

# **Využití software Inventor, Catia, DesignStar při navrhování a tvorbě výrobní dokumentace**

Adam Baňář

---

Bakalářská práce  
2010

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

\*\*\*nascannované zadání s. 1\*\*\*

\*\*\*nascannované zadání s. 2\*\*\*

Příjmení a jméno: .....

Obor: .....

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně .....

.....

---

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užit či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Teoretická část je zaměřena na popis a přehled hřídelových spojek, které slouží pro přenos kroutícího momentu z hnacího na hnaný hřídel a také jejich spojení a zabezpečení proti přetížení.

V praktické části je výpočet třecí pojistné spojky, kterou jsem poté podle výpočtů vytvořil v 3D konstrukčním programu Autodesk Inventor.

Po vytvoření 3D modelu sestavy spojky jsem některé části podrobil FEM analýze v programu Cosmos/DesignSTAR.

## **ABSTRACT**

The theoretical part is focused on description and overview of shaft couplings, which are used to transfer torque from the driving shaft and driven by their concentration and protection against overload.

The practical part is to calculate the friction clutch, which I then modeled according to the calculations in 3D design with Autodesk Inventor.

After creating a 3D model of the clutch assembly, I auditioned some parts of the FEM analysis program Cosmos/DesignSTAR.

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří mně pomohli k dokončení bakalářské práce. Především velké poděkování patří paní doc. Ing. Libuši Sýkorové, Ph. D. za vedení a cenné rady při vypracovávání práce. Také děkuji panu doc. Ing. Oldřichu Šubovi, CSc. za konzultace a pomoc s programem COSMOS/DesignSTAR.

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

Ve Zlíně dne: 7. 6. 2010

.....  
podpis

# OBSAH

ÚVOD.....	10
<b>I</b> <b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1</b> <b>HŘÍDELOVÉ SPOJKY</b> .....	<b>12</b>
<b>2</b> <b>MECHANICKY NEOVLÁDANÉ SPOJKY</b> .....	<b>14</b>
2.1    PEVNÉ SPOJKY .....	14
2.1.1    Trubkové spojky.....	14
2.1.2    Korýtkové (miskové) spojky .....	16
2.1.3    Přírubové spojky.....	17
2.1.4    Kotoučové spojky .....	17
2.1.5    Hirthovy spojky .....	18
2.1.6    Válečkové spojky .....	19
2.2    VYROVNÁVACÍ SPOJKY .....	19
2.2.1    Axiální trubkové spojky .....	20
2.2.2    Axiální spojky ozubcové .....	20
2.2.3    Radiální spojky s křížovým kotoučem (Oldhamovy).....	20
2.2.4    Zubové spojky .....	21
2.2.5    Membránové spojky .....	21
2.2.6    Řetězové spojky.....	22
2.2.7    Kloubové (Hookeovy) spojky .....	22
2.3    PRUŽNÉ SPOJKY .....	23
2.3.1    Pružné spojky s pryžovými elementy .....	25
2.3.2    Pružné spojky s koženými elementy .....	28
2.3.3    Pružné spojky s ocelovými elementy .....	29
<b>3</b> <b>MECHANICKY OVLÁDANÉ SPOJKY</b> .....	<b>33</b>
3.1    VÝSUVNÉ SPOJKY .....	33
3.1.1    Výsuvné zubové spojky.....	35
3.1.2    Výsuvné třecí spojky .....	36
3.2    POJISTNÉ SPOJKY .....	39
3.2.1    Spojky s rozrušitelnými prvky .....	39
3.2.2    Pojistná spojka kuličková.....	39
3.2.3    Pojistné spojky vysmekávací.....	40
3.2.4    Pojistné spojky proklouzávací.....	41
3.3    ROZBĚHOVÉ SPOJKY.....	41
3.3.1    Rozběhové spojky s neřízeným záběrem.....	41
3.3.2    Spojky s řízeným záběrem pomocí pružin .....	43
3.3.3    Rozběhové spojky s programově zpožděným záběrem.....	43
3.4    VOLNOBĚŽNÉ SPOJKY.....	44
3.4.1    Volnoběžné axiální spojky .....	44
3.4.2    Volnoběžné radiální spojky.....	44
<b>4</b> <b>POZNATKY A CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE</b> .....	<b>46</b>
<b>II</b> <b>PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>47</b>
<b>5</b> <b>VÝPOČET SPOJKY</b> .....	<b>48</b>



5.1	VÝPOČET ROZMĚRŮ OZUBENÉHO KOLA.....	49
5.1.1	Ozubené kolo 1 - třecí spojka.....	49
5.1.2	Ozubené kolo 2 - vstupní.....	50
5.2	NÁVRH TŘECÍ SPOJKY .....	52
5.2.1	Materiál a rozměry třecích ploch.....	52
5.2.2	Velikost přitlačné síly.....	52
5.2.3	Ovládací pružina (14 260).....	52
5.2.4	Měrný tlak ve stykové ploše.....	54
5.2.5	Třecí moment.....	54
5.3	VÝPOČET HŘÍDELE .....	54
5.3.1	Návrh a kontrola pera.....	54
5.3.2	Pevnostní výpočet hřídele.....	55
5.3.3	Volba ložiska – třecí spojka .....	57
5.3.4	Volba ložiska – $R_A$ .....	57
5.3.5	Volba ložiska – $R_B$ .....	57
<b>6</b>	<b>TVORBA 3D MODELŮ V PROGRAMU AUTODESK INVENTOR.....</b>	<b>58</b>
6.1	TVORBA MODELU HŘÍDELE.....	59
6.2	GENERÁTOR OZUBENÝCH KOL .....	64
<b>7</b>	<b>VYUŽITÍ PROGRAMU COSMOS/DESIGNSTAR .....</b>	<b>65</b>
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>70</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>76</b>

## ÚVOD

Cílem této práce je prezentace využití nových počítačových programů ve vývojových, konstrukčních, projektových a jiných činnostech.

V dnešní moderní době, kdy se používá výpočetní technika snad ve všech odvětvích lidské činnosti. Z toho vyplývá, že výjimkou není ani strojírenství. Hlavně pak vývoj nových konstrukčních softwarů jako jsou např. Autodesk Inventor, Catia, Solidworks atd., které usnadnily a hlavně zrychlily konstrukční a přípravné práce. V konstrukčních a projektových kancelářích už nenajdeme řady rýsovacích prken, ale na jejich místech teď stojí stoly s moderní výpočetní technikou. Moderní konstrukční program zvládne návrh prvotního designu, vymodelovat 3D model, výrobní dokumentaci, animaci produktu, pevnostní analýzu a všechny tyto vytvořené výsledky nám jednoduše uloží pro další potřebu.

V této bakalářské práci některé tyto programy využiji. Pomocí programu Autodesk Inventor budu vytvářet 3D modely a výrobní výkresy strojních součástí. Tyto vypracované modely dále pak budu podrobovat pevnostní analýze v programu COSMOS/DesignSTAR.

Většina strojů se skládá z hnací části a hnané části. Tyto dvě části se musí bezpečným a trvanlivým způsobem spojit a tím zajistit přenos kroutícího momentu. K tomuto účelu se používají hřídelové spojky. Můžou být použity pro spojení a rozpojení hnacího a hnaného hřídele nebo můžou mít ještě navíc i jinou funkci. Můžou sloužit i jako bezpečnostní člen v systému, který přeruší přenos kroutícího momentu, jestliže překročí maximální dovolenou hodnotu. Spojky se používají také u spojování hřídelí, které neleží v jedné ose.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 HŘÍDELOVÉ SPOJKY

Slouží k trvalému nebo dočasnému (přerušovanému) spojení nejčastěji souosých nebo nesouosých hřídelů a k přenosu výkonu mezi nimi. Nesouosost spojovaných hřídelů obvykle představuje ostré úhly různoběžnosti, případně malé vzdálenosti os mimoběžných hřídelů. Důvodem k použití hřídelových spojek může být také ochrana před přetížením, případně i tlumení torzních kmitů, montážní nebo výrobní důvody. [4]

Spojky se vyrábějí ze šedé litiny, oceli na odlitky a oceli. U pružných spojek bývají spojovací části také z pryže a plastů, u třecích spojek suchých se kovové plochy obkládají třecím materiálem. Třecí materiály jsou známy pod názvy ferodo, z novějších Rubocol, porofrikt, diafrikt. [3]

Při návrhu a konstrukci spojek je nutno dodržet zásady:

1. snadná rozebíratelnost,
2. co nejmenší hmotnost (pokud spojka nemá též funkci setrvačnicku),
3. umístění co nejbliže k ložisku,
4. z důvodu bezpečnosti, nesmějí z rotujících součástí vyčnívat žádné výstupky, popř. se musí zakrýt krytem,
5. spojky musí být celé obrobené a bez ostrých hran, pokud se jedná o rychloběžné spojky a musí se pamatovat na umístění případných vývažků.

### Názvosloví hřídelových spojek

Názvosloví spojek je v ČSN 02 6400. Rozlišuje hnací a hnaný člen jako součásti na hnacím a hnaném hřídeli. U některých spojek lze tyto dva členy vzájemně zaměnit. Norma určuje také význam spojovacího členu. [3]

### Rozdělení hřídelových spojek

Spojky se rozdělují podle ČSN 02 6400 takto:

- mechanické neovládané spojky
- mechanické ovládané spojky

- hydraulické spojky
- elektrické spojky
- magnetické spojky

Uvedené skupiny spojek se dále dělí na podskupiny, typy a druhy spojek, kromě magnetických spojek, které se dále nedělí. [3]

## 2 MECHANICKY NEOVLÁDANÉ SPOJKY

### 2.1 Pevné spojky

Tyto spojky trvale a pevně spojují dva hřídele a jsou charakterizovány nepružným přenosem výkonu mezi hnacím a hnaným zařízením. Pevné spojky vyžadují prakticky dokonalou souosost spojovaných hřídelů a zpravidla neumožňují ani jejich osový posuv. Mají jednoduchou konstrukci a jsou relativně levné. [3]

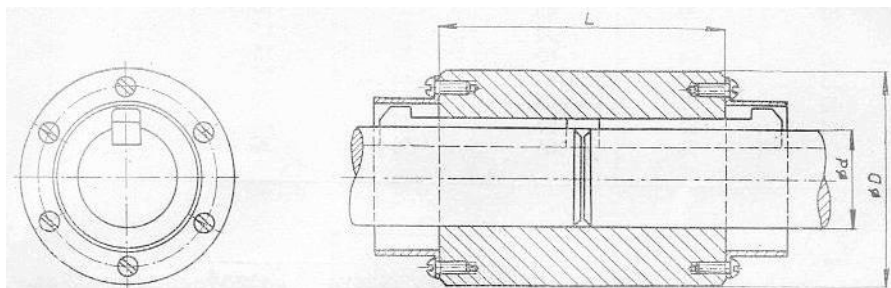
Rozdělení pevných spojek:

- trubkové spojky
- korýtkové (miskové) spojky
- Hirthovo ozubení
- přírubové spojky
- kotoučové spojky
- válečková spojky

#### 2.1.1 Trubkové spojky

Patří mezi nejjednodušší způsoby spojení pomaloběžných hřídelů. Kdyby se použily ve vysokých otáčkách tak by v důsledku nevyváženosti docházelo k velkým vibracím a nežádoucímu chvění.

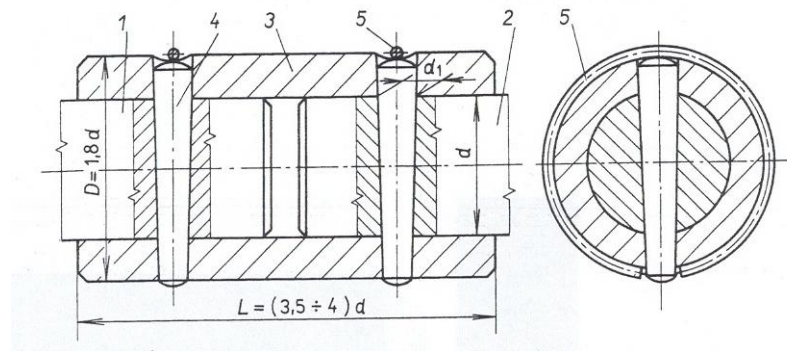
Na konec hřídelů se nasune dutý válec a upevní se klíny s nosem, kolíky, pery nebo drážkovaním. Montáž vyžaduje osové posunutí hřídele nebo dělená ložiska. [1]



Obr. 1. Trubková spojka [2]

### 2.1.1.1 Trubkové spojky s příčnými kolíky

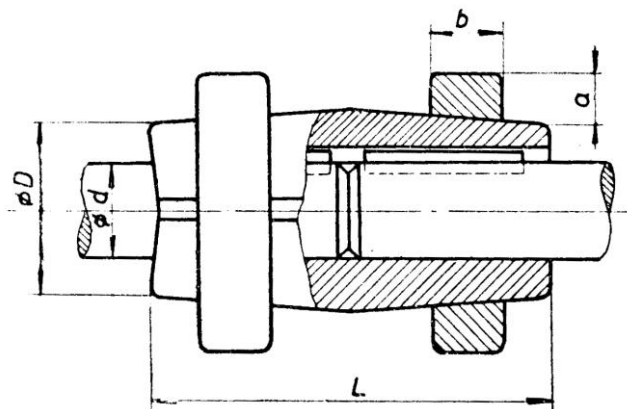
Tuto spojku tvoří trubka, která je nasunuta na oba dva konce hřídelů. Po vyvrtání se spojí válcovými, kuželovými nebo rýhovanými kolíky. Čela kolíků se na konci zanýtují. Takto se s hřídelem spojuje např. náboje řemenic, ozubených kol apod. Spojení je jednoduché a levné. Používá se při malých nárocích na přesnost a pro menší přenášené výkony. [2]



Obr. 2. Trubková spojka s příčnými kolíky [7]

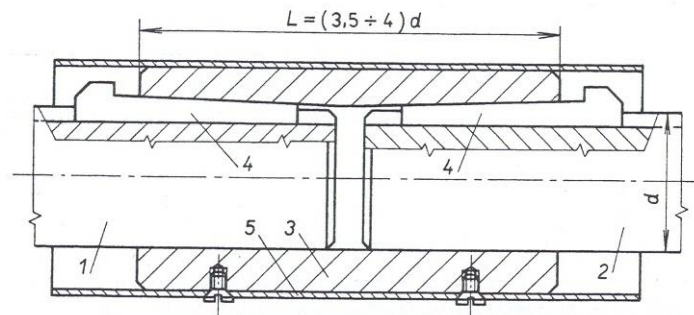
### 2.1.1.2 Dvojdílné svěrné trubkové spojky

Tato spojka je tvořena podélně rozřezanou trubkou, opracovanou soustružením. Spojka je po obvodu od čel ke středu mírně kuželová (1:30 až 1:50). Oba díly spojky jsou pevně spojeny s konci hřídelů pomocí svěrných kroužků. Tato spojka je vhodná pro spojení dvou hřídelů se stejným průměrem a stejnou tolerancí. Montáž a demontáž se může provádět bez axiálního posuvu hřídelů. Používá se velmi zřídka. Především v korozivním prostředí, protože neobsahuje žádné šrouby a jiné díly, kterých by mohla ohrozit funkci koroze. [2]



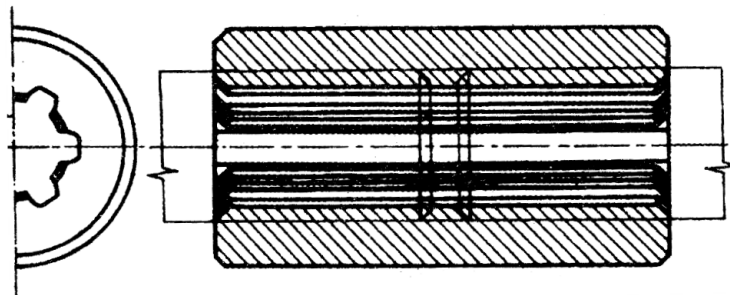
Obr. 3. Dvojdílná svěrná trubková spojka [2]

### 2.1.1.3 Trubková spojka se dvěma klíny



Obr. 4. Trubková spojka se dvěma klíny [6]

### 2.1.1.4 Trubková spojka s drážkováním



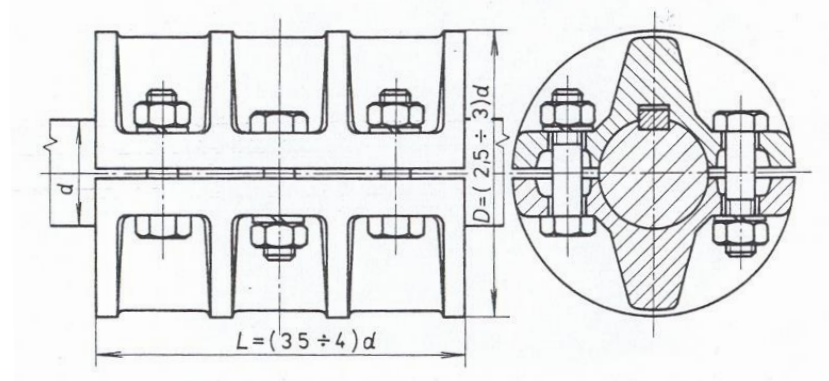
Obr. 5. Trubková spojka s drážkováním [4]

### 2.1.2 Korýtkové (miskové) spojky

Korýtková spojka se skládá ze dvou tvarově vylehčených korýtek, sevřených na koncích obou hřídelů 4, 6 nebo 8 šrouby. Používá se ke spojení dlouhých (transmisních) hřídelů. [4]

Spojením objímky s konci hřídelů vzniká svěrné válcové spojení, které přenáší kroutící moment třením v kontaktních plochách mezi objímkou a hřídeli. Někdy se toto svěrné spojení ještě doplňuje těsnými pery, která nepřenášejí kroutící moment, ale slouží jako případné zajištění proti pootočení hřídelů vůči sobě při mimořádném nárazovém přetížení spojky. Spojka odstraňuje výrazný nedostatek trubkových spojek při jejich montáži a demontáži, tj. nutnost osového vysunutí hřídelů z objímky spojek nebo osové přetažení objímky přes jeden hřídel o polovinu jejich délky. Korýtkové spojky nejsou vhodné pro spojování hřídelů nestejných průměrů, nehodí se pro střídavé nebo rázovité kroutící momenty. [5]

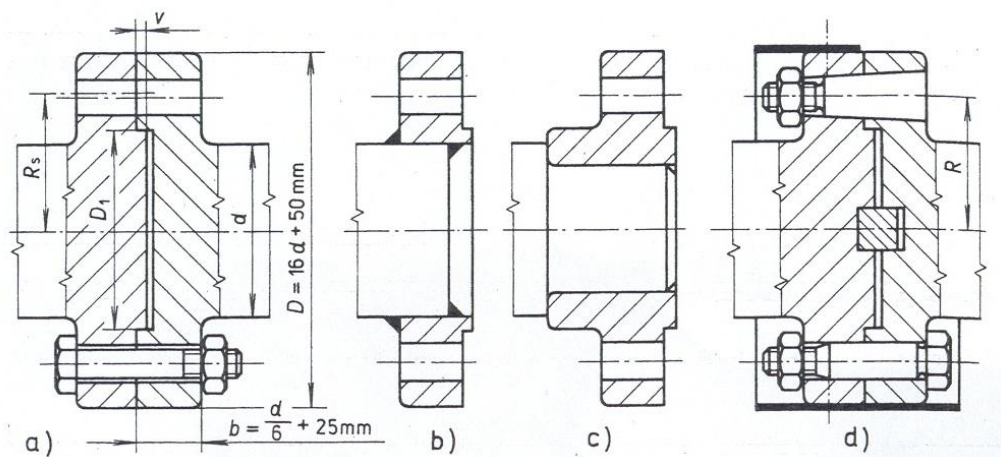




Obr. 6. Korýtková spojka

### 2.1.3 Přírubové spojky

Přírubová spojka je tvořena navařenými, vykoványými nebo za tepla nalisovanými přírubami, které jsou umístěny na koncích jednotlivých hřídelů, tyto příruby jsou spojeny šrouby. Vykované příruby jsou výrobně velmi náročné a složité a proto se používají jen pro přenos velkých kroutících momentů. Pro přenos velkých kroutících momentů a rázových kroutících momentů je potřeba konstrukční úprava, kterou je použití šroubů s kuželovým dřikem. Může se také použít pero pro větší odlehčení šroubů. K přenosu kroutícího momentu je potřeba, aby dosedající plochy byli vůči osám hřídelů kolmé, proto se plochy opracovávají až po nasazení na hřídel.

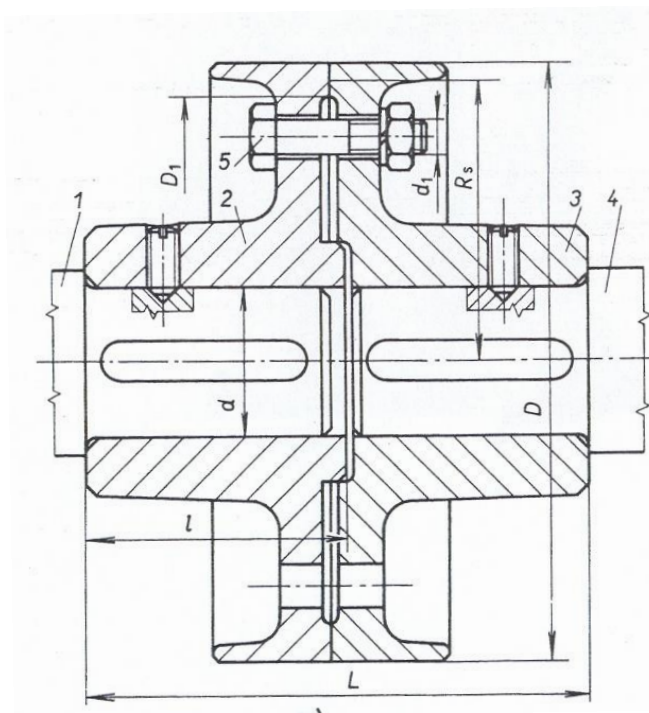


Obr. 7. Přírubové spojky [7]

### 2.1.4 Kotoučové spojky

V případě kotoučové spojky jde o nejpoužívanější spojku ze spojek pevných. Výhoda spočívá v jednoduché konstrukci spolu se snadnou vyrobiteľností, tato spojka je vhodná k zařazení do

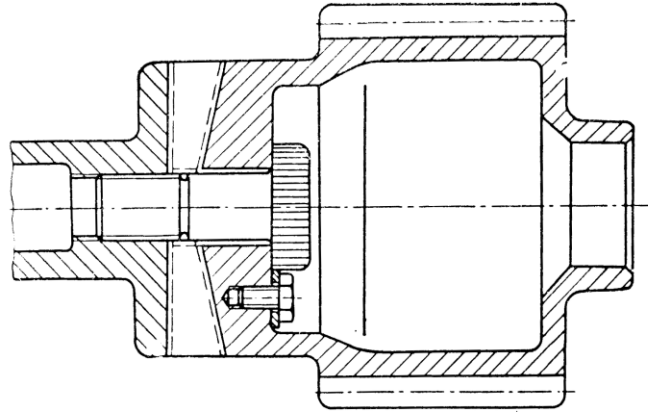
provozu, kde je třeba přenosu velkých točivých momentů, je schopná přenášet nárazové i střídavé točivé momenty. Skládá se ze dvou kotoučů, které jsou na sebe středěny pomocí nákrážku, a jsou nalisovány či naklínovány na konce hnacího a hnaného hřídele, perem jsou pojištěny proti pootočení a šroubem proti axiálnímu posuvu. Mezi kotouči se točivý moment přenáší třením ve stykových plochách, z hřídele na kotouč a opačně je přenos kroutícího momentu realizován tvarovým stykem pomocí boků per. [6]



Obr. 8. Kotoučová spojka [7]

### 2.1.5 Hirthovy spojky

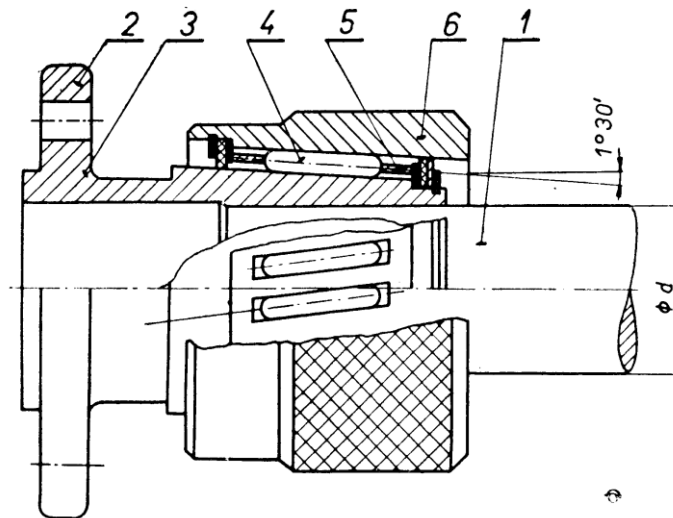
Hirthova spojka se zpravidla používá na spojení dutých hřídelů. Na čelní straně spojovaných hřídelů jsou vytvořeny zuby v radiálním směru. Profil zubů je rovnostranný trojúhelník. Umožňuje snadnou montáž a demontáž, zajišťuje rychlou výměnu poškozených dílů. Použití spojky je však velmi omezené drahou výrobou samotné spojky. Je potřeba zajistit rovnoměrné dosedání zubů.



Obr. 9. Hirthova spojka [2]

### 2.1.6 Válečkové spojky

Tato spojka se používá jako upínací pouzdra a upínací trny pro frézy, vrtáky a jiné strojní součástky. Spojka má velkou výhodu, že se celý kroutící moment rovnoměrně rozloží po celém obvodu spojky. Tím se zvyšuje životnost celé spojky, protože není potřeba per.



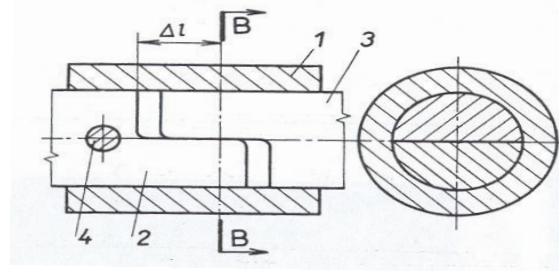
Obr. 10. Válečková spojka [2]

## 2.2 Vyrovnávací spojky

Umožňují spojovaným hřídelům určité osové posuvy, přenos kroutícího momentu při spojení různoběžných hřídelů. Kompenzují i výraznější úhlové úchyly těchto hřídelů.

### 2.2.1 Axiální trubkové spojky

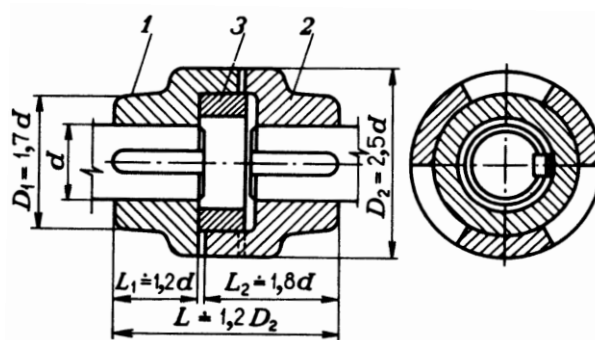
Používá se pro zajištění malých kroutcích momentů v pomocných zařízeních s teplotními rozdíly, jako spojka dilatační. Kroutcí moment je přenášán pomocí kolíku. Ten je v hřídeli pevně uložen a v trubce je volně.



Obr. 11. Axiální trubková spojka [7]

### 2.2.2 Axiální spojky ozubcové

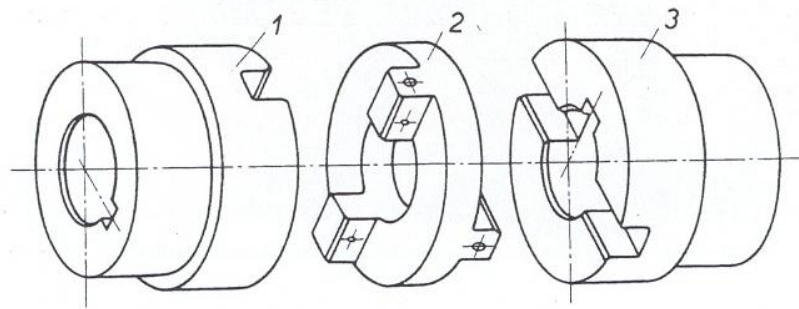
Používá se pro přenos větších kroutcích momentů. Skládá se ze dvou stejných nábojů, které jsou vyrobeny nejčastěji z litiny nebo oceli. Na každé polovině je stejný počet zubů v lichém počtu. Lichý počet je volen z důvodu současnému opracování dvou zubních boků. Náboje jsou vůči sobě středěny lícovanou středící vložkou.



Obr. 12. Axiální spojka ozubcová [3]

### 2.2.3 Radiální spojky s křížovým kotoučem (Oldhamovy)

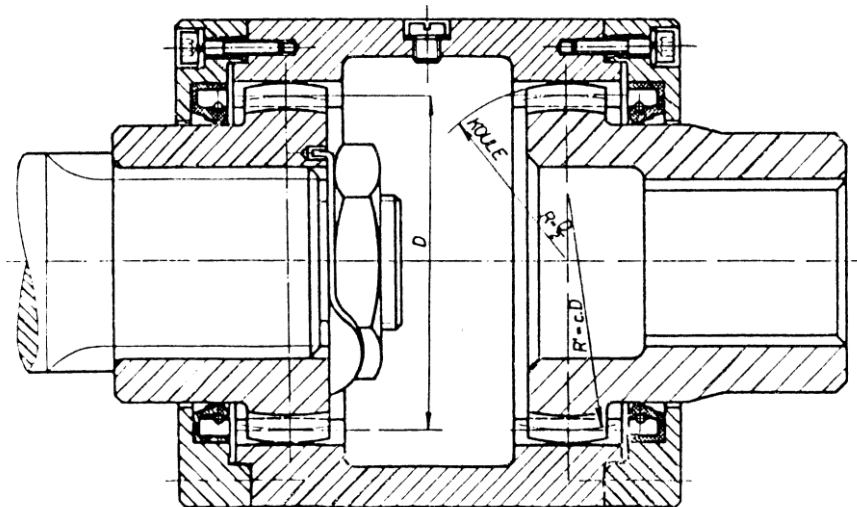
Používá se pro spojení rovnoběžných hřídelů, které mají malé přesazení vůči sobě. Může se také používat jako spojka dilatační. Používá se zejména u převodovek obráběcích strojů.



Obr. 13. Radiální spojka s křížovým kotoučem [7]

#### 2.2.4 Zubové spojky

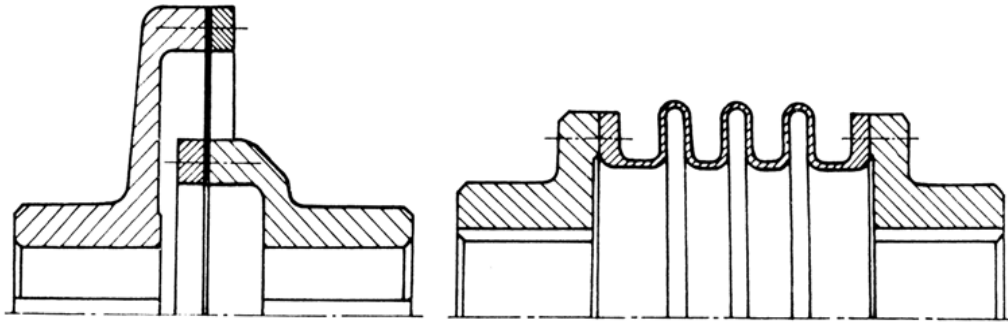
Kroutící moment se přenáší z hnací na hnanou část pomocí vnitřního a vnějšího ozubení. V ozubení je mírná vůle, která dovoluje malé úhlové úchyly. Profil zubů může být evolventní nebo lichoběžníkový. Z důvodu velkého tření je potřeba zajistit dobré mazání. Spojka je vhodná pro vyrovnávání v axiálním směru. Pokud má spojka zaoblené zuby dokáže vyrovnávat naklápění ve všech směrech.



Obr. 14. Zubová spojka [5]

#### 2.2.5 Membránové spojky

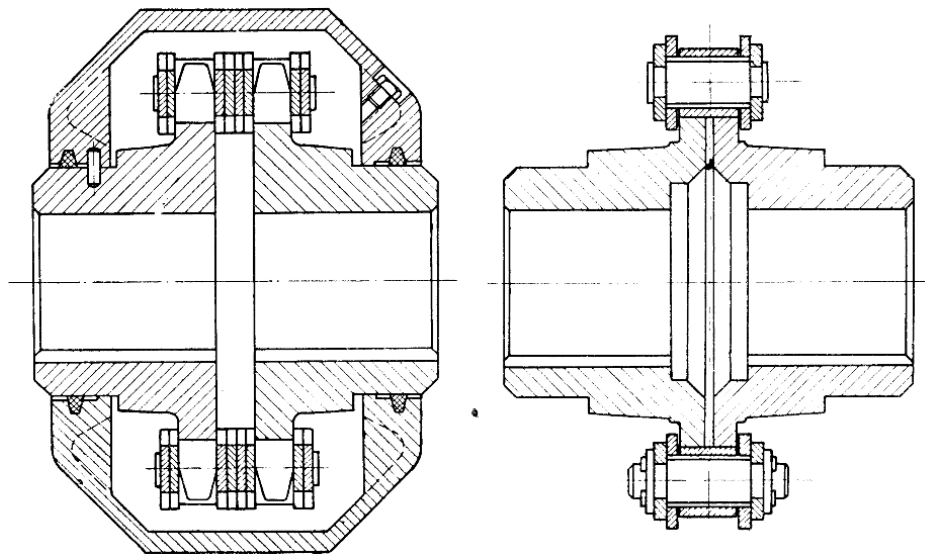
Hnací a hnaný díl membránové spojky jsou připojeny na planžety z pružinové oceli. Používají se pro přenos malých sil. [2]



Obr. 15. Membránové spojky [5]

### 2.2.6 Řetězové spojky

Slouží k nepružnému přenosu kroutícího momentu a jsou schopny kompenzovat malé osové posuvy, menší radiální posuvy a menší úhlové úchyly os spojovaných hřídelů. Jsou výhodné pro své malé rozměry a možnost rychlého spojení nebo rozpojení hřídelů. [5]

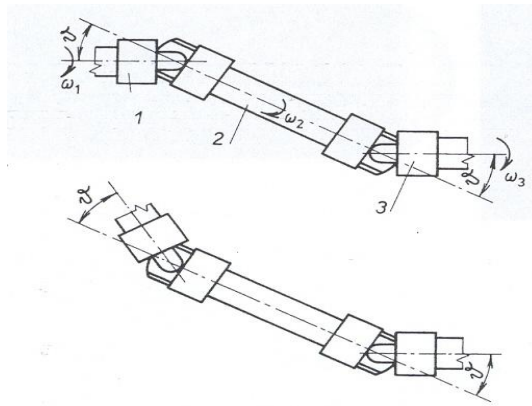


Obr. 16. Řetězové spojky [2]

### 2.2.7 Kloubové (Hookeovy) spojky

Kloubové spojky se používají pro spojení různoběžných hřídelů, přičemž úhel osy může být 35 až 45°. Používají se ve všech oborech strojírenské výroby. Zejména v obráběcích strojích, automobilovém průmyslu a zemědělství. Jeden z nábojů vidlic může být uložen na posuvné hřídeli, prostřednictvím rovnobokého drážkování, tím dokáže spojka vyrovnávat i osové posunutí hřídelů.

Na koncích spojovaných hřídelů jsou připevněny vidlice, které jsou navzájem otočeny o  $90^\circ$ . Čepy kloubů jsou uloženy v jehlových ložiscích. Nevýhodou všech druhů kloubových spojek je nerovnoměrný chod hnaného hřídele, který má za následek kolísání úhlové rychlosti  $\omega_2$ . Úhlová rychlost  $\omega_1$  hnacího hřídele je konstantní.



Obr. 17. Kloubová spojka [7]

### 2.3 Pružné spojky

Hnací a hnané části spojky jsou spojovány pomocí jednoho nebo více pružných článků. Materiál pružných článků může být ocel, pryž nebo kůže.

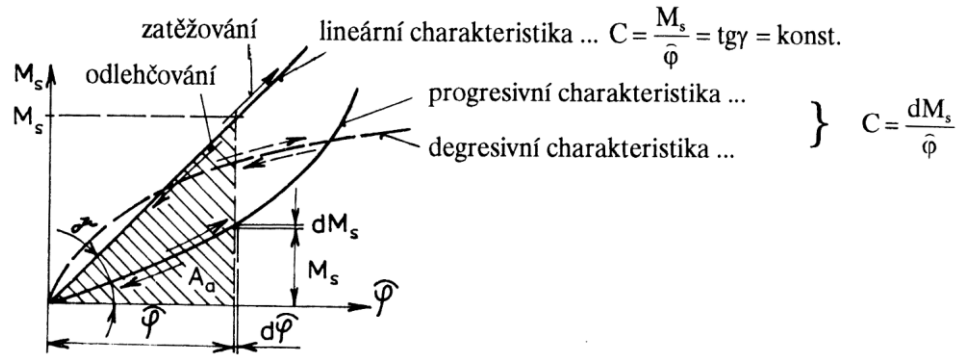
Hlavní výhodou pružných spojek, že změkčují rázy. Energie rázů se převážně přemění v pružných člancích na tepelnou energii a také na deformační práci.

Výhody spojení hnacích a hnaných částí pružnými články:

- Odstranění rezonance v obvodu a posunutí kritických otáček lze dosáhnout správnou volbou materiálu pružných článků
- Spojky dovolují menší úhlové odchylky a nesouosost hřídelů
- Snižuje a tlumí rázovitost přenášeného kroutícího momentu

#### Charakteristiky spojek:

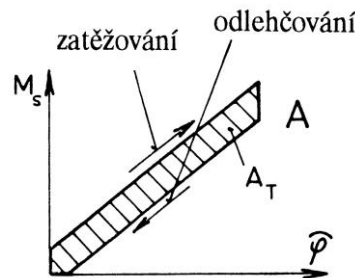
Charakteristika se určí měření vzájemného úhlového natočení  $\varphi$  obou polovin spojky při zatěžování a odlehčování zatěžujícím kroutícím momentem  $M_s$ . Tato závislost se vyjadřuje pomocí torzní tuhosti spojky  $C$ :



Obr. 18. Charakteristika pružných spojek [5]

### a) Spojky s lineární charakteristikou

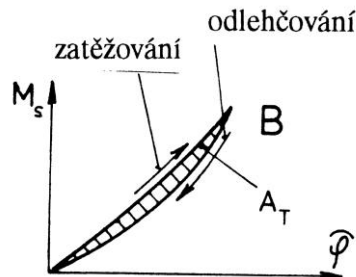
Patří sem spojky, jejichž pružné elementy nemají tlumící účinek. Patří sem např. pružná spojka s hadovitými pružinami nebo pružná spojka s kovovými pouzdry.



Obr. 19. Lineární charakteristika pružné spojky [5]

### b) Spojky s nelineární (progresivní) charakteristikou

Tyto spojky mají jinou charakteristiku pro jejich zatěžování a jinou pro odlehčování. Vhodnou volbou charakteristiky spojky lze dosáhnout omezení rezonance ve spojce. Patří sem např. pružná spojka nelineární s pryžovými hranoly nebo pružná spojka nelineární s nekovovými pouzdry.



Obr. 20. Nelineární charakteristika pružné spojky [5]

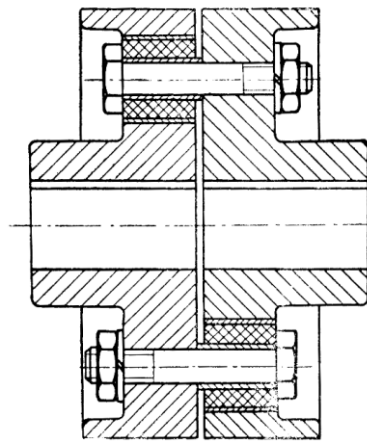


### 2.3.1 Pružné spojky s pryžovými elementy

Při výrobě pružných elementů se využívá, jak již sám název napovídá, materiál pryž, který má své specifické vlastnosti, které charakterizuje zejména pružnost. Tato vlastnost se velmi příznivě projevuje především v provozu, kde existuje rázové zatížení spojky, nebo pokud je zde přítomen pohon stroje, který je charakteristický periodickou změnou průběhu kroutícího momentu, která vyvolává torzní kmity. [6]

#### 2.3.1.1 Spojky s pryžovými pouzdry

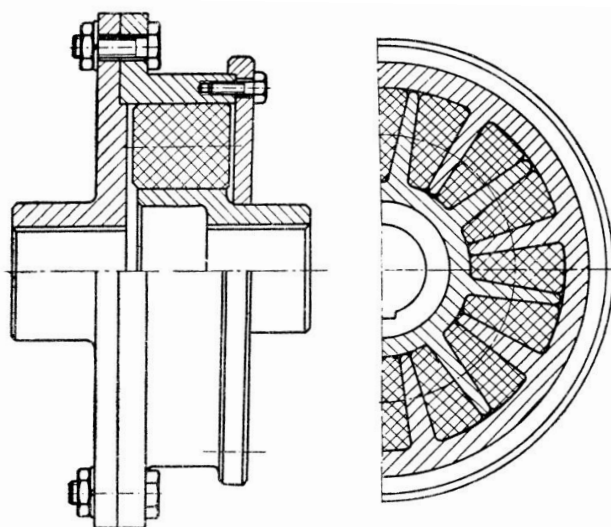
Spojka je složena ze dvou kotoučů s přírubami a náboji. Hřídele jsou ke kotoučům uchyceny pomocí nábojů a per. V jedné ze dvou kotoučů jsou pryžové pouzdra, kterými procházejí šrouby. Pryžová pouzdra jsou složena ze dvou trubek a vnitřní pryžové části. Vnější trubka je nalisována v díře v kotouči a vnitřní trubkou prochází šrouby. Dokáže kompenzovat malé úhlové úchytky a radiální posunutí os spojovaných hřídelů. Používají se především pro menší a střední kroutící momenty. Pro přenos velkých kroutících momentů se půlka pouzder vloží do jednoho kotouče a druhá půlka pouzder do druhého kotouče.



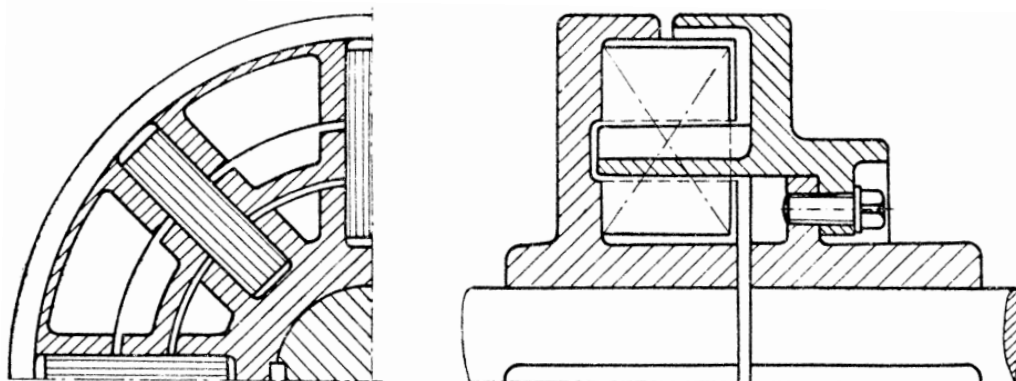
Obr. 21. Spojka s pryžovými pouzdry [2]

#### 2.3.1.2 Spojky s pryžovými hranoly

Pružné elementy jsou uloženy radiálně. Hranoly mohou být nahrazeny také válečkami. Při přenosu kroutícího momentu jsou namáhány buď na ohyb, nebo na tlak, podle druhu konstrukce. Dobře tlumí rázy a kmity, může se používat i jako torzní tlumič.



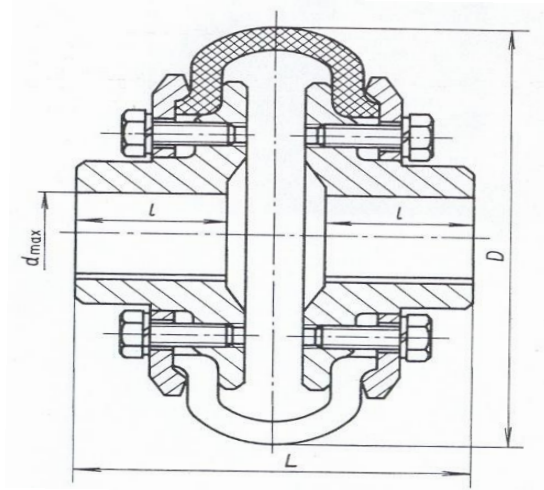
Obr. 22. Spojka s pryžovými hranoly - namáhaná na tlak [2]



Obr. 23. Spojka s pryžovými hranoly - namáhaná na ohyb [2]

### 2.3.1.3 Spojky obručové (Periflex)

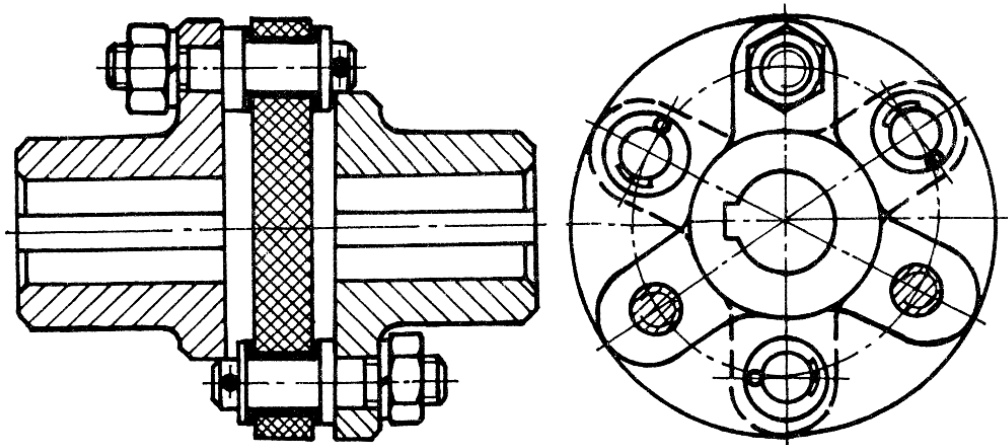
Je složena ze dvou přírub (nábojů), které jsou k hřídelům připevněny pomocí per. Obě poloviny spojky jsou spojeny k sobě pomocí jednodílné obruče. Ta je složena z pryže a je ještě vyztužena buď tkaninovou vložkou, nebo ocelovými dráty. Na obou přírubách spojky je obruč uchycena pomocí přírub a šroubů. U této spojky je připuštěna úhlová výchylka až  $4^\circ$ , přesazení os až 4 mm a axiální posuv až 8 mm. Maximální úhel pootočení je až  $16^\circ$ . Pryžová obruč je namáhán smykem od točivého momentu, tahem od odstředivé síly a tlakem v místě připojení prstenců k pružnému článku. Používá se pro přenos menších kroutících momentů.



Obr. 24. Spojka obručová (Periflex)

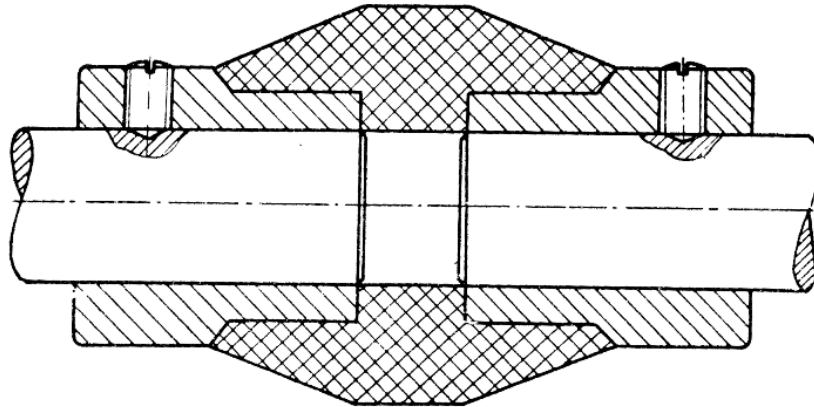
#### 2.3.1.4 Spojky s pružným kotoučem

Skládá se ze dvou stejných, zpravidla tříramenných unášečů, které jsou upevněny na spojované hřídele. Ramena těchto unášečů jsou vystřídaně spojena s jedním až třemi pryžovými nebo plastovými kotouči pomocí šroubů nebo čepů. Kotouče z pryže jsou často opatřeny tkanou výztuhou a na kontaktním povrchu jsou zpevněny kovovými příložkami a vložkami, uloženými na spojovacích šroubech unášečů. Spojky mohou kompenzovat malé úchytky a osové posuvy spojovaných hřídelů, hodí se pro vysoké otáčky a přenos malých a středních kroutících momentů. [5]



Obr. 25. Spojka s pružným kotoučem [5]

### 2.3.1.5 Pružné spojky s navulkanizovanou částí

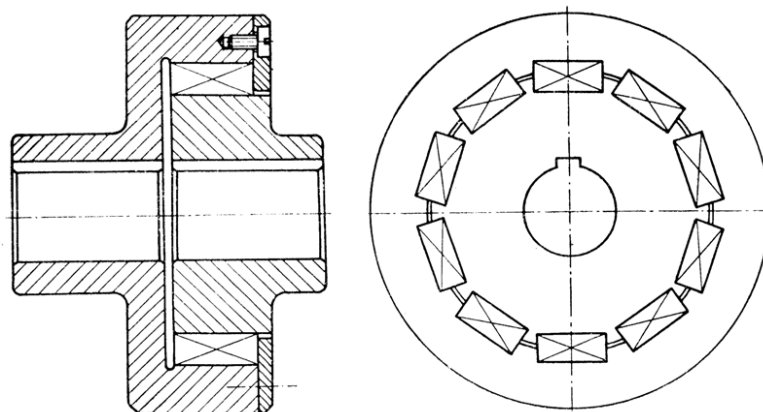


Obr. 26. Pružná spojka s navulkanizovanou částí [2]

### 2.3.2 Pružné spojky s koženými elementy

#### 2.3.2.1 Pružné spojky s koženými hranoly

Spojka je složena s kotoučů, do kterých jsou vloženy v axiálním směru kožené elementy. Kožené elementy mají velkou nevýhodu v jejich vysychání za vysokých teplot a bobtnání pokud by se dostala ke spojce vlhkost. Použitelné pro maximální obvodovou rychlost 23m/s. Tato spojka není vhodná při použití u strojů s vyšším rázovým zatížením, zejména pro pístová čerpadla a kompresory.

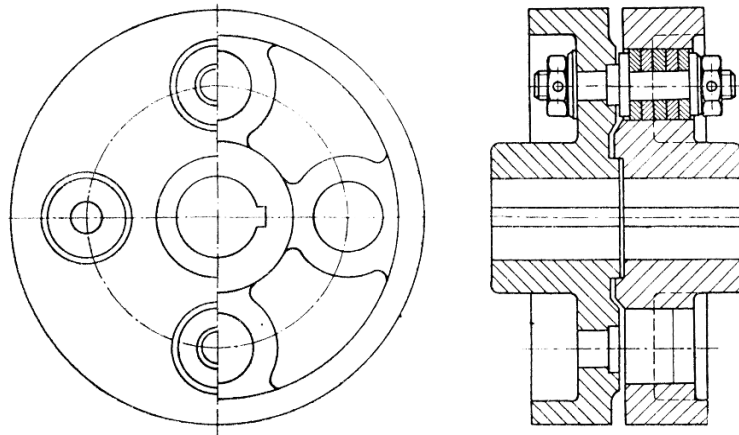


Obr. 27. Spojka s koženými hranoly [2]

#### 2.3.2.2 Pružné spojky kožené čepové

Tato spojka vznikla ze spojky přírubové, kdy se na čepy nasadí kožené kroužky. Výhodou této spojky je to, že při výměně čepů se nemusí spojka celá demontovat. Spojka bývá celá

obrobena z důvodu vyvážení, protože se usazuje přímo na hřídeli motoru. Používá se pro menší a středních kroutících momentů.



Obr. 28. *Spojka kožená čepová [2]*

### 2.3.3 Pružné spojky s ocelovými elementy

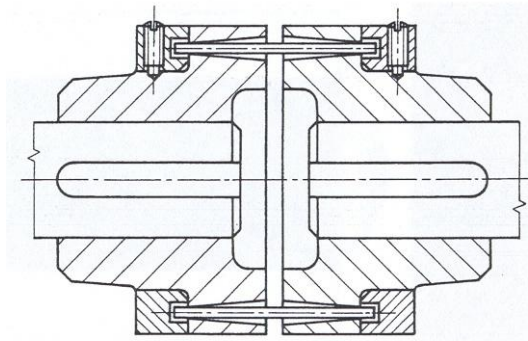
U těchto spojek je zpravidla pružný element ocelové pružiny různých tvarů (listové, jehlové, šroubově vinuté, hadovitě vinuté, pouzdrové). Materiál použitý na pružiny je obvykle pružinová ocel, která je tepelně zpracovaná s vysokou mezí pružnosti a únavy. Ocelové pružiny během svého používání ve spojkách prakticky nemění své vlastnosti, tzn., netrpí teplem, vlhkem a nestárnou.

Spojky nedovolují prakticky žádné úchytky spojovaných hřídelů. Proto se musí hřídele před montáží spojek pečlivě vyrovnat. Torzní tuhost těchto spojek závisí na počtu, tvaru a umístění pružných elementů.

#### 2.3.3.1 Pružné jehlové (drátkové) spojky

Pružné články, které přenáší kroutící moment tvoří řada ocelových tyčí velmi malého průměru tzv. jehel. Jehly bývají v jedné nebo dvou řadách v hnacím a hnaném kotouči. Jehly jsou zajištěny destičkami proti vypadnutí. Změnou počtu jehel nebo poloměru, na kterém jsou umístěny, lze dosáhnout různého přenášeného točivého momentu. Úpravou otvorů pro jehly lze získat křivkové charakteristiky.

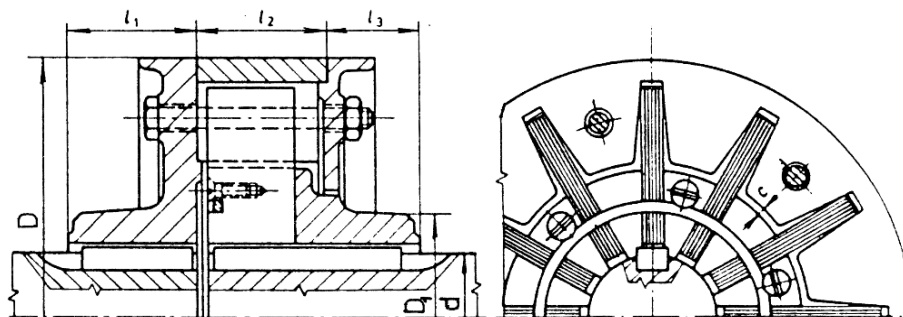
Pružné spojky s jehlami se používají pro malé až střední točivé momenty. Jehly jsou namáhány na ohyb, popř. na smyk. [7]



Obr. 29. Pružná jehlová spojka

### 2.3.3.2 Pružné spojky s listovými ocelovými pružinami

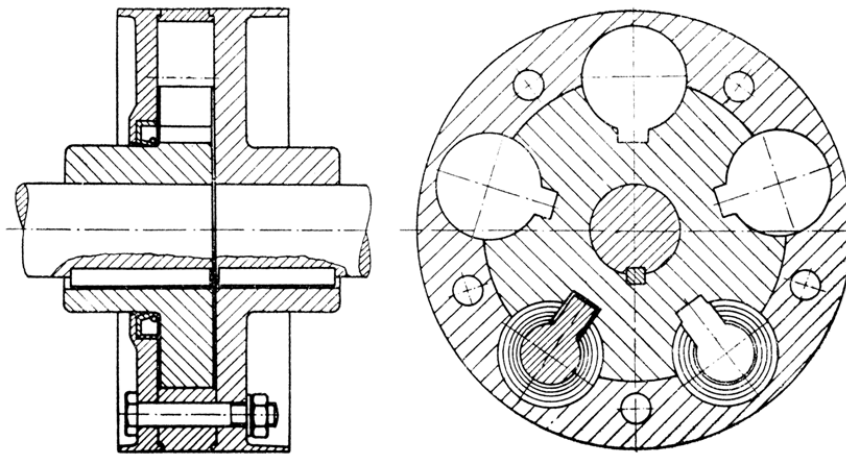
Jejich pružné elementy jsou axiálně nebo častěji radiálně uložené svazky ocelových listových pružin. Jsou uloženy ve vybráních v hnacím a hnaném kotouči spojky. Při přenosu kroutícího momentu se svazky pružin deformují ohybem a listy ve svazku kloužou po sobě. Mají lineární torzní charakteristiku, ale pokud upravíme stykové plochy mezi pružinami a kotouči, získáme progresivní charakteristiku. Používají se pro přenos velkých kroutících momentů a k tlumení rázů.



Obr. 30. Pružné spojky s listovými pružinami [5]

### 2.3.3.3 Pružné spojky s ocelovými pouzdrovými pružinami

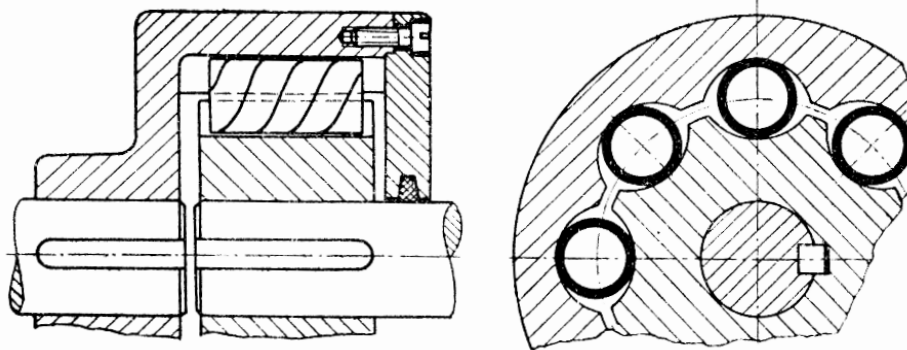
Skládají se z hnacího a hnaného kotouče, které jsou vloženy s malou radiální vůlí do sebe a mezi ně jsou do obvodově uspořádaných vybrání v osovému směru vloženy s předpětím svazky pouzdrových pružin. Jednotlivé pružiny jsou odstupňované a jsou axiálně rozřezané. Do svazku pružin jsou vloženy čepy, které omezují úhlovou odchylku a mění tuhost pružných elementů. Čím více se spojka zatěžuje, tím více dosedají pružiny na čepy a tak se spojka stává nepružnou. Spojka dobře tlumí nárazy a má progresivní charakteristiku. Používají se pro dieselové motory.



Obr. 31. Pružná spojka s ocelovými pouzdrovými pružinami [2]

#### 2.3.3.4 Pružné spojky s válcovými pružinami

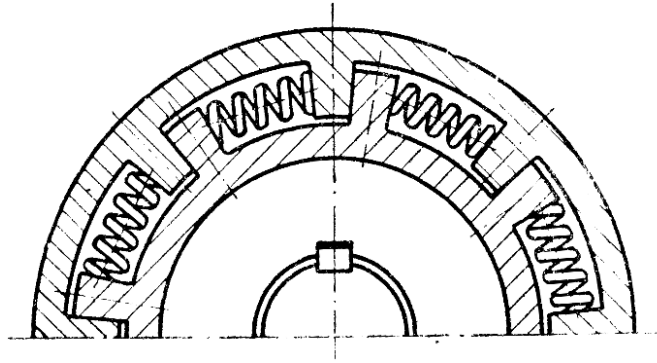
Mezi hnaný a hnací kotouč jsou vloženy ocelové pružiny s předpětím, jsou navinuty v několika vrstvách. Tato spojka má velký tlumící účinek a to díky vnitřnímu tření, které je mezi pružinami a kotouči spojky. Pro dosažení co největší životnosti této spojky je spojka naplněna mazivem.



Obr. 32. Pružná spojka s válcovými pružinami [2]

#### 2.3.3.5 Spojky se šroubovými válcovými pružinami

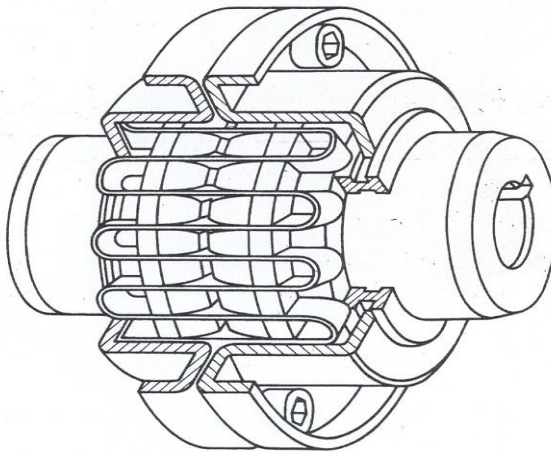
Pružnými elementy u těchto spojek jsou válcové šroubové pružiny, které jsou umístěny s předpětím ve vybráních na hnacím a hnaném kotouči. Při zatěžování malými kroutícími momenty se spojka chová jako nepružná, ale při větší zátěži se začíná spojka chovat jako pružná. Pokud spojka začne přenášet maximální hodnotu momentu, závity pružiny dosednou na sebe a spojka se zase začíná chovat jako nepružná.



Obr. 33. Spojka se šroubovými pružinami [2]

#### 2.3.3.6 Pružné spojky s vinutou pružinou (Bibby)

Spojka je složena ze dvou shodných kotoučů, které mají po obvodě drážky. Do drážek se vkládá hadovitá vinutá pružina, která přenáší kroutící moment z jedné hřídele na druhou. Pokud boky drážek jsou rovinné, tak má spojka lineární charakteristiku. Spojka se zakřivenými boky drážek mají progresivní charakteristiku.



Obr. 34. Pružná spojka s vinutou pružinou [7]



### 3 MECHANICKY OVLÁDANÉ SPOJKY

#### 3.1 Výsuvné spojky

Umožňují spojení nebo rozpojení hnacího hřídele (hnací část spojky) a hnaného hřídele (hnané části spojky) za klidu nebo za provozu. Výsuvné spojky musí splňovat tyto požadavky:

- snadné, rychlé a bezrázové zapnutí i vypnutí spojky
- spolehlivost po zapnutí
- malé opotřebení a malé oteplování spojky
- co nejmenší rozměry

Ovládání těchto spojek může být mechanické, hydraulické, pneumatické nebo elektromagnetické.

Výsuvné spojky se dělí:

- a) Mechanicky řazené
- b) Hydraulicky řazené
- c) Pneumaticky řazené
- d) Elektricky řazené

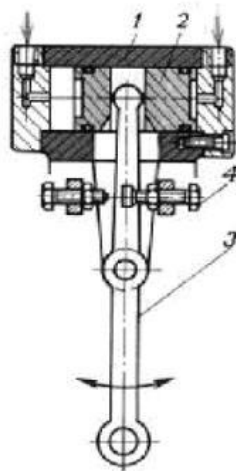
#### **ad a) Mechanicky řazené**

Spojka se zapíná a vypíná pomocí ovládacího zařízení spojky, mechanismem složeným z přesouvacího kroužku zasazeného do drážky výsuvné části spojky a z pákového mechanismu. Posuvná část se umísťuje na část spojky, která se po rozpojení neotáčí. Přesouvací kroužek musí být vydatně mazán. Je opatřen otvorem se závitem pro maznici. Aby se mazivo rozdělilo po celé třecí ploše, bývá často v čelních plochách přesouvacího kroužku mazací drážka. Při malých přesouvacích silách se nahrazuje přesouvací kroužek kluznými kameny, nejčastěji z bronzu, oceli nebo plastů. Je možné nahradit kluzné kameny valivými ložisky, čímž se sníží ztráty třením.

Přímé ruční ovládání pomocí pákového mechanismu se používá při malých a středních silách. Proti samovolnému vypnutí nebo zapnutí spojky se ovládací páka zajišťuje v krajních polohách.

### **ad b) Hydraulicky řazené**

Provedení spojek je stejné jako u mechanicky řazených. Ovládání spojek je pomocí hydraulických obvodů. Ovládání spojek lze provádět dálkově. Musí se zajistit těsnost obvodu, aby nedocházelo k poklesu tlaku.

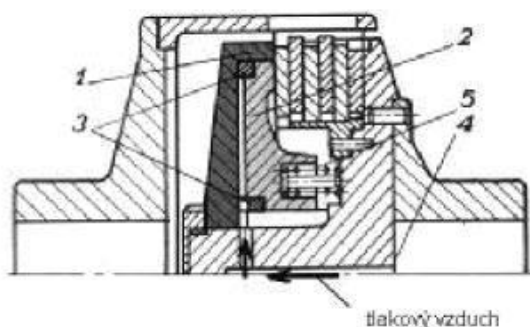


- 1 – tlakový válec
- 2 – píst s pístními kroužky
- 3 – dvouramenná páka
- 4 – stavěcí šrouby

Obr. 35. Hydraulické ovládání spojky [6]

### **ad c) Pneumaticky řazené**

V praxi se moc nepoužívá z důvodu jeho velké nevýhody, která je vlhkost přiváděného tlakového vzduchu. Další nevýhoda spočívá ve stlačitelnosti vzduchu, takže může docházet k samovolnému vypínání nebo zapínání.



- 1 - válec
- 2 - píst
- 3 – těsnící kroužek
- 4 – přívod tlakového vzduchu
- 5 - pružina

Obr. 36. Pneumatické ovládání spojek [6]

#### **ad d) Elektricky řazené**

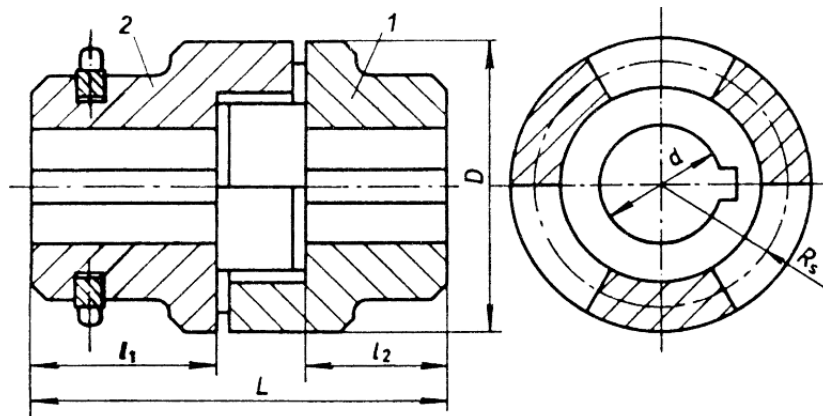
Mají podobné tvary funkčních ploch jako spojky mechanicky řazené. Představují ideální řešení pro ovládání na dálku a pro automatizaci výroby. K ovládání pomocných zařízení spojek se může použít jednofázový střídavý proud, k buzení elektromagnetů se používá výhradně stejnosměrný proud 24V a 220V.

#### **3.1.1 Výsuvné zubové spojky**

Tyto spojky jsou složeny ze dvou částí, jedna z nich je pevně spojena s hnacím hřídelem a druhá polovina je na hnaném hřídeli volně nasazena a přenos kroutícího momentu je zajištěn pomocí pera nebo drážkování. Takže druhá část spojky je axiálně posuvná. Obě tyto části spojky jsou opatřeny buď na čelní nebo válcové ploše ozubením. Při zapínání a vypínání spojky tyto ozubení do sebe zapadají nebo vysouvají. Zubové výsuvné spojky vyžadují velmi přesné vyrovnání hřídelů vůči sobě, protože jsou velmi citlivé na úhlové úchyly a radiální posuv os spojovaných hřídelů.

##### **3.1.1.1 Výsuvné zubové spojky s čelním ozubením**

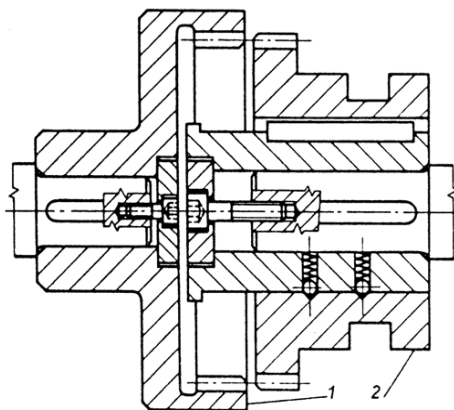
Skládá se z hnací a axiálně posuvné hnané části. Hnaná část má delší náboj, v kterém je vybrání pro umístění přesuvného kroužku. Tvar zubů je obdélníkový. Pro snazší zasunutí ozubení do sebe se konce zubů zkosí. Počet zubů bývá 3 až 70, někdy může být i více. Spojku lze zapínat buď v klidu, nebo při velmi malém rozdílu obvodových rychlostí.



Obr. 37. Výsuvná zubová spojka s čelním ozubením [5]

### 3.1.1.2 Výsuvné zubové spojky s válcovým ozubením

Skládá se z hnací části s vnitřním evolventním ozubením, upevněné na hnacím hřídeli a z hnané části s vnějším evolventním ozubením se stejným modulem, počtem zubů a úhlem záběru, která je osově posuvná po hnaném hřídeli. Pro zajištění správné rozpojené a spojené polohy spojky je doplněna ještě kuličkovou pojistkou. Kvůli výrobním nepřesnostem se počítá, že zatížení přenáší pouze  $\frac{3}{4}$  počtu zubů. Většinou bývají v kombinaci s třecí spojkou, tato kombinace se nazývá synchronizace, která umožňuje spojovat spojku s hřídelem s velkým rozdílem otáček.



Obr. 38. Výsuvná zubová spojka s válcovým ozubením [5]

### 3.1.2 Výsuvné třecí spojky

Třecí spojky umožňují zapínání a vypínání hřídelů během zatěžování i při plném zatížení, někdy se používají i pro pojištění proti zatížení. Lamelové třecí spojky mají malé rozměry i hmotnost i při přenosu velkých kroutících momentů. Nevýhodou je opotřebení třecích ploch a jejich velké zahřívání jako důsledek přeměny třecí síly na tepelnou energii. Při malém počtu

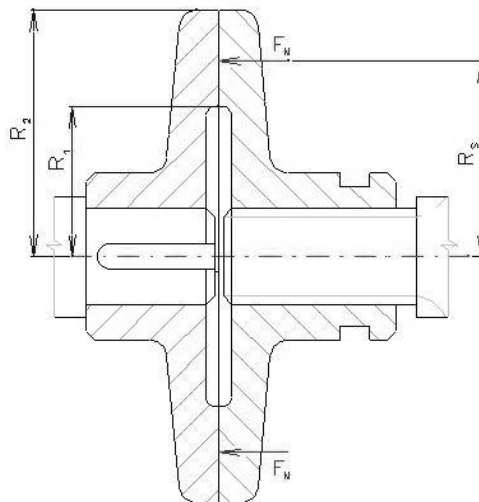
používání spojky se tepelná energie vysílá do okolí, jen musí být okolo lamel dostatek hmoty materiálu pro absorpci tepla. Pokud se spojka používá častěji, tak se vytváří větší množství tepla a tato spojka se už musí chladit buď vzduchem, nebo olejem.

Nejčastější dělení třecích spojek je podle tvaru třecích ploch spojky:

- čelními
- válcovými
- kuželovými

### 3.1.2.1 Kotoučové třecí spojky

Má dva kotouče s čelní třecí plochou, které jsou k sobě přitlačovány osovou silou. Na jednu z ploch je obvykle přínýtováno nebo přilepeno obložení, pro zvětšení tření. Tyto spojky potřebují velký průměr kotoučů pro přenos kroutícího momentu. Používají se v suchých podmínkách, mazáním nebo vlhkostí by se snížila jejich účinnost. Můžou dlouho být ve vypnutém stavu, aniž by se zahřívaly.

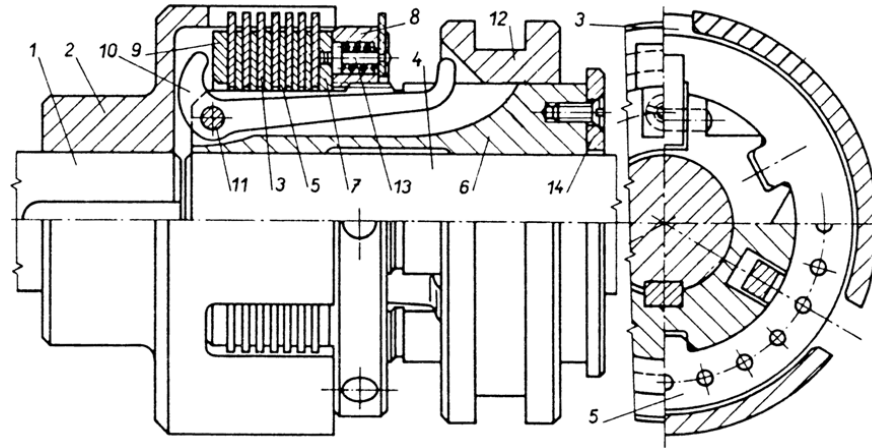


Obr. 39. Kotoučová třecí spojka [6]

### 3.1.2.2 Lamelové třecí spojky

Má na vnitřním povrchu pláště spojeného s hnacím hřídelem drážky, v nichž se mohou volně posunovat hnací lamely. Lamely jsou na sebe v axiálním směru přitlačovány dvouramennou pákou - spojení se silovým stykem. Aby se lamely při záběru neslepily, mají různě upravené zářezy, nebo se rovinné lamely nahradí zprohýbanými, popřípadě se vkládají mezi dvě vnitřní

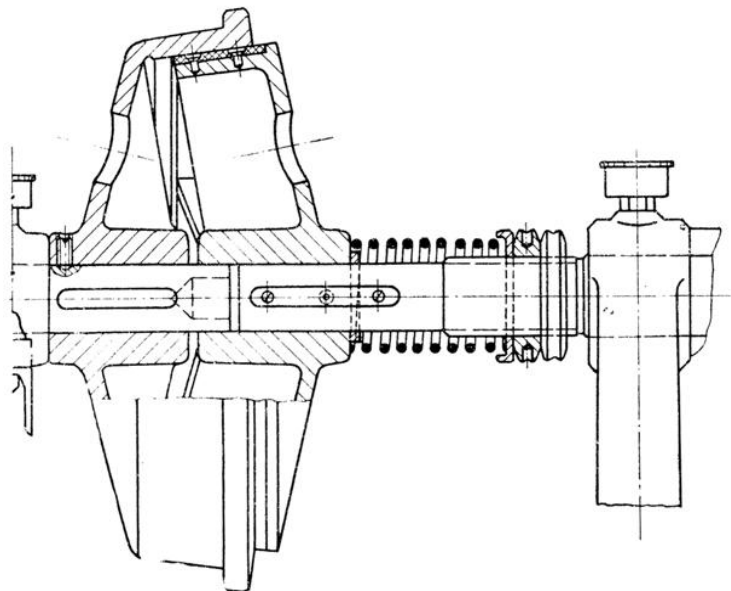
lamely pružiny. Lamely bývají ocelové, pak spojka pracuje s olejovou náplní nebo otvory v lamelách se plní grafitovou náplní, která zabraňuje zadření. U spojek suchých musí být vystřídána ocelové lamely lamelami s třecím obložním. Opotřebení lamel se vymezuje maticí.



Obr. 40. Lamelová třecí spojka [5]

### 3.1.2.3 Kuželové třecí spojky

Při uspořádání třecích ploch do kužele se nemusí vyvinout tak velká přitlačná síla jako u kotoučových třecích spojek. Je to díky samosvornosti spojky.



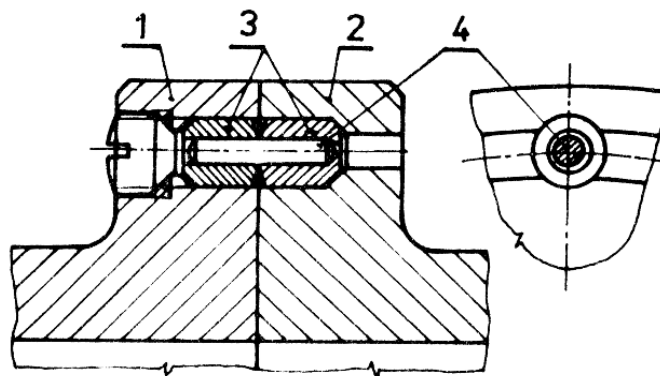
Obr. 41. Kuželová třecí spojka [2]

## 3.2 Pojistné spojky

Tyto spojky se zařazují mezi hnací a hnanou část stroje, pokud je nutné stroj chránit před nežádoucím přetížením. Pokud je kroutící moment v normálu, tak se chovají jako pevné nepružné spojky. Pokud kroutící moment začne překračovat povolenou hodnotu, tak spojka přeruší přenášený moment a stroj se bezpečně zastaví.

### 3.2.1 Spojky s rozrušitelnými prvky

Spojka se skládá z hnaného a hnacího kotouče. V kotoučích jsou po obvodě díry, do kterých se vkládají kalená ocelová pouzdra se střížnými kolíky, případně čepy. Počet kolíku a jejich průměr závisí na přenášeném kroutícím momentu. Tyto kolíky jsou při přetížení stroje přestříhány, a tím se přeruší přenášení kroutícího momentu. Přestřížené kolíky je nutno poté vyměnit a proto musí být ke spojce snadný přístup. Střížné kolíky jsou nejčastěji ocelové, méně často litinové, měděné mosazné nebo také z plastů. Pojistný točivý moment se volí asi o 20% vyšší, než je běžné maximum točivého momentu. Velká jejich výhoda je v jednoduchosti konstrukce. Nevýhodou je to, že pokud dojde k přestřížení kolíků, tak se musí stroj zastavit a čekat dokud se kolíky nevymění.

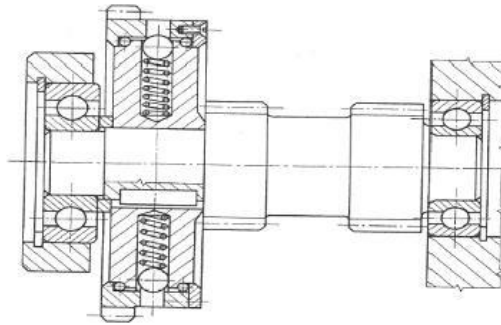


Obr. 42. Spojka s rozrušitelnými prvky [5]

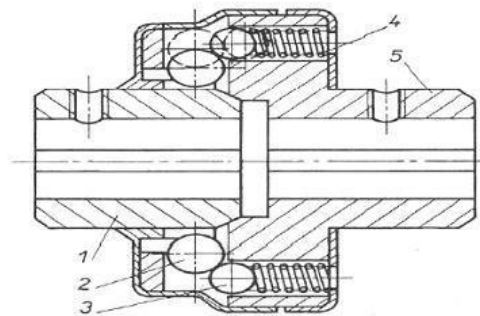
### 3.2.2 Pojistná spojka kuličková

Pojistné spojky kuličkové jsou vhodné pro přenos malých a středních kroutících momentů. Jejich nejčastější použití je v konstrukci pohonů obráběcích strojů. Spojku je možno konstruovat jako axiální a radiální. U axiálního uspořádání tvoří sedlo kuliček kuželová plocha, u radiálního provedení sedí kuličky na hraně válcového otvoru o něco menšího průměru, než je průměr kuličky. S ohledem na přenášený kroutící moment je vhodné umísťovat kuličky na větších roztečných průměrech. Sedla, na které kuličky dosedají, jsou cementována a kalena.

Velikost spojky se volí podle přenášeného kroutícího momentu, navržená spojka se kontroluje.



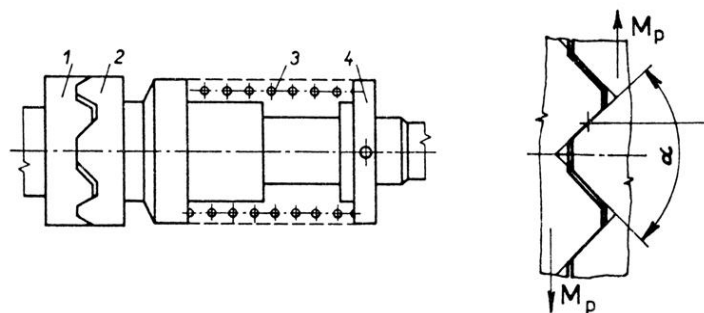
Obr. 43. Pojistná kuličková spojka – radiální [6]



Obr. 44. Pojistná kuličková spojka – axiální [6]

### 3.2.3 Pojistné spojky vysmekávací

Je složena ze dvou částí, které mají na čelních plochách vytvořené ozubení. Zuby mají obvykle vrcholový úhel  $90^\circ$  a jsou povrchově tvrzené. Tyto části jsou k sobě přitlačovány pružinou. Pokud přenášený kroutící moment přesáhne povolenou hodnotu, tak dojde k překonání axiální síly v ozubení a ozubení se vůči sobě začne otáčet.

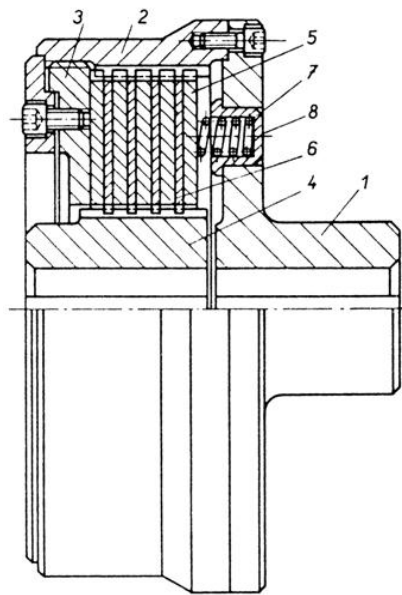


Obr. 45. Pojistná spojka vysmekávací [5]



### 3.2.4 Pojistné spojky proklouzávací

Má podobnou konstrukci jako třecí spojka. Přítlačná síla je vyvozena přítlačnou pružinou působící na lamely spojky. Předpětí pružiny je možno regulovat, tím můžeme měnit povolenou hodnotu přenášeného kroutícího momentu. Při překročení dovolené hodnoty přenášeného kroutícího momentu začnou lamely spojky prokluzovat a obě části se začnou vůči sobě protáčet. Při dlouhodobém prokluzování lamel můžu dojít k velkému zahřívání a mohlo by dojít k poškození spojky. Proto mají někdy tyto spojky tavnou pojistku, která se po zahřátí roztaví a uvolní přítlak pružin spojky.



Obr. 46. Pojistná spojka proklouzávací [5]

## 3.3 Rozběhové spojky

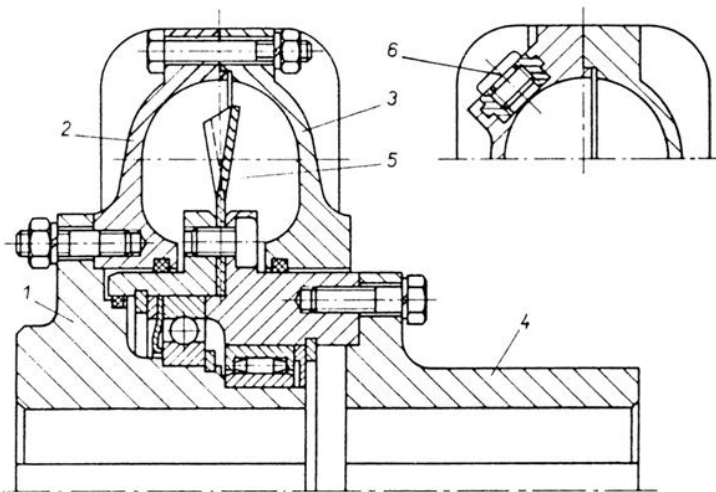
Rozběhové spojky jsou spojky, které pracují na principu automatického zapínání, které vyvolá odstředivá síla. Umožňují rozběh strojů bez zatížení až do určitých otáček. Po jejich dosažení spojka začne přenášet kroutící moment.

### 3.3.1 Rozběhové spojky s neřízeným záběrem

U těchto spojek není bráněno třecím elementům, aby přišly do styku s třecími částmi spojky. Přenos kroutícího momentu na hnanou část začne hned po rozběhu hnací části stroje.

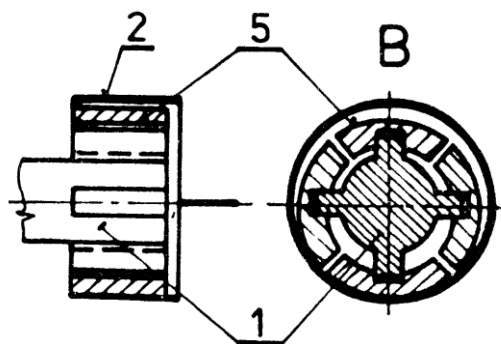
### 3.3.1.1 Spojka Centri

Tato spojka se skládá z hnací poloviny tvořené nábojem a dvojdílnou žebrovanou spojkovou skříní, a z hnané části tvořené trojdílným nábojem, na kterém je upevněn rotor, po obvodě zvlněný. Vnitřní prostor spojky je zčásti vyplněn směsí ocelového prachu a grafitu. Náplň spojky je při rozběhu spojky nejprve zvěřena v prostoru skříně, s přibývajícím otáčkami vytvoří vlivem odstředivé síly na vnitřním obvodě hnací části prstenec, kterým je zvlněný rotor postupně unášen. Při plných otáčkách dojde k bezskluzovému spojení obou částí. Při překročení maximálního kroutícího momentu se souvislý prstenec rozruší a spojka prokluzuje. Velikostí náplně, která se do vnitřního prostoru spojky sype otvorem uzavřeným zátkou, se ovlivňuje doba rozběhu spojky. Spojky Centri se vyznačuje měkkým plynulým rozběhem i při urychlování velkých setrvačných hmot. Pracuje také jako spojka pojistná. Prokluzuje při kroutícím momentu asi o 20 % větším, než je moment nominální.



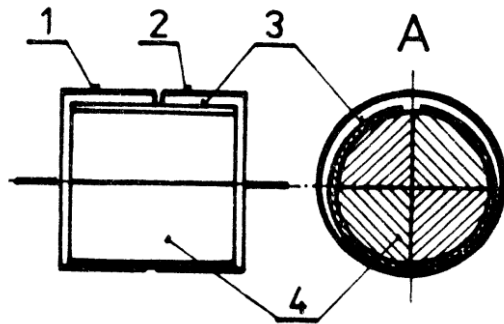
Obr. 47. Spojka Centri [5]

### 3.3.1.2 Spojky s vlečenými třecími segmenty



Obr. 48. Spojka s vlečenými třecími segmenty [5]

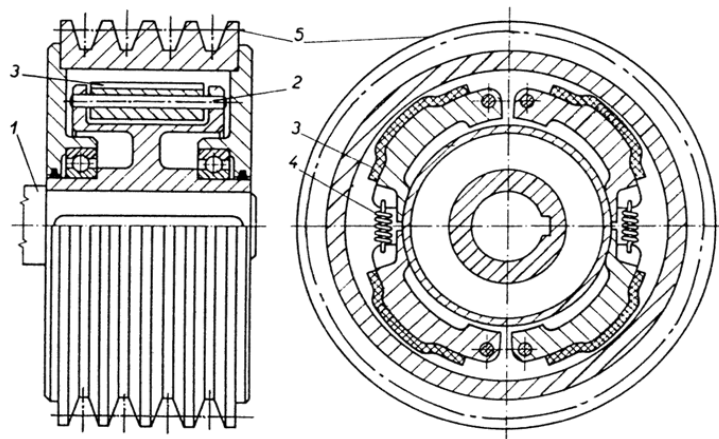
### 3.3.1.3 Spojky s třecím prstencem



Obr. 49. Spojka s třecím prstencem [5]

### 3.3.2 Spojky s řízeným záběrem pomocí pružin

Do této skupiny patří všechny rozběhové spojky, u kterých se dosáhne zpoždění rozběhu hnané části tím, že třecí odstředivé hmoty jsou navzájem spojeny předepjatými pružinami. Při rozběhu se dotknou třecí prvky hnané části teprve tehdy, až odstředivá síla třecích prvků přemůže sílu pružin. Do té doby se hnací motor rozbíhá bez zatížení. Použije-li se k pohonu elektromotoru s kotvou nakrátko, je nutné u těchto spojek zabezpečit rozběh bez zatížení až asi do 90% provozních otáček.



Obr. 50. Spojka s vlečenými výkyvnými třecími segmenty [5]

### 3.3.3 Rozběhové spojky s programově zpožděným záběrem

Jinak se tyto spojky také nazývají spojky se zpožděným programovým záběrem. Rozdíl mezi spojkami se zpožděným záběrem a spojkami s neřízeným záběrem či spojkami s řízeným záběrem pomocí pružin je, že spojky se zpožděným programovým záběrem pracují na principu nesynchronního roztáčení hmot, ale výše popsané spojky pracují na principu synchronního

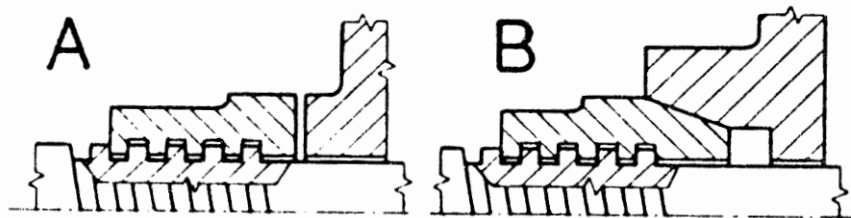
roztáčení hmot s hnací částí. Spojky se zpožděným záběrem se využívají pro provoz strojů, které jsou obtížně rozebíratelné, což jsou například pístové kompresory, pístová čerpadla atd. [6]

### 3.4 Volnoběžné spojky

Používají se pro přenos kroutícího momentu z hnací na hnanou hřídel, ale pouze jen v jednom směru. Pokud se začne hnaná hřídel předbíhat před hnací tak se spojka automaticky rozpojí.

#### 3.4.1 Volnoběžné axiální spojky

Pro přenos malých kroutících momentů. Hnací část je spojky je šroub s plochým nebo lichoběžníkovým závitem a s posuvovou maticí, která má čelní nebo kuželovou třecí plochu. Hnaná část má druhou třecí plochu. Pokud se hnací část začne otáčet, tak se matice posunuje směrem k hnané části, až se spojí a začne se přenášet kroutící moment. Pokud se hnací část otáčí opačným směrem tak se matice posunuje směrem od hnané části a spojka se rozpojí. Velká výhoda je v jejich jednoduchosti.

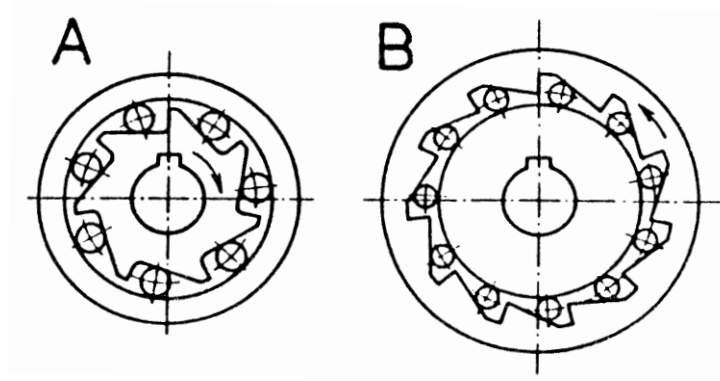


Obr. 51. Volnoběžné axiální spojky [5]

#### 3.4.2 Volnoběžné radiální spojky

Mohou přenášet střední nebo i větší kroutící momenty. Používají se mnohem více než axiální volnoběžné spojky. Hnací a hnaná část je spojena pomocí svěrných válečků, které jsou uloženy ve vybráních jedné části spojky, a to buď ve vnitřní části, nebo vnější. Je jedno, jestli je hnací část vnitřní nebo vnější. Třecí elementy mohou být také kuličky nebo další tvary.

Materiál se volí tak, aby bylo dosaženo ve stykových plochách tvrdosti HRC 62 až 64. Doporučuje se používat ocel 14 100. Stykové plochy se obvykle brousí a jejich drsnost nepřekračuje hodnotu  $Ra = 0,4 \mu\text{m}$ .



Obr. 52. Volnoběžné radiální spojky [5]

## 4 POZNATKY A CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Teoretická část této bakalářské práce je zaměřena na přehled hřídelových spojek, jejich zapojení a použití v praxi.

Praktická část bude obsahovat tyto body:

- 1) Návrh a výpočet vybraných spojek
- 2) Vytvoření trojrozměrného modelu těchto celků a jejich vizualizace využitím softwaru Inventor, Catia
- 3) Vypracování pevnostního výpočtu vybraného dílce v programu Cosmos/DesignSTAR

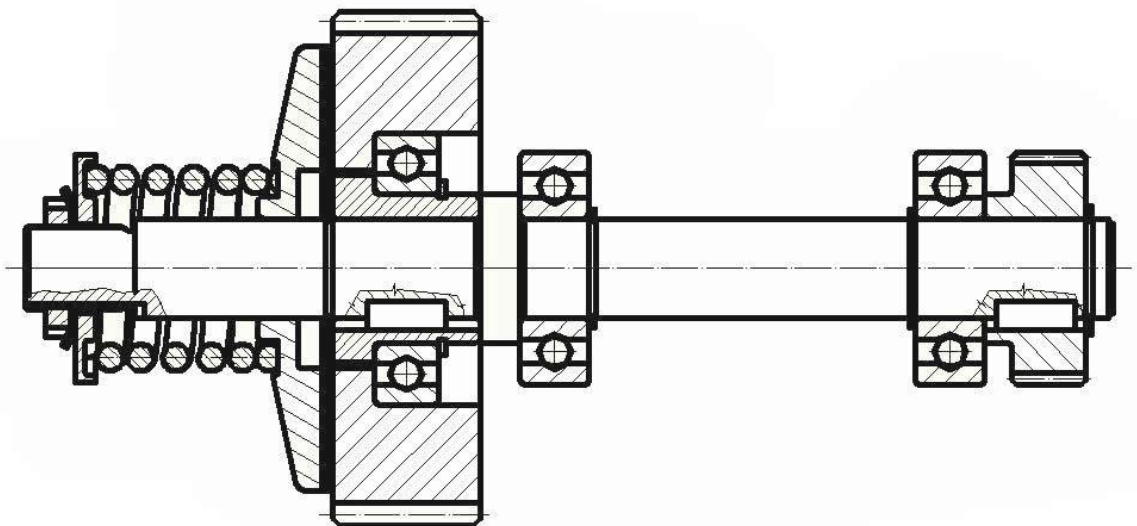
## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 VÝPOČET SPOJKY

Navrhněte pojistnou spojku, která odpojí převod mezi ozubenými koly při překročení kroutícího momentu. Pojistná spojka je součástí hřídele velkého ozubeného kola.

Parametry pojistné spojky a zadané hodnoty:

- šířka ozubeného kola  $b_{K1}$  .....30mm
- modul ozubení  $m_1$  .....2
- počet zubů ozubeného kola  $z_1$ .....50
- šířka ozubeného kola  $b_{K2}$  .....15mm
- modul ozubení  $m_2$  .....1
- počet zubů ozubeného kola  $z_2$ .....45
- průměr hřídele  $d$  .....20mm
- kroutící moment  $M_k$  .....10000Nmm
- materiál ozubených kol.....42 2425
- materiál hřídele .....11 500



Obr. 53 Model sestavy spojky



## 5.1 Výpočet rozměrů ozubeného kola

### 5.1.1 Ozubené kolo 1 - třecí spojka

#### 5.1.1.1 Průměr roztečné kružnice

**Zadáno:**  $m_1 = 2$ ;  $z_1 = 50$

$$D_{r_1} = m_1 \cdot z_1 = 2 \cdot 50 = 100 \text{ mm}$$

#### 5.1.1.2 Průměr hlavové kružnice

**Zadáno:**  $D_{r_1} = 100 \text{ mm}$ ;  $m_1 = 2$

$$D_{a_1} = D_{r_1} + 2 \cdot m_1 = 100 + 2 \cdot 2 = 104 \text{ mm}$$

#### 5.1.1.3 Průměr patní kružnice

**Zadáno:**  $D_{r_1} = 100 \text{ mm}$ ;  $m_1 = 2$

$$D_{f_1} = D_{r_1} - 2,5 \cdot m_1 = 100 - 2,5 \cdot 2 = 95 \text{ mm}$$

#### 5.1.1.4 Rozteč zubů

**Zadáno:**  $m_1 = 2$

$$t_1 = \pi \cdot m_1 = \pi \cdot 2 = 6,28 \text{ mm}$$

#### 5.1.1.5 Tloušťka zubu (na roztečné kružnici)

**Zadáno:**  $t_1 = 6,28 \text{ mm}$

$$s_1 = \frac{t_1}{2} = \frac{6,28}{2} = 3,14 \text{ mm}$$

#### 5.1.1.6 Výška hlavy zubu

**Zadáno:**  $m_1 = 2$

$$h_{a_1} = m_1 = 2 \text{ mm}$$

**5.1.1.7 Výška paty zubu**

**Zadáno:**  $Dr_1 = 100\text{mm}$ ;  $Df_1 = 95\text{mm}$

$$hf_1 = \frac{Dr_1 - Df_1}{2} = \frac{100 - 95}{2} = 2,5\text{mm}$$

**5.1.1.8 Celková výška zubu**

**Zadáno:**  $hf_1 = 2,5\text{mm}$ ;  $ha_1 = 2\text{mm}$

$$h_1 = ha_1 + hf_1 = 2 + 2,5 = 4,5\text{ mm}$$

**5.1.1.9 Výpočet síly v ozubení**

**Zadáno:**  $Mk = 10000\text{Nmm}$ ,  $Dr_1 = 100\text{mm}$

$$Mk = Foz_1 \cdot \frac{Dr_1}{2} \Rightarrow Foz_1 = \frac{Mk \cdot 2}{Dr_1} = \frac{10000 \cdot 2}{100} = 200\text{ N}$$

**5.1.2 Ozubené kolo 2 - vstupní****5.1.2.1 Průměr roztečné kružnice**

**Zadáno:**  $m_2 = 1$ ;  $z_2 = 45$

$$Dr_2 = m_2 \cdot z_2 = 1 \cdot 45 = 45\text{ mm}$$

**5.1.2.2 Průměr hlavové kružnice**

**Zadáno:**  $Dr_2 = 45\text{ mm}$ ;  $m_2 = 1$

$$Da_2 = Dr_2 + 2 \cdot m_2 = 45 + 2 \cdot 1 = 47\text{ mm}$$

**5.1.2.3 Průměr patní kružnice**

**Zadáno:**  $Dr_2 = 45\text{mm}$ ;  $m_2 = 1$

$$Df_2 = Dr_2 - 2,5 \cdot m_2 = 45 - 2,5 \cdot 1 = 42,5\text{mm}$$

**5.1.2.4 Rozteč zubů****Zadáno:**  $m_2 = 1$ 

$$t_2 = \pi \cdot m_2 = \pi \cdot 1 = 3,14 \text{ mm}$$

**5.1.2.5 Tloušťka zubu (na roztečné kružnici)****Zadáno:**  $t_2 = 3,14 \text{ mm}$ 

$$s_2 = \frac{t_2}{2} = \frac{3,14}{2} = 1,57 \text{ mm}$$

**5.1.2.6 Výška hlavy zubu****Zadáno:**  $m_2 = 1$ 

$$ha_2 = m_2 = 1 \text{ mm}$$

**5.1.2.7 Výška paty zubu****Zadáno:**  $Dr_2 = 45 \text{ mm}$ ;  $Df_2 = 42,5 \text{ mm}$ 

$$hf_2 = \frac{Dr_2 - Df_2}{2} = \frac{45 - 42,5}{2} = 1,25 \text{ mm}$$

**5.1.2.8 Celková výška zubu****Zadáno:**  $hf_2 = 1,25 \text{ mm}$ ;  $ha_2 = 1 \text{ mm}$ 

$$h_2 = ha_2 + hf_2 = 1 + 1,25 = 2,25 \text{ mm}$$

**5.1.2.9 Výpočet síly v ozubení****Zadáno:**  $Mk = 10000 \text{ Nmm}$ ,  $Dr_2 = 45 \text{ mm}$ 

$$Mk = Foz_2 \cdot \frac{Dr_2}{2} \Rightarrow Foz_2 = \frac{Mk \cdot 2}{Dr_2} = \frac{10000 \cdot 2}{45} = 444 \text{ N}$$

## 5.2 Návrh třecí spojky

### 5.2.1 Materiál a rozměry třecích ploch

Třecí koeficient  $f$  ..... 0,4

Z konstrukce spojky vyplývá:

$$R_1 = 45\text{mm}$$

$$R_2 = 20\text{mm}$$

### 5.2.2 Velikost přitlačné síly

**Zadáno:**  $M_K = 10000\text{Nmm}$ ,  $R_1 = 45\text{mm}$ ,  $R_2 = 20\text{mm}$ ,  $f = 0,4$

$$F_Z = \frac{M_K}{f \cdot R_s} = \frac{M_K}{f \cdot \left(\frac{R_1 + R_2}{2}\right)} = \frac{10000}{0,4 \cdot \left(\frac{45 + 20}{2}\right)} = 769\text{N}$$

### 5.2.3 Ovládací pružina (14 260)

#### 5.2.3.1 Síla v pružině

**Zadáno:**  $F_Z = 769\text{N}$

$$F_{PB} = 1,2 \cdot F_Z = 1,2 \cdot 769 = 923$$

#### 5.2.3.2 Kroutící moment v pružině

**Zadáno:**  $F_{PB} = 923\text{N}$

Volím  $D_p = 36\text{mm}$

$$M_{KP} = F_{PB} \cdot \frac{D_p}{2} = 923 \cdot \frac{36}{2} = 16614\text{Nmm}$$

#### 5.2.3.3 Průměr drátu v pružině

**Zadáno:**  $M_{KP} = 16614\text{Nmm}$ ,  $\sigma_{PT} = 1500\text{MPa}$

$$\tau_K = \frac{M_{KP}}{W_K} = \frac{M_{KP}}{\frac{\pi}{16} \cdot d_p^3} \leq \tau_{DK} = 0,28 \cdot \sigma_{PT}$$

$$d_p = \sqrt[3]{\frac{M_{KP}}{\frac{\pi}{16} \cdot \tau_{DK}}} = \sqrt[3]{\frac{16614}{\frac{\pi}{16} \cdot 0,28 \cdot 1500}} = 5,86 \text{ mm} \Rightarrow d_p = 6,3 \text{ mm}$$

#### 5.2.3.4 Skutečná síla v pružině

**Zadáno:**  $D_p = 36 \text{ mm}$ ,  $\sigma_{PT} = 1500 \text{ MPa}$ ,  $d_p = 6,3 \text{ mm}$

$$F_p = \frac{d_p^3 \cdot \tau_{DK} \cdot \pi}{8 \cdot D_p} = \frac{6,3^3 \cdot 0,28 \cdot 1500 \cdot \pi}{8 \cdot 36} = 1146 \text{ N}$$

#### 5.2.3.5 Počet závitů

$$n = 4$$

$$n_z = 2$$

$$z = n + n_z = 4 + 2 = 6$$

#### 5.2.3.6 Délka pružiny v dosednutém stavu

**Zadáno:**  $d_p = 6,3 \text{ mm}$ ,  $z = 6$

$$l_d = 1,05 \cdot z \cdot d_p = 1,05 \cdot 6 \cdot 6,3 = 40 \text{ mm}$$

#### 5.2.3.7 Velikost stlačení

**Zadáno:**  $D_p = 36 \text{ mm}$ ,  $d_p = 6,3 \text{ mm}$ ,  $F_p = 923 \text{ N}$ ,  $n = 4$ ,  $G = 7,85 \cdot 10^4 \text{ MPa}$

$$y = \frac{8 \cdot D_p^3 \cdot F_p \cdot n}{G \cdot d_p^4} = \frac{8 \cdot 36^3 \cdot 923 \cdot 4}{7,85 \cdot 10^4 \cdot 6,3^4} = 11,1 \text{ mm}$$

#### 5.2.3.8 Délka pružiny ve volném stavu

**Zadáno:**  $l_d = 40 \text{ mm}$ ,  $d_p = 6,3 \text{ mm}$ ,  $n = 4$ ,  $y = 11,1 \text{ mm}$

$$l_0 = l_d + 0,1 \cdot d_p \cdot n + y = 40 + 0,1 \cdot 6,3 \cdot 4 + 11,1 = 53,6 \text{ mm}$$

### 5.2.3.9 Tuhost pružiny

**Zadáno:**  $D_p = 36\text{mm}$ ,  $d_p = 6,3\text{mm}$ ,  $n = 4$ ,  $G = 7,85 \cdot 10^4 \text{MPa}$

$$k = \frac{G \cdot d_p^4}{8 \cdot D_p^3 \cdot n} = \frac{7,85 \cdot 10^4 \cdot 6,3^4}{8 \cdot 36^3 \cdot 4} = 82,8$$

### 5.2.4 Měrný tlak ve stykové ploše

**Zadáno:**  $F_p = 923\text{N}$ ,  $R_1 = 45\text{mm}$ ,  $R_2 = 20\text{mm}$ ,  $p_{DOV} = 0,15 - 0,3\text{MPa}$

$$p = \frac{F_p}{\pi \cdot (R_1^2 - R_2^2)} \leq p_{DOV}$$

$$p = \frac{F_p}{\pi \cdot (R_1^2 - R_2^2)} = \frac{923}{\pi \cdot (45^2 - 20^2)} = 0,18\text{MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

### 5.2.5 Třecí moment

**Zadáno:**  $p = 0,18\text{MPa}$ ,  $R_1 = 45\text{mm}$ ,  $R_2 = 20\text{mm}$ ,  $f = 0,4$ ,  $M_k = 10000\text{Nmm}$

$$M_t \geq M_k$$

$$M_t = 2 \cdot \pi \cdot p \cdot f \cdot \frac{(R_1^3 - R_2^3)}{3} = 2 \cdot \pi \cdot 0,18 \cdot 0,4 \cdot \frac{(45^3 - 20^3)}{3} = 12535\text{Nmm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

## 5.3 Výpočet hřídele

### 5.3.1 Návrh a kontrola pera

**Zadáno:**  $M_k = 10000\text{Nmm}$ ;  $d = 20\text{mm}$

$$M_k = F_s \cdot \frac{d}{2} \Rightarrow F_s = \frac{2 \cdot M_k}{d} = \frac{2 \cdot 10000}{20} = \underline{\underline{1000\text{N}}}$$

#### 5.3.1.1 Kontrola na střih

**Zadáno:**  $\tau_{DS} = 85\text{MPa}$ ,  $b = 6\text{mm}$ ,  $F_s = 1000\text{N}$

$$S = b \cdot l$$

$$\tau_s = \frac{F_s}{S} \leq \tau_{DS}$$

$$\tau_s = \frac{F_s}{b \cdot l} \leq \tau_{DS} \Rightarrow l = \frac{F_s}{b \cdot \tau_{DS}} = \frac{1000}{6 \cdot 85} = \underline{\underline{1,96\text{mm}}}$$

### 5.3.1.2 Kontrola na otláčení

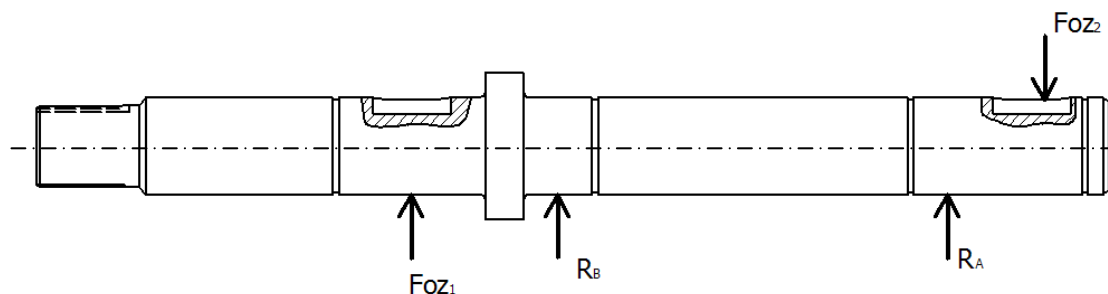
**Zadáno:**  $p_{DOV} = 100\text{MPa}$ ,  $t_1 = 2,5\text{mm}$ ,  $F_s = 1000\text{N}$

$$p = \frac{F_s}{S} = \frac{F_s}{l \cdot t_1} \leq p_{DOV} \Rightarrow l = \frac{1000}{100 \cdot 2,5} = \underline{4\text{mm}}$$

Volím **PERO 6 e7 x 6 x 16 ČSN 02 2562**

### 5.3.2 Pevnostní výpočet hřídele

#### 5.3.2.1 Výpočet reakcí



Obr. 54 Znárodnění sil působících na hřídel

**Zadáno:**  $F_{oz1} = 200\text{N}$ ,  $F_{oz2} = 444\text{N}$ ,  $d = 20\text{mm}$

$$\sum M = 0$$

$$M_A = -F_{oz1} \cdot 5,5d - R_B \cdot 4d - F_{oz2} \cdot d = 0$$

$$R_B \cdot 4d = -F_{oz1} \cdot 5,5d - F_{oz2} \cdot d$$

$$R_B = \frac{-F_{oz1} \cdot 5,5 - F_{oz2}}{4} = \frac{-200 \cdot 5,5 - 444}{4} = -386\text{N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{oz1} + R_B - F_{oz2} + R_A = 0$$

$$R_A = -F_{oz1} - R_B + F_{oz2} = -200 - (-386) + 444 = 630\text{N}$$

#### 5.3.2.2 Napětí v krutu

**Zadáno:**  $M_K = 10000\text{Nmm}$ ,  $d = 20\text{mm}$

$$\tau_K = \frac{M_K}{W_K}$$

$$\tau_K = \frac{M_K}{0,2 \cdot d^3} = \frac{10000}{\frac{\pi \cdot 20^3}{16}} = 6,37 \text{ MPa}$$

### 5.3.2.3 Nebezpečné průřezy hřídele

a) Průřez I – drážka pro pero

**Zadáno:**  $\tau_K = 6,37 \text{ MPa}$ ,  $\beta\tau = 1,45$ ,  $\tau_{CO} = 135 \text{ MPa}$ ,  $\chi\tau = 0,89$

$$\tau_{\max I} = \tau_K \cdot \beta\tau = 6,37 \cdot 1,45 = 9,24 \text{ MPa}$$

$$K\tau_I = \frac{\tau_{CO} \cdot \chi\tau}{\tau_{\max I}} = \frac{135 \cdot 0,89}{9,24} = 13 \geq 1 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

b) Průřez II – drážka pro pojistný kroužek

Jelikož jsme neměli vrubový součinitel na výpočet drážky pro pojistný kroužek, počítal jsem jako kdyby to byla kruhová drážka.

**Zadáno:**  $\tau_K = 6,37 \text{ MPa}$ ,  $t = 0,5 \text{ mm}$ ,  $r = 0,5 \text{ mm}$ ,  $D = 20 \text{ mm}$ ,  $\tau_{CO} = 135 \text{ MPa}$ ,  $\chi\tau = 0,89$

$$\frac{t}{r} = \frac{0,5}{0,5} = 1$$

$$\frac{r}{D} = \frac{0,5}{20} = 0,025 \Rightarrow \beta\tau = 1,51$$

$$\tau_{\max I} = \tau_K \cdot \beta\tau = 6,37 \cdot 1,51 = 9,62 \text{ MPa}$$

$$K\tau_I = \frac{\tau_{CO} \cdot \chi\tau}{\tau_{\max I}} = \frac{135 \cdot 0,89}{9,62} = 12,49 \geq 1 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

c) Průřez III – změna průměru hřídele

**Zadáno:**  $\tau_K = 6,37 \text{ MPa}$ ,  $d' = 30 \text{ mm}$ ,  $d = 20 \text{ mm}$ ,  $r = 1 \text{ mm}$ ,  $\tau_{CO} = 135 \text{ MPa}$ ,  $\chi\tau = 0,89$

$$\frac{d'}{d} = \frac{30}{20} = 1,5$$

$$\frac{r}{d} = \frac{1}{20} = 0,05 \Rightarrow \beta\tau = 1,48$$

$$\tau_{\max I} = \tau_K \cdot \beta\tau = 6,37 \cdot 1,48 = 9,43 \text{ MPa}$$

$$K\tau_{III} = \frac{\tau_{CO} \cdot \chi\tau}{\tau_{\max I}} = \frac{135 \cdot 0,89}{9,43} = 12,74 \geq 1 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

d) Průřez IV – drážka pro pero



*Stejně jako průřez I*

### 5.3.3 Volba ložiska – třecí spojka

**Zadáno:**  $F_{oz_1} = 200\text{N}$ ,  $d = 20\text{mm}$

$$F_e = X \cdot V \cdot F_R = 1 \cdot 1 \cdot F_{oz_1} = 167\text{N}$$

$$L = \left( \frac{C}{F_e} \right)^3 = \left( \frac{10200}{200} \right)^3 = 132651\text{mil.ot}$$

Volím **LOŽISKO 6006 ČSN 02 4630**

### 5.3.4 Volba ložiska – $R_A$

**Zadáno:**  $R_A = 630\text{N}$ ,  $d = 20\text{mm}$

$$F_e = X \cdot V \cdot F_R = 1 \cdot 1 \cdot R_A = 630\text{N}$$

$$L = \left( \frac{C}{F_e} \right)^3 = \left( \frac{9800}{630} \right)^3 = 3764\text{mil.ot}$$

Volím **LOŽISKO 6204 ČSN 02 4630**

### 5.3.5 Volba ložiska – $R_B$

**Zadáno:**  $R_A = 386\text{N}$ ,  $d = 20\text{mm}$

$$F_e = X \cdot V \cdot F_R = 1 \cdot 1 \cdot R_A = 386\text{N}$$

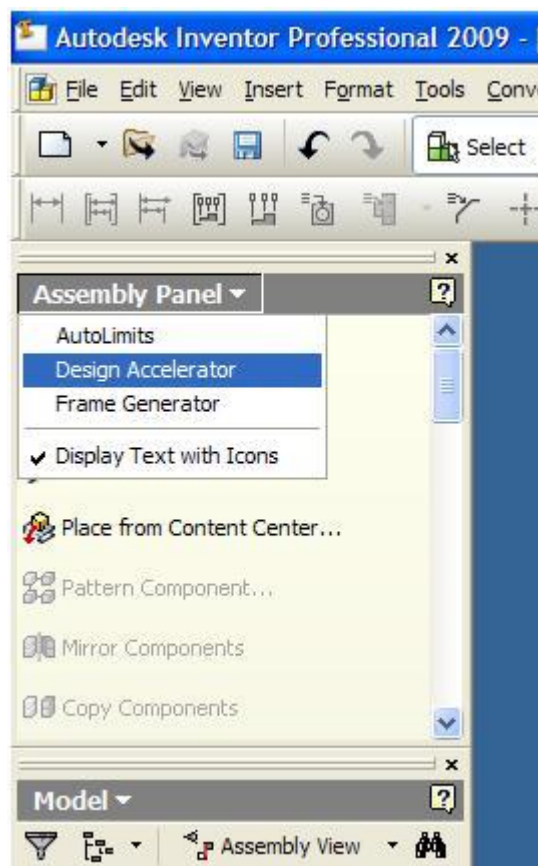
$$L = \left( \frac{C}{F_e} \right)^3 = \left( \frac{9800}{386} \right)^3 = 16365\text{mil.ot}$$

Volím **LOŽISKO 6204 ČSN 02 4630**

## 6 TVORBA 3D MODELŮ V PROGRAMU AUTODESK INVENTOR

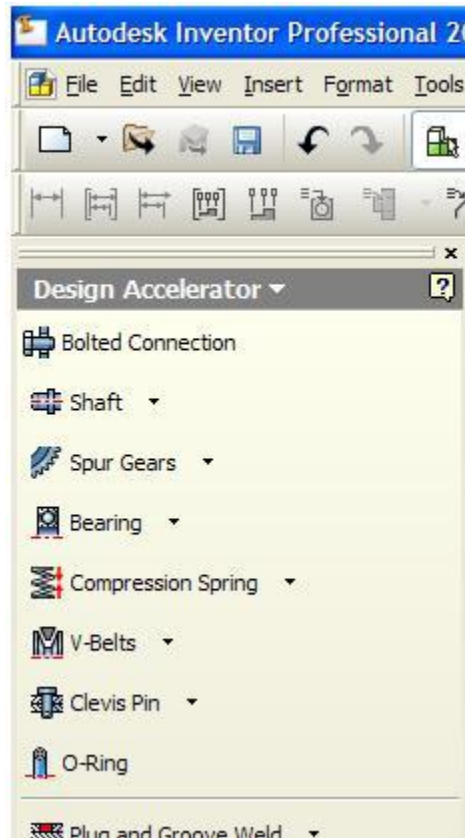
V této části se zaměřím na zjednodušení a urychlení tvorby normalizovaných strojních součástí. Nebudu zde popisovat tvorbu jednotlivých nenormalizovaných součástí. Tímto tématem se již zabývalo několik studentů přede mnou.

Tato funkce se dá využít pouze při práci v modulu *Sestavy (Assembly)*. Poté se musíme v tomto modulu přepnout do funkce *Design Accelerator*.



Obr. 55 Přepnutí do Design Accelerator

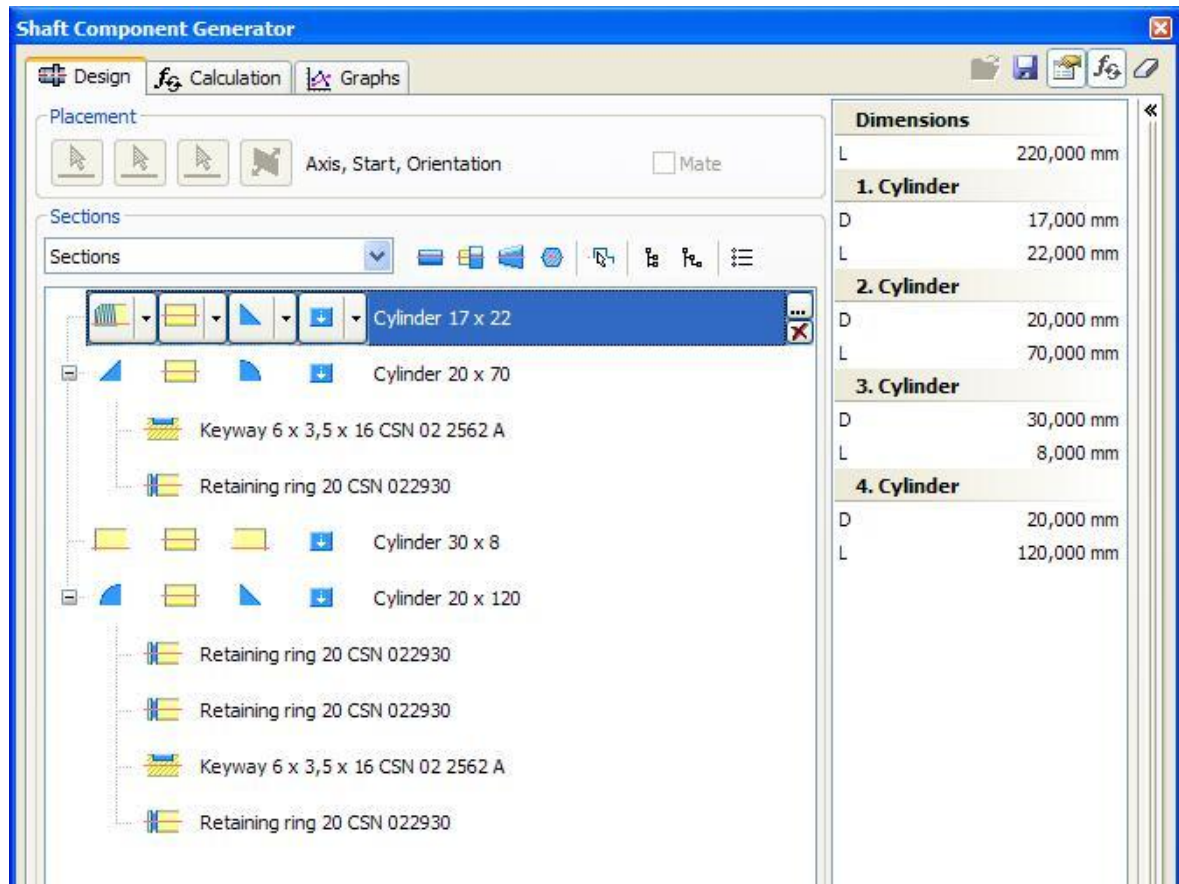
Poté se nám zobrazí nový panel, kde si můžeme vybrat, kterou strojní součást potřebujeme a budeme ji navrhovat.



Obr. 56 Výběr funkcí v Design Accelerator

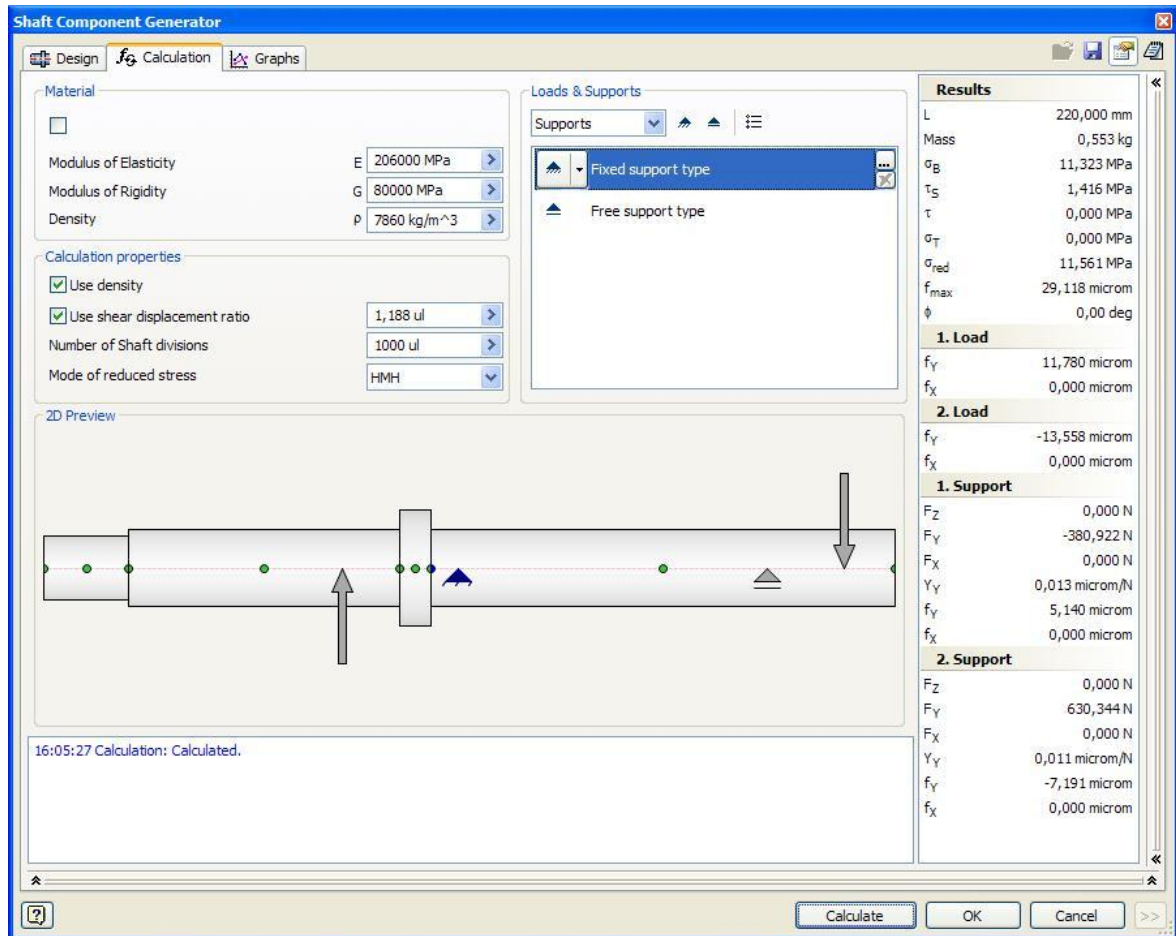
## 6.1 Tvorba modelu hřídele

Z panelu Design Accelerator vybereme funkci **Shaft (Hřídel)**. Poté se nám otevře nové okno, kde nastavíme různé části hřídele. Můžeme měnit délku, průměr, zkosení, zaoblení, přidávat různé drážky a otvory.



Obr. 57 Generátor hřídelů v modulu Design Accelerator

V tomto okně můžeme využít záložku **Kalkulace (Calculation)**. Zde po zadání zatěžujících sil hřídele, nám program vypočítá reakce v zadaných bodech.



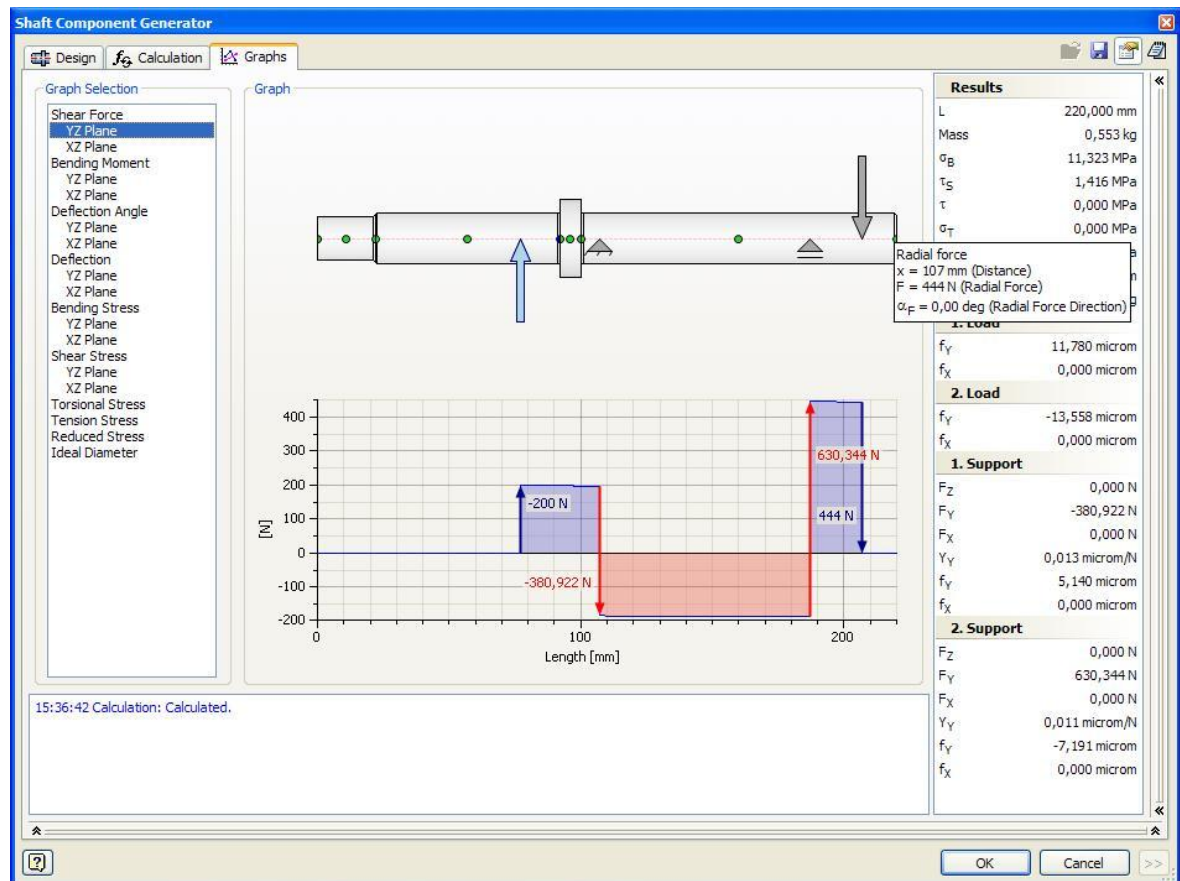
Obr. 58 Zadávání zatěžujících sil a výpočet reakcí

Program nám vypočítal tyto reakce:  $R_A = 630,344\text{N}$ ,  $R_B = 380,922\text{N}$

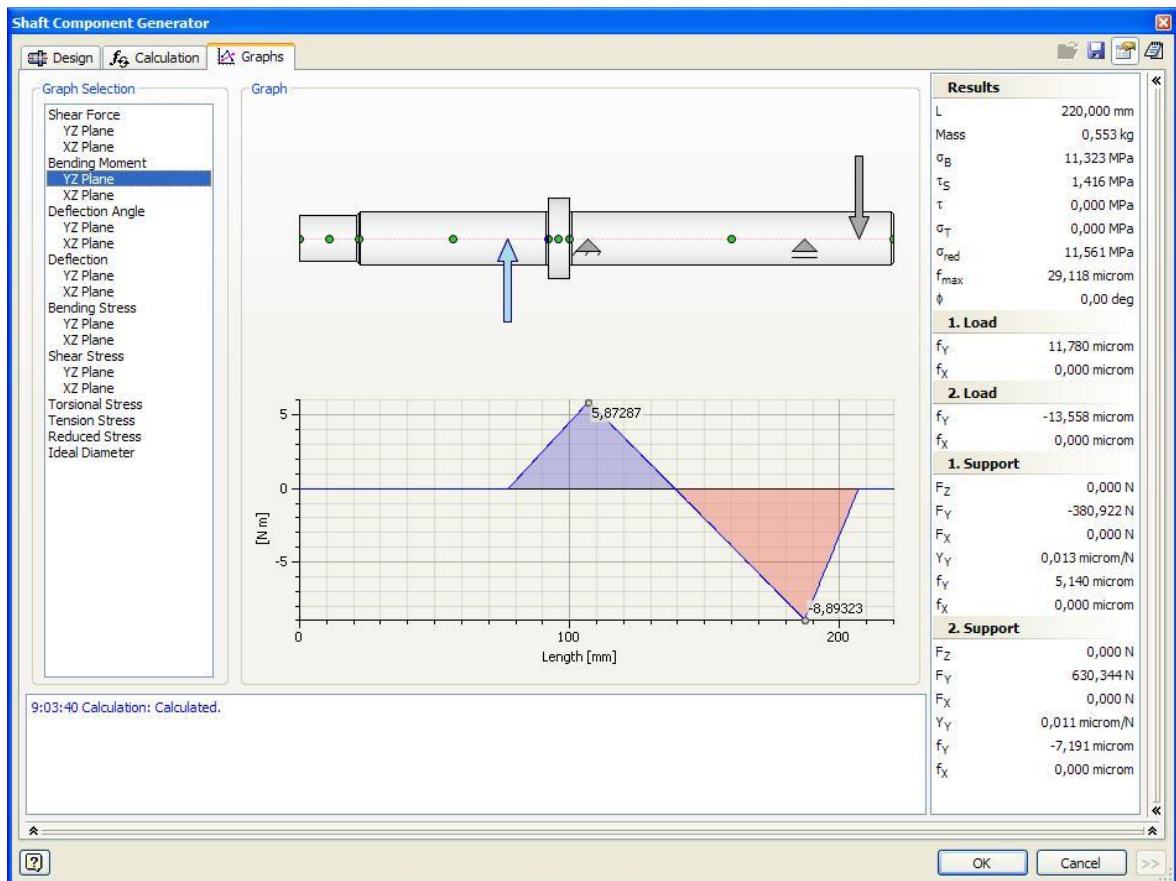
My jsme vypočítali tyto reakce:  $R_A = 630\text{N}$ ,  $R_B = 386\text{N}$

Při porovnání těchto hodnot mezi sebou jsme zjistili, že se o moc neliší. Tímto je možné si zjednodušit práci a nepočítat reakce zdlouhavými výpočty.

Další záložkou jsou **Grafy (Graphs)**. Zde si můžeme zobrazit posouvající síle, ohybové momenty a další grafy.



Obr. 59 Posouvající síly na hřídeli

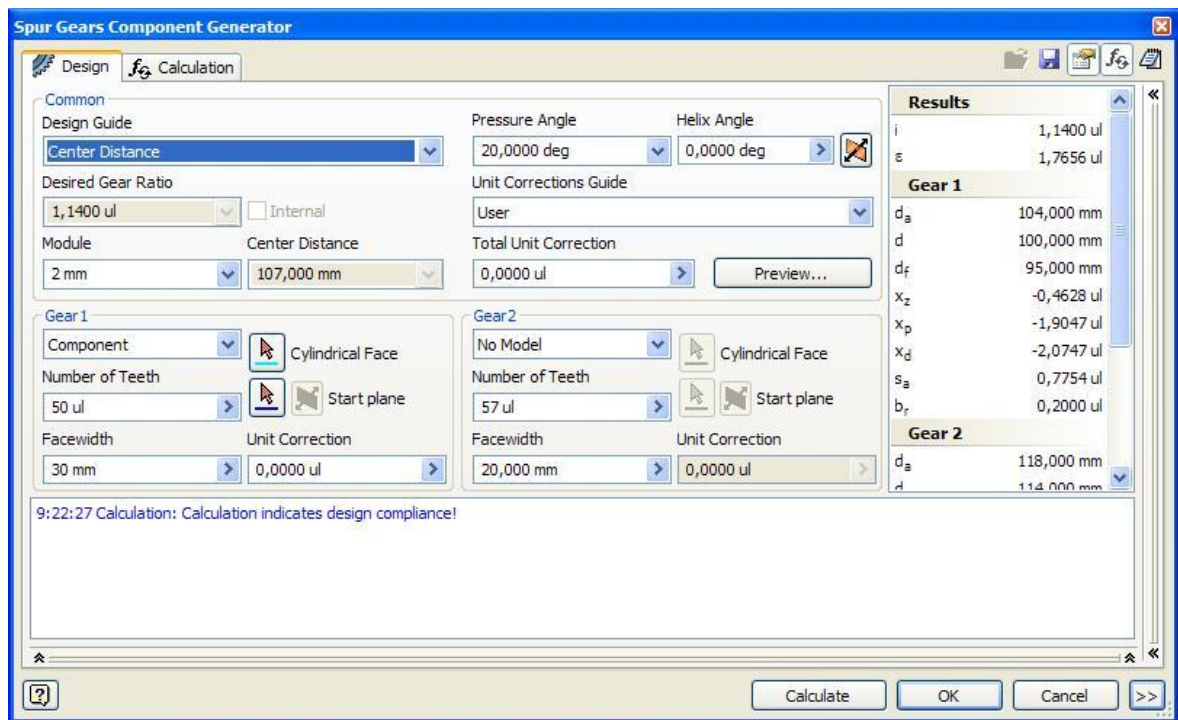


Obr. 60 Ohybový moment působící na hřídel

## 6.2 Generátor ozubených kol

Spustíme ho pomocí funkce *Ozubené kolo (Spur Gears)*. Pomocí této funkce si můžeme vygenerovat čelní soukolí s přímými nebo šikmými zuby, kuželové soukolí nebo šnekové soukolí.

Zde po zadání základních parametrů, nám program vypočítá další parametry a vygeneruje požadované kolo.



Obr. 61 Generátor ozubených kol



## 7 VYUŽITÍ PROGRAMU COSMOS/DESIGNSTAR

### 7.1 Úvod

Software Cosmos/DesignSTAR je program určený pro řešení mechanických analýz 3D těles, pracuje na bázi MKP = Metoda Konečných Prvků, přeloženo z názvu FEM = Finite Elements Method.

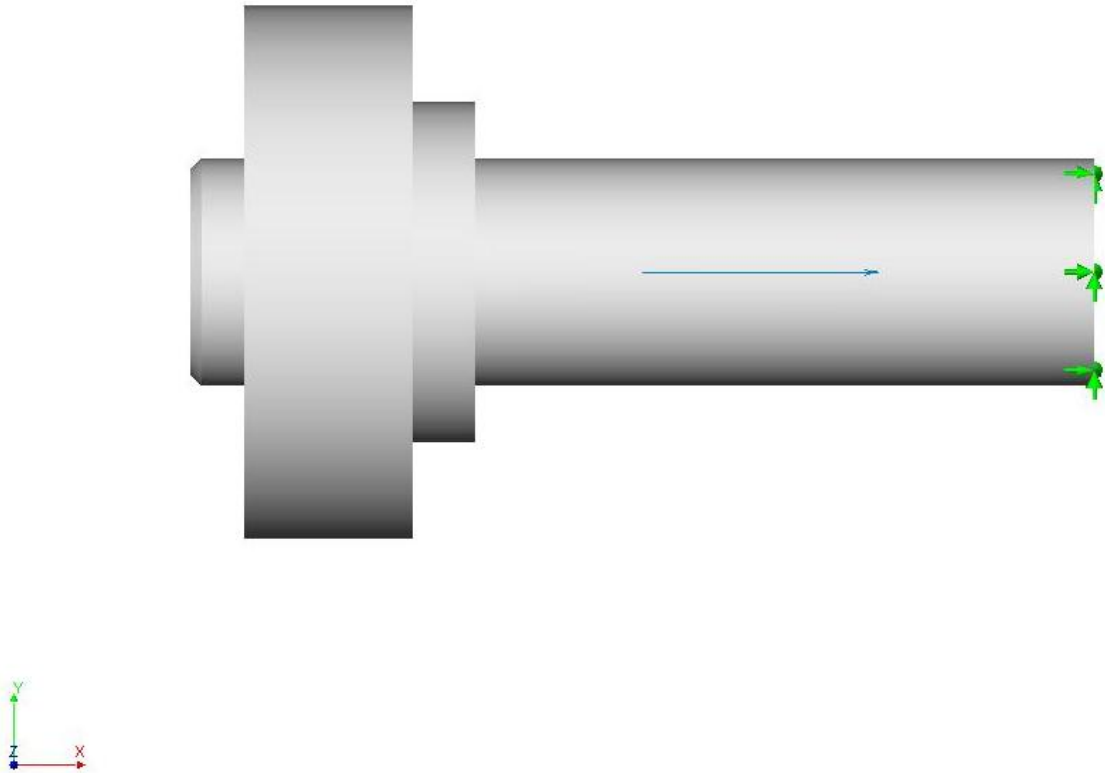
Tento program nemá vlastní modelář, tudíž je nutné budoucí analyzovanou součást navrhnut v některém z CAD softwarů( Catia, Inventor ), s jejichž koncovkami souborů je DesignSTAR plně kompatibilní.

Nejprve bylo nutné navrhnut součást v jednom z výše zmiňovaných softwarů. Zvolil jsem Autodesk Inventor 2009 a soubor uložil pod koncovkou step.

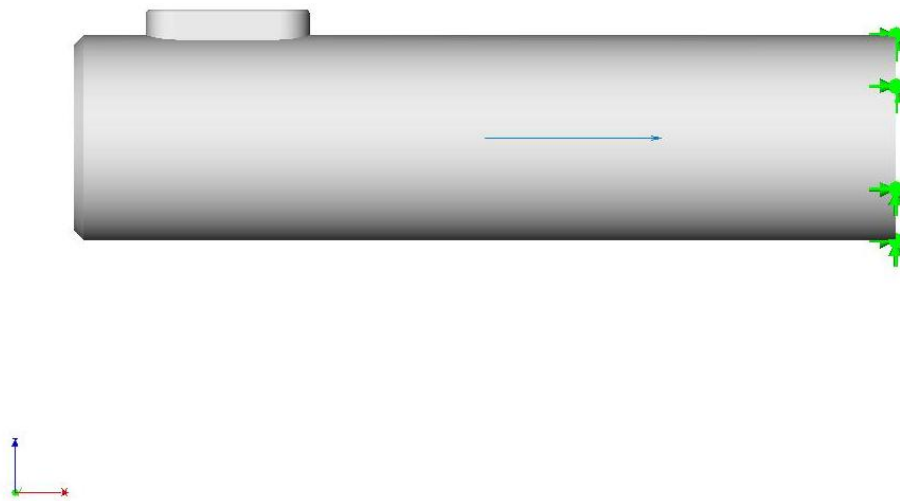
Následně došlo k otevření programu Cosmos/DesignSTAR, pro vložení vytvořeného 3D modelu sestavy bylo použito klasického otevření souboru a vložení součásti.

## 7.2 Analýza

Řešil jsem kontaktní úlohu, kde bylo namáháno pero v drážce na hřídeli od drážky na ozubeném kole. Zatížení sestavy bylo kroutícím momentem  $M_k = 10\,000\text{Nmm}$ , který působil po vnějším obvodu ozubeného kola. Sestava byla totálně vetknutá na konci hřídele.

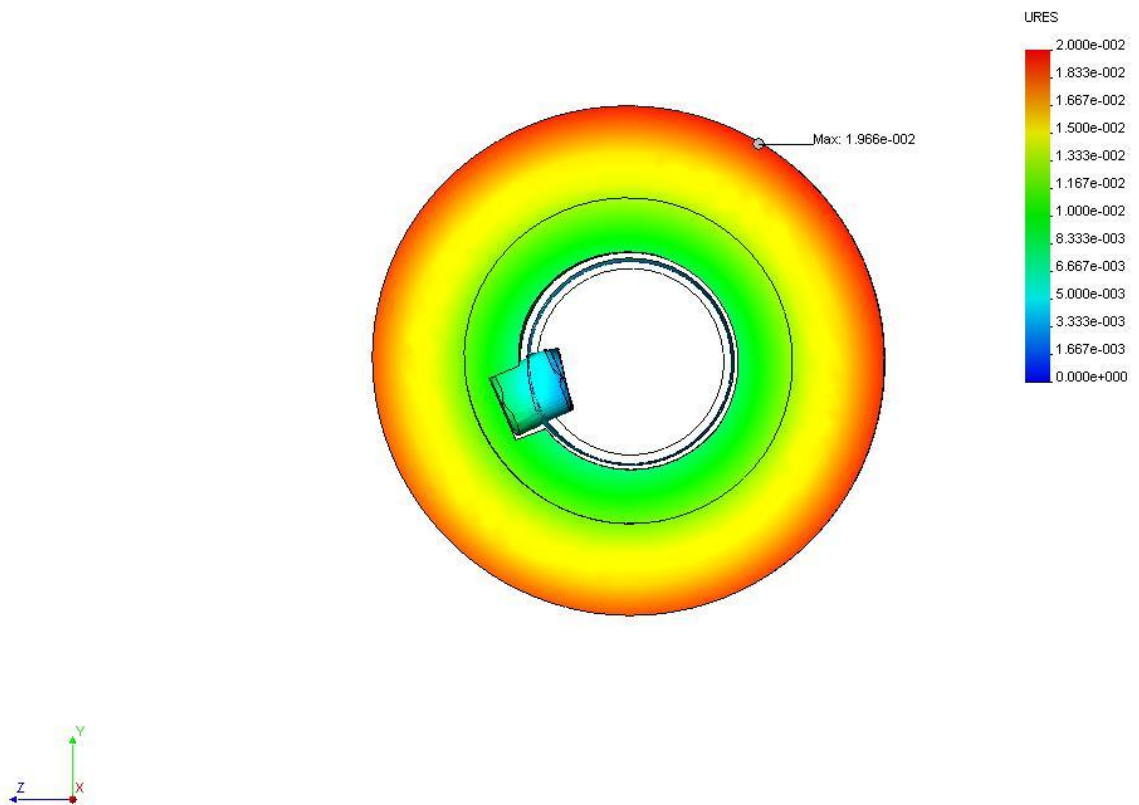


Obr. 62 Uchycení konce hřídele – pohled na analyzovanou sestavu



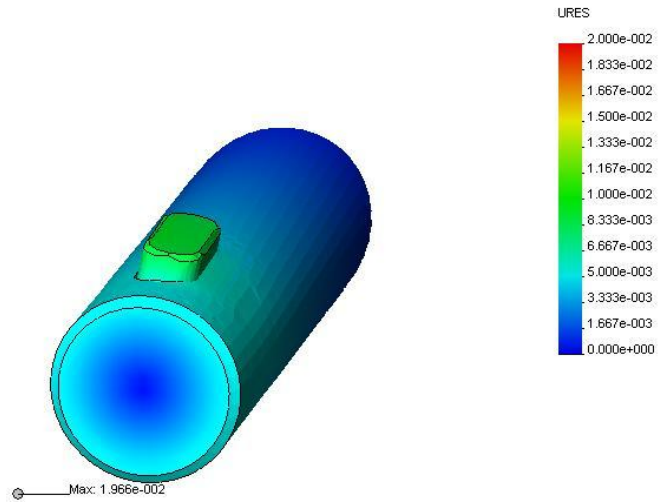
Obr. 63 Znáznornění volby vetknutí a pohled na referenční osu

geo3-1 :: Static Displacement  
Units : mm Deformation Scale 1 : 500



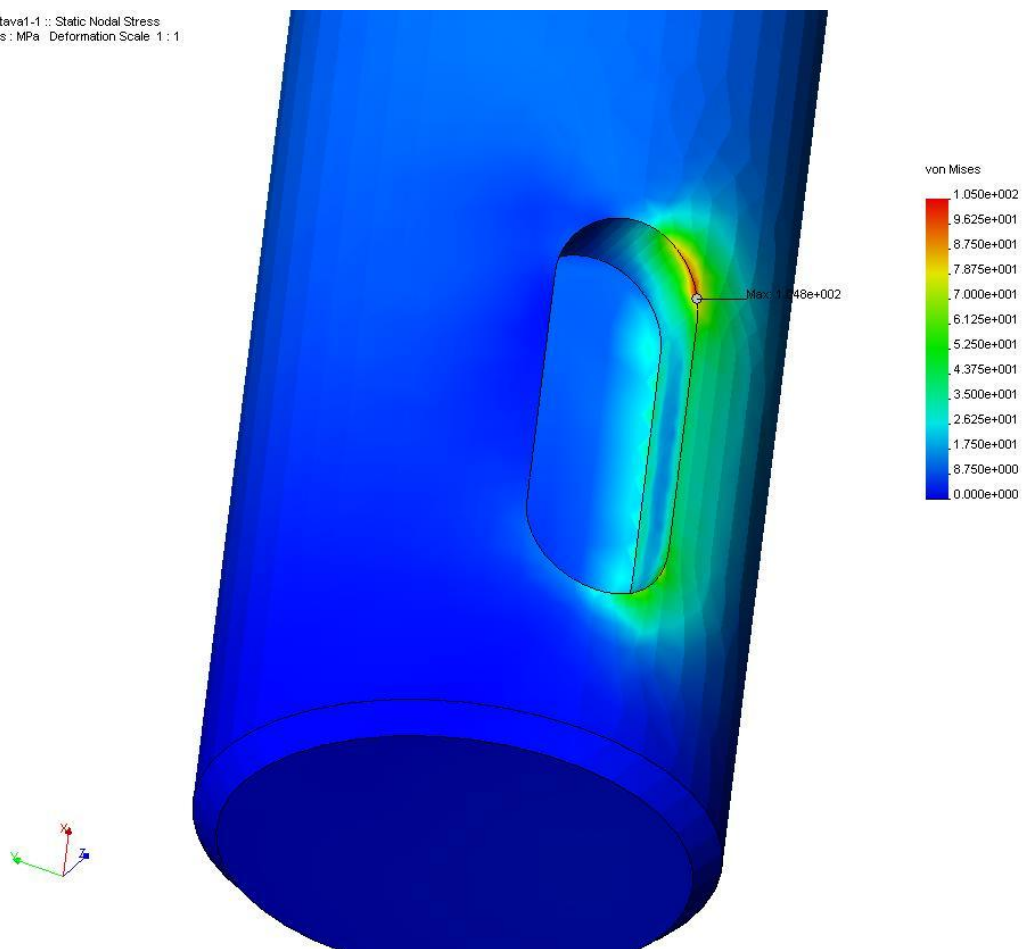
Obr. 64 Výsledek FEM analýzy – hodnoty posunutí v mm

geo3-1 :: Static Displacement  
 Units : mm Deformation Scale 1 : 500



Obr. 65 Výsledek FEM analýzy – deformace pera

sestava1-1 :: Static Nodal Stress  
 Units : MPa Deformation Scale 1 : 1



Obr. 66 Výsledek FEM analýzy – detail namáhání boku drážky

## ZÁVĚR

V teoretické části této práce bylo mým úkolem zpracovat rešerši na téma hřídelové spojky. Zaměřil jsem se na základní a nejvíce používanější spojky v praxi.

V druhé části práce jsem měl za úkol vypočítat a navrhnout všechny součásti pojistné třecí spojky.

Z vypočítaných výsledků jsem v programu Autodesk Inventor 2009 vytvořil 3D model celé sestavy této spojky. V tomto programu jsem se zaměřil více na zjednodušení modelování a výpočtů. Zde jsem uvedl i názorný příklad u výpočtu hřídele, kde se mé vypočítané výsledky téměř shodovali s výsledky, které jsem získal z tohoto konstrukčního programu.

Některé modely součástí jsem použil pro FEM analýzu v programu COSMOS/DesignSTAR. Díky tomuto programu jsem si ověřil vypočítané hodnoty jednotlivých součástí, zda vydrží zadané namáhání nebo ne.

Na závěr musím konstatovat, že používání výpočetní techniky v konstrukčních a výrobních etapách je v dnešní době nutností pokud chcete být konkurenceschopnými. Programy, které jsem tu prezentoval, přinášejí obrovské zrychlení, zefektivnění práce a tím se výrazně snižují náklady.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Ing. JOSEF, Bartoš, Ing. VÍTĚZSLAV, Novák, MIROSLAV, Šlégl. *Části strojov II, III*. Ing. Milica Janeková. 1. vyd. Bratislava : ALFA, 1972. 592 s. ISBN 63-381-72.
- [2] Inž. ANTONÍN, Mašek, ADOLF, Němec. *Spojky*. Inž. Miloslav Karumník. 1. vyd. Bratislava : SVTL, 1963. 228 s. ISBN 63-067-63.
- [3] Ing. RUDOLF, Kříž a KOL. *Stavba a provoz strojů I : části strojů*. Prof. Ing. Antonín Němec. 1. vyd. Praha : SNTL, 1977. 328 s. ISBN 04-231-77.
- [4] Doc. Ing. IMRICH, Lukovics, CSc., Ing. LIBUŠE, Sýkorová, Ing. FRANTIŠEK, Volek, CSc. *Části a mechanismy strojů*. 1. vyd. Zlín : VUT Brno, FT Zlín, 2000. 185 s. ISBN 80-214-1566-5.
- [5] Doc. Ing. LUDĚK, Jančík, CSc., dov. Ing. JIŘÍ, Zýma, CSc. *Části a mechanismy strojů*. 2. dopl. vyd. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2004. 201 s. ISBN 80-01-02891-7.
- [6] JAKUBEC, David. *Modernizace výuky předmětu " Základy konstruování a části strojů " využitím software Inventor, Catia, DesignSTAR*. Zlín, 2008. 144 s. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí bakalářské práce Ing. Libuše Sýkorová, Ph.D.
- [7] URBAN, Pavel. *Využití modelů v předmětu Základy konstruování a části strojů*. Zlín, 2006. 88 s. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí bakalářské práce Ing. Libuše Sýkorová, Ph.D.
- [8] Ing. FRANTIŠEK, Volek, CSc. *Základy konstruování a části strojů I*. 1. vyd. Zlín : UTB Zlín, FT Zlín, 2009. 168 s. ISBN 978-80-7318-654-8.
- [9] LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky : pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly : Albra, 2008. 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$\omega$	[rad/s]	Úhlová rychlost
$C$	[Nm/rad]	Torzni tuhost spojky
$b_K$	[mm]	Šířka ozubeného kola
$m$	[-]	Modul ozubení
$z$	[-]	Počet zubů ozubeného kola
$d$	[mm]	Průměr hřídele
$M_K$	[Nmm]	Kroutící moment
$D_r$	[mm]	Roztečná kružnice
$D_a$	[mm]	Hlavová kružnice
$D_f$	[mm]	Patná kružnice
$t$	[mm]	Rozteč zubů
$s$	[mm]	Tloušťka zubu
$h_a$	[mm]	Výška hlavy zubu
$h_f$	[mm]	Výška paty zubu
$h$	[mm]	Výška zubu
$F_{OZ}$	[N]	Síla v ozubení
$f$	[-]	Třecí koeficient
$R$	[mm]	Poloměr třecí plochy
$F_Z$	[N]	Přítlačná síla
$F_{PB}$	[N]	Bezpečná síla v pružině
$M_{KP}$	[Nmm]	Kroutící moment pružiny
$\tau_K$	[MPa]	Napětí v krutu
$W_K$	[mm <sup>3</sup> ]	Modul průřezu v krutu
$\tau_{DK}$	[MPa]	Dovolené napětí v krutu

$d_p$	[mm]	Průměr drátu kružnice
$F_p$	[N]	Skutečná síla v pružině
$D_p$	[mm]	Střední průměr pružiny
$n$	[-]	Počet činných závitů pružiny
$n_z$	[-]	Počet závěrných závitů pružiny
$z$	[-]	Počet závitů pružiny
$l_D$	[mm]	Délka pružiny v dosednutém stavu
$y$	[mm]	Stlačení pružiny
$G$	[MPa]	Modul pružnosti ve smyku
$l_0$	[mm]	Délka pružiny ve volném stavu
$\sigma_{PT}$	[MPa]	Dovolené napětí v tahu
$k$	[-]	Tuhost pružiny
$p$	[MPa]	Tlak
$p_{DOV}$	[MPa]	Dovolený tlak
$M_T$	[Nmm]	Třecí moment
$F_S$	[N]	Síla působící na pero
$\tau_{DS}$	[MPa]	Dovolené napětí ve stříhu
$\tau_S$	[MPa]	Napětí ve stříhu
$b$	[mm]	Šířka pera
$l$	[mm]	Délka pera
$t_1$	[mm]	Výška drážky pro pero v náboji
$\beta\tau$	[-]	Vrubový součinitel pro krut
$\tau_{CO}$	[MPa]	Napětí v krutu při cyklickém namáhání
$\chi\tau$	[-]	Součinitel velikosti pro krut
$L$	[mil.ot]	Trvanlivost ložiska



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1. Trubková spojka [2]</i> .....	14
<i>Obr. 2. Trubková spojka s příčnými kolíky [7]</i> .....	15
<i>Obr. 3. Dvojdílná svěrná trubková spojka [2]</i> .....	15
<i>Obr. 4. Trubková spojka se dvěma klíny [6]</i> .....	16
<i>Obr. 5. Trubková spojka s drážkováním [4]</i> .....	16
<i>Obr. 6. Korýtková spojka</i> .....	17
<i>Obr. 7. Přírubové spojky [7]</i> .....	17
<i>Obr. 8. Kotoučová spojka [7]</i> .....	18
<i>Obr. 9. Hirthova spojka [2]</i> .....	19
<i>Obr. 10. Válečková spojka [2]</i> .....	19
<i>Obr. 11. Axiální trubková spojka [7]</i> .....	20
<i>Obr. 12. Axiální spojka ozubcová [3]</i> .....	20
<i>Obr. 13. Radiální spojka s křížovým kotoučem [7]</i> .....	21
<i>Obr. 14. Zubová spojka [5]</i> .....	21
<i>Obr. 15. Membránové spojky [5]</i> .....	22
<i>Obr. 16. Řetězové spojky [2]</i> .....	22
<i>Obr. 17. Kloubová spojka [7]</i> .....	23
<i>Obr. 18. Charakteristika pružných spojek [5]</i> .....	24
<i>Obr. 19. Lineární charakteristika pružné spojky [5]</i> .....	24
<i>Obr. 20. Nelineární charakteristika pružné spojky [5]</i> .....	24
<i>Obr. 21. Spojka s pryžovými pouzdry [2]</i> .....	25
<i>Obr. 22. Spojka s pryžovými hranoly - namáhaná na tlak [2]</i> .....	26
<i>Obr. 23. Spojka s pryžovými hranoly - namáhaná na ohyb [2]</i> .....	26
<i>Obr. 24. Spojka obručová (Periflex)</i> .....	27
<i>Obr. 25. Spojka s pružným kotoučem [5]</i> .....	27
<i>Obr. 26. Pružná spojka s navulkanizovanou částí [2]</i> .....	28
<i>Obr. 27. Spojka s koženými hranoly [2]</i> .....	28
<i>Obr. 28. Spojka kožená čepová [2]</i> .....	29
<i>Obr. 29. Pružná jehlová spojka</i> .....	30
<i>Obr. 30. Pružné spojky s listovými pružinami [5]</i> .....	30
<i>Obr. 31. Pružná spojka s ocelovými pouzdrovými pružinami [2]</i> .....	31

<i>Obr. 32. Pružná spojka s válcovými pružinami [2]</i> .....	31
<i>Obr. 33. Spojka se šroubovými pružinami [2]</i> .....	32
<i>Obr. 34. Pružná spojka s vinutou pružinou [7]</i> .....	32
<i>Obr. 35. Hydraulické ovládání spojky [6]</i> .....	34
<i>Obr. 36. Pneumatické ovládání spojek [6]</i> .....	35
<i>Obr. 37. Výsuvná zubová spojka s čelním ozubením [5]</i> .....	36
<i>Obr. 38. Výsuvná zubová spojka s válcovým ozubením [5]</i> .....	36
<i>Obr. 39. Kotoučová třecí spojka [6]</i> .....	37
<i>Obr. 40. Lamelová třecí spojka [5]</i> .....	38
<i>Obr. 41. Kuželová třecí spojka [2]</i> .....	38
<i>Obr. 42. Spojka s rozrušitelnými prvky [5]</i> .....	39
<i>Obr. 43. Pojistná kuličková spojka – radiální [6]</i> .....	40
<i>Obr. 44. Pojistná kuličková spojka – axiální [6]</i> .....	40
<i>Obr. 45. Pojistná spojka vysmekávací [5]</i> .....	40
<i>Obr. 46. Pojistná spojka proklouzavací [5]</i> .....	41
<i>Obr. 47. Spojka Centri [5]</i> .....	42
<i>Obr. 48. Spojka s vlečenými třecími segmenty [5]</i> .....	42
<i>Obr. 49. Spojka s třecím prstencem [5]</i> .....	43
<i>Obr. 50. Spojka s vlečenými výkyvnými třecími segmenty [5]</i> .....	43
<i>Obr. 51. Volnoběžné axiální spojky [5]</i> .....	44
<i>Obr. 52. Volnoběžné radiální spojky [5]</i> .....	45
<i>Obr. 53 Model sestavy spojky</i> .....	48
<i>Obr. 54 Znárodnění sil působících na hřídel</i> .....	55
<i>Obr. 55 Přepnutí do Design Accelerator</i> .....	58
<i>Obr. 56 Výběr funkcí v Design Accelerator</i> .....	59
<i>Obr. 57 Generátor hřídelů v modulu Design Accelerator</i> .....	60
<i>Obr. 58 Zadávání zatěžujících sil a výpočet reakcí</i> .....	61
<i>Obr. 59 Posouvající síly na hřídeli</i> .....	62
<i>Obr. 60 Ohybový moment působící na hřídel</i> .....	63
<i>Obr. 61 Generátor ozubených kol</i> .....	64
<i>Obr. 62 Uchycení konce hřídele – pohled na analyzovanou sestavu</i> .....	66
<i>Obr. 63 Znárodnění volby vetknutí a pohled na referenční osu</i> .....	67
<i>Obr. 64 Výsledek FEM analýzy – hodnoty posunutí v mm</i> .....	67

---

*Obr. 65 Výsledek FEM analýzy – deformace pera..... 68*  
*Obr. 66 Výsledek FEM analýzy – detail namáhání boku drážky ..... 68*

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P 1: Výrobní výkres – kusovník

Příloha P 2: Výrobní výkres – sestava spojky

Příloha P 3: Výrobní výkres – hřídel

Příloha P 4: Výrobní výkres – náboj

Příloha P 5: Výrobní výkres – ozubené kolo 1

Příloha P 6: Výrobní výkres – ozubené kolo 2

Příloha P 7: Výrobní výkres – třecí kolo

Příloha P 8: Výrobní výkres – podložka

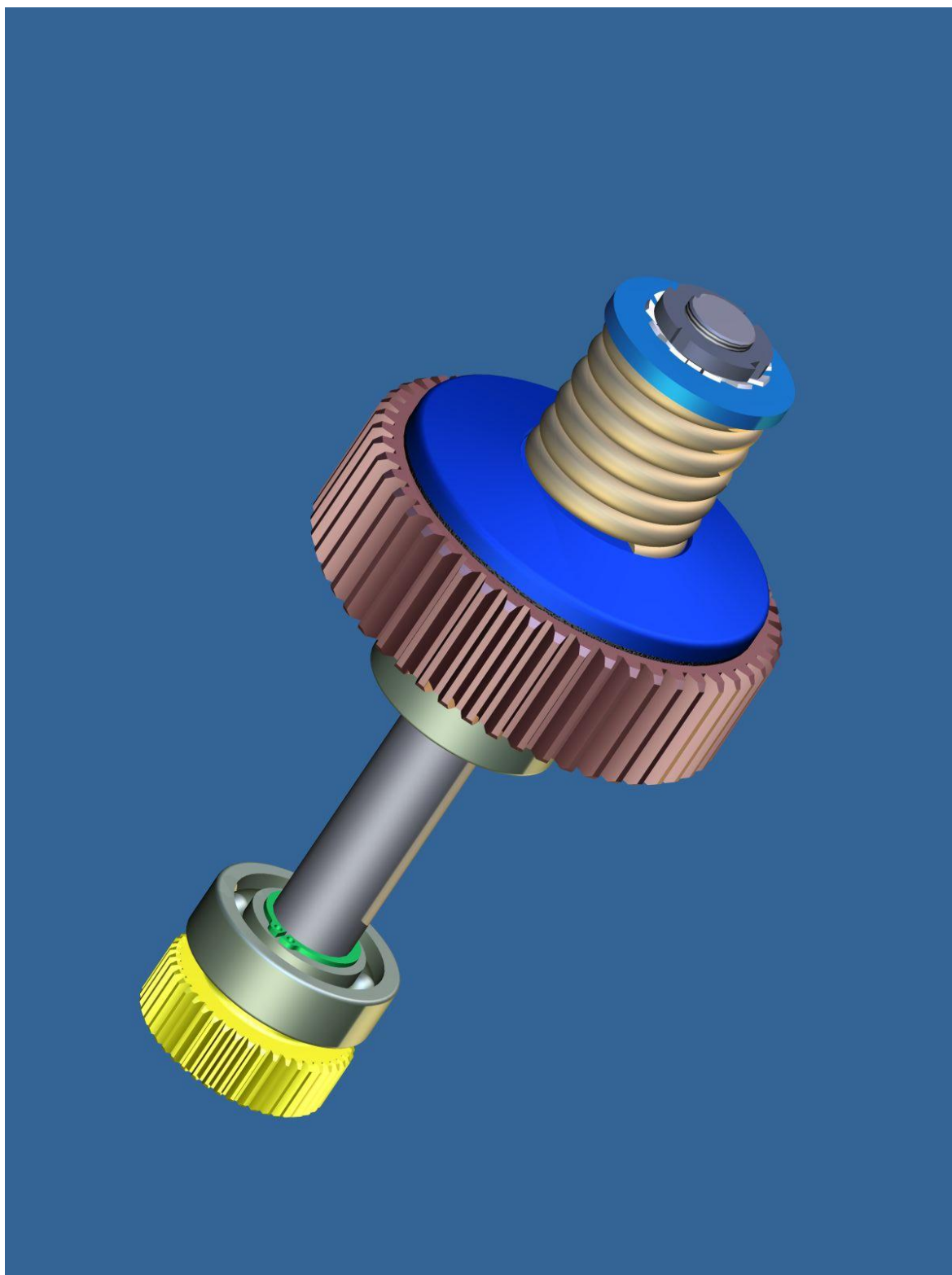
Příloha P 9: Model sestavy spojky

Příloha P 10: Řez sestavy spojky č. 1

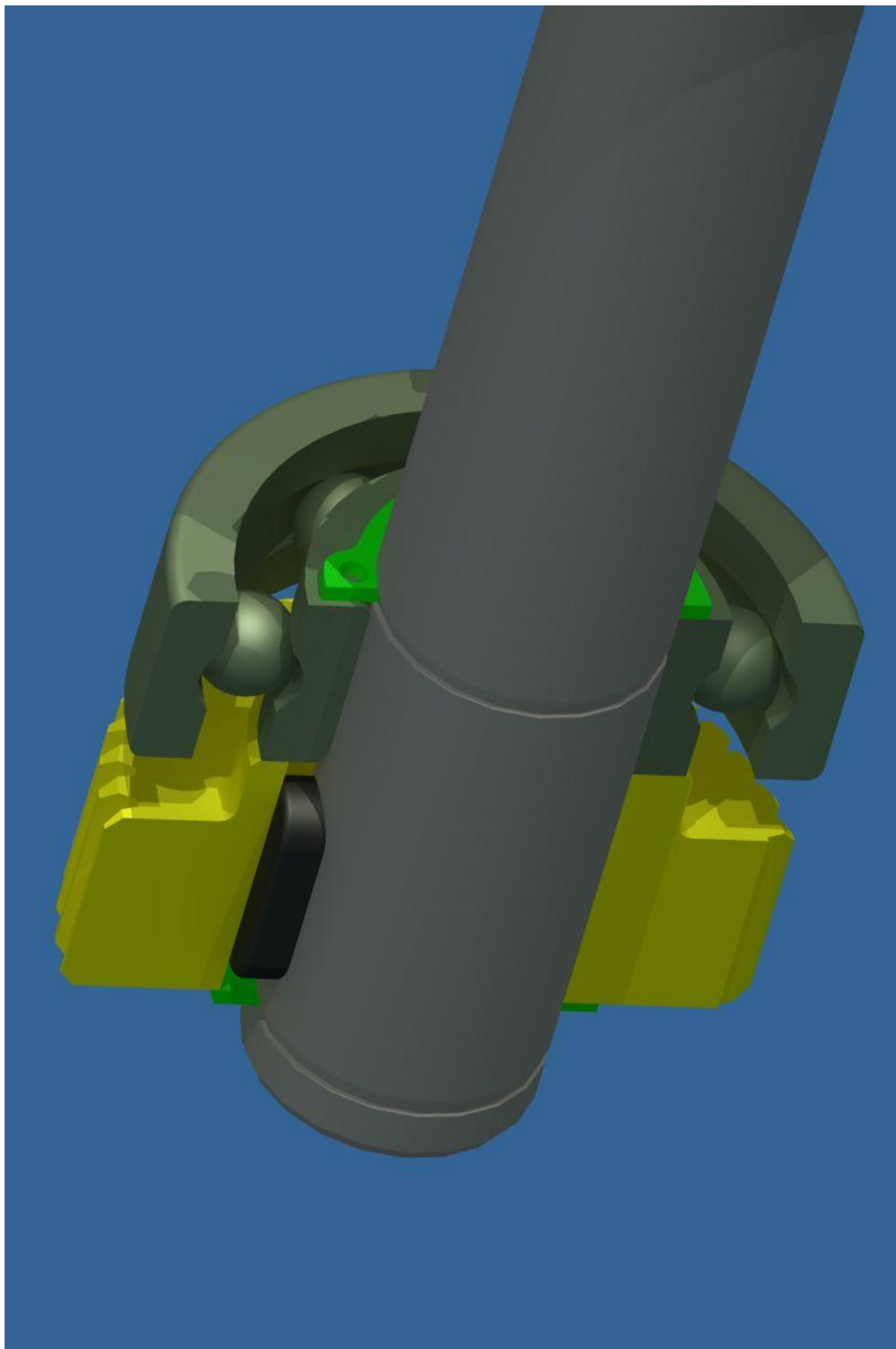
Příloha P 11: Řez sestavy spojky č. 2

Příloha P 12: Řez sestavy spojky č. 3

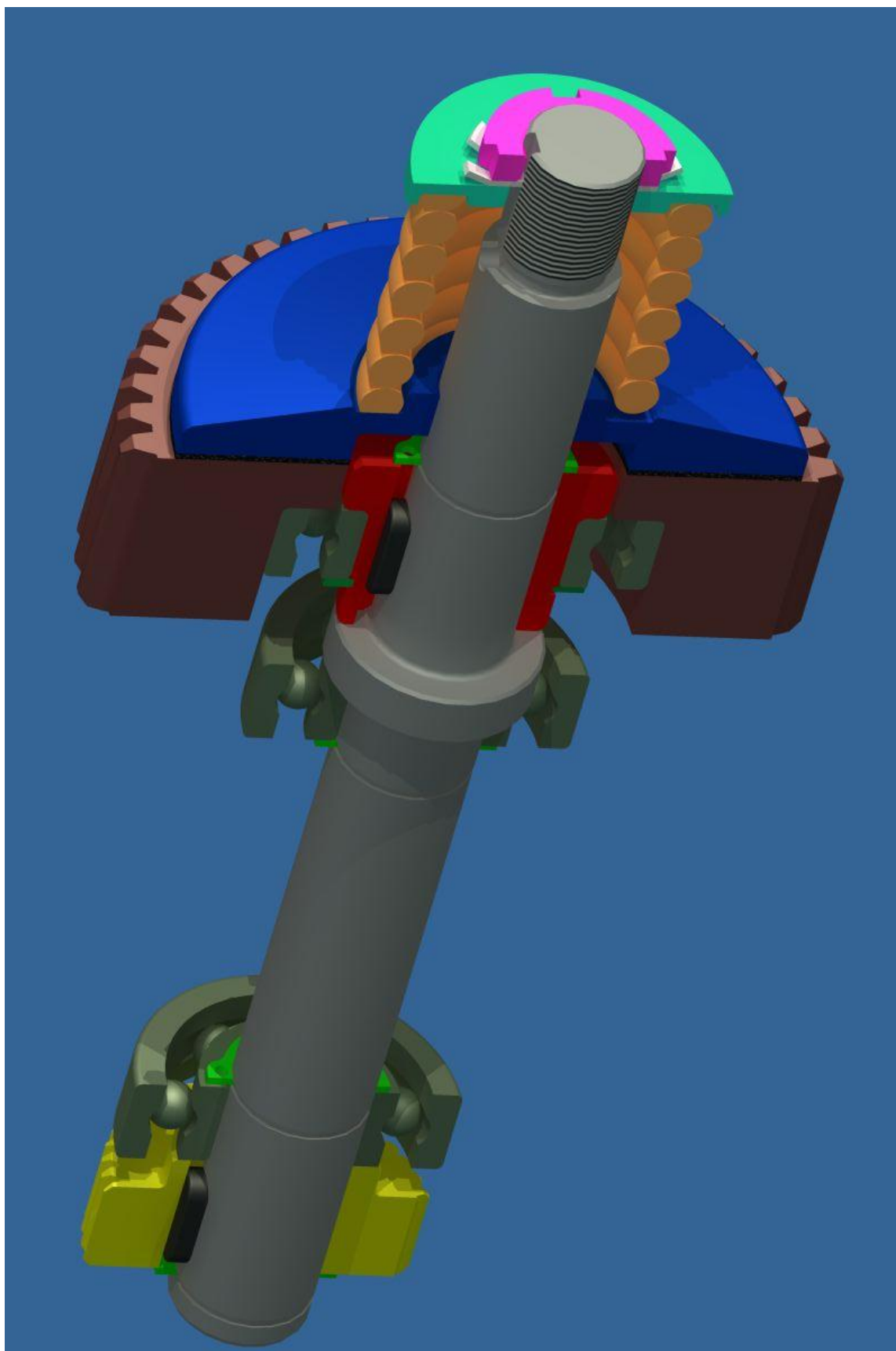
## PŘÍLOHA P 9: MODEL SESTAVY SPOJKY



**PŘÍLOHA P 10: ŘEZ SESTAVY SPOJKY Č. 1**



**PŘÍLOHA P 11: ŘEZ SESTAVY SPOJKY Č. 2**



**PŘÍLOHA P 12: ŘEZ SESTAVY SPOJKY Č. 3**

