

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní



TECHNICKÁ ZPRÁVA

VŘETENO

ÚLOHA Č. 9

Martin Tomáš

Zadání

Podle tabulky zadání navrhnete předlohou hřídel, která je vložena mezi dva řemenové převody. Číslo zadání úlohy v tabulce se shoduje s koncovým dvojčíslem Vašeho rodného čísla (stejně jako v úloze č. 7).

Je dán minimální průměr hřídele pod řemenicí $d_{\min}$ (s ohledem na konstrukci může být zvolen větší, nutné zdůvodnit ve zprávě).

Dále je zadán typ řemenu (klínový/ozubený). Použitý typ řemenu je shodný na obou koncích předlohy hřídele. U ozubeného řemenu je zadán typ a šířka, u klínového je dán typ a počet řemenů.

Je zadán typ požadovaného axiálního zajištění. KM – KM matice + MB podložka, Šr – šroub, M – matice. Spoj musíte zajistit proti samovolnému uvolnění. Hřídel je uložena ve valivých ložiskách.

V zadání je uvedeno, jaký použijete typ ložiskových těles. U nakupovaných těles uveďte ve zprávě výrobce, typ a katalogový list. U obráběných, svařovaných a odlitých těles respektujte technologické požadavky dané varianty.

Malou řemenici uložte na válcový konec hřídele, velkou uložte na kuželový konec hřídele. Přenos kroutícího momentu realizujte pomocí per. Pro obě řemenice zvolte shodná pera.

Dané hodnoty

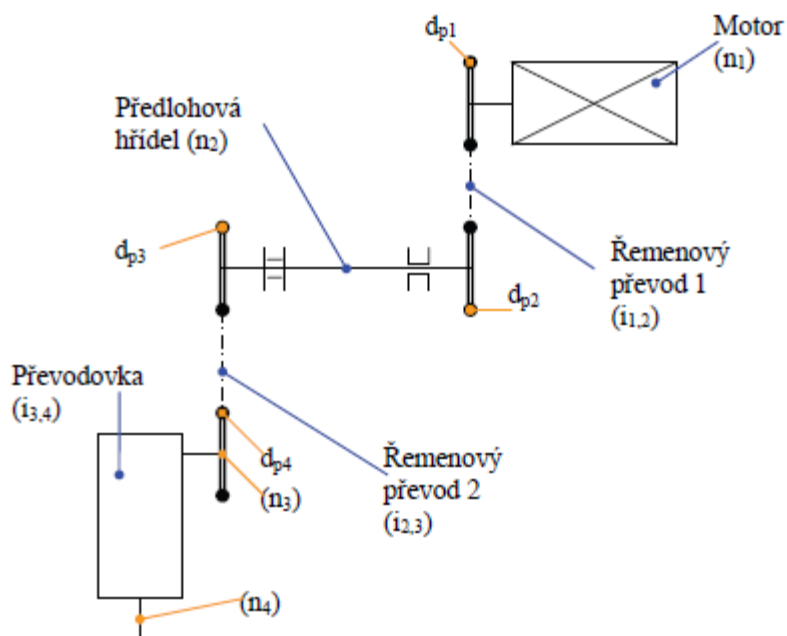
- *otáčky motoru*
 $n_1 = 1500 \text{ ot/min}$
- *požadované výstupní otáčky z převodovky*
 $n_4 = 15 \text{ ot/min}$
- *převodový poměr převodovky*
 $i_{3,4} = 25$
- *oba řemenové převody zvolte stejné*
 $i_{1,2} = i_{2,3}$
- *u obou malých řemenic zvolte totožný průměr*
 $d_{p1} = d_{p3}$

Zadání č. 28:

- | | |
|------------------------------------|----------------------------|
| ➤ <i>Minimální průměr hřídele:</i> | $d_{\min} = 10 \text{ mm}$ |
| ➤ <i>Typ řemenu:</i> | ozubený |
| ➤ <i>Ozubený řemen:</i> | typ MXL 012 |
| ➤ <i>Axiální pojištění:</i> | MB podložka + KM matice |
| ➤ <i>Domek:</i> | obráběný |
| ➤ <i>Parametr a:</i> | $a = 12 \text{ mm}$ |

Výpočtová část

Schéma pohonu



$$n_1 = 1500 \text{ ot/min}$$

$$n_4 = 15 \text{ ot/min}$$

$$i_{1,2} = i_{2,3}$$

$$i_{3,4} = 25$$

$$dp_1 = dp_3$$

Výpočet převodových poměrů

$$n_2 = \frac{n_1}{i_{1,2}} = \frac{1500}{2} = \underline{\underline{750 \text{ ot/min}}}$$

$$n_3 = \frac{n_2}{i_{2,3}} = \frac{750}{2} = \underline{\underline{375 \text{ ot/min}}}$$

$$n_4 = \frac{n_1}{i_{1,4}} = \frac{1500}{100} = \underline{\underline{15 \text{ ot/min}}}$$

$$i_{1,2} = \sqrt{\frac{n_1}{n_4 \cdot i_{3,4}}} = \sqrt{\frac{1500}{15 \cdot 25}} = \underline{\underline{2}}$$

$$i_{1,2} = i_{2,3} \Rightarrow i_{2,3} = \underline{\underline{2}}$$

$$i_{1,4} = i_{1,2}^2 \cdot i_{3,4} = 2^2 \cdot 25 = \underline{\underline{100}}$$

Předlohové hřídeli odpovídají otáčky $n=750 \text{ ot/min}$.

Výpočet průměrů řemenic

Rozměry řemenů a přenášená síla

Rozměry v mm

Typ řemene	Šířka řemene b	Označení šířky řemene	Rozteč zubů p	Výška zubu h_t	Výška řemene h_s	Šířka zubu s	Úhel zubu 2γ	Poloměr		Dvojitý řemen		Maximální obvodová síla F (N)
								paty r_f	hlavy r_a	W	T	
MXL	3,2 4,8 6,4	012 019 025	2,032	0,51	1,2 $\pm 0,25$	1,14	40°	0,13	0,13			15 25 36
XL	6,4 7,9 9,5	025 031 037	5,08	1,27	2,30 $\pm 0,65$	2,57	50°	0,38	0,38	0,508 $\pm 0,127$	3,048 $\pm 0,178$	36 45 54
L	12,7 19,1 25,4	050 075 100	9,525	1,91	3,60 $\pm 0,65$	4,65	40°	0,51	0,51	0,762 $\pm 0,127$	4,572 $\pm 0,254$	109 177 249
H	19,1 25,4 38,1 50,8 76,2	0,75 100 150 200 300	12,7	2,29	4,30 $\pm 0,65$	6,12	40°	1,02	1,02	1,372 $\pm 0,127$	5,994 $\pm 0,127$	449 635 989 1 360 2 132
XH	50,8 76,2 101,6	200 300 400	22,225	6,35	11,2 $\pm 0,65$	12,57	40°	1,57	1,19			1 860 2 910 4 120
XXH	50,8 76,2 101,6 127,0	200 300 400 500	31,75	9,53	15,70 $\pm 0,65$	19,05	40°	2,29	1,52			2 270 3 570 5 060 6 530

Na zvláštní objednávku se vyrábějí řemeny až do šířky 356 mm (označení 1400).

Rozměry věnců ozubených řemenic

Rozměry v mm

Označení řemenu	Počet zubů řemenice z	Rozteč zubů p	Úhel zubu δ°	Výška zubu h_r	Šířka hlavy zubu b_g	Poloměr zaoblení		$2u$
						vnějšího t_1	vnitřního t_2	
		$\pm 0,003$	$\pm 0^\circ 7' 12''$	+0,05 0	+0,05 0	$\pm 0,03$	$\pm 0,03$	
MXL	od 10 do 23 přes 24	2,032	28 20	0,64	0,61 0,64	0,30	0,23	0,508
XXL	od 10	3,175	25	0,84	0,96	0,30	0,28	0,508
XL	od 10	5,080	25	1,40	1,27	0,61	0,61	0,508
L	od 10	9,525	20	2,13	3,10	0,86	0,53	0,762
H	od 14 do 19 přes 19	12,700	20	2,59	4,24	1,47	1,04 1,42	1,372
XH	od 18	22,225	20	6,88	7,59	2,01	1,93	2,794
XXH	od 18	31,750	20	10,29	11,61	2,69	2,82	3,048

Tab.: 1 Rozměry věnců ozubených řemenic + rozměry řemenů

Pro výpočet malé řemenice volím dle tabulky počet zubů větší, než je $z_{\min} = 14$ z důvodu požadovaného většího minimálního průměru hřídele a taktéž pro dostatek místa na pero. Při zachování $z_{\min}$ vycházel průměr malé řemenice menší, než požadované $d_{\min}$.

$$z_1 = 30$$

$$P_b = 2,032$$

$$d_{p1} = d_{p3} = i_{1,2} \cdot d_{p1} = \frac{z_1 \cdot P_b}{\pi} = \frac{30 \cdot 2,032}{\pi} = \mathbf{19,40 \text{ mm}}$$

$$i_{1,2} = \frac{d_{p2}}{d_{p1}} \rightarrow d_{p2} = d_{p4} = i_{1,2} \cdot d_{p1} = 2 \cdot 19,40 = \mathbf{38,8 \text{ mm}}$$

Vzhledem k nedostatečné a neuspokojivé nabídce řemenic pro námi požadovaný typ řemenu jsme nuceni si řemenice vyrobit na vlastní náklady. Navrhuji rozměr menší řemenice $D_{p1} = 19,4 \text{ mm}$ a rozměr větší řemenice $D_{p2} = 38,8 \text{ mm}$.

Tolerance házení

Rozměry v milimetrech

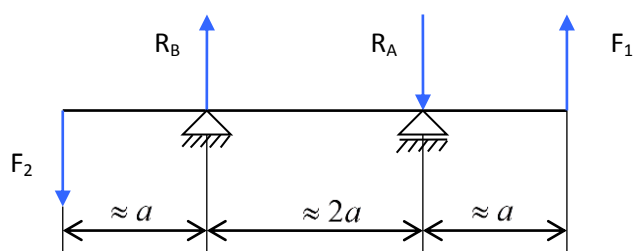
Průměr hlavového válce d_a		Tolerance čelního házení	Průměr hlavového válce d_a		Tolerance obvodového házení
přes	do		přes	do	
	101,6	0,1		203,2	0,13
101,6	254	0,001 na 1 mm průměru	203,2		0,13 + 0,0005 mm na každý 1 mm průměru nad 203,2 mm
254		0,25 + 0,0005 na 1 mm průměru nad 254 mm			

Tab.: 2 Tolerance házení řemenic

Skici dílčích uzlů

Skici dílčích uzlů přikládám v podobě výrobních výkresů malé a velké řemenice, hřídele, ložiskového tělesa (domku) a distančních trubek spolu s výkresovou dokumentací.

Ložiska a jejich rozmístění



obr.:1. Doporučené rozměrové schéma hřídele

01-25		26-50		51-75		76-00	
č.	a	č.	a	č.	a	č.	a
01	12	26	102	51	91,2	76	68,4
02	19	27	122,4	52	81,6	77	76
03	25	28	12	53	102	78	91,2
04	25	29	19	54	122,4	79	81,6

Tab.: 5 doporučený parametr a

- Parametr $a = 12$ mm byl dodržen.

Prvky pro přenos M_k

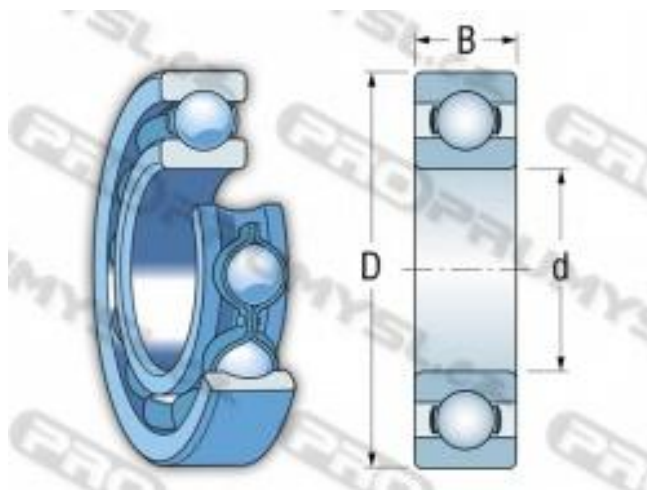
Parametry per pro přenos kroutícího momentu jsem vybral podle průměru hřídele, na kterém budou uložena. Jmenovitému průměru $\phi 10$ odpovídá pero ČSN 02 2562 3e7x3x8. Délka drážky v hřídeli je normalizovaná s úchytkami $8_0^{+0,1}$.

Axiální zajištění

Axiálně je soustava pojištěná MATICÍ KM 0 ČSN 02 3630-M10x0,75. Pro zvýšení bezpečnosti jsem jeden konec vřetene opatřil levým závitem (resp. MATICÍ KM 0 ČSN 02 3630-M10x0,75-LH). Tento prvek bude mít smysl, bude-li se hřídel otáčet kolem své osy ve směru pravého závitu.

Specifikace normalizovaných prvků

1x pojistný kroužek ČSN 02 2931 – 28
2x pero ČSN 02 2562 3e7x3x8
1x matice KM0 ČSN 02 3630 – M10x7,5
1x matice KM0 ČSN 02 3630 – M10x7,5-LH
2x podložka MB0 ČSN 02 3640
2x ložisko SKF Explorer (6001 ČSN 02 4630)



Katalogové číslo: L.6001 SKF

Průměr d = 12 mm

Průměr D = 28 mm

Šířka B = 8 mm

Přesnost rozměrů odpovídá
třídě přesnosti P6.

Návrh požadovaných uložení

➤ Uložení ložisek

Na hřídeli

Pro uložení ložiska na hřídeli volím uložení s přesahem. Výrobce uvádí toleranci vnitřního průměru ložiska P6. Pro dosažení přesahu volím toleranci hřídele js7.

Φ12 P6/js7

js7	...	es = +9	P6	...	ES = -15
		ei = -9			EI = -26

$$P_{\min} = ei - ES = -9 - (-15) = 6\mu\text{m}$$

$$P_{\max} = es - EI = 9 - (-26) = 35\mu\text{m}$$

$$S_u = \frac{P_{\min} + P_{\max}}{2} = \frac{6 + 35}{2} = 20,5\mu\text{m}$$

V domku

Pro uložení ložiska v domku volím uložení s přesahem. Výrobce uvádí toleranci vnějšího průměru ložiska p6. Pro dosažení přesahu volím tolerance díry JS8.

Φ28 JS8/p6

p6	...	es = +35 ei = +22	JS8	...	ES = +16,5 EI = -16,5
----	-----	----------------------	-----	-----	--------------------------

$$P_{\min} = ei - ES = 22 - 16,5 = 5,5\mu\text{m}$$

$$P_{\max} = es - EI = 35 - (-16,5) = 51,5\mu\text{m}$$

$$S_u = \frac{P_{\min} + P_{\max}}{2} = \frac{5,5 + 51,5}{2} = 28,5\mu\text{m}$$

➤ Uložení distančních trubek

Vzhledem ke snadné smontovatelnosti volím uložení s vůlí.

Φ12 H7/f7

H7	...	ES = +18 EI = 0	f7	...	es = -16 ei = -34
----	-----	--------------------	----	-----	----------------------

$$V_{\min} = EI - es = 0 - (-16) = 16\mu\text{m}$$

$$V_{\max} = ES - ei = 18 - (-34) = 52\mu\text{m}$$

$$S_u = \frac{V_{\min} + V_{\max}}{2} = \frac{16 + 52}{2} = 34\mu\text{m}$$

➤ Uložení malé řemenice

Vzhledem ke snadné smontovatelnosti volím uložení s vůlí, jelikož přenos točivého momentu je realizován pomocí per a axiální zajištění je vyřešeno distanční trubkou a KM maticí s MB podložkou.

Φ10 H8/h7

H8	...	ES = +22 EI = 0	h7	...	es = 0 ei = -15
----	-----	--------------------	----	-----	--------------------

$$V_{\min} = EI - es = 0 - 0 = 0\mu\text{m}$$

$$V_{\max} = ES - ei = 22 - (-15) = 37\mu\text{m}$$

$$S_u = \frac{V_{\min} + V_{\max}}{2} = \frac{0 + 37}{2} = 18,5\mu\text{m}$$

Montáž

Nejprve lisujeme první ložisko (12) na hřídel až k osazení. Pro oddělení ložisek instalujeme distanční trubku (6) a po ní nalisujeme druhé ložisko (12). Takto připravenou hřídel zasuneme kuželovým koncem do domku a opřeme o osazení. Ložisko, které jsme instalovali jako druhé v pořadí, pojistíme pojistným kroužkem (11), který vložíme do připravené drážky. Za ložiskem následuje druhá distanční trubka (5). Na hřídel nasadíme těsná pera a nasuneme malou řemenici (2) na válcový konec hřídele tak, že ji opřeme o distanční trubku (5). Řemenici pojistíme navrženou maticí (7), kterou podložíme podložkou (9). Na kuželový konec hřídele nasadíme velkou řemenici (3) a pojistíme stejným způsobem jako řemenici malou. Nyní ale použijeme matici s levým závitem (8), kterou podkládáme podložkou (9). Domek s vřetenem připevníme pomocí 4 šroubů k desce stolu.

Konstrukční hodnocení

Je nutné nechat sestavu zaběhnout bez plné zátěže před zahájením provozu a to po dobu alespoň poloviny denního zatížení (4-8 hod.). Ačkoliv jsou navržená ložiska chráněná z obou stran plechy s pryžovým těsněním, pro správný běh celého systému nařizují pravidelné kontroly v intervalech 250 pracovních hodin a dále generální kontrolu celého systému po uplynutí 1000 pracovních hodin stroje (nejméně však každých 8 měsíců).

Závěrečné zhodnocení

Při řešení úlohy jsem se snažil co nejvíce vyhovět zadání. Zadaný průměr hřídele jsem zachoval a zvolil jemu odpovídající pera. Řemenice jsem byl nucen sám vyrobit vzhledem k nízké nabídce řemenic pro požadovaný řemen MXL 012.

Hodnotu doporučeného parametru a pro rozmístění ložisek jsem dodržel. Ložiska jsou jednořadá kuličková kupovaná u firmy SKF. Axiálnímu posuvu ložisek brání z jedné strany pojistný kroužek a z druhé strany rozšířený průměr hřídele. Mezi ložisky je instalována distanční trubka TR $\phi 15 \times 3,2 - 16$ ČSN 42 6711.01.

Axiální posuv řemenic je zajištěn KM maticemi, doplněnými MB podložkami, zajišťujícími matici před samovolným uvolněním. Malá řemenice je z druhé strany zajištěna distanční trubicí TR $\phi 15 \times 3,2 - 4,5$ ČSN 42 6711.01 a velká řemenice kuželovým koncem hřídele.

Domek je obráběn ze čtyřhranu 4 HR 55 – 40 H11 ČSN 42 6520.12 materiálu 11 523.

Použitá literatura

- [1] Leinveber, J., Řasa, J., Vávra, P.: Strojnické tabulky. Scientia, spol. s r.o. Praha, 1999
- [2] Drastík, F. a kolektiv: Strojnické tabulky pro konstrukci i dílnu. Montanex Ostrava, 1999
- [3] Pospíchal, J.: Technické kreslení. Vydavatelství ČVUT, Praha 2009