

OKTATÁSI SEGÉDLET
a
GÉPELEMEK III.
c. tantárgyhoz

KÚPKERÉKPÁR TERVEZÉSE



Összeállította:

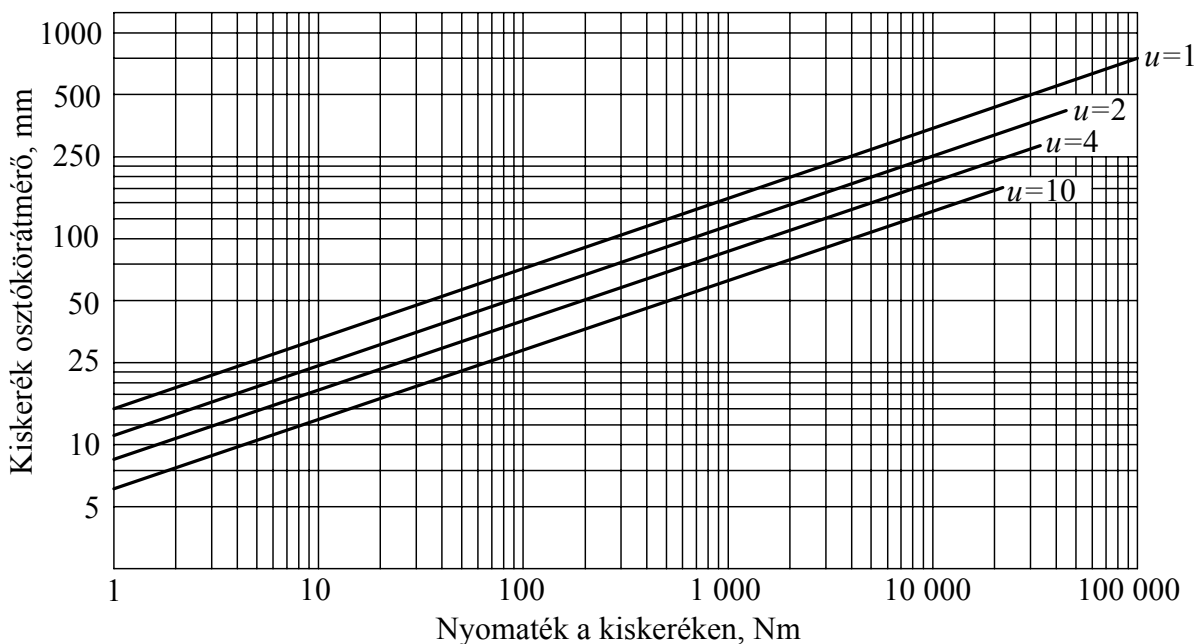
Dr. Sente József
egyetemi docens

Miskolc, 2007.

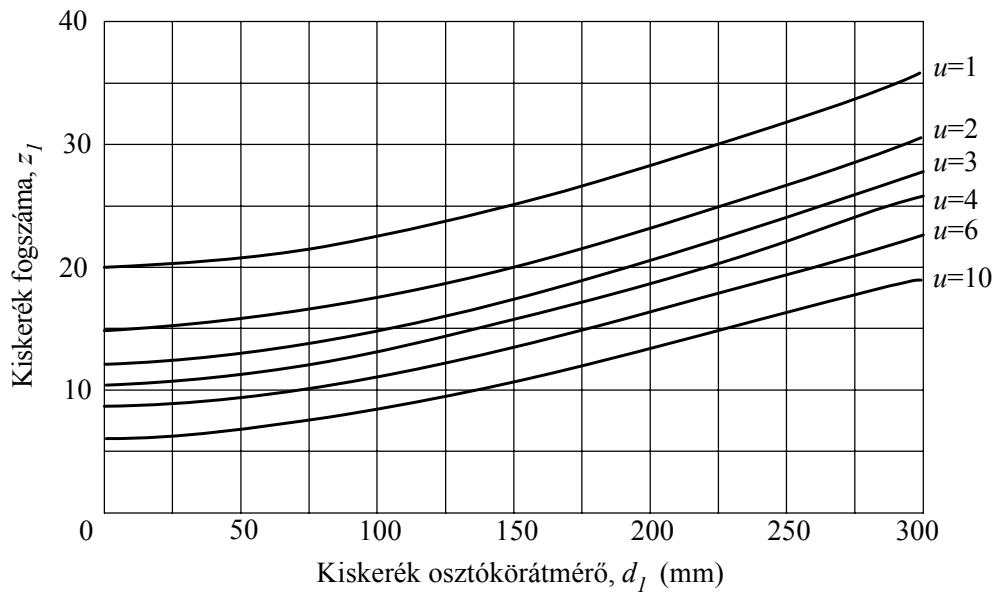
Geometriai számítások

1. A kiskerék d_1 osztókörátmérőjének meghatározása az 1. ábra alapján. ($u = i$)
2. A kiskerék z_1 fogszámának meghatározása a 2. ábra segítségével. ($u = i$)
3. A nagykerék fogszámának rögzítése. $z_2 = (i \cdot z_1) - 1$, ha $i \cdot z_1$ egész szám. Ha $i \cdot z_1$ tört, $z_2 = i \cdot z_1$ egész számra kerekítve.
4. Az áttétel valóságos értéke: z_2/z_1 .
5. A homlokmodul számítása a külső fogvégen: $m_t = d_1/z_1$.
6. A nagykerék d_2 osztókörátmérőjének számítása.
7. Az osztókúpszögek számítása (δ_1, δ_2).
8. Osztókúphossz számítása (R_e).
9. Fogszélesség (b) meghatározása a 3. ábra alapján.
10. Középső osztókúphossz meghatározása (R_m).
11. Működő középső (közös) fogmagasság (h_{wm}) számítása. A fogmagasságtényező $k_1 = 2$, ha $z_1 \geq 12$.
12. Lábhézag (c) számítása. A lábhézag tényező $k_2 = 0,125$.
13. Középső fogmagasság (h_m) számítása.
14. Egyenértékű áttétel (m_{90}) számítása.
15. Középső fejmagasság számítása (h_{am1}, h_{am2}). Fejmagasságtényező: $c_1 = 0,21 + 0,29/m_{90}^2$, ha $z_1 \geq 12$.
16. Középső lábmagasság számítása (h_{fm1}, h_{fm2}).
17. Fogláb szögek számítása standard eljárásnál (θ_{f1}, θ_{f2}).
18. Fejkúpszögek számítása (δ_{a1}, δ_{a2}).
19. Lábkúpszögek számítása (δ_{f1}, δ_{f2}).
20. Külső fejmagasság meghatározása (h_{a1}, h_{a2}).
21. Külső lábmagasság számítása (h_{f1}, h_{f2}).
22. Fejkörátmérő számítása (d_{a1}, d_{a2}).
23. Az átfedés (ε_β) meghatározása a 4. ábra segítségével.

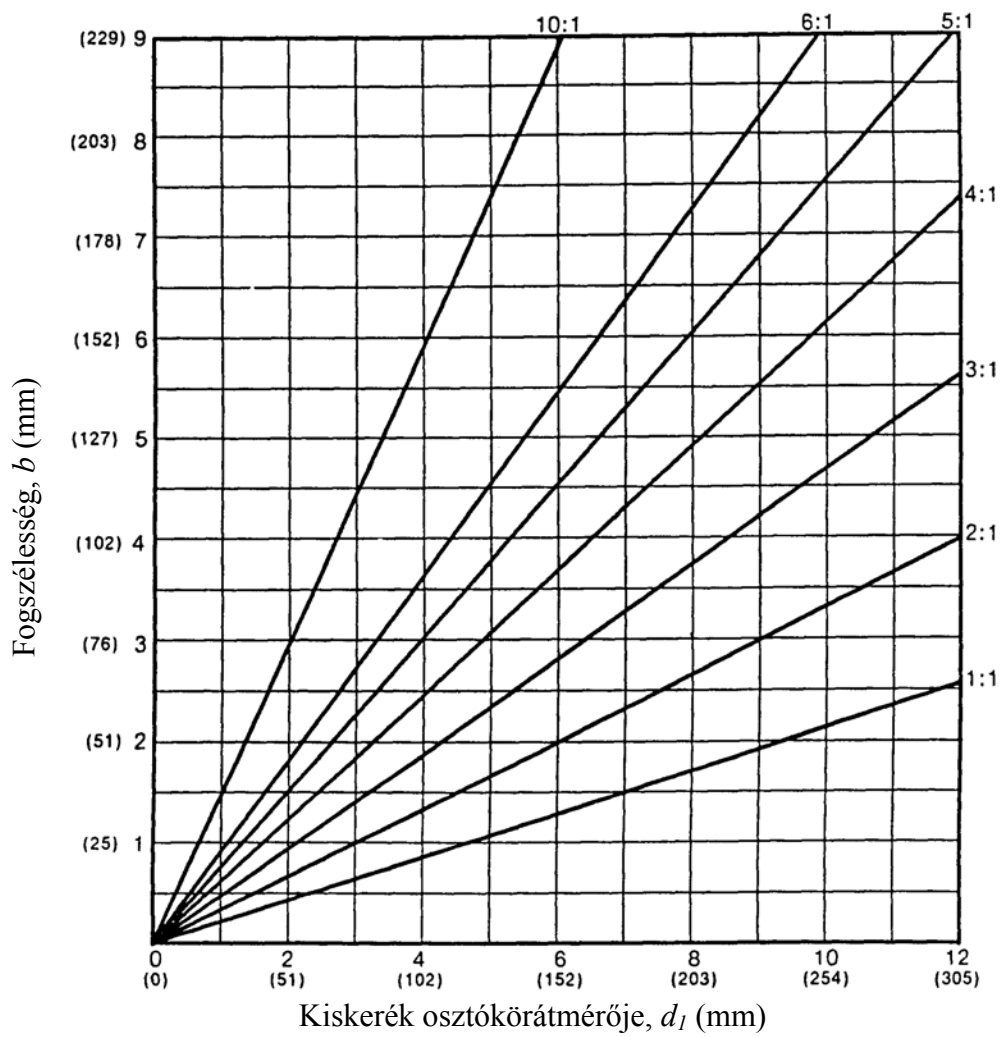
A számítási összefüggéseket az 1. táblázat tartalmazza.



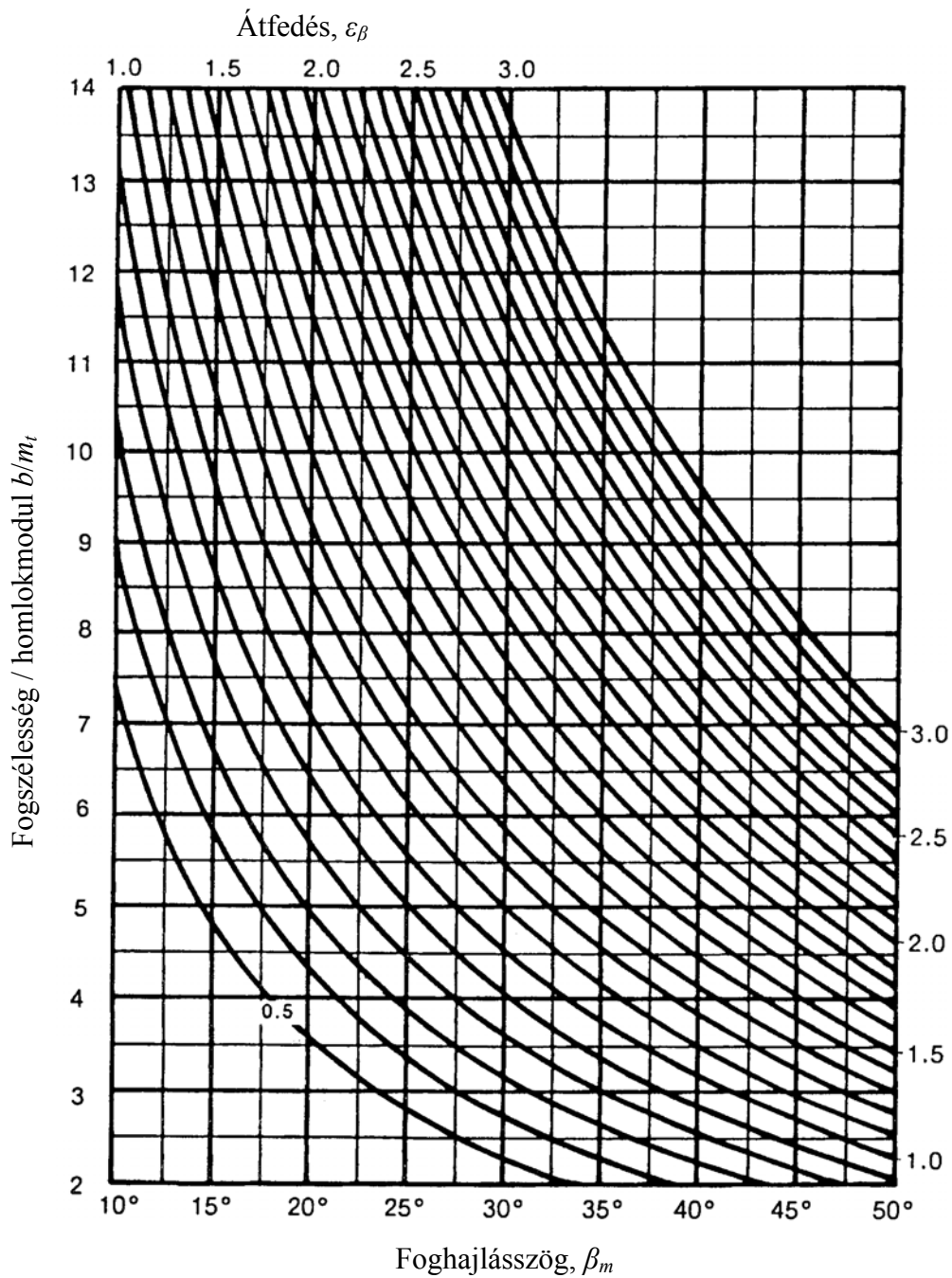
1. ábra. A kiskerék osztókörátmérőjének meghatározása



2. ábra. A kiskerék fogszámának meghatározása



3. ábra. A fogszélesség meghatározása



4. ábra. Az átfedés meghatározása

1. táblázat. Geometriai összefüggések

| Geometriai jellemző | Kiskerék | Nagykerék |
|-----------------------|--|--------------------------------|
| Osztókörátmérő | $d_1 = z_1 m_t$ | $d_2 = z_2 m_t$ |
| Osztókúpszög | $\delta_1 = \arctan \frac{\sin \Sigma}{u + \cos \Sigma}$ | $\delta_2 = \Sigma - \delta_1$ |
| Osztókúphossz | $R_e = d_1 / 2 \sin \delta_1$ | |
| Középső osztókúphossz | $R_m = R_e - b/2$ | |
| Fogmagasságtényező | $k_1 = 2$ | |

| | | |
|----------------------------|---|--|
| Középső működő fogmagasság | $h_{wm} = k_1 m_t \frac{R_m}{R_e} \cos \beta_m$ | |
| Lábhézag | $k_2 = 0,125$ | |
| Lábhézag | $c = k_2 h_{wm}$ | |
| Középső fogmagasság | $h_m = h_{wm} + c$ | |
| Egyenértékű áttétel | $m_{90} = \sqrt{\frac{z_2 \cos \delta_1}{z_1 \cos \delta_2}}$ | |
| Középső fejmagasságtényező | $c_1 = 0,21 + 0,29 / m^2_{90} (z_1 \geq 12)$ | |
| Középső osztás | $p_m = \pi m_t R_m / R_e$ | |
| Középső fejmagasság | $h_{am1} = (1 - c_1) h_{wm}$ | $h_{am2} = c_1 h_{wm}$ |
| Középső lábmagasság | $h_{fm1} = h_m - h_{am1}$ | $h_{fm2} = h_m - h_{am2}$ |
| Foglászög | $\theta_{f1} = \arctg (h_{fm1} / R_m)$ | $\theta_{f2} = \arctg (h_{fm2} / R_m)$ |
| Fejkúpszög | $\delta_{a1} = \delta_1 + \theta_{f2}$ | $\delta_{a2} = \delta_2 + \theta_{f1}$ |
| Lábkúpszög | $\delta_{f1} = \delta_1 - \theta_{f1}$ | $\delta_{f2} = \delta_2 - \theta_{f2}$ |
| Külső fejmagasság | $h_{a1} = h_{am1} + 0,5 b \operatorname{tg} \theta_{f2}$ | $h_{a2} = h_{am2} + 0,5 b \operatorname{tg} \theta_{f1}$ |
| Külső lábmagasság | $h_{f1} = h_{fm1} + 0,5 b \operatorname{tg} \theta_{f1}$ | $h_{f2} = h_{fm2} + 0,5 b \operatorname{tg} \theta_{f2}$ |
| Külső közös fogmagasság | $h_w = h_{a1} + h_{a2}$ | |
| Külső fogmagasság | $h = h_{a1} + h_{f1}$ | |
| Fejkörátmérő | $d_{a1} = d_1 + 2 h_{a1} \cos \delta_1$ | $d_{a2} = d_2 + 2 h_{a2} \cos \delta_2$ |

Az érintkezési feszültség számítása

$$\sigma_c = C_p C_b \sqrt{\frac{2000 T_D C_a}{C_v} \frac{1}{b d_1^2} \frac{C_s C_m C_{xc} C_f}{I} \left(\frac{T_1}{T_D} \right)^z}$$

σ_c = érintkezési feszültség, MPa.

C_p = rugalmassági tényező, $\text{MPa}^{1/2}$.

$$C_p = \sqrt{\frac{1}{\pi \left(\frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \right)}}$$

C_b = feszültség-kiegyenlítési tényező, $C_b = 0,634$.

T_D = tervezési nyomaték, Nm. (Optimális hordképet adó nyomaték.)

T_1 = működő nyomaték a kiskeréken, Nm. Feltételezzük, hogy $T_1 = T_D$.

C_a = külső dinamikus tényező, $C_a = 1,25$.

C_v = belső dinamikus tényező.

$$u = \frac{8}{2^{Q_v/2}} - \sigma_{Df} \frac{125}{E_1 + E_2}, \text{ ha } u \text{ negatív lenne, } u = 0.$$

$$K_z = 85 - 10u.$$

$$C_v = \left(\frac{K_z}{K_z + 14\sqrt{v_t}} \right)^u .$$

$$C_{v\min} = \frac{2}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{v_t}{1,7 (\varepsilon_\beta^{1,75} + I)} .$$

v_t = kerületi sebesség, m/s. $v_t = d_1 \pi n_1$.

ε_β = átfedés.

b = fogszélesség, mm.

d_1 = kiskerék osztókörátmérője, mm.

C_s = mérettényező, $C_s = 1$.

C_m = terhelés-eloszlási tényező.

$$C_m = 1,2 C_{mf} .$$

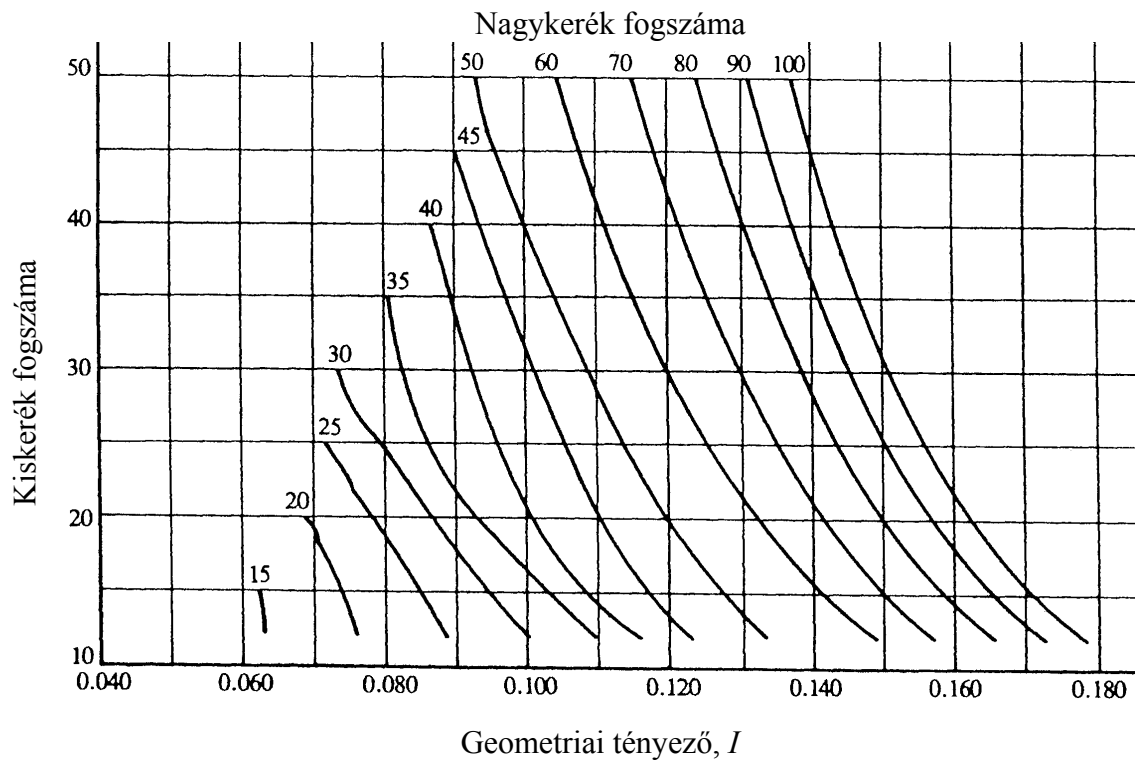
$C_{mf} = 1,32$ (egyik kerék konzolosan csapágyzott).

C_{xc} = foghossz-menti korrekciós tényező, $C_{xc} = 1,5$ lokalizált hordképe esetén.

C_f = felületminőségi tényező, $C_f = 1$ jó minőségű felületek, bejártatott fogazat esetén.

I = geometriai tényező. Meghatározása az 5. ábra alapján.

z = terhelési kitevő, $z = 1$ lokalizált hordképre, $T_I = T_D$ feltételezéssel.



5. ábra. A geometriai tényező meghatározása

A megengedett érintkezési feszültség

$$\sigma_{c\text{ meg}} = \frac{C_L C_H}{C_T C_R} \sigma_{Dc} .$$

$\sigma_{c\text{ meg}}$ = megengedett feszültség, MPa.

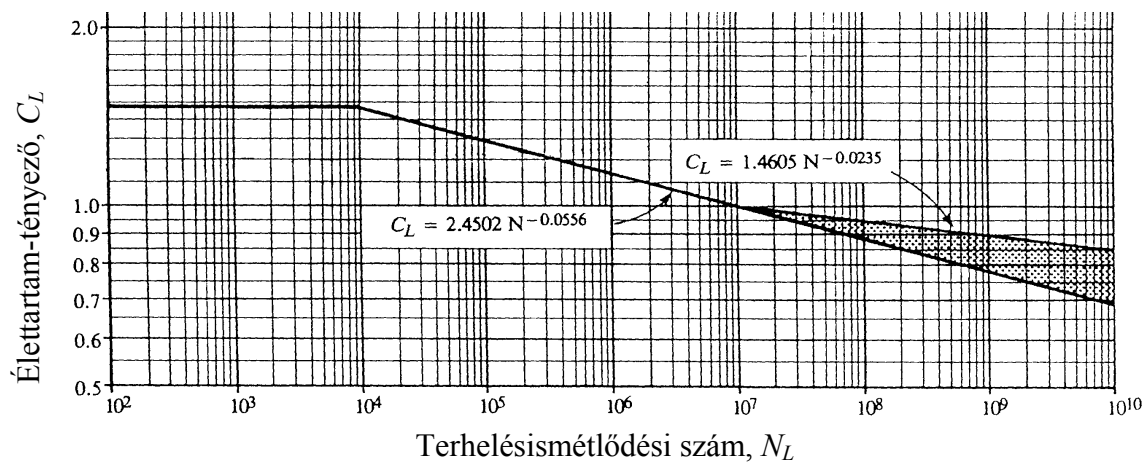
σ_{Dc} = kifáradási határ, MPa.

C_L = élettartam tényező. Meghatározása az 6. ábra alapján.

C_H = keménységi-viszony tényező, $C_H = 1$, ha a két kerék keménysége közel azonos.

C_T = hőmérséklet-tényező, $C_T = 1$, ha az üzemi hőmérséklet kisebb, mint 120 °C.

C_R = megbízhatósági tényező, $C_R = 1$, 99% megbízhatóság esetén.



6. ábra. Az élettartam-tényező meghatározása

A biztonsági tényező

$$n_c = \sigma_{c\text{ meg}} / \sigma_c .$$

A fogtőfeszültség számítása

$$\sigma_f = \frac{2000 T_1 K_a}{K_v} \frac{1}{b d_1 m_t} \frac{K_s K_m}{K_x J} .$$

σ_f = fogtőfeszültség, MPa.

T_1 = működő nyomaték a kiskeréken, Nm.

K_a = külső dinamikus tényező, $K_a = C_a$.

K_v = belső dinamikus tényező, $K_v = C_v$.

b = fogszélesség, mm.

d_1 = kiskerék osztókörátmérője, mm.

m_t = homlokmodul, mm.

K_s = mérettényező, $K_s = C_s$.

K_m = terhelés-eloszlási tényező, $K_m = C_m$.

K_x = foghossz-menti görbületi tényező.

$$q = \frac{0,279}{\lg(\sin \beta_m)}$$

$$K_x = 0,211 \left(\frac{r_c}{R_m} \right)^q + 0,789$$

r_c = késfejsugár, mm. Megválasztása: $r_c \approx d_2 / 2$.

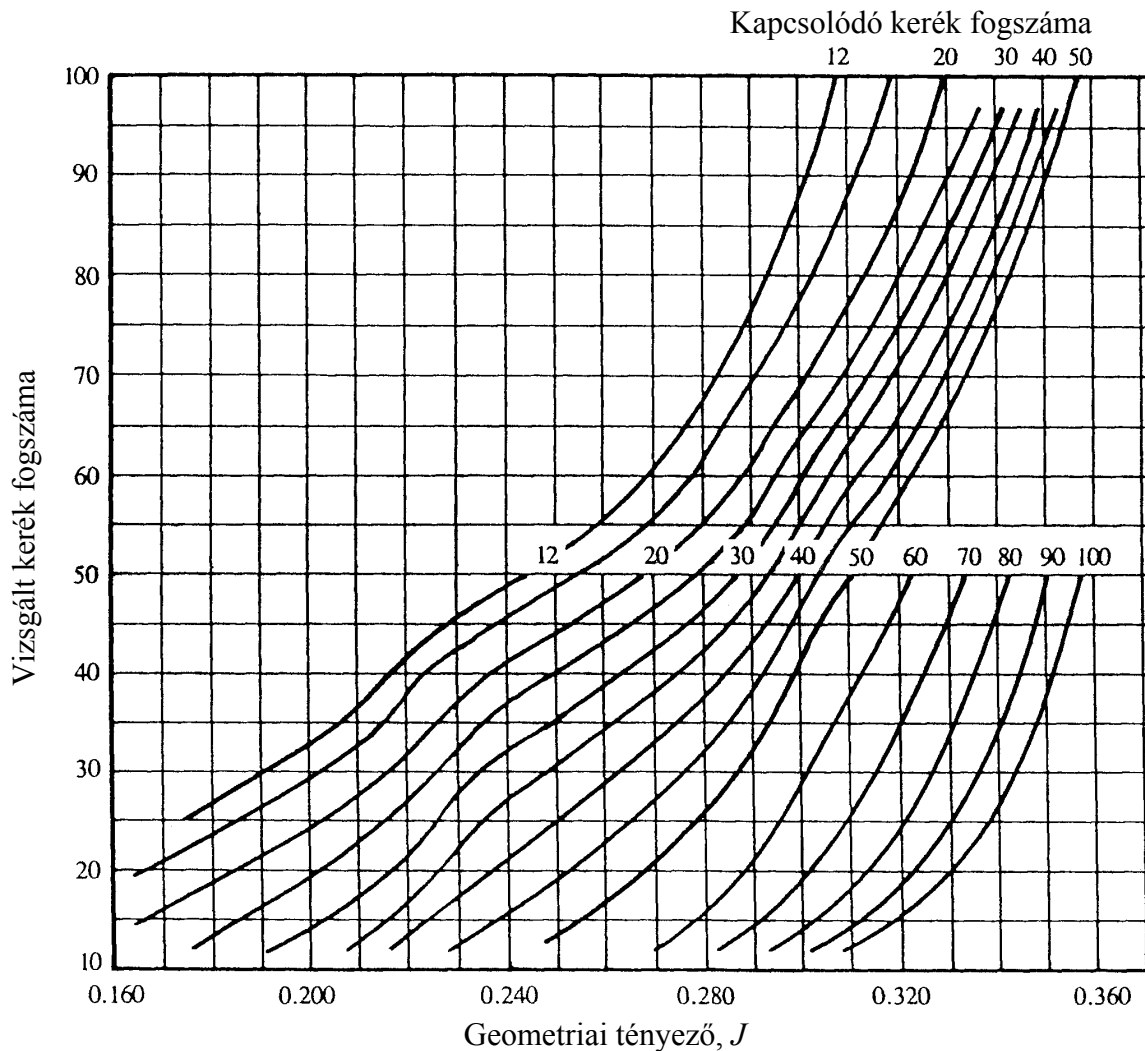
A Gleason szabványosított késfej sorozata (a méretek inch-ben értendők):

$r_c = 0,25 \ 0,55 \ 0,75 \ 1,0 \ 1,375 \ 1,75 \ 2,25 \ 2,5 \ 3,0 \ 3,125 \ 3,75 \ 4,5 \ 5,25 \ 6,0 \ 7,0$

R_m = középső osztókúphossz, mm.

$K_{x\min} = 1, K_{x\max} = 1,15$.

J = geometriai tényező. Meghatározása a 7. ábra alapján. Mindkét fogaskerékre külön meg kell határozni.



7. ábra. A geometriai tényező meghatározása

A megengedett fogtőfeszültség

$$\sigma_{f\text{ meg}} = \frac{K_L}{K_T K_R} \sigma_{Df} .$$

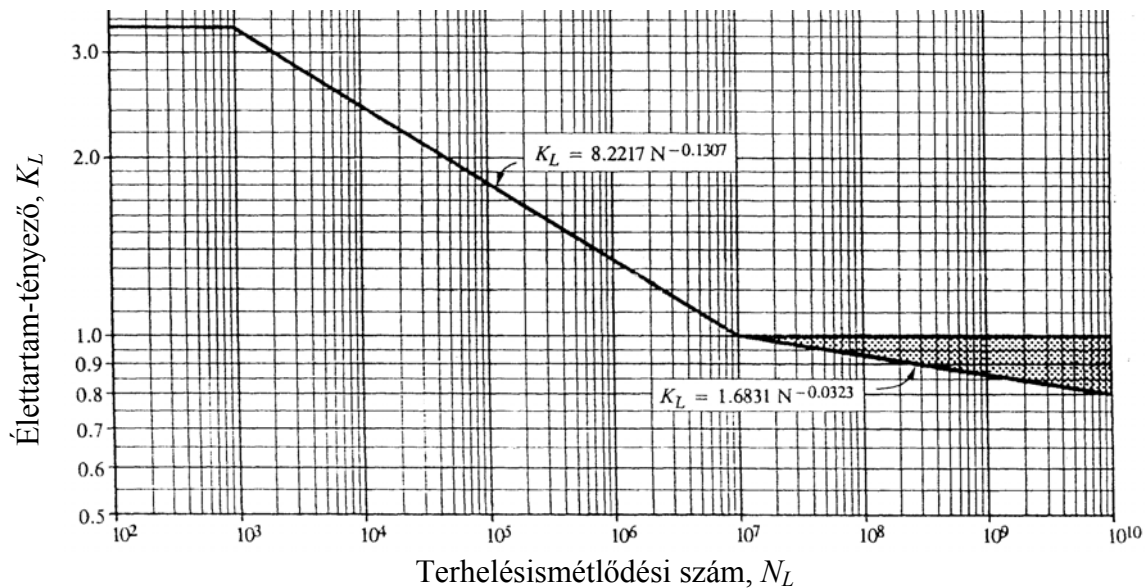
$\sigma_{f\text{ meg}}$ = megengedett feszültség, MPa.

σ_{Df} = kifáradási határ, MPa.

K_L = élettartam tényező. Meghatározása a 8. ábra alapján.

K_T = hőmérséklet-tényező, $K_T = C_T$.

K_R = megbízhatósági tényező, $K_R = C_R$.



8. ábra. Az élettartam-tényező meghatározása

A biztonsági tényező

$$n_f = \sigma_{f\text{ meg}} / \sigma_f .$$

Értékelés

A kúpkérékpár szilárdsági szempontból megfelel, ha

$$n_c \geq n_{c\text{ min}}$$

és

$$n_f \geq n_{f\text{ min}} .$$

A minimálisan szükséges biztonság:

$$n_{c\text{ min}} = 1,2 \dots 1,4$$

$$n_{f\text{ min}} = 1,6 \dots 2,0.$$