_n$
- Provoz ní cyklus vratných pohybů v minutě..... N_1
- Délka zdvihu..... l_s
- Průměrná rychlost v_m
- Požadovaná životnost v hodinách L_h



Obrázek 31 uspořádání vedení [14]



Obrázek 32 závislost rychlosti na zdvihu a čase [14]

4) Statistický bezpečnostní faktor f_s

Vedení zastavujeme pod zatížením, vlivem toho nám ve vedení vznikají vibrace a to nám negativně působí na životnost.

U obvyklých strojů	jen nárazy bez vibrací	$f_s = 1 - 1,3$	
vibrace spojené s nárazy	$f_s = 2 - 3$	
U obráběcích strojů.....	jen nárazy bez vibrací	$f_s = 1 - 1,5$	
 vibrace spojené s nárazy	$f_s = 2 - 7$	[14]

Pro radiální zatížení:

$$\frac{f_H \cdot f_T \cdot f_C \cdot C_0}{P_R} \geq f_s$$

Pro opačné radiální zatížení:

$$\frac{f_H \cdot f_T \cdot f_C \cdot C_0}{P_R} \geq f_s$$

Pro zatížení z boku:

$$\frac{f_H \cdot f_T \cdot f_C \cdot C_0}{P_R} \geq f_s$$

[14]

5) Spočítání středního zatížení

Rovnice lze použít, máme-li valivý element kuličku:

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{L} \cdot \sum_{n=1}^n (P_n^3 \cdot L_n)}$$

[14]

P_m střední zatížení

P_n proměnné zatížení

L celková pohybová vzdálenost

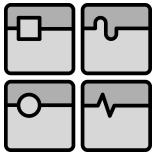
L_n Pohybová vzdálenost pod jednotlivými zatíženími

Tento vzorec středního zatížení má mnoho podob, podle toho jak se nám po vedení mění síla na vozík. Při závislosti zatížení na ujeté vzdálenosti mohou mít průběhy různé křivky (např. sinusový průběh zatěžování, postupný). Pohyby jsou také zrychlovány, zpomalovány, nebo konstantní. To vše nám ovlivňuje výsledné střední zatížení.

6) Spočítání životnosti

Jmenovitá životnost

znamená celkovou dopravní vzdálenost, kterou může dosáhnout 90% skupin jednotek téhož modelu bez jakýchkoliv známek poškození (odlupování šupin z kovového povrchu) po individuálním chodu za stejných podmínek. [13]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

$$L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot f_C}{f_W} \cdot \frac{C}{P_C} \right)^3 \times 50 \quad [13]$$

- L Jmenovitá životnost
- C Základní dynamické jmenovité zatížení
- P_C... Vypočtené zatížení
- f_H.... Koeficient tvrdosti
- f_T Teplotní koeficient
- f_C ... Kontaktní koeficient
- f_W... Zátěžový koeficient

Provozní životnost

Jakmile jsme zjistili jmenovitou životnost (L), můžeme z rovnice na pravé straně vypočítat provozní životnost za předpokladu konstantní délky zdvihu a počtu cyklů. [13]

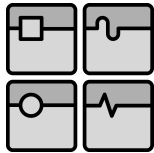
$$L_h = \frac{L \times 10^6}{2 \times l_s \times n_1 \times 60} \quad [13]$$

- L_h ... Provozní životnost (h)
- l_s ... Délka zdvihu (mm)
- n₁ ... Počet cyklů za minutu

Po těchto výpočtech si z katalogu (např. tabulka modelů SHS) vybereme vedení, které nám splňuje požadované hodnoty.

Předvrtané otvory na boční maznice				Rozměry kolejnice							Základní jmenovité zatížení		Povolený statický moment kNm ³					Hmotnost	
e ₀	f ₀	D ₀	H ₃	Šířka W ₁ 0 -0,05	W ₂	Výška M ₁	Rozteč F	d ₁ × d ₂ × h	Délka max ²	C kN	C ₀ kN	M _A		M _B		M _C	vozíku	kolejnice	
												1 vozík	2 vozíky	1 vozík	2 vozíky	1 vozík	kg	kg/m	
4	4	3	3	15	16	13	60	4,5×7,5×5,3	2500	14,2 17,2	24,2 31,9	0,175 0,296	0,898 1,43	0,175 0,296	0,898 1,43	0,16 0,212	0,23 0,29	1,3	
4,3	5,3	3	4,6	20	21,5	16,5	60	6×9,5×8,5	3000	22,3 28,1	38,4 50,3	0,334 0,568	1,75 2,8	0,334 0,568	1,75 2,8	0,361 0,473	0,46 0,61	2,3	
6	5,5	3	5,8	23	23,5	20	60	7×11×9	3000	31,7 36,8	52,4 64,7	0,566 0,848	2,75 3,98	0,566 0,848	2,75 3,98	0,563 0,696	0,72 0,89	3,2	
5,5	6	5,2	7	28	31	23	80	9×14×12	3000	44,8 54,2	66,6 88,8	0,786 1,36	4,08 6,6	0,786 1,36	4,08 6,6	0,865 1,15	1,34 1,66	4,5	
6,5	5,5	5,2	7,5	34	33	26	80	9×14×12	3000	62,3 72,9	96,6 127	1,38 2,34	6,76 10,9	1,38 2,34	6,76 10,9	1,53 2,01	1,9 2,54	6,2	
8	8	5,2	8,9	45	37,5	32	105	14×20×17	3090	82,8 100	126 166	2,05 3,46	10,1 16,3	2,05 3,46	10,1 16,3	2,68 3,53	3,24 4,19	10,4	
10	8	5,2	12,7	53	43,5	38	120	16×23×20	3060	128 161	197 259	3,96 6,68	19,3 31,1	3,96 6,68	19,3 31,1	4,9 6,44	5,35 6,97	14,5	
10	12	5,2	19	63	53,5	53	150	18×26×22	3000	205 253	320 408	8,26 13,3	40,4 62,6	8,26 13,3	40,4 62,6	9,4 11,9	10,7 13,7	23,7	

Obrázek 33 Tabulka modelů SHS [13]



3.4. Kombinovaná vedení

Vedení kombinovaná spojují výhody a nevýhody jednotlivých druhů vedení. V praxi se ustálily následující kombinace:[1]

- v jedné pohybové souřadnici- kluzně valivá
- na jednom stroji- kluzně valivá, valivě hydrostatická

Kluzně valivé vedení

Používá se s výhodou tam, kde je nutné utlmit kmitání od zatížení z řezného procesu (vrchní a boční lišty) a přitom nezvyšovat zatížení spodních a bočních lišt od klopného momentu (valivé vymežovací klíny).

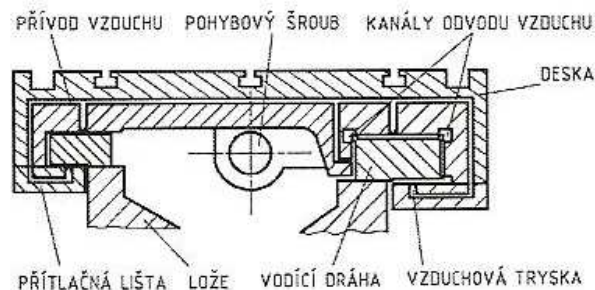


Obrázek 34 Lineární valivé kluzné vedení [11]

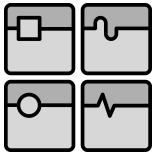
3.5. Aerostatické vedení

Používá se zde místo kapaliny stlačený vzduch. Vzduchové uložení je ve srovnání s hydrostatickým méně tuhé, proto se používá jen u menších přesných strojů, převážně u měřících automatů. Změnou tlaku přiváděného vzduchu umožňuje korigovat vůli uložení a tím i vliv hmotnosti obrobku.

Hlavní výhodou je čisté prostředí a to, že odpadá zpětný odvod vzduchu. [1]



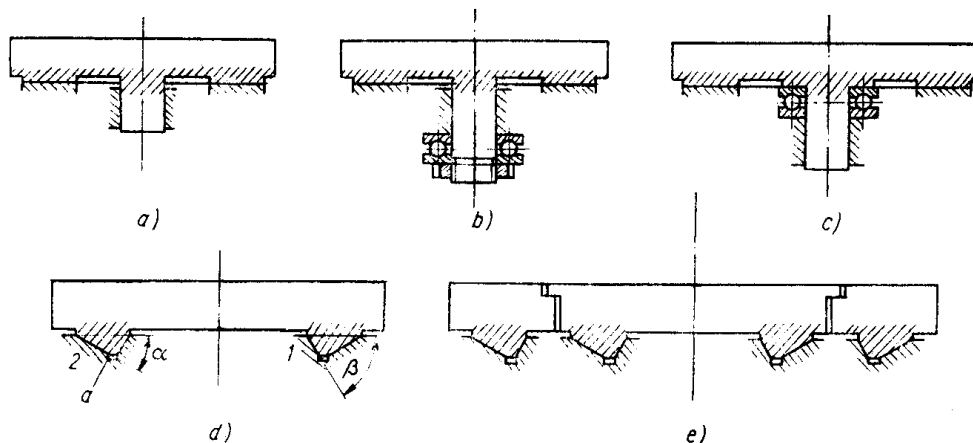
Obrázek 35 Aerostatické vedení [5]



4. KRUHOVÉ VEDENÍ

4.1. Vedení kruhová kluzná

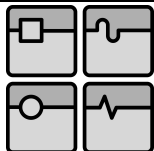
Na obrázku jsou druhy vedení. Nejobvyklejší je případ a. Radiální zatížení stolu je zachyceno radiálním ložiskem kluzným nebo valivým, axiální zatížení a klopné momenty mezikruhovou rovinnou vodicí plochou. Jsou-li klopné momenty poměrně velké vzhledem k průměru vodicí plochy, zabrání se klopní stolu axiálním ložiskem (případ b). Pokud nejsou vodicí plochy mazány hydrostaticky, nesmí dojít mezi tímto ložiskem a vodicími plochami k předepnutí. Tenká deska stolu velkého průměru se vyztužuje axiálním ložiskem (případ c). Axiální uložení je v tom případě staticky neurčitě. Vodicí plochy tvaru dvojitého kužele (případ d) zachycují kromě axiálního zatížení i zatížení radiální. Stejným způsobem se ukládá stůl mezikruhového tvaru (případ e, svislé soustruhy o průměru stolu 12 m a více). [2]



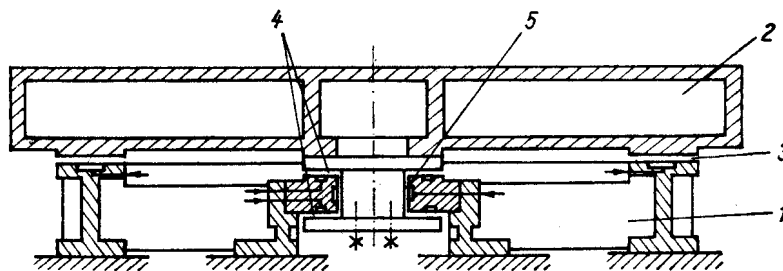
Obrázek 36 . Kruhová vedení kluzná: a)rovinné vedení, b)rovinné vedení s axiálním ložiskem proti klopní, c)rovinné vedení odlehčené axiálním ložiskem, d)kuželové vedení, e)kuželové vedení děleného stolu [15]

4.2. Vedení kruhová hydrostatická

Mají většinou tvar rovinného mezikruží. Na (obrázku 37) je vedení stolu svislého soustruhu. Střední průměr vnější vodicí plochy je 3m, hmotnost obrobku do 100t. Vnější vedení tvoří 12 hydrostatických buněk s provozním tlakem oleje 1,2 MPa. Tlaková komora buňky má tvar mezikruhového segmentu. Ke zvýšení tuhosti je stůl uprostřed podepřen hydrostatickým axiálním ložiskem, které obsahuje jedinou tlakovou komoru tvaru mezikruží. Ložisko je oboustranné a může být ke zvýšení tuhosti předepnuto. Pracuje s tlakem oleje 1,2 MPa. Vzhledem k malému účinku odstředivých sil je možné kruhová vedení hydrostatická počítat stejně jako přímočará vedení. [2]



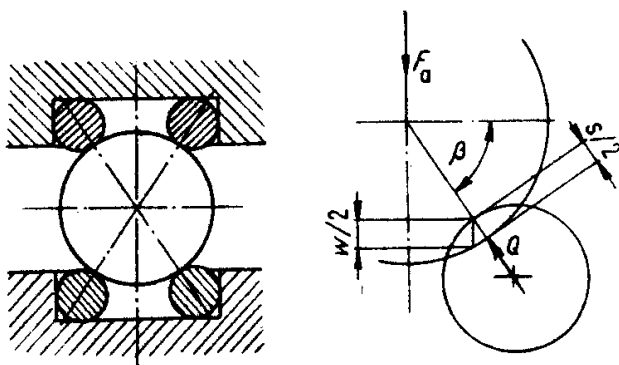
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



Obrázek 37 Hydrostatické kruhové dráhy v uložení otáčivé pracovní desky svislého soustruhu
1 - lože, 2 - pracovní deska, 3 - vnější hydrostatická kruhová dráha, 4 - vnitřní hydrostatické kruhové dráhy, 5 - hydrostatické radiální ložisko [2]

4.3. Kruhová vedení valivá

Mají značně menší pasivní odpory, jejich tuhost lze zvýšit předepnutím. Pro malá zatížení jsou vhodná tzv. drátová ložiska. Valivé dráhy tvoří čtyři skroužené hladké ocelové dráty, takže ložiska jsou výrobně jednoduchá. Mohou být zatížena axiálně a současně i radiálně.

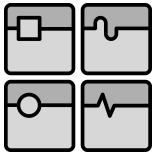


F_a - axiální složka řezné síly
 β - úhel styku kuličkového ložiska
 s - složka síly působící na obvodě
 w - odporový modul průřezový

Obrázek 38 Drátové kuličkové ložisko [15]

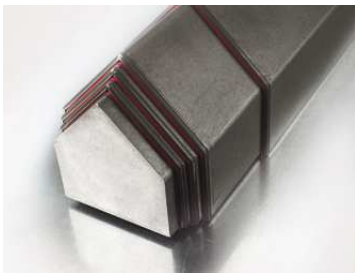


Obrázek 39 Kruhové vedení firmy THK [14]



5. OCHRANA VEDENÍ

Dokonalé ochraně vodících ploch proti vnikání nečistot je třeba věnovat stále větší pozornost. Zvláště u nových výkonných obráběcích strojů, kde je třecí práce v důsledku větších měrných tlaků a rychlostí značně větší, je nutná dokonalá ochrana proti všem vnějším vlivům prostředí. Tam, kde není možné použít krytů, chrání se vodící plochy stěrači. Stěrače jsou umístěny na koncích vodících ploch posouvajících se částí. Pro malé horizontální zdvihy se používá krytování vodících ploch pomocí nástavců (tvořených většinou plechy), které se šroubují na čelo stolu. Krytování pomocí textilních nebo plastových měchů je jedním z relativně jednoduchých způsobů ochrany vertikálních i horizontálních vodících ploch. Měch je náchylný k porušení od horkých třísek a rozleptání od řezné kapaliny. Rolety, které jsou konstruovány z plastu či různých druhů ocelí, jsou dražším řešením než měch. Nasazují se tam, kde jde spíše o suchý proces obrábění. Lze je aplikovat v horizontálním i vertikálním směru. [1]



Obrázek 40 Teleskopický kryt [16]



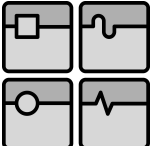
Obrázek 41 Stěrač [16]



Obrázek 42 Plastový měch [16]



Obrázek 43 Spirálový kryt [17]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 35
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

6. Závěr

V této práci jsem se zabýval rozdělením vedení u obráběcích strojů. Je zde uveden přehled všech používaných vedení u obráběcích strojů. Vedení je jedou ze základních částí stroje, která nám ovlivňuje výslednou jakost práce.

Po rozdělení a popsání vedení vyplývá, že kluzná vedení se používají u velkých a těžkých strojů, protože přenese velká zatížení. Oproti tomu valivá vedení jsou spíše pro rychloběžné aplikace.

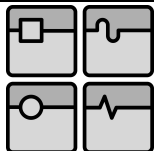
S výhodou se u strojů používá kombinace obou vedení, kde se nám skloubí hodně výhod, ale i malé nevýhody. Kluzné vedení zde tlumí chvění od stolu a valivé nám snižuje tření od klopných momentů.

Moderním trendem je používání profilových valivých vedení, má výborné vlastnosti, ale je složitější na výrobu. Používá se zde vozíček, který jezdí po kolejnici. Určité ovlivnění přesnosti a hlavně životnosti má za následek krytování. Nelze říci, které z vedení je nejlepší, protože každé má své výhody a nevýhody, kvůli kterým se používá. Vedení se navrhuje s ohledem na přesnost, trvanlivost a taky tam musíme zahrnout finanční stránku. Potahování vedení různými povlaky, nebo obkládání různými lištami, nám otvírá dveře úplně do nových lepších vlastností strojů. Stálý vývoj a zkoumání nových technologií a materiálů nám všeobecně vylepšuje vedení ve všech směrech.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 36
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

7. Seznam použitých zdrojů

- [1] MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. 1. vyd. Praha : [s.n.], 2006. 282 s. Dostupný z WWW: <mmspektrum.com>. ISBN 1212-2572.
- [2] BRENÍK, Přemysl, PÍČ, Josef. *Obráběcí stroje : konstrukce a výpočty*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1982. 573 s.
- [3] BORSKÝ, Václav. *Základy stavby obráběcích strojů*. 2. přeprac. vyd. Prostějov : VUT Brno, 1991. 214 s. ISBN 80-214-0361-6.
- [4] *P444* [online]. Dostupný z WWW: <http://home.zcu.cz/>.
- [5] *Výrobní stroje a zařízení* [online]. Dostupný z WWW: <http://simulace.fme.vutbr.cz/stranky/studium/opory/stroje/vszkbs.pdf/>.
- [6] *MM Průmyslové spektrum* [online]. Dostupný z WWW: <http://www.mmspektrum.com/>.
- [7] *NEWTECH s.r.o.* [online]. Dostupný z WWW: <http://www.newtech.cz/>.
- [8] *Schaeffler KG (INA)* [online]. Dostupný z WWW: <http://www.ina.com/>.
- [9] *Diamant servis s.r.o.* [online]. Dostupný z WWW: <http://www.diamant-servis.cz/>.
- [10] *KTV s.r.o.* [online]. Dostupný z WWW: <http://www.ktvla.cz/>.
- [11] *Schaeffler CZ s.r.o.* [online]. Dostupný z WWW: <http://www.schaeffler.cz/>.
- [12] *PK SERVIS Technické součásti s.r.o.* [online]. Dostupný z WWW: <http://www.pkservis.com/cz/index.php/>.
- [13] *Hennlich* [online]. Dostupný z WWW: <http://www.hennlich.cz/index.php?dokument=5842/>.
- [14] *THK* [online]. Dostupný z WWW: <http://thk.com/uk/products/class/crossroller_r/index.html/>.
- [15] *Mechanizmy strojů – opory* [online]. Dostupný z WWW: <http://vyslouzil.fvtm.ujep.cz/>.
- [16] *HESTEGO protection systém* [online]. Dostupný z WWW: <http://www.hestego.cz/produkty/teleskopicke-kryty/>.
- [17] *KabelSchlepp* [online]. Dostupný z WWW: <http://www.kabelschlepp.cz/html/prod/ochrana.html/>.



8. Seznam obrázků

Obrázek 1 Přímochará vedení válcová: a), b) jednoduchá, c), d) složená [15]	11
Obrázek 2 Přímochará vedení hranolová [15].....	11
Obrázek 3 Přímochará vedení dvoudráhová:[15].....	12
Obrázek 4 Přímocharé vedení třídráhové[15]	12
Obrázek 5 Multifunkční obráběcí centrum firmy Newtech [7]	13
Obrázek 6 a)ploché, b)rybinové, c)válcové (kruhové), d)prizmatické [15].....	14
Obrázek 7 Hydrostatické vedení INA [8]	14
Obrázek 8 Otevřené vedení [1]	15
Obrázek 9 Uzavřené vedení [1].....	16
Obrázek 10 Servostatické vedení s mechanickou zpětnou vazbou [5].....	16
Obrázek 11 Servostatické vedení s hydraulickou zpětnou vazbou [5].....	17
Obrázek 12 Válcové vedení pinoly koníku[1]	17
Obrázek 13 Závislost součinitele tření na rychlosti[1].....	18
Obrázek 14 Přehled materiálů pro vodící plochy[1].....	19
Obrázek 15 Tvary vodících ploch pro nanesení kašovitě hmoty [15]	20
Obrázek 16 Úprava vodící plochy před nalitím hmoty nanášené v tekutém stavu [15]	21
Obrázek 17 Úprava vtoku a výfuku před nalitím hmoty v tekutém stavu [15].....	21
Obrázek 18 Závislost součinitele tření na rychlosti [1].....	22
Obrázek 19 Valivé vedení pro malé zdvihy [15]	23
Obrázek 20 Valivé vedení pro velké zdvihy [15].....	23
Obrázek 21 Valivé vedení pro neomezené zdvihy [5]	24
Obrázek 22 Kolejnicové lineární vedení [12].....	24
Obrázek 23 Skladba profilové vedení SKF [10].....	25
Obrázek 24 Řízený převod valivých elementů THK [1]	26
Obrázek 25 Druhy vedení [12]	26
Obrázek 26 Působení momentů [14].....	27
Obrázek 27 Pohled na vedení shora [14].....	27
Obrázek 28 ztížení vedení momenty [14].....	27
Obrázek 29 zobrazení vedení [14]	27
Obrázek 30 Model SHS vedení [13].....	28
Obrázek 31 závislost rychlosti na zdvihu a čase [14].....	28
Obrázek 31 závislost rychlosti na zdvihu a čase [14].....	27
Obrázek 32 uspořádání vedení [14]	28
Obrázek 33 Tabulka modelů SHS [13].....	30
Obrázek 34 Lineární valivé kluzné vedení [11].....	31
Obrázek 35 Aerostatické vedení [5]	31
Obrázek 36 Kruhová vedení kluzná [15]	32
Obrázek 37 Hydrostatické kruhové dráhy v uložení otáčivé pracovní desky svislého soustruhu [2]	33
Obrázek 38 Drátové kuličkové ložisko [15].....	33
Obrázek 39 Kruhové vedení firmy THK [14].....	33
Obrázek 40 Teleskopický kryt [16]	34
Obrázek 41 Stěrač [16].....	33
Obrázek 43 Spirálový kryt [17]	34
Obrázek 42 Plastový měch [16].....	34