

Bolygóművek

Előnyök:

- tömör szerkezeti kialakítás
- teljesítmény/súly nagy
- teljesítmény elágazásra ad lehetőséget
- jó hatásfok
- automata sebváltóban alkalmazható

Hátrányok:

- nagy gyártási pontosságot igényel
- terhelésmegosztást biztosító járulékos elemek kellenek

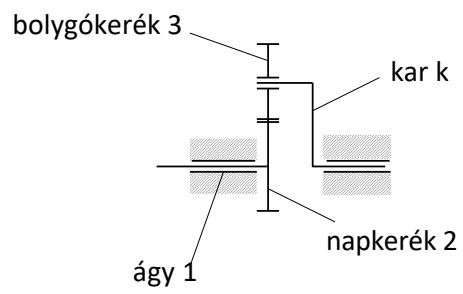
Ismerni kell:

- kinematikai viszonyokat
- erő és teljesítményfolyam
- fogsámválasztást

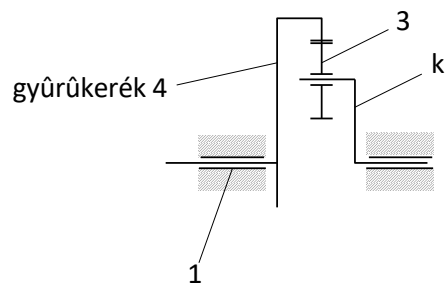
Bolygóművek osztályozása

A) Elemi bolygómű

"K" (külső fogazat)

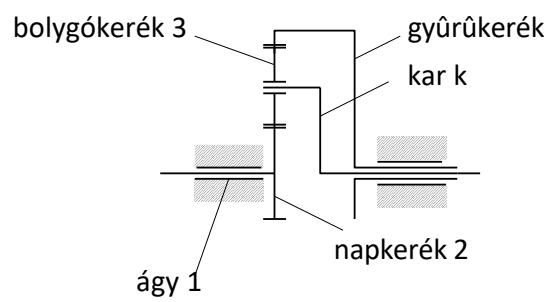


"B" (belső fogazatú gyűrűkerék)



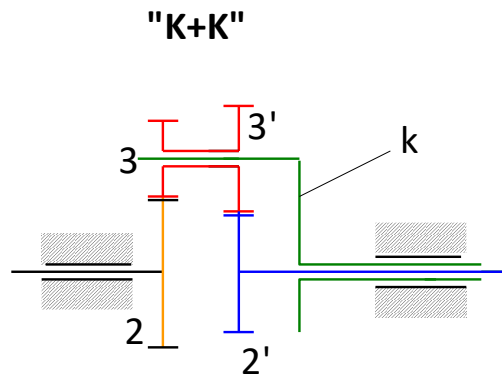
B) Egyszerű bolygómű (külső-belső)

"KB" (Egyszerű bolygómű)

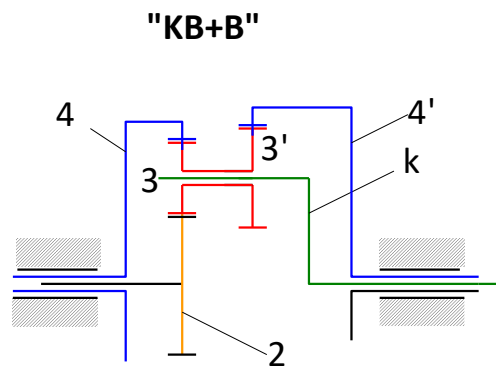


C) Összetett bolygómu

Külső-külső



Külső/belső+belső



Bolygómu szabadságfoka

(Hány behajtás szükséges ahhoz, hogy egyértelmű kihajtást kapjunk?)

Szabadságfok

$$s=3(n-1)-2p_2-p_1$$

ahol

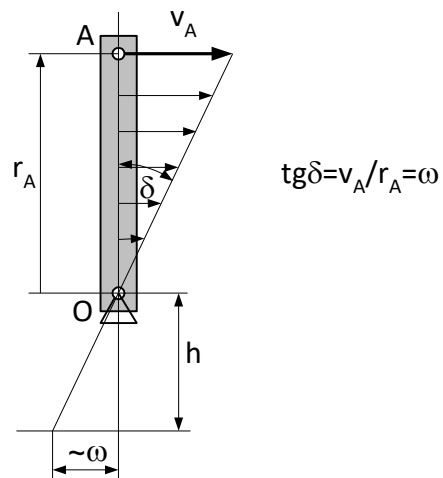
- n=bolygómu tagjainak száma
- p₂=csapágyazási helyek száma
- p₁=fogaskapcsolatok száma

Például a „KB” bolygómu esetében

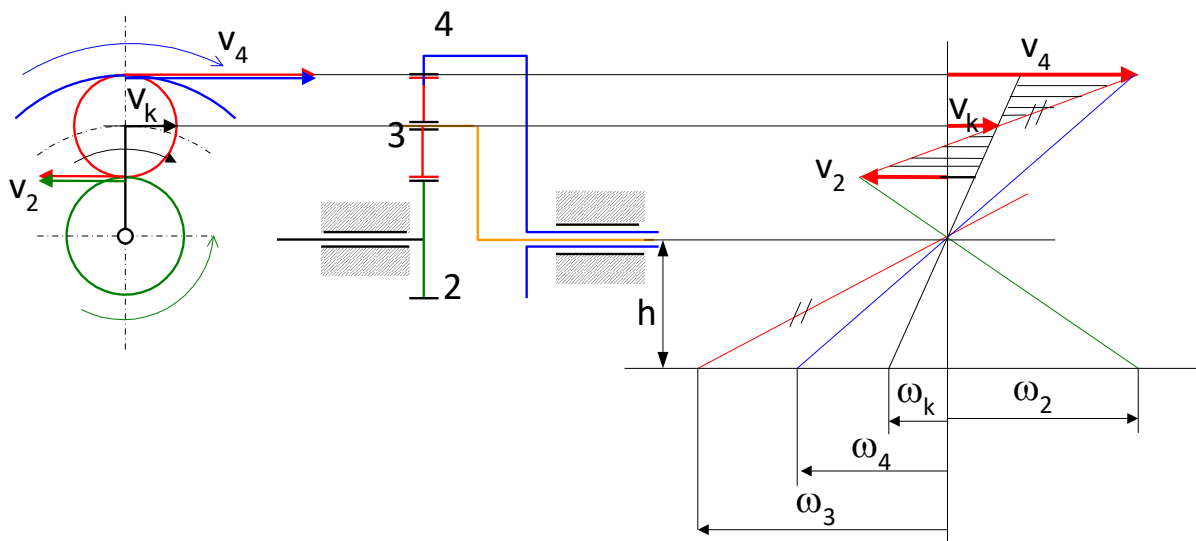
$$s=3(5-1)-2(4)-2=2$$

KINEMATIKAI VISZONYOK

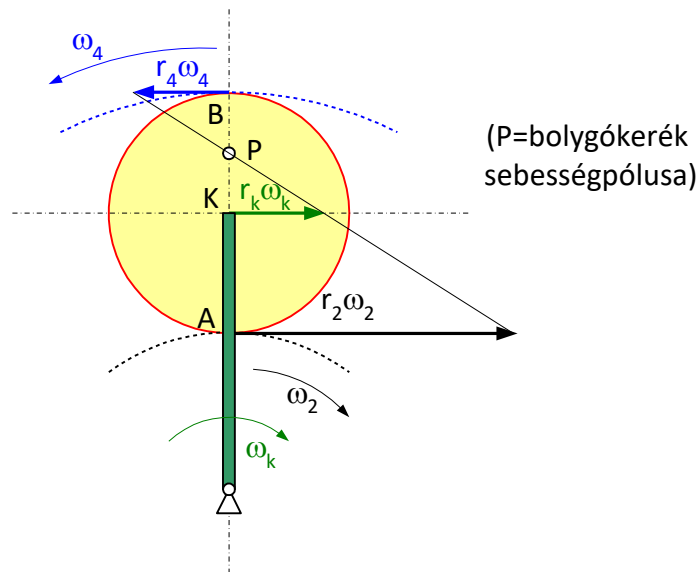
„Kutzbach-féle szerkesztő-számító eljárás



A forgásponttól h távolságra lévő egyenesen mért metszék arányos a test szögsebességével.



Összefüggés a szögsebességek között:



A K-pont sebessége az A és B pont sebességének a számtani közepe, mivel merev test két pontjának sebessége közötti összefüggést alkalmazva

$$v_A = v_K + r_3 \omega_3$$

$$v_B = v_K - r_3 \omega_3$$

A két egyenletet összeadva

$$v_A + v_B = 2v_K$$

A sebességeket a sugarakkal kifejezve, és figyelembe véve, hogy $r_k = (r_2 + r_4)/2$

$$r_2 \omega_2 + r_4 \omega_4 = 2r_k \omega_k = (r_2 + r_4) \omega_k$$

A szögsebességek közötti összefüggés a fogszámokkal is kifejezhető:

$$z_2 \omega_2 + z_4 \omega_4 = (z_2 + z_4) \omega_k$$

A módosítás attól függ, hogy hány szabadságfokát használjuk ki a bolygóműnek.

Például a „KB” bolygómű esetén, ha a behajtó tag a (2) napkerék, kihajtó tag a (k) kar, az álló tag a (4) gyűrűkerék, akkor

$$z_2 \omega_2 + z_4 \omega_4 = (z_2 + z_4) \omega_k$$

vagyis

$$i_{2k}^4 = \omega_2 / \omega_k = (z_2 + z_4) / z_2$$

Átlagos fogszámtartományokat tekintve az áttétel tág határok között változhat:

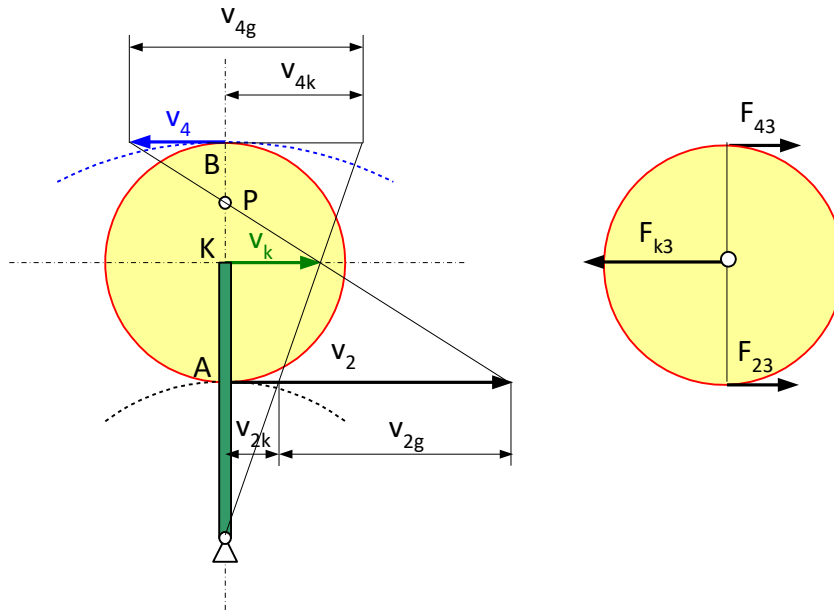
„KB”	i_{\min}	i_{\max}
i_{2k}^4	2,4	12
i_{k2}^4	0,083	0,416
..

Teljesítményfolyam

A kerekek összetett mozgását felbonthatjuk

- tengelykapcsoló szerű mozgásra (bolygókerék nem forog a tengelyén)
- gördülő jellegű mozgás (forgás a saját tengely körül)

A következő példában ún. differenciál-hajtásformán mutatjuk be a teljesítményfolyamot. Behajtás: napkerék, kihajtás kar és gyűrűkerék. A hajtás szabadságfoka $s=2$, teljesítmény elágazást tesz lehetővé.



Külső teljesítmény: ami a bolygóművön kívül szerepel (be és kihajtó teljesítmény)

Belső teljesítmény: -tengelykapcsoló teljesítmény
-gördülő teljesítmény

$$P_{be} + P_{ki} = 0 \quad (\text{ha a hatásfok 100\%})$$

$$P_{be} = P_2 = F_{23} v_2 \qquad P_2 = P_{2k} + P_{2g} = F_{23} v_{2k} + F_{23} v_{2g}$$

$$\text{de } P_{2g} + P_{4g} = 0$$

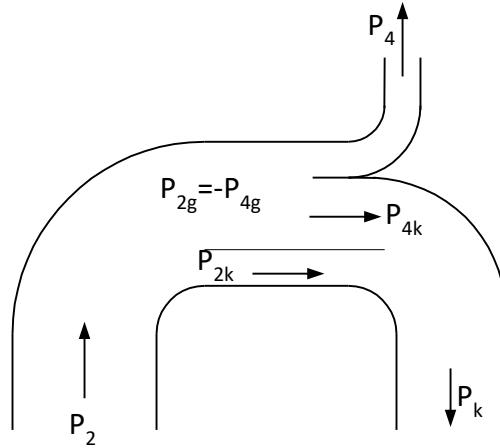
$$P_{ki} = P_k + P_4$$

$$P_4 = F_{43} v_4$$

$$P_{4k} = F_{43} v_{4k}$$

$$P_k = P_{2k} + P_{4k} = F_{3k} v_k$$

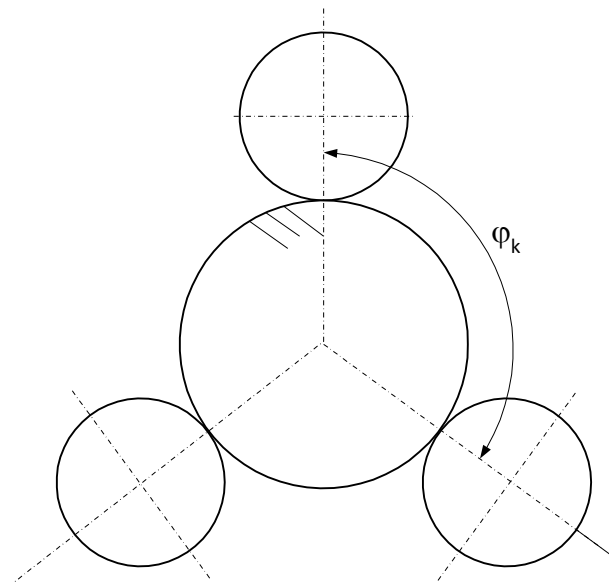
A teljesítményfolyam az ábrán szemléletesen látható.



Fogszámválasztás

A fogszámok kerek számok.

a) Szerelhetőségi feltétel (A napkereket be lehet dugni a bolygókerék közé)



$$\omega_2=0$$

A bolygómű

$$z_2\omega_2+z_4\omega_4=(z_2+z_4)\omega_k$$

egyenletét felhasználva, $\omega_2=0$ helyettesítéssel

$$z_4\omega_4=(z_2+z_4)\omega_k$$

Időegység alatt a befutott ívhosszak

$$r_4\varphi_4=(r_2+r_4)\varphi_k \dots \dots \dots (*)$$

A bal oldal a „t” fogosztás egész számú többszöröse (Gt), a kar szomszédos pozíciója pedig

$$\varphi_k = 2\pi/3$$

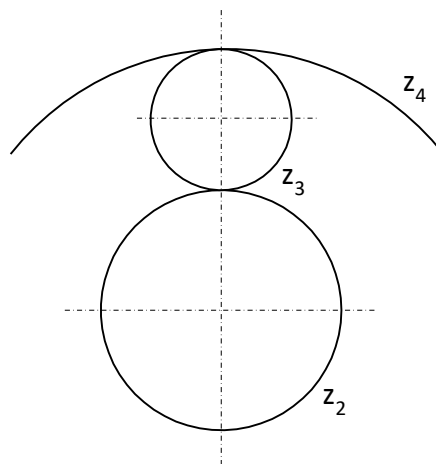
Ezzel az (*) egyenlet az alábbi alakú lesz:

$$Gt = (2\pi/3)(r_2 + r_4)$$

$$G3 = (z_2 + z_4)$$

Vagyis $z_2 + z_4$ hárommal osztható legyen!

b) *Egytengelyűségi feltétel*



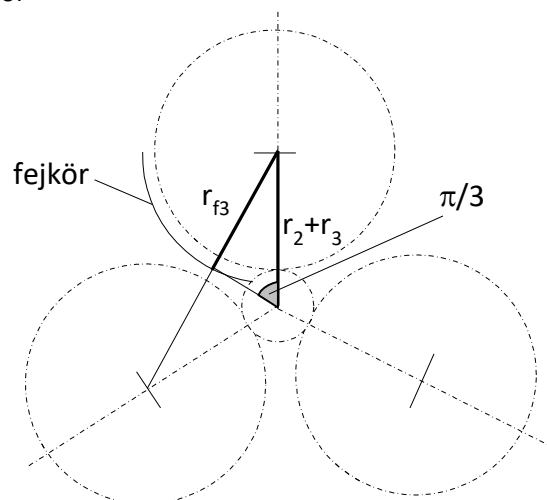
A sugarak közötti összefüggés

$$r_2 + 2r_3 = r_4$$

A fogszámokkal kifejezve

$$2z_3 = z_4 - z_2$$

c) *Szomszédsági feltétel.* A bolygókerek fejkörei ne érjenek össze: a derékszögű háromszögből



$$z_3 + 2 < (z_2 + z_3) \sin(\pi/3)$$

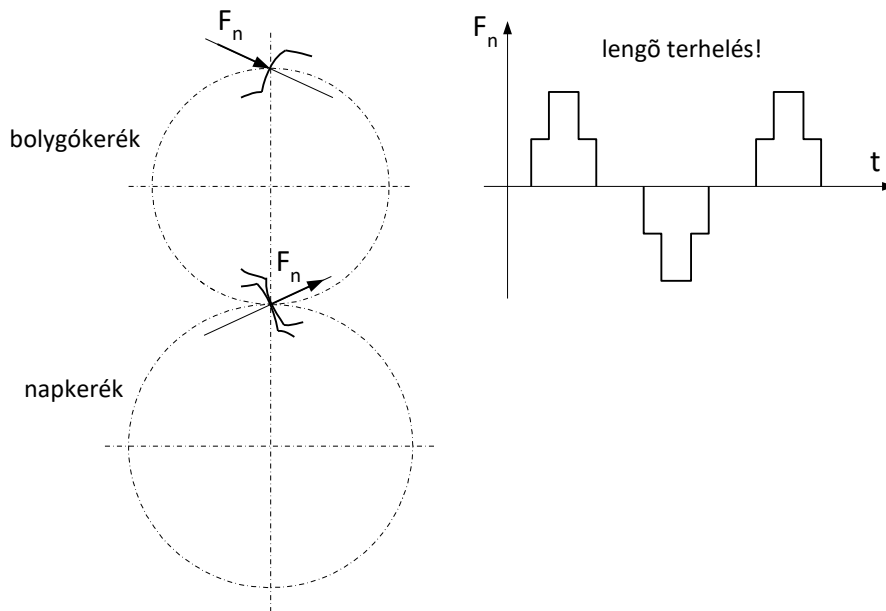
Interferencia jelenségek

Gyártás és kapcsolódás során fogazási és fogkapcsolódási nehézségek lehetnek, melyek a következők:

- evolvens interferencia
- belső fogtőinterferencia
- külső fogtőinterferencia
- fogfej interferencia (bolygókerék fejköre ütközik a gyűrűkerékkel)
- előtolási interferencia (belső fogazat és a metszőkerék ütközése)

Szilárdsági megfontolások

A bolygókerék fogainak mindkét oldala kap felváltva terhelést fél-fél fordulat után. A fogaskerék anyagának lengő szilárdsága = a lüktető szilárdág fele! A bolygókerék ezért a kritikusabb alkatrész. Ugyanakkor a napkeréknek egyszerre három foga terhelődik.



Hatásfok

Függ:

- Fogazati kapcsolat:
 - fognyomás
 - gördülés sebessége
 - relatív csúszás
 - felület minősége
 - kenés
- Ágyazási veszteség (csapágyazás)
- Olajkavarási veszteség

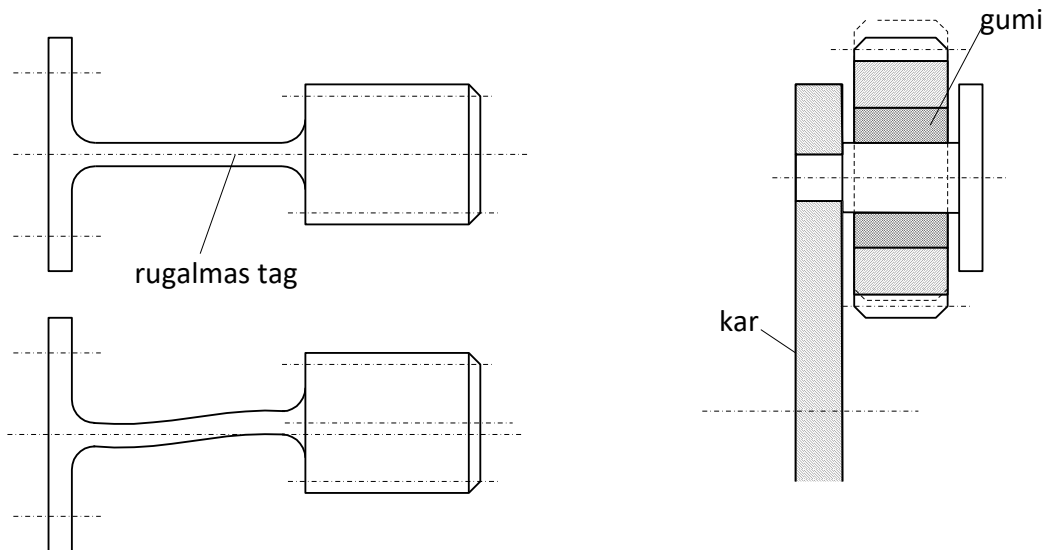
Egyfogpár kapcsolódásra külső fogazat esetén ($\mu=0,05$)

$$\eta=1-10\mu(1/z_1+1/z_2)$$

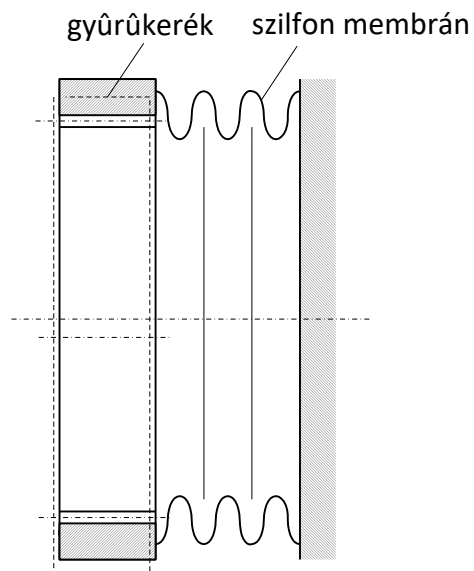
Konstrukciós szempontok

Vagy igen pontos gyártás lenne szükséges a geometriai túlhatározottság miatt, vagy ami célszerűbb, terhelésmegosztást kell alkalmazni önbeállási lehetőség biztosításával.

Beállási lehetőség a napkerék és a bolygókerék között: csuklós (fogasgyűrűs) vagy hajlékony megoldás



Gyűrűkerék beállási lehetőség



Bolygóművek alkalmazása járművekben:

- differenciámű (kanyarban való haladáshoz) Egy behajtás, két kihajtás
- automata sebváltó (Sorosan kapcsolt bolygóművek bizonyos tagjainak befékezésével az áttétel változtatása)
- lassító áttétel a hajtott kerekeknél (nehéz járművek)