

Fogaskerékajtás geometriai méreteinek számítása

Tervezzon általános egyenes fogazatú fogaskerékpárral szerelt hajtóművet, amelyet egy ékszíjhajtáson ($i = 1,4$ és $\eta = 98\%$) keresztül villanymotorral hajtának meg

$$(P_m = 1,1 \text{ kW} \quad \text{és} \quad n_m = 715 \frac{1}{\text{min}}) !$$

A fogaskerékajtás kiinduló adatai: $C_d = 2$ (dinamikai tényező),
 $z_1 = 18 \dots 30$, $\alpha = 20^\circ$, $\alpha_w = 23^\circ \dots 26^\circ$, $\xi = 0,8 \dots 1,2$, $Y = 2,5$,
 $u = 2,8$.

Pontossági fokozat	7	8	9
$\xi = b/d_{w1}$	1,1-1,2	1,0-1,1	0,8-0,9

$$n_1 = \frac{n_m}{i} = \frac{715}{60 \cdot 1,4} = 8,51 \frac{1}{\text{s}}, \quad P_1 = P_m \cdot \eta = 1100 \cdot 0,98 = 1078 \text{ W},$$

A felvett fogaskerékanyag jellemzői:

$$C60V \quad \sigma_D = 256 \text{ MPa} \Rightarrow$$

$$\sigma_{meg} = 0,3 \cdot \sigma_D = 0,3 \cdot 256 = 76,8 \text{ MPa}, \quad k_0 = 5,1 \text{ MPa} \Rightarrow$$

$$k_{meg} = 0,4 \cdot k_0 = 0,4 \cdot 5,1 = 2,04 \text{ MPa}.$$

A minimális tengelytáv:

$$\begin{aligned}
 a_{w\min} &= \sqrt[3]{\frac{P_1 \cdot C_d}{4 \cdot \pi \cdot n_1} \cdot \frac{1}{\xi} \cdot \frac{1}{\sin 2 \cdot \alpha_w} \cdot \frac{(1+u)^4}{u} \cdot \frac{1}{k_{meg}}} = \\
 &= \sqrt[3]{\frac{1078 \cdot 2}{4 \cdot \pi \cdot 8,51} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{\sin 2 \cdot 24^\circ} \cdot \frac{(1+2,8)^4}{2,8} \cdot \frac{1}{2,04 \cdot 10^6}} = 0,099 \text{ m} \\
 &= 99 \text{ mm}.
 \end{aligned}$$

A szabványos tengelytávolságok 1. sorozata:

$$40, 50, 63, \underline{80, 100, 125, 160, 200}, 250, 315, 400 .$$

Ebből a választott szabványos tengelytáv: $a_w = 100 \text{ mm}$.

A gördülőkör átmérő és a fogaskerek szélessége:

$$d'_{w1} = \frac{2 \cdot a_w}{u+1} = \frac{2 \cdot 100}{2,8+1} = 52,63 \text{ mm} .$$

A pontossági fokozat legyen 8, tehát:

$$\xi = 1 ,$$

$$b = \xi \cdot d'_{w1} = 1 \cdot 52,63 = 52,63 \text{ mm} \Rightarrow b = 55 \text{ mm} .$$

A minimális modul:

$$m_{\min} = \frac{P_1 \cdot C_d}{b \cdot d'_{w1} \cdot \pi \cdot n_1 \cdot \cos \alpha_w} \cdot \frac{Y}{\sigma_{meg}} =$$
$$= \frac{1078 \cdot 2 \cdot 2,5}{55 \cdot 52,6 \cdot \pi \cdot 8,5 \cdot \cos 24^\circ \cdot 76,8} = 0,99 \text{ mm} ,$$

$$a' = a_w \cdot \frac{\cos \alpha_w}{\cos \alpha} = 100 \cdot \frac{\cos 24^\circ}{\cos 20^\circ} = 97,21 \text{ mm} .$$

A kiskerék fogszáma legyen:

$$z_1 = 23 ,$$

így:

$$m' = \frac{2 \cdot a'}{z_1 \cdot (1+u)} = \frac{2 \cdot 97,21}{23 \cdot (1+2,8)} = 2,225 \text{ mm} .$$

Kivonat a szabványos modulsorozatból:

I. sorozat: 1,0; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6.

II. sorozat: 1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5.

A választott szabványos modul: $m = 2,25 \text{ mm}$.

A fogszámok és a valós fogszámviszony:

$$z_2 = u \cdot z_1 = 2,8 \cdot 23 = 64,4 \Rightarrow z_2 = 64 ,$$

$$u_{\text{valós}} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{64}{23} = 2,7826 ,$$

Célszerű a fogszámokat úgy felvenni, hogy ne legyen közös osztójuk!
(Azt mindenképpen kerüljük el, hogy a nagykerék fogszáma a kiskerék fogszámának egészszámú többszöröse legyen!)

A valós fogszámviszony $\pm 3\%$ -kal térhet el az elméleti fogszámviszonytól!

A geometriai méretek, jellemzők meghatározása:

$$a = m \cdot \frac{z_1 + z_2}{2} = 2,25 \cdot \frac{23 + 64}{2} = 97,875 \text{ mm} ,$$

$$\alpha_w = \arccos\left(\frac{a}{a_w} \cdot \cos \alpha\right) = \arccos\left(\frac{97,875}{100} \cdot \cos 20^\circ\right) = 23,1142^\circ ,$$

$$d_1 = m \cdot z_1 = 2,25 \cdot 23 = 51,75 \text{ mm} ,$$

$$d_2 = m \cdot z_2 = 2,25 \cdot 64 = 144 \text{ mm} ,$$

$$r_{w1} = \frac{a_w}{u_{\text{valós}} + 1} = \frac{100}{2,7826 + 1} = 26,4368 \text{ mm} ,$$

$$r_{w2} = a_w - r_{w1} = 100 - 26,4368 = 73,5631 \text{ mm} ,$$

$$r_{b1} = r_{w1} \cdot \cos \alpha_w = 26,4368 \cdot \cos 23,1142^\circ = 24,3146 \text{ mm} ,$$

$$r_{b2} = r_{w2} \cdot \cos \alpha_w = 73,5631 \cdot \cos 23,1142^\circ = 67,6578 \text{ mm} ,$$

$$\text{inv } 20^\circ = \text{tg } 20^\circ - \frac{20^\circ \cdot \pi}{180^\circ} = 0,0149 ,$$

$$\text{inv } 23,1142^\circ = \text{tg } 23,1142^\circ - \frac{23,1142^\circ \cdot \pi}{180^\circ} = 0,02341 ,$$

$$\Sigma x = x_1 + x_2 = \frac{z_1 + z_2}{2} \cdot \frac{(\text{inv } \alpha_w - \text{inv } \alpha)}{\text{tg } \alpha} =$$

$$= \frac{23 + 64}{2} \cdot \frac{(0,0234 - 0,0149)}{\text{tg } 20^\circ} = 1,01659 \text{ ,}$$

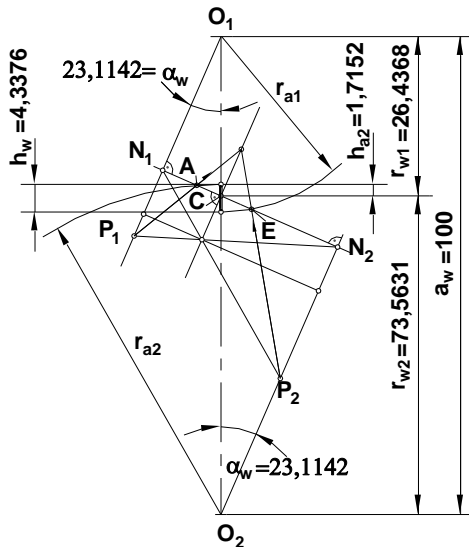
$$y = \frac{a_w - a}{m} = \frac{100 - 97,875}{2,25} = 0,9444 \text{ ,}$$

$$h_w = 2 \cdot m - (\Sigma x - y) \cdot m = 2 \cdot 2,25 - (1,0165 - 0,9444) \cdot 2,25 =$$

$$= 4,3376 \text{ mm .}$$

A relatíveszűszás szerkesztésből:

$$h_{a2} = 1,7152 \text{ mm .}$$



1. Ábra: A fogfejmagasság meghatározása a nagykeréken

A profiletolások és a fejkör sugarak:

$$x_1 = \frac{r_{w1}}{m} - \frac{z_1}{2} + 1 - \frac{h_{a2}}{m} = \frac{26,4368}{2,25} - \frac{23}{2} + 1 - \frac{1,7152}{2,25} = 0,4873 ,$$

$$x_2 = \Sigma x - x_1 = 1,0165 - 0,4873 = 0,5292 ,$$

$$\begin{aligned} r_{a1} &= \frac{m}{2} \cdot (z_1 + 2 + 2 \cdot x_1 - 2 \cdot (\Sigma x - y)) = \\ &= \frac{2,25}{2} \cdot (23 + 2 + 2 \cdot 0,487 - 2 \cdot 0,0721) = 29,0591 \text{ mm} , \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{a2} &= \frac{m}{2} \cdot (z_2 + 2 + 2 \cdot x_2 - 2 \cdot (\Sigma x - y)) = \\ &= \frac{2,25}{2} \cdot (64 + 2 + 2 \cdot 0,529 - 2 \cdot 0,0721) = 75,2784 \text{ mm} . \end{aligned}$$

A relatívcsúszás ellenőrzése számítással:

$$\rho_{2A} = \sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2} = \sqrt{75,278^2 - 67,657^2} = 33,004 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \rho_{1A} &= a_w \cdot \sin \alpha_w - \sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2} = 100 \cdot \sin 23,114^\circ - 33,004 = \\ &= 6,2525 \text{ mm} , \end{aligned}$$

$$v_1 = \frac{\rho_{2A}}{\rho_{1A} \cdot u_{\text{valós}}} - 1 = \frac{33,004}{6,2525 \cdot 2,7826} - 1 = 0,8969 ,$$

$$\rho_{1E} = \sqrt{r_{a1}^2 - r_{b1}^2} = \sqrt{29,059^2 - 24,314^2} = 15,9132 \text{ mm} ,$$

$$\begin{aligned} \rho_{2E} &= a_w \cdot \sin \alpha_w - \sqrt{r_{a1}^2 - r_{b1}^2} = 100 \cdot \sin 23,114^\circ - 15,913 = \\ &= 23,343 \text{ mm} , \end{aligned}$$

$$v_2 = \frac{\rho_{1E} \cdot u_{\text{valós}}}{\rho_{2E}} - 1 = \frac{15,9132 \cdot 2,7826}{23,3433} - 1 = 0,8969 ,$$

, tehát $v_1 = v_2$ ezért relatív csúszás szempontjából a fogaskerékpár ki van egyenlítve! (Célszerű, hogy két tizedes pontossággal megegyezzenek!)

A lábkör átmérők és osztóköri fogvastagságok:

$$d_{f1} = m \cdot (z_1 - 2 - 2 \cdot c^* + 2 \cdot x_1) = \\ = 2,25 \cdot (23 - 2 - 2 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,4873) = 48,3181 \text{ mm} ,$$

$$d_{f2} = m \cdot (z_2 + 2 + 2 \cdot c^* + 2 \cdot x_2) = \\ = 2,25 \cdot (64 - 2 - 2 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,5292) = 140,7566 \text{ mm} ,$$

$$s_1 = \frac{m \cdot \pi}{2} + 2 \cdot x_1 \cdot m \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{2,25 \cdot \pi}{2} + 2 \cdot 0,4873 \cdot 2,25 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = \\ = 4,3325 \text{ mm} ,$$

$$s_2 = \frac{m \cdot \pi}{2} + 2 \cdot x_2 \cdot m \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{2,25 \cdot \pi}{2} + 2 \cdot 0,5292 \cdot 2,25 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = \\ = 4,4011 \text{ mm} .$$

1. Egy egyenes, külső fogazatú hengeres kerék adatai a következők: $z = 52$, $m = 3 \text{ mm}$, $\alpha = 20^\circ$ $x = 0,42$. Számítsa ki a közrefogott fogak számát és a többfogméretet!

$$k = \frac{z}{9} + 0,5 = \frac{52}{9} + 0,5 = 6,28 \Rightarrow k = 6 ,$$

$$\operatorname{inv} \alpha = \operatorname{tg} \alpha - \alpha \text{ [rad]} ,$$

$$\operatorname{inv} 20^\circ = \operatorname{tg} 20^\circ - \frac{20^\circ \cdot \pi}{180^\circ} = 0,014904 ,$$

$$W_6 = [(k - 0,5) \cdot \pi + z \cdot \operatorname{inv} \alpha] \cdot m \cdot \cos \alpha + 2 \cdot x \cdot m \cdot \sin \alpha = \\ = [(6 - 0,5) \cdot \pi + 52 \cdot 0,0149] \cdot 3 \cdot \cos 20^\circ + 2 \cdot 0,42 \cdot 3 \cdot \sin 20^\circ = \\ = 51,756 \text{ mm} .$$

FOGASKERÉKANYAGOK SZILÁRDSÁGI ADATAI (1)

Megnevezés	Szabvány	Rövid jel	Szak. szil. R_m , [N/mm ²]	Folyáshatár R_{eH} v $R_{p0.2}$, [N/mm ²]
Lemezgrafitos öntöttvasak	MSZ ISO 185	GG-200	200	-
		GG-250	250	-
Fekete temperöntvények	MSZ ISO 5922	GTS-350	350	200
		GTS-650	650	420
Gömbgrafitos öntöttvasak	MSZ 8277	GGG-400	400	250
		GGG-600	600	380
Ötvözetlen acélöntvények	MSZ 8276	GS-52	510	255
		GS-60	590	295
Ötvözetlen szerkezeti acélok	MSZ EN 10025	S 235 JR	340-470	235
		S 275 JR	410-560	275
		E 295	490	284
		E 335	590	324
		E 360	690	-
Nemesíthető szerkezeti acélok	MSZ EN 10083	C25E	500-650	320
		C35E	600-750	370
		C45E	650-800	430
		C60E	800-950	520
		34CrMo4	900-1100	650
		42CrMo4	1000-	750
		34CrNiMo	1100-	900
		30CrNiMo	1250-	1050
Acél láng- és ind. edzéshez	DIN	41CrMo4	1080-	880
Nitridálható acél	DIN	31CrMoV9	1000-	800
Betétben edzhető acélok	MSZ EN 10083	C10E	490-630	295
		C15E	590-780	355
		16MnCr5	780-1080	590
		15CrNi6	880-1180	635
		17CrNiMo	1080-	785

FOGASKERÉKANYAGOK SZILÁRDSÁGI ADATAI (2)			
Rövid jel	Fogtőkifáradási határfeszültség σ_D , [N/mm ²]	Fogfelület palástnyomás kifáradás k_o , [N/mm ²]	Határ Hertz feszültség σ_{Hmax} , [N/mm ²]
GG-200	40	1,24	300
GG-250	55	1,51	330
GTS-350	130	1,69	350
GTS-650	155	2,68	440
GGG-400	140-190	2,11-3,06	390-470
GGG-600	165-220	3,33-4,5	490-570
GS-52	110	1,08	280
GS-60	120	1,33	310
S 235 JR	125	1,36	320
S 275 JR	135	1,63	350
E 295	140	1,73	360
E 335	150	1,92	380
E 360	200	2,7	450
C25E	200	1,97	385
C35E	225	2,52	435
C45E	250	3,2	490
C60E	280	4,49	580
34CrMo4	220-290	5,29-6,73	630-710
42CrMo4	225-310	6,17-7,71	680-760
34CrNiMo6	225-315	6,17-7,91	680-770
30CrNiMo8	230-320	6,54-8,12	700-780
41CrMo4	250-370	13,35-20,19	1000-1230
31CrMoV9	280-420	16,74-20,86	1120-1250
C10E	225	13,35-16,15	1000-1100
C15E	245	13,35-16,15	1000-1100
16MnCr5	310-500	22,56-30,04	1300-1500
15CrNi6	310-500	22,56-30,04	1300-1500
17CrNiMo6	310-500	22,56-30,04	1300-1500