

Návrh vícelamelové spojky

Design of lamellar disc clutch

Kamil Vašíček

Bakalářská práce
2005



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta Technologická

Vložit oficiální zadání diplomové/bakalářské práce

Předem bych chtěl velmi poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu ing. Davidu Sámkovi, za ochotnou pomoc při řešení všech problémů vyskytujících se na této práci. Dále bych chtěl poděkovat všem členům ústavu výrobního inženýrství za to, co mě za čtyři léta studií na Fakultě Technologické naučili. Věřím, že budu dobře reprezentovat jméno školy v budoucím životě a nezklamu tak důvěru v mou osobu vloženou.

V neposlední řadě bych však chtěl poděkovat celé mé rodině, která se mnou hlavně v prvním a také posledním roce studia měla trpělivost a vzkázat, že budu dělat vše proto, abych jim to, co ve mě vložili, co možná nejdříve vrátil.

Prohlašuji, že jsem na celé diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval

Ve Zlíně, 03. 06. 2005

Kamil Vašíček

Abstrakt

V bakalářské práci se zabývám návrhem vícelamelové spojky pro malý dílenský soustruh. V práci je uvedeno základní rozdělení spojek, a jejich praktické použití ve strojírenském průmyslu. Součástí bakalářské práce je také stručný popis programu Autodesk Inventor, v němž je spojka nakreslena a pomocí animace znázorněn průběh zapojení jednotlivých součástí do sestavy.

This bachelor is about design of the lamellas disc clutch for small workshop lathe. The basic presentation of main groups of clutches and their practical usage in engineering industry is provided in the work. The brief description of the programme Autodesk Inventor is also introduced, in which the clutch is modelled. Assemble visualisation is created by animation feature of the Autodesk Inventor.

OBSAH

ÚVOD.....	7
1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ SPOJEK.....	9
2 NEVÝSUVNÉ SPOJKY	12
2.1 PEVNÉ SPOJKY	12
2.1.1 Trubková spojka	12
2.1.2 Misková spojka.....	13
2.1.3 Hitrhova spojka	13
2.1.4 Přírubová spojka	14
2.1.5 Kotoučová spojka	15
2.2 DILATAČNÍ A VÝKYVNÉ SPOJKY	15
2.2.1 Jednoduchá dilatační spojka	16
2.2.2 Dilatační zubová, řetězová a čepová spojka	16
2.2.3 Oldhamova spojka	18
2.2.4 Zubová spojka	18
3 PRUŽNÉ SPOJKY	19
3.1 CHARAKTERISTICKÉ VLASTNOSTI PRUŽNÝCH SPOJEK.....	19
3.2 PRUŽNÉ SPOJKY S PRYŽOVÝMI ELEMENTY	21
3.2.1 Čepová spojka	21
3.2.2 Spojka s radiálními články	21
3.2.3 Spojka s kulovými články	22
3.2.4 Spojka s pružným prstencem.....	22
3.3 PRUŽNÉ SPOJKY S KOŽENÝMI ELEMENTY	23
3.4 PRUŽNÉ SPOJKY S OCELOVÝMI PRUŽINAMI	24
3.4.1 Pružná spojka s vinutou pružinou.....	24
3.4.2 Spojky s válcovými pružinami	24
4 VÝSUVNÉ SPOJKY	26
4.1 SPOJKY ZASOUVANÉ V KLIDU NEBO PŘI MALÉ RYCHLOSTI.....	26
4.1.1 Jednoduchá zubová spojka	26
4.1.2 Spojky s otočným perem	27
4.2 TŘECÍ SPOJKY	27
4.2.1 Zapínání třecích spojek.....	28
4.2.2 Rozbor vnitřních vlivů.....	28
4.2.3 Rozbor vnějších vlivů.....	29
4.2.4 Materiály třecích ploch.....	30
4.2.5 Oteplování třecích ploch a jejich kontrola.....	31
4.2.6 Konstrukce třecích elementů	32
4.3 ELIMINACE TEPLA	33
4.4 OVLÁDÁNÍ LAMELOVÝCH SPOJEK.....	33
4.4.1 Hydraulicky ovládaná lamelová spojka.....	33
4.4.2 Pneumaticky ovládaná spojka	34
4.4.3 Elektromagneticky ovládaná lamelová spojka	35
5 SPECIÁLNÍ SPOJKY	37
5.1 ROZBĚHOVÉ SPOJKY	37
5.1.1 Rozběhové s třecím prstencem	37
5.1.2 Rozběhová spojka s třecími segmenty.....	38
5.1.3 Rozběhová čelistřová spojka.....	38
5.1.4 Regulovatelné rozběhové spojky.....	39
5.2 ZABEZPEČOVACÍ SPOJKY	40
5.2.1 Zabezpečovací spojka s porušením provozu	40

5.2.2	Zabezpečovací spojky, které pracují bez přerušení provozu	41
5.3	VOLNOBĚŽNÉ SPOJKY	42
6	PROGRAM AUTODESK INVENTOR.....	43
6.1	INVENTOR 6.	43
7	VLASTNÍ NÁVRH LAMELOVÉ SPOJKY	45
7.1	VNĚJŠÍ TĚLESO	45
7.2	VNITŘNÍ TĚLESO	45
7.2.1	Úhlová páka.....	45
7.2.2	Přítlačný kroužek.....	46
8	VÝPOČET LAMELOVÉ SPOJKY	50
	ZÁVĚR.....	55
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	56
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	57
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	58
	SEZNAM TABULEK	60
	SEZNAM PŘÍLOH	61

ÚVOD

Potřeba spojovat hřídele se společnou osou vytvořila podmínky pro vývoj nových druhů spojek. Původně se spojky konstruovaly ve formě kotoučů a umožňovaly tak pevné a trvalé spojení dvou souosých hřídelí. Nároky na spojky se postupně vyvíjí a s tím také vývoj nových druhů spojek. V poslední době patří mezi hojně používané spojky s magnetickým práškem. U těchto spojek se kroutící moment přenáší pomocí kovového prášku, který je v mezerách mezi hnanou a hnací částí spojky zpevňuje se plynule ovládaným magnetickým polem. Spojky s magnetickým práškem mají možnost přenášený kroutící moment přesně regulovat. Spojky pak mohou pracovat jako zabezpečovací spojky proti přetížení, pro rozběh se v provozu volí jen s malým předimenzováním.

Zabezpečovací spojky s magnetickým práškem mají oproti třecí spojce stejného typu tu výhodu, že hnaná část spojky, která v důsledku jednorázového přetížení prokluzuje, dosáhne ihned po odlehčení synchronních otáček. Jestliže má motor nebo stroj při provozu periodicky měnivé zatížení, vzniká nebezpečí, že se amplitudy kmitání samotného systému budou různě měnit. Vznikají tak špičkové kroutící momenty, které mohou několikanásobně převýšit normální kroutící moment, který je dán výkonem a počtem otáček, a mohou zavinit zlomení některé části strojového pohonu. Aby se zabránilo nebezpečnému chodu spojky při případné rezonanci, musí se pro spojení s velkým kroutícím momentem vypočítat kmitání, které vydrží periodicky měnivý kroutící moment. Nárazy v zařízení při otáčkách vznikají když se naráz spojí dvě rotující hmoty s rozdílným počtem otáček. Podobně vznikají i nárazy zapříčiněné vůlí ozubení. Tato přídavná zatížení, které zachytává spojka a příslušný hřídel, závisí na rozdílu rychlosti obou částí a také na pružnosti spojky. Zatížení tak bude tím menší, čím pružnější bude spojka.

V poslední době se zdokonalují i ovládací elementy výsuvných spojek. Pákové systémy se nahrazují elektrickým, elektro - hydraulickým nebo pneumatickým ovládacím zařízením. Takto ovládané spojky umožňují lehkou obsluhu strojů z jednoho místa.

Elektricky ovládané spojky se dobře osvědčili v plnoautomatických provozech.

Při správné volbě druhu spojky je třeba brát v úvahu také velikost, váhu, cenu, a osobité technické podmínky jako je například teplota, vlhkost, lehkou montáž a demontáž, elektrická a tepelná izolace. Spojky s velkým tlumícím účinkem je potřeba chladit protože část mechanické práce se přeměňuje na teplo.

V neposlední řadě se používají spojky, které svoji činností zabráňují špatnému chodu převodu stroje, respektive volnoběžné spojky, které umožňují předbíhání hnané části oproti hnací části.

1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ SPOJEK

Spojky jsou strojové součástky, které spojují jednotlivé hřídele a přenášejí krouticí moment z hnacího hřídele na hnaný hřídel. Spoje se často používají jako ochrana proti přetížení mechanismů, popřípadě umožňují v určitém rozsahu měnit přenášený krouticí moment. Nejrozšířenější jsou spoje, které spojují hřídele se společnou osou.

Nejednodušeji jdou spoje rozdělit na spoje výsuvné a nevýsuvné.

Do skupiny nevýsuvných spojek patří pevné spoje, tyto jsou nejvíce vhodné na spojování sousedních hřídelů. Oproti tomu spoje dilatační, výkyvné a pružné mohou zase vyrovnávat nesouosost hřídelů, popřípadě tlumit nárazy či kmity při přenášení krouticího momentu.

Výsuvné spoje rozdělujeme podle způsobu zasouvání na spoje zasouvající se mechanicky, hydraulicky, pneumaticky a elektromagneticky. Automatické spoje se zasouvají působením odstředivých sil. Tyto spoje se při překročení dopředu nastaveného krouticího momentu M_k automaticky vypínají z činnosti. Volnoběžné spoje závisí při zapínání od relativního směru obou částí spoje. Výsuvné spoje s tvarovým stykem se mohou zapojit jen při stejných otáčkách obou dvou polovin spoje. Některé typy hydrostatických a hydrodynamických spojek, práškových elektromagnetických a magnetických spojek, pracujících na principu silového styku, mohou v určitém rozsahu měnit krouticí moment M_k . Změny krouticího momentu nelze dosáhnout při spojkách s tvarovým stykem a ani při většině spojek pracujících na principu silového styku.

Velmi těžko se dosahuje souosost spojování hřídelů strojů s rozdílnou výškou os, zejména na strojích, které jsou umístěné na rozdílných základech. Na změnu souososti mají vliv i tepelné rozdíly, použité ložiska, klesání základů strojů a podobně. Pevné spojení při nesouososti strojů vyvolává přídatné napětí. Nevýhody pevných spojek je možno odstranit upravením konstrukce spoje a to několika způsoby mezi nejčastější patří:

- mezi oběma polovinami spojek vytvoříme vůli tyto spoje můžeme použít jen při malých nesouosostech hřídelů.
- kluzné části spojek umožňují vzájemný pohyb obou polovic spojek tyto spoje se však musí často a dostatečně mazat.
- nesouosost hřídelů vyrovnáváme pružnými elementy, které není třeba mazat.

Změnou konstrukce spoje, např.: vložením posuvného nebo pružného článku je možnost nekontrolovatelné napětí odstranit nebo redukovat na nejmenší možnou míru.

Přenos kroutícího momentu spojkou se dá uskutečnit

- a) vhodným tvarem stykových ploch na obou částech spojky tedy tvarovým stykem
- b) vyvedením třecí síly na stykových plochách tedy silovým stykem
- c) hydrostatickou, hydrodynamickou nebo elektromagnetickou silou.

Maximální hodnota přenášeného momentu silovým stykem závisí na pevnosti stykových částí. Části spojky nesmějí umožňovat vzájemný prokluz .

Maximální hodnota přenášeného momentu silovým stykem závisí na třecích poměrech stykových částí spojek. Při přetížení těchto spojek může vzniknout prokluz, který je však časově omezen, na třecích plochách spojek vzniká velké teplo.

U hydrostatických, hydrodynamických a elektromagnetických spojek vzniká trvalý prokluz. Velikost tohoto skluzu závisí na velikosti kroutícího momentu M_k a nemá za následek opotřebení spojky.

Spojky tvaru křížového kloubu umožňují poměrně velký úhlový výkyv obou polovin spojky. Při rovnoměrné rotaci hnací poloviny spojky dochází k nerovnoměrnému otáčení úhlově vychýlené hnané poloviny spojky. Tímto se může snadno rozkmitat celé příslušenství hnaného hřídele. Rovnoměrné otáčení hnaného hřídele můžeme dosáhnout umístěním dvou kardanových nebo kulových kloubů za sebou. Vyrovnání odchylek v uložení kloubových spojek je omezené. Vznikají tak přídavné síly, které se přenášejí do okolních ložisek. V katalogu výrobku se však neuvádí příslušné údaje, podle kterých by se mohli ložiska přesněji dimenzovat na přídavné síly. Platí tady základní pravidlo ukládat ložiska co možná nejbliže ke spojkám, aby přídavné ohybové momenty byly co možná nejmenší.

Rozsáhlou skupinou tvoří spojky, které tlumí nárazy při otáčení hřídelí s krátkodobou akumulací energie. Tyto spojky odstraňují rezonanci, která vzniká při provozních otáčkách. Pružné elementy se vyrábí z pryže, z oceli, anebo mohou být kombinované.

Lamelové elektromagneticky ovládané spojky se běžně používají při sestrojování obráběcích strojů, textilních strojů, v hutním průmyslu apod. Přesnost opracování automatických kopírovacích strojů s lamelovými elektromagneticky ovládanými spojkami ovlivňuje přesnost a rychlost zapínání spojky.

Hydraulicky ovládané spojky se výhodně používají u strojů, ve kterých je zavedena hydraulika. Ve větším měřítku se používají u obráběcích strojů. Pneumaticky ovládané

spojky nemají tak široký rozsah použití. Používají se ve speciálních odvětvích, např. při stavbě lodí.

Rozběhové spojky se používají při rozběhu spalovacích motorů, elektromotorů s kotvou nakrátko, které se mohou zatížit jmenovitým momentem až po dosáhnutí určitých otáček. Elektromotory s kotvou nakrátko nejsou schopné rozběhnout se při pevném spojení se strojem, který má větší moment setrvačnosti. Hnaný stroj se poté zapíná spojkou automaticky až při jmenovitých otáčkách motoru. Při rozběhu se ve spojce část výkonu motoru přetransformuje na teplo. Tato část výkonu odpovídá velikosti skluzu.

Zcela jinou skupinu spojek poddajných v krutu tvoří spojky hydrostatické, hydrodynamické a elektromagnetické. Tyto nejvíce reagují na změnu kroutícího momentu změnou skluzu. Tyto spojky mají velkou tlumicí schopnost. Vhodnou volbou skluzu je možné řešit všechny případy kmitání a tlumení nárazů v strojním zařízení

2 NEVÝSUVNÉ SPOJKY

2.1 Pevné spojky

Pevné spojky se používají na spojování souosých hřídelí, přičemž nedovolují jejich radiální ani axiální posunutí. Kroutící moment se přenáší bez tlumení nárazů na hnanou část spojky. Vhodné jsou zejména na spojení hřídelí, které se poměrně zřídka kdy rozebírají. Nejen nesouososti hřídele, ale i úhlové výchylky zapříčiňují velké přídavné napětí a tím velké zatížení ložisek. Na změnu souososti v průběhu chodu stroje mohou mít vliv deformace převodových skříní ale i rozdílné druhy ložisek. To znamená že na jednom hřídeli jsou kluzná ložiska a na druhém jsou ložiska valivá. V některých případech se poté musí pevná spojka nahradit spojkou jinou, která přenáší kroutící moment bez přídavného zatížení.

Do skupiny pevných spojek patří:

- a) Trubková spojka
- b) Misková spojka
- c) Hirthova spojka
- d) Přírubová spojka
- e) Kotoučová spojka

Při použití trubkové spojky s příčným kolíkem, nebo u Hirthova ozubení se kroutící moment přenáší tvarovým stykem obou dvou spojovaných dílů.

Při použití miskové a dvoudílné trubkové spojky se kroutící moment přenáší silovým stykem spojovaných dílů. U výpočtu se postupuje stejně jako kdyby se kroutící moment přenášel třením a klín by pouze zabezpečoval spojku.

2.1.1 Trubková spojka

Rozměry trubkové spojky (*obr.1*) se navrhují empiricky podle průměru hřídele d . Vnější průměr trubky se volí podle vztahu (1).

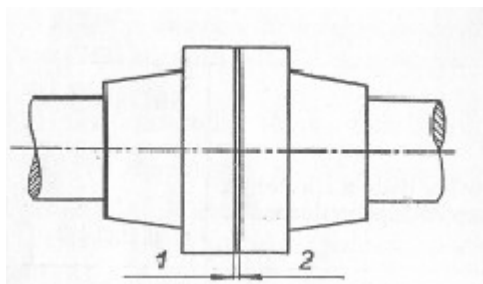
$$D = (1,8 \text{ až } 2) d \quad (1)$$

a délka podle vztahu (2).

$$L = (3,5 \text{ až } 4) d \quad (2)$$

Navrhnuté rozměry se poté kontrolují výpočtem. Mezi čelem jednotlivých hřídelí je třeba při použití klínů vytvořit vůli 2 až 4 mm. Tato vůle se při montáži kontroluje napříč

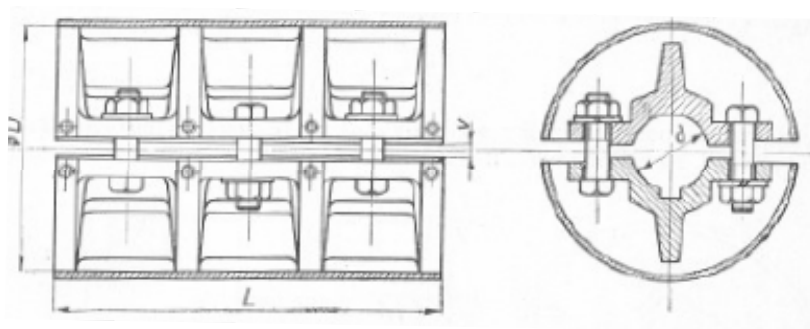
vyvrtaným otvorem. I když je trubková spojky velmi jednoduchá, používá se jen velmi zřídka z důvodu obtížné montáže.



Obr. 1. Trubková spojka
1-hnací část, 2-hnaná část

2.1.2 Misková spojka

Misková spojka (obr.2) se používá pro spojování transmisních hřídelí. Nevýhoda svěrné spojky je odstraněna tím, že oba díly spojky jsou spojeny 4 až 8 šrouby. Misková spojka má malé radiální rozměry. Obě poloviny spojky jsou symetrické. Obvykle se odlévají celistvé, soustruží se a poté rozřežou na půl, tímto se dosáhne přesné centrické spojení. Čepy musí být zapuštěny tak, aby nepřechňovali přes rotační obrys spojky. Spojky se montuje až po uložení hřídele, takže náboje součástek uložené na hřídeli nemusejí být dělené. Mezi oběma miskami musí po dotáhnutí zůstat vůle 0,5 až 1 mm.

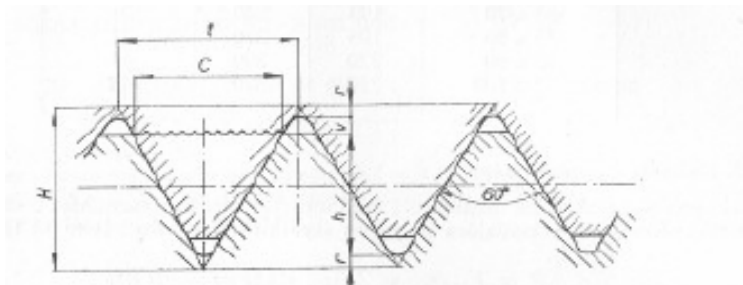


Obr. 2. Misková spojka

2.1.3 Hítrhova spojka

Obvykle se používá na spojování dutých hřídelí. Na čelní straně spojovaných dílů jsou v radiálním směru vytvořené zuby. Proto se tato spojky v odborné literatuře nazývají Hirthovo ozubení. Průřez zubů Hirtovi spojky (obr.3) je rovnostranný trojúhelník. Zuby jsou vytvořené na jednostranné nebo oboustranné kuželové ploše. Spojka se montuje tak, že obě části spojky se stáhnou a centrují s kuželovou plochou. Použití Hirthovi spojky je výhodné při broušení ozubených kol a montáži válečkového ložiska, protože je tak zaručená sousost

jednotlivých dílů. Opotřebované součástky se dají dobře vyměnit. Předpokladem pro využití uvedených výhod je přesná výroba na speciálních dělicích strojích. Nevýhodou použití těchto spojek jsou velké výrobní náklady.

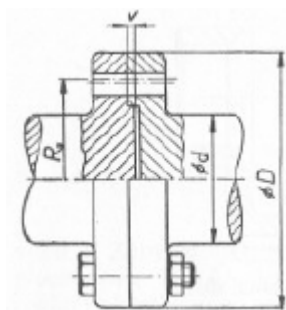


Obr. 3. Rozvinutý průřez zubů Hirtovi spojky

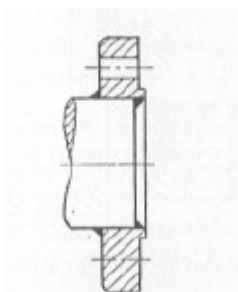
H -teoretická výška zubů; h - skutečná výška zubů; r -poloměr zaoblení paty zubu; t - rozstup; v - vůle mezi patou a hlavou zubu; c - nebezpečný průřez

2.1.4 Přírubová spojka

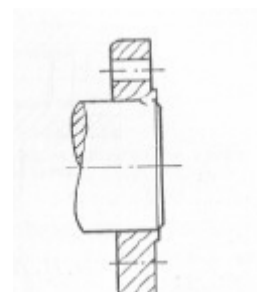
Přírubovou spojku (obr. 4a) tvoří vykované, navařené (obr. 4b) nebo za tepla nalisované příruby (obr. 4c)



Obr. 4a. Přírubová spojka



Obr. 4b. s navařenou přírubou

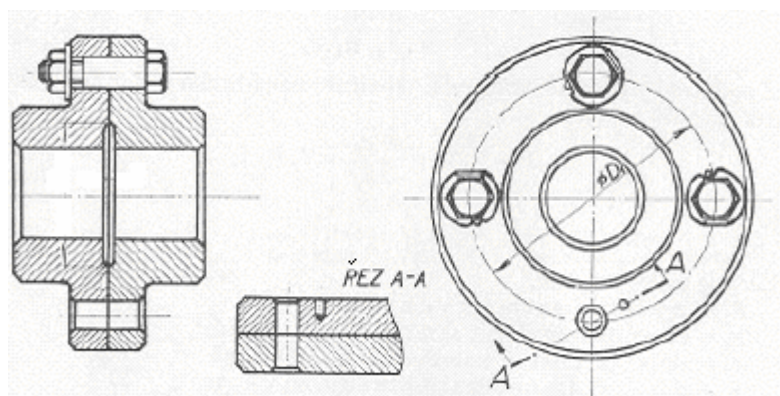


Obr. 4c. s nalisovanou přírubou

Vykování přírub na koncích hřídelí je výrobně velmi náročné a obtížné. Proto se přírubové spojky používají na přenos velkých kroutících momentů. Častěji se tedy používají nalisované a navařené příruby před přírubami kovanými. Při montáži čelní plochy obou dílů spojky dosedají na sebe. Aby byly čelní plochy kolmé na osu hřídele opracovávají se až po úpravě na hřídeli. Konstantní kroutící moment se přenáší z jednoho hřídele na druhý třením dosedacích ploch. Nevýhodou této spojky je, že při nich je potřeba použít dělené ložiska a při montáži musí být umožněn osový posuv jednoho hřídele o délku osazení, aby se hřídele mohli vystředit.

2.1.5 Kotoučová spojka

Kotoučová spojka (*obr.5*) se skládá ze dvou kotoučů nasazených na konci hřídelí a spojených šrouby. Kotouče vyrobeny z oceli jako výkovky nebo litiny jsou nalisované za tepla a natáhnuté na konce hřídelí. Může se také využít spojení per nebo klínu. Jestliže na spojku působí také osová síla je potřeba kotouče zabezpečit proti osovému posuvu. Při konstantním kroutícím momentu se kotouče spojují šrouby, které jsou uloženy s vůlí. Oproti tomu při nárazové kroutícím momentu musí šrouby přesně lícovat, nebo mít kuželový čep. Oba díly spojek se střídí pomocí kroužků, nebo speciální dvoudílnou vložkou. Tímto se odstraní nevýhodné posouvání hřídele při montáži a demontáži spojky.



Obr .5. Kotoučová spojka

2.2 Dilatační a výkyvné spojky

Dilatační a výkyvné spojky jsou nepružné spojky, které přenášejí kroutící moment z hnacího hřídele na hnaný bez tlumení případných nárazů. Dilatační spojky dovolují posuv pouze v ose hřídele. Montují se tam, kde se mění délka hřídel za chodu stroje. Při chodu stroje z vysokými provozními teplotami mohou vznikat velká pnutí vlivem nevyrovnané roztažnosti jednotlivých částí strojů. Použije se také tak kde z konstrukčních důvodů není možno dodržet podmínku uložení hřídele tak, aby jedno ložisko přenášelo radiální a axiální síly a ostatní ložiska přenášeli pouze radiální síly.

Výkyvné spojky dovolují při nepružném přenosu kroutícího momentu úhlové výchylky případně i osová dilatace. Velké přídavné síly mohou vzniknout i při pevném spojení dvou hřídelí vlivem jejich rozdílných průhybů. Pružné deformace vznikají působením statických a dynamických sil od částí, které přenášejí otáčivý pohyb a jsou umístěny na hřídelích, zejména vlivem jejich nedokonalých vyvážení. Na vyrovnání délkových změn použijeme

tedy výkyvné spojky, které mohou vyrovnat i následné odchylky hřídelí od ideální polohy osy.

- posunutí v radiálním směru
- posunutí v osovém směru
- úhlové úchylky

Krouticí moment se při výkyvných spojkách přenáší pomocí tzv. tvarového styku mezi oběmi polovinami spojky. Do této skupiny patří:

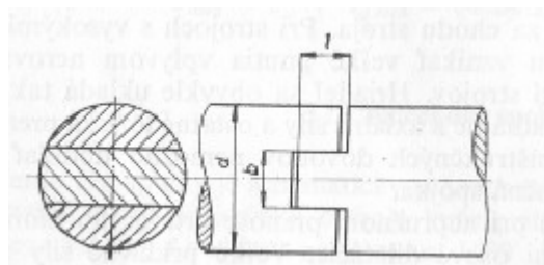
- a) jednoduchá dilatační spojka
- b) dilatační zubová, řetězová, čepová spojka
- c) Oldhamova spojka
- d) zubová spojka

2.2.1 Jednoduchá dilatační spojka

Jednoduchá dilatační (*obr.6*) Používá především na přenášení malých kroutících momentů pro pomocné pohony například u mazacích čerpadel, nebo pro přístroje v jemné mechanice. Rozměry jednoduchých dilatačních spojek volíme podle tab.1 [15]

d [mm]	8	10	12	16	20	25	30
b [cm]	3	4	5	6	7	8	10
l [mm]	5	5	6	6	8	8	10

Tab.1. rozměry jednoduché lamelové spojky



Obr. 6. Jednoduchá dilatační spojka

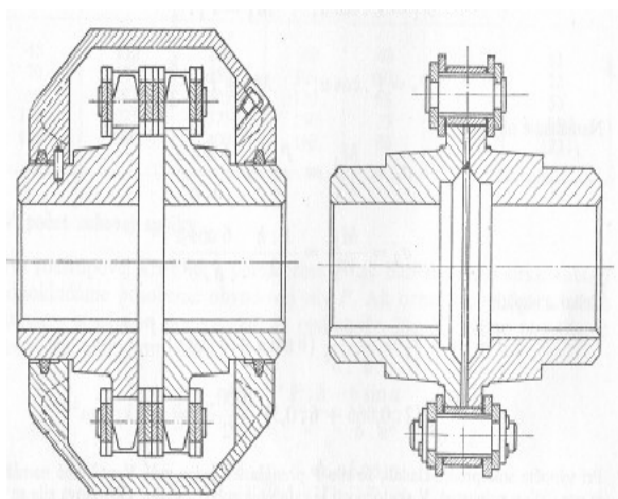
2.2.2 Dilatační zubová, řetězová a čepová spojka

Dilatační zubové spojky se používají pro přenos vysokých kroutících momentů. **Jednoduché zubové spojky** se však používají velmi zřídka a na podřadné účely. Výhodnější konstrukce spojky má lícovanou středící vložku. Na jedné polovině spojky se

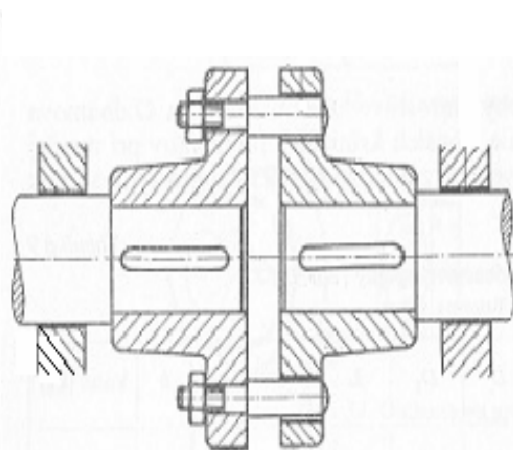
vytvoří tři zuby tvaru mezidruhového výseku. Zuby obou kotoučů zapadají do sebe a mohou se vzájemně posouvat ve směru osy hřídele. Uložení obou hřídelí v jednom díle spojky napomáhá dodržovat souosost. Z výrobních důvodů je výhodnější volit lichý počet zubů. Při nepárové počtu zubů je možné opracovat na jeden pracovní záběr frézy dva boky zubu, při párovém počtu pouze jeden bok zubu.

Dilatační řetězová spojka (obr. 7) umožňuje lehce a rychle spojit hřídele. Dovoluje menší axiální posuvy. Skládá se ze dvou ozubených kol. Do nich se vloží řetěz. Válečkový řetěz může být podle potřeby jednoduchý, nebo dvojitý. Řetěz i z koly je zakryt krytem.

Dilatační čepová spojka (obr. 8) se podobá pevné kotoučové spojce. Liší se zejména tím, že čepy v jedné polovině volně přecházejí v druhou polovinu spojky. Toto spojení umožňuje velké axiální posuvy, ale i menší příčné a úhlové výchylky. Výrobní nepřesnosti v jednotlivých rozestupech však mají za vinu, že se celkové zatížení přenáší pouze na jeden čep a ten může časem prasknout. Vlivem nerovnoměrného přetížení může vzniknout rotující přídavný moment, která nerovnoměrně zatíží hřídel i ložiska. Proto se čepová spojka používá pouze na přenášení malých sil.



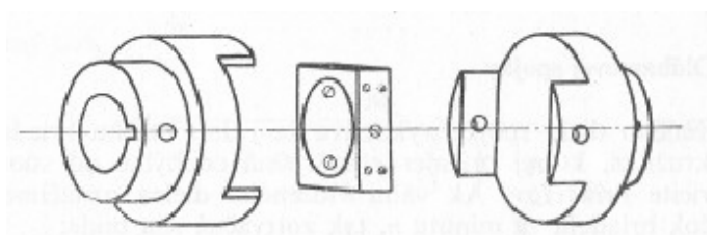
Obr. 7. Dilatační řetězová spojka



Obr. 8. Dilatační čepová spojka

2.2.3 Oldhamova spojka

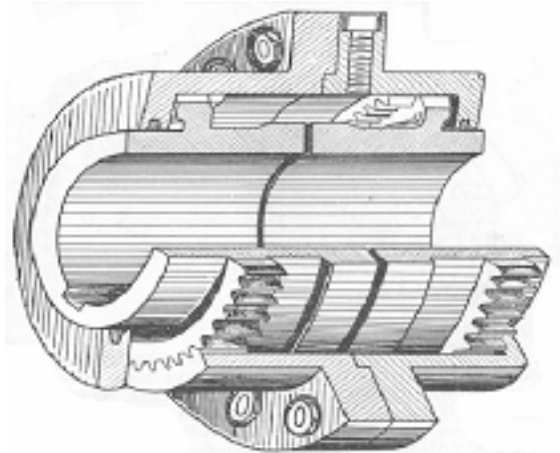
Oldhamova spojka (*obr.9*) umožňuje axiální posuv a výchylky v souosém směru. Podmínkou je však rovnoběžnost hřídelí. Hnací a hnaný kotouč spojky mají na čelní ploše v radiálním směru drážku. Kotouče spojky jsou potočeny tak, aby byly obě drážky na sebe kolmé do drážek zapadají výstupky vloženého kotouče, které svým pohybem vyrovnává nesouosost hřídelí. Aby se nezvyšovali ztráty třením, je potřeba kluzné plochy pečlivě mazat. Z tohoto důvodu se Oldhamova spojka se používá na přenášení malých kroutících momentů při malé úhlové rychlosti.



Obr. 9. Oldhamova spojka

2.2.4 Zubová spojka

U zubových spojek (*obr.10*) se kroutící moment přenáší z hnací části na hnanou pomocí vnějšího a vnitřního ozubení. Obvodová síla se rozděluje na větší počet ploch než je tomu u spojky čepové. Zubové spojky jsou výhodné zejména na vyrovnávání délkových změn. Kloubová, křížová spojka a kolový kloub se používají tam, kde je potřeba vyrovnat úhlové výchylky hřídelí od jejich ideální osy.



Obr. 10. Zubová spojka

3 PRUŽNÉ SPOJKY

Pružné spojky odstraňují nevýhody nepružných spojení hřídelí. Vhodné jsou zejména pro pohony s velkým kolísáním krouticího momentu a tam, kde za chodu vznikají nárazy. Obě dvě poloviny spojky se spojují pomocí jednoho nebo více pružných elementů z oceli, gumy nebo kůže. Pružné spojení hnacího a hnaného kotouče má tyto výhody.

- a) Spojka dovoluje menší nesouosost spojovaných hřídelí respektive jejich úhlovou výchylku. Vyrovnává osové posuvy hřídele.
- b) Snižuje a tlumí náhlé změny přenášeného krouticího momentu.
- c) Vhodnou volbou pružných elementů můžeme dosáhnout posunutí kritických otáček a odstranit rezonanci v převodech, ve kterých vznikají kmity.

Náraz v zařízení, který může vzniknout při krátkodobé změně krouticího momentu hnacího nebo hnaného stroje, může pružná spojky zachytit. Kolísání krouticího momentu však pružná spojka není schopna utlumit. Přetažení lze snadněji zachytit zabezpečovací spojkou (lamelovou). Žádná za spojek však nemůže odstranit nárazy při rozběhu elektromotoru spojeného nakrátko.

Nárazy se ve spojce zmenšují tak, že se elementy pružné spojky deformují, čím se akumuluje nárazová energie, která se poté odevzdá ze zpožděním. Současně se pohlcuje kinetická energie nárazu třením a mění se na tepelnou energii.

3.1 Charakteristické vlastnosti pružných spojek

Poměry v pružné spojce můžeme vyjádřit diagramy, ve kterých na jednu osu nanášíme krouticí moment při vzájemném pootočení obou dvou polovin spojky a na druhou osu nanese úhel pootočení φ . Jestliže je závislost mezi M_k a φ přímá, je charakteristika přímková (*obr.11*). Vyšrafovaná plocha znázorňuje schopnost akumulace spojky. Úhrnná akumulovaná práce je dána vztahem.

$$L = \int_0^{\varphi} dL = \int_0^{\varphi} M_k \cdot d\varphi \quad (3)$$

Zajímavé jsou spojky s křivkovou charakteristikou (*obr.12*) mají proměnlivou pružnost. Tyto spojky mohou zabránit vzniku kmitů v rezonanční oblasti. Výhodné jsou pro určité druhy pohonů, např. pro pohon, při kterém krouticí moment roste s otáčkami. U pohonů, u kterých krouticí moment mění hodnotu nulové polohy, je třeba použít mezi obě dvě poloviny spojky spojení bez vůle tak, aby nevznikali nárazy.

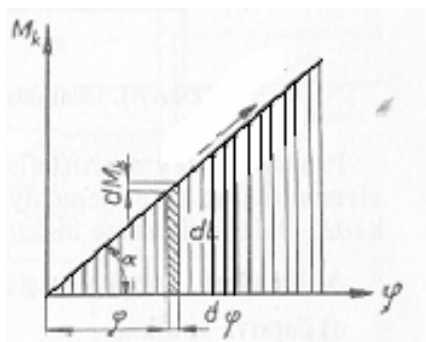
Charakteristickou pružné spojky nazýváme čáru, která udává závislost kroutícího momentu M_k od relativního úhlu pootočení φ obou polovin spojky. Hodnota

$$M_k = f(\varphi) \quad (4)$$

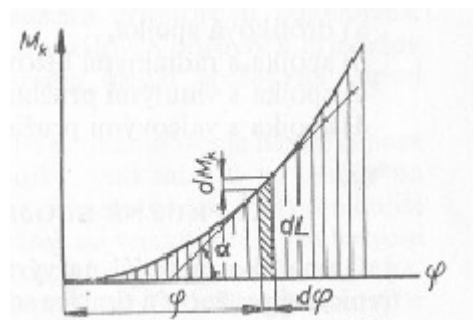
udává tlumící a pružící schopnosti spojky.

Spojky s přímkovou charakteristikou - mají lineární charakteristikou-konstantní pružnost

Spojky s křivkovou charakteristikou- mají proměnlivou pružnost. Avšak výhodou je že může snadněji vyrovnávat a tlumit torzní kmity.



Obr.11. Lineární charakteristika spojky



Obr.12. Křivková charakteristika spojky

Spojky se dají rozdělit podle několika hledisek například podle elementů

pružné spojky s gumovými elementy

- a) čepová spojky
- b) spojky s radiálními články
- c) spojky s kulovými články
- d) spojky s pružným prstencem

pružné spojky s koženými elementy

čepová spojka

spojky s tangenciálními hranoly

pružné spojky s ocelovými elementy

- a) spojky s radiálními listovými pružinami
- b) spojky s vinutými pružinami

c) spojky s válcovými pružinami

3.2 Pružné spojky s pryžovými elementy

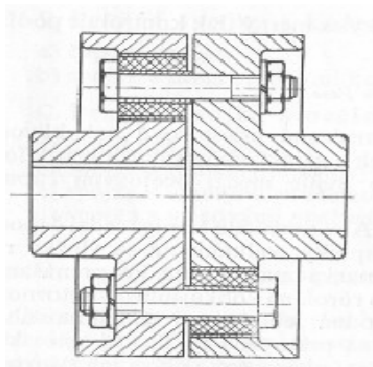
Pryž jako materiál na výrobu pružných elementů má určité vnitřní tření. Její pružnost a tlumicí schopnost se příznivě projevuje u nárazového zatížení a při pohonech, u kterých vlivem periodických změn kroutícího momentu vznikají torzní kmity.

3.2.1 Čepová spojka

Na středním obvodu hnacího kotouče čepové spojky (*obr.13*) jsou umístěné čepy, které zasahují do otvorů hnaného kotouče. Na čepy jsou nasazeny články z tvrdé pryže. Obvodovou sílu F_O vyvolává na roztečném průměru hnací moment M_k . Mezi hnací a obvodovou silou platí vztah

$$F_O = 2 M_k / D \quad (5)$$

Aby se obvodová síla co nejvíce zmenšila, rozmísťujeme čepy na co možná největším průměru hřídele.



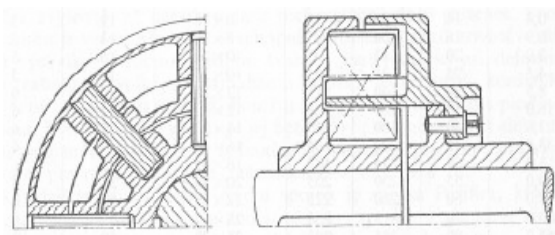
Obr.13. Pružná čepová

spojka

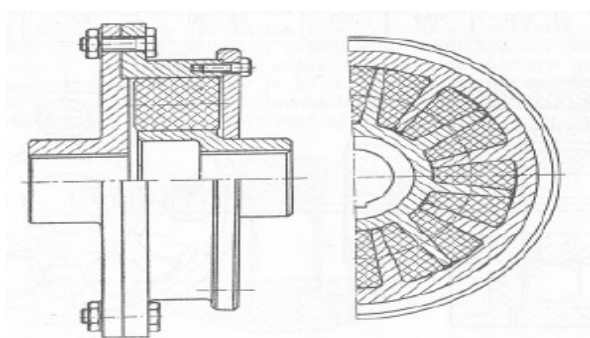
3.2.2 Spojka s radiálními články

Pružné elementy spojky (*obr.14*) jsou uloženy radiálně. Za chodu jsou namáhány ohybem. Elementy mohou však být namáhány také tlakem. (*obr. 15*) Jeden z kotoučů spojky má na obvodě čtyřhranné vybrání pro uložení pružných článků. Druhý kotouč spojky má výstupky, kterými se opírá o pružné články. Ze vzrůstajícím zatížením spojky začínají

pružné elementy vyplňovat prostor v komůrkách, který je vytvořený mezi žebry a bočními stěnami jednoho kotouče. Spojka potom pracuje jako nepružná.



Obr.14. Spojka s radiálními články namáhanými ohybem



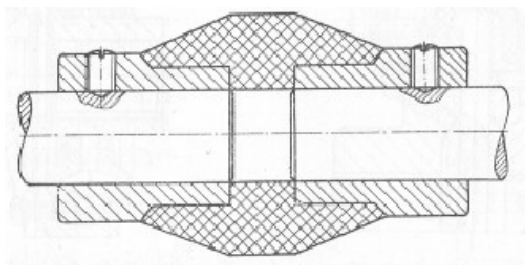
Obr.15 spojka s radiálními články namáhanými tlakem

3.2.3 Spojka s kulovými články

Konstrukce je velmi podobná spojce s radiálními členy. Jako pružné elementy se však používají pružné kuličky, které se za chodu stroje opírají o tvarové radiální výstupky obou dílů spojky. Přenášený výkon můžeme zvýšit když přidáme počet kulových elementů. Spojka se lehce montuje i demontuje. Vyrábí se na přenášení malých a středních kroutících momentů.

3.2.4 Spojka s pružným prstencem

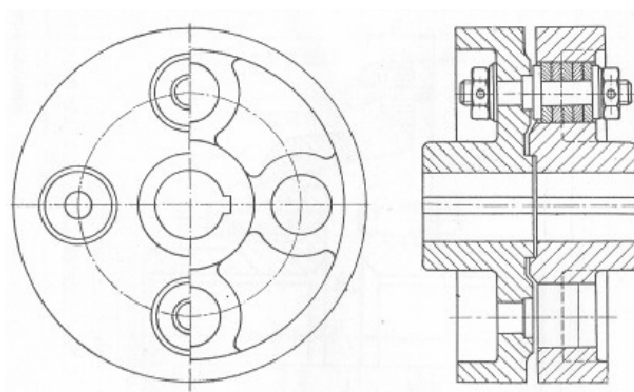
Při snaze dosáhnout co možná největšího tlumení se objem pružných elementů neustále zvyšoval, až se z nich vytvořil dutý prstenec. Spojka tohoto druhu (obr 16.) je velmi pružná a je schopna vyrovnat nesouosost a větší úhlové výchylky. Jednoduchá konstrukce umožňuje snadnou montáž. Používá se zejména u strojů s pístovým pohonem. Výhodou je takměř bezhlučný chod a možnost elektrické izolace spojovaných hřídelí. Dokonalejším typem jsou spojky, které se skládají ze čtyř částí a to: Dvou nábojů spojky, gumové obruče, a dvou přitlačných prstenců přidržívaných příslušným počtem šroubů.



Obr.16. Jednoduchá spojka s pružným prstencem

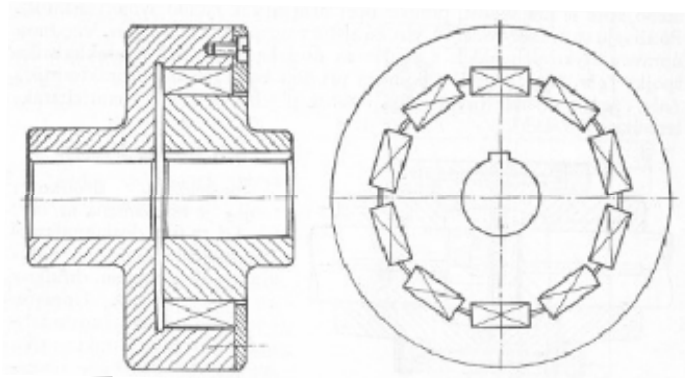
3.3 Pružné spojky s koženými elementy

Kůže jako materiál na výrobu pružných spojek se používá především pro čepové spojky. (obr.17) Počet čepů se volí tak, aby měrný tlak mezi čepem a kůží byl asi 2x menší než tlak mezi kůží a tělesem spojky. Kožené válečky můžeme vyměnit bez demontáže spojky.



Obr.17. Pružná spojka s koženými válečkovými elementy

Namísto válečků se mohou použít také Tangenciální hranoly (obr.18), tyto jsou namáhány především stříhem. Největší nevýhodou spojek s tangenciálními klíny je, že nesnášejí úhlové a radiální odchylky. Nejčasněji se používají v pístových strojích.



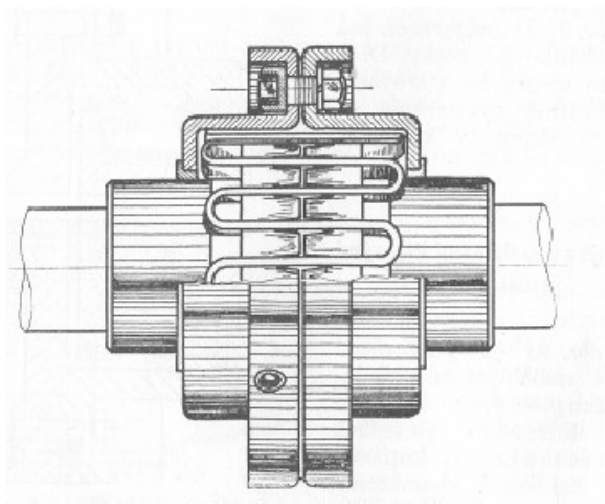
Obr.18. Spojka s tangenciálními hranoly

3.4 Pružné spojky s ocelovými pružinami

Podle způsobu vyhotovení můžeme tyto spojky použít na vyrovnávání osových odchylek a na tlumení nárazů při přenášení krouťícího momentu. Výhodou pružinových ocelových elementů v porovnání s pryžovými, nebo koženými elementy je jejich stálost, protože ocel nemění tak rychle svoje vlastnosti. Používají se pružiny válcové, ploché, nebo ve tvaru pružných čepů.

3.4.1 Pružná spojka s vinutou pružinou

Spojka s vinutou pružinou (*obr. 19*) se skládá ze dvou částí, které mají na obvodě drážky. Do drážek se nasadí hadovitě vinutá pružina, pomocí které se přenáší krouťící moment z hnacího hřídele na hnaný. Pružina se skládá z několika dílů a je zakrytá pláštěm, který zároveň zabraňuje vystříknutí maziva. Pružina může v daném rozmezí volně pružit. Za chodu se vzdálenost dotykových ploch nemění a závislost mezi úhlem vzájemného potočení a velikostí přenášeného momentu je přímková. Spojky s přímkovou charakteristikou jsou výhodné zejména na přenášení málo měnlivého krouťícího momentu. Výhodou těchto spojek je jednoduchý tvar zubu.

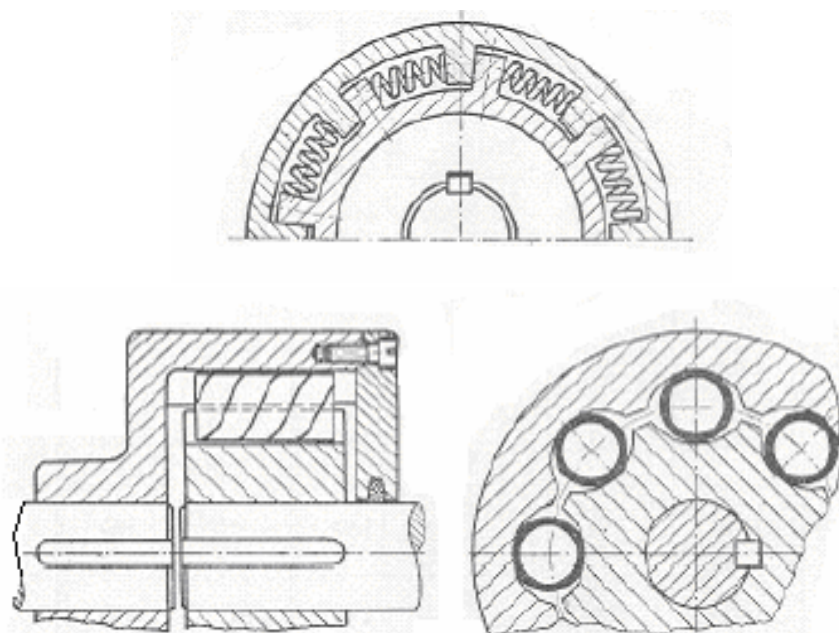


Obr. 19. Pružná spojka s vinutými pružinami

3.4.2 Spojky s válcovými pružinami

Pružné elementy těchto spojek (*obr. 20*) jsou šroubové válcové pružiny, které jsou nasazené s předepjetím mezi výstupky hnaného a hnacího kotouče. Spojka vlivem předepjetí pružin při přenášení malých krouťících momentů pracuje jako nepružná a až při stlačení pracuje jako pružná. V momentě kdy dosáhnou závitů na sebe, při maximálním krouťícím momentě

pracuje spojka opět jako nepružná. Pro naftové motory se používají spojky s pouzdrovými pružinami. Do axiálních otvorů spojky jsou zasunuty svazky pouzdrových pružin. Jednotlivé pružiny mají odstupňované drážky a jsou axiálně rozřezané. Do svazku pružin jsou vozené čepy, které omezují úhlovou odchylku a mění tuhost pružných elementů. S rostoucím zatížením dosedají pružiny na čepy a spojka se tak stává nepružnou.



Obr. 20. Pružná spojka s válcovými pružinami

4 VÝSUVNÉ SPOJKY

Výsuvné spojky se používají na spojení hřídelí, nebo na jejich rozpojení z pracovní činnosti. Rozeznáváme dva základní druhy výsuvných spojek:

- a) spojky zasouvateľné při malé rychlosti nebo pouze v klidu
- b) spojky zasouvateľné v klidu i za chodu stroje.

Spojky se zasouvají a vysouvají mechanicky, elektromagneticky, hydraulicky nebo pneumaticky. U zubové spojky se krouticí moment přenáší tvarovým stykem, u spojek třecích se moment přenáší stykem silovým. Při záběhu se obě dvě poloviny spojky přisunou k sobě a krouticí moment se přenáší tzv. tvarovým stykem. Spojky jde zasunout nebo vysunout jen tehdy když mají oba dva hřídele stejné nebo jen málo rozdílné otáčky. Jestliže jsou otáčky více rozdílné, je nutné použít synchronizační zařízení.

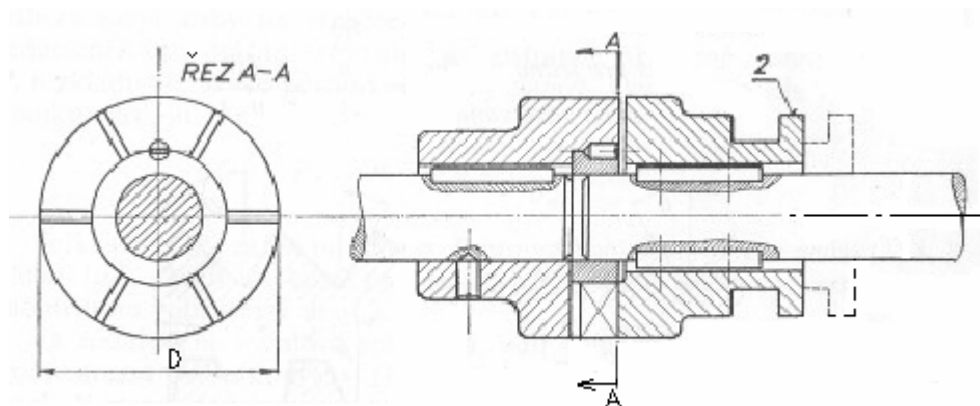
Samostatnou skupinu výsuvných spojek tvoří spojky ze silovým stykem, u kterých maximální přenášený moment závisí na velikosti přitlačné síly. Nezáleží na tom, jestli se přitlačná síla a zasouvací impuls vyvodí mechanicky pomocí pružin, hydraulicky, pneumaticky nebo elektromechanicky. Různé vyhotovení spojek vznikly na základě požadavku, že přitlačná síla musí být v poměru k obvodové síle co možná nejmenší. Pro ulehčení zapínání se u zubových spojek upravují boky zubů. Pro otáčení v jednom směru mohou být zuby nesymetrické pro otáčení v obou směrech však musí být zuby vyhotoveny symetricky.

4.1 Spojky zasouvateľné v klidu nebo při malé rychlosti

4.1.1 Jednoduchá zubová spojka

Jednoduchá zubová spojka (*obr. 21*) se velmi podobá dilatační spojce. Hnaný kotouč je zpravidla posuvný v perech nebo na drážkách hřídele. Kotouč se vysouvá prstencem, který je ovládán pákou v rozmezích h . Rozmezí h musí být větší než je překrytí zubů. Při vysouvání za chodu vzniká na dosedacích plochách zubů velký tlak a obrovské tření. Proto se musí spojka vypínat tehdy, když není zatížená - při zasouvání za chodu vznikají nárazy. Rozdíl obvodové rychlosti na zubech při zasouvání zubových spojek při běžných, středních a velkých spojkách nemá překročit hodnotu 0,8 m/s rozdíl otáček by neměl být větší než 100 až 150 ot /min. Zubová spojka se používá na přenášení menších výkonů. V převodovkách se

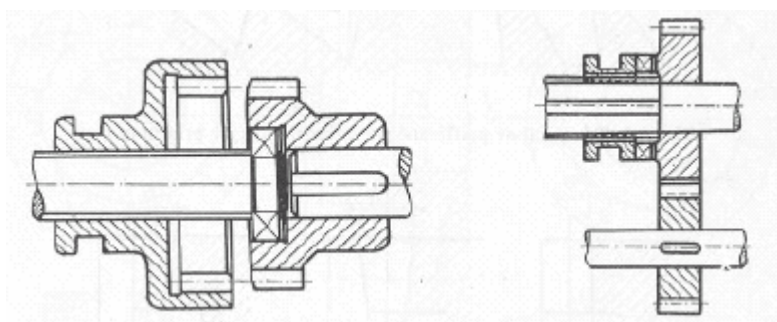
často používají jednoduché zubové spojky (obr. 22), které mají zuby vyfrézované v tělese ozubeného kola.



Obr.

21.

Jednoduchá zubová výsuvná spojka



Obr. 22. Zubová spojka používaná v převodech

4.1.2 Spojky s otočným perem

V náboji hnacího ozubeného kola jsou umístěné pouzdra, ve kterých je vsazená vložka se dvěma půlkruhovými drážkami. Jestliže je profilové pero ve vybrání hřídele, spojka je vypnutá.

4.2 Třecí spojky

Hlavní charakteristikou třecích spojek je silový styk obou polovin spojky. Kroutící moment se přenáší pomocí tření dvou anebo více třecích ploch. Spojky můžeme zasouvat i vysouvat za chodu, při plném zatížení. Pomocí nich lze dosáhnout pozvolného rozběhu. Přenášení kroutícího momentu závisí také na podmínkách mazání, na rychlosti, měrném tlaku, a na

materiálu třecích ploch. Třecí spojky se používají při konstrukci strojů ve všech průmyslových odvětvích.

Podle tvaru můžeme spojky rozdělit na:

- a) diskové - třecí plochy jsou tvořeny z kotoučů v případě, že má spojka více kotoučů nazývá se lamelová.
- b) kuželové - třecí plochy mají tvar kuželu
- c) válcové - třecí plochy mají tvar válců.

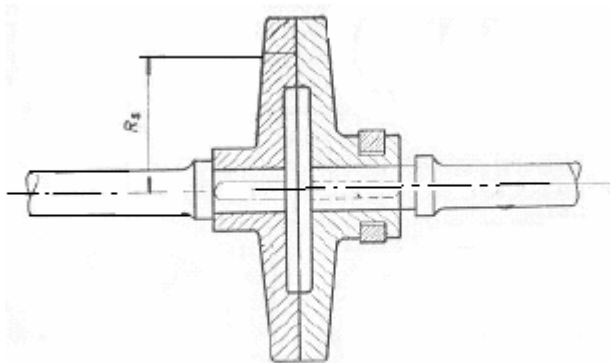
Nejvíce používanou spojkou je spojka lamelová její použití je přibližně v 70% veškerého použití z celkového použití spojek.

4.2.1 Zapínání třecích spojek

Jako nejlepší příklad použiji na (obr. 23) znázorněnou kotoučovou třecí spojkou. Dva kotouče uložené na konci hřídelí jsou navzájem přitlačované a vznikajícím třením se uskutečňuje spojení obou dvou hřídelí. Budu zkoumat na této spojkce vlivy, které vznikají během zapínání spojky. Rozhodující vlivy na toto zapojení se dají rozdělit na:

Vnitřní - jsou dány konstrukcí spojky, zejména vlastnostmi třecích ploch

Vnější - závisí zejména na poměru hnací části a hnané části.

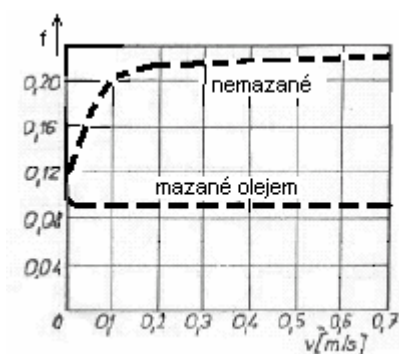


Obr. 23. Kotoučová třecí spojka

4.2.2 Rozbor vnitřních vlivů

Koeficient tření, který je směrodatný pro přenášení kroutícího momentu třecími spojkami. Mezi vnitřní vlivy počítáme hlavně třecí vlastnosti funkčních ploch lamel. Důležitá je závislost koeficientu tření kluzné rychlosti, zejména poměr koeficientu v klidu k hodnotě koeficientu tření v nejvyšší rychlosti. Hodnoty koeficientu tření závisí na konstrukčním vyhotovení spojky, na materiálu třecích ploch, na pevnosti součástí, které uskutečňují

silové spojení, na mazivu a mazném poměru. Rozsah hodnot koeficientu je v rozmezí suchého až kapalinového tření. Pokud máme obě plochy kovové, při účinném mazání se vytvoří olejový film a plochy se chovají jako kluzné ložisko. Koeficient tření má charakteristické znaky Stribeckovy křivky. Toto dokazuje že při mazání se vytvořil olejový film, který ulehčuje přenos síly a za určitých okolností odpovídá dynamické teorii mazání. Stribek měřil koeficient tření pro různé rychlosti (obr 24). V klidu kdy je rychlost nulová je tření suché nebo polosuché a koeficient tření je největší. Jeho hodnota je závislá na druhu a jakosti ložiskového materiálu.



Obr. 24. Průběh koeficientu tření v závislosti na kluzné rychlosti.

4.2.3 Rozbor vnějších vlivů

Mezi vnější vlivy počítáme způsob přenášení kroutícího momentu motorem a hnaným strojem, přičemž stupeň nerovnoměrnosti může mít podstatný vliv. Dále je důležitý setrvační moment hnací a hnané části, odpory ložiska a odpory působící za chodu spojeného agregátu. K vnějším vlivům patří také časový průběh vrůstání otáček, dovolené spínací časy, způsob chlazení spojky. Důležité jsou i rozměry a počty třecích ploch a jejich rozmístění. Na průběh činnosti zapínání spojky za chodu a po něm má vliv především poměr hmot uložených na hnacím a hnaném hřídeli. Důležitý je i vliv nárazů vznikajících při provozu a opakované zapínání spojky.

V průběhu zasouvání spojky je třeba překonávat

- a) zrychlující momenty rotujících těles hnaného stroje, které je třeba uvést do příslušných provozních otáček.
- b) vnější pracovní odpory hnaného stroje, které se skládají
 1. odpor v ložiskách
 2. provozní zatížení.

Koeficient tření, který je směrodatný při přenášení kroutícího momentu třecími spojkami, závisí na druhu materiálu třecích ploch, na jakosti jejich povrchu, na použitém mazivu a na vydatnosti mazání třecích ploch. Tato závislost se však za chodu spojky může změnit, například vlivem opotřebení třecích ploch nebo změnou vlastností maziva. Rozsah hodnot koeficientu tření je v mezích suchého až kapalinového tření. Jestliže jsou obě třecí plochy kovové, při účinném mazání se chovají jako kluzné ložisko.

4.2.4 Materiály třecích ploch

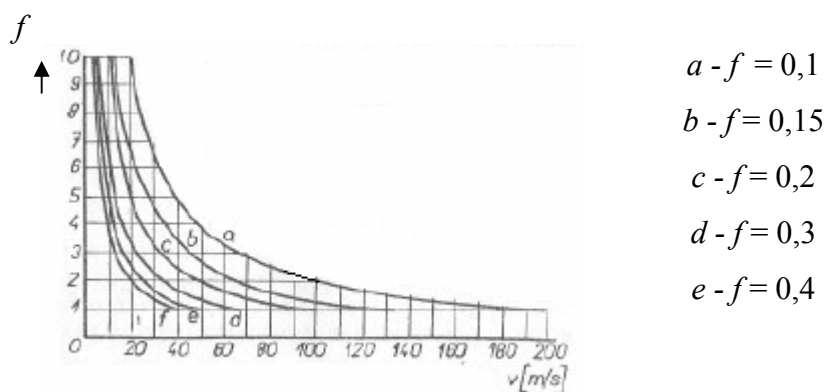
Volba materiálů třecích ploch závisí na tom zda spojka pracuje ne sucho nebo je v oleji. Na materiály třecích ploch se kladou velké požadavky. Vyžaduje se od nich odolnost proti opotřebení, velký koeficient tření a jeho nezávislost na teplotě. Při tom musejí mít třecí plochy dostatečnou pevnost a velkou tepelnou vodivost a má být lehce opracovatelný. Mezi nejpoužívanější materiály se používá litina, ocel a dřevo a jejich vzájemná kombinace. Může se také použít azbestové obložení. Třecí plochy mohou být suché nebo maštěné. Litina má dobré kluzné vlastnosti a poměrně malý sklon k zadírání avšak musejí se dostatečně mazat. Velmi často se jako materiál pro třecí plochy používá kalená ocel. Třecí plochy z oceli se velmi málo opotřebovávají. Třecí plochy ze dřeva mohou být suché nebo mazané. Nevýhodou dřevěných třecích ploch je jejich nerovnoměrné opotřebení a proto se už takměř nepoužívají a nahrazují se azbestovým obložením. Azbestové obložení se vyhotovuje:

- a) z azbestových vláken s jádrem z mosazného státního. Pletivo vytvořené z těchto vláken se lisuje za tepla společně ze syntetickými živici
- b) kratší azbestová vlákna se mísí s kovovými třískami, mosaznými vlákny a kaučukem, dále se vulkanizují se sírou a zpracovávají se na pásy, případně se lisují do forem. Místo kaučuku se používají plastické hmoty.

Při výpočtu volíme střední hodnoty koeficientu tření uvedené v tabulce 2. Chyby, které při tom vznikají, vyrovnáváme nastavováním spojek za chodu. V důležitých případech se hodnoty ověřují experimentálně. Ohřátí spojky se kontroluje porovnáním z měrného třecího výkonu. Při navrhování je důležitý měrný tlak p , který volíme vzhledem na obvodovou rychlost v . Vzájemná závislost obou veličin je rovnoosá hyperbola. (obr.25) Pro velkou obvodovou rychlost je zapotřebí volit přiměřený měrný tlak

Druh materiálu třecích ploch	Koeficient tření f		
	na sucho	málo mazané	dobře mazané
Kalená ocel na kalenou ocel			0,03 až 0,1
Ocel na litinu nebo na bronz	0,15 až 0,2	0,1 až 0,15	0,01 až 0,1
Ocel na ocel	0,15 až 0,25		0,05 až 0,15
Litina na litinu	0,15 až 0,25	0,05 až 0,1	0,012 až 0,05
Litina na bronz	0,2	0,15	
Ocel na azbestovém obložení	0,3 až 0,4		0,1 až 0,15
Ocel na korek	0,36	0,3	

Tab.2. Střední hodnoty koeficientu tření.

Obr.25. Závislost měrného tlaku p na obvodové rychlosti pro různé koeficienty tření f

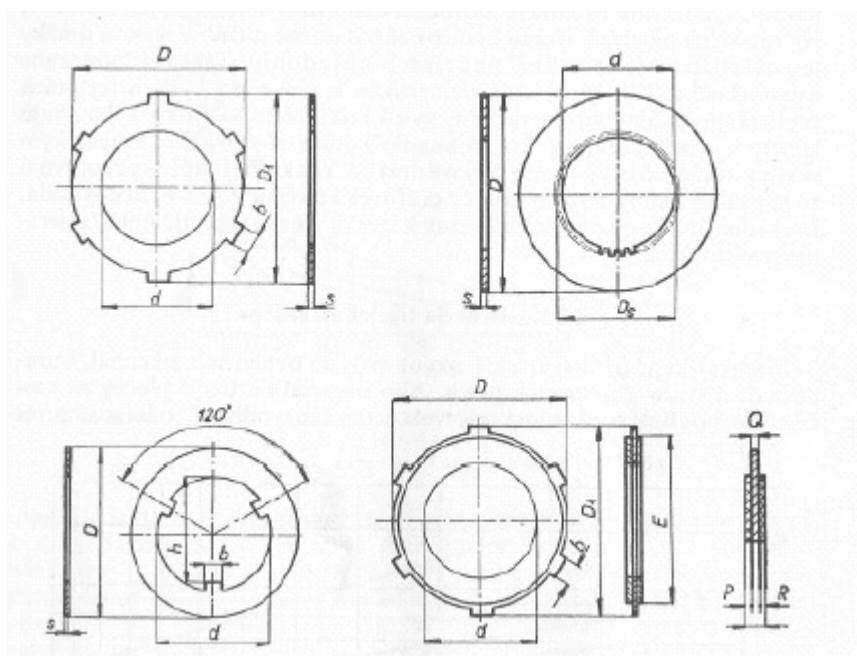
4.2.5 Oteplování třecích ploch a jejich kontrola

Lamely se ohřívají na podstatně vyšší teplotu než vnější těleso spojky. Aby se mohlo teplo odvádět je potřeba udělat několik opatření : Lamelový svazek zvětšíme tak, aby v rámci dovoleného ohřátí odvedl teplo, které vzniklo třením. U spojek, které jsou namontovány do převodových skříní a mají poměrně malé otáčky, malý zasouvací moment, krátký zasouvací čas nebo malý počet zasouvání v provozu , stačí, aby jejich vnější těleso bylo chlazeno rozstříkovaným olejem. Pokud je teplota příliš vysoká, musíme spojku chladit vzduchem, olejem nebo vodou. Chladicí kapalina by se měla z teplo – technických důvodů a kvůli působení odstředivých sil přivádět do spojky hřídelí a vnitřním tělesem spojky. Experimentálně bylo zjištěno, že teplo vzniklé třením při zasouvání není možné odvést v průběhu zasouvacího času, protože bylo zapotřebí příliš mnoho chladicího oleje. Lamely si tak musí ponechat část tepla vzniklého třením a toto teplo poté odevzdají až při dalším zasunutí spojky. Teplo, které vzniklo třením třecích ploch se odvádí chladícím olejem a tomuto se říká „přímé chlazení“. Aby bylo takovéto chlazení možné, musí se v třecích plochách vytvořit odtokové kanálky. Pokusy bylo zjištěno, že radiálně uspořádané kanálky

jsou vhodné pouze pro menší plošné tlaky a menší rychlosti. Nejvíce se tak osvědčili spirálově uspořádané olejové kanálky.

4.2.6 Konstrukce třecích elementů

Nejobvyklejší tvary lamel jsou ukázány na (obr.26) Mechanické vlastnosti spojek navíc ovlivňuje materiál, opracování a tvarování třecích ploch. Jako materiál třecí plochy se nejčastěji používá ocel, která má velkou tepelnou vodivost, odolnost proti deformaci a opotřebení a poměrně vysoký koeficient tření. Kromě toho se používá litina, bronz, azbestové obložení. Tvrdost kalených lamel se pohybuje okolo $H_{RC} = 58$ až 59. Výhodné jsou lamely s broušeným povrchem protože se nemusí tak často nastavovat. V poslední době se povrch lamel obkládá spékaným bronzem, který dobře odolává opotřebení a dovoluje vyšší měrné tlaky. Při snaze snižovat přitlačnou sílu se u lamelových spojek zvyšuje počet lamel. Avšak vyšší počet lamel má za následek problémy při vypínání spojky; lamely se od sebe neoddělují zůstávají slepené a bez působení přitlačné síly se hnaná část spojky neustále otáčí. Lehké rozpojení spojky umožňují pružné lamely drážkového tvaru umístěné mezi vnitřní a vnější lamely. Pružné elementy se po uvolnění přitlačné síly vlastní pružností ihned oddělí.



Obr. 26. Tvary vnějších a vnitřních lamel

4.3 Eliminace tepla

Od konstrukce často zapínané spojky se vyžaduje aby se co možná nejdříve odvedlo teplo, které vzniká třením při zapínání. Teplo, které vzniká na třecích plochách lamel, musí ozubení lamel odevzdávat vnitřnímu a vnějšímu tělesu spojky. Aby mohlo teplo procházet malými dotykovými plochami ozubení lamel, je potřebný velký tepelný spád mezi třecími plochami. Lamely mají podstatně vyšší teplotu než povrch vnějšího tělesa spojky. Dobrého odvodu tepla lze dosáhnout různými úpravami konstrukce spojky. Při malém počtu zapínání se lamely stačí dostatečně ochladit a svazek lamel můžeme zvětšit tak aby mohly převzít i teplo, které vzniká třením a mezích dovoleného zvýšení teploty. Jestliže je teplo vzniklé třením příliš velké, musí se spojka dobře chladit vzduchem, olejem nebo vodou. Chladicí kapalina spojky by se měla do spojky přivádět zásadně hřídelí a vnitřním tělesem spojky.

Pro svazek lamel často zapínaných spojek je potřeba dodržet hlavní zásady:

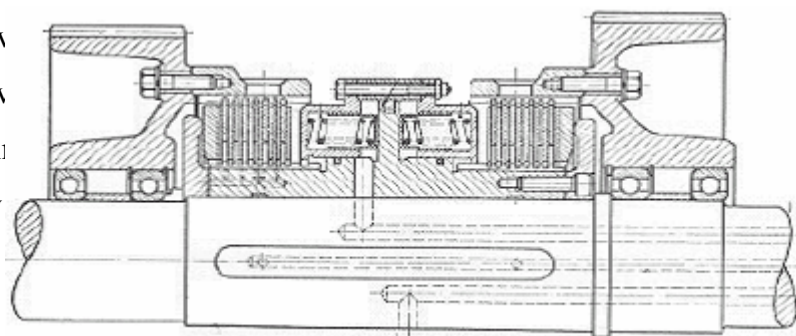
- a) tření naprázdno musí být co nejmenší
- b) teplo, které vzniká třením při zapínání se musí včas odvést
- c) třecí plochy lamel se mají při zapnuté spojce s olejem pouze navlhčit- třecí moment se tak zvýší a doba prokluzu bude kratší.

4.4 Ovládání lamelových spojek

Automatizace výroby nám zavinila potřebu ovládat celou činnost spojky z jednoho místa. Spojky ovládané na dálku mají proto velký význam. Pro dálkově ovládané zapínání se používají spojky zapínané hydraulicky, pneumaticky nebo elektromagneticky. Pro všechna tato zapínání na dálku odpadá systém pák respektive celý zasouvací mechanismus. Tyto spojky jsou spolehlivější v provozu.

4.4.1 Hydraulicky ovládaná lamelová spojka

Hydraulicky ovládaná spojka se vyrábí s jednočinným nebo dvojčinným pístem. (obr.27) Vyznačují se malými rozměry a vyhovují i pro vysoké otáčky a pro časté zapínání. Při chodě naprázdno mají malý ztrátový moment. A nevyžadují žádné dodatečné nastavení. Opotřebením lamel se automaticky vyrovná větší dráhou pístu. Vnitřní lamely jsou ocelové, tepelně zpracované materiály mají vynikající odolnost a vyžaduje určitý

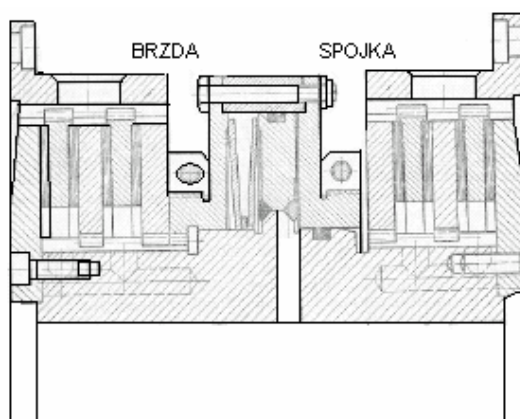


zem. Tyto
žení jejich
nění válců

Obr. 27. Dvojitá lamelová spojka s hydraulickým ovládním

4.4.2 Pneumaticky ovládaná spojka

Pneumatické ovládní spojek v porovnání s hydraulickým ovládním přináší některé výhody. Především jsou to kratší zapínací doby, vyšší citlivost pro nastavování přenášeného kroutícího momentu a možnost rychlejšího zasouvání. Pneumaticky ovládané spojky se používají především pro ovládní lisů, kde je zapotřebí vyšší počet zapínání. Do vzduchového systému se zařazuje odlučovač vody a oleje. Lamelová pneumatická spojka se obvykle používá pro konstrukci lisů. Je to kombinace lamelové spojky zapínané vzduchem s lamelovou brzdou a přitlačnými pružinami. Vpravo na (obr.28) je spojka a vlevo je brzda. Ve středu je zasouvací mechanismus ovládný axiálně pohyblivým pístem. Brzdové pružiny jsou namontovány na vnitřní těleso spojky. Posouvají píst směrem doleva, čímž stlačejí lamelový svazek brzd. Jakmile se stlačený vzduch přivede do válce, pohybuje se píst proti pružinám. Vpravo a stlačí se lamelový svazek spojky čímž se spojka zapne.



Obr. 28. Pneumaticky ovládaná spojka s brzdou pro konstrukci lisů.

4.4.3 Elektromagneticky ovládaná lamelová spojka

Tyto spojky umožňují přenos síly nezávisí na mechanickém tření a umožňují provoz bez opotřebení součástek spojky. Současně však umožňují plynulou změnu velikosti přenášeného krouticího momentu podle přesně stanovené charakteristiky. Jsou to spojky, které přenášejí sílu na elektromagnetickém, nebo hydrodynamickém principu.

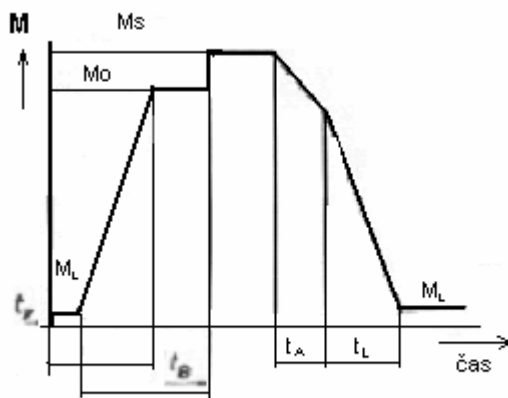
Elektromagnetické spojky můžeme rozdělit na dvě skupiny.:

- a) Spojky se svazkem lamel, kterými protéká magnetický tok
- b) Spojky se svazkem lamel, kterými neprotéká magnetický tok.

Spojky s magnetickým tokem jsou vázané lamelové dvojce mohou se použít pouze jako mazané spojky v převodovkách v olejové lázni. Spojky se svazkem lamel, přes které neprotéká magnetický tok, umožňují použít jakékoliv spojky jak mokré tak i suché. Rychlost zapínání elektromagnetické spojky je vysoká a zařazením budičů se může ještě zvýšit. Spojky se zapínají pomocí dotykového kontaktu, který se dotýká šablony.

Zapínání a vypínání spojky probíhá podle schematického znázornění (*obr.29*). Předpokládáme klasické poměry při zapnutí a vypnutí elektromotorické spojky. Před zapnutím je spojka v chodu naprázdno zatížená momentem M_L , který závisí na konstrukci spojky. Zapínání spojky se začíná posouváním kotvového kotouče. Současně roste i silové pole, v tomto případě magnetické pole spojky. Posouvání kotouče se ukončí v čase t_v . Po skončení posuvu kotvového kotouče začne vzrůstat krouticí moment, který roste v čase t_E . Při vyrovnávání rozdílných otáček obou polovin spojky se změní dynamický moment M_D na statický moment M_S , tím se zapínání spojky ukončí. Rozdíl mezi hodnotami M_D a M_S závisí na velikosti koeficientu tření v klidu a v chodu. Při vypínání spojky začne nejprve klesat magnetické pole. Klesání magnetického pole probíhá v čase t_A . S ubýváním magnetického

pole začne klesat krouticí moment a za čas t_L dosáhne hodnotu momentu M_L , tímto se dosáhne opětovného výchozího stavu.



Obr.29.Schematické znázornění průběhu zapínání a vypínání elektromagnetické lamelové spojky

5 SPECIÁLNÍ SPOJKY

Spojky speciální můžeme teoreticky rozdělit do třech skupin podle funkce, kterou plní a to na:

- A) Rozběhové spojky- spojka se zapíná a vypíná po dosažení určitých otáček
- B) Zabezpečovací spojky- tyto umožňují přenos kroutícího momentu do určité velikosti
- C) Volnoběžné spojky- dovolují přenos kroutícího momentu pouze v jednom směru otáčení

5.1 Rozběhové spojky

Rozběhové spojky se používají u strojů, které se velmi těžko rozbíhají v zatíženém stavu. Používají se zejména u motorů s kotvou na krátko. Tyto motory se pro svou jednoduchost používají nejčastěji, jejich velkou nevýhodou jsou však velké rázy při zapínání. Použitím rozběhové spojky se motor tepelně odlehčí a v motoru se vyvine pouze takové množství tepla, které odpovídá energii potřebné na zrychlení rotoru. Rozběhové spojky mají tu výhodu, že:

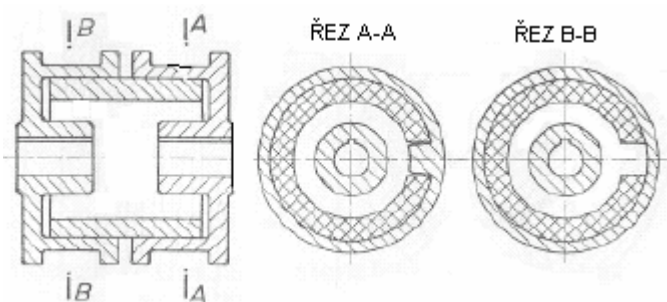
- a) umožňují hospodárný rozběh hnacích strojů, protože se rozbíhají odlehčené
- b) používají se současně jako zabezpečovací spojky

Podle vyhotovení se dále mohou rozdělit na

1. rozběhové s třecím prstencem
2. rozběhové s třecími segmenty
3. rozběhové čelistové
4. rozběhové regulovatelné spojky

5.1.1 Rozběhové s třecím prstencem

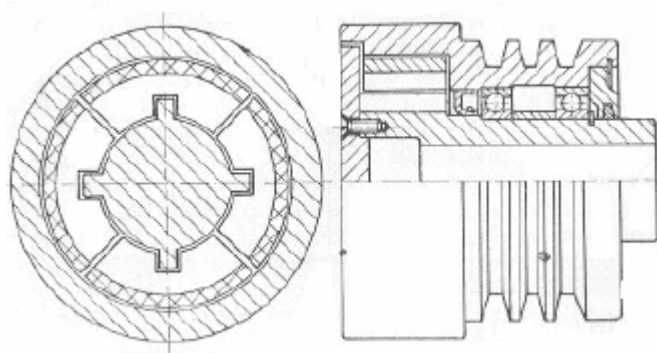
Používají se pro čistě rozběhové účely, zapínají se odstředivou silou. Tato síla se používá na vyvození přítláčné síly na třecí elementy, nebo kovový prášek. Spojka (*obr. 30*) se skládá ze dvou kotoučů a z podélně rozřezaného prstence. Prstenec je volně vložen do obou dílů spojky a opírá se o výstupek hnacího kotouče, čímž při rozběhu umožňuje unášení třecího prstence. Působením odstředivé síly se prstenec roztáhne až se přitlačí na hnaný kotouč.



Obr. 30. Jednoduchá rozběhová spojka s třecím prstencem

5.1.2 Rozběhová spojka s třecími segmenty

Rozběhová spojka s třecími segmenty se skládá z hnacího náboje, na kterém jsou čtyři unášecí čepy (obr. 31). Unášecí čepy zapadají do segmentů s obložením, které se při provozu působením odstředivé síly přitlačují na hnanou část spojky. Třecí účinek segmentů můžeme zvýšit tím, že vytvoříme klínovou drážku



Obr. 31. Rozběhová spojka s třecími segmenty

5.1.3 Rozběhová čelist'ová spojka

Čelisti uložené na čepech hnací části spojky se ihned při rozběhu přitlačují na třecí plochu hnaného kotouče. Proto se rozběhové spojky čelist'ové používají pro malé otáčky. Aby se dosáhlo rozběhu motoru bez zatížení, stačí po menší konstrukční úpravě spojit obě čelisti tažnými válcovými pružinami. S rostoucími otáčkami vzrůstá i odstředivá síla závaží. Čelisti se pootácejí okolo závěsných ok a napínají pružiny. Při určitých provozních otáčkách se čelisti dotknou třecí plochy hnaného kotouče. V okamžiku dotyku musí působící odstředivá síla F_O překonat odpor pružiny K .

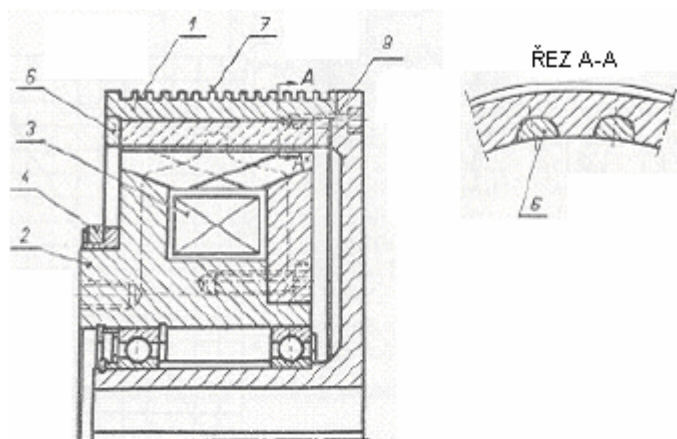
5.1.4 Regulovatelné rozběhové spojky

U rozběhových regulovatelných spojek můžeme regulovat průběh jejich rozběhu. Podle potřeby můžeme rozběh zkrátit nebo prodloužit. U hydraulických spojek se reguluje množstvím kapaliny, u elektrických spojek velikostí budícího proudu.

Hydrodynamické spojky využívají síly, které vznikají při rotaci kapaliny. Rotující kapalina působí měnící se silou na hnanou a hnací polovinu spojky, které mají různé otáčky. Dosáhnou se tak rozdílné tlaky a kapalině se odevzdá kinetická energie, která pohání hnanou část spojky.

Elektromagnetické práškové rozběhové spojky se skládají z válcovitého kotouče, ve kterém je umístěná cívka tak, aby siločáry z elektromagnetického toku mohli procházet pouze přes vnější obvod kotouče. Okolo kotouče je na ložiscích uložena druhá část spojky s mezerou 1 až 2 mm širokou, ve které je jemný ocelový prášek. Při chodu motoru naprázdno se prach odstředivou silou tlačí na vnitřní obvod kotouče a nedotýká se hnacího kotouče. Po ukončení buzení magnetu jednotlivé částice prachu vytvoří řetězové spojení mezi oběma díly spojky a je tím pevnější, čím vyšší je buzení magnetu. Tato závislost je téměř přímková.

Indukční spojky mohou být použity stejně dobře jako rozběhové tak i zabezpečovací spojky. Krouticí moment můžeme plynule měnit. Moment se přenáší bez indukčního dotyku hnací a hnané části spojky. Počet siločar proudících vzduchovou mezerou mezi oběma polovinami spojky se mění regulováním budícího proudu, a to od 0 po maximální hodnotu. Spojka pracuje bez opotřebení. Protože nemá části, které se navzájem otírají, a tímto odpadá jakékoliv nastavování spojky. Na schematickém znázornění (*obr. 32*) jsou uvedeny základní části spojky. Hnací část spojky se skládá z kotvy 1 a kotvového náboje. Na kotvovém náboji je uložena část spojky 2 se zalitou magnetickou cívkou 3. Cívka se napájí jednosměrným proudem přes kolektor 4 a hmotou vnitřní části spojky. Kotva 1 má vnitřní ozubení. Půlkruhové mezery mezi zuby jsou vyplněné nemagnetickými tyčemi 5 které jsou dobrými elektrickými vodiči. Konce těchto tyčí jsou spojené nakrátko kroužkem 6. Kotva na volné vnější straně má chladicí žebra 7. Vnitřní část spojky má zuby 8. Počet zubů obou částí těles musí být stejný. Jestliže bude budící cívkou 3 protékat proud, vznikne elektromagnetické pole, kterého siločáry protékají vnitřním tělesem, přecházejí vzduchovou mezerou a uzavírají se v kotvě která je znázorněna čárkovaně.



Obr. 32. Elektromagnetická rozběhová indukční spojka

5.2 Zabezpečovací spojky

Zabezpečovací spojky mají chránit mechanismus před přetížením. Nastavují se na dopředu určený krouticí moment a při jeho překročení se spojky automaticky vypnou. Zabezpečovací spojky rozdělím na dvě části:

- a) Jednoduché zabezpečovací spojky, u kterých se zabezpečovací element poruší, takže se stroj vypne z provozu
- b) Zabezpečovací spojky pracují bez přerušení provozu. Můžeme je rozdělit na třecí, zubové kuličkové.

Tyto spojky mají široký rozsah použití například:

1. Ochrana elektrické sítě před nežádoucím proudovým nárazem
2. Ochrana hnacího motoru proti poruchám kotvy
3. Ochrana převodové skříně proti nárazovému přetížení
4. Ochrana proti úraz (především u válcovacích stolic)
5. Ochrana opracovávaného dílu (soustruhy frézy)

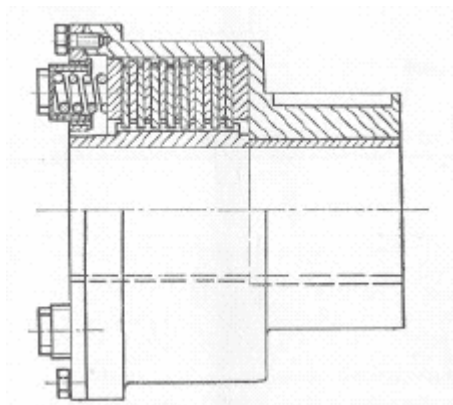
5.2.1 Zabezpečovací spojka s porušením provozu

Nejednodušší takovouto spojkou jsou kotouče spojené střižnými kolíky. Při překročení určeného momentu se kolík přestřihne, čímž se oddělí hnaná část od hnací. Aby se dosáhlo vyšší zatížení kolíku střižem a tím i vyšší pravděpodobnost přestřižení kolíku vkládá se kolík do ocelových pouzder.

5.2.2 Zabezpečovací spojky, které pracují bez přerušení provozu

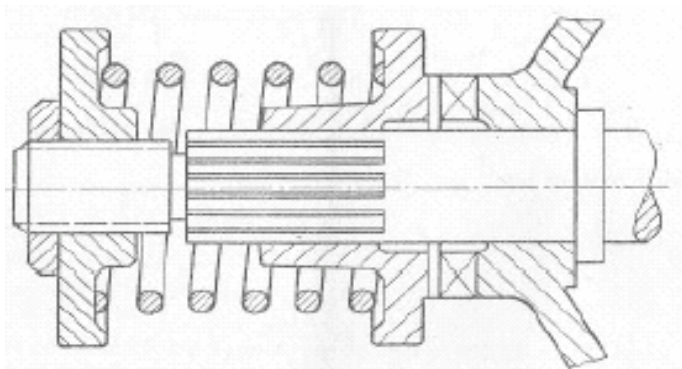
Nejrozšířenějším druhem těchto spojek jsou spojky diskové a lamelové třecí. Jsou spolehlivé jednoduché a splňují požadavky kladené na zabezpečovací spojky.

Zabezpečovací lamelová spojka (obr.33), jedná se o sériově vyráběnou hřídelovou spojku. Přítlačnou sílu vyvozují přítlačné pružiny, jejich napětí lze libovolně nastavit. Náboj hnací části spojky je uložený na hřídeli pomocí pera. Krouticí moment se přenáší přes celý svazek na hnanou část. Na náboji hnané části spojky je drážka na připevnění řemenice nebo ozubeného kola. Při překročení kritického momentu se hnaná část spojky otáčí na bronzovém pouzdře. Pro vyšší otáčky se použijí valivá ložiska.



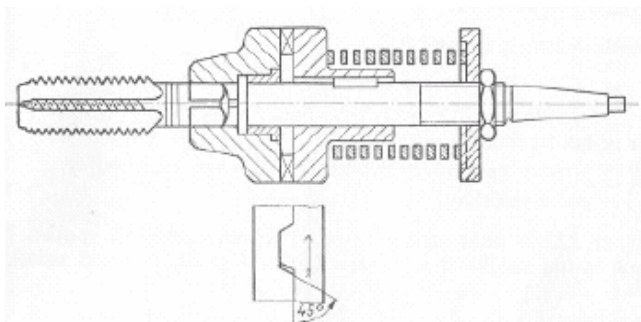
Obr. 33. Zabezpečovací lamelová hřídelová spojka

Zabezpečovací zubová spojka (obr.34) jako zabezpečovací zařízení je použita pružina. Obě poloviny spojky jsou k sobě přitlačovány pružinou. Při překročení kroutícího momentu začnou přeskakovat zuby, protože posuvnou část spojky odtlačuje osová síla v ozubení. Nejčastěji se používá pro strojové řezání závitů (obr.35). Jakmile odpor stoupne nad nastavenou hodnotu, vřeteno a závitník se odpojí.



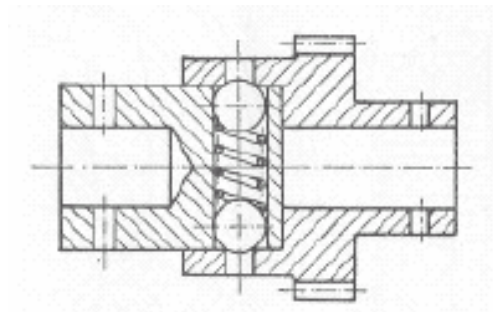
Obr. 34. Zubová zabezpečovací spojka

Podobně pracuje i **zabezpečovací kuličková spojka** (obr.36) Kuličky umístěné v jedné polovině spojky jsou pomocí pružiny zatlačovány do druhé poloviny spojky. Při přetížení spojky začnou kuličky přeskakovat přes otvory.



závity

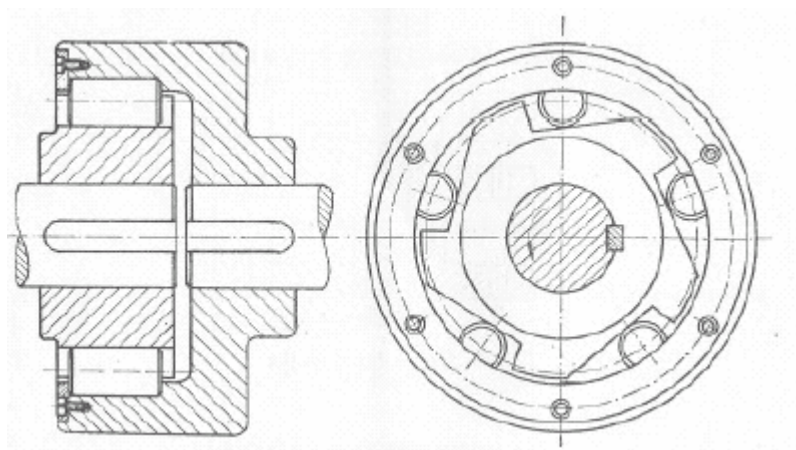
Obr. 36. Kuličková spojka



Obr. 35. Zubová zabezpečovací spojka na

5.3 Volnoběžné spojky

Používají se v případech, kde přenášíme kroutící moment pouze v jednom směru. Při zrychlování hnané poloviny spojky před hnací polovinou se obě části spojky samočinně rozpojí. Nejčastěji se používá válečková spojka (obr. 37). Při otáčení v označeném směru se části spojky pevně spojí. Válečky se zaklíní mezi plošky ve vybrání hnací části spojky a válcový povrch hnané poloviny spojky



Obr. 37. Volnoběžná válečková spojka.

6 PROGRAM AUTODESK INVENTOR

V bakalářské práci jsem měl navrhnout, nakreslit a vymodelovat lamelovou spojku v programu Autodesk Inventor. Tento program byl veřejnosti představen poprvé v roce 2000. Nyní po 5 letech se na trhu objevuje již jeho 10 verze pod názvem Autodesk Inventor 10. Zabývat se však budu především počátkem vývoje a verzí Inventor 6. A to především z toho důvodu, že právě v této verzi byla práce zhotovena.

“O společnosti Autodesk

Autodesk, Inc. byl založen v roce 1982 a dnes je celosvětovým lídrem v oblasti softwaru pro navrhování a tvorbu digitálního obsahu, jeho správu a distribuci. Společnost poskytuje produkty pro rozmanité portfolio trhů včetně stavebního navrhování, geografických informačních systémů, strojírenství, digitálních médií a bezdrátových datových služeb. Poskytováním nástrojů, které povzbuzují inovace a kreativitu, pomáhá Autodesk svým zákazníkům využívat digitální návrhová data napříč celým hodnotovým řetězcem pro lepší, rychlejší a inteligentnější práci.(8)“

Po jistě nelehké práci vývojového týmu bylo možné zhodnotit jeho výsledky už s první verzí Inventoru a označit jej za přínosný a perspektivní. V souvislosti s dalším pokrokem ve strojírenství musela i firma Autodesk, Inc. Neustále vylepšovat své výrobky, neboť konkurence na trhu byla, a je vysoká. V průběhu 2 let se tak objevily verze označovány jako druhá a třetí a čtverka byla na spadnutí. Současně s verzí čtyři již Autodesk označuje Inventor za své klíčové strojírenské řešení a vlajkovou loď firmy.

V České republice se začalo až s prodejem verze dvě, přesto se však během roku dostal Inventor do povědomí veřejnosti a dostal konkurenci do nelehké situace. Vynikající grafika, práce s velkými sestavami, adaptivní chování sestav a mnohé další pojmy začali poutat pozornost.

6.1 Inventor 6.

V roce 2002 firma Autodesk uvedla na trh nejnovější verzi svého programu pro strojírenské navrhování ve 3D. Autodesk Inventor 6 obsahuje přes 200 významných vylepšení v oblasti produktivity a kreslení, průmyslově specifické nástroje pro zákazníky pracující v oblasti všeobecného strojírenství a elektromechaniky, jako jsou funkce pro navrhování tras potrubí a kabelů nebo nástroje pro navrhování svařenců. V oblasti návrhu tras přináší Autodesk Inventor 6 vylepšené funkce, které pomáhají vyřešit komplikované definování 3D

trajektorií. Pomocí nového dynamického nástroje pro 3D směřování mohou návrháři definovat kritické body, kterými musí procházet 3D trajektorie. Možnost graficky přesunovat tyto řídicí body jak pomocí dynamického tažení myši, tak pomocí přesného umístění na osách X, Y a Z, obrovsky zvyšuje schopnost konstruktéra rychle definovat 3D cestu, která určí průběh trubky, hadičky nebo vodiče. Vylepšená knihovna 3D komponentů podporuje více než 18 mezinárodních norem. Knihovna obsahuje standardní součásti, které zákazníci nejvíce používají - šrouby, matice, podložky, ložiska, kolíky, nýty, hřídelová těsnění. Aby bylo zhotovování výrobních výkresů ještě jednodušší, obsahuje Autodesk Inventor 6 úplnou sadu nástrojů pro definici zobrazení 3D modelu ve výkresové 2D dokumentaci, například částečné řezy, zobrazení v perspektivě, zobrazení svarů, funkce pro řízení viditelnosti náčrtů ve výkresových pohledech, zobrazení pracovní geometrie v pohledech, a nebo vylepšené řízení aktualizace výkresů a kusovníků.

7 VLASTNÍ NÁVRH LAMELOVÉ SPOJKY

Lamelové spojky (*obr.B7*) se používají v omezených případech, mají relativně malou schopnost akumulovat teplo a odvádět jej dále. Nepoužívají se v případech, kdy vzniká dlouho trvající skluz při plném zatížení. Takovéto případy se vyskytují při rozbězích velkých strojů nebo rotujících součástí a velkým momentem setrvačnosti, například válcovací stolice, kolové mlýny a pod. Dále se nepoužívají při přetížení převodů nebo při nutnosti rychlého zablokování stroje. Jejich jedinou nevýhodou je, že v důsledku velké závislosti koeficientu tření od nekontrolovatelných veličin jako je nečistota a stupeň vlhkosti třecích ploch, jakost povrchu, relativní rychlost, opotřebení, zahřátí, záběh a podobně nemohou při dlouhotrvajícím chodu trvale dodržet kroutící moment nastavený na začátku.

Lamelová spojka přenáší kroutící moment pomocí tření mezi lamelami, které jsou k sobě přitlačené ve směru osy. Výhodou těchto spojek je v tom, že i při malých rozměrech mohou přenášet velké kroutící momenty. I když jsou již všechny součásti spojky opotřebovány, je spojka dobře vyvážená a je vhodná pro vysoké otáčky. Nejčasněji se spojky používají na výrobu obráběcích strojů. Na druhém hřídeli je náboj s vysouvacím mechanismem, vnitřní část spojky. K vysouvacímu mechanismu patří také posuvná objímka (*obr B5*), a nastavovací matice. (*obr.B4*)

7.1 Vnější těleso

Na jednom konci hřídele je umístěno vnější těleso - náboj s přírubou a vnitřním drážkováním, (*obr.B2*) dá celkem lehko oddělit od vnitřního tělesa, protože je s ním volně spojené pomocí ozubení vnějších lamel.

7.2 Vnitřní těleso

Je umístěno na druhém hřídeli je to v podstatě náboj s vysouvacím mechanismem. (*obr .B1*) Jedná se o hlavní část vnitřní část spojky. Na vnitřním tělese je pomocí čepu pevně umístěna úhlová páka.

7.2.1 Úhlová páka

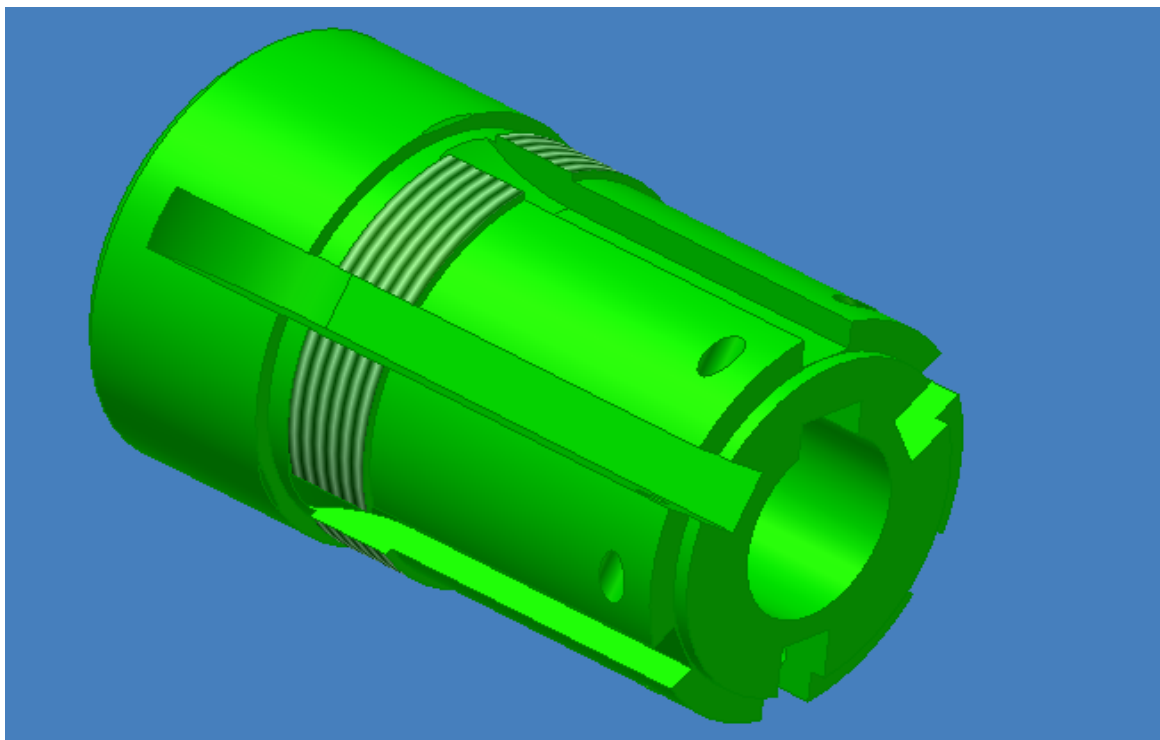
a). Velikost deformace úhlové páky nám udává míru opotřebení lamelového svazku na nastavení spojky

b). Pružnost spolu ze zakřivením na hlavě zasouvací páky zabezpečuje dostatečnou měkkost při zasouvání spojky.

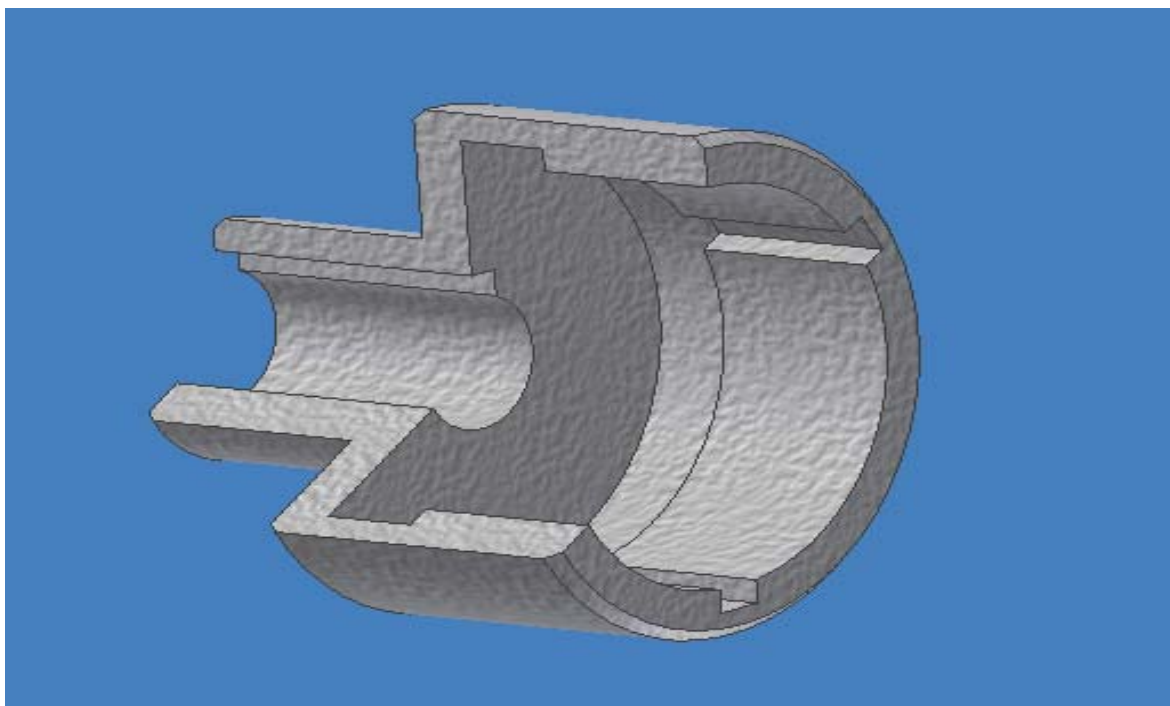
Pomocí nastavovací matice (*obr.B3*) se nastavuje spojka na určitý moment a vyrovnává se případné opotřebení, které vzniká v lamelovém svazku. U třecích spojek se nemá překročit doporučený počet třecích ploch, obvykle jich bývá 10 až 16, aby bylo dostatečně zajištěné uvolňování lamelového svazku a aby moment při chodu naprázdno zůstal v mezích únosnosti. Lamelové spojky jsou samosvorné, což znamená, že když je spojka zasunutá, není zasouvací objímka zatížená axiálními silami.

7.2.2 Přítlačný kroužek

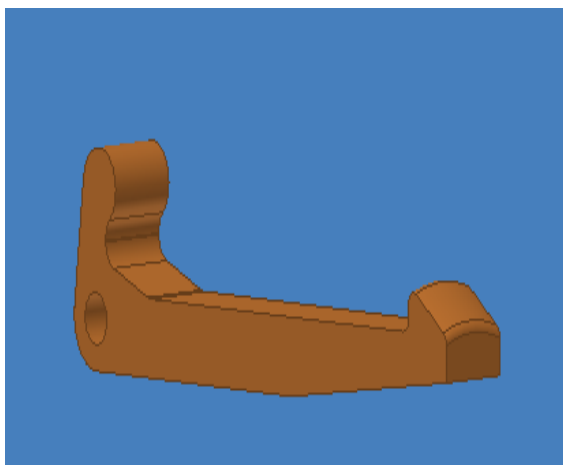
Nejdůležitější součástí u lamelových spojek je zadní přítlačný kroužek (*obr.B6*) jeho funkce bývá mnohokrát podceňována. Pro spojky ovládané pákou se nejvíce osvědčil přítlačný kroužek, pomocí kterého se dosáhne stejné přehnutí na vnějším i na vnitřním poloměru. Výhodnější však je, když se tento kroužek podepře zevnitř. Malé přehnutí přítlačného kroužku zaručuje, že lamely skutečně leží na sobě celou plochou a střední plošný tlak má teoretickou hodnotu. Nejvýhodnější je tak podepřít zadní přítlačný kroužek na vnějším obvodě pružným tělesem, které se opírá o hřídel. Toto řešení umožňuje elastickým nastavením svazku lamel vyrovnat vzpříčení lamel, toto je zapříčiněno nedodržením tolerance v souběžnosti lamel. Stejně tak u pákového mechanismu by měl být mezi hlavou úhlové páky a přítlačným kroužkem pružný mezičlánek, ve tvaru který se přibližně podobá talířové pružině. Na vnější obvod pružného mezičlánu působí páky, přičemž přítlačný kroužek se opírá o venkovní obvod. Na rozdíl od prstence, který se opírá po celém obvodě se u přítlačného kroužku, který se opírá ve mnoha bodech, vzniká obvodová deformace. Tato deformace vyvolává nerovnoměrné rozdělení tlaku na lamely sousedící s přítlačným kroužkem V případě, když se kroužek opírá po celém obvodě, mají všechny roviny radiálního řezu teoreticky stejnou napjatost. Volba dovoleného plošného tlaku mezi lamelami se neomezuje, do té doby dokud se nedosáhne příslušná axiální síla, která je shodná s plošným tlakem vyvolaným příslušným zařazovaným zařízením respektive jestliže je svazek lamel přepočítaný na pevnost a jestliže spojka neprokluzuje.



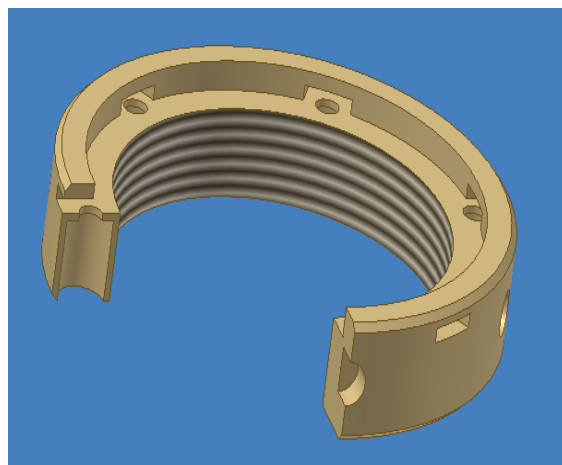
OBR. B1. VNITŘNÍ TĚLESO LAMELOVÉ SPOJKY



OBR . B2. VNĚJŠÍ TĚLESO LAMELOVÉ SPOJKY



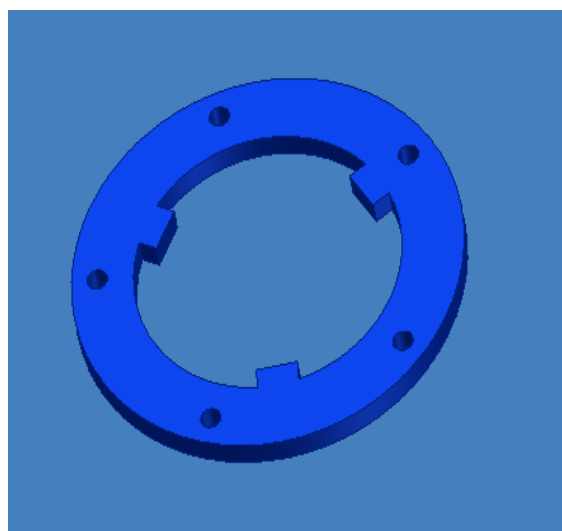
OBR. B3. ÚHLOVÁ PÁKA



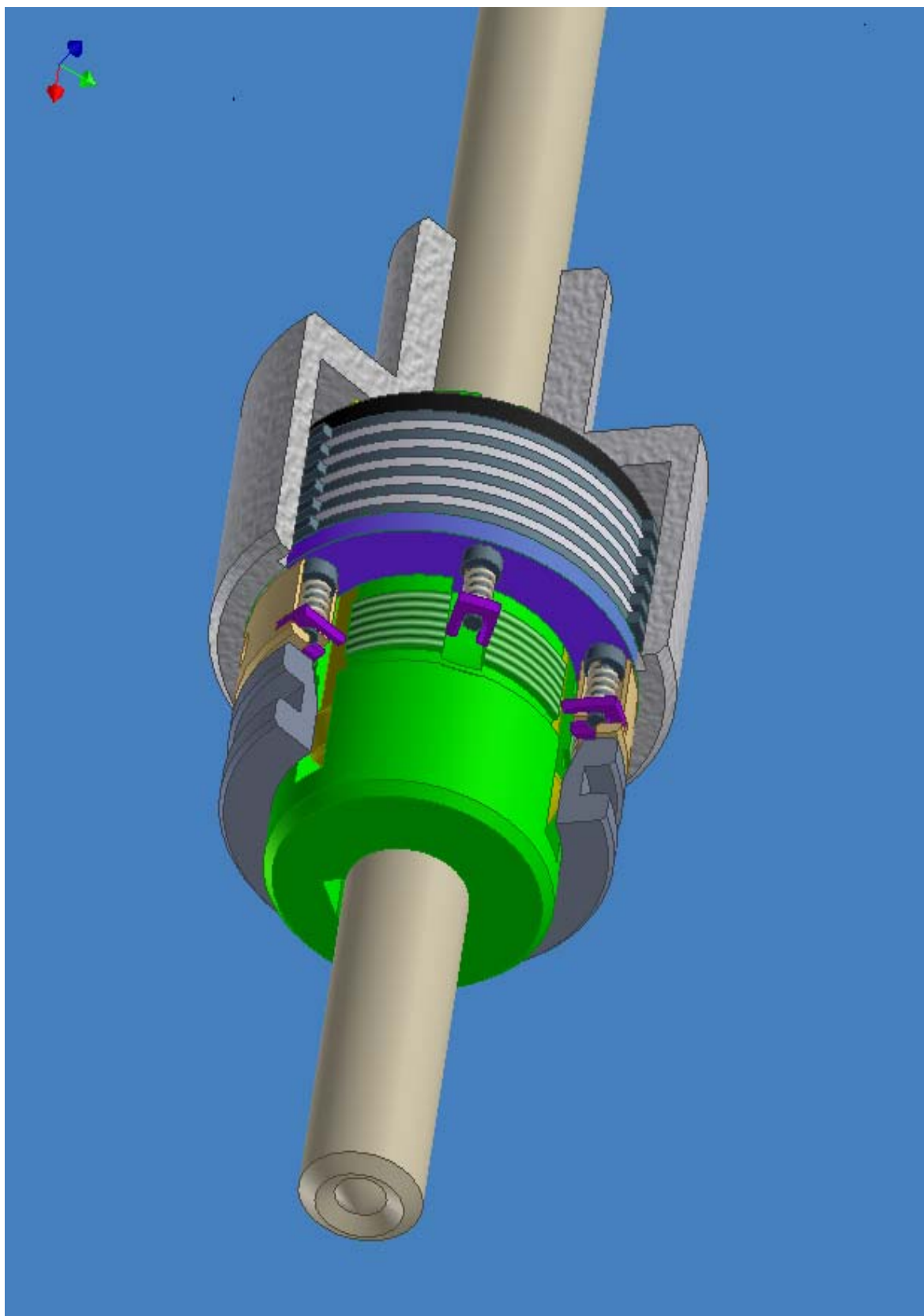
OBR. B4. NASAVOVACÍ MATICE



OBR. B5. POSUVNÁ OBJÍMKA



OBR. B6. PŘÍTLAČNÝ KROUŽEK



OBR. B7. LAMELOVÁ SPOJKA

8 VÝPOČET LAMELOVÉ SPOJKY

Mým úkolem bylo v souladu se zadáním Bakalářské práce navrhnout lamelovou spojku pro přenášející výkon $P=2,2\text{kW}$ při otáčkách $n = 1200 \text{ ot/min}$.

Pohon je uskutečněn asynchronním motorem s kotvou nakrátko a spojka se určena pro malý dílenský soustruh.

Výpočet a použité vzorce jsou převzaty z knihy [8].

1. spočítal jsem si krouticí moment a z něj určím výpočtem dimenzovaný hřídel.

spočítám jmenovitý krouticí moment hnacího stroje .

Krouticí moment určím když výkon P vydělím, úhlovou rychlostí ω

$$M_k = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{2200\text{W}}{2 \cdot \pi \cdot 20\text{s}^{-1}} = 17.5\text{N.m.} \quad (6)$$

Provozní součinitel volím $K= 1,7$ až $2,1$. Volím $K=1,9$ kompletní tabulka je umístěna v příloze Tab.2.

Výpočtový moment spojky (počítá se z toho důvodu, že ve jmenovitém koeficientu není započten provozní koeficient K)

$$M_v = K \cdot M_k = 1,9 \cdot 17,5 \text{ N.m.} = 33,25 \text{ N.m.} \quad (7)$$

průměr hřídele

průměr hřídele vychází ze pevnostního výpočtu pro hřídel. Počítá se jako podíl vypočteného momentu spojky ku průřezovému modulu v krutu W_k

$$\tau_{k \max} = \frac{M_v}{W_k} \leq \tau_{Dk} \Rightarrow W_k \frac{M_v}{\tau_{Dk}} \quad W_k = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \quad (8)$$

mez únavy materiálu v krutu τ_{Dk} volím podle Strojírenských tabulek

$\tau_{Dk} = 110 \text{ MPa}$ pro materiál ocel 11600 Mez únavy dosazují v základních jednotkách

vlastní průměr hřídele vychází ze vztahu (8)

$$d = \sqrt[3]{\frac{16M_v}{\pi \cdot \tau_{Dk}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 33,25}{\pi \cdot 110\text{Mpa}}} = 0,0115\text{m} = 11,5\text{mm} \quad (9)$$

průměr hřídele musíme upravit dle normy

$d=11,5 \text{ mm}$ volím tedy vždy nejbližší vyšší průměr podle ČSN 426510 (tyče kruhové tažené za tepla)

průměr hřídele volím $d=12\text{mm}$

Návrh pera:

Hodnota maximálního dovoleného měrného tlaku p_{oDov} je 120Mpa [10]

$$p_o = \frac{4.M_v}{h.l.d} \leq p_{oDov} \quad (10)$$

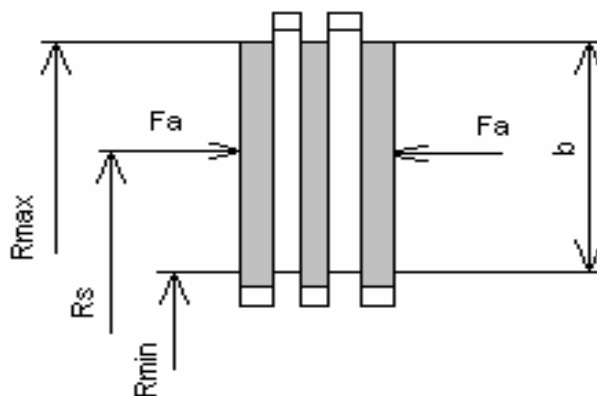
ze vztahu (10) vypočítám minimální délku pera pro daný maximální měrný tlak

$$l_{\min} = \frac{4.M_v}{h.d} = \frac{1108.33}{5.12} = 18.47 \text{ mm} \quad (11)$$

volím tedy pero ČSN 022562-5e7x5x20

2. známe –li tedy průměr použitého hřídele můžeme se zabývat vlastním návrhem lamelové spojky

Rozměry lamel volím podle empirických vztahů [8].



legenda:

- Fa - osová síla
- b - šířka lamely
- $R_{\max}$ - vnější poloměr vnitřní lamely
- $R_{\min}$ - vnitřní poloměr vnější lamely
- R_s - střední poloměr spojky
- t - tloušťka lamely

spočítám vnější, vnitřní poloměr lamely

$$R_{\min} = 2d = 2 \cdot 12 \text{ mm} = 24 \text{ mm},$$

$$R_{\max} = (1,25 \text{ až } 1,8) \cdot R_{\min} = (1,25 \text{ až } 1,8) \cdot 24 \text{ mm} = 30 \text{ až } 43.2 \text{ mm}.$$

Volím $R_{\max} = 38 \text{ mm}$

Střední průměr lamel

$$R_s = \frac{R_{\min} + R_{\max}}{2} = \frac{24 + 38}{2} = 31 \text{ mm} \quad (12)$$

$b = R_{\max} - R_{\min} = 38 \text{ mm} - 24 \text{ mm} = 14 \text{ mm}$

Obvodová síla na středním poloměru R_s :

$$F_o = \frac{M_v}{R_s} = \frac{33.25}{0.031} = 1072.58 \text{ N} \quad (13)$$

výpočet počtu lamel

s ohledem na tlak vycházím z předpokladu, že lamely jsou při chodu stroje přitlačeny k sobě a tvoří tak tudíž drážkový hřídel.

Potřebná síla se určí z podmínky že nesmí být překonán dovolený měrný tlak p_D v opěrné ploše drážek. V běžných případech se pro materiál o pevnosti 80 až 180 MPa doporučuje zvolit měrný tlak 4 až 7 Mpa [11].

$$p = \frac{F_o}{S} \leq p_D \quad (14)$$

ze vzorce (14) vyjádřím ploch S je to minimální plocha, kterou tvoří lamely opírající se o drážku v tělese. h nám udává výšku drážky i počet lamel a l je délka všech potřebných lamel tvořící drážkovou hřídel

$$S = \frac{F_o}{p_a} = h \cdot i \cdot 0.75 \cdot l \quad (15)$$

ze vzorce (15) si vyjádřím počet lamel a dosadím –li za

$$l = i \cdot t$$

kde t se rovná tloušťce jedné lamely dostávám tak

$$i = \sqrt{\frac{F_o}{p_D \cdot h \cdot 0.75 \cdot t}} = \sqrt{\frac{1072.58 \text{ N}}{7.2 \cdot 1.0 \cdot 0.75 \cdot 1}} = 9.86$$

Volím tedy počet lamel 10 $\Rightarrow$ 5 lamel vnitřních a 5 lamel vnějších.

Požadovaná přitlačná síla:

Přítlačná síla F_a je obvodová síla vztažená na součinitel tření μ a počet třecích dvojic

$$F_a = \frac{F_o}{\mu \cdot i} = \frac{1072,58}{0,1 \cdot 5} = 2145,16 \text{ N} \quad (17)$$

Nyní si vypočítám velikost třecí S plochy jedné dvojice lamel

$$S = 2 \cdot \pi \cdot R_s \cdot b = 2 \cdot \pi \cdot 31 \text{ mm} \cdot 14 \text{ mm} = 2726,9 \text{ mm}^2 \quad (18)$$

a dovolenou přitlačnou sílu F_{Da} , která působí na jednu lamelu

$$F_{Da} = S \cdot p_D = 2726,9 \text{ mm}^2 \cdot 0,8 \text{ MPa} = 2181,52 \text{ N} \quad (19)$$

$$F_{Da} > F_a - \text{vyhovuje}$$

Dovolená přitlačná síla F_{Da} musí být větší než požadovaná přitlačná F_a pokud by tento požadavek nebyl splněn musela by se uskutečnit patřičné úpravy. Například zvýšit počet třecích dvojic nebo vyměnit jejich materiály aby se změnil Dovolenny tlak mezi lamelami popřípadě ještě zcela změnit rozměry lamel.

Ve zkušebních výpočtech jsem si prozkoušel některé tyto hodnoty pozměnit avšak jako optimální pro výpočet jsem si zvolil výše uvedené.

Pokud jsou již známy hodnoty velikosti lamel vyhovují přitlačné síly je potřeba zkontrolovat zahřátí spojky. U třecích spojek vzniká teplo které může mít vliv na funkčnost spojky. Je potřeba tyto hodnoty zkontrolovat k tomu slouží následující výpočty.

Kontrola zahřátí spojky

Spočítám si skutečný tlak p , který je mezi lamelami je to požadovaná přitlačná síla vztažená na plochu

$$p = \frac{F_a}{S} = \frac{2181,52}{2726,9} = 0,8 \text{ MPa} \approx 0,8 \text{ MPa} \quad (16)$$

Maximální rychlost, kterou se může spojka otáčet

$$v = 2 \cdot \pi \cdot R_{\max} \cdot n = 2 \pi \cdot 0,038 \cdot 20 \text{ s}^{-1} = 4,78 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (17)$$

Specifický třecí výkon

$$P_{tl} = \mu \cdot p \cdot n = 0,1 \cdot 0,7 \text{ MPa} \cdot 4,78 \text{ s}^{-1} = 0,33 \text{ W.mm}^{-2} \quad (18)$$

Specifický třecí výkon musí být řádově 10x menší než je dovolený třecí výkon. U lamelových spojek s mazanými kovovými lamelami se tento výkon rovná hodnotě 1 až 3 W.mm^{-2}

$$P_{tl} \ll P_{Dtl} = 1 \text{ až } 3 \text{ W.mm}^{-2}$$

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout lamelovou spojku pro obráběcí stroj. Základní rozdělení všech používaných spojek ve strojírenském průmyslu, jejich výhody a nevýhody, jsou zaznamenány v teoretické části. Praktická část obsahuje podrobný popis lamelové spojky a jejích hlavních částí. U většiny obráběcích strojů, zejména pak u menších dílenských soustruhů, kterým daný stroj bezpochyby je, se používají lamelové spojky s úhlovými pákami. Tyto spojky se nazývají podle německé firmy Ortlinghaus zaměřující se na výrobu těchto spojek pracujících na principu stlačení lamel pomocí úhlové páky. Pro zadané hodnoty jsem propočítal průměr použitého hřídele, na kterém bude spojka namontována. Od průměru hřídele se poté odvíjí všechny další hlavní i vedlejší parametry spojky. Po vypočítání a kontrole všech významných parametrů spojky jsem přešel k vlastní konstrukci lamelové spojky Ortlinghaus. Konstrukce byl vyhotovena v programu Autodesk Inventor 6. Použití právě tohoto programu umožnilo také provést animační průběh zapojení veškerých komponentů do sestavy a ukázat tak funkci spojky. Jako příloha práce je vložena výkresová dokumentace.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. MAŠEK, A., NĚMEC, A. Spojky. Bratislava: SVTL, 1963. ISBN 63-067-63.
2. VALNÝ, M. autodesk INVENTOR Efektivně. Brno: CCB, 2001. ISBN 80-85825-51-1.
3. FOŘT, P., KLETEČKA, J., Autodesk Inventor 6, Computer Press. ISBN 80-7226-911-9
4. SOBEK, E., a kol. Základy konstruování: Návod pro konstrukční cvičení. 4 vyd. Brno: VUT, 1998. ISBN 80-214-1083-3.
5. KAŠTÁNEK, O., VAŠEK, V., Části Strojů. Brno: ES VUT. 1982.
6. SVOBODA, P., BRANDEJS, J., PROKEŠ, F., Základy konstruování. Brno: CERM, s.r.o., 2003. ISBN 80-7204-306-4.
7. LUKOVICS, I., SÝKOROVÁ, L., VOLEK, F., Části a mechanismy strojů. 1.vyd. Brno: ES VUT, 2000. ISBN 80-214-1566.
8. KŘÍŽ, R., Strojní součásti I., Praha: SNTL, 1990. ISBN 80-03-00217-6.
9. Autodesk, s.r.o. Autodesk Club [online]. Praha: Autodesk, 2002 [cit. 26. květen 2005]. dostupný z: <http://www.autodeskclub.cz>
10. VRZAL, B., a kol. Strojnické tabulky I., Praha: SNTL, 1972.
11. DRASTÍK, F., a kol. Strojnické tabulky pro konstrukci i dílnu. Ostrava: MONATEX, 1999. ISBN 80-85780-95-X.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

<i>Značka</i>	<i>Název</i>	<i>Rozměr</i>
A	práce	J
A_{def}	deformační práce	J
a	zrychlení	m s^{-2}
b	šířka	m, mm
D, d	průměr	m, mm
E	modul pružnosti v tahu	Pa, MPa
F	síla	A
F_O	obvodová síla	F
f	frekvence, kmitočet	s^{-1}
	součinitel smykového tření	1
G	modul pružnosti ve smyku	Pa, Mpa
i	počet	
J_x, J_y	kvadratický moment průřezu	mm^4
K	tuhost, provozní součinitel	1
k	míra bezpečnosti	1
L, l	délka	m, mm
M	moment síly	N m, N mm
M_D	dynamický moment	N mm
M_k	krouticí moment	N mm
M_S	statický moment	N mm
n	otáčky	ot/min, ot/s
R, r	poloměr	m, mm
P	výkon	W, kW,
S	plocha	mm^2
t	čas, tloušťka	s, mm
W_k	průřezový modul v krutu	mm^3
α	úhel	°
μ	Poissonovo číslo, součinitel tření	1
τ	smykové napětí	Pa, Mpa
τ_{Dk}	mez únavy v krutu	Mpa
δ	napětí v tahu	Pa, Mpa

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1.</i> Trubková spojka.....	13
<i>Obr. 2.</i> Misková spojka.....	13
<i>Obr. 3.</i> Rozvinutý průřez zubů Hirtové spojky.....	14
<i>Obr.4a.</i> Přírubová spojka.....	14
<i>Obr.4b.</i> Přírubová spojka s navařenou přírubou	14
<i>Obr.4c.</i> Přírubová spojka s nalisovanou přírubou.....	14
<i>Obr. .5.</i> Kotoučová spojka.....	15
<i>Obr. 6.</i> Jednoduchá dilatační spojka.....	16
<i>Obr. 7.</i> Dilatační řetězová spojka	17
<i>Obr. 8.</i> Dilatační čepová spojka.....	17
<i>Obr. 9.</i> Oldhamova spojka.....	18
<i>Obr.</i> <i>10.</i> Zubová spojka.....	18
<i>Obr. 11.</i> Lineární charakteristika spojky.....	20
<i>Obr. 12.</i> Křivková charakteristika spojky.....	20
<i>Obr. 13.</i> Pružná čepová spojka.....	21
<i>Obr. 14.</i> Spojka s radiálními články namáhanými ohybem.....	22
<i>Obr.</i> <i>15.</i> Spojka s radiálními články namáhanými tlakem.....	22
<i>Obr. 16.</i> Jednoduchá spojka s pružným prstencem.....	23
<i>Obr. 17.</i> Pružná spojka s koženými válečkovými elementy.....	23
<i>Obr. 18.</i> Spojka s tangenciálními hranoly.....	23
<i>Obr. 19.</i> Pružná spojka s vinutými pružinami.....	24
<i>Obr. 20.</i> Pružná spojka s válcovými pružinami.....	25
<i>Obr. 21.</i> Jednoduchá zubová výsuvná spojka.....	27
<i>Obr. 22.</i> Zubová spojka používaná v převodech.....	27
<i>Obr. 23.</i> Kotoučová třecí spojka.....	28

Obr. 24. Průběh koeficientu tření v závislosti na kluzné rychlosti.....	29
Obr. 25. Závislost měrného tlaku na obvodové rychlosti pro různé koeficienty tření.....	31
Obr. 26. Tvary vnějších a vnitřních lamel.....	32
Obr. 27. Dvojitá lamelová spojka s hydraulickým ovládáním.....	34
Obr. 28. Pneumaticky ovládaná spojka s brzdou pro konstrukci lisů.....	35
Obr. 29. Znázornění průběhu zapínání a vypínání elektromagnetické spojky.....	36
Obr. 30. Jednoduchá rozběhová spojka s třecím prstencem.....	38
Obr. 31. Rozběhová spojka s třecími segmenty.....	38
Obr. 32. Elektromagnetická rozběhová indukční spojka.....	40
Obr. 33. Zabezpečovací lamelová hřídelová spojka.....	41
Obr. 34. Zubová zabezpečovací spojka.....	41
Obr. 35. Zubová zabezpečovací spojka na závity.....	42
Obr. 36. Kuličková spojka.....	42
Obr. 37. Volnoběžná válečková spojka.....	42

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.	Rozměry	jednoduché	lamelové
spojky.....			16
Tab. 2.	Střední hodnoty koeficientu tření.....		31

SEZNAM PŘÍLOH

- P 1 : Výkres vnějšího tělesa
- P 2 : Výkres vnitřního tělesa
- P 3 : Výkres nastavovací matice
- P 4 : Výkres sestavy spojky s kusovníkem
- P 5 : Výkres přítlačné páky
- P 6 : Výkres zadního přítlačného kroužku
- P 7 : Výkres posuvné objímky
- P 8 : Výkres pojistky
- P 9 : Výkres vnější lamely
- P 10 : Výkres vnitřní lamely
- P 11 : Přední přítlačný kroužek
- P 12 : Výkres páčky pojistky