

II./2. FOGASKEREKEK ÉS FOGAZOTT HAJTÁSOK

1 A FOGASKEREKEK FUNKCIÓJA ÉS TÍPUSAI :

☞ Az áttétel (ahol az 1 index mindig a hajtó kereket jelöli):

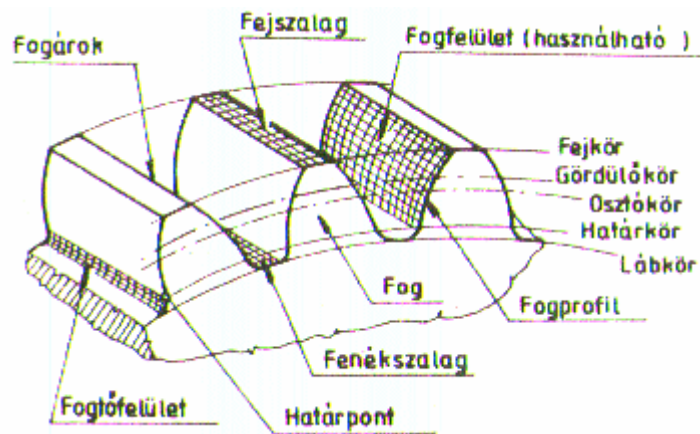
$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

☞ A fogszámviszony (ahol az 1 index mindig a kisebb kereket jelöli):

$$u = \frac{z_2}{z_1}$$

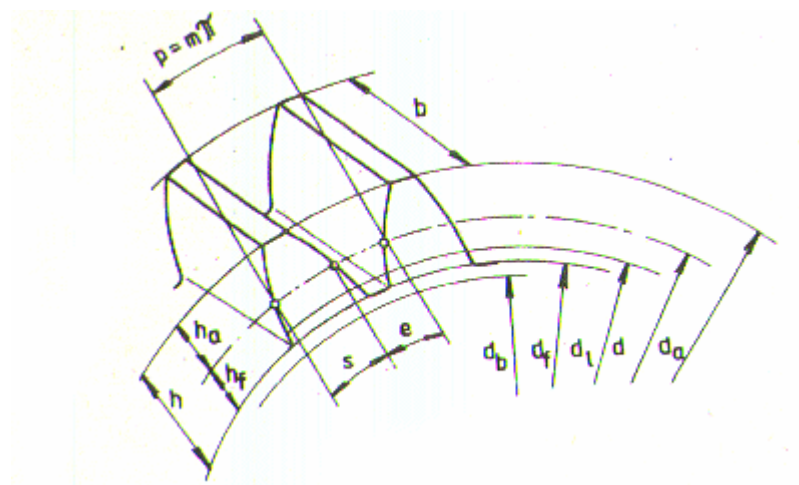
2 A FOGASKERKEKKEL KAPCSOLATOS ALAPFOGALMAK; AZ ELEMI FOGAZAT :

2.1 A fogaskerekek fogazatához tartozó főbb elnevezések :



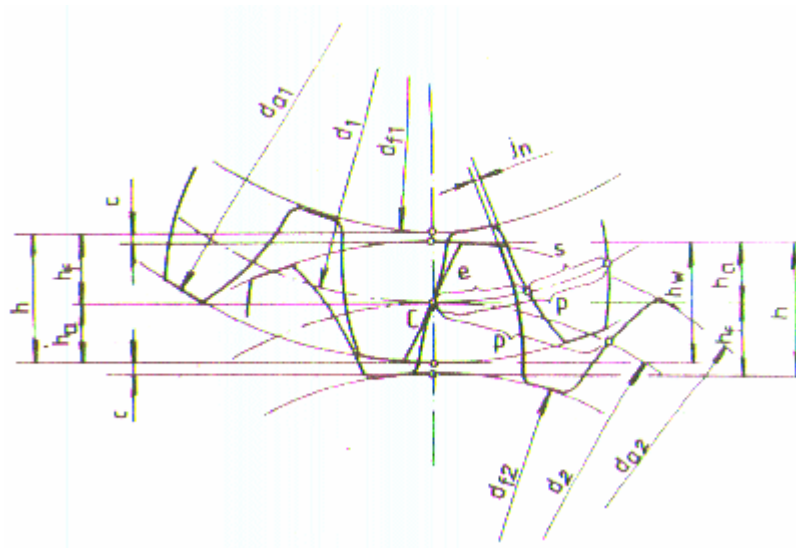
16. ábra (Tk.27.ábra)

2.2 Az elemi fogazat ábrája az MSZ szabványnak megfelelő méretekkel :



17. ábra (Tk.28.ábra)

2.3 Elemi fogazatkapcsolódás :



18. ábra (Tk.29. ábra)

A fogaskerek és fogazatok majdnem minden hosszmeretét egyetlen alapmérettel, a modullal (m) fejezzük ki, melynek mértékválasztéka szabványosított.

✂ Az osztókörátmérő :

$$d = m \times z$$

✂ Az osztókörön (íven) mért osztás (az osztókörátmérő és a fogszám hányadosa) :

$$p = \frac{d\pi}{z} = m\pi$$

✂ A fejmagasság :

$$h_a = h_a^* \times m$$

- ahol a

h_a^* fejmagasságtényező értéke általában 1

✂ A lábmagasság :

$$h_f = h_a^* \times m + c$$

- ahol c a fejhézag, és :

$$c = c^* \times m$$

- mely kifejezésben a c^* fejhézag-tényező értéke szabványosan 0,25; de lehet ennél nagyobb (0,35) is

Az előbbieket szerint a fogazat határolóköreinek átmérőit normális fogmagasság esetén az osztókör átmérőjét a fej- illetve a lábmagasság kétszeresével kell korrigálni.

✂ Ezzel a fejkörátmérő :

$$d_a = z \times m + 2m = m(z + 2)$$

✂ A lábkörátmérő :

$$d_f = z \times m - 2h_f = m(z - 2 - 2c^*)$$

✂ A teljes fogmagasság :

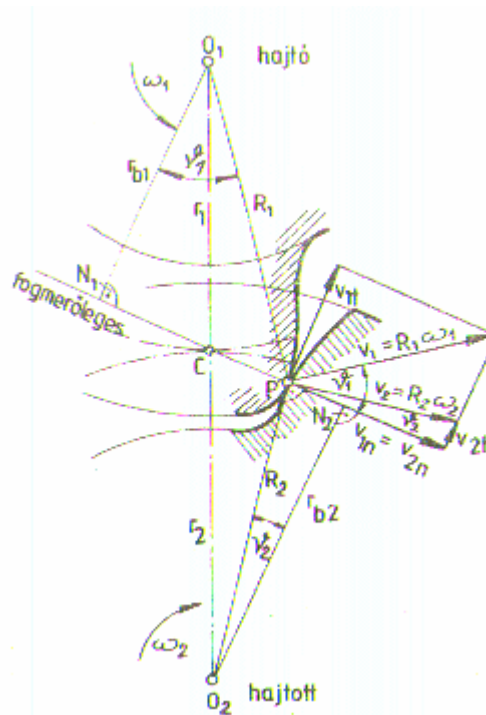
$$h_w = 2h_a = 2m$$

✂ Mivel a kapcsolódó elemi fogazatú fogaskerek osztókörök érintkeznek, ezért a két kerék tengelytávolsága :

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$$

2.4 A helyes fogazatkapcsolódás feltételei

Az áttétel állandóságának az a feltétele, hogy bármely érintkezési pontban átmenjen a főponthoz és az érintkezési ponthoz tartozó közös profilmerőleges.



19.ábra (Tk.31.ábra)

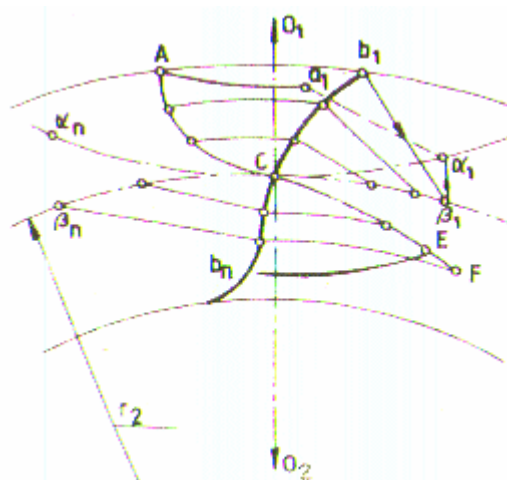
A (19.ábra) a P ponthoz tartozó közös profilérintő irányába eső v_{t1} és v_{t2} sebességkomponenseket is feltünteti.

Ezek különbsége a profilok csúszó sebessége :

$$v_s = v_{t1} - v_{t2}$$

3 KAPCSOLÓVONAL ÉS ELLENPROFIL SZERKESZTÉSE ADOTT FOGPROFILHOZ :

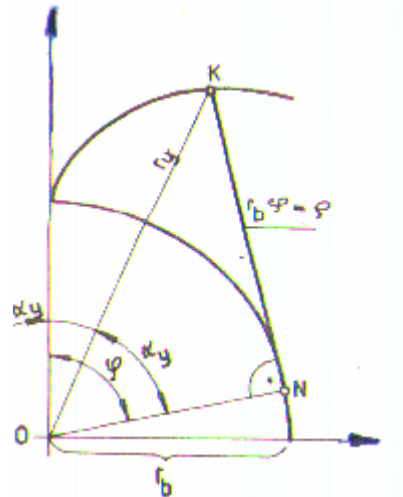
3.1 A kapcsolóvonal szerkesztése :



20.ábra (Tk.32.ábra)

3.2 A körevolvens, mint profilgörbe tulajdonságai :

A körevolvens úgy keletkezik, hogy egy egyenest csúszásmentesen legördítünk egy körön. Ekkor az egyenes bármely pontjának pályagörbéje evolvens : [6.ábra (TK. 33.ábra)]



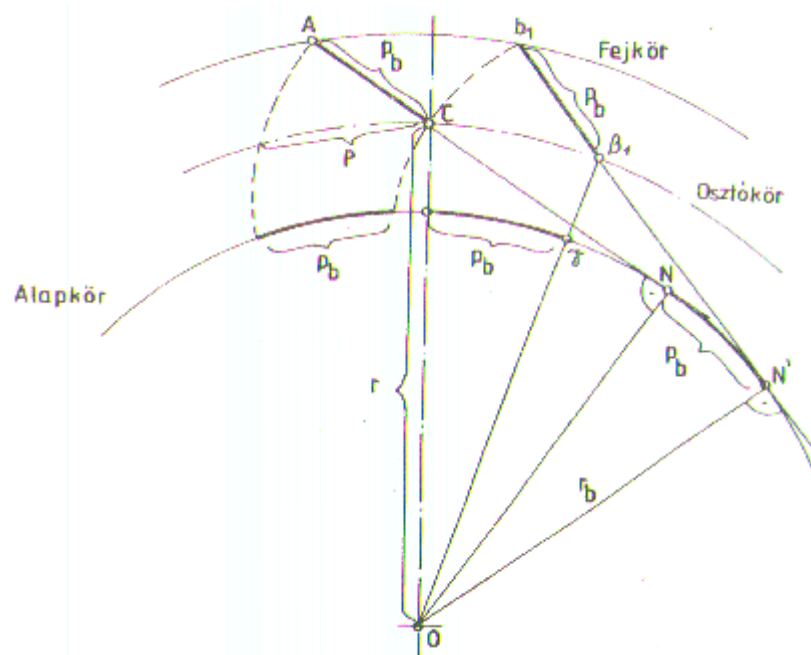
21. ábra(Tk.33.ábra)

✎ Az $\text{inv}\alpha_y$ a (21.ábra) K ponthoz és az evolvens alapköri kezdőpontjához tartozó középponti szög :

$$\text{inv}\alpha_y = \tan\alpha_y - \alpha_y$$

✎ Mivel az osztás adott fogszám esetén bármelyik körön a sugárral arányos:
[22.ábra (TK. 34.ábra)]

$$\cos\alpha_y = \frac{p_b}{p}$$

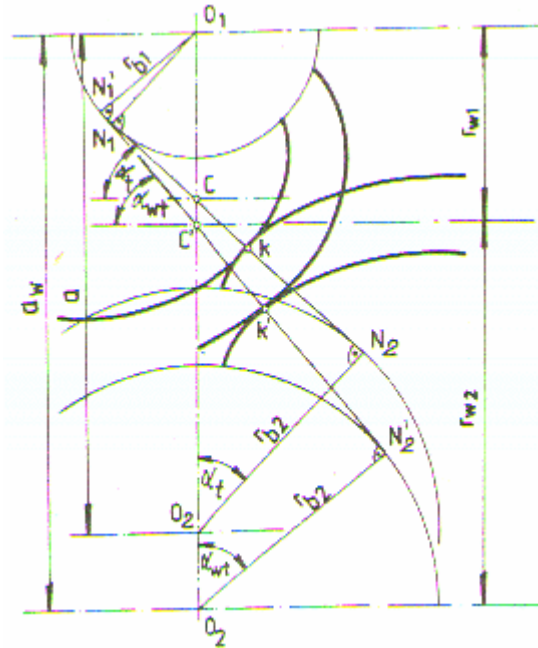


22. ábra(Tk.34.ábra)

4 EVOLVENSZPROFILOK KAPCSOLÓDÁSA :

Az evolvens profilú fogaskerekek kapcsolóvonal a két alapkör közös érintője, és a kapcsolódás helyessége (Willis tételének teljesülése miatt) nem függ a tengelytávolságtól, mely csak a közös érintő hajlásszögére van hatással.

✎ A tengelytávolság megváltozásának hatása :



23. ábra (Tk.35. ábra)

- Az alapkörsugarak az osztókör- és a gördülőkörsugarakból kifejezve :

$$r_{b1} = r_1 \times \cos \alpha_t = r_{w1} \times \cos \alpha_{wt}$$

$$r_{b2} = r_2 \times \cos \alpha_t = r_{w2} \times \cos \alpha_{wt}$$

- A gördülőkörsugarak :

$$r_{w1} = \frac{r_1 \times \cos \alpha_t}{\cos \alpha_{wt}}$$

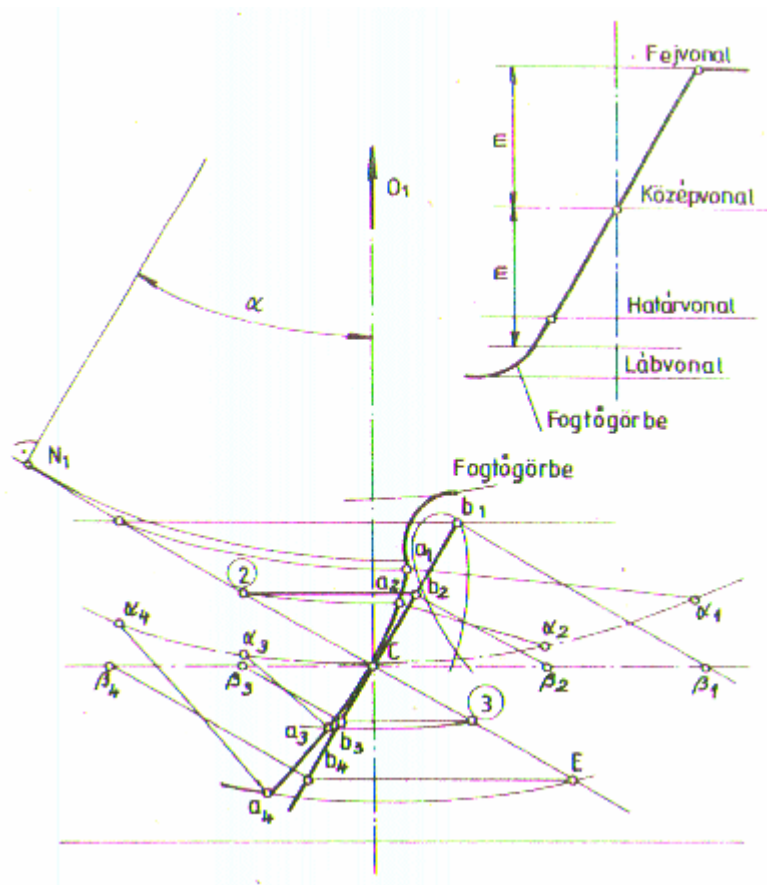
$$r_{w2} = \frac{r_2 \times \cos \alpha_t}{\cos \alpha_{wt}}$$

- Az általános tengelytáv :

$$a_w = r_{w1} + r_{w2} = \frac{a \times \cos \alpha_t}{\cos \alpha_{wt}} = \frac{m(z_1 + z_2) \times \cos \alpha_t}{2 \cos \alpha_{wt}}$$

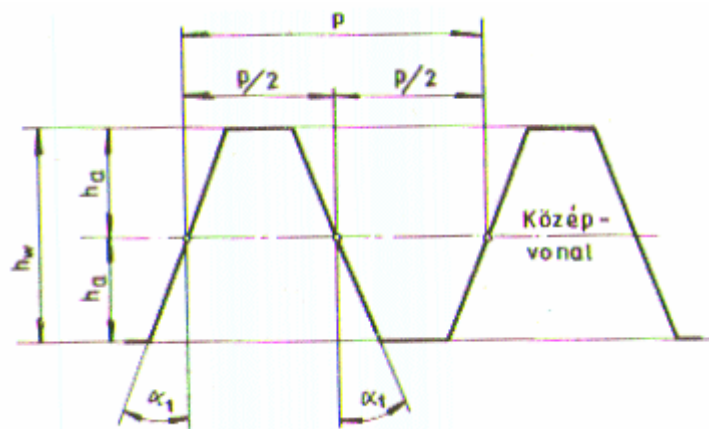
5 FOGASKERÉK ÉS FOGASLÉC KAPCSOLÓDÁSA, A FOGAZAT L LEFEJTÉSÉNEK ELVE :

5.1 Fogaskerék és fogasléc kapcsolódásának szerkesztése Reuleaux-féle szerkesztéssel:



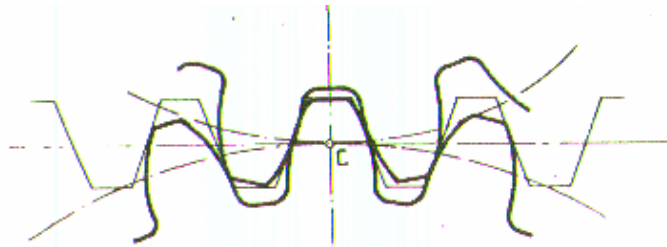
24. ábra(Tk.37.ábra)

A hézagmentes fogazat gyártásához való fogasléc alakú szerszám profiljának a közös fogmagasságon belüli része az alaprofil :



25. ábra(Tk.39.ábra)

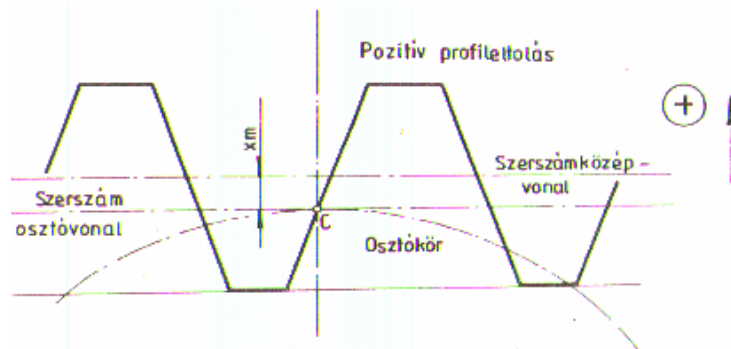
Az MSZ 433 által meghatározott evolvens alaprofil (mint geometriai alakzat) a vele megegyező modulu fogaskerekkel hézagmentesen kapcsolódik és az ugyanilyen kerekkel is képes kapcsolódni :



26. ábra(Tk.40.ábra)

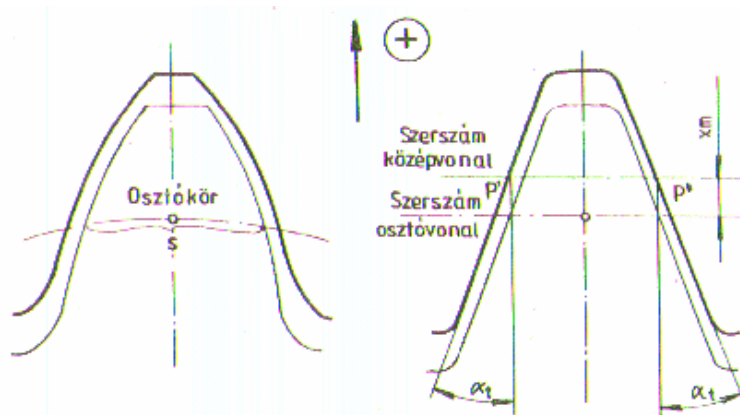
6 PROFILELTOLÓDÁSSAL MÓDOSÍTOTT (KORRIGÁLT) FOGAZAT :

6.1 A pozitív profileltolás során az alaprofil a gyártandó kerékhez képest kifelé tolódott el:



27. ábra(Tk.41.ábra)

A profileltolás hatása a fog elhelyezkedésére és alakjára :



28. ábra(Tk.42.ábra)

✂ A fej- és a lábkörátmérő változása a profileltolás hatására :

$$d_a = (z + 2)m + 2xm$$

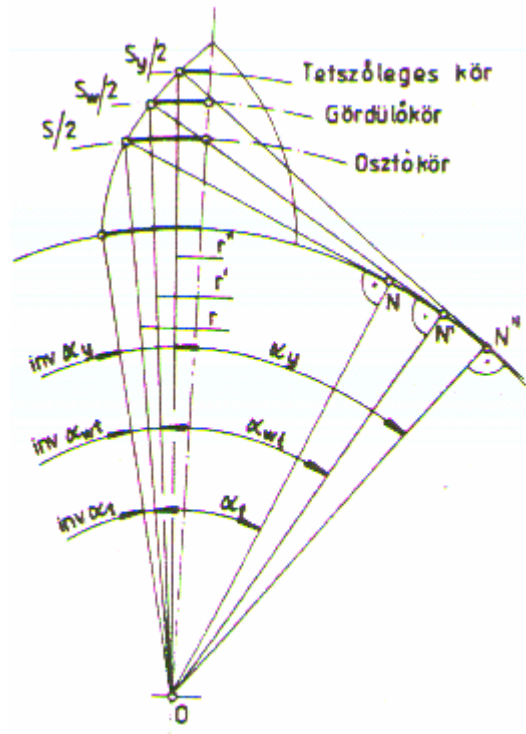
$$d_f = (z - 2 - 2c^*)m + 2xm$$

✂ Az osztókörü fogvastagság változása :

$$s = \frac{m\pi}{2} + 2xm \times \tan \alpha$$

6.2 A fogvastagság kiszámítása tetszőleges sugáron :

A feladat a 6. (TK: 33.) és 29. ábra (TK. 43. ábra) segítségével elvégezhető.



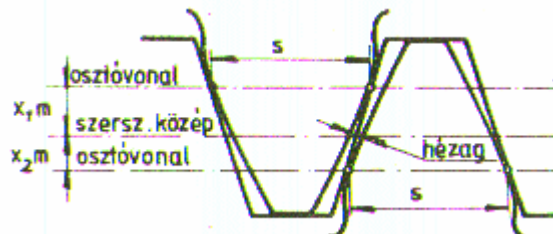
29. ábra(Tk.43.ábra)

A tetszőleges átmérőhöz tartozó fogvastagság kiszámítása az alapköri evolvenspont és a fog szimmetriavonala közötti középponti szög, valamint az inv szög és a fél fogvastagsághoz tartozó középponti szög összegének egyenlőségére alapozva :

$$s_w = 2r_w \left(\frac{s}{2r} + \text{inv} \alpha_t - \text{inv} \alpha_{wt} \right)$$

7 ÁLTALÁNOS FOGAZAT :

Két pozitív profileltolású fogaskerék kapcsolódása :



30. ábra(Tk.44.ábra)

A tengelytávolság változása általános fogazat (profileltolás) esetén :

- tegyük egyenlővé a gördülőköri fogvastagságokat és -osztást :

$$2r_{w1} \left(\frac{s_1}{2r_1} + \text{inv} \alpha_t - \text{inv} \alpha_{wt} \right) + 2r_{w2} \left(\frac{s_2}{2r_2} + \text{inv} \alpha_t - \text{inv} \alpha_{wt} \right) = \frac{2r_{w1}}{z_1}$$

- az osztóköri fogvastagságokat és a gördülőkörök csúszásmentes gördülését felhasználva :

$$r_{w2} = r_{w1} \times \frac{z_2}{z_1} = u \times r_{w1}$$

$$2r_{w1} \times \frac{\pi}{z_1} = 2r_{w1} \left(\frac{\pi}{2z_1} + 2x_1 \times \frac{\tan \alpha_t}{z_1} + \text{inv} \alpha_t - \text{inv} \alpha_{wt} \right) + 2r_{w1} \times \frac{z_2}{z_1} \left(\frac{\pi}{2z_2} + 2x_2 \times \frac{\tan \alpha_t}{z_2} + \text{inv} \alpha_t - \text{inv} \alpha_{wt} \right)$$

- az egyenlet mindkét oldalát $\frac{2r_{w1}}{z_1}$ -gyel osztva :

$$\pi = \frac{\pi}{2} + 2x_1 \times \tan \alpha_t + z_1 (\text{inv} \alpha_t - \text{inv} \alpha_{wt}) + \frac{\pi}{2} + 2x_2 \times \tan \alpha_t + z_2 (\text{inv} \alpha_t - \text{inv} \alpha_{wt})$$

$$2(x_1 + x_2) \tan \alpha_t + (z_1 + z_2)(\text{inv} \alpha_t - \text{inv} \alpha_{wt}) = 0$$

- a fenti egyenlettel előírt tengelytáv esetén kiszámítható a profileltolás és fordítva :

$$\sum x = x_1 + x_2 = \frac{(z_1 + z_2)(\text{inv} \alpha_{wt} - \text{inv} \alpha_t)}{2 \tan \alpha_t} = \frac{(z_1 + z_2) \varnothing}{2}$$

(ahol $\varnothing$ az involút törtfüggvény)

- a (44.ábra) alapján a fejkörátmérő korrigálása :

$$a_w - a = \sum x = y \times m \quad (\text{ ahol } y \text{ a tengelytávtenyező })$$

$$y = \frac{a_w - a}{m} = \frac{a \left(\frac{a_w}{a} - 1 \right)}{m} = \frac{(z_1 + z_2)(\cos \alpha_t - \cos \alpha_{wt})}{2 \cos \alpha_{wt}} = \frac{(z_1 + z_2) \Psi}{2}$$

(ahol Ψ a cosinus törtfüggvény)

- a működő fogmagasság modulra vonatkoztatott fajlagos értéke :

$$\frac{h_w}{m} = 2 - (\sum x - y)$$

- h_w ismeretében a kis kerék fejkörátmérője :

$$d_{a1} = [z_1 + 2 + 2x_1 - 2(\sum x - y)]m$$

- összefoglalva az általános fogazat geometriai számításához szükséges négy alapösszefüggést:

$$\sum x_1 = x_1 + x_2 = \frac{(z_1 + z_2)(\text{inv} \alpha_{wt} - \text{inv} \alpha_t)}{2 \tan \alpha_t}$$

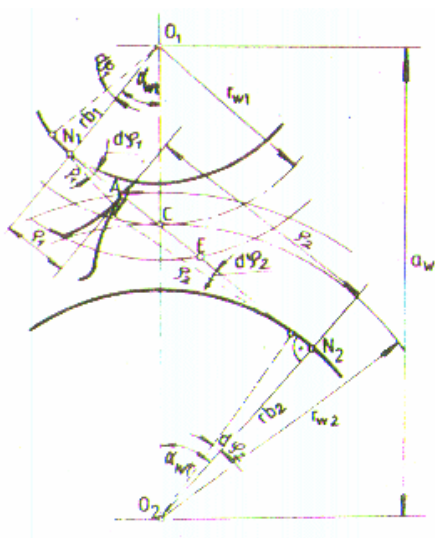
$$u = \frac{r_{w2}}{r_{w1}} = \frac{z_2}{z_1}$$

$$y = \frac{(z_1 + z_2)(\cos \alpha_t - \cos \alpha_{wt})}{2 \cos \alpha_t}$$

$$\frac{h_w}{m} = 2 - (\sum x - y)$$

8 A RELATÍV CSÚSZÁS ÉRTELMEZÉSE ÉS NAGYSÁGÁNAK MEGHATÁROZÁSA :

A csúszás folyamatának értelmezése :



31/a. ábra (Tk. 45. ábra)

✎ A relatív csúszás meghatározása a csúszási ívhossz és a gördülési ívhossz viszonyával :

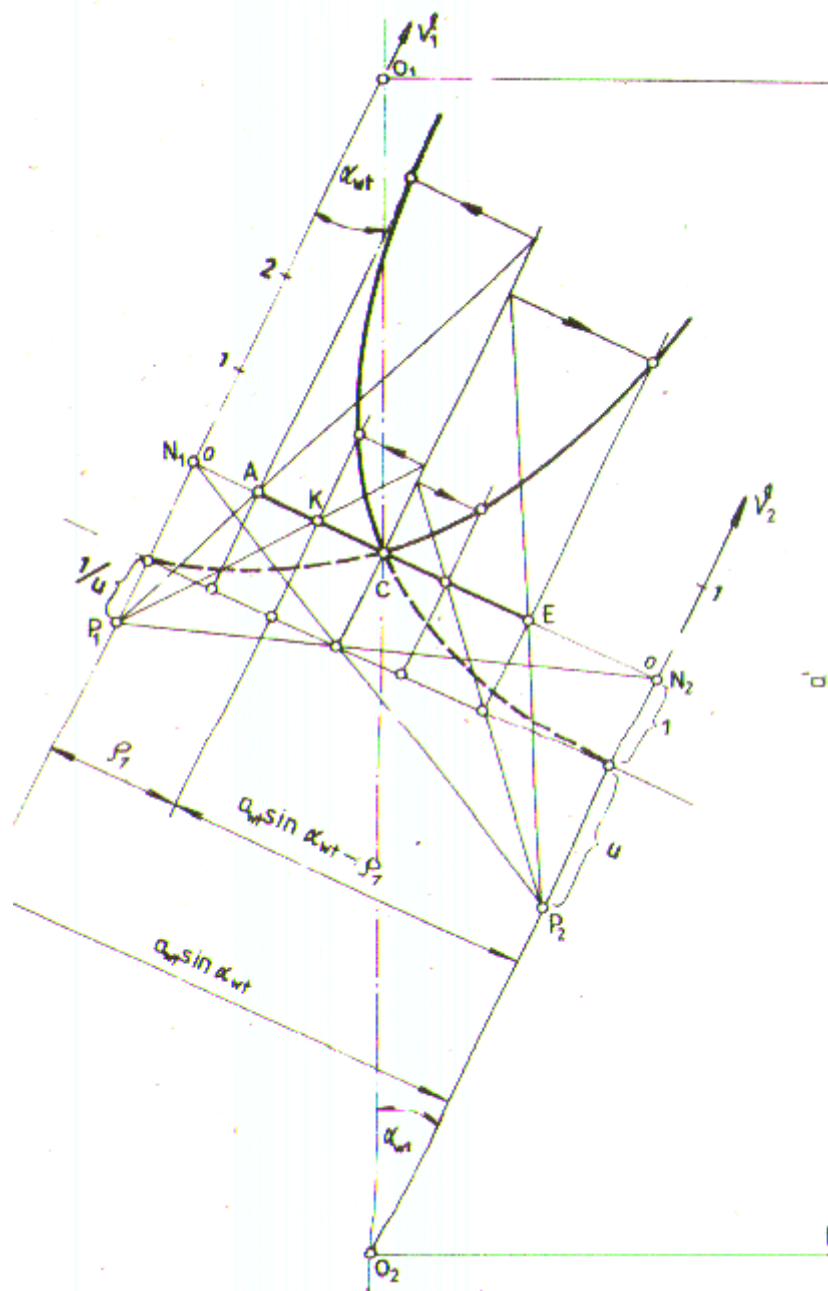
$$\partial_1 = \frac{\rho_2 \times d\varphi_2 - \rho_1 \times d\varphi_1}{\rho_1 \times d\varphi_1}$$

$$\partial_2 = \frac{\rho_1 \times d\varphi_1 - \rho_2 \times d\varphi_2}{\rho_2 \times d\varphi_2}$$

✎ A csúszási hiperbolák [16/b. ábra (TK. 46. ábra)] meghatározása :

$$\left(\partial_1 + 1 + \frac{1}{U} \right) \rho_1 = \frac{a_w \times \sin \alpha_{wt}}{U} = \text{const.}_1$$

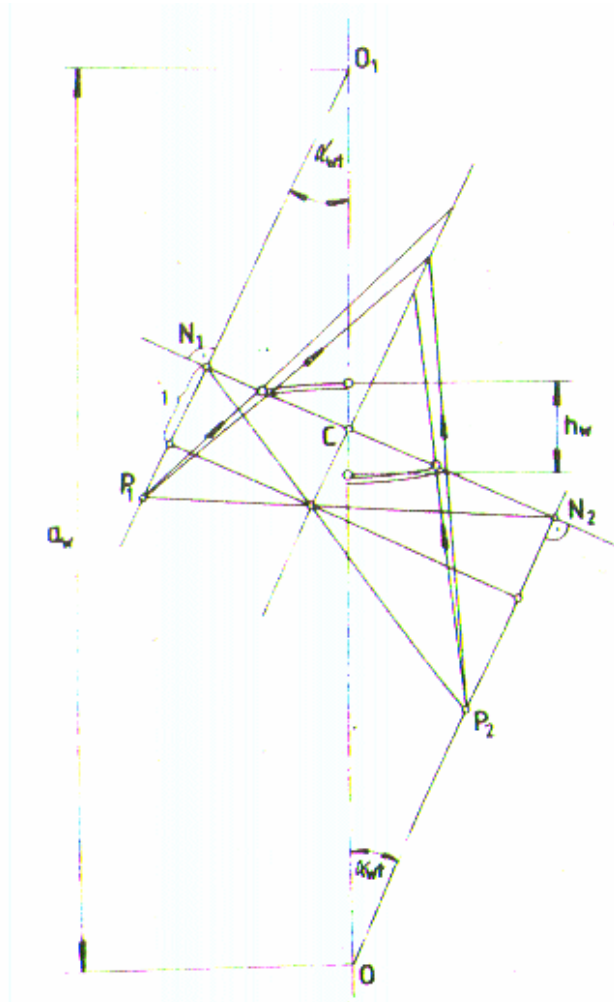
$$(\partial_2 + 1 + U) \rho_2 = a_w \times U \times \sin \alpha_{wt} = \text{const.}_2$$



31/b. ábra(Tk.46.ábra)

9 A RELATÍV CSÚSZÁS KIEGYENLÍTÉSÉNEK GRAFIKAI ELJÁRÁSA :

Az eljárás a csúszási hiperbolák szerkesztésén alapul felhasználva, hogy adott tengelytáv esetén x_1 és x_2 csak úgy változhat, hogy Σx és ezzel h_w állandó maradjon :



32. ábra(Tk.47.ábra)

10 A FOGAZATI RENDSZEREK ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK HATÁRAI :

A fogfejvastagság legkisebb értéke a modullal kifejezve :

- natúr- és nemesített kerekeknél $s_a = 0.2m$
- felületkeményített kerekeknél $s_a = 0.4m$

☞ A profil kapcsolószám ε_α azt fejezi ki, hogy a kapcsolóhossz $g_\alpha = AE$ hányszorosa a szomszédos profilok kapcsolóegyenesen mért távolságának :

$$\varepsilon_\alpha = \frac{g_\alpha}{p_b}$$

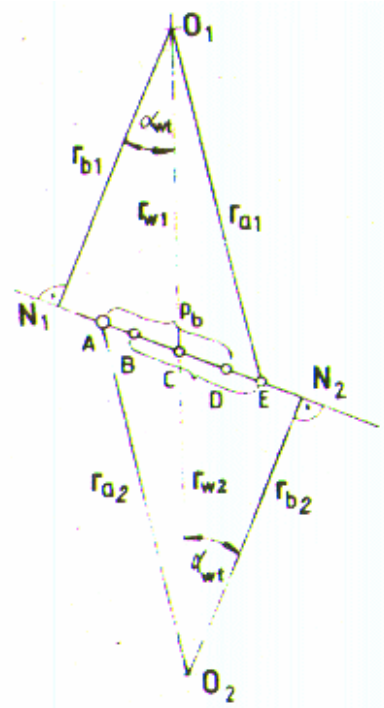
- ahol a $g_\alpha > p_b$ szükséges feltétel, mert különben bármelyik fogpár csak az előzőek szétválása után lépne érintkezésbe, ezért szükséges egy minimális átfedés :

$$\varepsilon_{\alpha \min} = 1.15 - 1.2$$

10.1 A kapcsolószám meghatározásához szükséges alaposztás :

$$p_b = p \times \cos \alpha = m \times \pi \times \cos \alpha$$

10.2 Az AE kapcsolóhossz meghatározása :

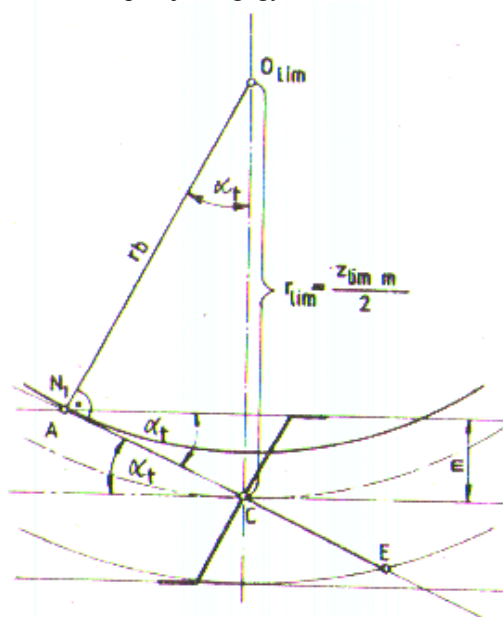


33. ábra(Tk48.ábra)

A kapcsolószám :

$$\varepsilon_\alpha = \frac{\sqrt{r_{a1}^2 - r_{b1}^2} + \sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2} - a_w \times \sin \alpha_{wt}}{m \pi \times \cos \alpha}$$

Az alámetszés kis fogszám esetén (a fogmagasság és az osztókör sugar arányának növekedése miatt) határesetben az evolvens az alapkörön kezdődik és a kapcsolóvonal kezdőpontja, valamint a kapcsolóegyenes és az alapkör érintkezési pontja megegyezik



34. ábra(Tk.50.ábra)

- határesetben tehát :

$$z_{\lim} = \frac{2}{\sin^2 \alpha} \approx 17$$

Az alámetszés elkerüléséhez szükséges profileltolás :

$$x = \frac{z_{\lim} - z}{z_{\lim}}$$

11 BELSŐ FOGAZAT :

- | | |
|---------------|---|
| - előnyei | - kis helyszükséglet |
| | - jó hatásfok |
| | - nagy teherbírás |
| | - bolygókerékes hajtóműben való felhasználhatóság |
| - hátrányai : | - csak fogaskerék alakú szerszámmal gyártható |
| | - többféle interferenciára is hajlamos |
| | - nagyobb a kapcsolódó kerekek alámetszési határfogszáma |
| | - a kiskerék tengelye nem lehet átmenő, ezért csak egy oldalról csapágyazható |

A kiskerekek méretei a már ismertetett összefüggésekkel számíthatók ki. A nagykerékre vonatkozó összefüggések azonban a fog és fogárok, valamint a fej- és a lábkör felcserélődése miatt megváltoznak.

✂ Az alapkör sugar változatlan :

$$r_{b2} = \frac{z_2 \times m}{\cos \alpha}$$

✂ A fejkörátmérő :

$$d_{a2} = (z_2 - 2 + 2x_2)m$$

✂ A lábkörátmérő :

$$d_{f2} = (z_2 + 2 + 2x_2 + 2c^*)m$$

✂ Az osztóköri fogvastagság :

$$s_2 = \frac{m\pi}{2} - 2x_2 \times m \times \tan \alpha$$

✂ Az általános fogazatra levezetett alapösszefüggések módosulása :

$$a_w = \frac{a \times \cos \alpha}{\cos \alpha_{wt}}$$

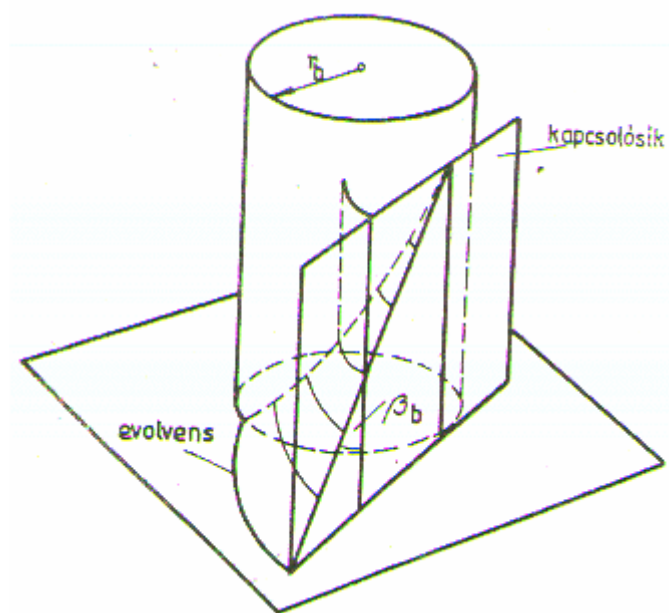
$$x_2 - x_1 = \frac{(z_2 - z_1)(\operatorname{inv} \alpha_{wt} - \operatorname{inv} \alpha)}{2 \tan \alpha}$$

$$y = \frac{a_w - a}{m} = \frac{(z_2 - z_1) \left(\frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_{wt}} - 1 \right)}{2}$$

12 FERDE FOGAZAT :

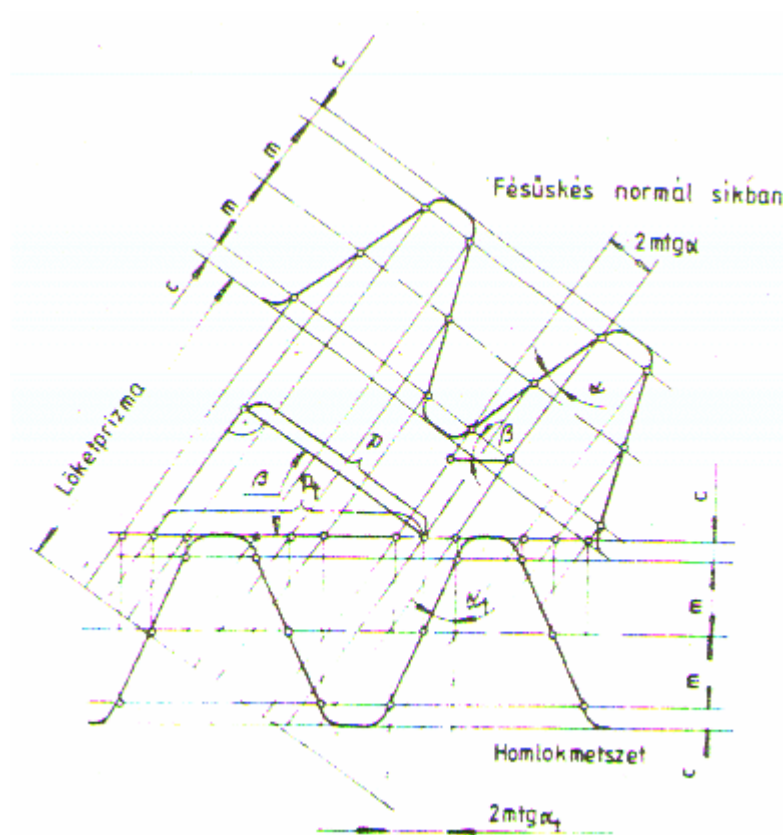
- | | |
|---------------|--|
| - előnyei : | - rezgésmentes, csendes üzem |
| | - a fogvastagság növekedése miatt nagyobb teherbírás |
| | - elemi fogazat esetén is kötetlen tengelytáv |
| | - nagyobb kapcsolószám |
| | - kisebb alámetszési határfogszám |
| - hátrányai : | - minden esetben keletkezik axiális erőkomponens |

12.1 A ferdefogazat származtatása :



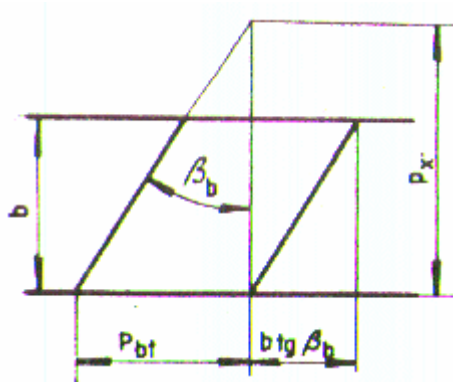
35. ábra(Tk.53.ábra)

A fogasléc alakú szerszám (fésűkés) mozgásiránya és az erre merőleges metszet :



36. ábra(Tk.55.ábra)

12.2 Az alaphenger kiterített palástja :



37. ábra(Tk.56.ábra)

A homlok metszetben a fogazat magassági méretei változatlanok, a szélességi méretek pedig nőnek.

✎ A homlokosztás :

$$p_t = \frac{p}{\cos \beta} = \frac{m \times \pi}{\cos \beta} = m_t \times \pi$$

✎ Az alapprofil szög megváltozása :

$$\tan \alpha_t = \frac{2m \times \tan \alpha}{\cos \beta} \times \frac{1}{2m} = \frac{\tan \alpha}{\cos \beta}$$

✎ Az általános fogazatra (ha $x_1 = x_2 = 0$ akkor elemi, ha $x_1 = -x_2$ akkor kompenzált fogazatra is) a következő összefüggések érvényesek :

$$d = z \times m_t = \frac{z \times m}{\cos \beta}$$

$$a_w = \frac{a \times \cos \alpha_t}{\cos \alpha_{wt}} = \frac{z_1 + z_2}{2} \times \frac{m}{\cos \beta} \times \frac{\cos \alpha_t}{\cos \alpha_{wt}}$$

$$d_a = z \times m_t + m \left[2 + 2x - 2 \left(\sum x - y \right) \right]$$

$$d_f = z \times m_t - m (2 + 2c^* - 2x)$$

$$d_b = z \times m_t \cos \alpha_t$$

$$y = \frac{(z_1 + z_2)(\cos \alpha_t - \cos \alpha_{wt})}{2 \cos \alpha_{wt}}$$

✎ A ferde fogazatra érvényes kapcsolószám :

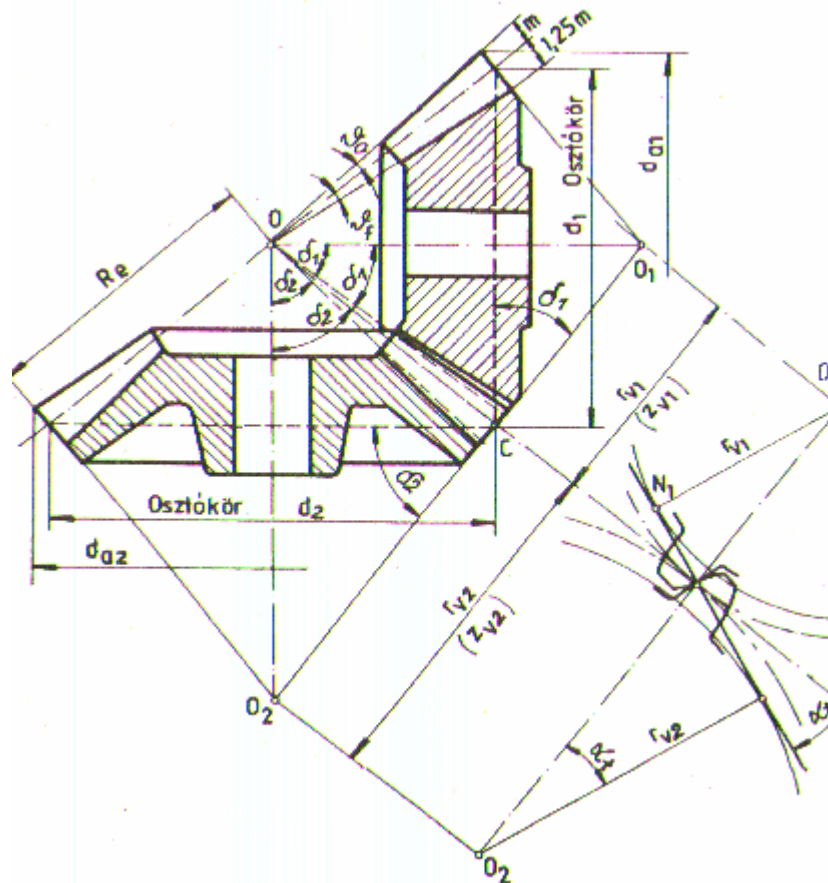
$$\varepsilon = \frac{AE + b \times \tan \beta_b}{p_{bt}} = \frac{AE}{p_{bt}}$$

✎ Az alámetszési határfogszám ferde fogazatnál :

$$z_{\lim} = \frac{2 \times \cos \beta \times h_a^*}{\sin^2 \alpha_t}$$

13 KÚPFOGAZAT :

13.1 Merőleges tengelyű kapcsolódó kúpkerekek az osztókúpok feltüntetésével :



38. ábra(Tk.58.ábra)

☞ Az osztást, modult és általában a fogméreteket az osztókörhöz kapcsolódóan értelmezzük, a hengeres kerekhez hasonlóan :

$$d_1 = z_1 \times m$$

$$d_2 = z_2 \times m$$

☞ Az áttétel :

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

- ez kapcsolatban van az osztókúpszöggel :

$$d_2 = 2 \times R_e \times \sin \delta_2$$

$$d_1 = 2 \times R_e \times \sin \delta_1$$

- tehát :

$$i = \frac{\sin \delta_2}{\sin \delta_1} = \frac{\sin \delta_2}{\cos \delta_2} \quad i = \sin \delta_2 / \sin \delta_1 = \sin \delta_2 / \cos \delta_2 = \tan \delta_2 \quad (\text{ha } \Sigma \delta = 90^\circ)$$

)
A kapcsolódási viszonyok tanulmányozásakor a kúpkerekpárt r_{v1} ill. r_{v2} osztókörsugarú képelt hengeres kerékpárral helyettesíthető :

$$r_{v1} = \frac{r_1}{\cos \delta_1} \quad r_{v1} = r_1 / \cos \delta_1$$

$$z_{v1} = \frac{z_1}{\cos \delta_1}$$

$$z_{v1} \leq z_{\lim} = \frac{2}{\sin^2 \alpha}$$

$$d_{a1} = d_1 + 2m \times \cos \delta_1$$

$$\tan \varphi_{a1} = \frac{m}{R_e}$$

$$R_e = \frac{d_1}{2 \sin \delta_1} = \frac{d_2}{2 \sin \delta_2}$$

$$\tan \varphi_{a1} = \frac{m + x_1 m}{R_e}$$

$$d_{a1} = d_1 + 2(m + x_1 m) \cos \delta_1$$

$$d_{a2} = d_2 + 2(m - x_1 m) \cos \delta_2$$

☞ A síkkerék osztókörátmérője és fogszáma :

$$d_p = \sqrt{d_1^2 + d_2^2}$$

$$z_p = \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$$

14 A FOGASKEREK MÉRTEZÉSE :

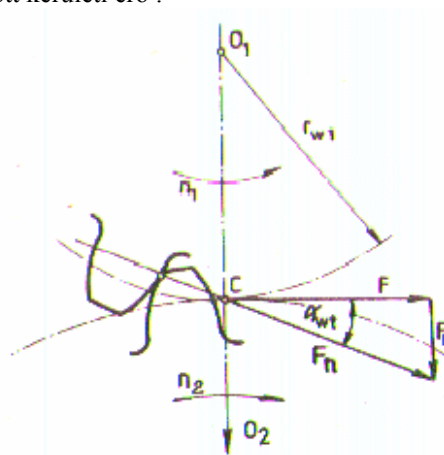
14.1 Általános szempontok :

- A mechanikai igénybevételt létrehozó nyomaték :

$$T_1 = \frac{P}{\omega_1} = \frac{P}{2 \times \pi \times n_1}$$

$$T_2 = \frac{P}{\omega_2} = \frac{P}{2 \times \pi \times n_2}$$

- A gördülőkörökre számított kerületi erő :



39. ábra(Tk.65.ábra)

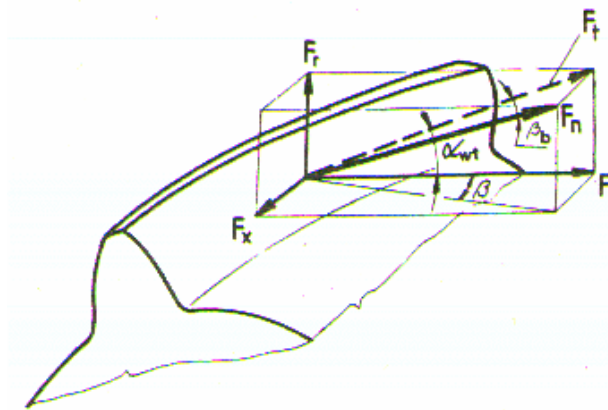
$$F = \frac{T_1}{r_{w1}} = \frac{T_2}{r_{w2}}$$

- A kerekre ható erők közti összefüggés :

$$F_n = \frac{F}{\cos \alpha_{wt}}$$

$$F_r = F \times \tan \alpha_{wt}$$

- A ferde fogazaton fellépő egyéb erők :



40. ábra(Tk.66.ábra)

$$F_t = \frac{F}{\cos \alpha_{wt}}$$

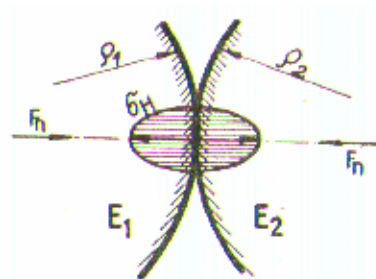
$$F_x = F \times \tan \beta$$

- Az erők fogazattönkretevé hatása :

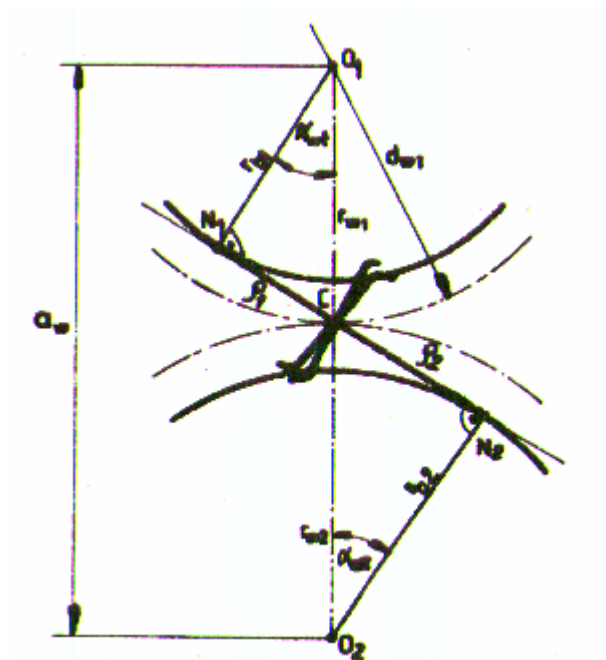
- az érintkezési hely környezetében fellépő nagy felületi nyomás hatására a fogfelület kigödrösödése
- a teljes fogban hajlító igénybevétel hatására a fog töben eltörhet
- a súrlódás felületi hőhatást és τ feszültségeket okoz, amitől a fogfelület berágódhat
- az erőhatás alatti csúszás kopással jár, ezáltal a fogfelület a kopás miatt deformálódhat

14.2 Méretezés felületi nyomásra :

- Méretezés a Hertz-feszültség maximumára :



41. ábra(Tk.67.ábra)



42. ábra(Tk.68.ábra)

$$\sigma_{H \max}^2 = 0.35 \frac{F_n}{b} \times \frac{E_m}{2\rho_{red}}$$

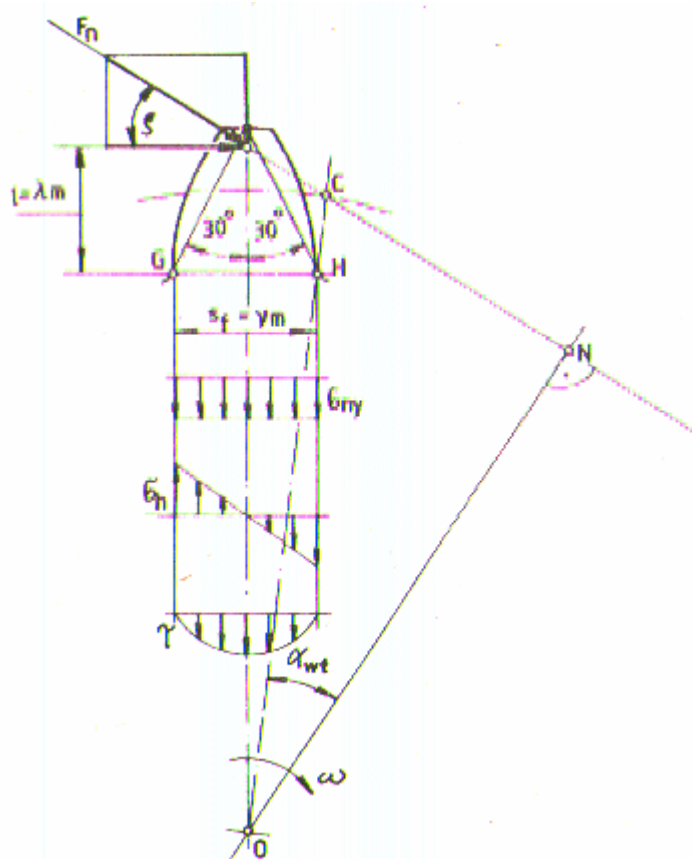
- A minimális tengelytávolság :

$$a_{w \min} = \sqrt[3]{\left(\frac{P}{2} \times \pi \times n_1\right) \left(\frac{1}{\zeta}\right) \left(\frac{1}{\sin 2\alpha_{wt}}\right) \left(\frac{(1+u)^4}{u}\right) \left(\frac{1}{k_{meg}}\right)}$$

14.3 Méretezés a fogtő igénybevételre :

- A fogtő igénybevételének legkedvezőtlenebb esete, amikor a normálfogó a kezdetén a fog fejlén hat :

kapcsolódás



43. ábra(TK.69.ábra)

$$\sigma_h = \frac{61 \times F_n \times \cos \alpha}{b \times s_f^2} = \frac{6\lambda m \times F_n \times \cos \xi}{b \times v^2 \times m^2} = \frac{F_n \times 6\lambda \times \cos \xi}{b \times m \times v^2} = \frac{F_n \times Y}{b \times m}$$

(ahol Y a fog alakjától és méretarányától függő fogalaktényező)

14.4 Összefoglalás :

Az egyszerűsített méretezést a szükséges tengelytáv kiszámításával kezdhetjük az (a_{wmin}) egyenlet használatával. Ha nincs valamely kötöttség, a kapcsolószöget $\alpha_{wt} = 23^\circ - 26^\circ$ között célszerű felvenni, ami általános fogazat alkalmazását jelenti a teherbírás növelésére. Ha a technológiai lehetőségek adottak, akkor a betétben edzhető anyag javasolható a méretek és ezzel a tömegek csökkentésére. A számításból kapott előzetes tengelytávot általában szabványos méretre kell felkerekíteni. Ha a kerekítés számottevő méretnövekedéssel jár, érdemes lehet megvizsgálni ξ ill. az anyagminőség módosításának lehetőségét is.

A következő lépés m_{min} kiszámítása :

$$m_{\min} = \frac{P \times Y}{b \times d_w \times \pi \times n \times \cos \alpha_{wt} \times \sigma_{meg}}$$

képlet használatával, majd szabványos értékre kerekítése, amikor is $Y = 2,5$ értéket vehetünk fel előzetesen. Mivel a b) alfejezetben elmondottak értelmében

$$d_{w1} = \frac{2a_w}{1+u} \cong m \times z_1$$

a következőkben kiszámítható z_1 előzetes értéke is. Ettől lefelé eltérhetünk, ez esetben ui. nő a modul és így a fogtő terhelhetősége is. Ipari hajtóművekhez célszerű $z_1 = 18 - 30$ alkalmazása, ügyelve arra, hogy z_2 és z_1 relatív törzsszámok legyenek, tehát ne legyen közös osztójuk.

Végül a korrigált értékek ismeretében elvégezhetjük a fogaskerek geometriai méretezését is, és a szükséges profileltolási tényezők meghatározása után Y pontos nagyságának birtokában ellenőrizhetjük a modult.

Pontos méretezési számítások esetén az előzetesen nyert adatokat különféle korrekciók sorozatos alkalmazásával fokozatosan finomíthatjuk és a számítássorozat gépesítése útján pl. tömegoptimumot valósíthatunk meg (minimális tömegű fogaskerékpárt tervezhetünk).

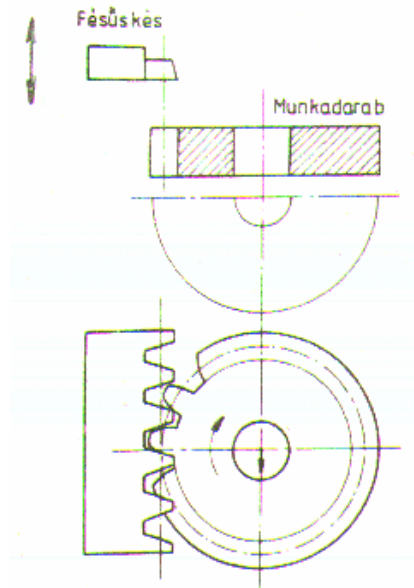
A ferde - és kúpfogazatok méretezése is az egyenes fogazatokkal kapcsolatban elmondott elvek szerint valósulhat meg.

15 A FOGASKEREKEK GYÁRTÁSA:

15.1 A homlokkerekek gyártására használható három elterjedt lefejtő forgácsolási módszer a következő:

15.1.1 Maag-rendszerű, fésűskés-szerszámú lefejtő gyalulás

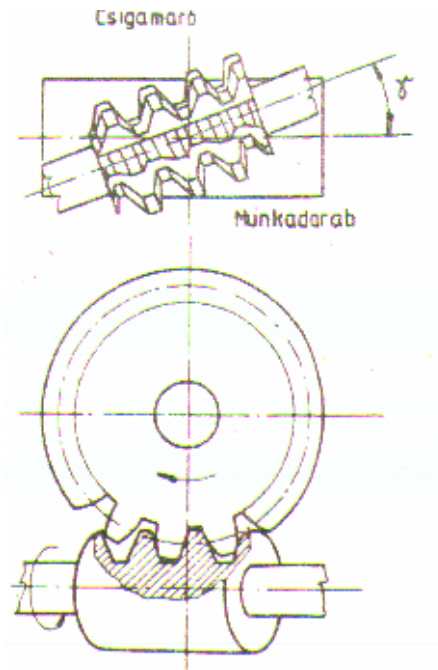
Maag-rendszerű, fésűskés-szerszámú lefejtő gyalulás [44.ábra (TK. 70.ábra)], amikor is fogasléchez hasonló, egyenes profilú szerszám végzi a gyalulót (alternáló) főmozgást, a munkadarab pedig a szakaszos gördülő mellékmozgást. Elemi fogazatok készítésekor az osztókör a szerszám középvonalával, a korrigált fogazatok készítésekor pedig valamely ezzel párhuzamos $\pm x$ m távolságban levő vonalával van tiszta gördülésben.



44. ábra(Tk.70.ábra)

15.1.2 Pfauter-rendszerű, csigamarós lefejtő marás:

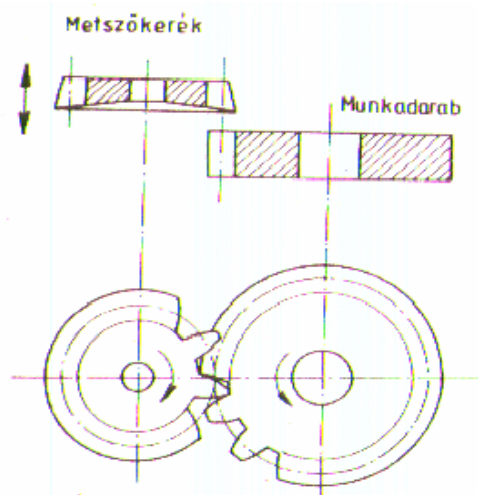
Pfauter-rendszerű, csigamarós lefejtő marás [45.ábra (TK. 71.ábra)], amikor is a főmozgást végző szerszám lényegében fogasléc (egyenes) profilú csavarfelület és a munkadarab mellékmozgása is folytonos forgó mozgás. A folytonos mozgások révén nagy termelékenység érhető el. A Pfauter-gép egy második mellékmozgást - a gyártandó kerék tengelye irányába eső előtolást - is létrehoz.



45. ábra(Tk71.ábra)

15.1.3 Fellows-rendszerű, metszőkerekes lefejtő vésés:

Fellows-rendszerű, metszőkerekes lefejtő vésés [46.ábra (TK. 72.ábra)], amikor is az alternáló főmozgású, evolvens fogprofilú fogaskerék alakú szerszám mellékmozgásként szakaszosan összegördül a munkadarabbal. E rendszer a belsőfogazatok előállítására egyedül alkalmas lefejtő eljárás.

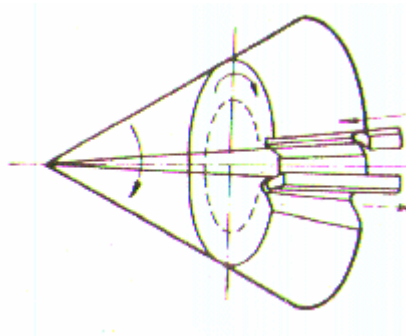


46. ábra(Tk72.ábra)

15.2 Az egyenes fogalkotójú kúpkerékgyártására:

15.2.1 Heidenreich-Harbeck-rendszerű, kétkéses lefejtő gyalulás

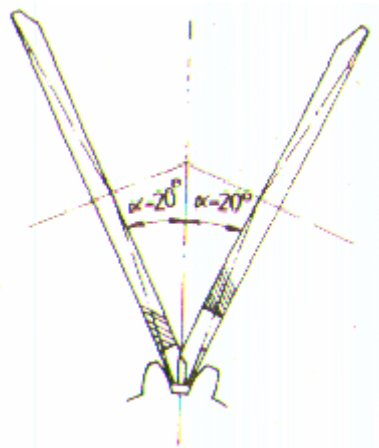
Heidenreich-Harbeck-rendszerű, kétkéses lefejtő gyalulás [47.ábra (TK. 73.ábra)], amikor is a felváltva (ellenfázisban) dolgozó késpár a kúpkerékhez tartozó síkkerék egy fogárkának két oldalfelületét helyettesíti. Mivel a 2.16 fejezetben elmondottak szerint a síkkeréknek a sík fogfelületei vannak, a kések is sík felületűek, egyenes élűek és megfelelő beállítással ferde fogazat gyalulására is alkalmasak.



47. ábra(Tk.73.ábra)

15.2.2 Különféle rendszerű, két tárcsamarával dolgozó lefejtő marás

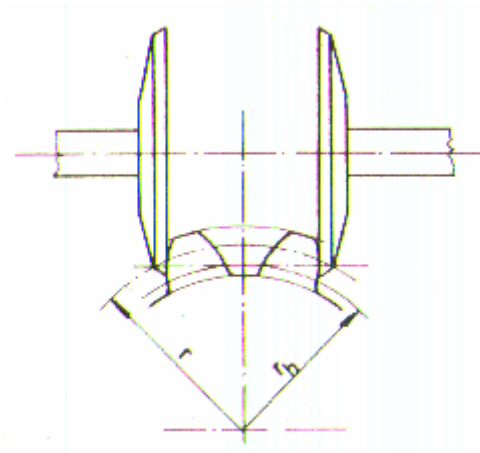
Különféle (pl. Klingelnberg, Gleason, stb.) rendszerű, két tárcsamarával dolgozó lefejtő marás [48.ábra (TK. 74.ábra)], amikor is a két nagytérű tárcsamará betétkései a síkkerék egy fogoldalát képviselik. E rendszerek ferde fogazat gyártására nem alkalmasak, de igen termelékenyek.



48. ábra(Tk.74.ábra)

Az edzett fogfelületű fogaskereket köszörülési ráhagyással forgácsolják, majd hőkezelés után köszörülük. A korszerű, nagypontosságú köszörülési eljárások lefejtő jellegűek. Közülük legismertebbek a Maag-, Niles- és Reishauer-féle rendszerek.

Az egy- és kétkorongos Maag-köszörűgépek közül utóbbi a fejlettebb [49.ábra (TK. 75.ábra)], ahol a megmunkálандó kerék ingamozgással gördül be a párhuzamos helyzetű, forgó köszörűkorongok közé.



49.ábra(Tk.75.ábra)

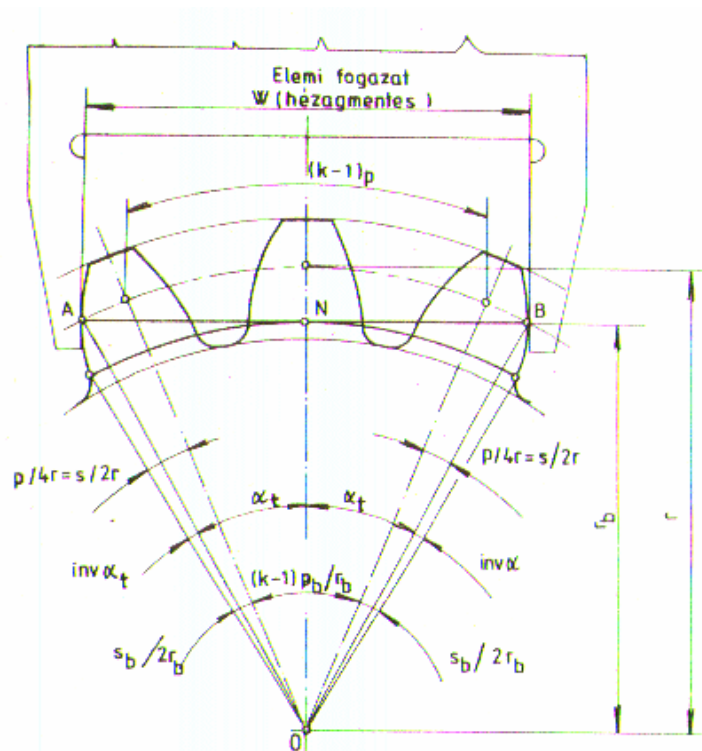
16 A FOGASKEREKEK TŰRÉSEZÉSE ÉS MÉRÉSE :

A mérés kapcsán két számítási feladatot kell megoldani. A [50.ábra (TK. 77.ábra)] szerint elemi fogazat esetén

$$k = \frac{z}{9} + 0.5$$

$$w = (k - 1)\pi m \cos \alpha + \left(\frac{\pi}{2} + 2x \operatorname{tg} \alpha + z \operatorname{inv} \alpha\right) m \cos \alpha =$$

$$= [(k - 0.5)\pi + z \operatorname{inv} \alpha] m \cos \alpha + 2xm \sin \alpha$$

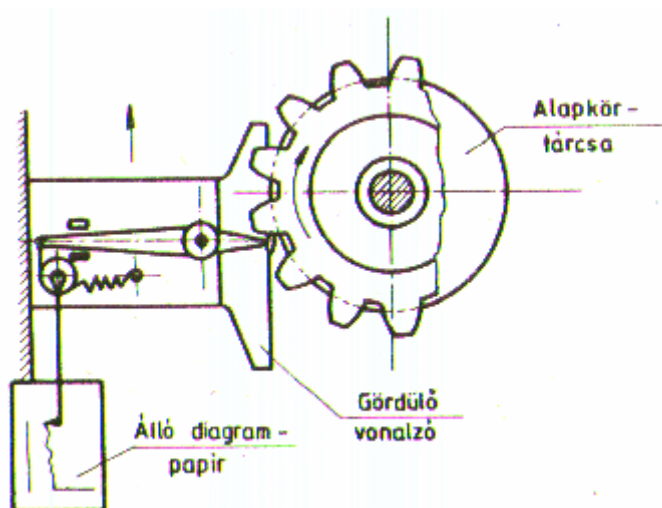


50. ábra(Tk.77.ábra)

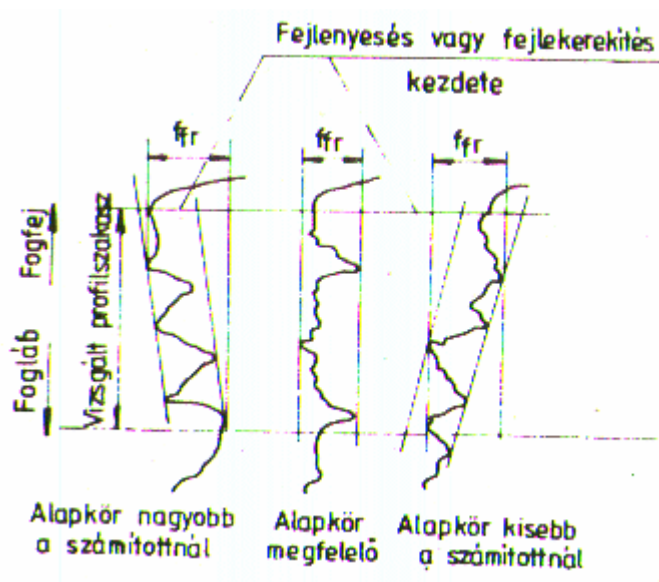
16.1 Összetett hibamérési eljárás :

16.1.1 profilhiba mérése : [51.ábra (TK. 80.ábra)]

(a diagram jellegéből a hiba természete is megállapítható: a görbe ingadozása a felületi hibákra, a diagram egészének függőlegestől való elhajlása az alapkör méreteltérésére utal.) [52.ábra (TK. 81.ábra)]



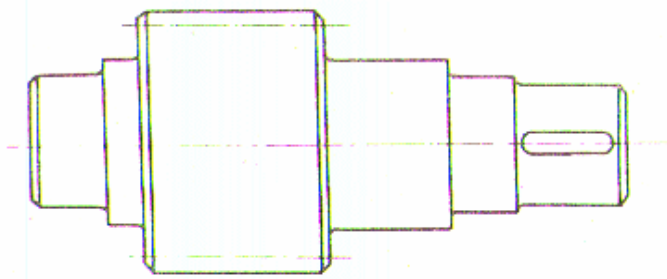
51. ábra(Tk.80.ábra)



52. ábra(Tk.81.ábra)

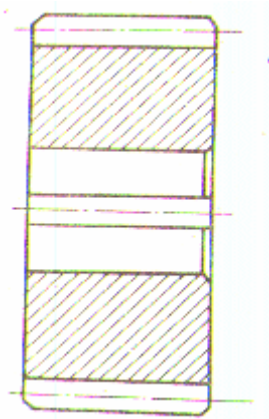
17 FOGASKEREKEK ÉS FOGASKEREKES HAJTÓMŰVEK SZERKEZETEI :

Az egészen kisméretű kerek koszorúját megengedhetetlenül elvékonyítaná a tengelyfurat, ezért ilyenkor egy darabból készítik el a tengelyt és a fogaskereket

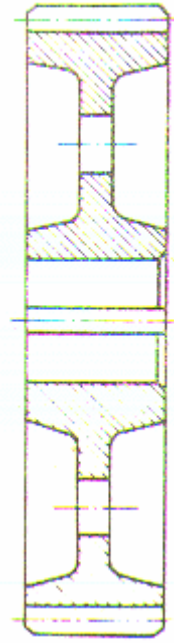


53. ábra(Tk.82.ábra)

A furatos kerek kialakítása átmérőjüktől és fogszélességüktől függ. Kis átmérő esetén tárcsa alakú [54./a ábra (TK. 83.ábra)], nagyobb átmérő, de kis fogszélesség esetén pedig olyan keréktest indokolt, melynek agya és koszorúja közti tárcsája vékonyabb és furatokkal könnyített [54./b ábra (TK. 84.ábra)].

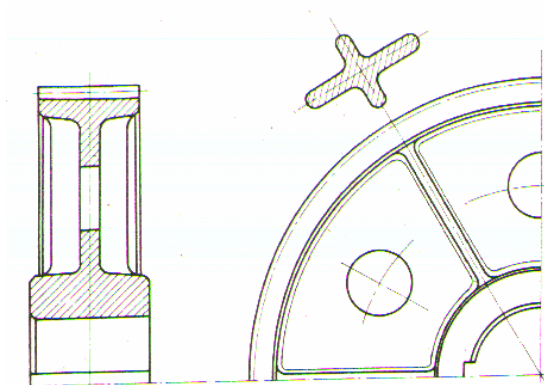


54./a ábra (Tk.83.ábra)

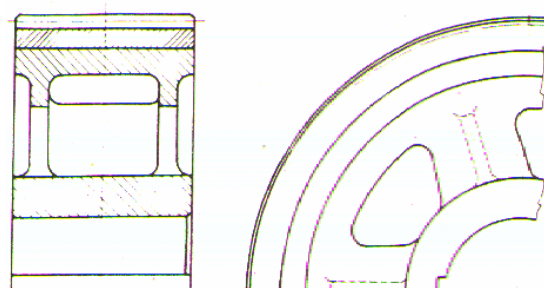


54./b ábra (Tk.84.ábra)

Nagy átmérő és -fogszélesség esetén a keréktárcsát az agy és a koszorú közötti bordákkal merevítik [55.ábra (TK. 85.ábra)], esetenként még két tárcsa használata is indokolt. Ha a kerék eléggé nagy méretű és nemes anyagból gyártandó, akkor koszorús kerék kialakítása célszerű, ahol a keréktest olcsóbb anyagból készülhet [56.ábra (TK. 86.ábra)].

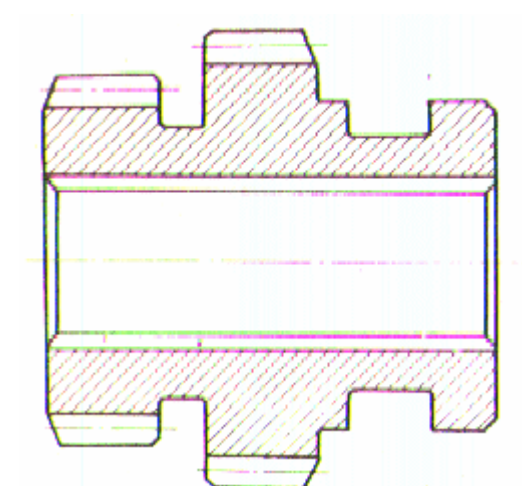


55. ábra (Tk.85.ábra)



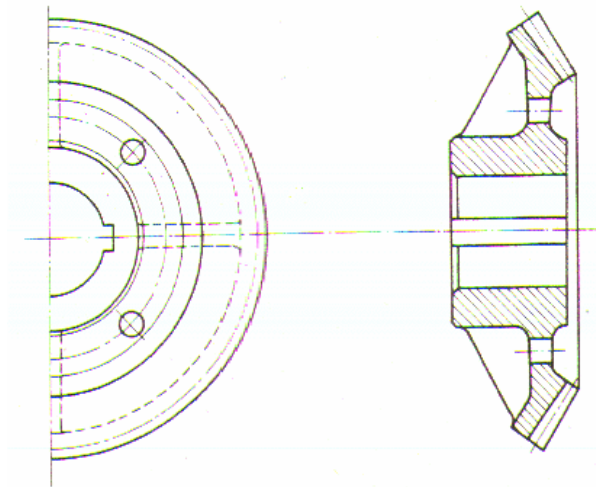
56. ábra (Tk.86.ábra)

Változtatható áttételű hajtóművekben alkalmazzák a több koszorúból álló, bordás furatú (eltolható) tömbkerekeket:



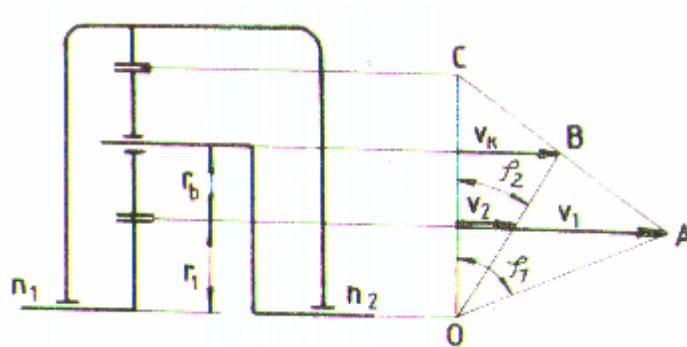
57. ábra(Tk.87.ábra)

A kúpkerek koszorúját az aggyal szintén a keréktárcsa kapcsolja össze, amely merevítés nélküli és bordákkal merevített típusú lehet



58. ábra(Tk.88.ábra)

A bolygóművek felépítése, működése, sebességi viszonyai és összefüggései.



59. ábra(Tk.93.ábra)

☞ - a hajtómű áttétele:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

- A (93.ábra) alapján :

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{r_1 \times \tan \varphi_1}{r_1 \times \tan \varphi_2} = \frac{\tan \varphi_1}{\tan \varphi_2}$$

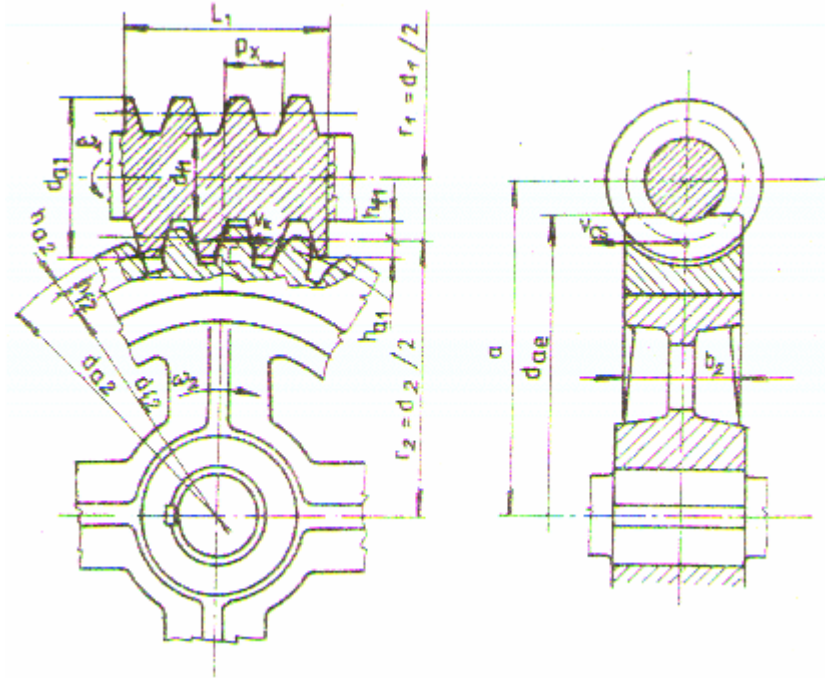
$$\tan \varphi_1 = \frac{v_1}{r_1}$$

$$\tan \varphi_2 = \frac{v_k}{r_1 + r_b} = \frac{v_1}{2(r_1 + r_b)}$$

$$i = v_1 \times \frac{2(r_1 + r_b)}{r_1 \times v_1} = \frac{2(r_1 + r_b)}{r_1} = \frac{2(z_1 + z_b)}{z_b}$$

18 A CSIGAHAJTÁS ALAPFOGALMAI ÉS GEOMETRIÁJA :

A csiga és csigakerék kapcsolódása a csigakerék homlokmetSZetében egyenes profilú (archimedesi) csiga esetén a fogasléc-fogaskerek kapcsolódással azonos



60. ábra(Tk.94.ábra)

A csiga előírt menetosztása (elvileg) tetszőleges átmérőjű orsón megvalósítható. Az átmérőt a gyakorlatban az igénybevételnek megfelelően kell megállapítani a szabványban meghatározott átmérőhányados (q) figyelembevételével :

$$q = \frac{d_1}{m}$$

Az átmérőhányados fogalmának bevezetésével a csiga méreteit a hengeres elemi fogaskerekre érvényes összefüggésekhez hasonlóan fejezzük ki, melyben z_1 helyett q -val számolunk :

$$d_{a1} = m(q + 2)$$

$$d_{f1} = m(q - 2 - 2c^*)$$

$$\text{ahol } c^* = 0.2$$

A csiga menetes szakaszának hosszát előíró pontos összefüggések szerint :

- a hőkezelt csigáknak általában 6 menete van, ezért :

$$L_1 \approx 6m \quad \pi \approx 19m$$

- a nem hőkezelt csigák 5 menettel készülnek, ezért :

$$L_1 \approx 16m$$

A csigákat mindig elemi méretekkel gyártják, így a közölt összefüggések mindig érvényesek, vagyis nincs profileltolás.

Mint minden csavarmenet, a csiga is kialakítható egy vagy több menetbekezdéssel, melyek számát z_1 -gyel jelöljük :

$$\tan \gamma = \frac{z_1 \times p_x}{d_1 \times \pi} = \frac{z_1 \times m \times \pi}{q_m \times \pi} = \frac{z_1}{q}$$

(a menetemelkedés $z_1 \times p_x = p_z$ összefüggéséből adódóan)

$$\tan \gamma = \frac{p}{d_1 \times \pi} = \frac{p}{2r_1 \times \pi}$$

(a fajlagos menetemelkedés $\frac{p}{2\pi}$ paraméteréből adódóan)

✎ A csigakerék méretei a (61.ábra) jelöléseivel a fogaskerek mintájára fejezhető ki :

$$d_2 = m \times z_2$$

$$d_{a2} = m(z_2 + 2h_a^*) \quad (\text{általában } h_a^* = 1)$$

$$d_{f2} = m(z_2 - 2h_a^* - 2c^*)$$

- A legnagyobb keréktátrő d_{ae2} nagyobb a fejkörátrőnél, értéke :

$$d_{ae2} = m \times z_2 + 3.5m \quad (\text{ha } z_1 \leq 2)$$

$$d_{ae2} = m \times z_2 + 3m \quad (\text{ha } z_1 \geq 3)$$

- A kerékszélesség a csiga méretéhez és a kerékkoszorú anyagához igazodik :

$$b_2 \approx 0.45(q + 6)m \quad (\text{általában})$$

$$b_2 \approx 0.45(q + 7.8)m \quad (\text{ónbronz ill. alumíniumbronz használatánál})$$

✎ Az elemi csigahajtás tengelytávolsága :

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m(q + z_2)}{2}$$

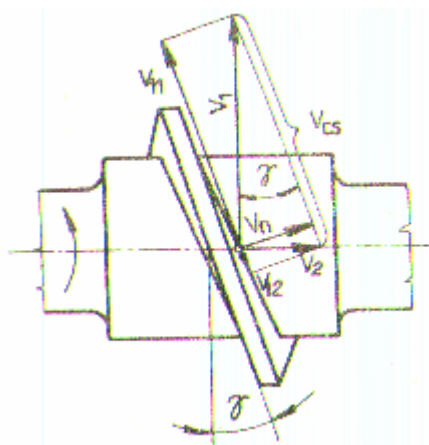
- Azért, hogy a tengelytávolság bármilyen előírt (elemitől eltérő) értéket felvehessen, profileltolások (korrigált) fogazatú csigahajtás is gyártható, mely csak a csigakerék méreteire van hatással (átmérői a profileltolás kétszeresével módosulnak, tengelytávolsága : $a_w = [(q + z_2) + x_2]m$

18.1 A csigahajtás hatásfoka :

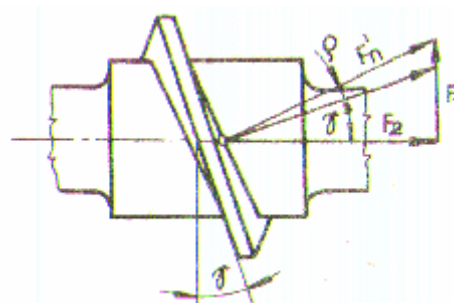
✎ A csiga teljesítményét P_1 -gyel, a csigakerékét P_2 -vel jelölve :

$$\eta_1 = \frac{P_2}{P_1} = \frac{M_2 \times \omega_2}{M_1 \times \omega_1} = \frac{F_2 \times v_2}{F_1 \times v_1}$$

✎ A fenti összefüggésből akkor tudjuk a hatásfokot számszerűleg meghatározni, ha ismerjük a kerületi erők és a -sebességek közötti összefüggéseket :



61/a .ábra (Tk.97.ábra)



61./b ábra (Tk.98.ábra)

$$v_n = v_1 \times \sin \gamma = v_2 \times \cos \gamma$$

$$v_2 = v_1 \times \frac{\sin \gamma}{\cos \gamma} = v_1 \times \tan \gamma$$

$$F_1 = F_2 \times \tan(\gamma + \rho^I)$$

☞ Az előzőeket behelyettesítve :

$$\eta_1 = \frac{F_2 \times v_1 \times \tan \gamma}{F_2 \times v_1 \times \tan(\gamma + \rho^I)} = \frac{\tan \gamma}{\tan(\gamma + \rho^I)}$$

☞ A csigahajtás fordított teljesítményfolyamú működtetésénél :

$$\eta_2 = \frac{P_1}{P_2} = \frac{F_1 \times v_1}{F_2 \times v_2} = \frac{F_2 \times v_1 \times \tan(\gamma + \rho^I)}{F_2 \times v_1 \times \tan \gamma} = \frac{\tan(\gamma + \rho^I)}{\tan \gamma}$$

Ellenőrző kérdések:

1. Mit nevezünk modulnak, fogszám – viszonynak, áttételnek, és honnan származtatjuk azokat?
2. Ismertesse a fogfelületre vonatkozó jelöléseket!
3. Vázlat alapján ismertesse a legfőbb fogaskerék – jellemzőket, jelöléssel, ill magyarázattal!
4. Írja fel az elemi fogazatú hengeres kerék főbb geometriai méreteit (azok kiszámításának módját)!
5. Ismertesse mi a kapcsológörbe, mi határozza meg a szélső pontjait!
6. Mik a helyes kapcsolódás feltételei? (31. Ábra)
7. Ismertesse a Relaux – féle profilszerkesztést! (32. Ábra)
8. Ismertesse, hogyan származtatjuk az evolvens görbét, és mik a jellemzői! (33-34. Ábra)
9. Ismertesse az evolvens – profilok kapcsolódását!
10. Ismertesse a fogaskerék – fogasléc kapcsolatot (37. Ábra), valamint a lefejtés lényegét!
11. Ismertesse, mi a profileltolással módosított (kompenzált) fogazat, és hogy milyen hatásai vannak!

Általános fogazat:

1. Vázlat alapján ismertesse, mit nevezünk a fogazat alapprofiljának, és milyen adatokat kell tartalmaznia az alapprofilnak (39-40. Ábra)
2. Milyen fogazatot nevezünk általános fogazatnak?
3. Mikor nevezzük a profileltolással fogazatot kompenzált fogazatnak?
4. Ismertesse, hogyan számoljuk ki a profileltolási tényezők összegét!
5. Ismertesse, hogyan számoljuk ki a tengelytávtenyezőt!
6. Ismertesse, hogyan számoljuk ki a működő és a teljes fogmagasságot!
7. Ismertesse az általános fogazat geometriai összefüggéseit!

Relatív csúszás:

1. Mi a relatív csúszás? (31. Ábra)
2. Milyen alakja van a csúszásgörbének, és hogyan szerkesztjük azt? (46. Ábra)
3. Ismertesse a relatív csúszás kiegyenlítésének grafikus módszerét! (47. Ábra)

Fogazati rendszerek alkalmazhatóságának határai:

1. Hogyan számítható ki a fogvastagság tetszőleges sugáron?
2. Hogyan számítható ki a fogkihegyesedéshez tartozó sugár?
3. Hogyan számítható ki a fogfej – vastagság?
4. Hogyan határozható meg a profil – kapcsolószám?
5. Vázlat alapján ismertesse, hogyan határozhatjuk meg az egyedi kapcsolódás szakaszát a kapcsolószakaszon! (48. Ábra)
6. Hogyan keletkezik az alámetszés, és ábra alapján ismertesse a határhelyzetét! (50. Ábra)
7. Ismertesse, mi a határkerék – fogszám és a minimálisan szükséges profileltolási tényező közti összefüggés!

Belső fogazat:

1. Mi a különbség a külső-belső, belső-külső egyenes fogazatú kerékpár között ?
2. Melyek a belső-külső fogazatú hengeres kerékpár előnyei és hátrányai ?
3. Hogyan számítjuk ki az elemi belső-külső egyenes fogazatú hengeres fogaskerékpár főbb méreteit ?
4. Ismertesse, hogy általános belső-külső fogazat esetén, hogyan számítjuk ki a kerékpár főbb méreteit!

Ferde fogazat:

1. Vázlat alapján ismertesse, hogyan származtatjuk a külső, ferde fogazatú kerekeket! (53.ábra)
2. Vázlat alapján ismertesse a ferde fogazatú kerekek főbb méreteit! (55.ábra)
3. Hogyan számítjuk ki a homlokmodult és a homloksíkbeli kapcsolószöget?
4. Írja fel a ferde, elemi fogazatú hengeres fogaskerék főbb méreteit!
5. Hogyan számítjuk ki a ferde, kompenzált fogazatú hengeres fogaskerék főbb méreteit?
6. Ismertesse a ferde, általános fogazatú fogaskerékpárra vonatkozó alaptételeket!
7. Hogyan számítható ki, a ferde fogazatú hengeres kerék alámetszési határfogszáma?
8. Vázlat alapján ismertesse, hogyan számítjuk ki a külső, ferde fogazatú hengeres fogaskerékpár kapcsolószámát!
8. Ismertesse a ferde fogazat főbb előnyeit és hátrányait !

Fogaskerek méretezése:

1. Ismertesse fogaskerékpárok mechanikai igénybevételét meghatározó nyomatékokat, erőket! (65.ábra)
2. Ismertesse a ferde fogazat esetén fellépő erőket!
3. Ismertesse a fogazat tönkremenetelének főbb előidézőit!
4. Ismertesse a különböző méretezési módok alapjait! (67.,68. és 69.ábra)
5. Ismertesse a fogaskerek gyártásának alapjait!
6. Ismertesse a fogaskerek tűrésezését és mérését!
7. Ismertesse a profilhiba mérésének elvét! (80,81.ábra)
8. Ismertesse - vázlat alapján - a különböző fogaskerekes hajtóműveket, és rajzoljon különböző kialakításokat! (82-88.ábra rajzolni, 89-91.ábra ismertetni)
9. Ismertesse a bolygómu áttételének meghatározását! (93.ábra)

Csigahajtás:

1. Ismertesse a csigahajtás alapfogalmait és geometriáját! (94.ábra)
 2. Ismertesse a csigahajtás hatásfokát!
 3. Ismertesse a csigahajtáson keletkező erőhatásokat! (97. és 98.ábra)
- Megadott ábra alapján ismertesse a csigahajtóművet!