

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Stavba výrobních strojů a zařízení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Frézovací zařízení pro velká vyložení nástrojů

-

příslušenství vyvrtávacích a frézovacích strojů

Autor: **Lenka KARLOVÁ**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jaroslav KRÁTKÝ, Ph.D.**

Akademický rok 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lenka KARLOVÁ**
Osobní číslo: **S09B0129K**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení**
Název tématu: **Frézovací zařízení pro velká vyložení nástrojů - příslušenství
vyvrtávacích a frézovacích strojů**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Proveďte rešerši v dané oblasti. Zpracujte tematiku z hledisek principů, srovnání jednotlivých koncepcí, konstrukčních provedení, užitných vlastností a aplikací.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování konstrukčního návrhu včetně systémové specifikace a variant koncepčních návrhů, výběr optimálního řešení
2. Zajištění klíčových vlastností konstrukčního návrhu s potřebnými technickými výpočty a hodnocením
3. Vypracování potřebné technické dokumentace a technologického postupu
4. Komplexní hodnocení navrženého řešení



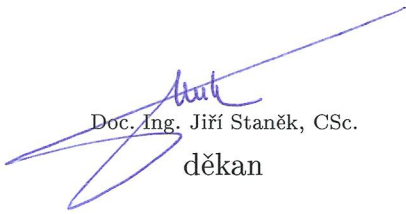
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

KUBÍČEK, J., STANĚK, J. Základy stavby výrobních strojů. ZČU Plzeň: ZČU Plzeň, 2001

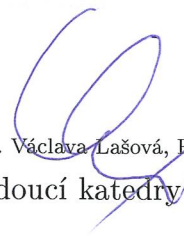
Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Jaroslav Krátký, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Jaroslav Krátký, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **19. září 2011**
Termín odevzdání bakalářské práce: **25. května 2012**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 19. září 2011

PODĚKOVÁNÍ

Chci tímto poděkovat všem pedagogům, se kterými jsem se při bakalářském studiu setkala, za zprostředkování informací z různých odvětví strojírenství, za upozornění na souvislosti a podporu při získávání znalostí a dovedností.

Můj největší dík patří vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Jaroslavu Krátkému, Ph.D. za podněty, pomoc, podporu a trpělivost, které se mě mírou vrchovatou dostalo.

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou/diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské/diplomové práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Obsah

1. Úvod.....	2
2. Základní funkční části obráběcího pracoviště.....	3
2.1. Pohon	3
2.2. Posuvy.....	3
2.3. Rám frézovacího zařízení.....	4
2.4. Vedení	5
3. Příslušenství horizontkového pracoviště (pracoviště vodorovné vyvrtávačky)	5
4. Frézovací zařízení.....	6
5. Návrh a konstrukce.....	9
5.1. Obecné zákonitosti.....	9
5.1.1. Rozbor zatížení.....	9
5.1.2. Pohyby při obrábění	9
5.1.3. Řezné síly při frézování.....	11
5.1.4. Řezné síly při broušení.....	12
5.2. Výpočtový model rámu.....	13
5.2.1. Vřeteno	15
5.2.2. Ložiska	18
5.2.2.1. Dimenzování podle zatěžovacích stavů	19
5.2.3. Příruba	19
5.2.3.1. Zajištění, aby nedošlo k odlehnutí.....	20
5.2.3.2. Předepnutí a diagram.....	21
5.3. Převody	23
6. Návrh pohonu frézovacího zařízení.....	27
6.1. Návrh a kontrolní výpočet kuželového soukolí.....	28
6.2. Návrh ložisek.....	30
6.3. Návrh jednotlivých souhmotí	30
7. Závěr.....	37
8. Zdroje informací	38

1. Úvod

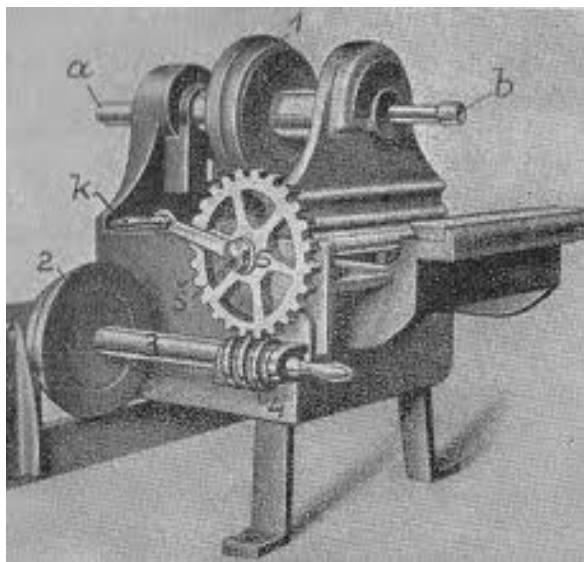
Výrobní stroje jsou zařízení, která zpracovávají výchozí materiál nebo polotovary. Dávají mu potřebný tvar, rozměr a jakost povrchu. Podle použité technologie dělíme výrobní stroje na stroje licí, tvářecí, obráběcí, svařecí, sklářské, textilní a potravinářské. Obráběcí stroje fungují na základě technologického procesu obrábění, při kterém se materiál odebrává mechanicky, elektricky, chemicky nebo kombinací těchto způsobů. Mechanický způsob obrábění je odebrání řezáním. Pomocí břitu řezného nástroje vzniká tříska. Zpracovávaným polotovarem může být odlitek, výlisek nebo svařenec. Třídění obráběcích strojů se provádí podle toho, co provádí hlavní řezný pohyb.

Hlavní řezný pohyb

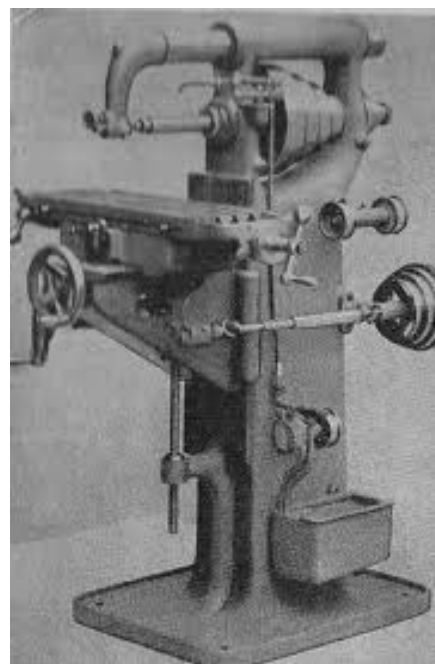
- vykonává nástroj (frézky, vyvrtávačky, vrtačky, brusky, obrážky)
- vykonává obrobek (soustruhy, hoblovky)

Tématem této práce jsou Frézovací zařízení pro velká vyložení nástrojů – příslušenství vyvrtávacích a frézovacích strojů. U frézovacích zařízení hlavní řezný pohyb vykonává nástroj. Tomuto nástroji se říká fréza.

Výroba obráběcích strojů má u nás dlouhou tradici, která začíná ještě před první světovou válkou. (závody J. VOLMAN - dnes TOS Čelákovice, WAVERKA v Lipníku na Moravě – dnes STROJTOS Lipník, HOPFENGARTNER v Holoubkově - dnes Kovosvit, od roku 1911 Škodovy závody v Plzni).



Obr. 1 Frézovací zařízení z roku 1818



Obr. 2 Frézka z roku 1900

Podle konstrukčního provedení dělíme frézky na

- Konzolové – vodorovné, svislé, univerzální
- Stolové – vodorovné, svislé
- Rovinné – svislé, portálové
- Speciální – kopírovací, nástrojařské, na závity, na ozubení

2. Základní funkční části obráběcího pracoviště

Základními funkčními částmi jsou:

Pohon – mechanismus sloužící k vyvození hlavního řezného pohonu

Posuvy – mechanismus sloužící k vyvození vedlejších pohybů

Rám – slouží k přenesení silových účinků do základu stroje. Musí zaručit přesnost výroby, dostatečnou tuhost a dynamickou stabilitu

Pohyblivá spojení (vedení) - umožňují relativní pohyb částí rámu

Technologické příslušenství – rozšiřuje technologické možnosti obráběcích pracovišť

2.1. Pohon

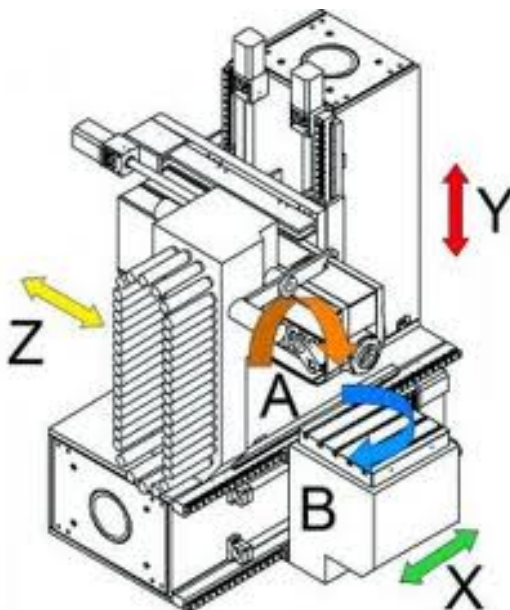
Pohon je převodový mechanismus sloužící k vyvození hlavního řezného pohybu od spojení koncové části s vrtacím vřetenem. Finálním výstupním členem pohonu je vřeteno frézovacího zařízení. Vřeteno duté se používá pro frézování, plné vřeteno pro vrtání.

Díly ústrojí sloužící k pohonu

- Ozubená kola, hřídele a jejich spojení
- Ložiska
- Spojky
- Přesouvací a ovládací mechanismy

2.2. Posuvy

Posuvy slouží k vyvození vedlejších obráběcích pohybů ve třech osách (u moderních, ale drahých, obráběcích center v pěti osách) Posuvy se uskutečňují pinolou nebo vřeteníkem (na obrázku označeno osou Z), po stojanu (zde osa Y), stojanem po loži anebo posunem stolu (osa X)



Obr. 3 Možnosti posuvů

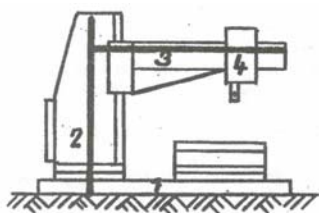
2.3. Rám frézovacího zařízení

Funkcí rámu je odvedení reakcí od nástroje do základu stroje. Na rámu rozlišujeme části

- Lože
- Spodek stojanu - stojan + rameno (otevřený rám)
 - portál (uzavřený rám)
- Vřeteník
 - Pinola
 - Smykadlo
- Pohon – mechanismus pro vyvození hlavního řezného pohybu
- Posuv – mechanismus pro vyvození vedlejšího řezného pohybu

Otevřený rám se skládá z částí:

1. základní deska, lože
2. stojan, sloup
3. rameno
4. vřeteník



Obr. 4 Příklad použití otevřeného rámu

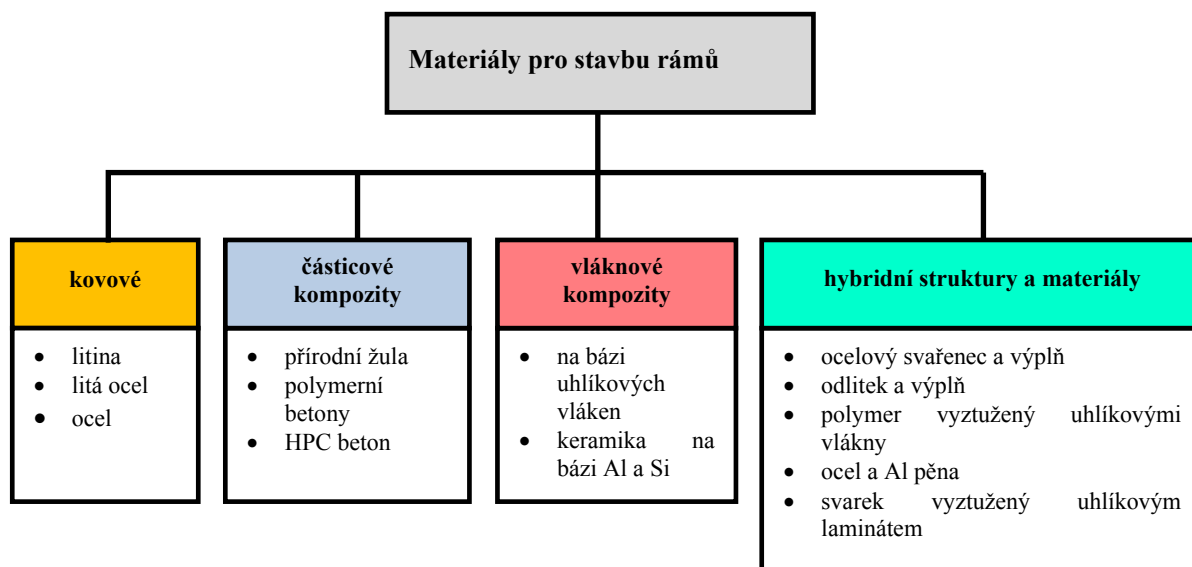
Uzavřený rám má tyto části:

1. lože
2. stojany
3. příčník (vřeteník, suport)
4. horní příčka



Obr. 5 Příklad uzavřeného rámu

Rámy se vyrábějí nejčastěji z litiny. Rámy z přírodní žuly splňují požadavky na dynamickou stabilitu a tuhost, ale k zajištění těchto vlastností je nutné počítat s velkým objemem. Menšího objemu by se dalo dosáhnout použitím z vláknových kompozitů. Vlastnosti takových výrobků se zatím prověřují. Vývoj jde také směrem hybridních struktur, např. ocelovým dílům vyplněným hliníkovou pěnou.



Obr. 6 Typy materiálů vhodné pro ráky obráběcích strojů

2.4. Vedení

Podle druhu tření

- Kluzná (součinitel tření f řádově 0,1)
- Valivá (součinitel tření f řádově 0,01)
- Hydrostatická (součinitel tření f řádově 0,001)

Podle tvaru dráhy vedení

- Přímočará vedení
- Kruhová vedení



Obr. 7 Přímočaré vedení kluzné - rybinové

3. Příslušenství horizontkového pracoviště (pracoviště vodorovné vyvrtávačky)

Technologické příslušenství rozšiřuje možnosti horizontkového pracoviště. Používají se

- **Hlavy**
 - Frézovací hlavy
 - Vyvrtávací hlavy
 - Broušící zařízení (nutno zajistit vyšší rychlosti otáčení)
 - Vrtací hlavy

- **Stůl**

Slouží k upnutí obrobku pomocí upínek nebo speciálních přípravků

- Podélný
- Křížový
- Otočný



Obr. 8 Ukázka otočného (vlevo) a křížového stolu

- **Opěra**

- **Dělicí přístroje**

Slouží k dělení kruhu na libovolný počet dílů. Mohou být s vertikální nebo horizontální osou otáčení

4. Frézovací zařízení

Funkční části frézovacího zařízení

Pohon – mechanismus sloužící k vyvození hlavního řezného pohonu

Posuvy – mechanismus sloužící k vyvození vedlejších pohybů

Rám – slouží k přenesení silových účinků do základu stroje. Musí zaručit přesnost výroby, dostatečnou tuhost a dynamickou stabilitu

Pohyblivá spojení (vedení) - umožňují relativní pohyb částí rámu

Frézovací a vyvrtávací hlavy mohou být z hlediska úhlu mezi osou pohonu hlavního řezného pohybu a osou nástroje

- Přímé
- Kolmé

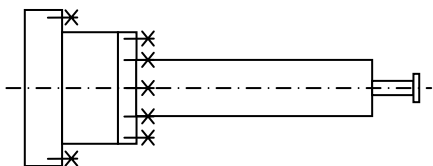


schéma frézovací hlavy **přímé**

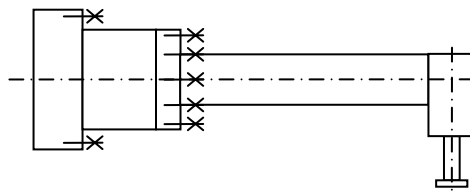


schéma frézovací hlavy **kolmé**



Obr. 9 Příklad frézovací hlavy přímé



Obr. 10 Příklad frézovací hlavy kolmé

Schéma vyvrtávacího příslušenství

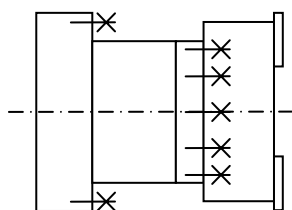


schéma vyvrtávací hlavy **přímé**

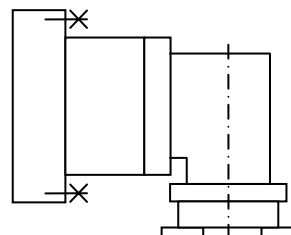


schéma vyvrtávací hlavy **kolmé**



Obr. 11 Příklad vyvrtávací hlavy přímé

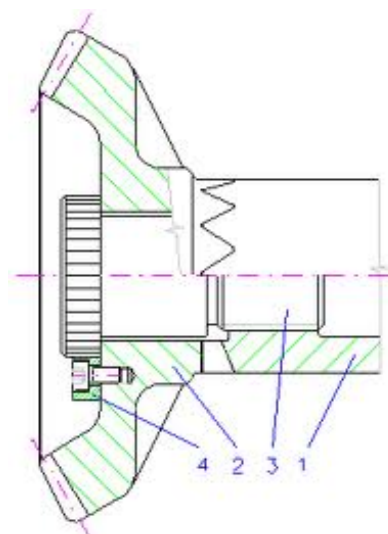


Obr. 12 Příklad vyvrtávací hlavy kolmé

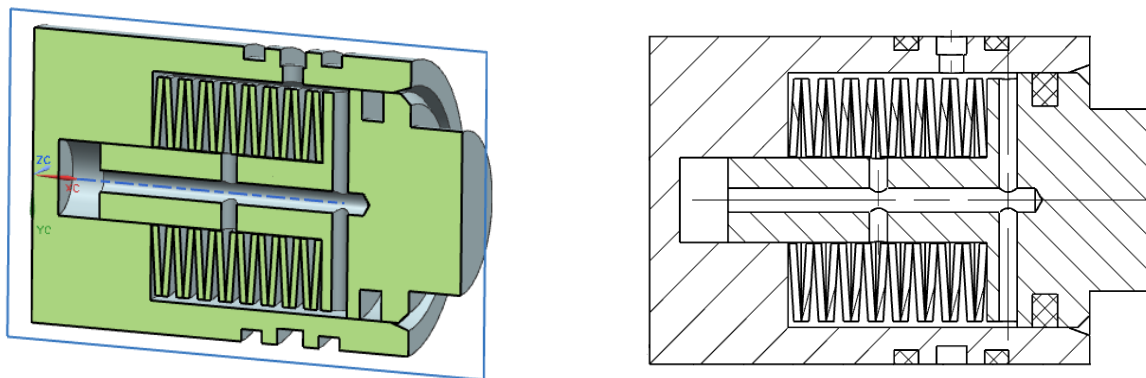
Z hlediska možnosti změny nastavení úhlu

- Ručně přestavitelné
- Nastavitelné s aretací (Hirthova spojka)
- Plynule nastavitelné (CNC program)

Na obrázku jsou označeny jako pozice 1, 2 přenastavitelné části Hirthovy spojky, 3 je šroub pro vystředění a dotažení dílů 1 a 2, pozice 4 slouží k aretaci dotahovacího šroubu)

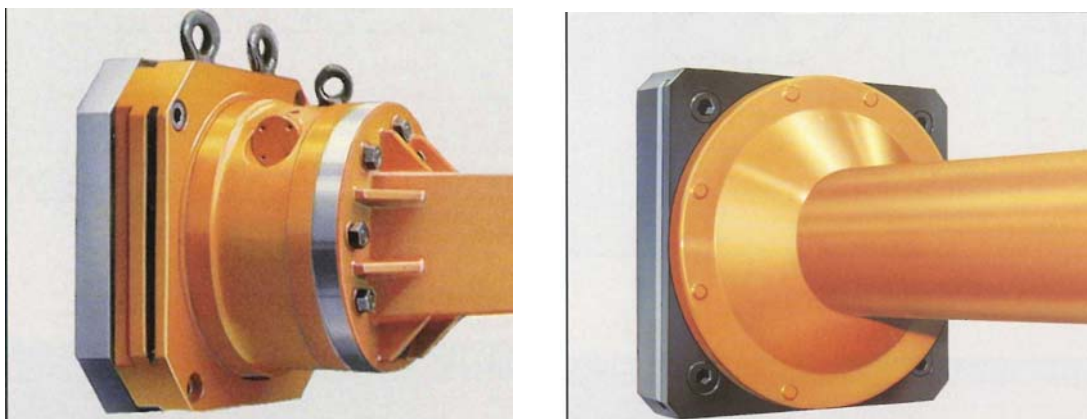


Obr. 13 Hirthova spojka



Obr. 14 Řez hydromotorem, používaným k aretaci polohy spojky (příslušenství ŠMT)

Mezi vlastním příslušenstvím a pinolou se nachází příruba. Příruba slouží k upevnění příslušenství na pinolu.

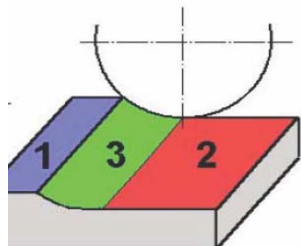


Obr. 15 Příklady upevnění příslušenství na přírubu

5. Návrh a konstrukce

5.1. Obecné zákonitosti

Frézovací zařízení zpracovává materiál do požadovaného tvaru, rozměru a kvality povrchu pomocí odebrání třísky. Zpracovávaným polotovarem může být odlitek, výlisek nebo svařenec.



Obr. 16 Rozlišení ploch

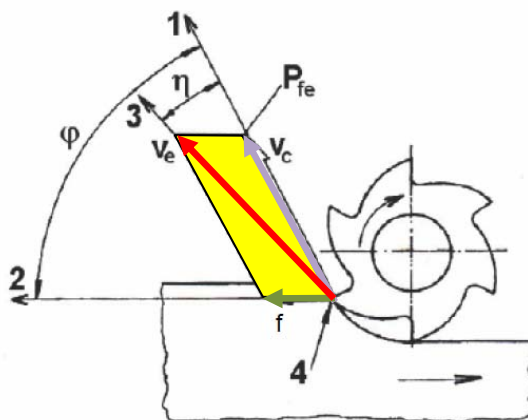
Rozlišení ploch při obrábění frézováním

- 1 – obráběná plocha,
- 2 – obrobená plocha,
- 3 – přechodová plocha

5.1.1. Rozbor zatížení

Řezný pohyb je výsledný pohyb hlavního a posuvného pohybu vůči obrobku, který vznikne vektorovým součtem obou pohybů. Tento pohyb z velké míry ovlivňují možnosti přestavení nebo plynulé změny polohy osy nástroje.

Na Obr. 17 Znáznornění pohybů. (1- Hlavní řezný pohyb, 2- posuv, 3-vektorový součet obou pohybů, 4- bod na ostří nástroje) je znázorněna rychlost otáčení (hlavního řezného pohybu) v_c a posuvová rychlost f . Vektorovým součtem dostaneme celkovou rychlost v_e .



Obr. 17 Znáznornění pohybů. (1- Hlavní řezný pohyb, 2- posuv, 3-vektorový součet obou pohybů, 4- bod na ostří nástroje)

5.1.2. Pohyby při obrábění ¹

Hlavní pohyb – je vzájemný pohyb mezi nástrojem a obrobkem, který vyvozuje obráběcí stroj. Při frézování je to rotační pohyb nástroje.

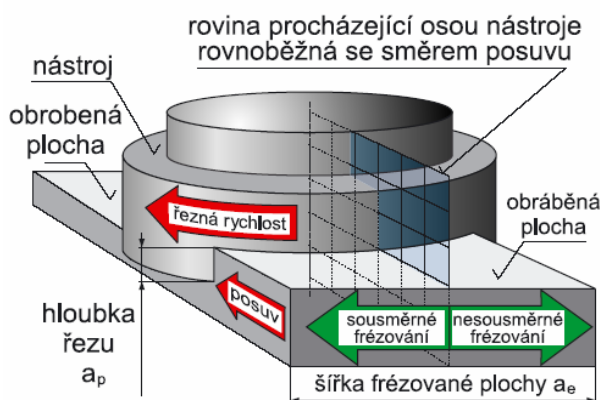
¹ Řehoř, Zetek: Podklady k přednáškám z předmětu KTO/STO

Směr hlavního pohybu – je definován jako směr okamžitého hlavního pohybu bodu ostří vzhledem k obrobku.

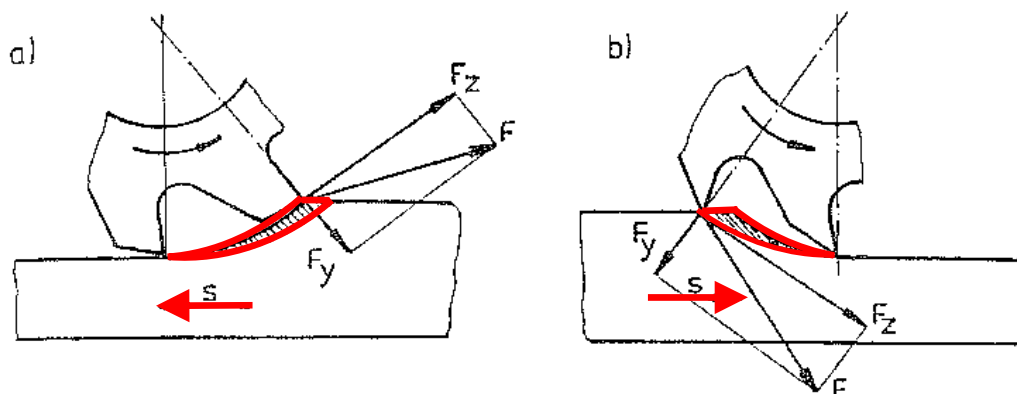
Řezná rychlost – okamžitá rychlost hlavního pohybu bodu ostří vzhledem k obrobku.

Posuvový pohyb – je realizovaný obráběcím strojem. Spolu s hlavním pohybem umožňuje plynulé nebo přerušované oddělování třísky z obráběné plochy.

Řezný pohyb – je výsledný vzájemný pohyb nástroje a obrobku vzniklý vektorovým součtem hlavního a posuvového pohybu.



Obr. 18 Sousměrné a nesousměrné frézování



Obr. 19 Záběr u a) nesousledného (levobřítá fréza) a b) sousledného frézování

Při nesousledném frézování (Obr. 19a) se fréza pohybuje proti obrobku. Záběrové podmínky jdou z minima do maxima. U sousledného frézování se fréza pohybuje ve stejném směru jako obrobek. Záběr se mění z maxima do minima.

Oproti soustružení, kde je síla při zátěži konstatní, u frézování způsobuje proměnlivý průřez odřezávané vrstvy (Obr. 20) a měnící se počet zubů v záběru proměnlivost řezné síly.

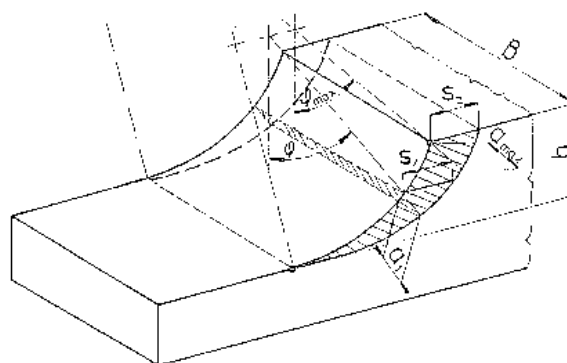
Tloušťka odřezávané vrstvy

$$a = s_z \cdot \sin \varphi \text{ [mm]}$$

Plocha průřezu odřezávané vrstvy

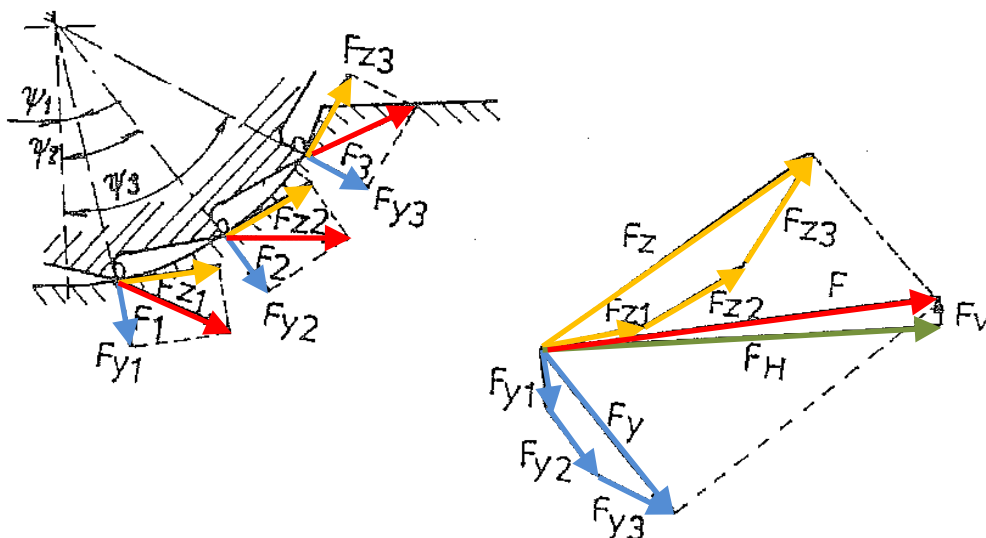
$$S = B \cdot s_z \cdot \sin \varphi \text{ [mm}^2\text{]}$$

Plocha čelní vzniká obrobením čelní částí frézy.



Obr. 20 Odřezávaná vrstva

5.1.3. Řezné síly při frézování



Obr. 21 Skládání složek síly při frézování

Skládání sil při současném záběru tří zubů frézy je na obr. 21. Vektorový součet radiální složky síly F_{y1} a obvodové síly F_{z1} je rozkladem řezné síly F_1 . Obdobně u sil F_2 a F_3 . Výsledná síla F je vyznačena červeně a je úhlopříčkou silového čtyřúhelníka, jehož odvěšny vznikly vektorovým součtem obvodových složek a radiálních složek u jednotlivých zubů. Na obrázku je dále síla F rozložena na horizontální (zelenou) a vertikální složku.

F_H ... síla od posuvu (horizontální)

F_V ... zachycení pasivní síly do vřetene (vertikální)

F ... výsledná síla

$$F = \sqrt{F_H^2 + F_V^2} = \sqrt{F_y^2 + F_x^2}$$

Tangenciální složka řezné síly:

$$F_z = c_{F_z} \cdot B^{x_{F_z}} \cdot s_z^{y_{F_z}} \cdot \sum_{i=1}^n \sin^{y_{F_z}} \varphi_i$$

Točivý moment:

$$M_t = 0,5 \cdot D \cdot F_z \quad D \text{ průměr frézy}$$

Výkon elektromotoru vřetena:

$$P_e = \frac{F_z \cdot v}{60 \cdot 1000 \cdot \eta} \quad [kW]$$

Řezná rychlost na největším průměru frézy $v = \frac{\pi \cdot D_f \cdot n_f}{1000}$ [m/min], kde D_f je průměr frézy

a n_f jsou otáčky frézy, my potřebujeme v [m/sec], proto v horním vztahu pro P_e je ve jmenovateli 60. Účinnost $\eta = 0,83 \div 0,85$.

Nebo také

$$P_e = \frac{h \cdot B \cdot s_{\min} \cdot p}{60 \cdot 10^6 \cdot \eta} [kW]$$

Posuvová rychlost

$$s = n_f \cdot z \cdot s_z,$$

kde n_f jsou otáčky frézy, z je

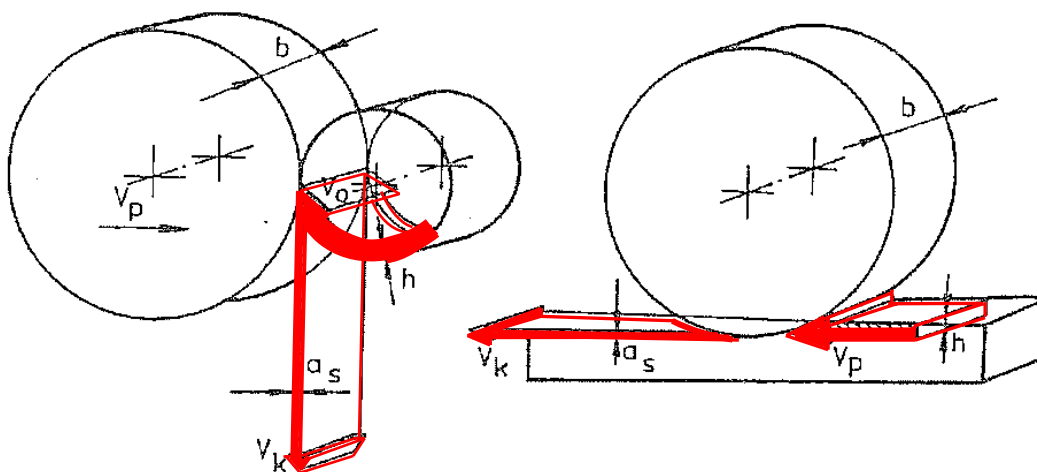
počet zubů frézy a s_z je posuv na zub.

Materiál	p [MPa] měrný řezný odpor
Uhlíková ocel $R_m = 400$ [MPa]	3650
Legovaná ocel $R_m = 500$ [MPa]	5050
Slitina hliníku	1300

Tab. 1 Měrný řezný odpor při frézování

Frézovací příslušenství lze použít i pro obrábění broušením. Pro broušení jsou potřeba vyšší otáčky. V tom případě musíme ve vřeteníku zařadit vhodný převodový poměr.

5.1.4. Řezné síly při broušení



Obr. 22 Rozdíl mezi rotačním (vlevo) a rovinným broušením

Rychlost v_k

$$v_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{60 \cdot 1000} \left[\frac{m}{sec} \right]$$

Pro rotační broušení

$$F_Z = p \cdot S_{stř} = p \cdot \frac{v_0 \cdot h \cdot b}{60 \cdot v_k} [N]$$

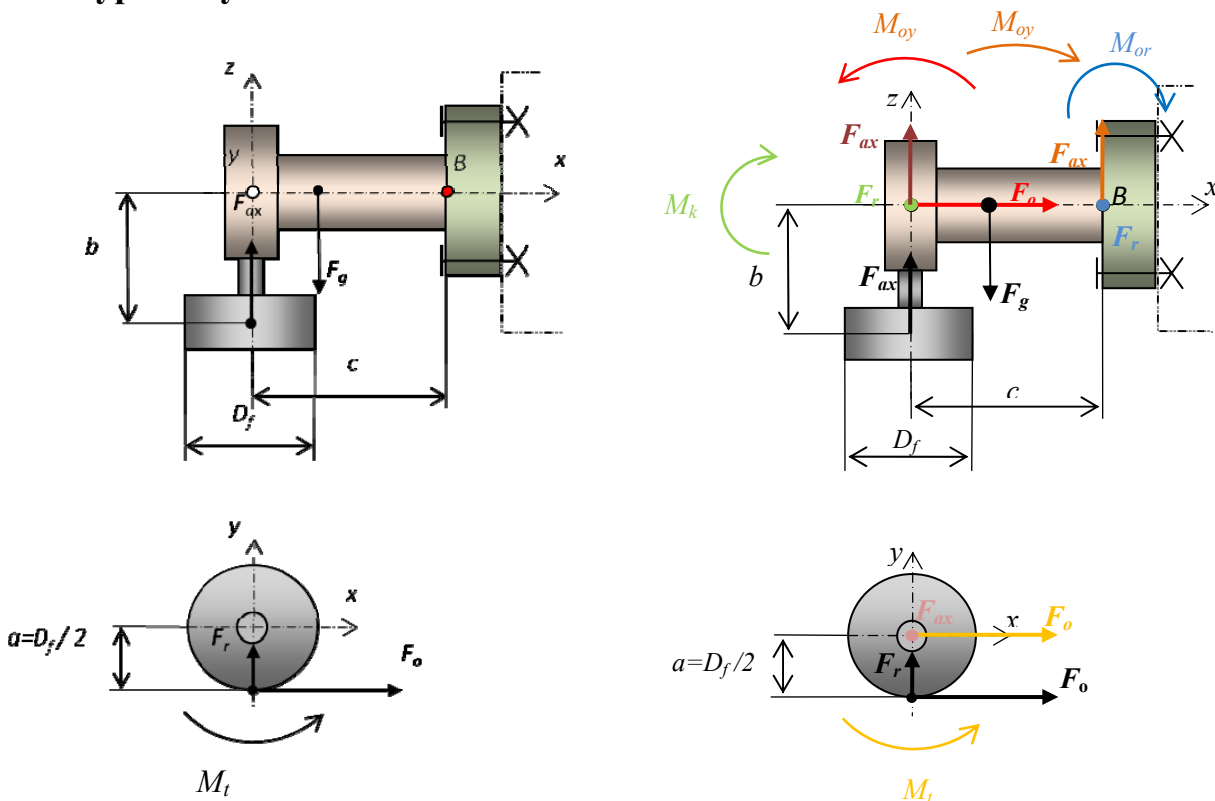
Pro rovinné broušení

$$F_Z = p \cdot S_{stř} = p \cdot \frac{v_s}{n_k} \cdot \frac{\delta_{\max}}{360} \cdot \sqrt{\frac{h}{D_k}} \cdot b [N]$$

Materiál	p [MPa] měrný řezný odpor
Ocel	10000 ÷ 35000
Litina	4000 ÷ 12000

Tab. 2 Měrný řezný odpor při broušení

5.2. Výpočtový model rámu



Obr. 23 Namáhání příslušenství - Poloha 1

Obr. 24 Poloha 1 – Zakreslení momentů

Těleso je v místě spojení s přírubou namáháno třemi ohybovými momenty a krouceno od pohonu. Namáhání od tečné složky síly, což je výslednice F_{ax} a F_r , se zachytí v centráži na přírubě. Obvodová síla F_o namáhá součást na krut. Přeložíme jí do osy z a doplníme točivý moment M_{to} .

$$M_{tz} = F_o \cdot \frac{D_f}{2} . \quad D_f \text{ je průměr frézy}$$

Dále v rovině xz působí F_o ohybovým momentem kolem osy y

$$M_{oy} = F_o \cdot b .$$

Na bod B působí F_o tlakem. Axiální složka síly F_{ax} působí v rovině yz ohybovým momentem kolem osy x

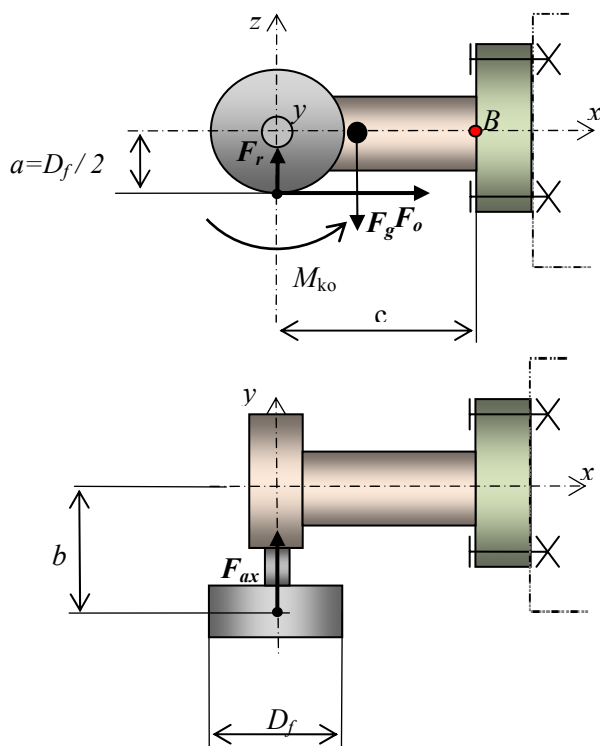
$$M_{ox} = F_{ax} \cdot \frac{D_f}{2} .$$

Dále se posune po své nositelce (zde ose z) a v rovině xz rovnoběžné k rovině procházející bodem B působí ohybovým momentem kolem osy rovnoběžné s y , procházející bodem B

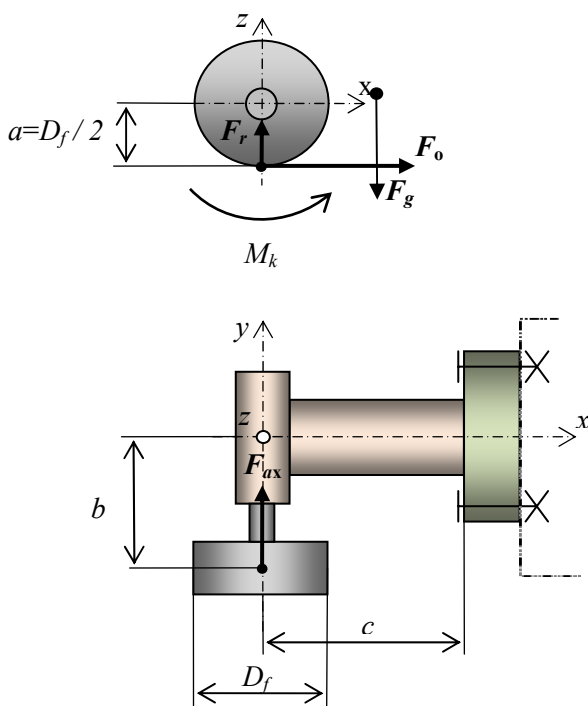
$$M_{oy} = F_{ax} \cdot c .$$

Síla F_r působí točivým momentem k ose x

$$M_{tx} = F_r \cdot b$$



Obr. 25 Poloha 2



Obr. 26 Poloha 3

a ohybovým momentem k bodu B

$$M_{oy} = F_r \cdot c$$

Polohy 2 jsme dosáhli pootočením vřetene kolem osy x o 90°. Obvodová síla F_o namáhá součást na krut. Přeložíme ji do osy x a doplníme točivý moment M_{to}.

$$M_{to} = F_o \cdot D_f / 2$$

Dále v rovině xz působí F_o ohybovým momentem kolem osy y

$$M_{oy} = F_o \cdot b$$

Na bod B působí F_o tlakem. Axiální složka síly F_{ax} působí v rovině yz ohybovým momentem kolem osy x

$$M_{ox} = F_{ax} \cdot D_f / 2$$

Dále se posune po své nositelce (zde ose y) a v rovině xy rovnoběžně k rovině procházející bodem B působí ohybovým momentem kolem osy rovnoběžné s y, procházející bodem B

$$M_{oy} = F_{ax} \cdot c$$

Síla F_r působí točivým momentem kolem osy x

$$M_{tx} = F_r \cdot b$$

a ohybovým momentem k bodu B

$$M_{oy} = F_r \cdot c$$

Otočením o dalších 90° dostáváme polohu 3. Obvodová síla F_o namáhá součást na krut. Přeložíme ji do osy x a doplníme točivý moment M_{to}.

$$M_{to} = F_o \cdot \frac{D_f}{2}$$

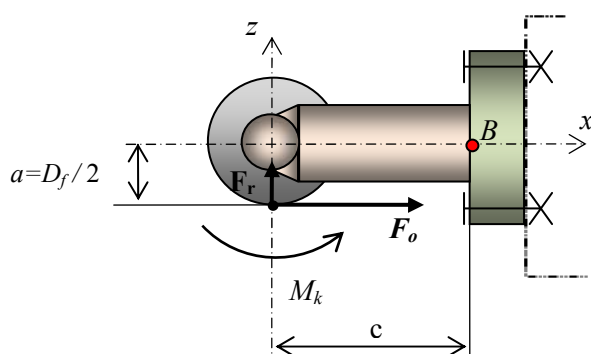
Dále v rovině xy působí F_o ohybovým momentem kolem osy z. Přeložíme sílu na osu x a přidáme ohybový moment

$$M_{oz} = F_o \cdot b$$

Na bod B působí F_o tlakem. Axiální složka síly F_{ax} se posune po své nositelce a působí v rovině xy ohybovým momentem

$$M_{ox} = F_{ax} \cdot c$$

Síla F_r se posune po své nositelce a působí v rovině yz točivým momentem



$$M_{tx} = F_r \cdot b$$

a ohybovým momentem k bodu B

$$M_{oz} = F_r \cdot c.$$

Poslední polohu dostaneme po dalších 90° . Je to celkem 270° od polohy 1. Obvodová síla F_o namáhá součást na krut. Přeložíme jí do středu frézy a doplníme točivý moment M_{to} .

$$M_{to} = F_o \cdot \frac{D_f}{2}.$$

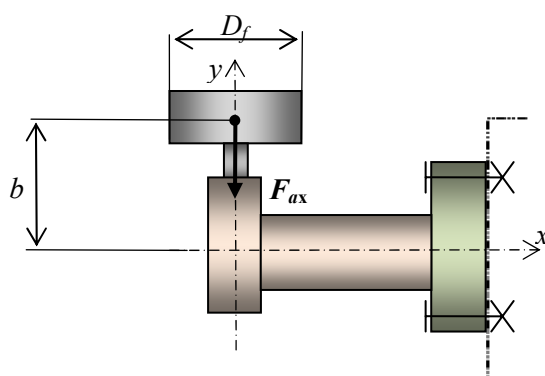
Dále v rovině xz působí F_o točivým momentem kolem osy y

$$M_{oy} = F_o \cdot b.$$

Na bod B působí F_o tlakem. Axiální složka síly F_{ax} působí v rovině yz točivým momentem

$$M_{tax} = F_{ax} \cdot \frac{D_f}{2}.$$

Dále se posune po své nositelce (zde ose y) a v rovině xy rovnoběžné k rovině



Obr. 27 Poloha 4

procházející bodem B působí ohybovým momentem

$$M_{oy} = F_{ax} \cdot c.$$

Síla F_r působí točivým momentem kolem osy x

$$M_{tx} = F_r \cdot b$$

a ohybovým momentem k bodu B

$$M_{oy} = F_r \cdot c$$

5.2.1. Vřeteno

Pro základní parametry (výkon P , otáčky n) se určí točivý moment na nástroji

$$M_t = \frac{P}{\varpi}; \quad \varpi = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot n}{30}.$$

Pro návrh použijeme zhruba poloviční hodnotu σ_N a τ [MPa].

$$\tau_k = \frac{M_t}{W_k} \cong \tau_{kD} \Rightarrow W_t = \frac{\pi \cdot D^3}{16} \Rightarrow D = \sqrt[3]{\frac{W_t \cdot 16}{\pi}}.$$

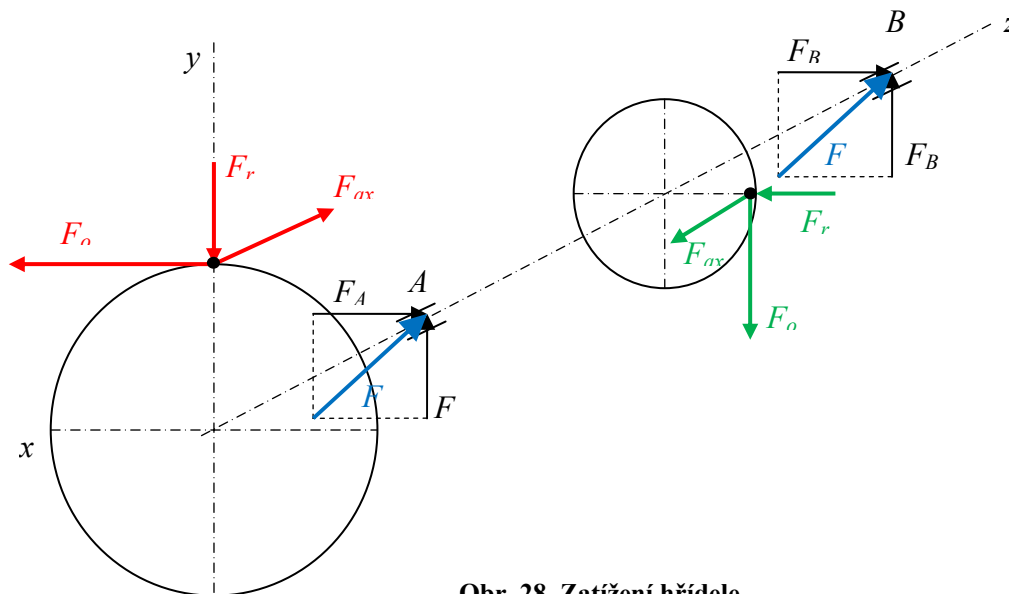
Obvodovou sílu získáme z momentu

$$F_o = \frac{2M_t}{d};$$

radiální a axiální složku získáme pomocí síly F_o

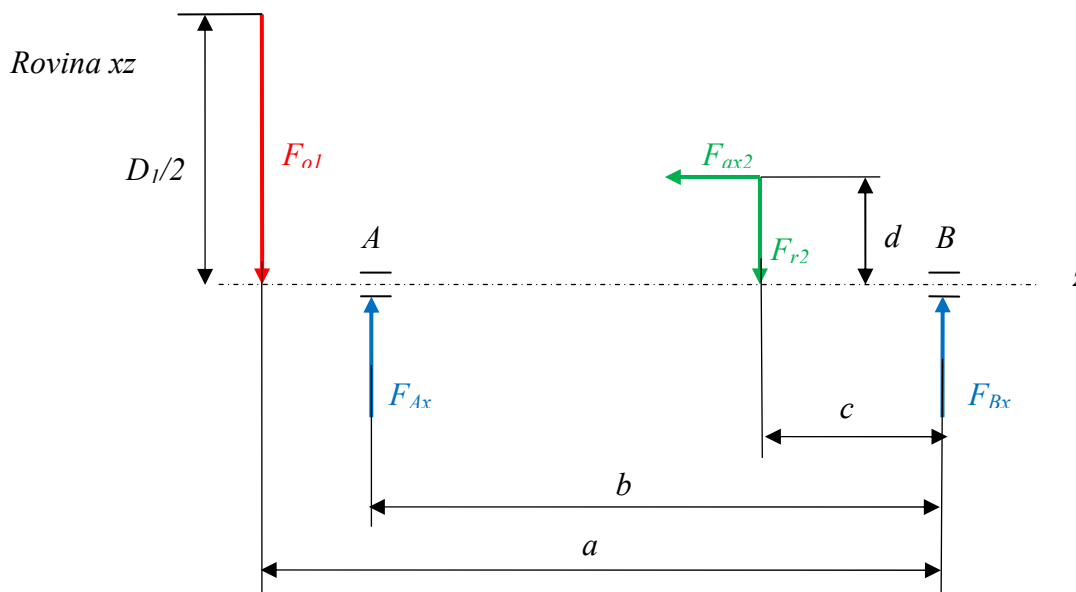
$$F_r = \operatorname{tg} \alpha_t \cdot F_o \quad ; \quad F_{ax} = \operatorname{tg} \beta \cdot F_o .$$

Poznámka: velikost průměru vřetene je ve skutečnosti určena již volbou kuželové stopky.



Obr. 28 Zatížení hřídele

Nosné části jsou zatíženy vnitřními i vnějšími silami. Reakce v ložiscích A a B jsou barevně označeny F_A a F_B .



Obr. 29 Zatížení hřídele v rovině xz

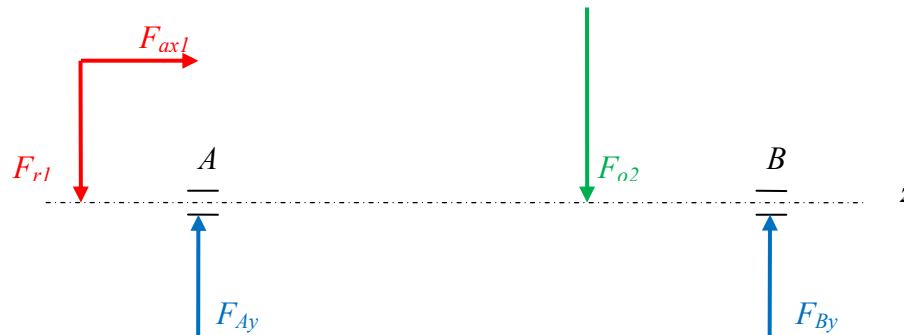
Složky sil F_{Ax} a F_{Bx} získáme z podmínky rovnováhy

Silová: $F_{o1} - F_{ax} + F_{r2} - F_{Bx} = 0$.

Momentová k bodu **B**:

$$F_{o1} \cdot a - F_{ax2} \cdot d + F_{r2} \cdot c - F_{Ax} \cdot b = 0$$
 .

Rovina yz



Obr. 30 Zatížení hřídele v rovině xz

Složky sil F_{Ay} a F_{By} získáme z podmínky rovnováhy

Silová: $F_{r1} - F_{Ay} + F_{o2} - F_{By} = 0$.

Momentová k bodu **B**:

$$F_{r1} \cdot a - F_{Ay} \cdot d + F_{o2} \cdot c - F_{By} \cdot b = 0$$
 .

$$F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2}, \quad F_B = \sqrt{F_{Bx}^2 + F_{By}^2}$$
 .

Axiální síla na hřídeli je $F_{ax} = |F_{ax1} - F_{ax2}|$.

Provedeme kontrolu na statickou pevnost pro všechny druhy namáhání kromě smyku, který je v poměru k ostatním řádově menší.

Krut $\tau_k = \frac{M_t}{W_k} \Rightarrow W_k = \frac{\pi \cdot D^3}{16}$.

Ohyb $\sigma = \frac{M_{oA}}{W_o} \Rightarrow W_o = \frac{\pi \cdot D^3}{32}$.

$$\left. \begin{array}{l} M_{ox} = F_{ox} \cdot (a - b) \\ M_{oy} = F_{r1} \cdot (a - b) - F_{ax1} \cdot \frac{D1}{2} \end{array} \right\} \Rightarrow M_{oA} = \sqrt{M_{ox}^2 + M_{oy}^2}$$
 .

Tlak
$$\sigma = \frac{F_{ax} \cdot 4}{\pi \cdot d^2} .$$

Výsledné namáhání

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_n^2 + 4\tau_k^2} .$$

Volíme materiál s bezpečností 3, tj. $(\sigma_{red} \cdot 3)$.

5.2.2. Ložiska

Dynamická únosnost ložiska **C** je udávána výrobcem v katalogu ložisek.

Zatížení, při kterém ložisko vydrží 10^6 otáček
$$L_h = \left(\frac{C}{F_e}\right)^p \cdot 10^6 \text{ [ot]};$$

p pro bodový styk = 3,

pro čárový styk = $\frac{10}{3}$.

Určení životnosti

$$L_h = \left(\frac{C}{F_e}\right)^p \cdot \frac{16666}{n_e} \text{ [hod]},$$

n_e ...otáčky za minutu

F_e ekvivalentní zatížení ložiska

Zatížení čistě radiální $F_e = F_{Lr}$

Zatížení čistě axiální $F_e = F_{Lax}$

Kombinované zatížení, porovnání s e

$$\left. \begin{array}{l} \frac{F_{Lax}}{F_{Lr}} \leq e \dots x_1, y_1 \\ \frac{F_{Lax}}{F_{Lr}} > e \dots x_2, y_2 \end{array} \right\} F_e = x \cdot F_{Lr} + y \cdot F_{Lax} .$$

Kontrola na oteplení

Ložiska se nesmí zadřít. Maximální otáčky závisejí na mazání (tukem nebo olejem)

$$s_n = \frac{n_{dov}}{n_{max}} \geq 1 .$$

Kontrola na pevnost

Materiál klece je u nejlevnějších ložisek z plechu. Vyrábí se také z plastu, mosazi a pro nejvyšší otáčky jsou klece keramické

$$s_o = \frac{c_o}{F_{max}} = (0,5 \div 4) .$$

5.2.2.1. Dimenzování podle zatěžovacích stavů

$$n_e = \frac{\sum n_i \cdot L_{hi}}{\sum L_{hi}} .$$

V čitateli je suma součinů počtu otáček za minutu s dobou trvanlivosti v hodinách, ve jmenovateli je suma trvání všech zatěžovacích stavů.

$$F_e = \sqrt[3]{\frac{\sum (F_{ri}^3 \cdot n_i \cdot L_{hi})}{\sum n_i \cdot L_{hi}}} .$$

Pod třetí odmocninou je v čitateli suma součinů radiální síly na třetí v Newtonech, otáček za minutu v tomto stavu a dobou trvanlivosti v hodinách, ve jmenovateli je suma součinů otáček za minutu v tomto stavu a dobou trvanlivosti v hodinách.

5.2.3. Příruba

Slouží k připevnění příslušenství na pinolu. Mezi přírubou a pinolou je třeba vyvodit tlak ve stykové ploše, aby nedošlo k jejímu odlehčení. Bezpečnost proti odlehnutí by mohla být 1, ale uvažujeme ji vyšší o 20%. Při užití šroubových spojů určujeme provozní (vnější) síly na šroub. Dále je třeba provést výpočet potřebného předepnutí a maximální síly na šroub a pevnostní kontrolu šroubu.

Namáhání u šroubu

a) Tah

$$\sigma_t = \frac{F_1}{S} \leq \sigma_D; \quad S = \min(S_d, S_j) \quad S_d \dots \text{plocha dřívku}, S_j \dots \text{plocha jádra}$$

$$S_d = \frac{\pi d_d^2}{4}; \quad S_j = \frac{\pi d_j^2}{4} = \frac{\pi \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2}{4} .$$

b) Smyk nesmíme připustit. Výjimkou je lícovaný šroub.

c) Ohyb se objeví tehdy, když součásti nejsou rovnoběžné. Při předepnutí se šroub přizpůsobí.

d) Krut zaznamenáme při utahování (momentovým klíčem), kdy krut je v kombinaci s tahem od síly F_p (předepínací síla)

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_{tp} = \frac{F_p}{S} \\ \tau_k = \frac{M_z}{W_k} \end{array} \right\} \sigma_{red} = \sqrt{\sigma_N^2 + \tau_k^2} \leq \sigma_D ;$$

W_k z nejmenšího průměru šroubu $W_k = \frac{\pi \cdot d_3^3}{16}$

$$M_z = F_p \cdot \frac{d_2}{2} \cdot (\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_z))$$

α ... stoupání závitu $\operatorname{tg} \alpha = \frac{P_H}{\pi \cdot d_2}$ φ_z třecí úhel závitu $\operatorname{tg} \varphi_z = f_z$

Tření pod hlavou použijeme při výpočtu M_h

$$M_h = F_p \cdot \frac{d_n}{2} \cdot f_h \quad d_n = \frac{s + D_o}{2}; \quad D_o \dots \text{Ø díry pod hlavou}$$

Celkový utahovací moment

$$M_u = M_h + M_z$$

Kontrola tlaku v závitu

$$p_z = \frac{F_1}{S_z} \leq p_{dov}$$

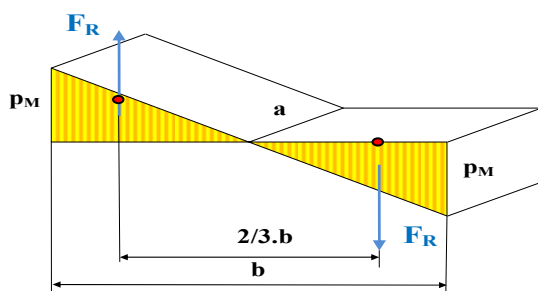
$$S_z = \pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot \frac{L_m}{p_h} \cdot (0,5 \div 0,75)$$

L_m ... délka závitu matice

S_z ... plocha závitu (mezikruží), plocha jednoho závitu $S_z = \pi \cdot d_2 \cdot H_1$

H_1 ... nosná výška (styková výška závitu dle ČSN)

5.2.3.1. Zajištění, aby nedošlo k odlehnutí



Obr. 31 Rozložení tlaku

Síla, která je rozložená na složky, způsobí v těžišti moment

$$M = F_x \cdot l + F_z \cdot h$$

Rozložení tlaku od síly

$$M = F_R \cdot \frac{2}{3} \cdot b$$

Moment je nahrazen dvojicí sil, které působí

v těžištích trojúhelníků

$$M = \left(\frac{1}{2} p_M \cdot \frac{b}{2} \right) \cdot a \cdot \frac{2}{3} \cdot b \Rightarrow p_M = \frac{6 \cdot M}{a \cdot b^2}$$

Tlak ve šroubech, tlak od síly a tlak od momentu v rámci rovnováhy dávají nulu

$$p_s + p_F + p_M = 0 \Rightarrow p_s = -p_F - p_M$$

Tlak ve šroubech $p_s = \frac{i \cdot F}{S}$; i je počet šroubů, S je plocha příruby.

Z toho tedy síla na jeden šroub

$$F = \frac{S \cdot p_s}{i} = \frac{a \cdot b \cdot p_s}{i}$$

Počítáme-li s bezpečností proti odlehnutí (např. 20%), bude síla na šroub

$$F_1 = 1,2 \cdot F$$

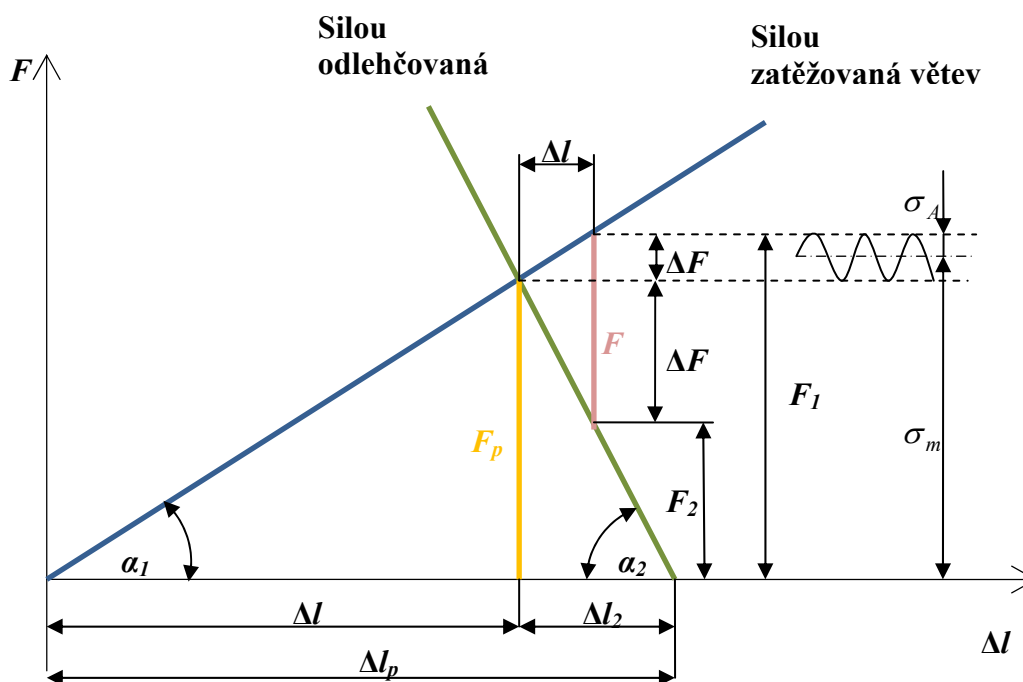
Velikost každého šroubu bude

$$\sigma_t = \sigma_D = \frac{F_1}{S_s} = \frac{F_1}{\frac{\pi \cdot d_j^2}{4}} \Rightarrow d_j = \sqrt{\frac{4 \cdot F_1}{\pi \cdot \sigma_{D_s}}}$$

Podle d_j najdu ve strojnických tabulkách odpovídající šroub.

Poznámka: Na konkrétní kontrolu připevnění se používá program BSPOJ.

5.2.3.2. Předepnutí a diagram



Obr. 32 Diagram předepnutí šroubového spoje

F_p ...předepínací síla

F ... vnější (provozní síla)

F_1 ...max. síla v zatěžované větvi (ve šroubu)

F_2 ...minimální zatížení příruby

Δl_1 ...deformace zatěžované větve

Δl_2 ...deformace odlehčované větve

Δl_p ...celková deformace při předepínání

Δl ...deformace spoje od vnější síly F

Tuhost šroubu K_1

$$K_1 = \frac{F_p}{\Delta l_1} = \operatorname{tg} \alpha_1$$

Tuhost příruby K_2

$$K_2 = \frac{F_p}{\Delta l_2} = \operatorname{tg} \alpha_2$$

$$\Delta l_p = \Delta l_1 + \Delta l_2$$

$$K_c = K_1 + K_2 = \frac{F}{\Delta l}$$

$$\Delta l = \frac{F \cdot l}{E_1 \cdot S} = \frac{F}{E_1} \sum \frac{l_i}{S_i} = \frac{F}{K_1}; \quad \frac{1}{K_1} = \frac{1}{E_1} \sum \frac{l_i}{S_i}$$

$$K_2 = \frac{E_2 \cdot S_{př}}{L_{př}}$$

 $L_{př}$... délka příruby (tloušťka spojovaných materiálů)

$$S_{př} \dots \text{plocha příruby } S_{př} = \frac{\pi \cdot (D^2 - D_0^2)}{4}; \quad D = s + \frac{L_{př}}{x}$$

s ..podle otvoru klíče a x dle materiálu příruby (pro ocel $x = 10$, pro šedou litinu $x = 8$, pro hliník a jeho slitiny $x = 6$).

$$\Delta F_1 = \frac{F \cdot k_1}{k_1 + k_2}; \quad \Delta F_2 = \frac{F \cdot k_2}{k_1 + k_2}.$$

$$F_2 = \psi \cdot F$$

 ψ ...součinitel proti odlehčení, volíme 0,2 – 1

Vztah proti odlehnutí

$$F_p = F \cdot \left(\psi + \frac{k_2}{k_1 + k_2} \right).$$

Maximální síla ve šroubu

$$F_1 = F_p + \Delta F_1 = F_p + F \cdot \frac{k_2}{k_1 + k_2}.$$

Bezpečnost proti mezi kluzu

$$s_k = \frac{\sigma_{kt}}{\sigma_k}; \quad \sigma_k = \frac{F_1}{S_j}.$$

Deformace předepnutého spoje

$$\Delta l_{sp} = \frac{F_p}{k_1 + k_2}.$$

Deformace nepředepnutého spoje

$$\Delta l_s = \frac{F_p}{k_1}.$$

Při mívivé provozní síle

$$\sigma_c = 0,32 \cdot \sigma_{pt}.$$

$$\sigma_c^* = \sigma_c \frac{\eta_p}{\eta_\beta} \quad \eta_p \text{ součinitel jakosti povrchu} \quad \eta_\beta \dots \text{součinitel vrubu}$$

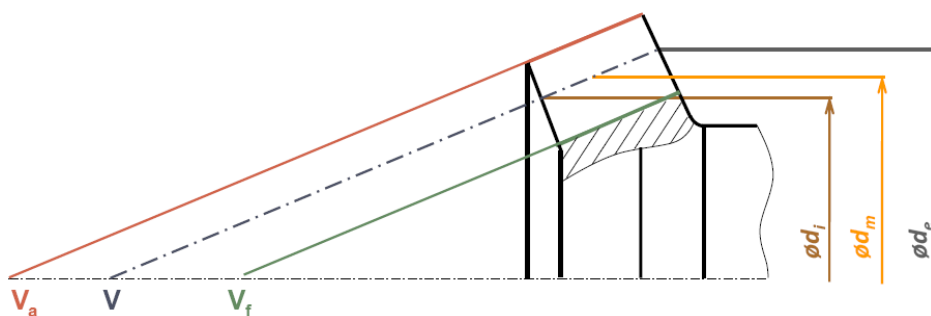
Bezpečnost

$$s_c^* = \frac{1}{\frac{\sigma_A}{\sigma_c^*} + \frac{\sigma_M}{\sigma_F}} \quad \sigma_{pt} = \sigma_F = 2,5 \cdot Re.$$

5.3. Převody

V práci budou použity dva druhy ozubených kol

- Čelní ozubená kola s přímými zuby
- Kuželová kola s konstantní výškou zubu



Obr. 33 Kuželové kolo s konstantní výškou zubu

čelní kola korigovaná	pastorek – kolo 1	kolo 2
	z_1, x_1	z_2, x_2
	$m, \alpha, h_a^*, c_a^*, h_f^* = h_a^* + c_a^*$	
pro normalizované ozubení	$m, \alpha = 20^\circ, h_a^* = 1, c_a^* = 0,25$	
součtová korekce	$\sum x = x_1 + x_2 = \frac{z_1 + z_2}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha} (e v \alpha_w - e v \alpha)$	
Φ roztečné kružnice	$d_1 = m \cdot z_1$	$d_2 = m \cdot z_2$
Φ základní kružnice	$d_{b1} = d_1 \cdot \cos \alpha$	$d_{b2} = d_2 \cdot \cos \alpha$
Φ patní kružnice	$d_{f1} = d_1 - 2 \cdot m \cdot h_f^* + 2 \cdot m \cdot x_1$	$d_{f2} = d_2 - 2 \cdot m \cdot h_f^* + 2 \cdot m \cdot x_2$
Φ hlavové kružnice	$d_{a1} = 2 \cdot \left(a_w - \frac{d_{f2}}{2} - m \cdot c_a^* \right)$	$d_{a1} = 2 \cdot \left(a_w - \frac{d_{f2}}{2} - m \cdot c_a^* \right)$
Φ valivé kružnice	$d_{w1} = \frac{d_1 \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha_w}$	$d_{w2} = \frac{d_2 \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha_w}$

Tab. 3 Rozměry pro čelní ozubená kola s přímými zuby korigovaná

Kůželová kola	pastorek – kolo 1		kolo 2	
	$z_1, \delta_1, \beta_m (\beta_e), b,$ $x_1 = x, x_{\tau 1} = x_{\tau}$		$z_2, \delta_2, \beta_m (\beta_e), b,$ $x_2 = -x, x_{\tau 2} = -x_{\tau}$	
	$m_{te}, \alpha_{te}, h_a^* = 1, c_a^* = 0,2, r_f^* = 0,3 \div 0,4$			
Převodový poměr	$i = 1 = \frac{\sin \delta_2}{\sin \delta_1} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2}$			
Počet zubů rovinného kola	$z_c = \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$			
Kůželová vzdálenost vnější	$L_e = 0,5 \cdot m_{te} \cdot z_c$			
Kůželová vzdálenost střední	$L_m = L_e - (b/2)$			
Šířka zubu	$b = (0,25 \div 0,35) \cdot L_e$			
Výška hlavy zubu	$d_{ae1} = (h_a^* + x_1) \cdot m_{te}$	$d_{ae2} = (h_a^* + x_2) \cdot m_{te}$		
Výška paty zubu	$d_{fe1} = (h_a^* + c_a^* - x_1) \cdot m_{te}$	$d_{fe2} = (h_a^* + c_a^* - x_2) \cdot m_{te}$		
Výška zubu	$d_{e1,2} = (2 \cdot h_a^* + c_a^*) \cdot m_{te}$			
Φ roztečné kružnice	$d_{e1,2} = z_{1,2} \cdot m_{te}$			
Φ patní kružnice	$d_{fe1,2} = d_{e1,2} - 2 \cdot m_{te} \cdot (h_a^* + c_a^* - x_{1,2}) \cdot \cos \delta_{1,2}$			
Φ hlavové kružnice	$d_{ae1,2} = d_{e1,2} + 2 \cdot m_{te} \cdot (h_a^* + x_{1,2}) \cdot \cos \delta_{1,2}$			
Tloušťka zubu	$s_{e1,2} = m_{te} \cdot (0,5 \cdot \pi \pm 2 \cdot x \cdot \operatorname{tg} \alpha_t + x_{\tau 1,2})$			
Šířka zubové mezery	$e_{e1} = s_{e2}$	$e_{e2} = s_{e1}$		

Tab. 4 Rozměry pro kůželová ozubená kola

Kůželové soukolí se šikmými zuby

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = 90^\circ$$

Počet zubů porovnávacího kola $Z_{n1} = \frac{z_1}{\cos \delta_1 \cdot \cos^3 \beta_n} > 17$ není nutno korigovat z hlediska podříznutí.

Rovinné kolo $Z_c = \frac{z_1}{\sin \delta_1}$ slouží k výrobě ozubení.

$$\psi = \frac{b}{L_e} \in \langle 0,25 \div 0,35 \rangle \quad \operatorname{tg} \alpha_t = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{nm}}{\cos \beta_m} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{ne}}{\cos \beta_e}$$

Z geometrické podobnosti

$$\frac{L_m}{L_e} = \frac{d_{1m}}{d_{1e}} = \frac{d_{2m}}{d_{2e}} = \frac{\sin \beta_e}{\sin \beta_m};$$

$$d_{1m} = \frac{L_m}{L_e} \cdot d_{1e}$$

$$d_{2m} = \frac{L_m}{L_e} \cdot d_{2e}$$

úhel sklonu na kružnici e .
normálový modul

$$L_e \cdot \sin \beta_e = L_m \cdot \sin \beta_m$$

$$m_{te} = \frac{m_{ne}}{\cos \beta_e} \rightarrow m_{ne} = m_{te} \cdot \cos \beta_e \quad ,$$

dovolená síla

$$F_d = t \cdot b \cdot c_{\min} \cdot \xi = \pi \cdot m_{te} \cdot b \cdot c_{\min} \cdot \xi \quad ,$$

$$\xi = \frac{\left(1 - \frac{b}{2 \cdot L_e}\right)^2}{k} ;$$

$k = 1,25$ pro šikmé zuby ($k = 1,4$ pro přímé zuby)

otáčky

$$n_2 = \frac{n_1}{i} \quad .$$

$$\left. \begin{aligned} c_{o1} &= \frac{\sigma_{Do1} \cdot r_{o1}}{y_{o1}} \\ c_{o2} &= \frac{\sigma_{Do2} \cdot r_{o2}}{y_{o2}} \\ c_{d1} &= \frac{\sigma_{Dd1} \cdot r_{d1}}{u \cdot y_d} \\ c_{d2} &= \frac{\sigma_{Dd2} \cdot r_{d2}}{u \cdot y_d} \end{aligned} \right\} \rightarrow c_{\min}$$

$$u = \left(\frac{m_{te}}{10}\right)^{0,2}$$

$$t = \pi \cdot m_{te}$$

$$F_d = \pi \cdot m_{te} \cdot b \cdot c_{\min} \cdot \xi$$

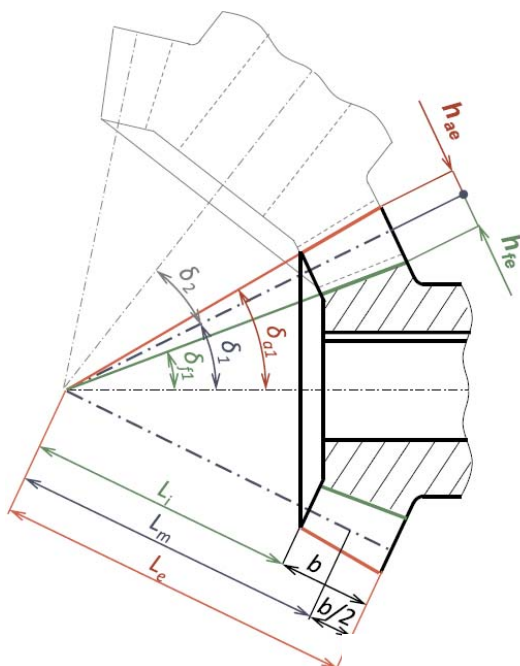
$$M_k = F_d \cdot \frac{d_{1e}}{2}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

$$P = M_k \cdot \omega$$

$$P = \frac{M_k \cdot \pi \cdot n}{30}$$

Hodnoty pro určení koeficientů c najdeme v tabulkách. Při počtu porovnávacího kola > 17 hledám hodnoty pro nekorigovaná kola (obyčejná, běžná).



Geometrická podobnost

$$\frac{L_m}{L_e} = \frac{d_m}{d_e} = \frac{h_m}{h_e} = \frac{s_m}{s_e} = \frac{m_m}{m_e}$$

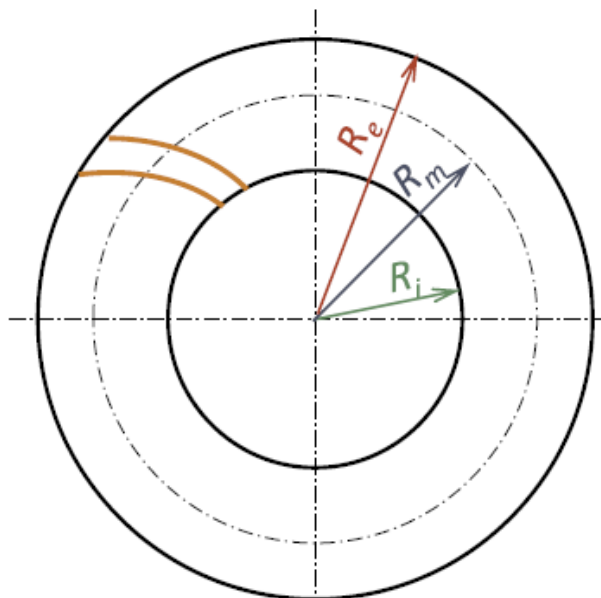
Úhel roztečného kužele δ_1, δ_2

Šířka kola $b = (0,25 \div 0,35) \cdot L_e$

Kuželová vzdálenost

- vnitřní L_i
- střední L_m
- vnější L_e

Obr. 34 Rozměry kuželového kola



Obr. 35 Boční čára zubu u eloidního ozubení

Povrchová úprava u tvrzených kol se provádí nitridováním, ale kromě toho se musejí brousit. U kuželových kol se zakřivenými zuby nelze provést broušení běžným způsobem. Kola se zabíhají po montáži pomocí brusné pasty.

V tomto případě budou použita kuželová kola s eloidním ozubením, kde boční čáru zubů tvoří epicykloida. Oerlikon-Spiromatic. Výška zubu konstantní.

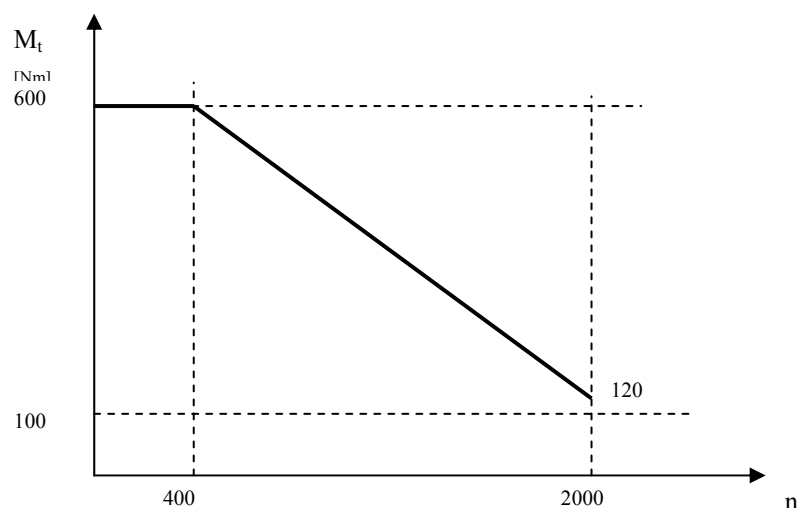
6. Návrh pohonu frézovacího zařízení

Zadané parametry	
$M_t = 600 \text{ Nm} \cdot$	$n_1 = 400 \text{ ot/min}, n_2 = 700 \text{ ot/min}, n_3 = 2000 \text{ ot/min}$
$P = 25 \text{ kW} \cdot$	$i_c = 2 : 1$ (do rychla)

Zadání rozměrových parametrů, které ovlivní návrh kinematického řetězce:

- Poloha nástroje od čela příruby 1000 mm
- Osa vřetene příslušenství kolmo na osu stroje

Kontrola otáček $M_t = \frac{30 \cdot P}{\pi \cdot n} = \frac{30 \cdot 25 \cdot 10^3}{\pi \cdot 2000} \doteq 120 \text{ [Nm]} \cdot$



Obr. 36 Závislost točivého momentu na otáčkách

Nástroj vybereme z katalogu. Řezná rychlost: 100m/min.

$$v = \pi \cdot D \cdot n \Rightarrow D_p = \frac{v}{\pi \cdot n} = \frac{100}{\pi \cdot 400} \doteq 0,079 \doteq 0,08 \text{ [m]} \cdot (\text{pro otáčky } 400) \cdot ,$$

$$D_R = \frac{100}{\pi \cdot 2000} \doteq 0,0159 \doteq 0,016 \text{ [m]} \cdot (\text{pro otáčky } 2000) \cdot .$$

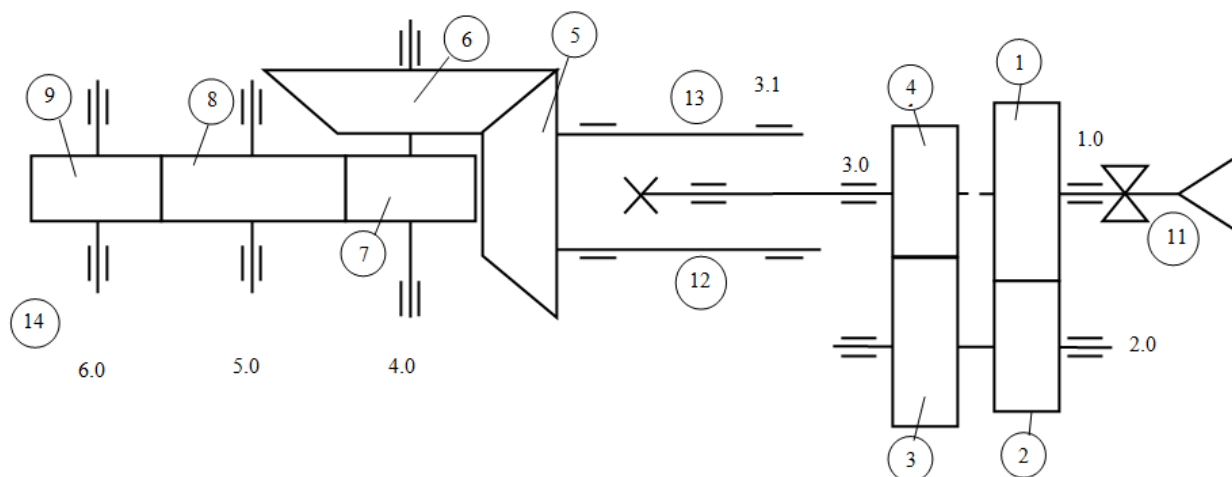
$$M_t = F \cdot \frac{D_{nastroje}}{2} \Rightarrow F = \frac{2 \cdot M_t}{D_{nastroje}} \quad \therefore F_1 = \frac{2 \cdot 600 \cdot 10^3}{80} \doteq 15 \cdot 10^3$$

$$\quad \therefore F_2 = \frac{2 \cdot 120 \cdot 10^3}{16} \doteq 15 \cdot 10^3$$

$$F_{AX} = 0,6 \cdot F = 0,6 \cdot 15000 = 9000 \text{ [N]},$$

$$F_R = 0,5 \cdot F = 0,5 \cdot 15000 = 7500 \text{ [N]}.$$

Kinematické schéma frézovacího příslušenství je na Obr. 37. Čelní kola s přímými zuby 1,2 a 3,4 zajistí postupně převod 2:1. Kuželový převod s koly 5 a 6 natočí osu otáčení o 90°, tím se dosáhne kolmá poloha osy vřetene příslušenství na osu stroje. Dále je převodový poměr 1:1. Kolo 8 je umístěno jako mezikolo mezi koly 7 a 9. Je použito pro dosažení většího vyložení, které požadovalo zadání. Převodový poměr je rovněž 1:1. Účinnost u čelních kol 0,98, účinnost u kuželových 0,96.



Obr. 37 Kinematické schéma frézovacího příslušenství

místo	I. zatěžovací stav			II. zatěžovací stav			III. zatěžovací stav		
	M_k [Nm]	n [ot]	L_h [hod]	M_k [Nm]	n [ot]	L_h [hod]	M_k [Nm]	n [ot]	L_h [hod]
1.0	1357	200	1000	790	350	3000	330	1000	1000
2.0	940	286		548	495		228	1415	
3.0	651	400		380	700		158	2000	
3.1	651	400		380	700		158	2000	
4.0	625	400		365	700		152	2000	
5.0	760	323		442	565		134	1615	
6.0	600	400	350	700	120	2000			

Tab. 5 Tabulka zatěžovacích stavů

6.1. Návrh a kontrolní výpočet kuželového soukolí

Návrh základních rozměrů kuželových kol

Zadané parametry:	Navrhované parametry:
– převodový poměr i [-]	– modul m_m [mm]
– přenášené zatížení P [W]	– šířka zubu b [mm]
– otáčky n [ot/s]	
– úhel sklonu zubu β_e [°]	

$$\text{Převod} \quad \frac{z_2}{z_1} = i_1 \quad M_t = \frac{30 \cdot P}{\pi \cdot n} \rightarrow n = \frac{30 \cdot P}{\pi \cdot M_t}$$

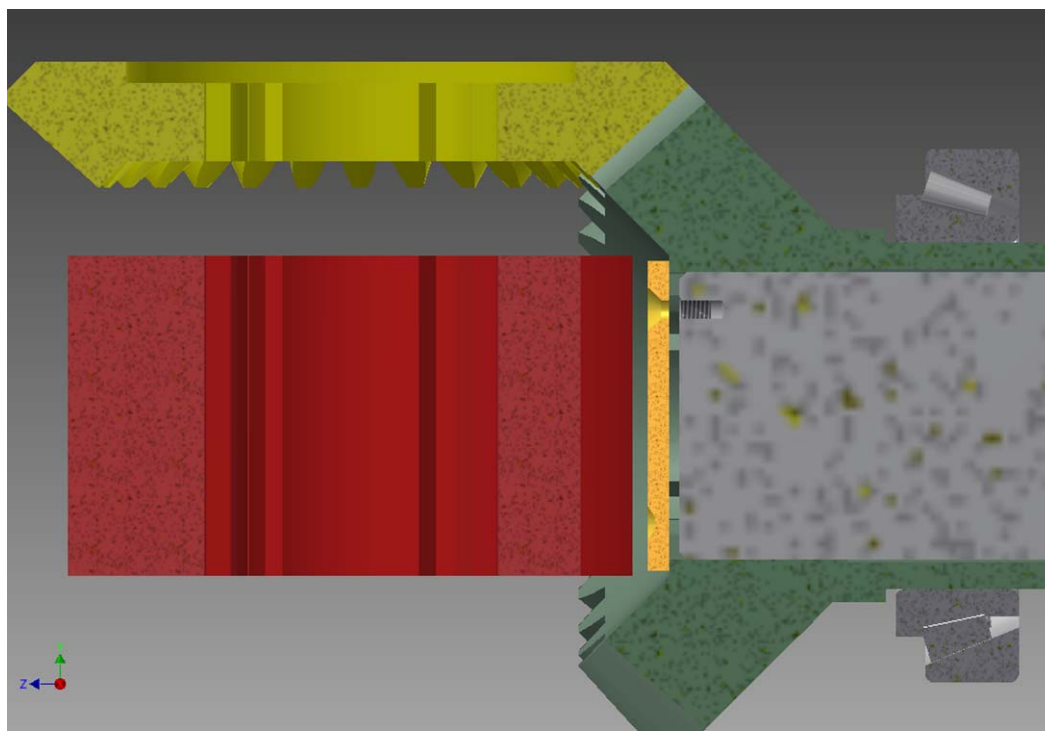
Otáčky druhého rychlostního stupně

$$n_2 = \frac{25000 \cdot 30}{\pi \cdot 350} = 682 \doteq 700 \text{ [ot/min]}.$$

Modul pro šikmé zuby ($\alpha_{nm} = 17,5^\circ$, $\beta_m = 30 \div 50^\circ$)

$$m = 7,6 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_k \cdot \cos \beta}{c \cdot \psi \cdot z_1}} = 7,6 \cdot \sqrt[3]{\frac{612 \cdot \cos 12}{12 \cdot 15 \cdot 22}} = 4,02.$$

V našem případě byla kola spočítána programem PREV. Byla navržena kuželová kola s eloidním ozubením, kde boční čáru zubů tvoří epicykloida. Oerlikon-Spiromatic. Výška zubu konstantní. Poprvé bylo zadáno $z_{1,2} = 18$, $m_n = 4,68765$. Toto soukolí nevyhovovalo, protože nebylo možné do vzniklého prostoru držák DIN 69871, Druhý návrh s parametry $z_{1,2} = 21$, $m_n = 2,60787$, u kterého jsou kola řazena v jiném pořadí, nevyhověl pevnostně. Byla vybrána třetí zadaná verze, která s parametry $z_{1,2} = 28$, $m_n = 3,33303$ byla pevnostně vyhovující. Velikost prostoru vymezeného kuželovými koly byla pro umístění držáku nástroje stále nevyhovující. Proto bylo zvolené jiné řazení kol. Na obrázku je vidět úprava tvaru kuželového kola (zelené), která byla nutná z důvodu umístění kola 7 (červené) ve stejné ose jako je kolo 6 (žluté). Vzdálenost mezi hlavovou kružnicí kola 7 a destičkou (oranžová) sloužící k jednostrannému vymezení polohy hřídele je 4 mm.



Obr. 38 Řešení rozmístění kol 5, 6 a 7

Průměr nástroje

$$v = \pi \cdot D \cdot n \rightarrow D = \frac{v}{\pi \cdot n} = \frac{100}{\pi \cdot 700} = 0,0454 \text{ [m]} \doteq 46 \text{ [mm]}.$$

6.2. Návrh ložisek

Pro určení potřebné životnosti ložisek jsme potřebovali znát otáčky n_e a sílu F_e

$$\text{otáčky } n_e = \frac{\sum n_i \cdot L_{hi}}{\sum L_{hi}} = \frac{400 \cdot 1000 + 700 \cdot 3000 + 2000 \cdot 1000}{5000} = 900 \text{ [ot/min]}$$

$$F_e = \sqrt[3]{\frac{\sum F_{Ri}^3 \cdot n_i \cdot L_{hi}}{\sum n_i \cdot L_{hi}}} = \sqrt[3]{\frac{9000^3 \cdot 400 \cdot 1000 + 9000^3 \cdot 700 \cdot 3000 + 9000^3 \cdot 2000 \cdot 1000}{5000}} = \sqrt[3]{7,29 \cdot 10^{11}} = 9000 \text{ [N]}$$

Životnost ložiska

$$L_h = \left(\frac{C}{F_e}\right)^p \cdot \frac{16666}{n_e}$$

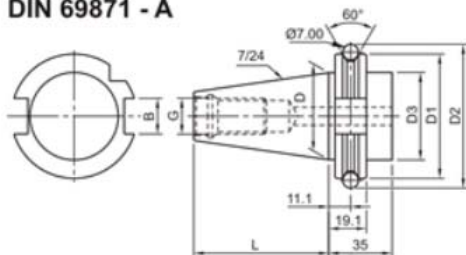
$p = 3$ pro bodový styk valivých tělísek

$p = \frac{10}{3}$ pro čárový styk

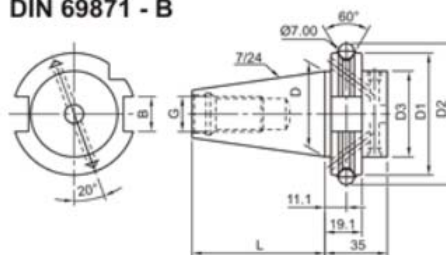
6.3. Návrh jednotlivých součástí

Do dutiny hřídele kola 9 bude uchycen nástroj pomocí DIN 69871 ISO 40

DIN 69871 - A

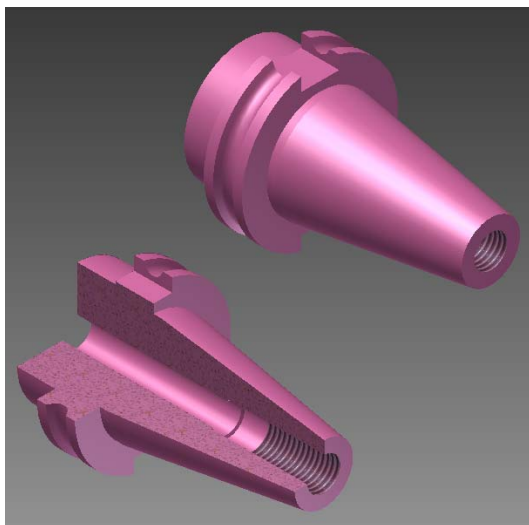


DIN 69871 - B

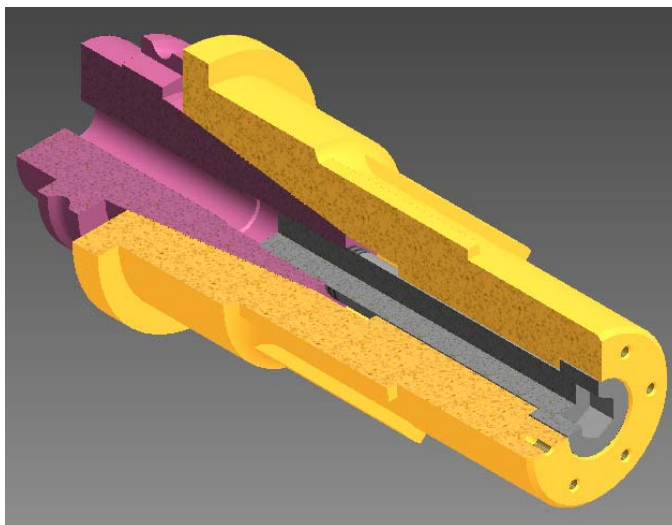


Machine Design	Taper ISO	D	D1	D2	D3	L	B	G
DIN-69871 (Form A / B)	40	44.45	63.55	72.35	50	68.4	16.1	M16
	45	57.15	82.55	91.35	63	82.7	19.3	M20
	50	69.85	97.5	107.3	80	101.6	25.7	M24

Tab. 6 Rozměry DIN 69871 (www.falctoolings.com/sk.htm)



Obr. 39 Řez modelem DIN 69871



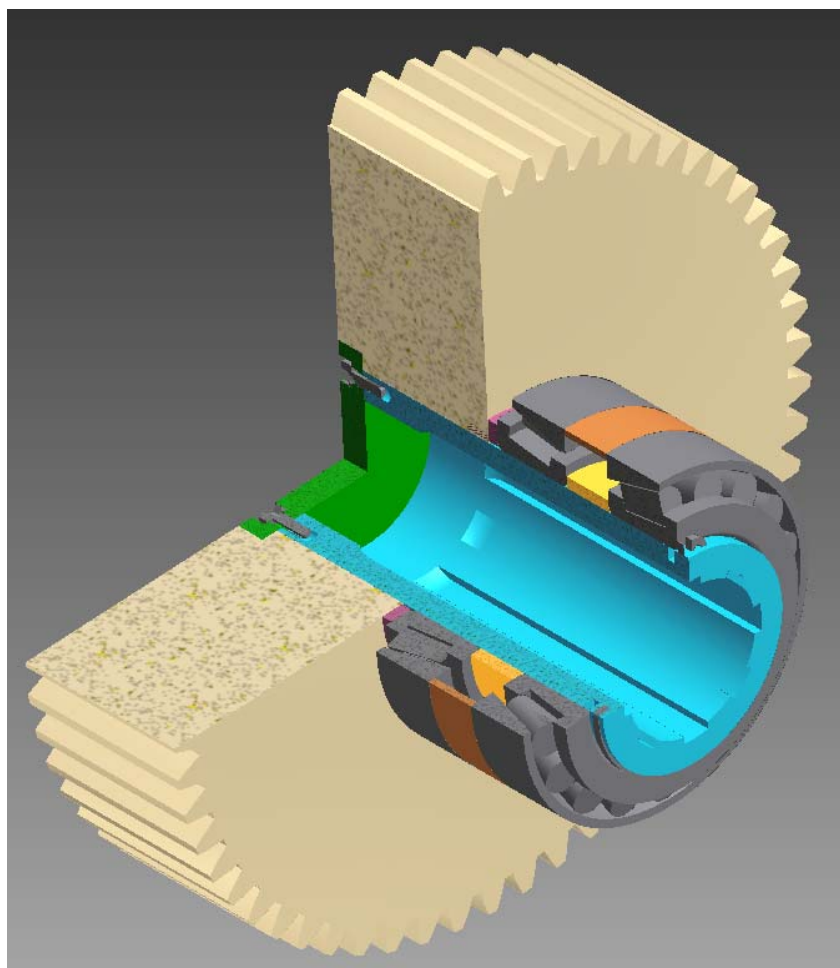
Obr. 40 Dutý hřídel kola 9 a DIN 69871

Původní záměr umístit držák na hřídel kuželového soukolí byl zamítnut, protože při dodržení vnějších rozměrů by při parametrech kuželových kol $z_{1,2} = 18$, $m_n = 4,68765$, $\alpha = 17^\circ 30'$ by se nevešel držák DIN, při $z_{1,2} = 21$ zubů, $m = 2,60787$, $\alpha = 17^\circ 30'$ soukolí pevnostně nevyhovělo. Pomocí programu PREV byl zjištěn součinitel bezpečnosti, který dosahoval hodnoty pouze 1,23. Poté bylo navrženo a programem PREV zkontrolováno soukolí Spiromatic Oerlikon-eloid s parametry $z_{1,2} = 28$ zubů, $m = 3,33303$, $\alpha = 17^\circ 30'$. Toto soukolí pevnostně vyhovělo. (Všechny výpočty jsou podrobně uvedeny v příloze této práce.)

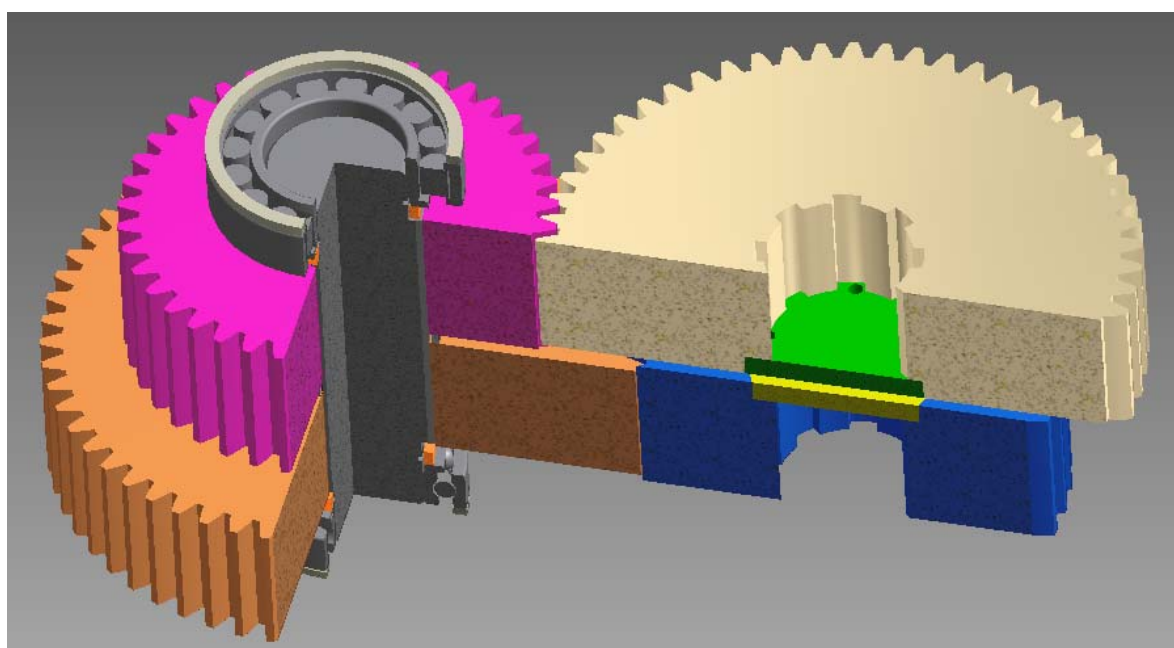
Při dalších návrzích doznaly změny i ostatní kola a to z důvodu nároků na prostor v sestavě. Budeme-li postupovat zprava dle kinematického schématu, po spojce, která se nepočítala, následují dvě dvojice kol, která mají za úkol zvýšit dvojnásobně otáčky. Převodový poměr bude 2; rovnoměrně rozložený na oba stupně. Převodový poměr na jednom stupni bude $\sqrt{2}$.

Souhmotí 1.0 tvoří kolo 1, které je navrženo jako čelní kolo s vnějším ozubením na hřídeli z oceli 11600 s rovnobokým drážkováním 52g6 x 60a11 x 10f7 dle ČSN 01 4943 (řada střední). Jsou použita dvě jednořadá kuželíková ložiska výrobce ZVL 32012AX. Kolo 1 má čelní přímé ozubení, počet zubů $z = 50$, modul $m = 4,5$, úhel $\alpha = 20^\circ$, průměr roztečné kružnice $d = 225,00$ mm, průměr hlavové kružnice $d_a = 234,95$ mm, průměr patní kružnice $d_f = 214,76$ mm, šířka kola $b = 60$ mm. Kolo bude z oceli 16220.4, cementované, kalené.

Kolo 1 zabírá s kolem 2. Kolo 2 má čelní přímé ozubení, počet zubů $z = 41$, modul $m = 4,5$, úhel $\alpha = 20^\circ$, průměr roztečné kružnice $d = 184,50$ mm, průměr hlavové kružnice $d_a = 194,99$ mm, průměr patní kružnice $d_f = 174,80$ mm, šířka kola $b = 60$ mm. Kolo bude z oceli 16220.4, cementované, kalené.



Obr. 41 Řez modelem souhmotí 1.0

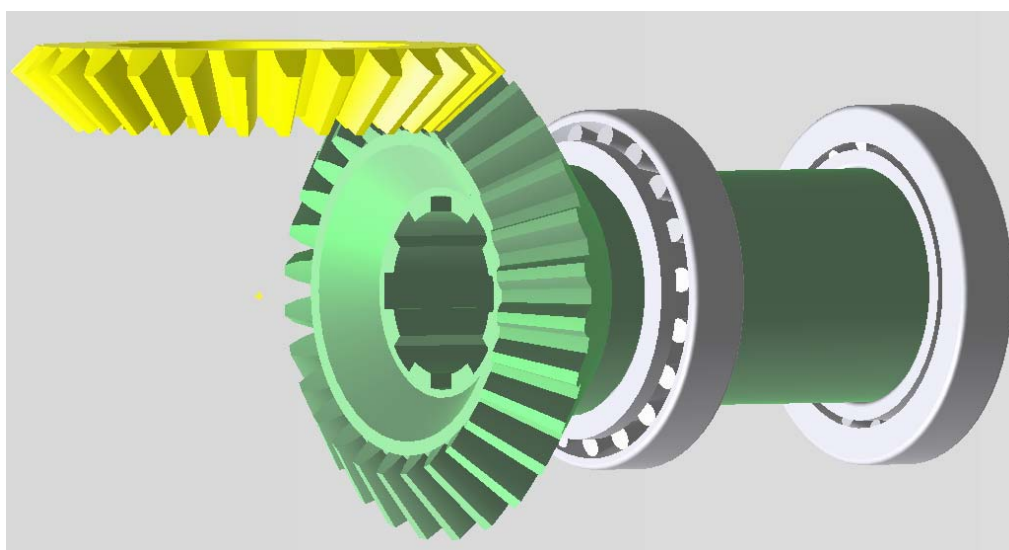


Obr. 42 Řez modelem souhmotí 2.0 a spoluzabírajících kol

Souhmotí 2.0 tvoří dvě kola, kolo 2 a 3, které jsou navrženy jako čelní kola s vnějším ozubením. Jsou na hřídeli z oceli 11600 s rovnobokým drážkováním 52g6 x 60a11 x 10f7 dle ČSN 01 4943 (řada střední). Jsou použita dvě radiální ložiska ZVL; kuličkové jednořadé 6010 a válečkové jednořadé NU210. Kolo 3 je stejné, jako kolo 1, má čelní přímé ozubení, počet zubů $z = 50$, modul $m = 4,5$, úhel $\alpha = 20^\circ$, $\alpha = 20^\circ$, průměr roztečné kružnice $d = 225,00$ mm, průměr hlavové kružnice $d_a = 234,95$ mm, průměr patní kružnice $d_f = 214,76$ mm, šířka kola $b = 60$ mm. Kolo bude z oceli 16220.4, cementované, kalené. Kolo 3 zabírá s kolem 4.

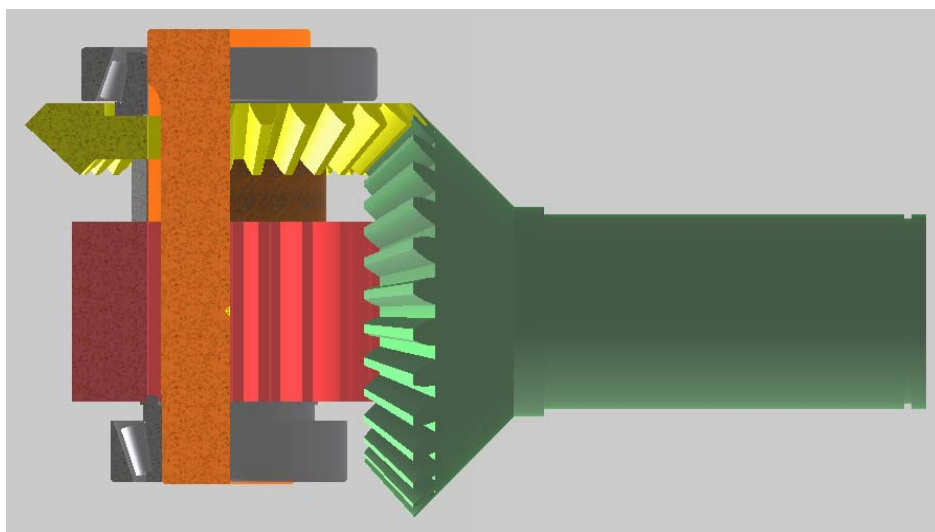
Souhmotí 3.0 tvoří kolo 4, které je navrženo jako čelní kolo s vnějším ozubením. Kolo 4 je stejné jako kolo 2. Má čelní přímé ozubení, počet zubů $z = 41$, modul $m = 4,5$, úhel $\alpha = 20^\circ$, průměr roztečné kružnice $d = 184,50$ mm, průměr hlavové kružnice $d_a = 194,99$ mm, průměr patní kružnice $d_f = 174,80$ mm, šířka kola $b = 60$ mm. Kolo bude z oceli 16220.4, cementované, kalené. Kolo 4 je na drážkovaném na hřídeli z oceli 11600. Rovnoboké drážky jsou na obou koncích hřídele 46g6 x 54a11 x 9f7. Je použito ložisko SKF kuličkové dvouřadé s kosoúhlým stykem 3215 a kluzné fiktivní (vytvořeno k vystředění hřídele 3 k vnitřnímu průměru kuželového kola 5).

Souhmotí 3.1 tvoří kolo 5, které je navrženo jako kuželové kolo s vnějším ozubením Spiromatic Oerlikon-eloid s parametry $z_{1,2} = 28$ zubů, $m_n = 3,33303$, $\alpha = 17^\circ 30'$, délka max. povrchy $R_d = 91,92$ mm, průměr roztečné kružnice na max površce $d = 130,00$ mm, průměr hlavové kružnice na max. površce $d_a = 134,24$ mm, průměr hlavové kružnice na min. površce $d_{ai} = 96,06$ mm. Kolo bude z oceli 16220.4, cementované, kalené. Kolo 5 je nasunuto na drážkovaném hřídeli ze souhmotí 3.0. Rovnoboké drážkování má rozměry 46g6 x 54a11 x 9f7. Uloženo je pomocí dvou jednořadých kuželíkových ložisek 32013AX. Vzhledem k tomu, že v programu Autodesk Inventor Professional 2011- studentské verzi není možné namodelovat eloidní ozubení (v návodu je „Poznámka: Křivka použitá pro tvar zubu je zjednodušena.“), použila jsem ozubení přímé, které se svými rozměry více přibližovalo vypočítaným rozměrům, než kolo s šikmými zuby).



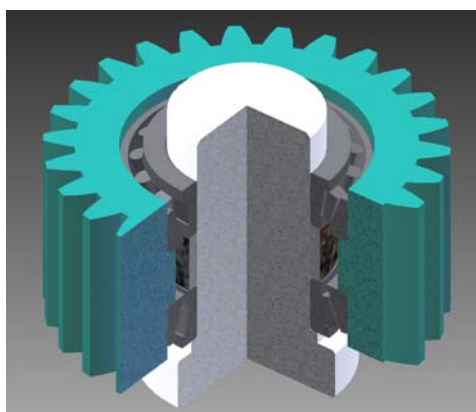
Obr. 43 Model souhmotí 3.1 se spoluzabírajícím kuželovým kolem

Souhmotí 4.0 tvoří kolo 6, jako kuželové kolo s vnějším ozubením Spiromatic Oerlikon-eloid s parametry $z_{1,2} = 28$ zubů, $m=3,33303$, $\alpha = 17^\circ 30'$, délka max. površky $R_d = 91,92$ mm, průměr roztečné kružnice na max površce $d = 130,00$ mm, průměr hlavové kružnice na max. površce $d_a = 134,24$ mm, průměr hlavové kružnice na min. površce $d_{ai} = 96,06$ mm. Kolo bude z oceli 16220.4, cementované, kalené. Kolo 6 je na drážkovaném hřídeli z oceli 11600. Rovnoboké drážky jsou na obou koncích hřídele 46g6 x 54a11 x 9f7. Je použito dvouřadé kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem ZVL 33109 a kuželíkové jednořadé ložisko 30211A. Na hřídeli je také kolo 7. Kolo 7 je navrženo jako čelní kolo s vnějším ozubením. Má čelní přímé ozubení, počet zubů $z = 21$, modul $m = 5$, úhel $\alpha = 20^\circ$, $d = 105,00$ mm, průměr hlavové kružnice $d_a = 117,68$ mm, průměr patní kružnice $d_f = 95,18$ mm, šířka kola $b = 60$ mm. Kolo bude z oceli 16220.4, cementované, kalené.



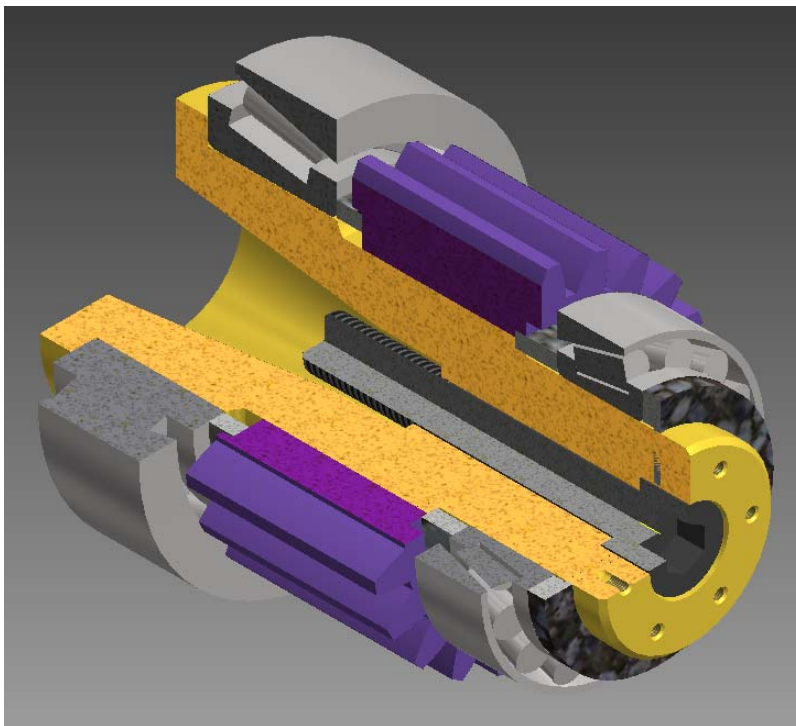
Obr. 44 Model souhmotí 4.0 a spoluzabírajícího kola

Souhmotí 5.0 tvoří Kolo 8 je navrženo jako mezikolo. Zabírá s kolem 7 a 9. S parametry $z = 49$ zubů, $m=5$, $\alpha = 20^\circ$, průměr roztečné kružnice $d = 245,00$ mm, průměr hlavové kružnice $d_a = 252,32$ mm, průměr patní kružnice $d_f = 229,82$ mm, šířka kola $b = 60$ mm. Kolo 8 bude z oceli 14220.4, cementované, kalené, na hřídeli z oceli 11600. Je použita dvojice jednořadých kuželíkových ložisek ZVL 32010AX, která je na hřídeli uvnitř kola. V rámci souhmotí 5.1 jsou použita pro potřeby výpočtu směrem do rámu fiktivní kluzná ložiska

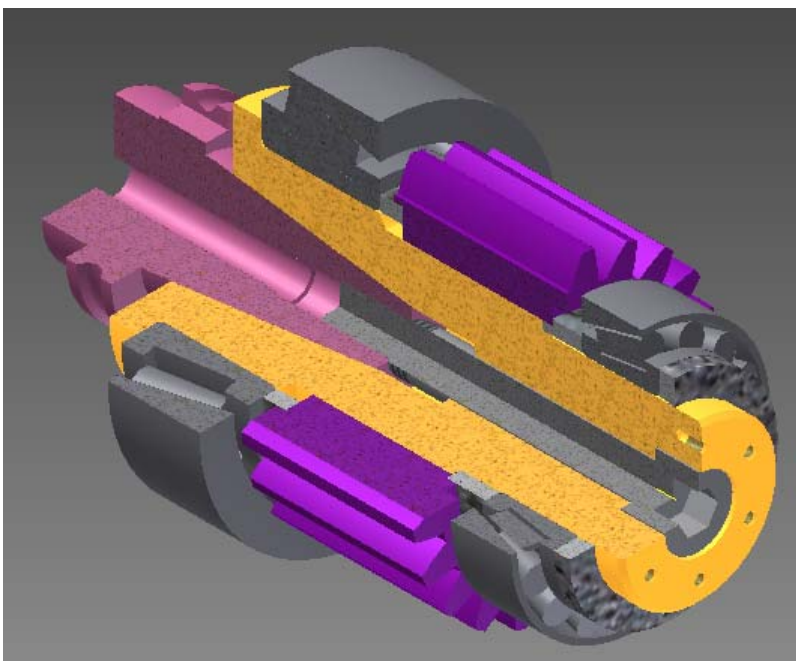


Obr. 45 Řez modelem souhmotí 5.0

Souhmotí 6.0. Z pevnostních důvodů je hřídel z oceli 15330.90 (hřídel z oceli 14220.40 pevnostně nevyhověl). Má dutinu pro zasunutí držáku nástroje DIN 69871 ISO 40. Jsou použita dvě jednořadá kuželíková ložiska 33214 a 33011 vyrobená FAG (Schaeffler CZ s r.o.). Na hřídeli s rovnobokým drážkováním je kolo 9 navrženo jako čelní ozubené kolo s přímými zuby; stejné jako kolo 7. Počet zubů $z = 21$, modul $m = 5$, úhel $\alpha = 20^\circ$, průměr roztečné kružnice $d = 105,00$ mm, průměr hlavové kružnice $d_a = 117,68$ mm, průměr patní kružnice $d_f = 95,18$ mm, šířka kola $b = 60$ mm. Kolo 9 bude z oceli 16220.4, cementované, kalené.

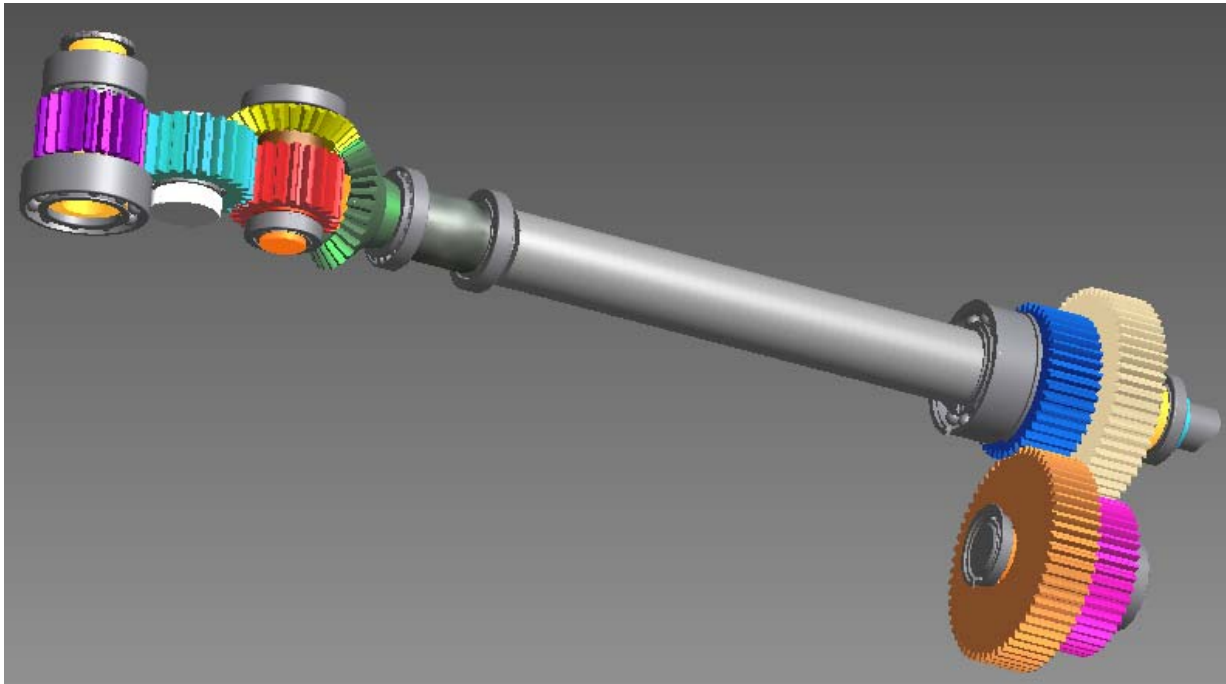


Obr. 46 Řez modelem souhmotí 6.0



Obr. 47 Řez modelem souhmotí 6.0 s DIN 69871

Na obr 48 je sestava zatím počítaných souhmotí bez uložení v rámu.



Obr. 48 Model souhmotí 1 ÷ 6

Na vřeteno stroje navazují kola 1,2,3 a 4, která zajišťují převod 2:1, pro dosažení velkého vyložení nástroje (požadované cca 1000 mm) následuje dlouhý drážkovaný hřídel umístěný v jedné ose kuželového soukolí (kola 5 a 6). Kuželové soukolí mění polohu osy otáčení o 90°, což byl jeden z požadavků zadání. U prostorových důvodů je na druhou osu kuželového soukolí umístěna osa kola 7 (s čelním ozubením). Následuje vložené kolo 8 a nakonec kolo 9, do jehož dutého hřídele se upevňuje držák nástroje. Toto řešení bylo vybráno proto, že požadovaná šířka příslušenství byla cca 200 mm. S umístěním držáku nástrojů do osy kuželového soukolí bychom buď překročili požadovaný rozměr, nebo by soukolí nevyhovělo pevnostně.

7. Závěr

Tématem bakalářské práce byl návrh frézovacího zařízení pro velká vyložení nástrojů. Pro zadané hodnoty $M_t = 600 \text{ Nm}$, $P = 25 \text{ kW}$, tři rychlostní stupně $n_1 = 400 \text{ ot/min}$, $n_2 = 700 \text{ ot/min}$, $n_3 = 2000 \text{ ot/min}$, převod do rychla $i_c = 2:1$, osu vřetene příslušenství kolmo na osu stroje, polohu nástroje od čela vřetene stroje cca 1500 mm a pro výšku 6. souhmotí cca 200 mm bylo navrženo kinematické schéma, spočítány hodnoty do tabulky zatěžovacích stavů, proveden návrh celkem 7 souhmotí. Poté byla provedena kontrola programem PREV a nevyhovující komponenty byly nahrazeny vyhovujícími (materiál hřídele, rozměry kuželového soukolí, ložiska).

Stručně shrnuté hodnoty jednotlivých souhmotí jsou v Tab.7. Výsledky výpočtu programem PREV jsou uvedeny v příloze.

Souhm.	Kolo č.	Počet zubů z	Modul m , m_n	ložisko	ks	Materiál hřídele
1.0	1	50	4,5	ZVL 32012AX	2	11 600
2.0	2	41	4,5	ZVL 6010	1	11 600
	3	50	4,5	NU210	1	
3.0	4	41	4,5	SKF 3215 a	1	11 600
				kluzné fiktivní	1	
3.1	5 (kuželové)	28	3,33303	32013AX.	2	
4.0	6 (kuželové)	28	3,33303	ZVL 33109	1	11 600
	7	21	5	ZVL 30211AX	1	
5.0	8	49	5	ZVL 32010AX	2	11 600
				kluzné fiktivní	2	
6.0	9	21	5	FAG 33214	1	15 330.40
				FAG 33011	1	

Tab. 7 Navržené komponenty

Jednotlivá souhmotí byla modelována pomocí programu Autodesk Inventor Professional 2011- studentská verze. Vzdálenost osy nástroje od příruby příslušenství je 989 mm; to splňuje požadavek na vzdálenost cca 1000 mm. Výška 6. souhmotí je bez rámu 173 mm. S rámem splní požadavek na rozměr kolem 200 mm.

Návrh by bylo možné rozšířit o uložení příslušenství do rámu, o návrh Hirthovy spojky a o výpočet připevnění příslušenství přes přírubu k pinole stroje, opatřit příslušenství prvky sloužící k manipulaci a doplnit o přívod maziva.

8. Zdroje informací

- [1] KRÁTKÝ J., KRÓNEROVÁ E.: *Části a mechanismy strojů 1* – podklady k přednáškám
- [2] KRÁTKÝ J., KRÓNEROVÁ E.: *Části a mechanismy strojů 2* – podklady k přednáškám
- [3] ŘEHOŘ J., ZETEK M.: *Podklady k přednáškám z předmětu KTO/STO*
- [4] LAŠOVÁ V.: *Základy stavby obráběcích strojů*
- [5] [www.stránky](#), firemní katalogy

PŘÍLOHA č. 1

Výpočet k prvnímu návrhu kuželového ozubení

S P I R O M A T I C O E R L I K O N - E L O I D

Karlova

03/13/12

Frezovací hlava

Razitko pro pastorek 1

Ozubení (-----,KUZELOVE)		SPIROMATIC OERLIKON ELOID	
Zuby (-----)		z	21
Pocet zubu		m	2.60787
Nastroj	Modul - NORMALNY	α	17° 30'
	Uhel profilu	UTC 36/2.65	
	Profil	h	-----
	Vyska hlavy nastroje	βm	42.8718°
Uhel sklonu bocni krivky zubu		-	pravý
Smysl stoupani boc.krivky zubu		x	0.000
Jednotkove posunuti		xt	0.000
Jednotkova zmena tloustky zubu		s	4.10 -0.06
Stupen presnosti	Tloustka zubu na tetive		-0.11
Kontrol. rozmer	Vyska hl. zubu nad tetivou	ha	2.67
	Fres zubu	w	
	Fres valeyky ø	M	
Modul celni		mt	4.286
Prumer zakladni kruznice		db	
Uhel slonu boc.krivky zubu na zakl.valci		βb	
Ex = 40.03 WT = 27 - 84			
Spoluzabirajici kolo			
Cislo vykresu	Pocet zubu	Vzdalenost os aw	Uhel os
	21		90.00°

Delka max.povrsky (vzdal. od stredu ozubeni)	Rd [mm]	63.64
Prumer roztecne kruznice (na max. povrsce)	D [mm]	90.00
Prumer hlavove kruznice (na max. povrsce)	Da [mm]	93.75
Prumer hlavove kruznice (na min. povrsce)	Dai [mm]	65.46
Vyska hlavy (na max. povrsce)	ha [mm]	2.65
Vyska paty (na max. povrsce)	hf [mm]	3.45
Sirka ozubeni	[mm]	20.00
Uhel roztecneho kuzele	[° ' '']	45 0 0
Uhel patniho a hlavoveho kuzele	[° ' '']	45 0 0

Pro soustruzeni [mm] w1 = 28.98 a1 = 14.14 c1 = 1.87

Pocet nozovych skupin v nozove hlave zw 1

SPIROMATIC DERLIKON - ELOID

Karlova

03/13/12

Frezovací hlava

Razitko pro kolo 2

Ozubení (-----, KUZELOVE)		SPIROMATIC DERLIKON ELOID	
Zuby (-----)		z	21
Pocet zubu		m	2.60787
Modul - NORMALNY		a	17° 30'
Nastroj Uhel profilu		UTC 36/2.65	
Profil		h	-----
Vyska hlavy nastroje		βm	42.8718°
Uhel sklonu bocni krivky zubu		-	levy
Smysl stoupani boc.krivky zubu		x	-0.000
Jednotkove posunuti		xt	-0.000
Jednotkova zmena tloustky zubu		s	4.10 -0.06
Stupen presnosti			-0.11
Tloustka zubu na tetive		ha	2.67
Kontrol. Vyska hl. zubu nad tetivou		W	
rozmer Pres zubu		M	
Pres valeyky ø		mt	4.286
Modul celni		db	
Prumer zakladni kruznice		βb	
Uhel slonu boc.krivky zubu na zakl.valci			
Ex = 40.03 WT = 27 - 84			
Spoluzabirajici kolo			
Cislo vykresu	Pocet zubu 21	Vzdalenost os aw	Uhel os 90.00°

Delka max.povrsky (vzdal. od stredu ozubeni)	Rd [mm]	63.64
Prumer roztecne kruznice (na max. povrsce)	D [mm]	90.00
Prumer hlavove kruznice (na max. povrsce)	Da [mm]	93.75
Prumer hlavove kruznice (na min. povrsce)	Dai [mm]	65.46
Vyska hlavy (na max. povrsce)	ha [mm]	2.65
Vyska paty (na max. povrsce)	hf [mm]	3.45
Sirka ozubeni	[mm]	20.00
Uhel roztecneho kuzele	[° ' '']	45 0 0
Uhel patniho a hlavoveho kuzele	[° ' '']	45 0 0

Pro soustruzeni [mm] w2 = 28.98 a2 = 14.14 c2 = 1.87

Pocet nozovych skupin v nozove hlave zw 1

S P I R O M A T I C D E R L I K O N - E L O I D

Karlova

03/13/12

Frezovací hlava

ZAKLADNI HODNOTY

Pastor. 1 Kolo 2

Uhel os	[°]	90.00	
Pocet zubu		21	21
Roztecný prumer (na max.povrs.)	[mm]	90.00	90.00
Sirka	[mm]	20.00	
Smysl stoup. bocni krivky zubu		pravy	levy
Jednotkove posunuti		0.000	-0.000
Jednotkova zmena tloustky zubu		0.000	-0.000
Vyska hlavy ha (na max.povrs.)	[mm]	2.65	2.65
Vyska paty hf (na max.povrs.)	[mm]	3.45	3.45

		vnejsi okraj	stred	vnitrni okraj
Delka povrsky	[mm]	63.64	52.84	43.64
Modul celni	[mm]	4.286	3.558	
Modul normalny	[mm]	2.354	2.608	2.478
Uhel sklonu boc. krivky	[°]	56.682	42.872	32.530

NASTROJ	Poc.skup. zw	ø nastr. Dw [mm]	hlava ha [mm]	pata hf [mm]	celkov. h [mm]	Uhel zaberu α
UTC 36/2.65	1	72.10	2.65	3.45	6.10	17° 30'

PEVNOSTNI KONTROLA.

Moment na pastorku c. 1 [Nm]	Otacky [1/min]	Vykon [kW]	Rychlost [m/s]	Sila Fmo [N]	Soucinitel bezpec. pastor. 1	bezpec. kola 2
600	400.0	25.13	1.59	15819	1.23	1.23

Axialni sily pro 1. smysl otaceni (Fa/Fmo)	0.96065	-0.35223
Axialni sily pro 2. smysl otaceni (Fa/Fmo)	-0.35223	0.96065

PŘÍLOHA č. 2

**Výpočet návrhu příslušenství
provedený programem PREV**

SPIROMATIC DERLIKON - ELOID

Karlova

04/11/12

FREZOVACI HLAVA

Razitko pro pastorek 1

Ozubeni (-----,KUZELOVE)		SPIROMATIC DERLIKON ELOID	
Zuby (-----)		z	28
Pocet zubu		m	3.33303
Nastroj Modul - NORMALNY		α	17° 30'
Nastroj Uhel profilu		UTC	40/3
Nastroj Profil		h	-----
Nastroj Vyska hlavy nastroje		β_m	31.4374°
Uhel sklonu bocni krivky zubu		-	pravý
Smysl stoupani boc.krivky zubu		x	0.000
Jednotkove posunuti		xt	0.000
Jednotkova zmena tloustky zubu		s	5.23 -0.07
Stupen presnosti		ha	3.03 -0.14
Tloustka zubu na tetive		w	
Kontrol. Vyska hl. zubu nad tetivou		M	
rozmer Pres zubu		mt	4.643
Pres valecky ϕ		db	
Modul celni		β_b	
Prumer zakladni kruznice			
Uhel slonu boc.krivky zubu na zakl.valci			
Ex = 67.66 WT = 20 - 64			
Spoluzabirajici kolo			
Cislo vykresu	Pocet zubu	Vzdalenost os aw	Uhel os
	28		90.00°

Delka max.povrsky (vzdal. od stredu ozubeni)	Rd [mm]	91.92
Prumer roztecne kruznice (na max. povrsce)	D [mm]	130.00
Prumer hlavove kruznice (na max. povrsce)	Da [mm]	134.24
Prumer hlavove kruznice (na min. povrsce)	Dai [mm]	96.06
Vyska hlavy (na max. povrsce)	ha [mm]	3.00
Vyska paty (na max. povrsce)	hf [mm]	3.90
Sirka ozubeni	[mm]	27.00
Uhel roztecneho kuzele	[° ' '']	45 0 0
Uhel patniho a hlavoveho kuzele	[° ' '']	45 0 0
Pro soustruzeni [mm]	w1 = 43.79	a1 = 19.09
		c1 = 2.12

Pocet nozovych skupin v nozove hlave zw

1

SPIROMATIC DERLIKON - ELOID

Karlova

04/11/12

FREZOVACI HLAVA

Razitko pro kolo 2

Ozubeni (-----,KUZELOVE)		SPIROMATIC DERLIKON ELOID	
Zuby (-----)		z	28
Pocet zubu		m	3.33303
Modul - NORMALNY		α	17° 30'
Nastroj Uhel profilu		UTC	40/3
Profil		h	-----
Vyska hlavy nastroje		βm	31.4374°
Uhel sklonu bocni krivky zubu		-	levy
Smysl stoupani boc.krivky zubu		x	-0.000
Jednotkove posunuti		xt	-0.000
Jednotkova zmena tloustky zubu		s	5.23 -0.07
Stupen presnosti			-0.14
Tloustka zubu na tetive		ha	3.03
Kontrol. Vyska hl. zubu nad tetivou		W	
rozmer Pres zubu		M	
Pres valecky ø		mt	4.643
Modul celni		db	
Prumer zakladni kruznice		βb	
Uhel slonu boc.krivky zubu na zakl.valci			
Ex = 67.66 WT = 20 - 64			
Spoluzabirajici kolo			
Cislo vykresu	Pocet zubu	Vzdalenost os aw	Uhel os
	28		90.00°

Delka max.povrsky (vzdal. od stredu ozubeni)	Rd [mm]	91.92
Prumer roztecne kruznice (na max. povrsce)	D [mm]	130.00
Prumer hlavove kruznice (na max. povrsce)	Da [mm]	134.24
Prumer hlavove kruznice (na min. povrsce)	Dai [mm]	96.06
Vyska hlavy (na max. povrsce)	ha [mm]	3.00
Vyska paty (na max. povrsce)	hf [mm]	3.90
Sirka ozubeni	[mm]	27.00
Uhel roztecneho kuzele	[° ' '']	45 0 0
Uhel patniho a hlavoveho kuzele	[° ' '']	45 0 0

Pro soustruzeni [mm] w2 = 43.79 a2 = 19.09 c2 = 2.12

Pocet nozovych skupin v nozove hlavě zw 1

S P I R O M A T I C D E R L I K O N - E L O I D

Karlova

04/11/12

FREZOVACI HLAVA

ZAKLADNI HODNOTY

		Pastor. 1	Kolo 2
Uhel os	[°]	90.00	
Pocet zubu		28	28
Roztecný prumer (na max.povrs.)	[mm]	130.00	130.00
Sirka	[mm]	27.00	
Smysl stoup. bocni krivky zubu		pravý	levý
Jednotkove posunuti		0.000	-0.000
Jednotkova zmena tloustky zubu		0.000	-0.000
Vyska hlavy ha (na max.povrs.)	[mm]	3.00	3.00
Vyska paty hf (na max.povrs.)	[mm]	3.90	3.90

		vnejsi okraj	stred	vnitrni okraj
Delka povrsky	[mm]	91.92	77.34	64.92
Modul celni	[mm]	4.643	3.906	
Modul normalny	[mm]	2.987	3.333	3.148
Uhel sklonu boc. krivky	[°]	49.963	31.437	16.228

NASTROJ	Poc.skup. zw	ø nastr. Dw [mm]	hlava ha [mm]	zata hf [mm]	celkov. h [mm]	Uhel zaberu α
UTC 40/3	1	80.89	3.00	3.90	6.90	17° 30'

PEVNOSTNI KONTROLA.

Moment na pastorku c. 1 [Nm]	Otacky [1/min]	Vykon [kW]	Rychlost [m/s]	Sila Fm0 [N]	Soucinitel bezpec. pastor. 1	bezpec. kola 2
625	400.0	26.18	2.32	11271	2.89	2.89

Axialni sily pro 1. smysl otaceni (Fa/Fm0)	0.69356	-0.17095
Axialni sily pro 2. smysl otaceni (Fa/Fm0)	-0.17095	0.69356


```

=====
:
: : Navez : Frezovací hlava           Stroj : IFVW11
: : Autor : Lenka Karlova              04/12/12
: :                                             List : 10
: :
: : LENKA.dhl
: :
: : o z u b e n a   k o l a   c e l n i
: : r o z m e r o v y   v y p o c e t
: :
: : korekce na merne skluzy
: :
: : pocet zubu kol          50          41
: : normalny modul [mm]    4.50
: : normalny uhel zaberu [deg]  20 0 0
: : uhel sklonu zubu [deg](kl)  0 0 0
: : bocni vule [mm]        .0000
: : osova vzdalenost [mm]   206.0000
: : sirka kol [mm]         60.00      60.00
: :
: : jednotkove posunuti profilu      .1117      .1723
: : prumery hlavovych kruznic [mm]  234.95    194.99
: : prumery roztecnich kruznic [mm]  225.00    184.50
: : prumery patnich kruznic [mm]    214.76    174.80
: : prumery zakladnich kruznic [mm]  211.43    173.37
: :
: : trvani evolventy          1.6748
: : trvani kroku              .0000
: : celkove trvani zaberu     1.6748
: :
: : meze souctu jednotkovych posunuti
: : smluvni dolni mez        -.2550
: : doporuцена dolni mez     .0000
: : skutecny soucet jedn. posunuti .2840
: : doporuцена horni mez     1.0000
: : smluvni horni mez        1.5000
: :
: : meze jednotkovych posunuti kol
: : smluvni dolni mez        -.5000      -.3500
: : doporuцена dolni mez     -.5000      -.2750
: : skutecne jednotkove posunuti .1117      .1723
: : doporuцена horni mez     .6000      .6000
: : smluvni horni mez        1.0000      .9100
=====

```

```

-----
| kontrolni miry |
| pocet zubu pro mereni | 6 | 5 |
| rozmer pres zuby [mm] | 76.56 | 62.90 |
|
| konstantni tloustka zubu [mm] | 6.56 | 6.74 |
| konstantni vyska zubu [mm] | 3.78 | 4.02 |
|
| hodnoty pro brouseni |
| beta w15 | 0 0 0 | 0 0 0 |
| dw15 | 218.8893 | 179.4892 |
| beta w 0 | 0 0 0 | 0 0 0 |
| dw 0 | 211.4308 | 173.3733 |
|
| prumer kruz. pocatku zaberu[mm] | 219.23 | 179.05 |
-----

```

```

:
:
: : Nazev : Frezovací hlava          Stroj : IFVW11
:
: : Autor : Lenka Karlova             04/12/12
:
: :
: : LENKA.dhl                        List : 11
:
=====
:
: : pevnostni vypocet celnich ozubenych kol s vnejsim ozubenim
:
: : kolo 1      kolo 2
: : =====
:
: : zadane parametry
: : =====
:
: : pocet zubu          50          41
: : normalny modul      [mm]      4.50
: : normalny uhel zaberu [deg]    20.00
: : uhel sklonu zubu    [deg]     .00
: : jednotkove posunutí .112      .172
: : sirka               [mm]      60.00
: :
: : souc.vysky hlavy hrebenov.nastroje 1.25
: : souc.polomeru zaobleni hreb.nastr. .38
: :
: : material :
: : tepelne zpracovani 16220.4
: : CEMENT.KAL.
: : jakostni trida     MQ
: : pevnost v jadre    [Mpa]      880.
: : mez kluzu          [Mpa]      635.
: : mez unavy v ohybu  [Mpa]      700.
: : mez unavy v dotyku [Mpa]      1270.
: : tvrdost v jadre    [Hv]       285.
: : tvrdost boku       [Hv]       650.
: : min. tloustka tvr. vrstvy [mm] .73
: : presnost soukoli   7 - 7 - 5 Dh/III
: : str.aritm.uchyl.profilu(drsnost)[mkm] 1.60
:
:
: : soubor zatezovacich stavu na kole 1
: : .....
: : mk [Nm]              n [1/min]      tau[hod]
: : zakladni smysl tocení
: : 1357.00              200.00         1000.00
: : 790.00                350.00         3000.00
: : 330.00                1000.00        1000.00
: :
: : opacny smysl tocení

```

```

:
:
: : Nazev : Frezovací hlava          Stroj : IFVW11
:
: : Autor : Lenka Karlova             04/12/12
:
: :
: : LENKA.dhl                        List : 12
:
=====
:
: : pevnostni vypocet celnich ozubenych kol s vnejsim ozubenim
:
: :
: : vysledne hodnoty
: : =====
:
: : smerodatne zatizeni
: : moment [Nm]
: : ohyb          1357.0      1112.7
: : dotyk         943.3       804.7
: :
: : obvodova rychlost [m/s]
: : ohyb          2.356       2.356
: : dotyk         4.123       4.123
: :
: : soucinitele bezpecnosti :
: : ohyb          | 2.01
: : dotyk         | 1.28
: :
: : kontrola pro jednoraz.max. zatizeni (staticky)
: : .....
: : soucinitele bezpec. pro jednor. zatizeni
: : ohyb          4.44
: : dotyk         2.26
:
=====

```


prumery ozubeneho kola 4 [mm]

roztecný 184.50
 patni 174.80
 hlavovy 194.99

mezni obvodove hazeni .056

zadana sirka 55.00 mm

Nazev : Frezovaci hlava Stroj : IFW11
 Autor : Lenka Karlova 04/12/12

 LENKA.dhl List : 23

o z u b e n a k o l a c e l n i
 r o z m e r o v y v y p o c e t

korekce na merne skluzy

kolo 3 kolo 4

pocet zubu kol 50 41
 normalny modul [mm] 4.50
 normalny uhel zaberu [deg] 20 0 0
 uhel sklonu zubu [deg](kl) 0 0 0
 bocni vule [mm] .0000
 osova vzdalenost [mm] 206.0000
 sirka kol [mm] 55.00 55.00

jednotkove posunutí profilu .1117 .1723
 prumery hlavovych kruznic [mm] 234.95 194.99
 prumery roztecnych kruznic [mm] 225.00 184.50
 prumery patnich kruznic [mm] 214.76 174.80
 prumery zakladnich kruznic [mm] 211.43 173.37

trvani evolventy 1.6748
 trvani kroku .0000
 celkove trvani zaberu 1.6748

meze souctu jednotkovych posunutí
 smluvni dolni mez -.2550
 doporučena dolni mez .0000
 skutecny soucet jedn. posunutí .2840
 doporučena horni mez 1.0000
 smluvni horni mez 1.5000

meze jednotkovych posunutí kol
 smluvni dolni mez -.5000
 doporučena dolni mez -.2750
 skutecne jednotkove posunutí .1117
 doporučena horni mez .6000
 smluvni horni mez 1.0000


```

| kontrolni miry
| pocet zubu pro mereni          6          5
| rozmer pres zuby [mm]        76.56        62.90
|
| konstantni tloustka zubu [mm] 6.56        6.74
| konstantni vyska zubu [mm]    3.78        4.02
|
| hodnoty pro brouseni
| beta w15                      0 0 0      0 0 0
| dw15                          218.8893   179.4892
| beta w 0                      0 0 0      0 0 0
| dw 0                          211.4308   173.3733
|
| prumer kruz. pocatku zaberu[mm] 219.23    179.05
|-----

```

```

=====
: Nazev : Frezovaci hlava          Stroj : IFVM11
: Autor : Lenka Karlova           04/12/12
:
:                                     LENKA.dhl      List : 24
:
-----
|      pevnostni vypocet celnich ozubenych kol s vnejsim ozubenim
|      kolo 3      kolo 4
|      =====
| zadane parametry
| =====
| pocet zubu          50          41
| normalny modul      [mm]      4.50
| normalny uhel zaberu [deg]    20.00
| uhel sklonu zubu    [deg]     .00
| jednotkove posunuti .112      .172
| sirka               [mm]      55.00      55.00
|
| souc.vysky hlavy hrebenov.nastroje      1.25
| souc.polomeru zaobljeni hreb.nastr.      .38
|
| material :      16220.4      16220.4
| tepelne zpracovani      CEMENT.KAL.      CEMENT.KAL.
| jakostni trida      MQ      MQ
| pevnost v jadre      [Mpa]      880.      880.
| mez kluzu      [Mpa]      635.      635.
| mez unavy v ohybu      [Mpa]      700.      700.
| mez unavy v dotyku      [Mpa]      1270.     1270.
| tvrdost v jadre      [Hv]      285.      285.
| tvrdost boku      [Hv]      650.      650.
| min. tloustka tvrzk. vrstvy      [mm]      .73      .73
|
| presnost soukoli      7 - 7 - 5 Dh/III
| str.aritm.uchyl.profilu(drsnost)[mkm]    1.60      1.60
|
| soubor zatezovacich stavu na kole 3
| .....
| mk [Nm]      n [1/min]      tau[hod]
| zakladni smysl toceni
| -940.00      286.00      1000.00
| -548.00      495.00      3000.00
| -288.00      1415.00     1000.00
|
| opacny smysl toceni
|

```

 :
 : Navez : Frezovací hlava Stroj : IFW11
 :
 : Autor : Lenka Karlova 04/12/12
 :
 : LENKA.dhl List : 37
 :
 :-----

ZATIZENI V PREVODOVYCH PRVCICH

Souhmoti : 3.10 pocet ZM : 2

Zadane	hodnoty	Mk	I	otacky	doba behu
oznaceni	typ	mst.zs	[Nm]	I	[hod]
5.06	kuzel.k.	1.01	650.0	I	400.0
		1.02	380.0	I	700.0
		1.03	158.0	I	2000.0
.....					
12.13	spojka	1.01	-650.0	I	
		1.02	-380.0	I	
		1.03	-158.0	I	

ZATIZENI V OBECHNYCH ZATEZNYCH PRVCICH

Souhmoti : 3.10 pocet OZM : 1

oznaceni	typ	mst.zs	I	Fo	Fr	Fa
			[Nm]	[N]	[N]	[N]
1.00	jine loz.	1.01	I	-77.7	36.2	.0
		1.02	I	-45.4	21.2	.0
		1.03	I	-18.9	8.8	.0

 :
 : Navez : Frezovací hlava Stroj : IFW11
 :
 : Autor : Lenka Karlova 04/12/12
 :
 : LENKA.dhl List : 38
 :
 :-----

SILY V PREVODOVYCH PRVCICH

Souhmoti : 3.10 pocet ZM : 2

Zadane	hodnoty	Mk	I	vypoctene	hodnoty
oznaceni	typ	mst.zs	[Nm]	I	Fa
				Fo	[N]
5.06	kuzel.k.	1.01	650.0	I	11817.9
		1.02	380.0	I	6908.9
		1.03	158.0	I	2872.7
.....					
12.13	spojka	1.01	-650.0	I	.0
		1.02	-380.0	I	.0
		1.03	-158.0	I	.0

OBVODOVE RYCHLOSTI

zatez. místo I 5. I 12. I
 -----I-----I-----I
 obv. rych. [m/s] I 11.52 I .00 I

REAKCE V LOZISKACH

Souhmoti : 3.10 pocet lozisek : 2

lozisko	oznaceni	typ	mst.zs	I	Fx	Fy	Fr	Fa
				[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]
32013	r. kuz.jr.	1.01I	20285.8	-8351.8	21937.8	-12230.7		
		1.02I	11859.4	-4882.6	12825.2	-7150.3		
		1.03I	4931.0	-2030.1	5332.6	-2973.0		
.....								
32013	r. kuz.jr.	1.01I	-8390.2	6295.4	10489.4	4034.4		
		1.02I	-4905.0	3680.4	6132.3	2358.6		
		1.03I	-2039.5	1530.3	2549.7	980.7		

: : Nazev : Frezovací hlava Stroj : IFVW11
 : : Autor : Lenka Karlova 04/12/12
 : : : LENKA.dhl List : 53
 : : :

OBVODOVE RYCHLOSTI

zatez. mesto I 8. I
 -----I-----I
 obv. rych. [m/s] I 20.72 I

REAKCE V LOZISKACH

Souhmoti : 5.00 pocet lozisek : 2
 I v y p o c t e n e h o d n o t y
 l o z i s k o m s t . z s I Fx FY Fr Fa
 oznaceni typ [N] [N] [N] [N] [N]

 32010 r. kuz.jr. 1.01I .0 -2757.4 2757.4 -3446.7
 1.02I .0 -1603.6 1603.6 -2004.5
 1.03I .0 -486.2 486.2 -607.7

 32010 r. kuz.jr. 1.01I -.0 -9650.8 9650.8 3446.7
 1.02I .0 -5612.7 5612.7 2004.5
 1.03I .0 -1701.6 1701.6 607.7

DEFORMACE v prevodovych prvcich

Souhmoti : 5.00 pocet ZM : 2
 p r e v o d . p r v k y I v y p o c t e n e h o d n o t y
 ozn. typ ms.zs I pruhyb pruhyb pruhyb natoceni natoceni
 I ux [mm] uy [mm] uo [mm] fio [rad] fik [rad]

 8.07 valc.vne. 1.01I .000E+00 .000E+00 .000E+00 .140E-07 .000E+00
 1.02I .000E+00 .000E+00 .000E+00 .812E-08 .000E+00
 1.03I .000E+00 .000E+00 .000E+00 .246E-08 .000E+00

 8.09 valc.vne. 1.01I .000E+00 .000E+00 .000E+00 .140E-07 .000E+00
 1.02I .000E+00 .000E+00 .000E+00 .812E-08 .000E+00
 1.03I .000E+00 .000E+00 .000E+00 .246E-08 .000E+00

: : Nazev : Frezovací hlava Stroj : IFVW11
 : : Autor : Lenka Karlova 04/12/12
 : : : LENKA.dhl List : 54
 : : :

DEFORMACE v loziskach

Souhmoti : 5.00 pocet lozisek : 2
 l o z i s k o I v y p o c t e n e h o d n o t y
 oznaceni typ mst.zs I natoceni
 I fio [rad]

32010 r. kuz.jr. 1.01I .1537E-07
 1.02I .8940E-08
 1.03I .2710E-08

 32010 r. kuz.jr. 1.01I .2237E-07
 1.02I .1301E-07
 1.03I .3945E-08

maximalni NAPETI

Souhmoti : 5.00
 I v y p o c t e n e h o d n o t y
 mst. zs. I c. rezu souradnice napeti
 [-] [-] I [-] z [mm] sigr [Mpa]

1 1 I 5 28.0 .5
 1 2 I 5 28.0 .3
 1 3 I 5 28.0 .1

Maximalni DEFORMACE a NAPETI

Souhmoti : 5.00
 I v e l i c i n a : m . s t . s t a v p o r a d i h o d n o t a
 I p r u h y b u o v Z Z M [m m] : 1 0 0 . 0 0 0 E + 0 0
 I n a t o c e n i f i o v Z Z M [r a d] : 1 1 1 . 1 4 0 E - 0 7
 I n a t o c e n i f i o v l o z i s k u [r a d] : 1 1 1 . 2 2 4 E - 0 7
 I n a p e t i [M P a] : 1 1 1 5 . 5

: Navez : Frezovací hlava Stroj : IFVW11
 : Autor : Lenka Karlova 04/12/12
 : LENKA.dhl List : 67
 :

KONTROLA LOZISEK

Souhmoti : 6.00 pocet lozisek : 2

Dynamicka kontrola loziska 33214
(vyrobce FAG)

Koefficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 1.76 [-]
 Trvanlivost loziska : 8800. [hod]
 Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 178928. [N]
 Bezpecnost proti preotackovani : 1.90 [-]

Staticka kontrola loziska 33214
(vyrobce FAG)

Koefficient bezpecnosti (staticky) loziska : 6.12 [-]
 Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

Dynamicka kontrola loziska 33011
(vyrobce FAG)

Koefficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 3.69 [-]
 Trvanlivost loziska : 18449. [hod]
 Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 62861. [N]
 Bezpecnost proti preotackovani : 2.50 [-]

Staticka kontrola loziska 33011
(vyrobce FAG)

Koefficient bezpecnosti (staticky) loziska : 7.80 [-]
 Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

: Navez : Frezovací hlava Stroj : IFVW11
 : Autor : Lenka Karlova 04/12/12
 : LENKA.dhl List : 68
 :

o z u b e n a k o l a c e l n i

razitko pro kolo 9

ozubeni (CELNI,KUZELOVE) i celni
 zuby (PRIME,SIKME,SIPOVE) i prime
 pocet zubu i z i 21
 i modul i m i 5.00
 nastroj i uhel profilu i alfa i 20 0 0
 i profil i CSN 014607
 i vyska hlavy nastroje i hxf i 1.25.m = 6.25
 uhel sklonu bocni krivky zubu i beta i 0 0 0
 smysl stoupani bocni krivky zubu i - i -
 jednotkove posunutí i x i .2676
 jednotkova zmena tloustky zubu i xt i
 stupen presnosti i 7 - 7 - 5 Dh/III
 i tloustka zubu na tetive i i 7.80 -.043
 i i -.085
 i vyska hlavy zubu nad tetivou i i 4.92
 kontr. i pres 3 zuby i W i 39.29 -.040
 rozmer i i -.080
 i pres valeyky 0 6.00 i M i 109.27 -.163
 i i -.232
 modul celni i mt i 5.00000
 prumer zakladni kruznice i db i 98.67
 uhel sklonu bocni krivky zubu na zakl.valcici betab i 0 0 0
 i i
 betaw15 = 0 0 0 dw15 = 102.15 i i

spoluzabirajici kolo

cislo vykresu i pocet zubu i vzdalenost os aw i uhel os
 i 49 i 175.00 + .030 i 0
 i i - .030 i

prumery ozubeneho kola 8 [mm]
 =====
 roztecný 245.00
 patni 229.82
 hlavovy 252.32
 =====
 zadana sirka 60.00 mm

mezni obvodove hazeni .056

o z u b e n a k o l a c e l n i
 r o z m e r o v y v y p o c e t

korekce na merne skluzy

kolo 9 kolo 8

pocet zubu kol 21 49
 normalny modul [mm] 5.00
 normalny uhel zaberu [deg] 20 0 0
 uhel sklonu zubu [deg](kl) 0 0 0
 bocni vule [mm] .0000
 osova vzdalenost [mm] 175.0000
 sirka kol [mm] 60.00 60.00

jednotkove posunuti profilu .2676 -.2676
 prumery hlavovych kruznic [mm] 117.68 252.32
 prumery roztecnych kruznic [mm] 105.00 245.00
 prumery patnich kruznic [mm] 95.18 229.82
 prumery zakladnich kruznic [mm] 98.67 230.22

trvani evolventy 1.6153
 trvani kroku .0000
 celkove trvani zaberu 1.6153

meze souctu jednotkovych posunutí
 smluvni dolni mez -.1500
 doporučena dolni mez .0000
 skutecny soucet jedn. posunutí .0000
 doporučena horni mez 1.0000
 smluvni horni mez 1.4167

meze jednotkovych posunutí kol
 smluvni dolni mez -.0167
 doporučena dolni mez .2250
 skutecne jednotkove posunutí .2676
 doporučena horni mez .6000
 smluvni horni mez .7100

Nazev : Frezovací hlava Stroj : IFVW11
 Autor : Lenka Karlova 04/12/12

LENKA.dhl List : 70

-.4833
 -.4750
 -.2676
 .6000
 .9900

