



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

BEZÚDRŽBOVÝ SVISLÝ SOUSTRUH

VERTICAL TURNING LATHE WITHOUT SERVICING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. PETR STÍSKAL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. JIŘÍ MAREK, Dr.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Petr Stískal

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Výrobní stroje, systémy a roboty (2301T041)**

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 diplomové práce:

Bezúdržbový svislý soustruh

v anglickém jazyce:

Vertical turning lathe without servicing

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhněte konstrukci svislého soustružnického obráběcího centra, které bude mít atribut ekologického a bezúdržbového provedení. Bezúdržbovým a ekologickým provedením je míněno použití minimálního množství maziva v pohybových osách a co nejmenší počet zásahů obsluhy k její údržbě.

Cíle diplomové práce:

Vypracujte:

- 1) Rozbor vlivů působících na pracovní proces svislého soustruhu
- 2) Atributy bezúdržbovosti a ekologičnosti provozu svislého soustruhu
- 3) Navrhněte nejméně tři varianty provedení pohybových os
- 4) Proved'te technicko ekonomické zhodnocení a výběr optimální varianty
- 5) Technickou zprávu s potřebnými výpočty
- 6) Sestavní výkres celého stroje a jedné pohybové skupiny
- 7) Detailní výkres jedné součásti

Seznam odborné literatury:

[1] firemní literatura TOSHULIN,a.s.

[2] BRENÍK,P.,PÍČ,J. Obráběcí stroje – konstrukce a výpočty. TP 59, Praha 1982,SNTL,s.573.

[3] MAREK, J. a kol. Konstrukce CNC obráběcích strojů. MM Speciál. Praha: MM publishing, s.r. o, 2010. 420 s. ISBN: 978-80-254-7980- 3.

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Jiří Marek, Dr.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 19.11.2010

L.S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá problematikou mazání obráběcích strojů. Je v ní pojednáno o základních typech mazacích soustav. Zabývá se návrhem bezúdržbového mazání svislého soustruhu a technicko-ekonomickým zhodnocením. Poslední část je věnována konstrukčnímu zpracování.

Klíčová slova

Svislý soustruh, mazání, bezúdržbové mazání

Abstrakt

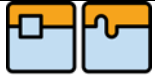
This master's thesis is aimed at the lubrication of machine tools. There are described the basic type of lubrication systems, design of maintenance-free lubricated vertical lathe and technical-economic evaluation. The last section is devoted to the design process.

Key words

Vertical lathe, lubrication, maintenance-free lubrication

Bibliografická citace

STÍSKAL, p. Bezúdržbový svislý soustruh. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 85 s. Vedoucí diplomové práce prof. Dr. Ing. Jiří Marek.

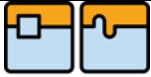
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Bezúdržbový svislý soustruh“ vypracoval samostatně a uvedl v ní všechny použité literární a jiné odborné zdroje v souladu s právními předpisy, vnitřními předpisy a vnitřními akty řízení Vysokého učení technického.

V Brně dne 25.5.2012

.....
Bc. Petr Stískal

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce prof. Dr. Ing. Jiřímu Markovi za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi byly poskytnuty. Dále obchodnímu zastoupení firmy Schaeffler za poskytnutí technických informací.

Obsah

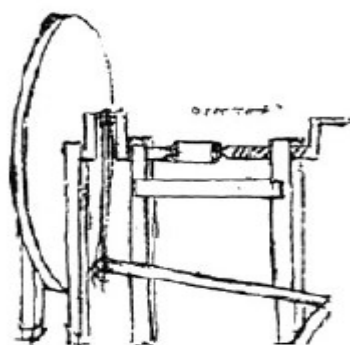
1. Úvod.....	13
2. Základní pojmy:.....	20
3. Rozbor vlivů působících během obráběcího procesu.....	21
4. Konstrukční varianty ztrátových centrálních mazacích soustav:	24
4.1.1 Jednopotrubní centrální mazací soustava	25
4.1.2 Dvoupotrubní centrální mazací soustava.....	27
4.1.3 Vícepotrubní centrální mazací soustava.....	28
4.1.4 Progresivní centrální mazací soustava	29
4.2.1 Dávkování oleje	30
4.2.2 Olejová mlha.....	30
4.2.3 Olej vzduch.....	30
4.2.4 Vstřikování oleje	31
4.2.5 Olejová lázeň	31
5. Speciální mazací jednotky, doplňky příslušenství	32
5.1 Jednotky s prodlouženými mazacími intervaly.....	32
5.2 Jednotka na odměřování minimálního množství maziva	33
5.3 Stěrače	34
5.4 Mazání kuličkových šroubů.....	37
5.5. Progresivní rozdělovač	38
6. Mazací systém na stroji SKL v době zadání DP.....	42
7. Konstrukční varianty mazacích soustav	45
7.1 Mazání s využitím zásobníků maziva a trvanlivé tukové náplně	47
7.2 Centrální mazání tukem s využitím progresivních rozdělovačů	50
7.2.1 Centrální mazání olejem s využitím progresivních rozdělovačů.....	53
7.2.2 Centrální mazání olejem s využitím progresivních rozdělovačů s jednotkami pro minimální dávkování maziva. Označení SMDE	58
7.2.3 Centrální mazání olejem s využitím progresivních rozdělovačů s jednotkami pro minimální dávkování maziva. Označení SMDS	59
7.4 Kombinovaný mazací systém	60
8. Určení optimální varianty.....	63
9. Zhodnocení výsledků metody PATTERN	70
10. Zpracování vybrané konstrukční varianty.....	71
11. Závěr	80
12. Seznam použité odborné literatury:.....	82
13. Seznam obrázků:	84
14. Seznam tabulek	85
15. Seznam příloh	85



1. Úvod

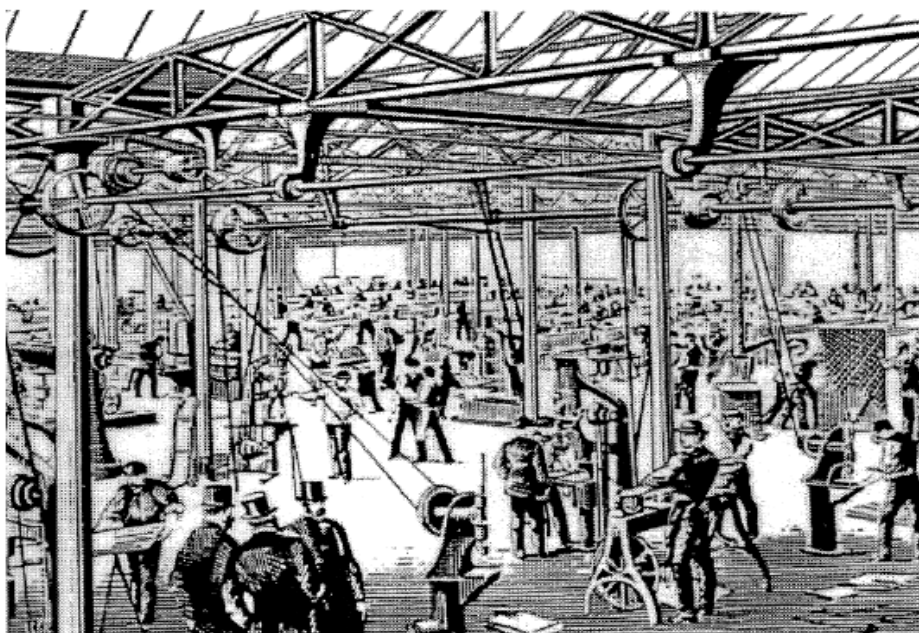
Historie obráběcích strojů

První zmínky o soustružení se datují kolem roku 2700 př. Kr., kdy byl objeven pravěký luk. To je považováno za první zařízení schopné akumulovat energii a zároveň je zdrojem rotačního pohybu. V roce 1250 byl vynalezen první šlapací soustruh a v roce 1475 Leonardo da Vinci rozhybal pole evropské techniky svým jednosměrným soustruhem a závitořezem na vrtání závitů do dřeva. V roce 1775 v Anglii byl díky zbrojnímu průmyslu vynalezen první vyvrtávací stroj. Na přelomu století následoval svislý vrtací a vyvrtávací stroj. V roce 1830 v USA první frézka a v roce 1839 karuselový soustruh se svislým vřetenem. Whithworthův pohon posuvů soustruhů 1885.



Obr. 1 Šlapací soustruh [3]

V roce 1850 nastal rozvoj strojů s transmisním pohonem, který neměl dlouhého trvání a na počátku 20. století byl nahrazen moderním elektrickým pohonem. U soustružnických strojů vznikla řešení založená na použití jednoho elektromotoru a od něho přes převody jsou odvozeny další funkce. [3]



Obr. 2 Hala s transmisními hřídeli [3]

Trvalý růst průmyslové výroby zvyšováním produktivity práce je především závislý na technické úrovni výrobních procesů. Velmi významnou úlohu má v tomto směru strojírenství. Obrábění se ve strojírenském průmyslu podílí v průměru 40 procenty na celkové pracnosti výrobků. Obráběcí stroje jsou zde proto základními a nejužívanějšími pracovními prostředky. Na jejich úrovni závisí objektivně kvalita a efektivnost strojírenské výroby, která zaujímá v průmyslových zemích klíčové postavení. Kvalita a úroveň obráběcích strojů určuje v rozhodující míře technickou úroveň vyráběných výrobků i efektivnost jejich výroby.

Německo začalo rozvíjet vlastní průmysl obráběcích strojů rovněž v polovině 19. století a to zvláště v Chemnitz, kde vznikají firmy Zimmermann (1844), Hartmann (1866), Reinecker (1859).

Rozvoj oboru obráběcích strojů v Československu lze klást až do období zbrojní konjunktury před první světovou válkou. Vznikají například Spojené strojírný v Praze Smíchov a Škodovy závody v Plzni nebo Max Hopfengartner (Kovosvit). Během dvaceti let mezi světovými válkami vznikaly v Československu další závody na výrobu malých a středních obráběcích strojů. Lze uvést tyto příklady: Wawerka (TOS Lipník) soustruhy, vyvrtávačky; Kameníček a Podhájský (TOS Hostivař) brusky hrotové a rovinné; Volman (TOS Čelákovice) soustruhy a vrtačky; Plauert (TOS Warnsdorf) vyvrtávačky; Zbrojovka Brno (TOS Kuřim) soustruhy, frézky; Česká zbrojovka (ČZM Strakonice) hrotové brusky; Moravské akciové strojírný fy Baťa ve Zlíně (ZPS Zlín) revolverové soustruhy, atd.



Rozdělení obráběcích strojů

Podle způsobu obrábění:

- stroje na dělení materiálu,
- hoblovky a obrážky,
- protahovací a protlačovací stroje,
- soustružnické stroje,
- vrtací a vyvrtávací stroje,
- frézky,
- brusky,
- stroje na výrobu ozubení, závitů a vaček,
- speciální stroje pro dokončovací operace.

Podle stupně mechanizace a automatizace:

- stroje s ručním přemísťováním nástroje,
- stroje s ručním ovládáním,
- stroje s automatizovanými úkony,
- stroje poloautomatické,
- stroje automatické,
- automatické výrobní systémy.

Dalšími rozlišovacími kritérii obráběcích strojů mohou být:

- velikost,
- přesnost,
- konstrukční koncepce a kinematika,
- stupeň pružnosti a stupeň automatizace,
- řízení a integrace do automatizovaných výrobních soustav.

Rozdělení soustružnických strojů

Soustružnické stroje dělíme na:

- univerzální,
- hrotové,
- čelní,
- revolverové,
- svislé,
- poloautomatické,
- automatické,
- CNC obráběcí centra.

CNC obráběcí centra dále dělíme na:

- vodorovná osa vřetena
 - o produkční soustruhy,
 - o vícevřetenové automaty,
- svislá osa vřetena
 - o karusely,
 - o inverzní karusely,
- univerzální stroje - s vodorovnou i svislou osou vřetene,
- multifunkční stroje - s vodorovnou i svislou osou vřetene,
- speciální stroje - jednoúčelové soustruhy.

Technologie soustružení

Do nejrozšířenější skupiny obráběcích strojů s geometricky definovaným břitem patří bezesporu soustružnické stroje. Umožňují obrábění součástí rotačního tvaru, vnější a vnitřní válcové a kuželové plochy, čelní plochy, závitovat, vrtat, vyvrtávat a vystružovat. S poháněnou nástrojovou hlavou i frézovat a brousit.

Charakteristické pro tyto stroje je rotační hlavní řezný pohyb, který koná obrobek. Z principu této technologie vychází základní konstrukční problém spojení obrobku s rotující činnou částí obráběcího stroje a přenos točivého momentu od pohonu na obrobek. Na přesnosti uložení vřetene nebo upínací desky soustružnického stroje, její stat. tuhosti, tuhosti uložení a tvarové přesnosti závisí přesnost obrábění. Proto je také jednou z nejdůležitějších částí návrhu stroje výpočet vřetene, respektive uložení a vedení.

Nástroj, soustružnický nůž, je pevně ustaven na pohyblivou část stroje, která umožňuje jeho polohování vůči otáčejícímu se obrobku. K tomuto úkolu polohování v různých osách se vyvinuly suporty, saně, smykadla a tyto části jsou další důležitou konstrukční částí ovlivňující výslednou přesnost obráběcího stroje. [3]

Hlavní části svislých soustruhů

Lože – část stroje skříňovitého tvaru, zpravidla s převládající délkou nebo šířkou nad výškou. U většiny strojů spojuje základní části strojů v celek. Na loži jsou vodící plochy (pro stůl, suport) a případně dosedací plochy pro uložení dalších základních částí. [3]

Deska stolu – část zpravidla plochého tvaru s vodorovnou upínací plochou obdélníkovou nebo kruhovou, na níž se upíná obrobek. Je-li možno stolem posouvat ve dvou směrech k sobě kolmých, nazývá se stůl křížový, jestliže jím lze otáčet nazývá se otočný. [3]

Stojan – část stroje skříňového tvaru s výškou převládající nad délkou nebo šířkou. Jsou na něm vodící nebo dosedací plochy pro uložení dalších základních částí stroje. [3]



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Příčník – vodorovně uložená část stroje skříňovitého tvaru s délkou značně převládající nad výškou a šířkou. Je uložen zpravidla pohyblivě na jednom nebo dvou stojanech a jsou na něm vodící plochy pro vřeteník nebo suport. [3]

Smykadlo – součást pohybující se přímočaře po vodících plochách základní části nebo saní. Je delší než vodící plochy základní části. [3]

Suport – část stroje sestávající se ze soustavy saní, popřípadě smykadel, která umožňuje nastavení nástroje do požadované polohy vzhledem k obrobku a jeho pohyb v určeném směru a smyslu při obrábění. [3]



Obr. 3 Části svislého soustruhu [3]

Základní rozměrové parametry charakterizující velikost svislých soustruhů jsou největší průměr soustružení při spuštěném stojanovém suportu a největší výška soustružení daná vzdáleností mezi upínací deskou a zasunutým nožovým držákem příčnickového suportu při nejvyšší poloze příčnicku na stojanech. Velikosti strojů jsou normalizovány od průměru 800mm do 20000mm. Poměr největší výšky soustružení k největšímu průměru bývá 0,75 až 0,9 u malých; 0,5 až 0,75 u velkých strojů. Výrobou těchto strojů se zabývá v České republice zejména firma TOSHULIN, která je i zadavatelem této diplomové práce.



Obr. 4 Svislý soustruh SKL 12 [1]

Řešení bezúdržbového a ekologického provozu bude řešeno na stroji SKL12

Základní parametry:

- | | | |
|--|----|------|
| • Max. průměr čelního a obvodového soustružení | mm | 1700 |
| • Max. průměr obrobku | mm | 1700 |
| • Max. výška obrobku | mm | 1000 |
| • Max. hmotnost obrobku | kg | 2000 |
| • Průměr upínací desky | mm | 1250 |

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 19
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Představení firmy [1]

„TOSHULIN, a.s. patří mezi strojírenské firmy, které dlouhodobě působí na trhu obráběcích strojů a v průběhu let dokazují svou schopnost přizpůsobit se nejen měnícím se podmínkám trhu, ale především zvyšujícím se nárokům zákazníků na kvalitu, přesnost a spolehlivost dodávaných strojů. Invence odborníků konstrukčního a technického oddělení, užití moderních výrobních a montážních technologií spolu s kvalitní distribucí ve světové prodejní síti umožnilo firmě TOSHULIN uspět na průmyslově vyspělých trzích.

Za dobu své existence firma dodala přes 13 500 obráběcích strojů do 60 zemí světa a jejím cílem je i nadále zachovat a rozvíjet spolupráci s tuzemskými a zahraničními zákazníky.

Mottem společnosti je TRADICE – PŘESNOST – SPOLEHLIVOST

Za úspěchem společnosti stojí její schopnost vyhovět rostoucímu tlaku uživatelů obráběcích strojů na dodávky investičně náročných technologických celků s vysokou měrou úprav nutných k dosažení požadavků odběratele.

Výrobní program společnosti představují svislé soustruhy a svislá soustružnická centra několika typových řad. Soustruhy jsou nabízeny s průměrem upínací desky od 800 do 5000 mm a jsou vybaveny špičkovými elektronickými komponenty, které jsou spolu s tradičně vysoce přesnými mechanickými díly zárukou vysokého výkonu, spolehlivosti a přesnosti obrábění. Všechny uvedené typy strojů pracují v náročných a složitých průmyslových aplikacích.“

Základní informace o produktech [1]

„TOSHULIN, a.s. vyrábí svislé soustruhy určené pro výkonné a přesné soustružení. Svislé soustruhy dále umožňují vrtat, řezat závity, frézovat a brousit. Stroje jsou nabízeny v osmi typových řadách s průměrem upínací desky 1250 až 5000 mm.

Další výhodou je možnost doplnění paletizačním systémem pro automatickou výměnu obrobků, při kterém je maximálně zvýšena produktivita při minimální obsluze - svislý soustruh se stává vysoce výkonným obráběcím centrem vhodným pro bezobslužný provoz. Např. stroje POWERTURN mají vpravo (příp. i vlevo) umístěn zásobník s kapacitou až 96 nástrojů - toto originální patentované řešení výměny nástrojů splňuje požadavky na rychlost, spolehlivost a přesnost.“

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 20
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

2. Základní pojmy:

Údržba – je to souhrn činností zabezpečujících technickou způsobilost, pohotovost a hospodárnost provozu stroje. Patří sem zejména pravidelné technické prohlídky, ošetření, doplnění nebo výměna maziva olejových náplní apod. Zpravidla se vykonává bez demontáže a bez výměny součástí. [21]

Bezúdržbovost – vlastnost technické soustavy pracovat bez zásahu člověka po předem stanovenou dobu.

Ekologičnost – snaha o dosažení minimálního negativního dopadu výrobku na životní prostředí a snaha minimalizovat unik jakékoliv látky, která by mohla poškodit životní prostředí. Využití biologicky odbouratelných maziv. [3]

Údržbové mazání – je jeden z nejdůležitějších úkonů údržby. Správné mazání potřebuje ke své činnosti každý mechanismus. Samotné mazání a mazivo značně ovlivňují efektivnost strojů a snižuje tření.

Mazací soustava – je soubor prvků zahrnujících mazací potrubí, mazací agregáty a jednotlivé dávkovací a rozváděcí prvky.

Centrální mazací soustava – slouží k mazání konkrétních mazaných míst tukem, olejem, nebo olejovou mlhou. Mazivo je dodáváno centrálním mazacím agregátem do jednotlivých míst. [6],[4]



3. Rozbor vlivů působících během obráběcího procesu

Mezi vlivy, které působí na vedení a uložení během pracovního procesu můžeme zahrnout tření, zatížení, teplo, působení nečistot a dopad na životní prostředí. Tření a odvod tepla eliminuje použití vhodného maziva. Vnikání nečistot odstraňuje krytování a těsnění. Dopad na životní prostředí snižuje minimalizace použitého množství maziva, dobré utěsnění mazaného místa. V případě nutnosti zvýšených dodávek maziva zajistit odvod maziva sběrnými kanálky do zachytné nádoby. Zatížení lze eliminovat pouze vhodným konstrukčním řešením a správným dimenzováním pohybových skupin.

Maziva:

- zmenšují opotřebení,
- chrání před nečistotami,
- zabraňují korozi,
- odvádí teplo.

Strojní součásti lineární techniky potřebují dostatečné zásobování mazivy, aby se mohla zajistit jejich funkce a životnost. Proto je nutný výběr vhodného maziva a správné určení mazacích intervalů. Po každém mazání je třeba zkontrolovat, zda je na strojní součásti dostatečné množství maziva (zkontrolovat, zda je na mazaných plochách mazací film).

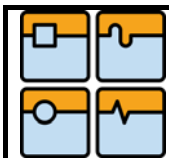
Mazivo je konstrukční prvek a mělo by se zohlednit již při navrhování stroje. Při výběru maziva se musí přihlídnout k rozsahu provozních teplot a k provozním a okolním podmínkám.

Maziva dělíme do tříd podle tabulky NLGI

- | | | |
|-------|-------------|------------------|
| - 000 | tekutá | centrální mazání |
| - 00 | polotekutá | |
| - 0 | velmi měkká | |
| - 1 | měkká | |
| - 2 | poloměkká | mazání ložisek |
| - 3 | střední | mazání ložisek |
| - 4 | polotuhá | |
| - 5 | tuhá | vodní čerpadla |
| - 6 | velmi tuhá | |

Druhy maziv:

- Pasty – látky na bázi tuků obsahující vysoké množství tuhých mazacích částí. Využívají se pro montáž a mazání tlakem vysoce zatížených a pomalu se pohybujících dílů pro závitové spoje.
- Tuky – pevné až polotuhé maziva skládající se z mazacích tekutin zahušťovadel a přísad. Užívají se pro mazání valivých ložisek a ostatních pohybujících se částí.
- Směsi - látky na bázi tuků obsahující silikonové přísady. Užívají se pro těsnící a uvolňovací vlastnosti a nevodivost.
- Vysoce výkonné průmyslové mazací oleje – oleje vyrobené na bázi minerálních nebo syntetických olejů obohacené o přísady.



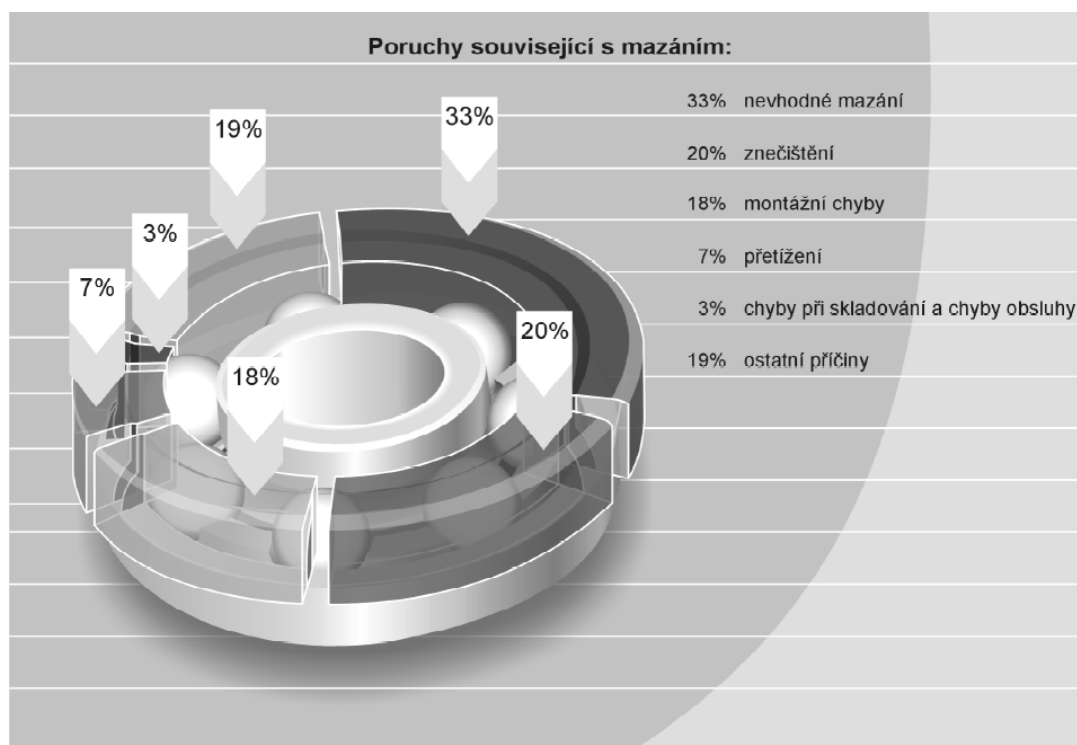
DIPLOMOVÁ PRÁCE

- Kluzné laky – Suché mazání interkrystalicky proniknou do povrchu a vytvoří odolný povrch snižující tření.
- Disperze – tekutá maziva.

Význam mazání

Kluzná a valivá ložiska nebo lineární vedení, kuličkové a stavěcí šrouby představují rozhodující prvky v konstrukci každého stroje z hlediska jeho provozní spolehlivosti a užitnosti. Základním společným rysem těchto uvedených kinematických prvků je vzájemný pohyb součástí doprovázený třením. Tření má za následek opotřebení součástí, vznik tepla, které způsobuje teplotní deformace jednotlivých prvků, což může způsobit za určitých okolností zablokování pohybu a mechanické poškození prvků. Kromě toho má tendenci do třecích míst pronikat voda, prach a jiné abrazivní a korozivní látky. Úkolem mazacích systémů je dopravovat do mazacích míst přiměřenou dávku vhodného maziva a tím eliminovat tření, tvorbu tepla a vnikání vody a nečistot. [10]

Při práci stroje se do mazaného místa postupně doplňuje mazivo, aby se nahradil přirozený úbytek, a znehodnocené mazivo s nečistotami je vytlačováno ven. Potřebná intenzita dodávek maziva do mazaného místa je závislá na tvaru a velikosti třecích ploch, kvalitě povrchu, na velikosti a charakteru zatížení, rychlosti posuvu a tepelném a jiném provozním zatížení. [10]



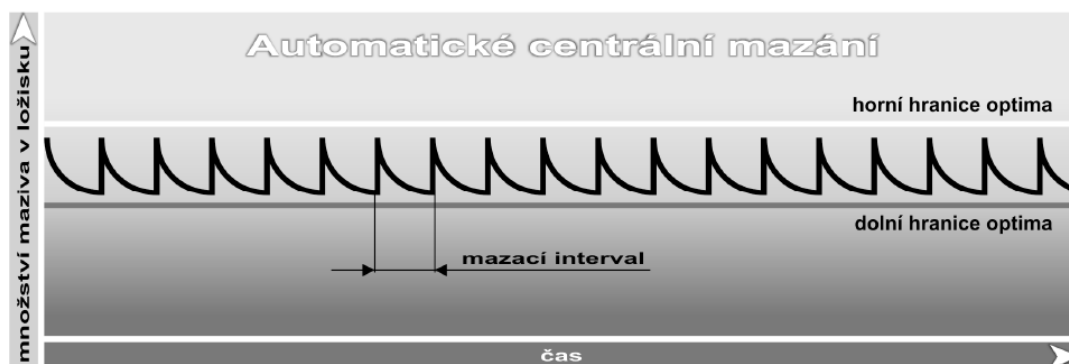
Obr. 5 Poruchy související s mazáním [10]

Největší světoví výrobci udávají ve více jak 50% případů poruch ložisek a valivého vedení jako příčinu jejich špatné mazání a znečištění.



Teoreticky je nejideálnější kontinuální přísun maziva s proměnlivou intenzitou v závislosti na aktuálním provozním stavu. V praxi se přísun maziva provádí v mazacích cyklech po určitých dávkách. V době mezi dodávkami se spotřebovává dodané mazivo. [10]

Je-li množství maziva menší než je požadováno, je mazané místo podmazáno, to zvyšuje opotřebení, snižuje životnost a zvyšuje nebezpečí havárie. Při větším množství maziva je mazané místo přemazáno, to vede k přehřívání ložiska a následnému zadření, zvyšuje se spotřeba maziva a roste ekologická zátěž. [10]



Obr. 6 Optimální dodávky maziva [10]

Tření

Ovlivňující faktory:

- zatížení,
- předpětí,
- zrychlení,
- mazání,
- teplota,
- výchyly,
- utěsnění.

Vliv maziva na tření

Po spouštěcím mazacím cyklu a domazávacím cyklu se koeficient tření dočasně zvýší kvůli čerstvému mazivu. Po krátké době běhu se však koeficient tření vrací na svou původní hodnotu. Vliv tření je výrazně ovlivněn vlastnostmi použitých tuků a olejů, např. viskozitou.

Vliv těsnění na tření

Kontaktní těsnění zvyšuje celkové tření celého systému. Tření těsnění je nejvyšší v nových vodících systémech a snižuje se po záběhu.

4. Konstrukční varianty ztrátových centrálních mazacích soustav:

Ztrátové mazací soustavy

Dělení dle způsobu dopravy maziva k mazanému místu:

- jednopotrubní centrální mazací soustavy,
- dvoupotrubní centrální mazací soustavy,
- vícepotrubní centrální mazací soustavy,
- progresivní centrální mazací soustavy.

Dělení dle způsobu dávkování maziva:

- dávkování oleje,
- olejová mlha,
- olej vzduch,
- vstřikování oleje.

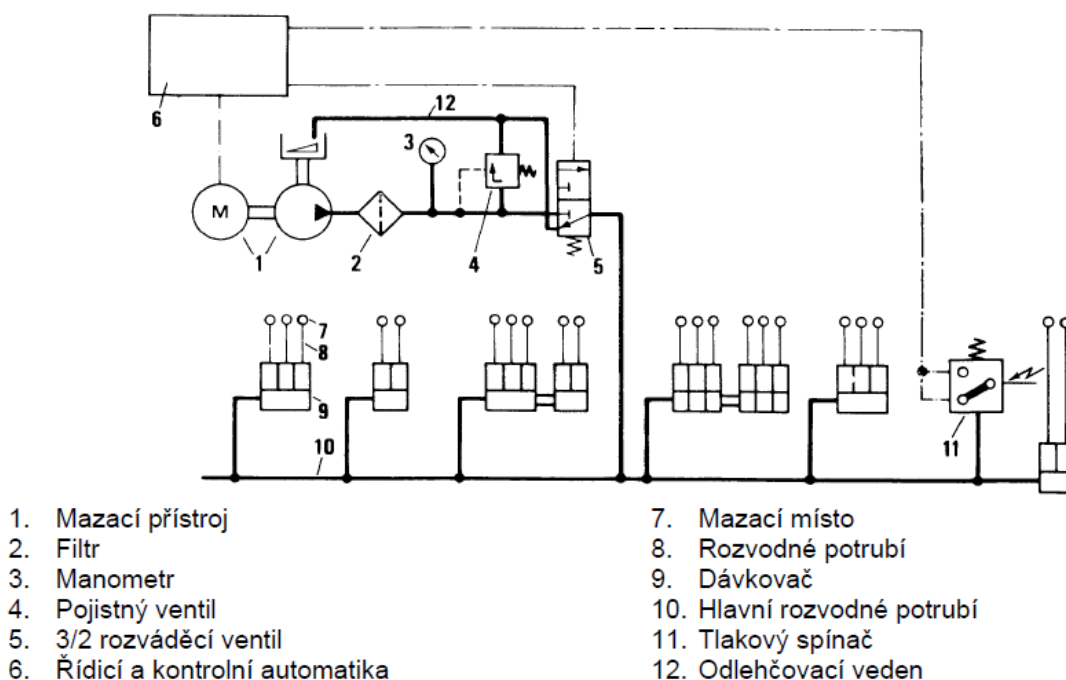


4.1.1 Jednopotrubní centrální mazací soustava

Patří mezi základní centrální mazací systémy. Hlavní podmínkou funkce jednopotrubního centrálního mazacího systému je opakované střídání pracovního a odlehčovacího tlaku hlavní rozvodné části potrubí. Střídání tlaků je nutné pro činnost jednopotrubních dávkovačů.

Jednopotrubní centrální mazací systémy se využívají pro dopravu, jak mazacích olejů, tak mazacích tuků. Slouží k mazání částí strojů, strojních zařízení a výrobních linek od několika málo až do cca 100 mazacích míst. Tento systém lze využít i pro technologické mazání obráběcích nebo tvářecích strojů.

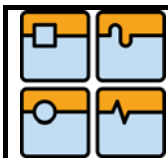
Mazací agregát dodává mazací medium do hlavního potrubí. Na tomto potrubí nebo na rozdělovačích jsou umístěny dávkovače, jejichž pístky dodají mazivo obsažené v dávkovacím prostoru, na něž navazuje pracovní potrubí přímo do mazacího místa. Následně je hlavní potrubí odlehčeno na odlehčovací tlak, pístky dávkovačů se přesunou do výchozí polohy a dávkovací prostor dávkovačů se zaplní mazacím medium. Tímto je dávkovač připraven na další mazací cyklus.



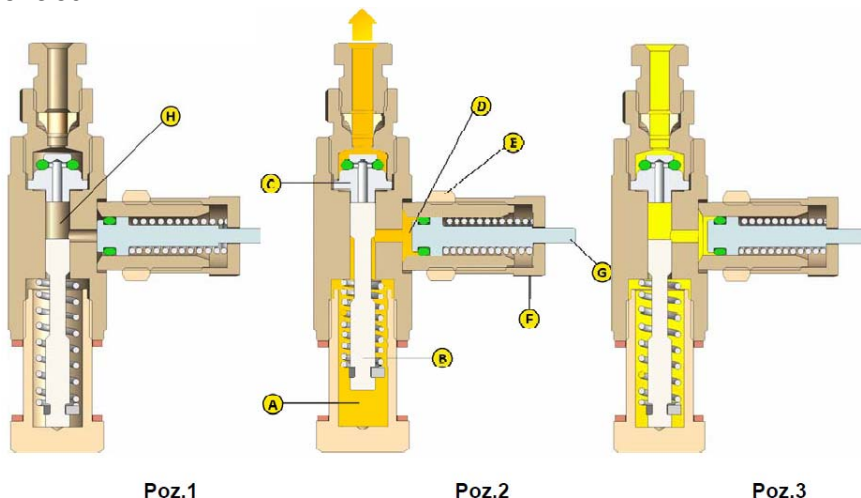
Obr. 7 Schematické zapojení jednopotrubní centrální mazací soustavy [5]

Hlavní výhody:

- Jednoduchý návrh soustavy.
- Stavebnicovost soustavy.
- Snadné rozšíření soustavy.
- Přesné dávkování maziva v širokém rozsahu.
- Snadná automatizovatelnost.
- Odlehčené potrubí, když neprobíhá pracovní cyklus.
- Nízká údržba.
- Nejnižší cena z centrálních mazacích soustav.



Funkce dávkovačů



Obr. 8 Funkce jednotpotrubních dávkovačů [20]

Poz.1 – Mazací cyklus začíná vzrůstajícím tlakem v rozvodné části mazacího systému.[20]

Poz.2 - Mazivo proudí z rozvodné kostky přívodním otvorem dávkovače do vstupní komory (A). Pracovní píst (B) se přesune ze spodní (výchozí) polohy do horní polohy. Tím vytlačí předchozím cyklem přesně nastavené množství maziva z výtlačné komory (H) přes zpětný výstupní ventil (C) do vývodního šroubení a dále rozvodným potrubím k mazanému místu. Současně se plní mazivem dávkovací komora (D). Píst se signalizačním kolíkem v dávkovací komoře je odtlačený až na doraz nastavený regulačním pouzdem. Dávku maziva, danou jeho objemu v dávkovací komoře, lze libovolně seřídit regulačním pouzdem (F) a seřízení zajistit pojistnou maticí (E). [20]

Poz.3 - Po odlehčení systému (pokles tlaku) vrací pružina pracovní píst (B) z horní polohy do výchozí polohy. Po přesunu pístu do spodní polohy vytlačí pružina dávkovacího pístu otevřeným otvorem mazivo z dávkovací komory (D) do výtlačné komory (H). Tím je ukončena jedna dávka a lze opakovat další cyklus.

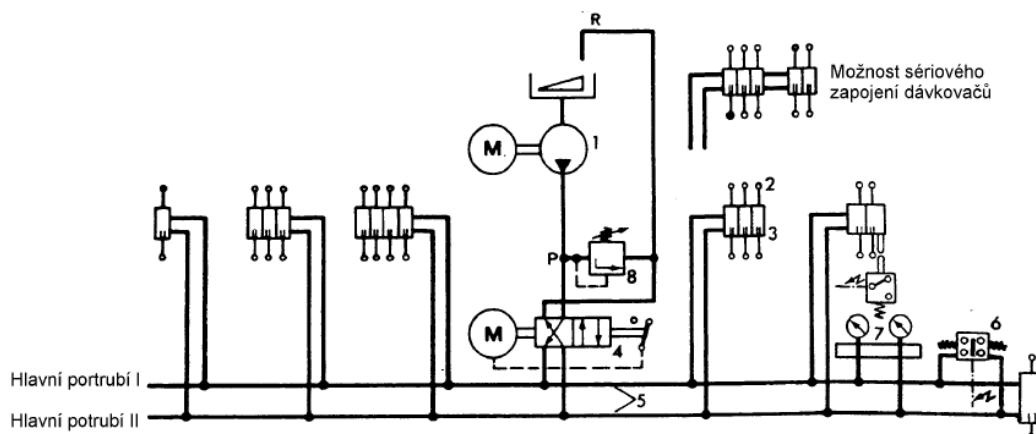
Průběh funkce dávkování je vizuálně kontrolovatelný pohybem – vysunutím a zasunutím signalizačního kolíku (G), který vyčnívá z regulačního pouzdra (F).[20]



4.1.2 Dvoupotrubní centrální mazací soustava

Jedná se o další ze základních typů mazacích soustav. Princip této soustavy spočívá v opakovaném střídání pracovního i odlehčovacího tlaku ve dvou hlavních rozvodných potrubích.

Dvoupotrubní centrální mazací soustava se využívají k mazání částí strojů, strojních zařízení a výrobních linek s vysokým počtem mazacích míst, až několik tisíc, vzdálených i stovky metrů od mazacího agregátu. Nasazují se především při mazání v těžkých provozech, jako jsou hutě, válcovny cementárny apod.



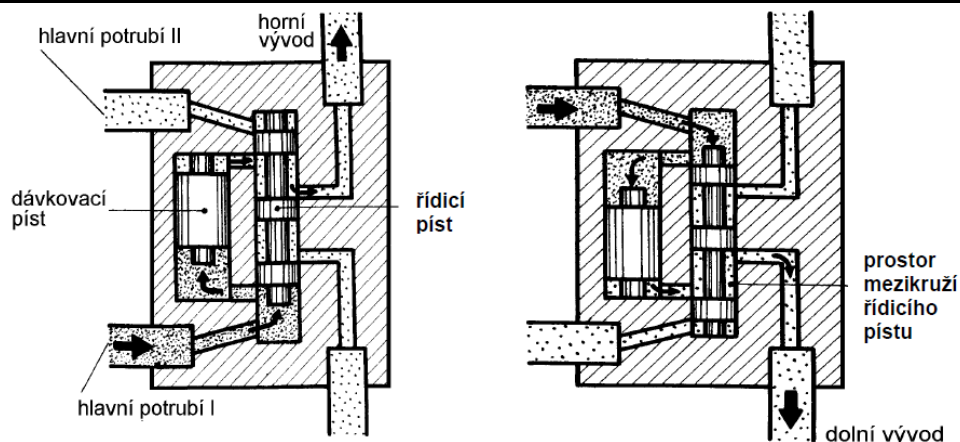
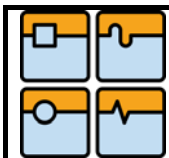
- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| 1. Mazací přístroj | 5. Hlavní rozvodné potrubí |
| 2. Mazací místo | 6. Tlakový spínač |
| 3. Dvoupotrubní dávkovač | 7. Konzola s manometry |
| 4. 4/2 rozvaděč (ventil) | 8. Pojistovací ventil |

Obr. 9 Schematické zapojení dvoupotrubní centrální mazací soustavy [6]

Mazací agregát dodává střídavě mazivo do 2 hlavních rozvodných potrubí. Cyklus začíná natlakováním jedné větve hlavního potrubí. Mazivo přesouvá pístky v jednotlivých dávkovačích. Pístky vytlačují mazivo z dávkovačů do pracovního potrubí vedoucího přímo k mazacím místům a zároveň se přesouvají do opačné polohy. Po přestavení všech pístků v dávkovačích v soustavě vzroste tlak maziva. Tlak je snímán tlakovým spínačem, který indikuje řídicímu systému dokončení první části cyklu a možnosti přepnutí tlaku v obou větvích.

Výhody:

- Funkční spolehlivost díky signalizaci tlaku.
- Přesné dávkování maziva v širokém rozsahu.
- Vhodné pro velký počet mazacích míst.
- Vysoká spolehlivost díky vysokému tlaku.
- Stavebnicový systém.
- Snadné rozšíření.



Obr. 10 Princip činnosti dvoupotrubního dávkovače [6]

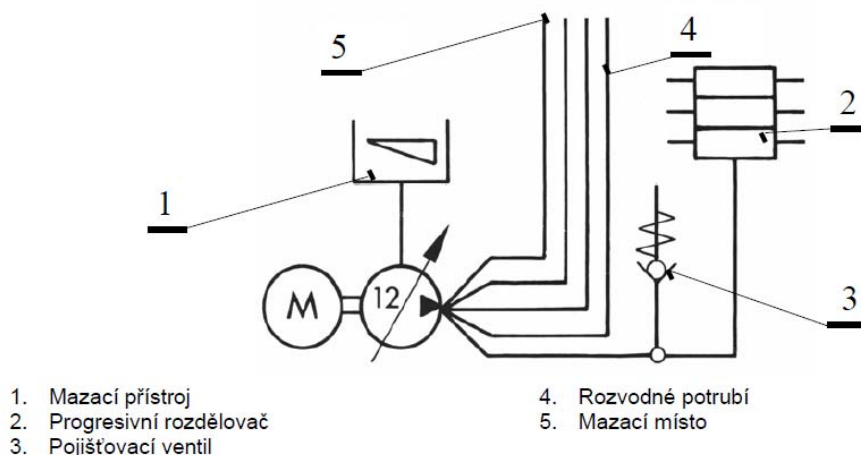
Popis funkce:

V pracovních potrubích se střídá pracovní a odlehčovací tlak. Řídicí píst otevírá střídavě vstupní a výstupní kanály. O velikost dávky se stará nastavení dávkovacího pístu. Přívodem tlaku do hlavního potrubí I přesuneme řídicí píst a otevře se prostor pro vytlačení dávky dávkovacím pístem. Přitom se plní prostor pro následnou dávku.

4.1.3 Vícepotrubní centrální mazací soustava

Soustava patří mezi základní centrální mazací soustavy. Mazivo je nasáváno a postupně vytlačováno mazacím agregátem a dále dopravováno rozvodným potrubím přes rozvaděče do konkrétních mazacích míst stroje nebo linky.

Využívá se k mazání části strojů a celků s několika, až 100 mazacími místy do vzdálenosti kolem 20 m od mazací jednotky. Množství maziva se nastavuje přímo na mazacím agregátu. Mazací agregát dodává mazivo rozvodným potrubím přímo k mazacím místům.



Obr. 11 Schematické znázornění zapojení soustavy [8]



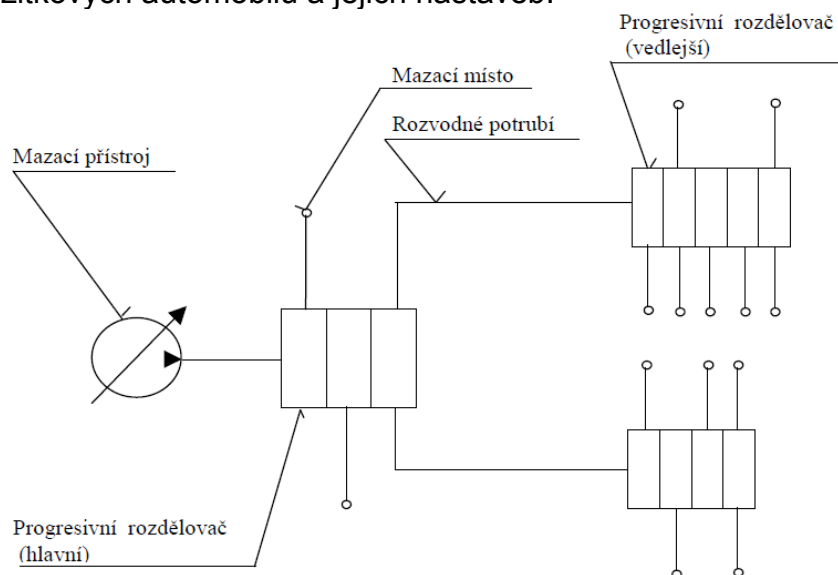
Výhody:

- Snadná konstrukce a sledování.
- Nezávislá regulace.
- Snadná automatizovatelnost.
- Vysoká provozní spolehlivost.
- Minimální požadavky na údržbu.

4.1.4 Progresivní centrální mazací soustava

Patří mezi základní centrální mazací soustavy. Mazací medium je postupně rozdělováno a vytlačováno do jednotlivých mazacích míst. Progresivní centrální mazací soustava umožňuje dokonalou kontrolu dodávky maziva do všech mazacích míst.

Tato soustava slouží k mazání strojů a strojních zařízení s cca 100 mazacími místy, umístěných v obtížných provozních podmínkách. Soustava se především osazuje na stroje obráběcí, tvářecí, textilní, potravinářské, ale také na podvozky nákladních a užitkových automobilů a jejich nástaveb.



Obr. 12 Schematické zapojení progresivní mazací soustavy [7]

Mazací agregát dodává mazivo hlavním rozvodným potrubím k progresivním rozdělovačům. Progresivní rozdělovače se sestávají z pracovních pístků, které dávkují mazivo a přitom se ve stanoveném pořadí řídí. Při každém zdvihu pístku je příslušné množství maziva vytlačeno buď k dalšímu uzlu, nebo přímo do mazaného místa. Mazací cyklus se ukončí vypnutím pohonu mazacího přístroje.

Výhody:

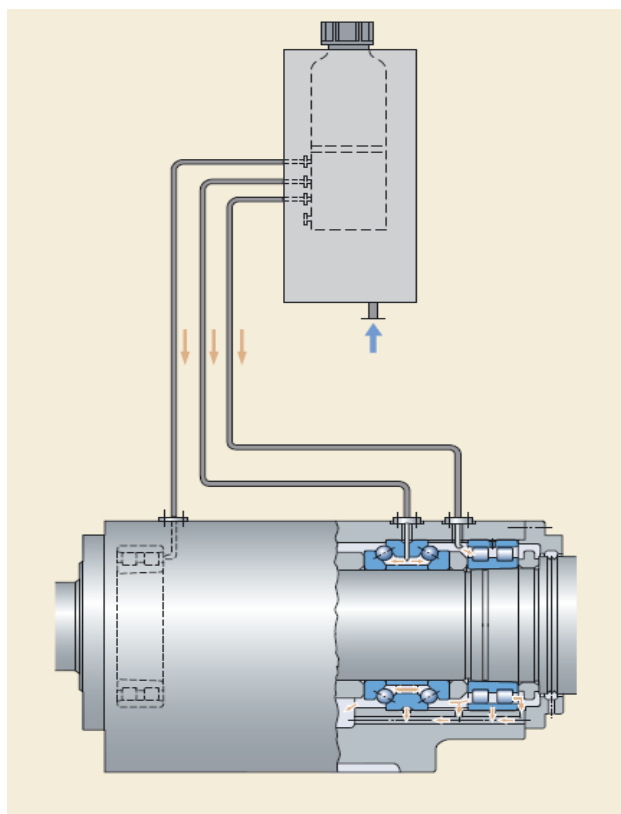
- Jeden centrální signál pro celý systém.
- Vysoká spolehlivost.
- Stavebnicový systém.
- Univerzální použití, olej nebo tuk, ztrátové nebo oběhové mazání.
- Dosažení neomezených poměrů dodávaného množství maziva do jednotlivých mazacích míst.
- Vysoká úroveň pracovního tlaku.
- Minimální požadavky na údržbu.

4.2.1 Dávkování oleje

Jedná se o konvenční dopravu oleje k mazanému místu. V tomto případě dochází vytlačení definované dávky maziva přímo pomocí potrubí k mazanému místu. Klasickým příkladem je použití centrální mazací soustavy s dávkovači.

4.2.2 Olejová mlha

Tento způsob mazání nebyl v minulosti doporučován z důvodu negativních vlivů na životní prostředí a zdraví. Nové generátory olejové mlhy již dokáží generovat mlhu kvalitněji než dříve. Nově navrhnutá těsnění dále snižují úniky olejové mlhy na minimum. Další snížení ekologické zátěže představuje možnost použití biologicky odbouratelných olejů.



Obr. 13 Mazání olejovou mlhou [4]

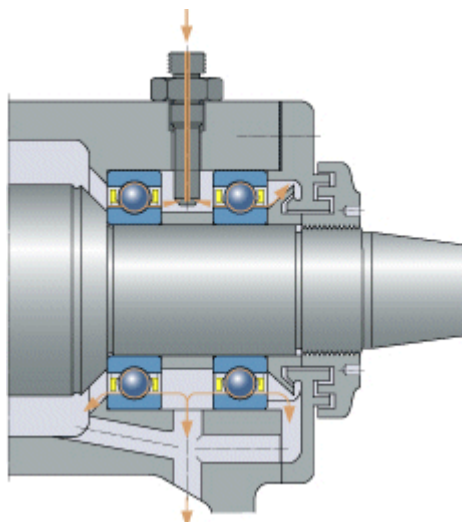
4.2.3 Olej vzduch

Tato metoda mazání se užívá při mazání vysokorychlostních vřeten obráběcích strojů. Ve vzduch jsou unášeny drobné kapičky oleje a dopravovány k ložiskům. Hlavní výhodou této metody je, že při proudění stlačeného vzduchu nedochází pouze k mazání ložisek, ale rovněž i k chlazení ložisek a také vytváří přetlak. Přetlak v ložisku zabraňuje vnikání nečistot.



4.2.4 Vstřikování oleje

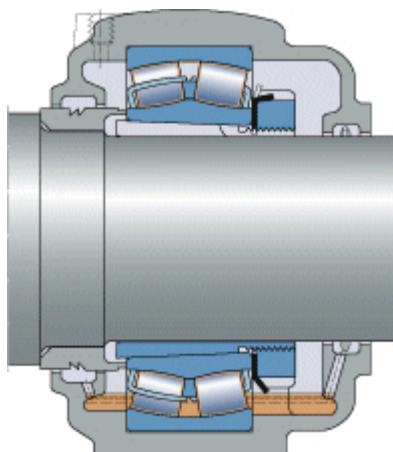
Tato metoda se používá pro vysokootáčkové aplikace, kdy se vstřikuje minimální, ale dostatečné množství oleje. Toto množství musí poskytnout odpovídající namazání, aby nedocházelo k nárůstu teploty ložiska. U této metody je důležité, aby výstupní rychlost oleje z trysky byla dostatečně vysoká. V opačném případě by díky turbulentnímu proudění nemuselo být dosaženo správného mazání.



Obr. 14 Vstřikování oleje [4]

4.2.5 Olejová lázeň

Nejjednodušší způsob mazání olejem. Olej je vynášen a distribuován rotujícími částmi ložiska. Dále proudí dolů do olejové vany, kde dochází k ochlazování. Hladina oleje musí dosahovat středu nejnižšího valivého elementu v okamžiku, kdy ložisko stojí. Při vysoké rychlosti otáčení může hladina výrazně poklesnout, proto se v takovém případě volí jiná metoda mazání.



Obr. 15 Olejová lázeň, hladina oleje [4]

5. Speciální mazací jednotky, doplňky příslušenství

5.1 Jednotky s prodlouženými mazacími intervaly

Dlouhodobé životnosti je dosaženo pouze za předpokladu správného návrhu mazaného místa a to se týká, jak zatížení, tak i mazání a těsnění.

Životnost maziva a domazávací interval

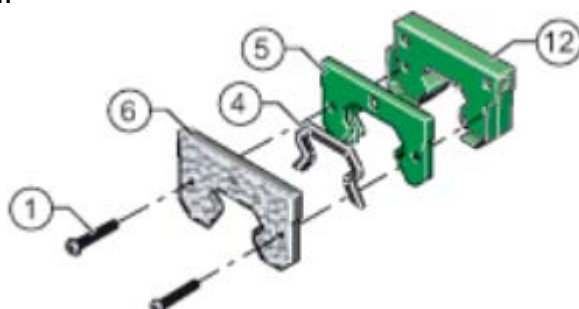
Pokud vedení nemohou být domazána, životnost maziva se stává rozhodujícím faktorem životnosti samotného vedení. Životnost maziva udává délku doby, po kterou může být použito mazivo, aniž by tím byly oslabeny jeho mazací a ochranné vlastnosti. Se zvyšujícím se zatížením vedení roste i zatížení maziva. V důsledku toho stárne rychleji. Předčasné znehodnocení maziva má nepříznivý vliv na jeho funkční vlastnosti. Mazivu klesá životnost a domazání musí být provedeno dříve. Pokud nebudou dodrženy zkrácené mazací intervaly, bude lineárnímu vedení klesat očekávaná prozní životnost. S klesající životností samotného maziva se snižuje i životnost lineárního vedení.

Objem maziva ve vozíku se zvýší objemem v mazacím zásobníku. Pokud je vozík vybaven jednotkou pro prodloužené mazací intervaly, dochází ke zrovnoměrnění mazacího cyklu při pohybu vedení a nedochází ke kolísání množství maziva. Mazivo je uloženo ve velkokapacitním zásobníku a průběžně uvolňováno k oběžným drahám přes mazací prvky.

Jednotky pro prodloužené mazací intervaly jsou vhodné zejména pro aplikace, kde správné a dostatečné mazání má velký význam. Jednotky jsou montovány na vozíky mezi stěrač a koncovku. Možnost montáže je jak v horizontální tak vertikální poloze.

První mazání a plnění

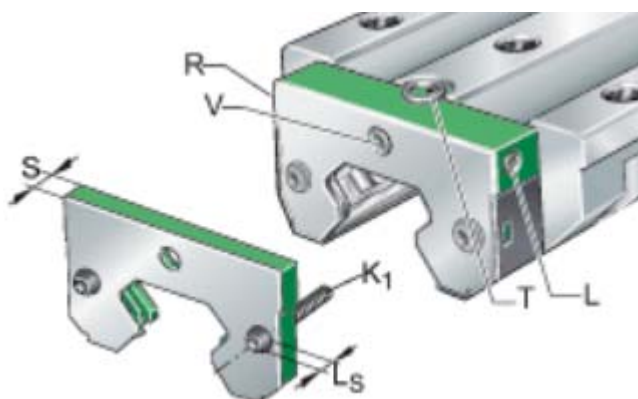
Tyto jednotky pro prodloužené mazací intervaly jsou připraveny k provozu, je ovšem vhodné provést počáteční mazání a doplnění zásobníku. V případě potřeby může být zásobník doplňován skrz určené otvory. Pokud je jednotka demontována, je nezbytné, aby byla předmazána. Jednotka pro prodloužené mazací intervaly musí být namontována na obou koncích vozíku. Dle doporučení výrobce příslušenství k valivým vozíkům jsou tyto jednotky převážně určeny pro mazání valivého vozíku tukem. V samotném zásobníku je pak olej, který má za úkol udržovat mazivo potřebných parametrů.



Obr. 16 Sestava jednotky INA pro prodloužené mazací intervaly [9]



- 1 – šrouby
- 4 – stěrač
- 5 – nosná deska stěrače
- 6 – koncová deska stěrače
- 12 – jednotka pro prodloužené mazací intervaly

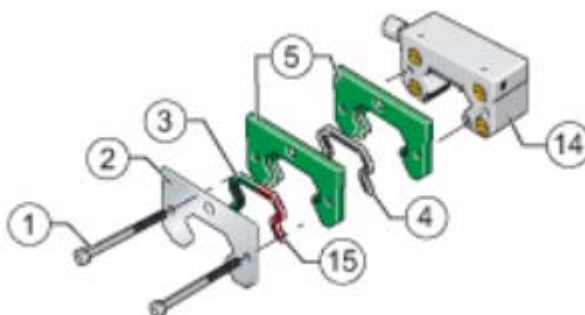


Obr. 17 Montáž jednotky INA pro prodloužené mazací intervaly [9]

- T – horní přívod maziva
- L – Boční přívod maziva
- V – přívod maziva středem

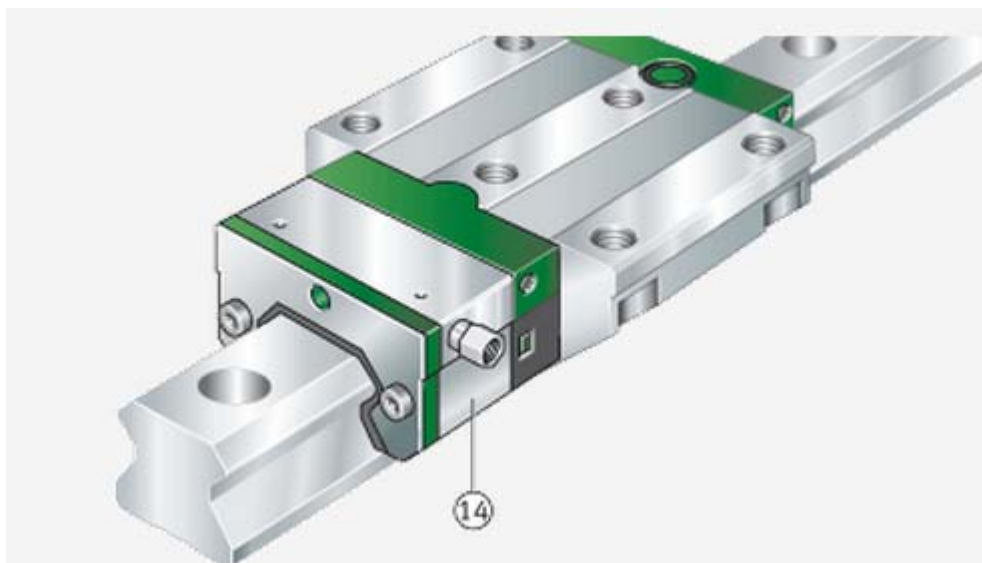
5.2 Jednotka na odměřování minimálního množství maziva

Odměřovací zařízení je namontováno na čelní stranu valivého vozíku. Toto odměřovací zařízení může být připojeno k jakémukoliv systému centrálního mazání. Písty rozdělují přivedené mazivo ke všem oběžným drahám rovnoměrně bez ohledu na pozici valivého vozíku. Rozdělování maziva probíhá ekonomicky s přesným minimálním odměřeným množstvím maziva. Mazivo je v tomto případě dodáváno pouze z jedné strany vozíku. Množství přivedeného maziva je určeno počtem mazacích impulsů. Dávkovací jednotka odměřuje 0,12cm na impuls.



Obr. 18 Sestava jednotky s přídatnými stěrači [9]

- 1 – šroub
- 2 – koncová deska
- 3,4,15 – stěrače
- 5 – nosná deska stěrače
- 14 – jednotka pro dávkování min. množství maziva



Obr. 19 Jednotka pro dávkování min. množství maziva [9]

14 – jednotka pro dávkování min. množství maziva

5.3 Stěrače

Mezi prvky, které udrží mazivo tam, kde je potřeba, patří stěrače. K dispozici je celá řada. Od základních, které odstraňují pouze nečistoty z vedení a brání tak kontaminování maziva a vniknutí nečistot k valivým elementům a možnému poškození.

U valivých vozíků se využívá především těchto stěračů:

- koncový stěrač,
- koncový stěrač se dvěma břity,
- přídatný koncový stěrač s nosnou deskou,
- přídatný stěrač na hrubé znečištění,
- těsnící lišty.

Dále se stěrače dělí podle prostředí, ve kterém pracují. Rozeznáváme několik typů prostředí:

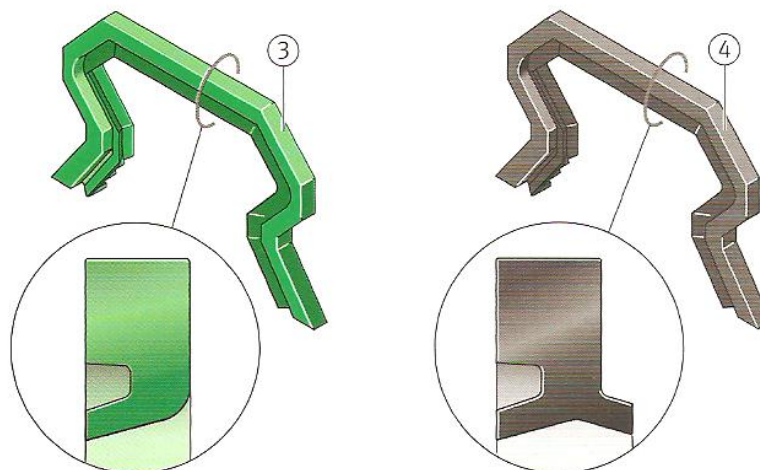
- velmi lehké znečištění (čisté prostředí),
- lehké znečištění (Třísky, bez emulze),
- střední znečištění (Třísky, emulze),
- těžké znečištění (Horké třísky, agresivní emulze).



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Koncový stěrač

Jedná se o základní příslušenství každého vozíku. Je nasazen do osazení v samotném vozíku a je zajištěn koncovou podložkou. Podložka chrání stěrač před poškozením horkými třískami. V základním provedení se používají jednobřité nebo dvoubřité stěrače.

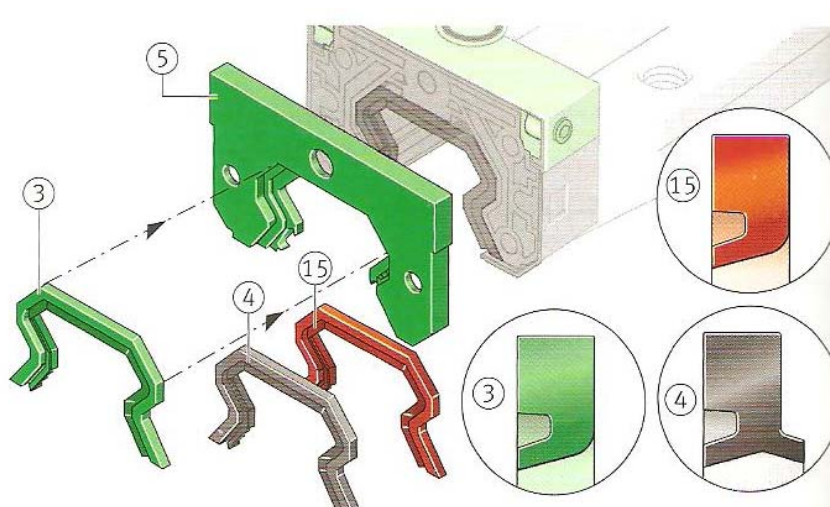


Obr. 20 Koncové stěrače [9]

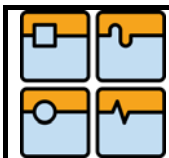
- 3 – jednobřitý stěrač
4 – dvoubřitý stěrač

Přídavný koncový stěrač s nosnou deskou

Volitelné příslušenství ze speciálního stíracího materiálu, chrání před agresivními látkami. Konstrukce opět jednobřitá nebo dvoubřitá.



Obr. 21 Druhy koncových stěračů [9]

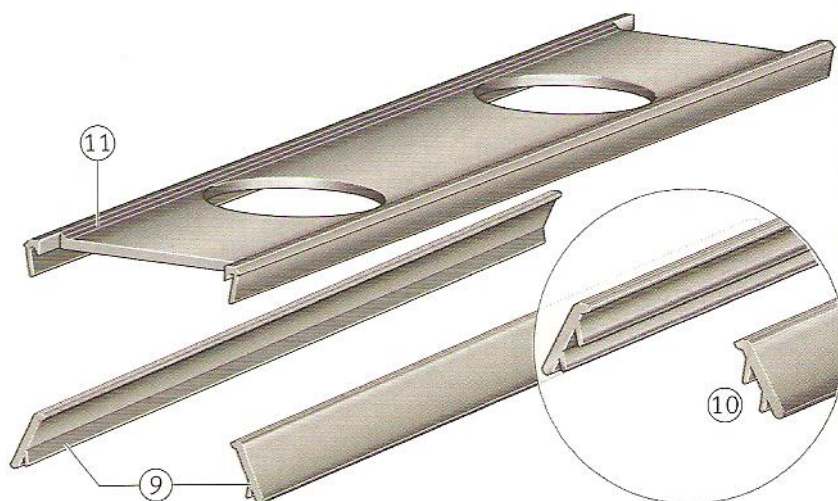


Stěrač na hrubé znečištění

Volitelné příslušenství, pro hrubé znečištění.

Těsnící lišty

Volitelné příslušenství chrání valivé elementy před kontaminací maziva nečistotami. K dispozici jsou lišty s jedním nebo dvěma břity. Jejich použití je nutné při aplikaci minimálního mazání a při silném znečištění.



Obr. 22 podélné stírací a těsnící lišty [9]

9 – spodní jednobřítá lišta

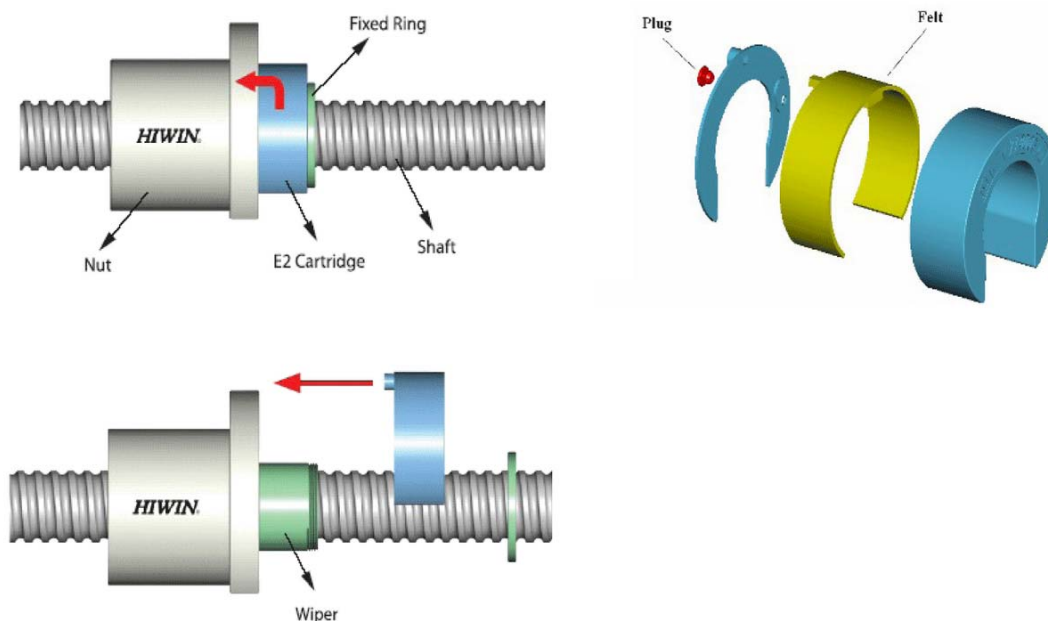
10 – detail dvoubřité stírací lišty

11 – horní stírací lišta



5.4 Mazání kuličkových šroubů

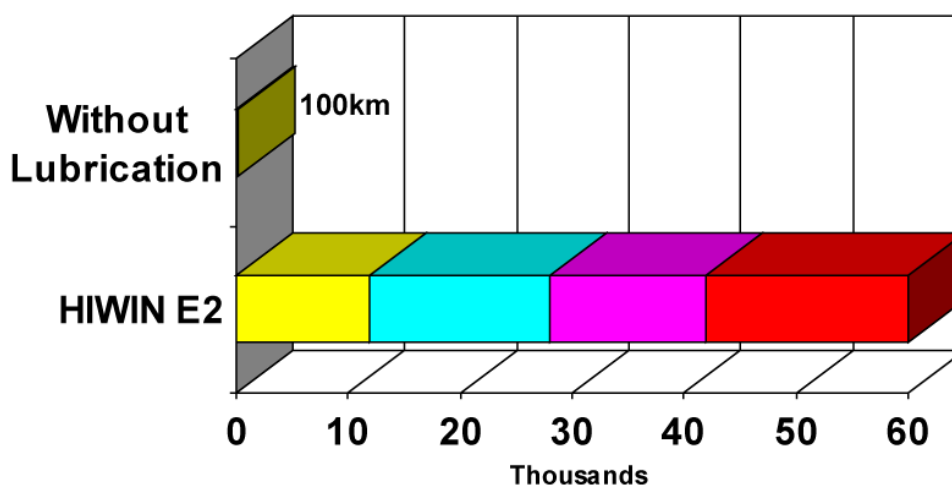
U kuličkových šroubů je k dispozici celá škála příslušenství. Mezi nejvýznamnější na poli mazání je mazací zásobník. Tyto zásobníky se připojují přímo na mazací adaptér matice kuličkového šroubu.



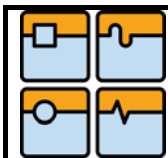
Obr. 23 přídavné mazací zásobníky pro kuličkové šrouby [17]

Na obr znázorněný mazací adapter firmy HIWIN.

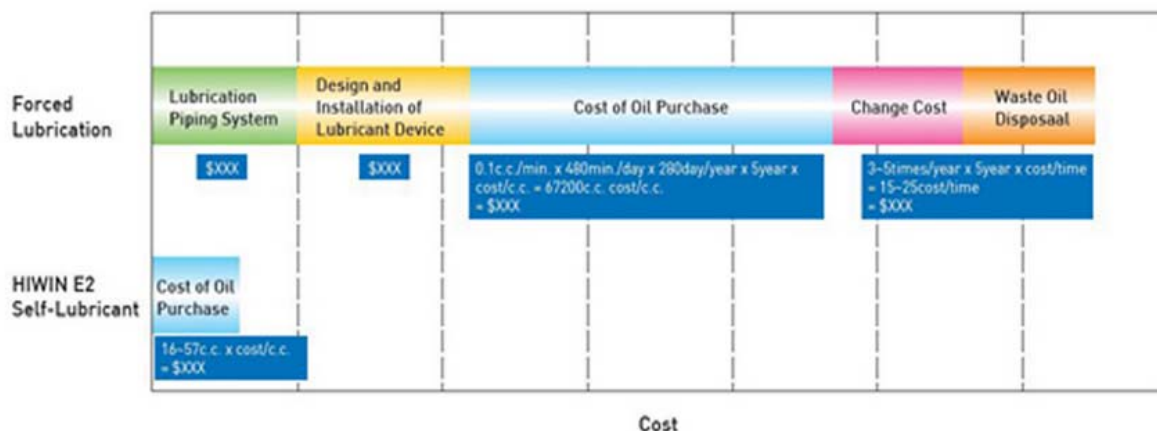
Zde na obrázku porovnání životnosti kuličkového šroubu s mazacím zásobníkem a bez mazacího zásobníku bez jakéhokoliv mazání.



Obr. 24 Životnost kuličkového šroubu [17]



Porovnání nákladů na mazací systém a mazací zásobník podle firmy HIWIN



Obr. 25 Porovnání nákladů na mazání kuličkových šroubů [17]

5.5. Progresivní rozdělovač

Progresivní rozdělovač LINCOLN SSVD rovnoměrně rozděluje mazivo přiváděné z jednoho přívodu na více předem definovaných dávek bez závislosti na protitlaku. Pohyb pístků je totožný se standardním progresivním rozdělovačem. V tomto provedení, ke každému řídicímu pístku, je paralelně zapojen dávkovací pístek, jehož zdvih je omezen výměnným dávkovacím šroubem. Tím je schopen dodávat různá množství maziva mezi jednotlivé výstupy. [11]



Obr. 26 Dávkovací šrouby [11]

Rozdělovače pracují v cyklech, pokud je dodávka maziva přerušena a obnovena, pokračuje v činnosti tam, kde skončil před přerušením. Pohyb následujícího pístku nezačne, dokud nebude zcela dokončen předchozí krok. V případě, že dojde ke kolizi na kterémkoli výstupu např. ucpání mazaného místa, se zablokuje celý rozdělovač. Rozdělovače jsou k dispozici se 6 až 22 vývody a jednotlivé výstupy lze spojovat a dosáhnout tak větší mazací dávky. Tím, že tyto rozdělovače neobsahují žádné těsnící prvky a pružiny, se snižuje riziko poruchy a je dosaženo vysoké životnosti a spolehlivosti. [11]



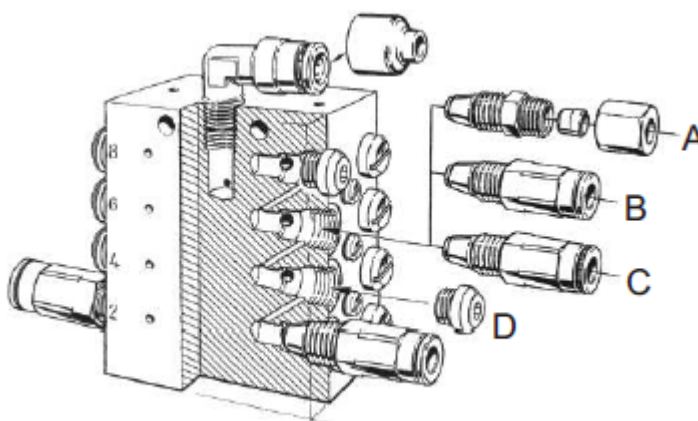
Technické parametry

Tab. 1 Technické parametry

Počet vývodů	6.22
Dodávka na vývod	0,08; 0,14; 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,4; 1,8 cm ³ /zdvih
Max. pracovní tlak	350 bar
Min. pracovní tlak	20 bar
Použitelné mazivo	Olej a tuk do třídy NLGI 2



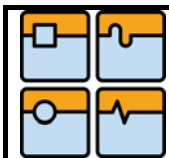
Obr. 27 Progresivní rozdělovače LINCOLN SSVD [11]



Obr. 28 Progresivní rozdělovač LINCOLN SSVD, řez [11]

- A- Výstupní šroubení se zářezným prstýnkem
B- Výstupní šroubení zástrčkové rýhovaný okraj (pro hadici)
C- Výstupní šroubení zástrčkové rýhovaný okraj (pro plastové trubky)
D- Záslepovací matka

Tyto rozdělovače jsou buď bez detekce funkce, s kontrolním kolíkem (vizuální kontrola) nebo s elektronickým snímáním polohy pístku.



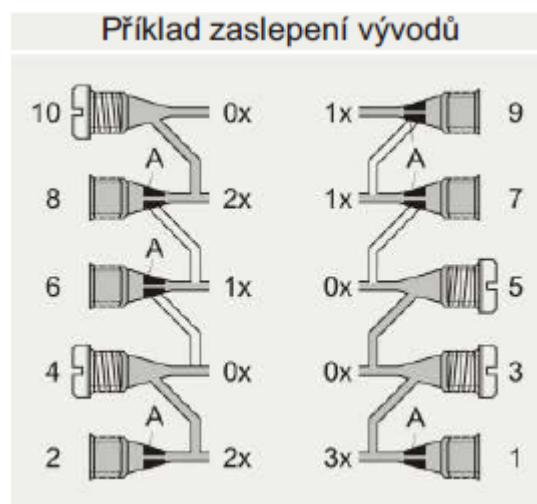
Tabulka velikostí dávky v závislosti na délce šroubu

Tab. 2 Závislost délky šroubu na velikosti dávky

Název	Velikost dávky [cm ³]	Délka dávkovacího šroubu [mm]
Dávkovací šroub SSVD 008	0,08	46,7
Dávkovací šroub SSVD 014	0,14	45,9
Dávkovací šroub SSVD 020	0,20	44,7
Dávkovací šroub SSVD 030	0,30	42,7
Dávkovací šroub SSVD 040	0,40	40,7
Dávkovací šroub SSVD 060	0,60	36,7
Dávkovací šroub SSVD 080	0,80	32,7
Dávkovací šroub SSVD 100	1,00	28,7
Dávkovací šroub SSVD 140	1,40	20,8
Dávkovací šroub SSVD 180	1,80	12,8

Spojování dávek

Při cíleném zaslepení vývodů použijeme zaslepovací zátku místo výstupního šroubení. Tím se dávka maziva ze zaslepené sekce připojí k dávce následující. Poslední dva vývody zaslepeny být nesmí, protože by došlo k zablokování celého dávkovače. Na výstupech musí z důvodu zachování správné funkce být použito výhradně originální šroubení se zpětným ventilem.



Obr. 29 Příklad zaslepování vývodů [11]

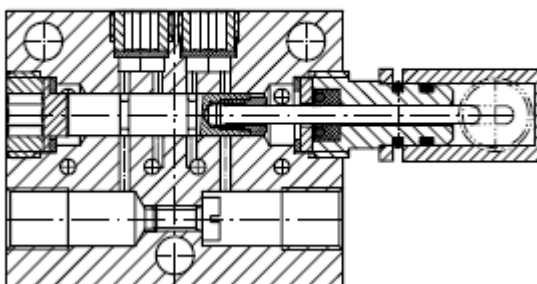
Další možností je využití progresivních rozdělovačů firmy Tribotec PRA / PRB. Tyto rozdělovače také umožňují volit velikost dávky pro jednotlivé vývody od 0,08 do 0,90 cm³ / zdvih. Počet vývodů je volitelný v rozmezí 6 až 20 na jeden rozdělovač. Jednotlivé vývody lze mezi sebou propojovat a ovlivnit tím velikost dávky. V tomto případě se oproti rozdělovači SSVD propojení provádí pomocí vnějších můstků. Funkce samotného rozdělovače je totožná.



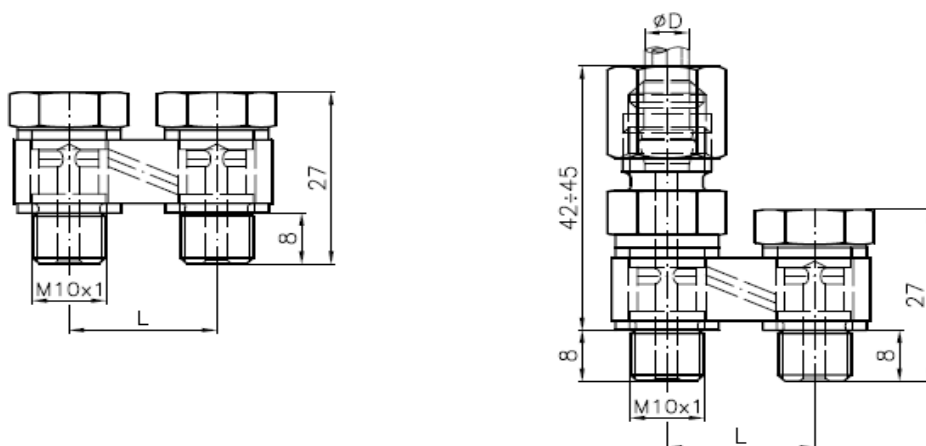
Technické parametry

Tab. 3 Technické parametry

Počet vývodů	6 – 20	
Dodávka na vývod	0,08; 0,12; 0,16; 0,20; 0,24; 0,30; 0,45; 0,60; 0,90 Cm ³ / zdvih	
Max. pracovní tlak	230 bar	
Provozní tlak	160 bar	
Požité mazivo	olej	min. 50 mm ² / s
	tuk	max. do třídy NLGI 2



Obr. 30 Kontrolní snímací kolík se snímačem [13]



Obr. 31 Můstky na propojení vývodů [13]

Menší nevýhodou těchto rozdělovačů je přesné definování v objednávce a nemožnost rekonfigurace výměnou stavěcích šroubů. Další omezení může být propojování venkovními můstky.

6. Mazací systém na stroji SKL v době zadání DP

Seznam mazaných míst:

- Valivé vedení.
- Pohybové kuličkové šrouby.
- Uložení kuličkových šroubů.
- Uložení náhonu rotačních nástrojů.
- Uložení upínací desky.

Centrálním mazáním mazaná místa

- Valivé vedení.
- Tlumící vozíky.

Jedná se o centrální, ztrátový mazací systém, ovládaný automaticky v závislosti na délce provozu stroje. Jde o časové řízení mazání stroje pomocí řídicího systému. Řídicí systém po uplynutí 3,5 hodiny automaticky spustí mazací agregát a dojde k promazání mazacích míst stroje. Dále se mazání provede při každém zapnutí stroje hlavním vypínačem. Mazací systém má dva okruhy, výstup z čerpadla se větví v rozvodné kostce. Vnitřní průměr potrubí je 6mm. [1]

- I. mazací okruh zásobuje mazivem valivé vedení příčinkového suportu, tzn. valivé vozíky a také tlumící vozíky.
- II. Mazací okruh zásobuje mazivem valivé vedení smykadla, tzn. valivé vozíky a tlumící vozíky.

Oba mazací okruhy jsou rozděleny na primární a sekundární rozvody. Primární část okruhu zahrnuje mazací agregát, rozvodné potrubí a rozvodné kostky. Na konec každého okruhu je umístěn kontrolní tlakový spínač. Sekundární část okruhu zahrnuje jednotlivé dávkovače. [1]

Užitý mazací agregát

Jedná se o mazací agregát SEO-3P (Tribotec) o obsahu 3l. Průhledná plastová nádrž umožňuje vizuální kontrolu maziva. Na víku nádrže je umístěn zubový generátor, sací koš, rozvodné potrubí a elektroinstalace. [1]



Obr. 32 Mazací agregát [12]

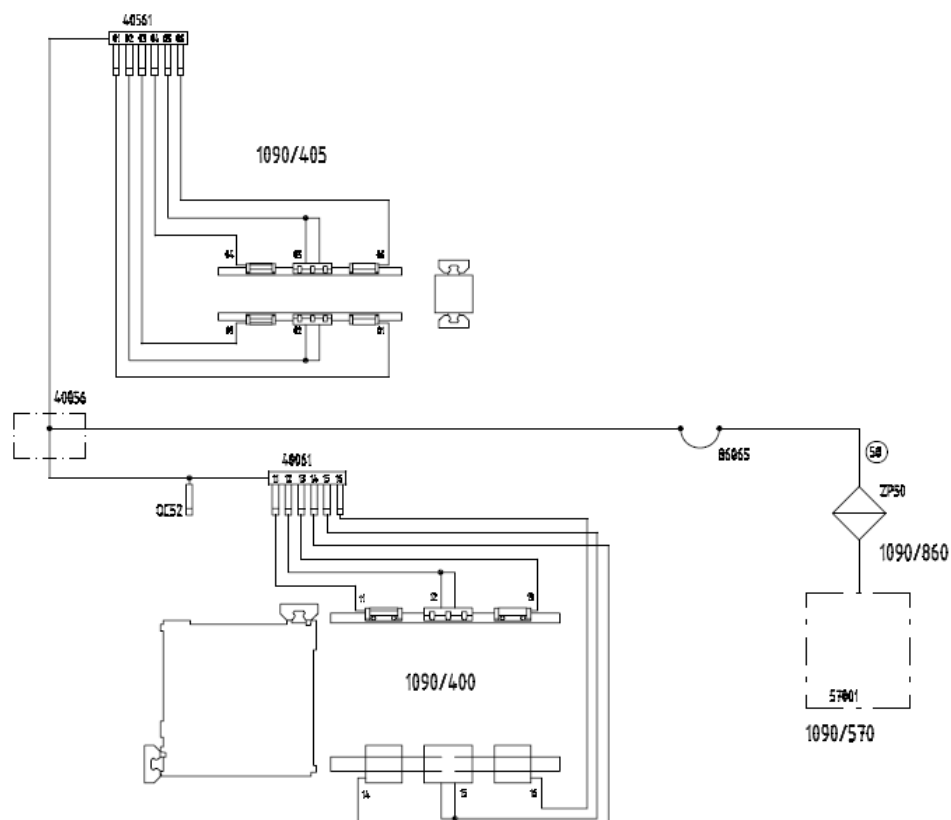


Parametry mazacího agregátu

Tab. 4 Technické parametry mazacího přístroje

Maximální tlak	70 bar
Pracovní tlak	50 bar (25 bar)
Odlehčovací tlak	cca 1 bar
Rozsah regulace tlaku	15 až 50 bar
Jmenovité dodávané množství	500 cm ³ / min.
Objem zásobníku	2,3,4,6,8,12,50 l
Počet vývodů	1
Vývodní šroubení	M12x1mm
Elektromotor	220-240/380-420V 0,9kW
Mazivo	Min. 50 mm ² / s
Teplota maziva	0 až 80°C
Teplota prac. prostředí	0 až 60°C
Hmotnost	dle provedení

Zapojení rozvodných kostek a dávkovačů



Obr. 33 Schematické zapojení centrálního mazání na stroji SKL 12[1]

Mazání matic kuličkových šroubů

Kuličkové matice jsou mazány tukem. Po dobu zabíhání stoje je nutné doplňovat mazivo každé 2 – 3 měsíce. Po zaběhnutí stroje, při běžném provozu, je doporučený interval mazání 6 – 8 měsíců. Je zakázáno používat tuky s rozlišnými mazacími schopnostmi a doporučeno používat jeden druh maziva. Množství maziva musí vyplnit polovinu vnitřního prostoru kuličkové matice. Domazávací dávka maziva je v případě tuku stanovena na 15 cm^3 . [1]

Trvanlivá náplň

Speciální dvouřadá ložiska s kosoúhlým stykem pro uložení kuličkových šroubů jsou namazány trvanlivou tukovou náplní přímo u výrobce a při běžném provozu je životnost náplně 5 let a není nutné doplnění. Při výměně maziva je nutné nejprve odstranit staré mazivo a následně přesně odměřit množství nové náplně a provést záběh ložisek. [1]

Ložiska uložení vřetene upínací desky jsou taktéž namazána trvalou tukovou náplní pro vysoké zatížení přímo u výrobce stroje. Životnost náplně je 5 let podle druhu provozu. Při výměně maziva je nutné odstranit staré mazivo a odměřit množství nového maziva. [1]

Spotřeba maziva

Kuličkové šrouby

$2 \times 15 \text{ cm}^3$ tuku/ 6 – 8 měsíců, z toho plyne roční spotřeba maziva 60 cm^3 .

Valivé vedení

8x valivé vozíky INA RUE 45/55 $0,03 \text{ cm}^3$ / hodinu z toho plyne denní potřeba mazacího oleje na jednu směnu $0,72 \text{ cm}^3$, a roční spotřeba při jednosměnném provozu činí 188 cm^3 mazacího oleje.

4x tlumicí vozíky $0,06 \text{ cm}^3$ / hodinu z toho plyne denní spotřeba mazacího oleje na jednu směnu $0,72 \text{ cm}^3$, a roční spotřeba při jednosměnném provozu činí 188 cm^3 .

Ložiska

Dále je u ložisek uložení kuličkového šroubu a upínací desky trvanlivá tuková náplň, která je napočítána na životnost stroje. Tudíž celkovou roční spotřebu neovlivňuje.

Celková roční spotřeba maziva

Jednosměnný provoz

$60 \text{ cm}^3 + 188 \text{ cm}^3 + 188 \text{ cm}^3 = 436 \text{ cm}^3$ maziva

Dvousměnný provoz

$60 \text{ cm}^3 + 376 \text{ cm}^3 + 376 \text{ cm}^3 = 812 \text{ cm}^3$ maziva

7. Konstrukční varianty mazacích soustav

Postup výběru optimální varianty:

- Vytipování možných centrálních mazacích systémů.
- Výběr optimální varianty z různých hledisek.
- Určení konečného pořadí.
- Zhodnocení výsledků.
- Konstrukční návrh vybrané varianty.

Volbu konkrétního typu mazacího systému ovlivňují následující faktory:

- počet mazaných míst,
- poměry mezi dávkami do jednotlivých míst,
- výskyt skupin mazaných míst s různými režimy práce,
- spotřeba maziva,
- rozloha mazaného stroje,
- typ provozu,
- uspořádání mazaných míst,
- mazací médium,
- požadavek na zpětné hlídání funkce systému,
- požadavek na pozdější rozšíření systému,
- požadavek na návaznost na cykly mazaného zařízení,
- požadavek na dodatečné nastavování dávek maziva.

Systém v době zadání práce byl navrhnout s jednotkami generace D. U generace D bylo nutné při návrhu uvádět, jaké je uvažované mazací médium. U současné generace E byly na základě požadavků zákazníku tyto komplikace odstraněny a navrhнутy jednotky vnitřně optimalizované, které mohou pracovat jak s mazacími oleji, tak s mazacími tuky.

Návrh variant

Centrální mazání olejem s využitím progresivních rozdělovačů

- valivé vozíky lineárního vedení,
- matice kuličkových šroubů,
- ložiska uložení kuličkových šroubů,
- ložiska uložení upínací desky,
- náhon rotačních nástrojů.

Centrální mazání tukem s využitím progresivních rozdělovačů

- valivé vozíky lineárního vedení,
- matice kuličkových šroubů,
- ložiska uložení kuličkových šroubů,
- ložiska uložení upínací desky,
- náhon rotačních nástrojů.

Mazání s využitím zásobníků maziva a trvanlivé tukové náplně

- vozíky lineárního vedení – mazací zásobníky,
- matice kuličkových šroubů,
- ložiska trvanlivé náplně.

Kombinovaná soustava centrálního mazání a trvanlivé náplně

- centrální mazání:
 - o valivé vozíky lineárního vedení,
 - o matice kuličkových šroubů,
- doživotní trvanlivá náplň:
 - o ložiska uložení kuličkových šroubů,
 - o ložiska uložení upínací desky,
 - o náhon rotačních nástrojů.

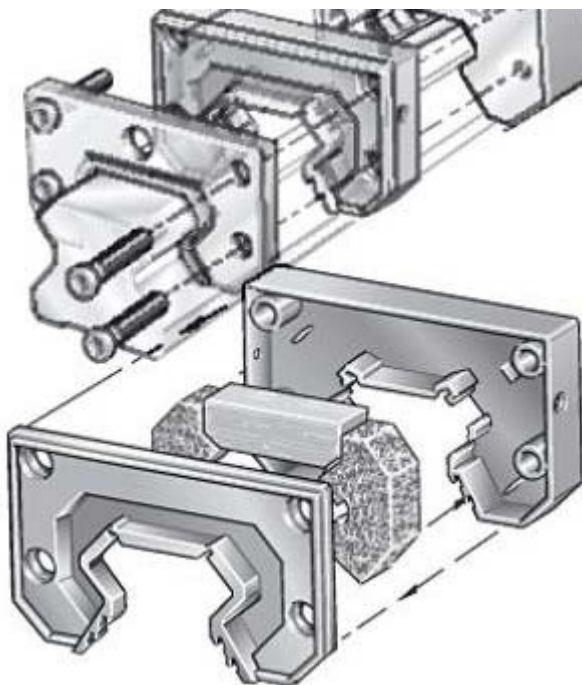


7.1 Mazání s využitím zásobníků maziva a trvanlivé tukové náplně

Při návrhu této varianty byla snaha o co nejmenší dopady na životní prostředí. Jedná se o užití jednotek s dávkováním minimálního množství maziva z integrovaných zásobníků. Tyto zásobníky jsou umístěny přímo v místě, kde probíhá mazání. Nesporná výhoda tohoto umístění spočívá v absenci mazacího přístroje, veškerého rozvodného potrubí a hadice. Dále nemusíme řešit případné netěsnosti okruhu. V neposlední řadě tyto jednotky uvolňují potřebné množství maziva a nedochází k přemazávání.

Valivé vedení

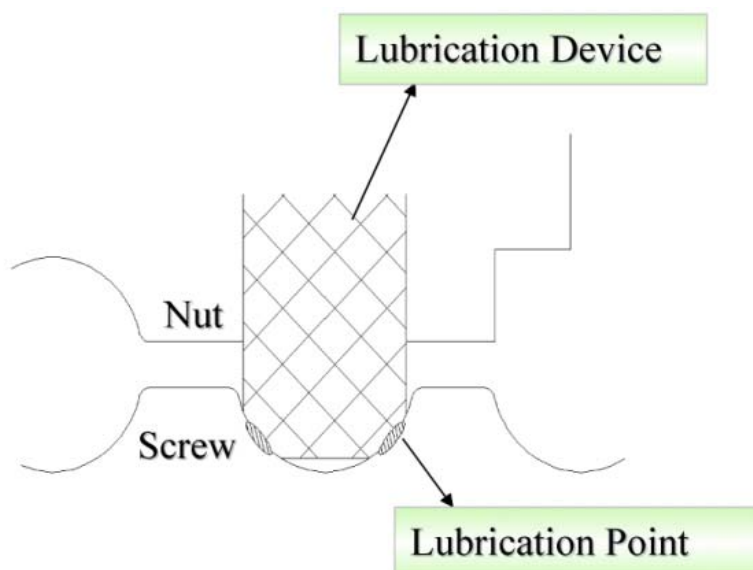
Z nabídky produktů INA můžeme volit jednotky pro prodloužené mazací intervaly. Jednoty se připojují na čelní strany valivých vozíků mezi koncový člen oběhu válečků a koncové stěrače. Stěrače chrání mazivo před znečištěním a kontaminací agresivními látkami. Tyto jednotky mohou být montovány jak ve vodorovné, tak i svislé poloze, což odpovídá potřebám toho stroje. Montáž těchto jednotek je nutné provádět vždy v páru, tzn., že na jeden valivý vozík montujeme jednotku z každé strany valivého vozíku. Užitím těchto jednotek lze dosáhnout výrazného prodloužení mazacích intervalů. V kterých případech je možno hovořit o bezúdržbovém vedení bez nutnosti mazat po celou dobu životnosti vedení.



Obr. 34 Zásobník maziva pro valivé vozíky INA [19]

Kuličkové šrouby

Při mazání kuličkových šroubů máme několik možností. Jednou z nich je trvanlivá tuková náplň, kterou musíme po uplynutí předem stanoveného časového intervalu doplnit ručně. Další možností je využití mazací jednotky s postupným uvolňováním maziva. Tato jednotka se montuje přímo na maznici na kuličkové matici. Jednotka je vybavena stěrači, které mají na starosti udržovat mazivo v místě matice a chránit mazivo před znečištěním jak agresivními látkami, tak abrazivními částicemi. Znečištěné mazivo by mohlo mít vliv na opotřebení šroubu a tím se mohla snížit přesnost polohování stroje.



Obr. 35 Princip mazání olejovými zásobníky HIWIN [17]

Užitím těchto mazacích zásobníků na valivých vozících vedení a kuličkových šroubech lze dosáhnout v kombinaci s trvalou náplní ložisek v optimálních podmínkách bezúdržbového provozu. V takovém případě se dá hovořit o doživotním mazání. Je všemi výrobci těchto komponent doporučeno kontrolovat náplň zásobníku a v případě kriticky nízké hladiny ji doplnit.

Výhody:

- minimální spotřeba maziva,
- šetrné k životnímu prostředí,
- úspora nákladů na mazací agregát a rozvodné potrubí.

Nevýhody:

- nízká kontrola nad mazáním vedení,
- hrozba nedostatečného mazání,
- možnost rizika opotřebení,
- možnost vzniku tepla.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 49
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Mazání ložisek pohybových skupin

Ložiska kuličkových šroubů jsou plněny u výrobce trvanlivou tukovou náplní, která je dostatečná při běžném zatížení a provozu po celou dobu životnosti ložiska. Další domazávání již v takovém případě není nutné.

Stejná situace je i u ložisek uložení upínací desky. Tyto ložiska také nepodléhají vysokým otáčkám, a tudíž je trvanlivá doživotní náplň dostatečná.

Ložiska náhonu rotačních nástrojů. Ložiska jsou mazána trvanlivou tukovou náplní. Otáčky náhonu nejsou extrémně vysoké, proto ložiska nevyžadují speciální mazání ani chlazení.

Trvanlivou náplní rozumíme takové mazivo, u kterého výrobce maziva garantuje požadované vlastnosti po stanovenou dobu a nedochází k degradaci vlastností maziva.

Nejsem si jist, zda se vedení uchladí za použití pouze olejového zásobníku.

Nebylo možné zjistit objem zásobníku maziva, tudíž nelze určit roční spotřebu maziva. U zásobníků jednotek lineárního vedení je možnost připojení na mazací systém s možností doplnění maziva. Předěšlá generace jednotek umožňovala pouze ruční doplňování.

7.2 Centrální mazání tukem s využitím progresivních rozdělovačů

Výhody centrálního mazání oproti jiným způsobům mazání již byly zmíněny.

Stručně shrnuto, jistota namazání každého místa, pravidelné intervaly, nemožnost kontaminace maziva a v neposlední řadě není nutné spoléhat se na obsluhu stroje. Dále bude dodáno dostatečné množství maziva, které umožní vznik mazacího filmu a nebude docházet k nadměrnému tření, opotřebení a tím také deformacím a snižování přesnosti stroje.

V případě mazání tekutým tukem je dovoleno požitými prvky mazání užít tuk o maximální viskozitě NLGI 00.

Základní princip centrálních mazacích systémů je uveden na str. 18.

Použité prvky

Centrální mazací přístroj pro progresivní mazací systémy

Volím agregát firmy Tribotec, jelikož agregát je použit u stávajícího mazacího systému. Jedná se o mazací přístroj ACF nebo PMP, objem zásobníku maziva 2 litry. Agregát je tvořen průhlednou nádobou, která je posazena na hliníkové tělo čerpadla. Čerpadlo je pístové konstrukce se 3 vývody (jeden píst na jeden vývod) s možností zaslepení 2 vývodů. Písty jsou ovládány elektromotorem, který přes šnekový převod působí na písty čerpadla. Při odlehčení pístu dochází k nasávání maziva a při stlačení k jeho vytlačení přes jednocestný ventil do potrubí k progresivním rozdělovačům. V nádrži se nachází pomocný stěrač (pro variantu na tuk), který je pohybově svázán s vačkou. Stěrač stírá mazivo ze stěn a přibližuje ho do prostoru sání. Na výstupy čerpadla je možné připojit potrubí o vnějším průměru 6, 8, nebo 10 mm. Jako mazací mediu v tomto případě bude užito tekutého tuku viskozity NLGI 00. [12]



Obr. 36 Mazací přístroj Tribotec ACF [12]



Valivé Vedení INA

Nabídku produktů INA pro minimalizaci množství maziva jsem představil v předešlé kapitole. Při užití progresivních rozdělovačů připadá v úvahu pouze standardní jednotka valivého vedení s možností vybavení přídatných nebo dvojíých stěračů.



Obr. 37 Valivé vedení INA RUE 45/55 [19]

Při použití tuku je určení mazacích dávek a intervalů složitější. Je nutné postupovat podle doporučení výrobce. Základem je určení zatížení valivých vozíků. Z toho se pak odvíjí následující výpočet a volba parametrů. Volím vždy valivý vozík s nejvyšším zatížením.

Mazání kuličkových šroubů tukem

Při mazání kuličkových šroubu tukem není nutné mít trvalý přívod maziva, pokud bude navrhnut systém s ručním domazáváním. V tomto případě hrozí nedostatečné mazání nebo přemazávání. Při přemazávání dochází k nadměrnému hnětení maziva a tím jeho oteplování. Dále nedodržení mazacích intervalů. Proto i v tomto případě je vhodné použití centrálního mazacího systému. Bude zajištěna přesně odměřená mazací dávka a budou dodrženy mazací intervaly.

Při použití centrálního mazacího systému je nutné určit mazací cykly. Počet impulzů a jejich objem nalezneme v následující tabulce. Množství tekutého tuku potřebného k mazání kuličkového šroubu je shodné s množstvím tuku při současném provedení, ovšem interval se zkrátí na polovinu. Tzn. 15 cm³ tekutého tuku na intervalu 4 měsíců. Tekutý tuk má výhodu v porovnání s olejem, že u svislých aplikací nestéká a není nutné zvyšovat dávky maziva.[16]

Samotné domazávání je dále závislé na provozních podmínkách jako znečištění, zatížení, otáčky. Při velkém zatížení je doporučeno intervaly zkrátit. V případě optimálních provozních podmínek je možné intervaly prodloužit. V tomto případě nedochází k nadměrnému namáhání, vysokým otáčkám ani žádnému znečištění. (hiwin)

Mazání ložisek

Určení životnosti maziva se provádí z grafu.
Stanovení množství maziva se provede výpočtem.

Volba progresivního rozdělovače

Výše uváděné rozdělovače jsou velice podobné. Rozdíly najdeme pouze v provedení a ve jmenovitých výtlačných dávkách. Pro tuto variantu jsem zvolil rozdělovač s 20 vývody o jmenovité výtlačné dávce $1,0 \text{ cm}^3$. Výstupy budou sdružené pro vedení RUE 55 budou sloučeny 3 výstupy pro jeden vozík a pro vedení RUE 45 budou sloučeny 2 výstupy pro jeden vozík. Dále rozdělovač s 8 vývody o jmenovité výtlačné dávce $1,4 \text{ cm}^3$, $0,6 \text{ cm}^3$, $0,8 \text{ cm}^3$ pro uložení upínací desky a rozdělovač s 6 vývody o jmenovité výtlačné dávce $1,0 \text{ cm}^3$ pro mazání kuličkových šroubů.

Tlumicí vozíky nejsou užity, jejich efekt na stroji neprojevil. Tím získáme další úsporu maziva.

Výsledná spotřeba maziva:

Kuličkové šrouby

$2 \times 15 \text{ cm}^3 \text{ m tuku} / 4 \text{ měsíců}$, z toho plyne roční spotřeba maziva 90 cm^3 .

Valivé vedení

8x valivé vozíky INA RUE 45/55 v případě mazání tukem se neudává údaj hodinové potřeby maziva. Udává se životnost maziva obsaženého ve valivém vozíku v závislosti na provozních podmínkách.

Ložiska

Dále je u ložisek uložení kuličkového šroubu trvanlivá tuková náplň, která je napočítána na životnost stroje. Tudíž celkovou roční spotřebu neovlivňuje.

Životnost této dávky maziva je 7000 provozních hodin v případě svislé montáže se časový interval zkracuje na polovinu. Způsob doplňování maziva byl zvolen otvorem ve vnějším kroužku. [4]

Celková spotřeba maziva pro ložiska uložení desky je $87,4 \text{ cm}^3$ za rok na jednu směnu. Při dvousměnném provozu $174,8 \text{ cm}^3$ za rok.

Celková roční spotřeba maziva

Jedno směný provoz

$90 \text{ cm}^3 + 60 \text{ cm}^3 + 87,4 \text{ cm}^3 = 237,5 \text{ cm}^3 \text{ maziva/rok}$

Dvou směný provoz

$90 \text{ cm}^3 + 120 \text{ cm}^3 + 174,8 \text{ cm}^3 = 384,8 \text{ cm}^3 \text{ maziva/rok}$

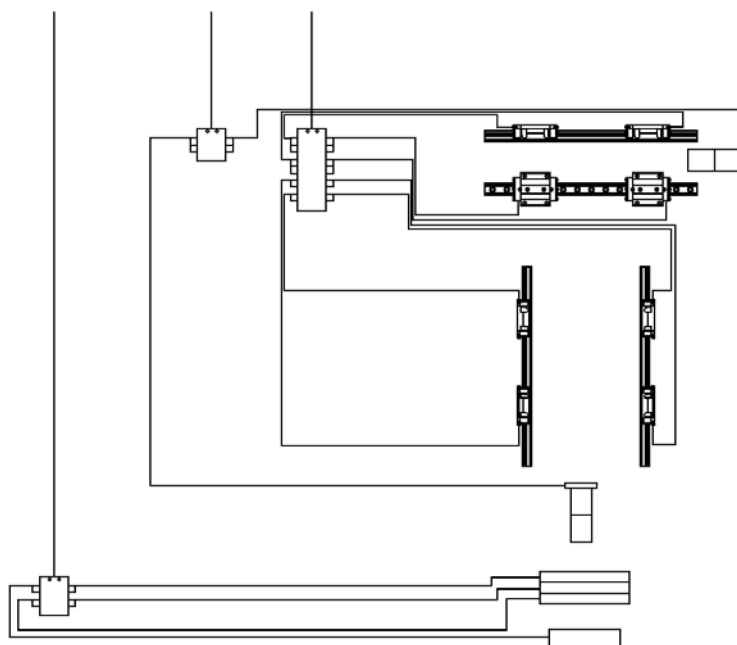


Výhody:

- spolehlivost systému,
- kontrola provedení mazacího cyklu s indikací,
- minimální spotřeba tuku (tuk nevytéká z valivého vozíku),
- výborná těsnicí schopnost proti vnikání nečistot.

Nevýhody:

- v porovnání s mazacími jednotkami (zásobníky) nutnost použití mazacího agregátu a rozvodného potrubí.



Obr. 38 Schematické zapojení progresivního mazacího systému, mazání tukem

7.2.1 Centrální mazání olejem s využitím progresivních rozdělovačů

Centrální mazání má oproti jiným způsobům mazání výrazné přednosti. Hlavními výhodami centrálních systémů je zaručené domazání všech potřebných míst. Což u ručního mazání nelze vyloučit opomenutí některého místa nebo vynechání hůře přístupné maznice. V nejhorším případě může dojít ke znečištění maziva. Další nespornou předností je dávkování maziva. To nám zaručuje, že mazaná místa nebudou přemazána a nebude docházet k jejich nadměrnému ohřevu. A také tam bude dostatečné množství maziva, které umožní vznik mazacího filmu a nebude docházet k nadměrnému tření, opotřebení a tím také deformacím a snižování přesnosti stroje.

Základní princip centrálních mazacích systémů je uveden na str. 18.

Použité prvky

Centrální mazací agregát pro progresivní mazací systémy

Volím opět agregát firmy Tribotec, jelikož agregát této firmy je použit u stávajícího mazacího systému. Jedná se o mazací přístroj ACF nebo PMP, objem zásobníku maziva 2 litry. V nádrži se nachází pomocný stěrač, který je pohybově svázán s vačkou. [12]



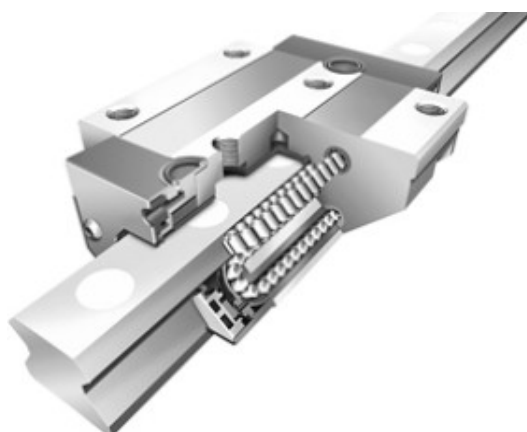
Obr. 39 Mazací přístroj Tribotec ACF [12]

Rozdělovač

Progresivní rozdělovače opět volím buď PRA firmy Tribotec nebo SSVD firmy Lincoln. Volba je závislá na ceně. Kompaktnějších rozměrů dosahuje progresivní rozdělovač SSVD Lincoln. Technické parametry rozdělovačů jsou shodné s předchozí variantou.

Valivé vedení INA

Nabídku produktů INA pro minimalizaci množství maziva jsem představil v předešlé kapitole. Při užití progresivních rozdělovačů připadá v úvahu pouze standardní jednotka valivého vedení s možností vybavení přídatných nebo dvojitých stěračů.



Obr. 40 Valivé vedení INA RUE 45/55 [19]



Množství maziva potřebného pro provoz volím z tabulky minimálního doporučeného množství maziva. Pro vozíky velikosti 45 a 55 je hodinová spotřeba maziva 0,25 respektive 0,2 cm³/h na jeden valivý vozík.

Tab. 5 Doporučené množství maziva a doporučené intervaly

Typ	Minimální množství pro prvotní mazání [cm ³]	Domázavací množství			
		Poč. imp.	Množ. [cm ³]	Interval [h]	Spotř./hod [cm ³ /h]
RUE 25	0,8	1	0,2	3	0,06
RUE 35	1,3	2	0,6	12	0,1
RUE 45	1,6	3	0,6	7	0,25
RUE 55	2,8	3	0,6	9	0,2
RUE 65	5,2	4	0,6	2	1,2
RUE 100	17,6	4	0,6	1	2,4

Při delší než 8 hodinové odstávce je nutné valivým vozíkům dodat první inicializační impuls. Tento impuls má objem 2,1 cm³ pro vedení velikosti 45 a 2,8 cm³, pro vedení velikosti 55. Dále je uváděno doporučené domázavací množství. Opět určuji z tabulky. Pro vedení RUE 45 E jsou 3 impulzy o objemu 0,6 cm³. Interval domazávání je 7 hodin. Interval je možné rozdělit na polovinu s užitím poloviční dávky maziva. Tím lze docílit kontinuálnějšího a rovnoměrnějšího přísunu čerstvého maziva k mazaným vozíkům. Pro vozíky vedení RUE 55 E jsou to opět 3 impulzy o objemu 0,6 cm³. Interval domazávání je v tomto případě 9 hodin. [9]

Mazání kuličkových šroubů

Při mazání kuličkových šroubů olejem je nutné zajistit trvalý přívod maziva. To lze zabezpečit užitím centrálního mazání. Při použití centrálního mazacího systému je nutné určit mazací cykly. Počet a objem impulzů pro kuličkové šrouby najdeme v následující tabulce. Doporučené množství maziva je z katalogu firmy HIWIN. Na stroji SKL12 jsou užity kuličkové šrouby velikosti 63.

Tab. 6 Doporučené mazání kuličkových šroubu

Jmenovitý průměr [mm]	První mazání	Domazávání
	Dílčí množství oleje [cm ³]	Množství oleje [cm ³ /8h]
12	0,2(x3)	0,1
16	0,3(x3)	0,2
20	0,3(x3)	0,3
25	0,5(x3)	0,5
32	0,5(x3)	0,5
40	0,9(x3)	0,7
50	1,1(x3)	1,0
63	2,0(x3)	1,5

To znamená domazávání $1,5 \text{ cm}^3/8\text{h}$ tj. hodinová spotřeba $0,18 \text{ cm}^3/\text{h}$ na jeden kuličkový šroub. V případě svislé montáže kuličkových šroubů je nutné zvýšit objem maziva o přibližně 50% původní hodnoty.

Samotné domazávání je závislé na provozních podmínkách, jako jsou znečištění, zatížení, otáčky. Při velkém zatížení lze intervaly zkrátit. V případě optimálních provozních podmínek lze naopak intervaly domazávání prodloužit.[16]

Mazání ložisek

Mazání ložisek kuličkových šroubů a ložisek uložení upínací desky je provedeno progresivními dávkovači. Při mazání olejem musí být zabezpečen takový stav, aby bylo ložisko namazáno při rozběhu a potom i během provozu. Nadměrné množství oleje zvyšuje jeho teplotu, a tím i teplotu ložiska. To znamená, že přivedené mazivo je nutné odvádět. Stroj na odvod maziva není uzpůsoben, což přináší drobnou konstrukční úpravu.

Mazání valivých ložisek olejem je méně výhodné a obvykle se proto používá pouze v následujících případech:

- frekvence otáčení ložiska je tak vysoká, že domazávací intervaly pro mazání plastickým mazivem by byly příliš krátké,
- provozní teplota je vyšší než přípustná teplota pro plastická maziva,
- sousední součásti jsou mazány olejem,
- při požadavku vydatného chlazení ložiska proudem oleje,
- u axiálních soudečkových ložisek.

Volba progresivního rozdělovače

Výše uváděné rozdělovače jsou velice podobné. Rozdíly najdeme pouze v provedení a ve jmenovitých výtlačných dávkách. Pro tento návrh jsem zvolil rozdělovače s 10 vývody o jmenovité výtlačné dávce $0,8 \text{ cm}^3$. Na jednom výstupu bude dávkovací šroub pro dávku maziva $1,0 \text{ cm}^3$ k mazání svislého kuličkového šroubu.

Tlumicí vozíky nejsou užity, jejich efekt na stroji neprojevil. Tím získáme další úsporu maziva.

Aby bylo využito životnosti maziva, každá větev z rozdělovače vybavena elektrickým rozvaděčem 3/2 a zpětným potrubím do mazacího přístroje. Tím docílíme pouze míst, u kterých je to opravdu nezbytné v daný okamžik. Určitou nevýhodou bude častější spínání mazacího přístroje

Výsledná spotřeba maziva:

Kuličkové šrouby

Spotřeba oleje na jednu směnu $1,5 \text{ cm}^3$ oleje na vodorovný šroub a $2,25 \text{ cm}^3$ na svislý pohybový šroub na směnu. Z toho plyne roční spotřeba maziva 975 cm^3 . Mazání dle tabulky, daný objem maziva dělím na menší dávky a časově přizpůsobuji časovým intervalům lineárního valivého vedení.



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Valivé vedení

8x valivé vozíky INA RUE 45/55 $0,25 \text{ cm}^3/\text{hodinu}$ z toho plyne denní potřeba mazacího oleje na jednu směnu 14 cm^3 , a roční spotřeba při jednosměnném provozu činí 3640 cm^3 mazacího oleje.

Ložiska

Mazání ložisek olejem je silně individuální záležitost, která se nedá určit pomocí empirických vztahů. Predikci spotřeby maziva lze provést na základě dostatečných zkušeností kterými nedisponuji. Tudíž tato položka celkovou roční spotřebu neovlivňuje.

Celková roční spotřeba maziva

Jedno směný provoz

$$975 \text{ cm}^3 + 3640 \text{ cm}^3 = 4615 \text{ cm}^3 \text{ maziva/rok}$$

Dvou směný provoz

$$1950 \text{ cm}^3 + 7280 \text{ cm}^3 = 9230 \text{ cm}^3 \text{ maziva/rok}$$

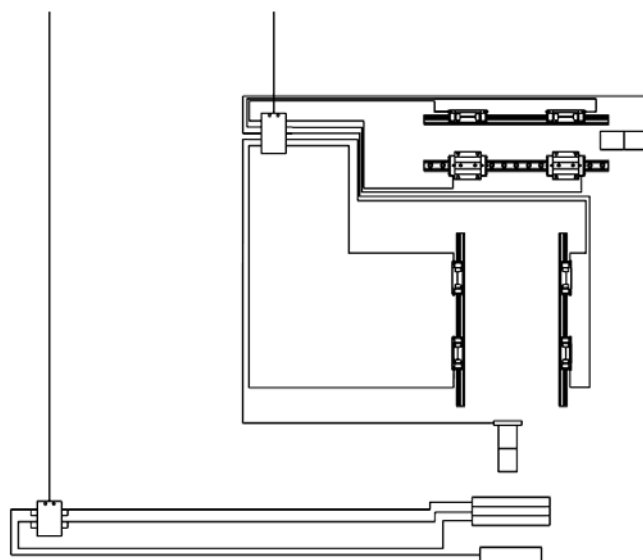
Spotřeba maziva je značně vysoká, proto jsou nutné konstrukční úpravy v podobě systému odtokových kanálků na odvod maziva od valivého vedení a KŠM. Odvodem stékajícího maziva do sběrné nádoby zajistíme, že nebude docházet k úniku maziva do okolí.

Výhody:

- Spolehlivost systému.
- Kontrola provedení mazacího cyklu s indikací.

Nevýhody:

- V případě užití oleje vyšší spotřeba maziva.
- V porovnání s mazacími jednotkami (zásobníky) nutnost použití mazacího agregátu a rozvodného potrubí.



Obr. 41 Schematické zapojení progresivního mazacího systému, mazání olejem

7.2.2 Centrální mazání olejem s využitím progresivních rozdělovačů s jednotkami pro minimální dávkování maziva. Označení SMDE

Další možností u lineárního vedení je využití jednotek pro dávkování minimálního množství maziva. Tuto variantu dostaneme úpravou předešlého mazacího systému tím, že mezi progresivní rozdělovač a valivý vozík je umístěn jednopotrubní dávkovač. Na vozíku je instalována jednotka pro odměřování minimálního množství maziva. Přívod maziva je v tomto případě pouze z boční strany a nelze využít současné řešení přívodem shora.



Obr. 39 Vedení INA s jednotkou, pro minimální dávkování maziva [18]

Tab. 7 Spotřeba maziva s jednotkou SMDE

Označení	Počet impulzů	Domazávací interval	Spotřeba [cm ³ /h]
		v [h]	
RUE 35	1	2,4	0,05
RUE 45	1	1,5	0,08
RUE 45 L	1	1,2	0,1
RUE 55	1	0,9	0,13
RUE 55 L	1	0,8	0,15
RUE 65	1	0,5	0,25
RUE 65 L	1	0,4	0,28

Z tabulky je zřejmé, že spotřeba maziva nutná k mazání klesla téměř o 50%.

V tomto případě bude zvolen progresivní rozdělovač firmy TRIBOTEC PRA s označením sekce 1,5. Tento rozdělovač dávkuje 0,12 cm³ na výstupu maziva. To odpovídá potřebě mazacích jednotek, pro odměřování minimálního množství maziva.

Na potrubí mezi jednotkou a progresivním rozdělovačem musí být umístěn servoventil, který zajistí odlehčení tlaku v dané větvi. Bez možnosti odlehčení tlaku nemůžou tyto jednotky fungovat.

Výsledná spotřeba maziva:

Kuličkové šrouby

Spotřeba oleje na jednu směnu $1,5 \text{ cm}^3$ oleje na vodorovný šroub a $2,25 \text{ cm}^3$ na svislý pohybový šroub na směnu. Z toho plyne roční spotřeba maziva 975 cm^3 .

Valivé vedení

8x valivé vozíky INA RUE 45/55 $0,08 \text{ cm}^3/\text{hodinu}$ resp. $0,13 \text{ cm}^3/\text{hodinu}$ z toho plyne denní potřeba mazacího oleje na jednu směnu $6,72 \text{ cm}^3$, a roční spotřeba při jednosměnném provozu činí 1680 cm^3 mazacího oleje.

Ložiska

Jako v předchozím případě neuvažují spotřebu ložisek.

Celková roční spotřeba maziva

Jedno směný provoz

$$975 \text{ cm}^3 + 1680 \text{ cm}^3 = 2655 \text{ cm}^3 \text{ maziva/rok}$$

Dvou směný provoz

$$1950 \text{ cm}^3 + 3360 \text{ cm}^3 = 5310 \text{ cm}^3 \text{ maziva/rok}$$

Výhody:

- Spolehlivost systému.
- Kontrola provedení mazacího cyklu s indikací.
- Snížení spotřeby maziva oproti předchozí variantě.

Nevýhody:

- V případě užití oleje vyšší spotřeba maziva.
- V porovnání s mazacími jednotkami (zásobníky) nutnost použití mazacího agregátu a rozvodného potrubí.
- Nutnost užití servoventilů a zpětného potrubí.

7.2.3 Centrální mazání olejem s využitím progresivních rozdělovačů s jednotkami pro minimální dávkování maziva. Označení SMDS

Další možností u lineárního vedení je využití jednotek pro dávkování minimální množství maziva. Tuto variantu dostaneme kombinací progresivního mazacího systému s mazáním olejem a současným stavem. Mezi progresivní rozdělovač a valivý vozík je umístěn jednopotrubní dávkovač. Na vozíku je instalována jednotka SMDS. Tyto jednotky snižují spotřebu maziva na minimum. Snížení činí přibližně dalších 60% oproti jednotkám SMDE. Čili během jednoho mazacího cyklu tyto jednotky uvolní $0,03 \text{ ccm}$ maziva.

Výsledná spotřeba maziva:

Kuličkové šrouby

Spotřeba oleje na jednu směnu $1,5 \text{ ccm}$ oleje na vodorovný šroub a $2,25 \text{ ccm}$ na svislý pohybový šroub na směnu. Z toho plyne roční spotřeba maziva 975 ccm .

Valivé vedení

8x valivé vozíky INA RUE 45/55 0,03 cm³/hodinu z toho plyne denní potřeba mazacího oleje na jednu směnu 1,92 cm³, a roční spotřeba při jednosměnném provozu činí 480 cm³ mazacího oleje.

Ložiska

Neuvažuji spotřebu ložisek.

Celková roční spotřeba maziva

Jedno směný provoz

$$975 \text{ cm}^3 + 480 \text{ cm}^3 = 1455 \text{ cm}^3 \text{ maziva/rok}$$

Dvou směný provoz

$$1950 \text{ cm}^3 + 960 \text{ cm}^3 = 2910 \text{ cm}^3 \text{ maziva/rok}$$

Výhody:

- Spolehlivost systému.
- Kontrola provedení mazacího cyklu s indikací.
- Snížení spotřeby maziva oproti předchozí variantě.

Nevýhody:

- V případě užití oleje vyšší spotřeba maziva.
- V porovnání s mazacími jednotkami (zásobníky) nutnost použití mazacího agregátu a rozvodného potrubí.
- Nutnost užití servoventilů a zpětného potrubí.
- V porovnání s předchozí variantou nutnost jednopotrubních dávkovačů.

7.4 Kombinovaný mazací systém

Na základě porovnání předchozích uvedených variant je možné spotřebu maziva snížit kombinací variant. Ke snížení spotřeby dojde na úkor mírného snížení funkce kontroly mazání ložisek upínací desky. To však nečiní zásadní problém. Toto řešení je užito v současnosti a je dostatečně spolehlivé. Výrobce ložisek uložení upínací desky a kuličkových šroubů uvádí tukovou náplň ložiska jako doživotní a není nutné domazávání, pokud nedochází k nestandardním provozním podmínkám.

Centrální mazání bych v této variantě navrhl pouze pro valivé vedení a matice kuličkových šroubů. Jedná se o centrální mazání s progresivními rozdělovači a mazacím médiem bude tekutý tuk.

Použité prvky budou totožné s prvky pro centrální mazací systém s progresivními rozdělovači. Jedná se o mazací přístroj, progresivní rozdělovače a prvky valivého vedení.

Kompletní výpočet životnosti maziva v příloze v programu mathcad.

Z udané životnosti maziva je roční spotřeba maziva 60 cm³ při jednosměnném provozu a 120 cm³ tuku při dvousměnném provozu.

Mazání kuličkových šroubů tukem

Při mazání kuličkových šroubu tukem není nutné mít trvalý přívod maziva, pokud bude navrhnut systém s ručním domazáváním. V tomto případě hrozí nedostatečné mazání nebo přemazávání. Při přemazávání dochází k nadměrnému hnětení maziva a tím jeho oteplování. Dále nedodržení mazacích intervalů. Proto i v tomto případě je vhodné požití centrálního mazacího systému. Bude zajištěna přesně odměřená mazací dávka a budou dodrženy mazací intervaly.

Při použití centrálního mazacího systému je nutné určit mazací cykly. Počet impulzů a jejich objem nalezneme v následující tabulce. Množství tekutého tuku potřebného k mazání kuličkového šroubu je shodné s množstvím tuku při současném provedení, ovšem interval se zkrátí na polovinu. Tzn. 15 cm^3 tekutého tuku na intervalu 4 měsíců. Tekutý tuk má výhodu v porovnání s olejem, že u svislých aplikací nestéká a není nutné zvyšovat dávky maziva.[16]

Samotné domazávání je dále závislé na provozních podmínkách jako znečištění, zatížení, otáčky. Při velkém zatížení je doporučeno intervaly zkrátit. V případě optimálních provozních podmínek je možné intervaly prodloužit. V tomto případě nedochází k nadměrnému namáhání, vysokým otáčkám ani žádnému znečištění. [16]

Volba progresivního rozdělovače

Pro tuto variantu jsem zvolil rozdělovač s 20 vývody o jmenovité výtlačné dávce $1,0 \text{ cm}^3$. Výstupy budou sdružené pro vedení RUE 55 budou sloučeny 3 výstupy pro jeden vozík a pro vedení RUE 45 budou sloučeny 2 výstupy pro jeden vozík. Rozdělovač s 6 vývody o jmenovité výtlačné dávce $1,0 \text{ cm}^3$ pro mazání kuličkových šroubů.

Tlumící vozíky nejsou užity, jejich efekt na stroji se neprojevil. Tím získáme další úsporu maziva.

Výsledná spotřeba maziva:

Kuličkové šrouby

2x 15 cm^3 tuku/ 4 měsíců, z toho plyne roční spotřeba maziva 90 cm^3 .

Valivé vedení

8x valivé vozíky INA RUE 45/55 v případě mazání tukem se neudává údaj hodinové potřeby maziva. Udává se životnost maziva obsaženého ve valivém vozíku v závislosti na provozních podmínkách.

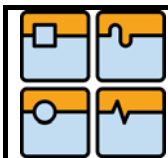
Celková roční spotřeba maziva

Jedno směný provoz

$90 \text{ cm}^3 + 60 \text{ cm}^3 = 150 \text{ cm}^3$ maziva/rok

Dvou směný provoz

$90 \text{ cm}^3 + 120 \text{ cm}^3 = 300 \text{ cm}^3$ maziva/rok



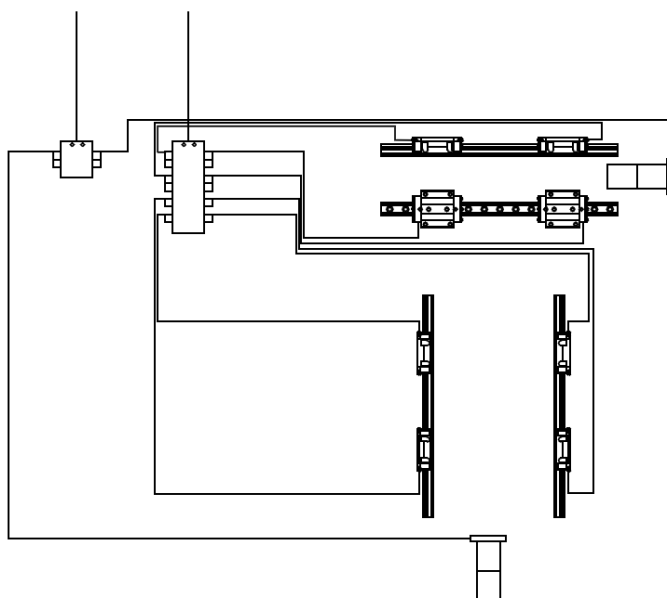
Výhody:

- Spolehlivost systému.
- Kontrola provedení mazacího cyklu s indikací.
- Minimální spotřeba tuku (tuk nevytéká z valivého vozíku).
- Výborná těsnicí schopnost proti vnikání nečistot.
- Nižší spotřeba díky absenci nutnosti mazání ložisek uložení.

Nevýhody:

- V porovnání s mazacími jednotkami (zásobníky) nutnost použití mazacího agregátu a rozvodného potrubí.

Mazací schéma kombinovaného mazacího systému



Obr. 42 Schematické znázornění progresivního mazací soustavy, mazání tukem



8. Určení optimální varianty

Pro určení optimální varianty použijí metodu PATTERN. [22]

Metoda PATTERN

(Planning Assistance Trough Technical Evaluation of Relevance Numbers – Pomoc v plánování prostřednictvím vyhodnocování relativních hodnot významnosti čísel).

Vhodná na multikriteriální porovnávání na úrovni:

- technické,
- technologické,
- ekonomické.

Algoritmus jednotlivých kroků:

- 1) výběr kritérií pro porovnávání (cena, výkon, rychlost),
- 2) definování požadované tendence změny srovnávaných (vybraných) kritérií (rostoucí, klesající),
- 3) stanovení „váhy významnosti“ vybraných kritérií (např. metodou porovnávání kritérií v trojúhelníku),
- 4) výpočet indexu změn vybraných kritérií pro srovnávané prvky,
- 5) stanovení pořadí srovnávaných prvků.

Výběr kritérií pro porovnávání

Výběr kritérií pro porovnávání prvků (strojů, technologií apod.) je dán názorem hodnotitelů. Rozhodující význam zde hraje cíl, který má být výsledkem splnění. Všeobecně lze konstatovat, že příliš malý, ale ani příliš velký počet srovnávacích kritérií není vhodné používat. Při velmi malém (1-2) počtu kritérií není dostatek prostoru popisování rozdílů a při zařazení velkého množství kritérií přichází ke snížení „rozlišovací schopnosti“. Ze zkušeností s aplikováním metody PATTERN v oblasti porovnávání strojů lze doporučit 5-10 srovnávacích kritérií.

Definování požadované tendence změny srovnávacích kritérií

Metoda PATTERN umožňuje rozlišit tendenci změn každého kritéria. V praxi to znamená, že pro každé vybrané kritérium lze definovat, za jakýchkoliv podmínek bude výsledek pro uživatele výhodnější. Pokud například bude zvoleno kritérium „cena stroje“, je předpoklad, že při srovnávání bude výhodnější ten stroj, který má nižší cenu – tedy tendence změna kritéria „cena stroje“ je klesající. Pokud bude například zvoleno kritérium „výkon motoru“, je předpoklad, že při porovnávání bude výhodnější ten stroj, který má vyšší výkon – tedy tendence změny kritéria „výkon motoru“ je stoupající.

Stanovení „váhy významnosti“ vybraných kritérií

Sestavit kritéria uspořádané v párech, do schématu v trojúhelníku:

- počet ledovaných kritérií, k
- počtu kombinací sledovaných kritérií.

$$PK=k.(k-1)/2$$

Hodnotitel posoudí, které z kritérií (v dvojici) má větší význam. Následně se spočítají počty hlasů přidělených jednotlivým kritériím a je stanovené pořadí hodnotících kritérií. Počet kombinací PK se musí rovnat počtu přidělených hlasů. V případě rovnosti přidělených hlasů rozhoduje o pořadí vzájemné posouzení v původních párech.

Názory jednotlivých hodnotitelů je třeba následně zpracovat a stanovit bodovou hodnotu významnosti a váhu významnosti jednotlivých kritérií.

$$BHV_j = \sum_{i=1}^p PH_{ij} / p$$

Kde: BHV_j - bodová hodnota významnosti j-tého kritéria
 PH_{ij} - počet hlasů přidělených i-tým hodnotitelem, j-tému kritériu

- počet hodnotitelů

Stanovení váhy významnosti

$$q_j = BHV_j / \sum_{j=1}^m BHV_j$$

Kde: q_j - váha významnosti j-tého kritéria

- počet kritérií

**Výpočet indexů změn**

Vpočtou se pro každý parametr indexy I_{jx} vzhledem k základní hodnotě parametru H_{jx} tak, aby zlepšování parametru bylo vždy vyjádřeno růstem indexu jako změny nad hodnotou 1.00. Z těchto důvodů je nutné parametry rozdělit na:

- a) parametry, jejichž žádoucí tendence je rostoucí, potom indexy vypočteme:

$$I_{jx} = \frac{H_{jx}}{H_{jMIN}}$$

Kde: H_{jx} – hodnota j-tého parametru, x-tého prvku
 H_{jMIN} – nejmenší hodnota j-tého parametru sledovaných prvků

- b) parametry, jejichž žádaná tendence je klesající, potom indexy vypočteme:

$$I_{jx} = \frac{H_{jMAX}}{H_{jx}}$$

Kde: H_{jx} – hodnota j-tého parametru, x-tého prvku
 H_{jMAX} – nejvyšší hodnota j-tého parametru sledovaných prvků

Výpočty vážených indexů

S ohledem na významnost se vypočtou vážené indexy

$$I_{jx}^v = I_{jx} * q_j$$

Kde: q_j – váha významnosti j-tého parametru

Stanovení pořadí

Provede se součet vážených indexů vyjadřujících relativní úroveň i-té varianty j-tého typu:

$$S_x = \sum_{j=1}^k I_{jx}^v$$

Lze ji vyjádřit v %, kdy nejhorší varianta představuje hodnotu 100%. Poté se určí pořadí jednotlivých variant z různých hledisek.

Určení nejvhodnějšího typu metodou PATTERN z technického hlediska:

1. Výběr kritérií pro párové porovnání parametrů.

Do tabulky pro párové porovnání jednotlivých centrálních mazacích systémů, jsem volil tyto parametry:

- P1 - ekologie,
- P2 - spotřeba maziva,
- P3 - kontrola funkce,
- P4 - požadavky na obsluhu,
- P5 - náročnost montáže,
- P6 - cena.

2. Definování požadované tendence:

- P1 - rostoucí,
- P2 - klesající,
- P3 - rostoucí,
- P4 - klesající,
- P5 - klesající,
- P6 - klesající.

3. Metoda porovnávání

Tab. 8 Metoda párového porovnání

Metoda párového porovnání								
Parametr	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Σ	poř.
P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	6	1
P2		P2	P3	P2	P2	P2	4	3
P3			P3	P3	P3	P3	5	2
P4				P4	P4	P6	1	6
P5					P5	P5	2	5
P6						P6	3	4

**Postup porovnávání:**

1. Do řádku i sloupce seřadím parametry v daném pořadí.
2. Sloupcové parametry porovnávám s parametry v řádku. Ze dvou porovnávaných vyberu ten, který je přednější.
3. Provedu součet parametrů v tabulce.
4. Na závěr provedu stanovení pořadí parametrů.

Výpočet indexů změn vybraných kritérií pro srovnávané prvky

Tab. 9 Kvantifikovaná porovnávací matice

Kvantifikovaná porovnávací matice								
Parametr	P1	P3	P2	P6	P5	P6	Σ	váha (q)
P1	1	3	1	2	2	1	10	29,41
P3		1	1	3	2	1	8	23,54
P2			1	1	3	1	6	17,64
P6				1	1	3	5	14,71
P5					1	3	4	11,76
P4						1	1	2,94
Σ								100

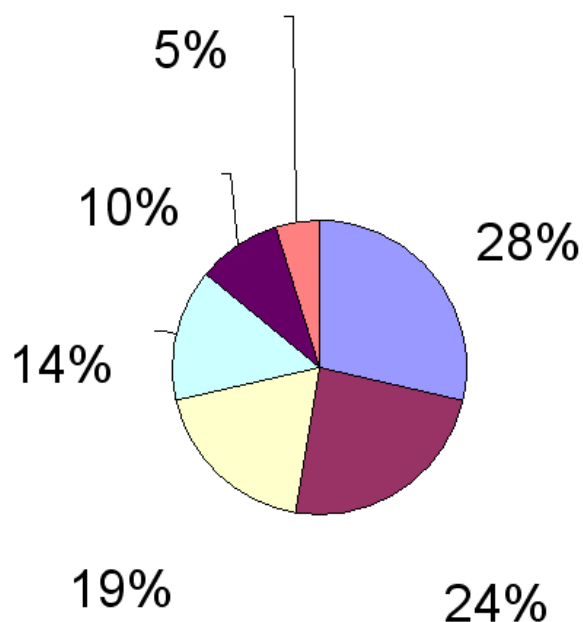
Pozn:

Stupnice hodnocení parametrů P1-P6

- 1- blízko
- 2- středně
- 3- daleko

Postup řešení

1. do řádku i sloupce zapíši parametry v pořadí z předchozí tabulky párového porovnání parametrů,
2. ze sloupce porovnávám jednotlivé parametry se všemi parametry P1-P6 řádku,
3. poté se provede součet bodů každého parametru v řádku a zapíše do sloupce suma.
4. Stanovím % váhu jednotlivých parametrů dle součtu indexů.

**Váhy jednotlivých parametrů P1-P6**

P1	-	ekologie	28%
P2	-	spotřeba maziva	24%
P3	-	kontrola funkce	19%
P4	-	požadavky na obsluhu	14%
P5	-	náročnost montáže	10%
P6	-	cena	5%

Pro konečné stanovení pořadí vybraných variant budu vybírat na základě váhy jednotlivých parametrů. Konstrukční varianty jsou uvedeny v následující tabulce.



Tab. 10 Stanovení konečného pořadí

Stanovení pořadí vybraných variant													
	váha (q)	Bezudrž. Vedení		Prog. Mazní olejem		Prog. mazní tukem		Oběhové mazání		Kombinovaná soustava		Dávkovače (souč.var.)	
P1 Ekologie	0,2941	5 2,5	0,735	2 1	0,294	5 2,5	0,736	3 1,5	0,441	4 2	0,588	3 1,5	0,441
P2 Spotřeba	0,1764	1 4	0,942	4 1	0,235	2 2	0,471	4 1	0,235	2 2	0,471	2 2	0,471
P3 Kontrola	0,2354	2 1	0,235	5 2,5	0,589	5 2,5	0,589	3 1,5	0,353	4 2	0,471	2 1	0,235
P4 Nár. obsl.	0,0294	1 3	0,088	1 3	0,088	1 3	0,088	3 1	0,029	1 3	0,088	2 1,5	0,044
P5 Nár. mont.	0,1176	1 5	0,588	3 1,66	0,195	3 1,66	0,195	5 1	0,118	2 2,5	0,294	3 1,66	0,195
P6 Cena	0,1471	2 2,5	0,368	3 1,66	0,244	3 1,66	0,244	5 1	0,147	2 2,5	0,368	3 1,66	0,244
Suma			2,956		1,645		2,323		1,323		2,280		1,630
Pořadí			1		4		2		6		3		5
Relativní Úroveň	tech.		181		101		143		81		140		100

Pozn.

Stupnice hodnocení parametrů P1-P6

- 1- Velmi nízká
- 2- Malá
- 3- Střední
- 4- Vyšší
- 5- Vysoká

Dle metody PATTERN vychází jako optimální bezúdržbové řešení s olejovými zásobníky, následuje varianta centrální mazací soustavy, s progresivním rozdělovačem a mazání tukem NLGI - 00. Jako třetí se umístila varianta kombinované centrální mazací soustavy, kdy rotační ložiska zůstanou mazána trvanlivou tukovou náplní a valivé vozíky progresivně tukem. jako polední zpracují variantu centrálního mazacího systému s progresivním rozdělovačem mazání olejem. Následující část se bude zabývat návrhem vybraných variant.

9. Zhodnocení výsledků metody PATTERN

Bezúdržbové vedení

Optimální varianta dle metody PATTERN vychází bezúdržbové vedení. Ovšem ani v tomto případě není zaručeno doživotní mazání. Náplň se musí do přídavných mazacích zásobníků doplňovat, ovšem v podstatně prodloužených intervalech. Tyto intervaly mohou být spojené se servisem popřípadě seřizením stroje. Neposkytuje dále žádnou kontrolu funkce. To je možné řešit snímáním vibrací a teploty.

Progresivní mazání tukem

V pořadí druhá varianta poskytuje dokonalou kontrolu mazacího řetězce s minimální spotřebou mazacího tuku. Dále tuto variantu budu zpracovávat. Při aplikaci na daný stroj si vyžádá drobné konstrukční úpravy.

Kombinovaná mazací soustava

V tomto případě máme kontrolu nad mazanými místy valivého vedení, s minimální spotřebou maziva. Mazání ložisek obstarává trvanlivá tuková náplň. Její životnost je za stanovených podmínek garantovaná výrobcem ložiska. Další předností je, že nejsou nutné žádné konstrukční úpravy. Jedná se pouze o výměnu mazacího přístroje a progresivního rozdělovače.

Progresivní mazání olejem

Poskytuje dokonalou kontrolu nad dodávkami oleje k mazaným místům. Nevýhodou toho řešení je vysoká spotřeba oleje. Tato varianta vyžaduje shodné konstrukční úpravy jako progresivní mazání tukem.

Jednopotrubní dávkovače

V současnosti používaná varianta vykazuje rovněž nízkou spotřebu oleje, avšak není zde žádná kontrola, že dojde k namazání všech mazacích míst.

Oběhové mazání

Pro danou aplikaci komplikovaný systém. Náročný jak na konstrukční úpravy tak i finančně.

Tab. 11 Porovnání spotřeby maziva

Způsob	Roční spotřeba [cm ³]	
	1 směna	2 směny
Beuzdržbové vedení		
Progresivní mazání tukem	237	385
Progresivní mazání olejem	4615	9230
Prog. mazání olejem SMDE	2650	5310
Prog. mazání olejem SMDS	1455	2910
Kombinované mazání	150	300
Současné řešení	436	812



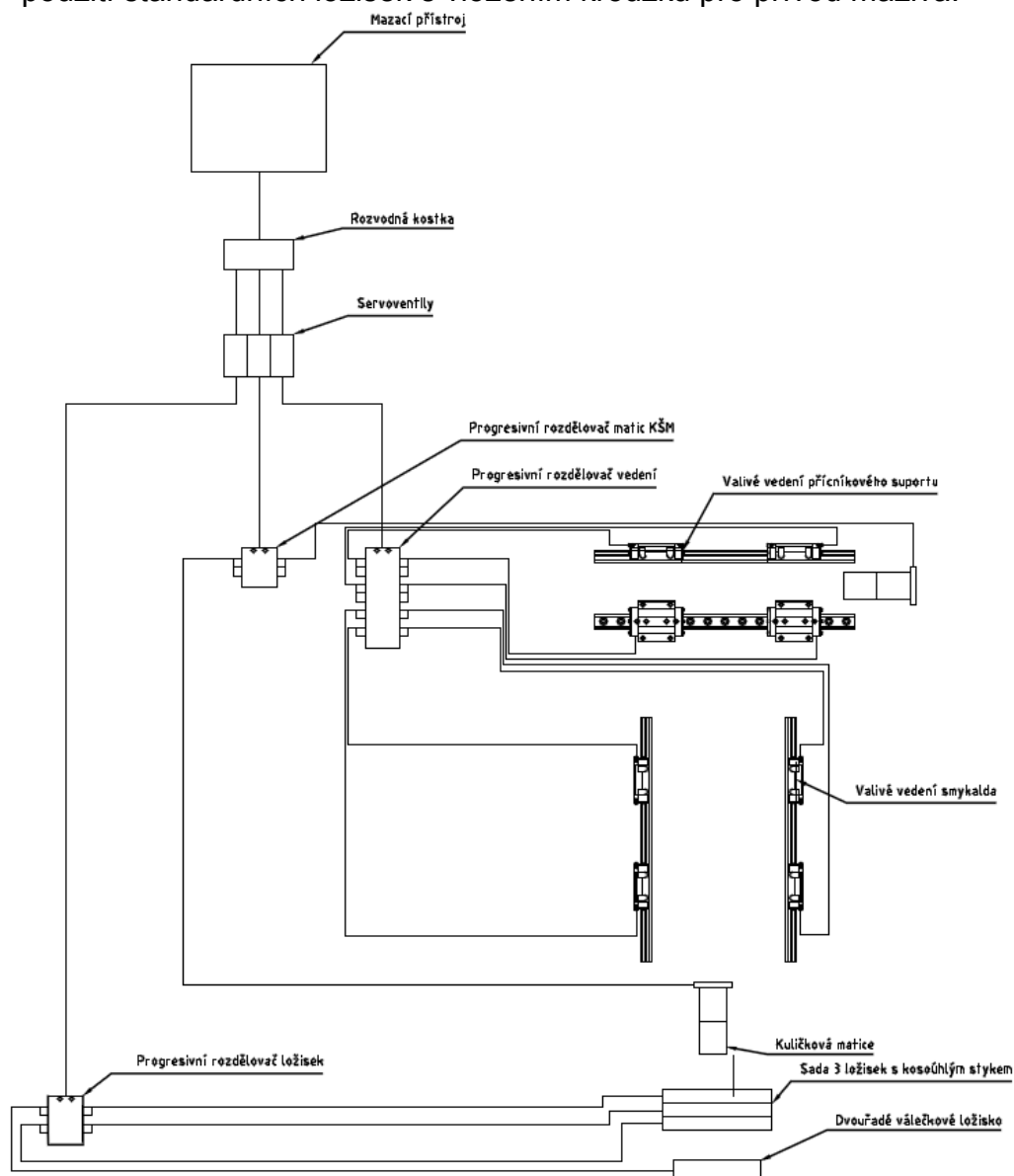
10. Zpracování vybrané konstrukční varianty

Optimální varianta dle metody PATTERN, bezúdržbové vedení, nevyžaduje žádné konstrukční úpravy. Není nutné dokonce na stroj instalovat mazací přístroj a rozvodné potrubí, čímž bude zkrácena montáž stroje. Jak jsem již zmínil, tato varianta neposkytuje dostatečnou kontrolu nad mazáním. Proto se dále touto variantou nezabývám.

V pořadí druhá varianta nám poskytuje kontrolu nad mazacím cyklem a každý cyklus signalizuje. Dále bude detailně zpracována i s konstrukčními úpravami. Hlavní konstrukční úpravy se budou týkat převážně mazání ložisek.

U mazání ložisek uložení upínací desky se nabízí dvě varianty:

- použití ložisek přizpůsobených k přívodu maziva,
- použití standardních ložisek s vložením kroužků pro přívod maziva.



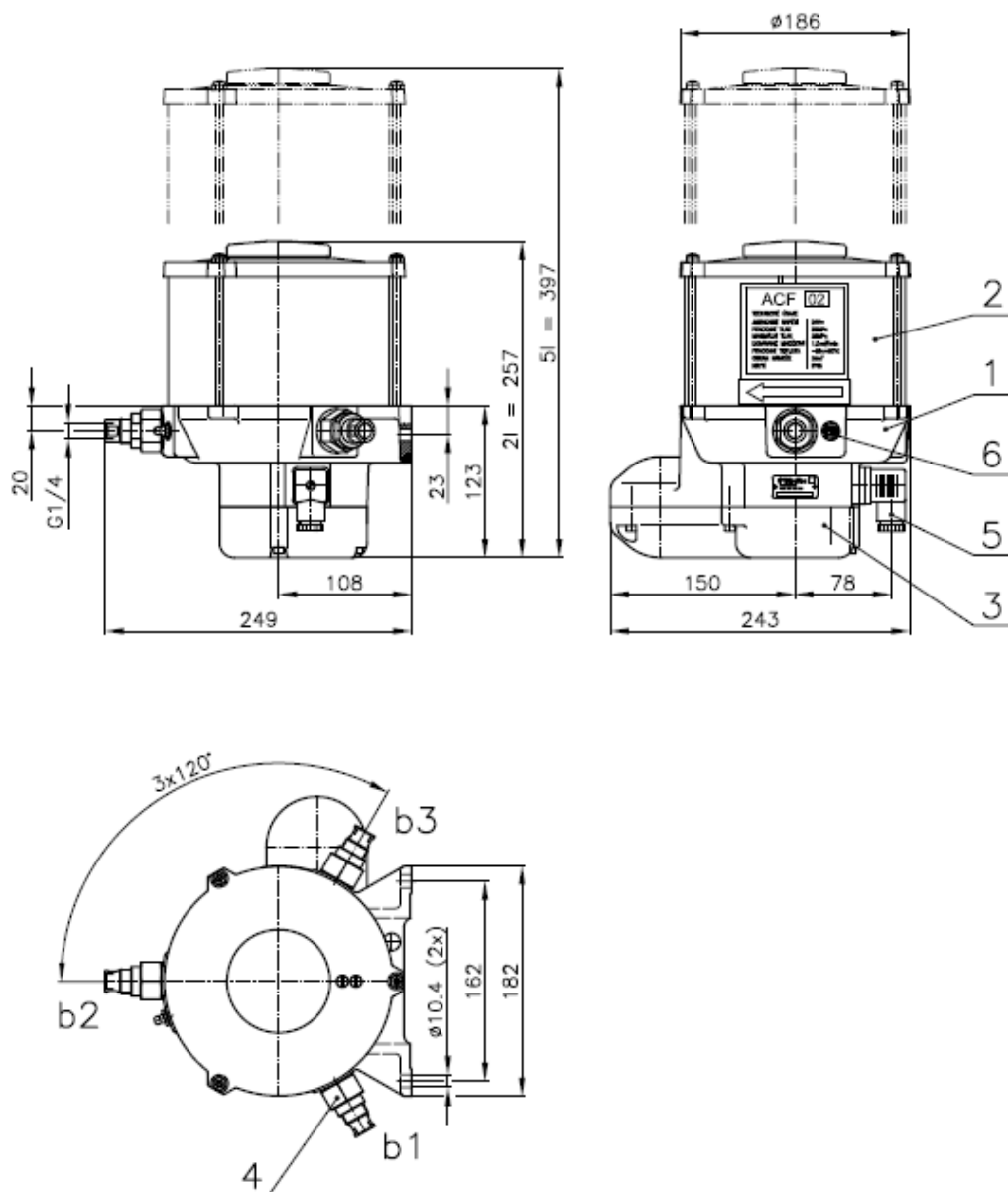
Obr. 43 Úplné zapojení soustavy



Kompletní mazací soustava se skládá z mazacího přístroje, rozvodného potrubí, progresivních rozdělovačů, valivého vedení a ložisek uložení upínací desky. Uložením kuličkových šroubů jsem se po konzultaci s firmou INA a doporučením využít trvanlivou naplň, která má dostatečnou životnost, nezabýval.

Volba mazacího přístroje a parametrů

Volím mazací přístroj firmy Tribotec, aby nebylo nutné měnit dodavatele. Dále lépe odpovídal potřebným parametrům pro tuto aplikaci v porovnání s mazacím přístrojem LINCOLN.



Obr. 44 Vnější a připojovací rozměry přístroje ACF [12]

1 - Tělo čerpadla, 2 - Zásobník maziva, 3 - elektromotor, 4 - Pracovní jednotka, 5 - Konektor, 6 - Plnicí otvor.



Technické parametry:

Tab. 12 Technické parametry

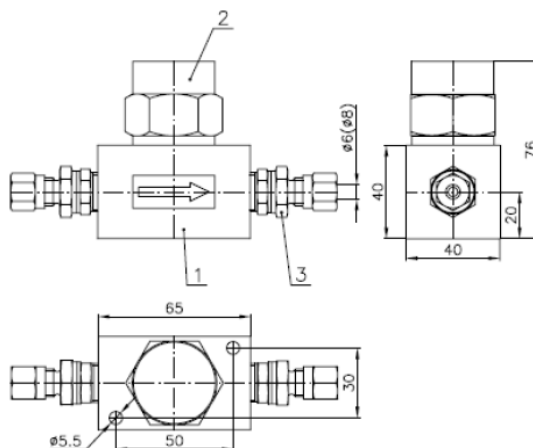
Maximální tlak		280 bar
Pracovní tlak		250 bar
Jmenovité dodávané množství		3,8 cm ³ /min/ vývod
Rozsah regulace dávky		0 až 100%
Objem zásobníku maziva		2 a 5 l
Počet vývodů		1 až 3
Vývodní šroubení		G1/4" , pro TR 6, 8, 10 mm
Elektromotor		24V DC 24W
Mazivo	tuk	max. NLGI – 2
	olej	min. 50 mm ² / s
Teplota prac. Prostředí		-25 až 80°C
Hmotnost		6,6kg

Volba velikosti zásobníku:

Vzhledem k nízké spotřebě maziva bude postačovat nejmenší objem 2l. K přístroji bude připojeno 1 výstupní potrubí.

Rozvodné potrubí

Rozvodné potrubí se skládá z 3 větví. První větev bude dodávat mazivo valivým vozíkům, druhá maticím kuličkových šroubů. Třetí větev dodává mazivo ložiskům uložení upínací desky. Všechny větve jsou vybaveny servoventilem pro optimální dávkování a využití životnosti maziva. Výstupní potrubí z čerpadla do dělicí kostky a dále přes servoventily až k rozdělovačům bude mít průměr 8mm. Od progresivních rozdělovačů přímo k mazaným místům bude průřez 6mm. Progresivní rozdělovače pro matice KŠM a valivé vozíky bych umístil na příčnickový suport z důvodu zkrácení rozvodného potrubí. Progresivní rozdělovač pro mazání ložisek uložení bych umístil na lože, poblíž uložení tubusu upínací desky.



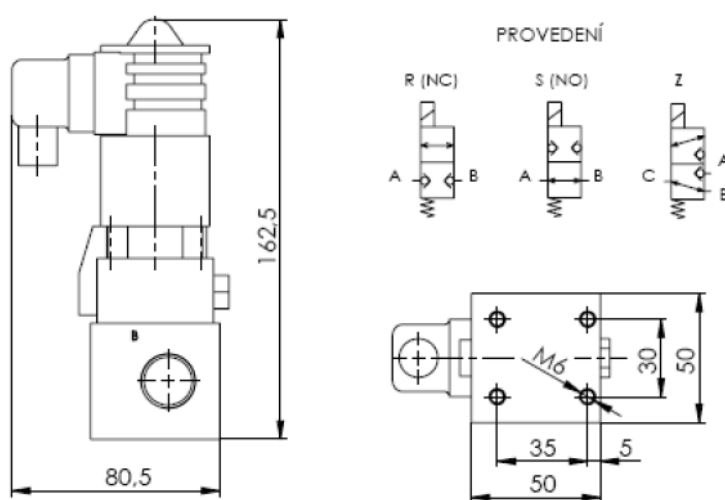
Obr. 45 Filtr FTL Tribotec [14]



Rozvodná kostka SRK1 Tribotec bude mít jeden vstup a tři výstupy. Vstup bude vybaven filtrem FTL od firmy Tribotec. Jedná se o průtočný filtr pro mazací tuky a slouží k ochraně prvku mazací soustavy před poškozením a zvýšením jejich životnosti.

Servoventily

Na výstupu z rozváděcí kostky budou 3 servoventily ovládané solenoidními magnety. Jedná se o ventily SV1-R-1/4-24DC. Jde o dvoucestný dvoupolohový šoupátkový ventil. Ve stabilní poloze je ventil držen v uzavřené poloze a otevřený je po přivedení napětí.



Obr. 46 Solenoidní servoventil Tribotec [15]

Na ventily navazuje potrubí o průměru 8mm k jednotlivým progresivním rozdělovačům.

Progresivní rozdělovače

Vzhledem k rozdílným požadavkům na množství maziva dodávaného mazacím místům a požadavkům na co nejmenší spotřebu maziva bylo nutné zvolit 3 nezávislé progresivní rozdělovače. V tomto případě jsem volil rozdělovače LINCOLN, protože lépe odpovídaly potřebné dávky maziva, dále umožňují výměnou dávkovacích šroubů rekonfigurovatelnost. Poslední důvod je, že na rozdíl od rozdělovačů Tribotec mají kanály pro sdružování dávky integrovány uvnitř tělesa rozdělovače. V případě, že by nebyl kladen důraz na minimální spotřebu maziva, užil bych kvůli sjednocení dodavatele rozdělovač Tribotec

Progresivní rozdělovač pro vozíky valivého vedení:

- Rozdělovač s elektronickým hlídáním funkce SSVD-N 20.
- Dávkovací šroub SSVD 100 20ks.
- Záslepovací matka M10x1 12ks.
- Výstupní šroubení SSV RSV 04 8ks.

Jedná se rozdělovač s 20 výstupy, které jsou sloučeny do 4 skupin po 3 výstupech o jmenovité dávce 1 cm^3 a 4 skupiny po 2 výstupech taktéž o jmenovité dávce 1 cm^3 . Každá skupina dodává mazivo do vozíků valivého vedení. Pro určení množství maziva bude dále uveden výpočet.

Progresivní rozdělovač pro ložiska uložení upínací desky:

- Rozdělovač s elektronickým hlídáním funkce SSVD-N 8.
- Dávkovací šroub SSVD 060 4ks.
- Dávkovací šroub SSVD 140 3ks.
- Dávkovací šroub SSVD 080 1ks.
- Zasepovací matka M10x1 4ks.
- Výstupní šroubení SSV RSV 04 4ks.

Jedná se oddělovač s 8 výstupy, které jsou sloučeny do 4 skupin po dvou výstupech. Z důvodu lichého počtu ložisek stejného typu je určení dávek následující: pro 3 kuličková ložiska s kosoúhlým stykem jsou dávky 2 cm^3 a pro dvouřadé válečkové ložisko je dávka $1,4 \text{ cm}^3$.

Progresivní rozdělovač pro matice kuličkových šroubů:

- Rozdělovač s elektronickým hlídáním funkce SSVD-N 6.
- Dávkovací šroub SSVD 100 6ks.
- Zasepovací matka M10x1 4ks.
- Výstupní šroubení SSV RSV 04 2ks.

Rozdělovač s 6 výstupy sloučen do 2 skupin po 3 vývodech. Jmenovitá dávka v tomto případě činí 3 cm^3 .

Následující přívod maziva k vozíků valivého vedení zůstává totožný jako v případě současného řešení s dávkovači.

Při návrhu centrálního mazání ložisek uložení upínací desky a matic KŠM, jsou nutné drobné konstrukční úpravy. V případě matic KŠM je to pouze přívod maziva od progresivního rozdělovače k maticím.

Mazání ložisek uložení upínací desky vyžaduje navrhnutí mazacích kanálů pro přívod maziva do tubusu a dále tubusem k ložiskům. Jak již bylo zmíněno, přichází v úvahu 2 varianty. Z důvodu tlaku zákazníků na cenu stroje volím variantu s přídatnými mazacími kroužky. Spodní dvouřadé ložisko už má mazací otvor, tak v tomto případě pouze postačuje navrhnout mazací kanál. V místě vyústění mazacího otvoru z tubusu navrhuji vytvořit zápich. Nebude potom nutné příliš přesné polohování rozpěrných kroužků. Dále je nutné navrhnout odpadní kanály pro odvod starého maziva.

Pro vložení kroužků mezi ložiska s kosoúhlým stykem bude nutné zvětšit výšku osazení, a tím se vytvoří prostor mezi ložisky, kam bude možné vložit mazací kroužky.

Výpočet životnosti maziva:

Výpočet ekvivalentního zatížení v ose x

Ze silového rozboru

Ekvivalentní zatížení

Jednoho vozíku : $P_a = 28000 \text{ N}$

Druhého vozíku : $P_b = 48000 \text{ N}$

Součinitel zatížení

$C_0/P_a = 11,5$

$C_0/P_b = 6,7$

Z grafu a tabulek volím koeficienty:

- $K_w = 0,3$
- $K_p = 0,5$
- $K_u = 1$

Kde: K_w = faktor poměru zdvihu k délce valivého vozíku

K_p = korekční faktor zatížení

K_u = faktor znečištění

Výsledná životnost maziva:

- pro standardní provoz: 2000 h,
- pro minimální znečištění: 2500 h.

Výpočet ekvivalentního zatížení v ose z

Ekvivalentní zatížení

Jednoho vozíku: $P_a = 40420 \text{ N}$

Druhého vozíku: $P_b = 30420 \text{ N}$

Součinitel zatížení

$C_0/P_a = 5,3$

$C_0/P_b = 7$

Z grafu a tabulek volím koeficienty:

- $K_w = 0,9$
- $K_p = 0,15$
- $K_u = 1$

Výsledná životnost maziva:

- pro standardní provoz 2500 h.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 77
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

U smykadla může docházet k mírnému znečištění, proto výsledná životnost maziva je snížena na 2000 h.

Kompletní výpočet v příloze č. 1 v programu mathcad.

Z udané životnosti maziva je roční spotřeba maziva 60 cm^3 při jednosměnném provozu a 120 cm^3 tuku při dvousměnném provozu.

Určení životnosti a spotřeby bylo uvažováno při těchto pracovních podmínkách:

- provozní teplota do $+70^\circ\text{C}$,
- poměr zatížení do $C0/P = 20$,
- žádné rušivé vlivy,
- poměr zdvihu mezi 10 a 50,
- provozní využití 100%.

Ložiska uložení upínací desky

Množství maziva v případě přívodu do vnějšího kroužku ložiska.

Pro ložisko 71956 ACD

$$Q_m = 0,002 \cdot D \cdot B$$

$$Q_m = 35\text{g}$$

Množství maziva v případě přívodu mezi ložiska.

Pro ložisko 71956 ACD

$$Q_m = 0,005 \cdot D \cdot B$$

$$Q_m = 87\text{g}$$

Pro ložisko NNU4944BK

$$Q_m = 0,002 \cdot D \cdot B$$

$$Q_m = 48\text{g}$$

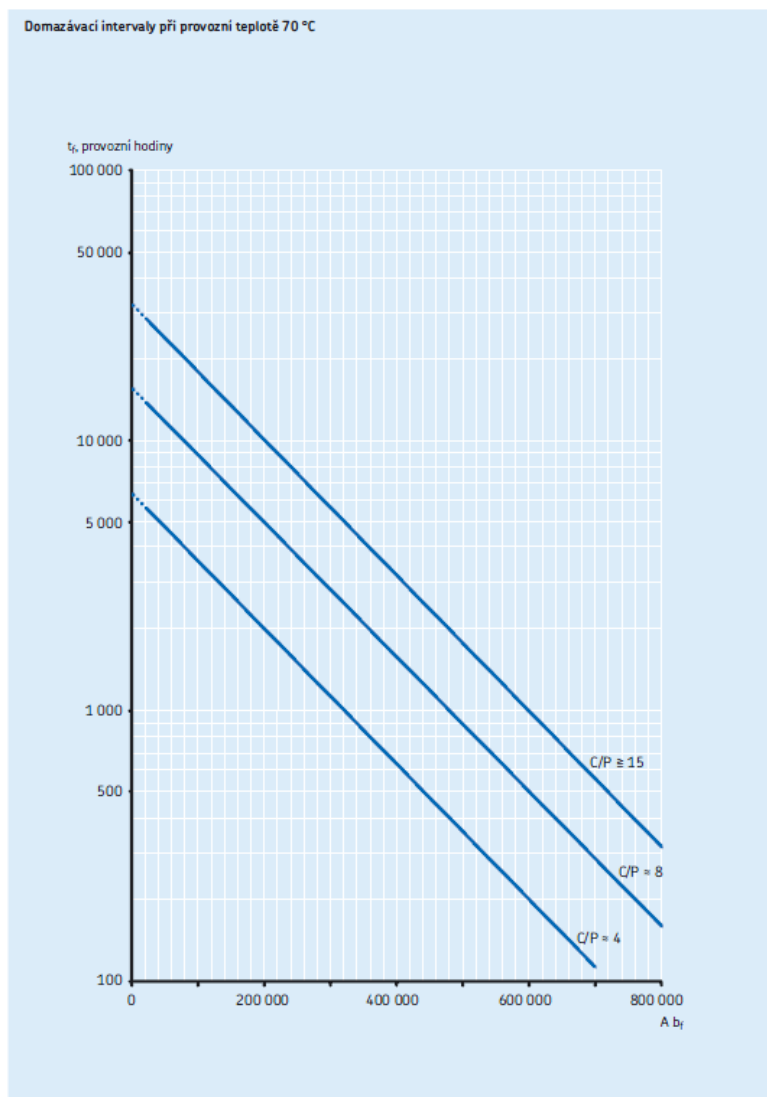
Kde: Q_m = množství maziva

D = Vnější průměr ložiska

B = šířka ložiska



Životnost maziva u ložisek se odečítá z grafu:



Obr. 47 Určení provozních hodin [4]

Kde:

$$A = n d_m$$

$$n = \text{otáčky} [\text{min}^{-1}]$$

$$d_m = \text{střední průměr ložiska} = 0,5 (d + D) [\text{mm}]$$

$$b_f = \text{součinitel ložiska v tomto případě roven 1}$$

$$A = n d_m$$

$$A = 500 \cdot 330$$

$$A = 165000$$

Pro tuto hodnotu A je životnost maziva v ložisku, při poměru $C/P = 8$ a trvalému provozu na maximální otáčky, $t_f = 7000$ provozních hodin. U ložisek se svislou osou rotace se tato životnost snižuje na polovinu tj. 3500 provozních hodin. Při výpočtu jsem uvažoval nejhorší variantu, kdy stroj bude pracovat v maximálních otáčkách.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 79
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Při určení životnosti maziva u matic KŠM jsem vycházel z ověřeného současného stavu, kdy je životnost 6 měsíců a doplňované množství 15 cm^3 .

Valivé vedení

Valivé vozíky:

- RUE 45 E-340/930/340
- RUE 55 E-340/930/340

Jedná se kompletní kitovou sestavu vybavenou přídatnými stěrači pro ochranu maziva před znečištěním a udržováním maziva uvnitř vozíku.

Mazací dávky jsem rozdělil pro kontinuálnější dodávky maziva. Domazávací intervaly jsou nastaveny na 100 provozních hodin. Tzn., že po každých 200 hodinách proběhnou dva mazací cykly ložiska uložení upínací desky. U kuličkových šroubů to bude každých 200 provozních hodin 6 cm^3 maziva a dva mazací cykly. V případě lineárního vedení každých 600 hodin se provede jeden mazací impuls.

11. Závěr

Tématem této diplomové práce je studie možností nahrazení současné mazací soustavy u svislého soustružnického obráběcího centra firmy TOSHULIN, a.s. Mazací soustava by měla vykazovat nižší spotřebu a snížení zásahů obsluhy.

V první části práce rozebírám možnosti dopravy maziva k mazaným místům. Zabývám se jak dopravou maziva, tak samotným dávkováním.

Pokračuji návrhem možných variant mazacích soustav. Optimální variantu jsem vybíral metodou PATTERN. Hodnotil jsem ekologičnost řešení, montážní náročnost a cenu. Na základě vyhodnocení vyšla optimální varianta bezúdržbového vedení a progresivní dávkování tuku. Druhou variantu jsem dále zpracoval.

Optimální varianta podle hodnocení PATTERN nevyžaduje prakticky žádné konstrukční úpravy. Hlavní výhodou je použití opravdu minimálního množství maziva. Její slabinou je nulová kontrola funkce. A opravdová spotřeba se ukáže v praxi.

Varianta progresivního dávkování tuku vykazuje nejmenší spotřebu maziva a současně potřebnou kontrolu nad tím, jestli skutečně dojde k vytlačení maziva do mazaného místa. Téměř identická varianta, ale s použitím oleje, vykazuje stejné kontrolní schopnosti, ovšem spotřeba je výrazně vyšší v porovnání jak se současnou variantou, tak s variantou mazání tukem.

Technická zpráva obsahuje kompletní popis celé mazací soustavy, včetně použitých prvků. Pokračuji nutnými konstrukčními úpravami uložení upínací desky. Dále je výpočetně stanovena životnost tukového maziva a použití minimálního množství. Soustava v době zadání práce byla navrhována s jednotkami generace D. U této generace bylo nutné při návrhu uvádět uvažované mazací médium. U současné generace E byly navrženy jednotky vnitřně optimalizované, které mohou pracovat jak s mazacími oleji, tak s mazacími tuky.

Řadu vnějších vlivů na lineární a rotační valivá ložiska nelze výpočetně podchytit. Nejjistější výpověď o použití a životnosti vedení v příslušné aplikaci proto přinášejí pokusy za podmínek odpovídajících praxi. Zásadní vliv na spotřebu maziva má také režim provozu stroje. Ať je o časové využití jednotlivých pohybových skupin tak podíl jednotlivých posunových rychlostí. Spotřebu tudíž můžeme ovlivnit, pokud budeme vědět, v jakých podmínkách bude stroj pracovat, a bude alespoň částečně znát pracovní režimy.

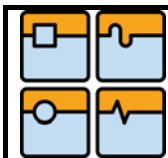
Firma TOSHULIN, a.s. toto dokazuje, podle výpočtů a použitých komponent by spotřeba maziva měla být výrazně vyšší. Jak se testováním ukázalo, desetinné množství oproti tabulkovým údajům dostačuje a zaručuje spolehlivou funkci.

Velký důraz by měl být kladen na těsnění prostoru oběžných drah lineárních i rotačních valivých ložisek, protože znečišťující látky nacházející se v prostoru ložiska mají vliv na jeho postupné poškozování a často ho úplně vyřadí z provozu. Těsnící prvky zabraňují vniku těchto nečistot a zároveň zabraňují úniku maziva z ložiska a z úložného prostoru. Těsnění musí být vždy navrženo s ohledem na provozní

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 81
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

podmínky stroje nebo zařízení, konstrukci ložiska, způsob mazání a druhu maziva, možnostem údržby.

Proč se zabývat množstvím a minimalizací množství použitého maziva? V současné době stále více sílí tendence k ochraně životního prostředí a tím i snahou minimální kontaminace znečišťujícími látkami. Na druhé straně stojí funkční spolehlivost daného stroje, který ke své činnosti mazat potřebuje. Od určité hranice bude docházet k většímu opotřebení stroje, teplotním deformacím a také se bude zvětšovat výrobní nepřesnost. Určitě má smysl hledat prostor v úspoře maziva, jde pouze o to vždy najít kompromis mezi ekologií a zajištěním hlavní funkce pohyblivých částí. Další možností k zamyšlení a testování je použití biologicky odbouratelných maziv.



12. Seznam použité odborné literatury:

[1] firemní literatura TOSHULIN,a.s.

[2] BRENIK,P.,PÍČ,J. Obráběcí stroje – konstrukce a výpočty. TP 59, Praha 1982,SNTL,s.573.

[3] MAREK, J. a kol. Konstrukce CNC obráběcích strojů. MM Speciál. Praha: MM publishing, s.r. o, 2010. 420 s. ISBN: 978-80-254-7980- 3.

[4] Mazaní ložisek SKF [citováno 2012-03-25] Dostupné z:
<http://zbozi.arkov.cz/dl/314/Mazani_lozisek.pdf.html>

[5] ŠPONDR, Pavel; Dvořák Antonín. Jednopotrubní CMS [online]. Brno 2005 [citováno 2012-02-10] Dostupné z:
<<http://www.spondrcms.cz/Aktuality/Jednopotrubni%20CMS.pdf>>

[6] ŠPONDR, Pavel; Dvořák Antonín. Dvoupotrubní CMS [online]. Brno 2005 [citováno 2012-02-10] Dostupné z:
<<http://www.spondrcms.cz/Aktuality/Dvoupotrubni%20CMS.pdf>>

[7] ŠPONDR, Pavel; Dvořák Antonín. Progresivní CMS [online]. Brno 2005 [citováno 2012-02-10] Dostupné z :
<<http://www.spondrcms.cz/Aktuality/Progresivni%20CMS.pdf>>

[8] ŠPONDR, Pavel; Dvořák Antonín. Vícepotrubní CMS [online]. Brno 2005 [citováno 2012-02-10] Dostupné z:
<<http://www.spondrcms.cz/Aktuality/Vicepotrubni%20CMS.pdf>>

[9] Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG, Monorail Guidance Systéme. MATNR. Germany. 2010,s.480.

[10] Cematech HENLLICH, Význam mazaní [online]. [citováno 2012-02-20] Dostupné z:
<http://cematech.hennlich.cz/fileadmin/user_upload/KATEGORIEN/Schmiertechnik/Dokumente/l_Vyznam_mazani.pdf>

[11] Cematech HENLLICH, Progresivní rozdělovač SSVD [online]. [cit.2012-02-20] Dostupné z:
<http://cematech.hennlich.cz/uploads/cz_IL_08_014b_rozdelovace_SSVD.pdf>

[12] TRIBOTEC, Mazací přístroj ACF [online]. [citováno 2012-02-25] Dostupné z:
<<http://www.tribotec.cz/tribotec/cz/pdf/03-progresivni/02-acf/01-dokumentace-acf.pdf>>

[13] TRIBOTEC, Progresivní rozdělovač PR [online]. [citováno 2012-02-25] Dostupné z: <<http://www.tribotec.cz/tribotec/cz/pdf/03-progresivni/09-pr/dokumentace-pr.pdf>>

[14] TRIBOTEC, Filtr FTL [online]. [citováno 2012-02-25] Dostupné z:
<<http://www.tribotec.cz/tribotec/cz/pdf/03-progresivni/11-flt/dokumentace-flt.pdf>>

- [15] TRIBOTEC, Solenoidní ventil [online]. [citováno 2012-02-25] Dostupné z: <<http://www.tribotec.cz/tribotec/cz/pdf/03-progresivni/16-sv1/dokumentace-sv1.pdf>>
- [16] HIWIN, Příručka mazání – lineární technika [online]. [citováno 2012-02-25] Dostupné z: <www.hiwin.cz/file.php?id=331>
- [16] HIWIN, Mazací návod pro kuličkové šrouby [online]. 2011 [citováno 2012-02-25] Dostupné z: <www.hiwin.cz/file.php?id=1260>
- [17] HIWIN, Self-Lubricating [online]. 2011 [citováno 2012-02-25] Dostupné z: <<http://www.hiwin.com/html/ball%20screws/e2.html>>
- [18] INA, Minimal-Schmiermengeneinheit SMDE [online]. [citováno 2012-04-25] Dostupné z: <http://www.ina.de/content.ina.de/de/branches/industry/productronic/productronic_product_range/profiled_rail_linear/rue/smde/smde~1.jsp>
- [19] INA, Wartungsfreie Rollenumlaufereinheit RUE [online]. [citováno 2012-04-25] Dostupné z: <http://www.ina.de/content.ina.de/de/branches/industry/productronic/productronic_product_range/profiled_rail_linear/rue/maintenance-free_rue/maintenance-free_rue~1.jsp>
- [20] TRIBOTEC, Jednopotrubní dávkovač [online]. [citováno 2012-02-25] Dostupné z: <<http://www.tribotec.cz/tribotec/cz/pdf/06-jednopotrubni/11-cm,cl/dokumentace-cm-cl.pdf>>
- [21] KOLÍBAL, Zdeňek; Radek KNOFLÍČEK a Ivan VAVŘÍK. Technologičnost konstrukce oprav (retrofitingu) výrobních strojů. [online]. [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <<http://drogo.fme.vutbr.cz/opory/pdf/uvssr/retrofit/retrofit.pdf>>
- [21] Firemní prospekty ZKL
- [22] Metoda pattern [online]. [citováno 2012-04-20] Dostupné z: <http://www.tf.uniag.sk/e_sources/katsvs/pvs/Pattern_cv.pdf>

13. Seznam obrázků:

Obr. 1 Šlapací soustruh [3]	13
Obr. 2 Hala s transmisními hřídeli [3]	13
Obr. 3 Části svislého soustruhu [3]	17
Obr. 4 Svislý soustruh SKL 12 [1]	18
Obr. 5 Poruchy související s mazáním [10]	22
Obr. 6 Optimální dodávky maziva [10]	23
Obr. 7 Schematické zapojení jednopotrubní centrální mazací soustavy [5]	25
Obr. 8 Funkce jednopotrubních dávkovačů [20]	26
Obr. 9 Schematické zapojení dvoupotrubní centrální mazací soustavy [6]	27
Obr. 10 Princip činnosti dvoupotrubního dávkovače [6]	28
Obr. 11 Schematické znázornění zapojení soustavy [8]	28
Obr. 12 Schematické zapojení progresivní mazací soustavy [7]	29
Obr. 13 Mazání olejovou mlhou [4]	30
Obr. 14 Vstřikování oleje [4]	31
Obr. 15 Olejová lázeň, hladina oleje [4]	31
Obr. 16 Sestava jednotky INA pro prodloužené mazací intervaly [9]	32
Obr. 17 Montáž jednotky INA pro prodloužené mazací intervaly [9]	33
Obr. 18 Sestava jednotky s přidavným stěračem [9]	33
Obr. 19 Jednotka pro dávkování min. množství maziva [9]	34
Obr. 20 Koncové stěrače [9]	35
Obr. 21 Druhy koncových stěračů [9]	35
Obr. 22 podélné stírací a těsnící lišty [9]	36
Obr. 23 přidavné mazací zásobníky pro kuličkové šrouby [17]	37
Obr. 24 Životnost kuličkového šroubu [17]	37
Obr. 25 Porovnání nákladů na mazání kuličkových šroubů [17]	38
Obr. 26 Dávkovací šrouby [11]	38
Obr. 27 Progresivní rozdělovače LINCOLN SSVD [11]	39
Obr. 28 Progresivní rozdělovač LINCOLN SSVD, řez [11]	39
Obr. 29 Příklad zaslepování vývodů [11]	40
Obr. 30 Kontrolní snímací kolík se snímačem [13]	41
Obr. 31 Můstky na propojení vývodů [13]	41
Obr. 32 Mazací agregát [12]	42
Obr. 33 Schematické zapojení centrálního mazání na stroji SKL 12[1]	43
Obr. 34 Zásobník maziva pro valivé vozíky INA [19]	47
Obr. 35 Princip mazání olejovými zásobníky HIWIN [17]	48
Obr. 36 Mazací přístroj Tribotec ACF [12]	50
Obr. 37 Valivé vedení INA RUE 45/55 [19]	51
Obr. 38 Schematické zapojení progresivního mazacího systému, mazání tukem	53
Obr. 39 Mazací přístroj Tribotec ACF [12]	54
Obr. 40 Valivé vedení INA RUE 45/55 [19]	54
Obr. 41 Schematické zapojení progresivního mazacího systému, mazání olejem ...	57
Obr. 42 Schematické znázornění progresivního mazací soustavy, mazání tukem ...	62
Obr. 43 Úplné zapojení soustavy	71
Obr. 44 Vnější a připojovací rozměry přístroje ACF [12]	72
Obr. 45 Filtr FTL Tribotec [14]	73
Obr. 46 Solenoidní servoventil Tribotec [15]	74
Obr. 47 Určení provozních hodin [4]	78

14. Seznam tabulek:

Tab. 1 Technické parametry.....	39
Tab. 2 Závislost délky šroubu na velikosti dávky.....	40
Tab. 3 Technické parametry.....	41
Tab. 4 Technické parametry mazacího přístroje	43
Tab. 5 Doporučené množství maziva a doporučené intervaly	55
Tab. 6 Doporučené mazání kuličkových šroubu.....	55
Tab. 7 Spotřeba maziva s jednotkou SMDE.....	58
Tab. 8 Metoda párového porovnání	66
Tab. 9 Kvantifikovaná porovnávací matice.....	67
Tab. 10 Stanovení konečného pořadí	69
Tab. 11 Porovnání spotřeby maziva.....	70
Tab. 12 Technické parametry.....	73

15. Seznam příloh

Výpočet životnosti maziva v programu Mathcad

Výkres sestavy 05-2012-UVSSR-A1-01 – ULOŽENÍ UPÍNACÍ DESKY

Výrobní výkres 05-2012-UVSSR-A2-01-01 – TUBUS VŘETENE