

HERMETIKUS FOGASKERÉK ÉS CSAVAR HAJTÓMŰ

HERMETIC GEAR AND SCREW DRIVES

Péter József PhD, Németh Géza, egyetemi adjunktus

Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet

ABSTRACT. Design of the most kind of mechanical drive is based on the set of „laws” defined as „rigid-body mechanics”. Rotating elements are assumed to remain rigid and rotate circularly around fixed axes. The elastic drive systems use controlled elastic deflection one or more parts for transmission, conversion or change of mechanical motion. The modified elastic gear drive is used for conversion of rotary-to-linear motion.

1. Bevezetés

A gépek, berendezések egy része tartályhoz hasonló zárt teret képez úgy, hogy a környezettel csekély kapcsolat sem kívánatos. A tartályban uralkodó nyomás a környező nyomástól nagyobb, vagy kisebb, gondoljunk az űrállomás lakóterére, és a rajta kívüli térre. Más esetben a vegyi, a sugárzó anyagokat kezelő eszközöket kell elválasztani, vagy a kabint körülvevő űrport kell távol tartani. A két tér között haladó, forgó vagy ezekből összetett mozgás irányának, fordulatszámának, sebességének, forgatónyomatékának megváltoztatása egymáshoz viszonyítva mozgó elemekkel, vagy egymáshoz viszonyítva nyugalomban lévő elemekkel valósítható meg. A hermetikus hajtómű a két térrész közötti mozgásátvitelt és/vagy átalakítást egymáshoz viszonyítva nyugalomban lévő elemekkel valósítja meg.

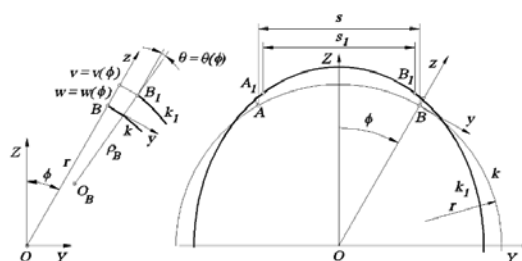
A szerzők ezzel a feladattal korábban is foglalkoztak, cikkük ennek a munkának tovább gondolt változata.

2. Testek rugalmas alakváltozásán alapuló mechanizmusok

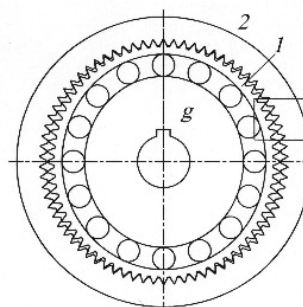
A testek rugalmas alakváltozásában rejülő lehetőségeket C. W. Musser a [1] - ben foglalta össze. Az általa vizsgált elvek: 1. Ívhajlás (Arcuation), 2. Integrálás (Integration), 3. Szélhajlás (Scalloping), 4. Differenciálás (Differentia), 5. Felületi nyúlás (Interfacial strain), 6. Poisson hatás (Poisson's wedge), 7. Torziós emelő (Torsion level), 8. Csavart szalag (Twisted strip).

3. Hullámhajtómű

A hullámhajtómű vizsgált változatainak alapja C. W. Musser elvei közül az ívhajlás, az integrálás és szélhajlás.



1. ábra. Ívhajlás (Arcuation)



2. ábra. Fogaskerék hullámhajtómű
1 hullámkerék, 2 gyűrűkerék,
g generátor

3.1. Ívhajlás

A 1. ábrán látható állandó keresztmetszetű síkgörbe rúd k középvonala egy r sugarú körív, általános esetben egy $\rho = \rho(\varphi)$ görbületi sugarú síkgörbe. Terhelés hatására a középvonal pontjai érintő és sugár irányban elmozdulnak, $w = w(\varphi)$,

$v(\varphi) = -\int w(\varphi) d\varphi$, a normális elfordul,

$$\kappa(\varphi) = \frac{1}{\rho(\varphi)} = -\frac{1}{r^2} \left(\frac{d^2 w}{d\varphi^2} + w \right). \text{ Az } s \text{ és } s_1$$

ív hossz a görbület függvénye, nagyobb görbülethez kisebb ívhossz tartozik és fordítva

3.2 Integrálás

A hullámkerék középfelülete egy r sugarú egyenes körhenger. A hullámkerék a generátor hatására homlokfelületénél oválisra alakváltozik, másik szélén a körtől való eltérés elhanyagolhatóan kicsi. A középfelületről feltételezzük, hogy a hajtómű működése során a hosszváltozása elhanyagolható.

A hullámkerék hossz tengelyére merőleges tetszőleges $A-A$ metszetében (3. ábra) a középvonal pontjai érintőirányban v sebességgel mozognak. A középvonal tetszőleges A pontjában a középvonal görbületi sugara $\rho_A(\varphi)$, a görbületi középpont O_A . A v sebességgel mozgó A pont az O_A pont körül

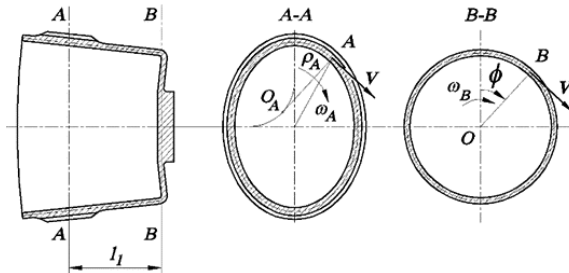
$$\omega_A(\varphi) = \frac{v}{\rho_A} \text{ szögsebességgel forog. A}$$

hullámkerék $B-B$ metszetében a középvonal pontjai r sugarú kör mentén v sebességgel mozognak, a szögsebesség $\omega_B = \frac{v}{r}$. Az

állandó hosszúságú középfelület pontjainak változó szögsebességét integrálja,

$$\omega = \omega_B = \frac{v}{r} = \frac{1}{2\pi} \int_{\varphi=0}^{2\pi} \frac{v}{\rho_A(\varphi)} d\varphi, \text{ ebben a}$$

felfogásban a középfelület egy *integráló tengelykapcsoló*.



3. ábra. Integrálás. A palást integráló kapcsoló

3.3. Szélhajlás

A 4. ábrán látható hullámkerék középfelülete a generátor hatása előtt egy r sugarú egyenes körhenger. A generátorról feltételezzük, hogy az $A-A$ síkban hat a hullámkerékre. A generátor hatására az r sugarú középkör pontjai sugár és érintő irányban elmozdulnak: $w_{x=l} = w(\varphi)_{x=l}$,

$$v(\varphi)_{x=l} = -\int w(\varphi)_{x=l} d\varphi. \text{ A hullámkerék végén a } B-B \text{ síkban a körtől való eltérése elhanyagolhatóan kicsi, az}$$

$$w_{x=0} = w(\varphi)_{x=0} \approx 0, \quad v_{x=0} = v(\varphi)_{x=0} \approx 0.$$

A középhenger alkotóiról feltételezzük, hogy a hullámkerék alakváltozása során egyenesek maradnak. A középhenger alkotóinak sugár és érintő irányú elmozdulása a φ szög és a hullámkerék végétől mért x távolság függvényében változik:

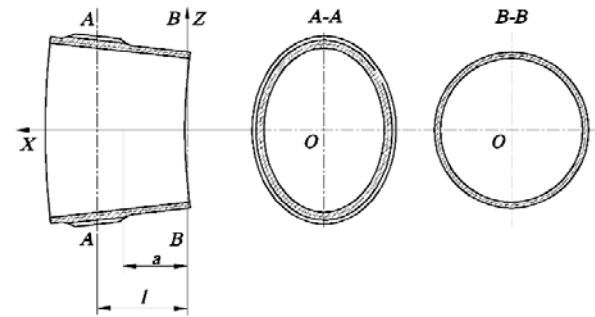
$$w_{x=a} = w(\varphi)_{x=l} \frac{a}{l} \text{ és } v_{x=a} = v(\varphi)_{x=l} \frac{a}{l}. \text{ A}$$

középfelület pontjai tengelyirányú elmozdulása a generátor síkjában

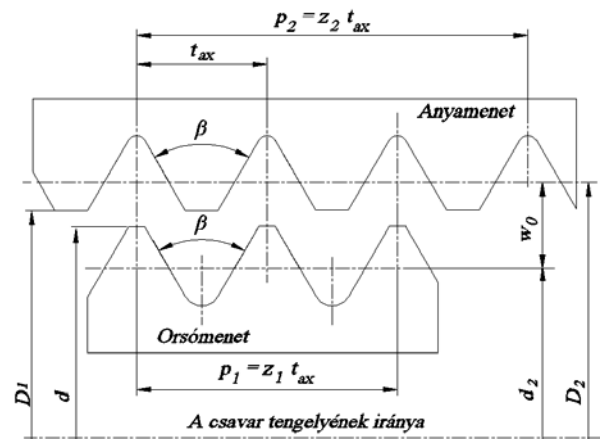
$$u(\varphi)_{x=l} = -r \int \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right)_{x=l} d\varphi. \text{ Mivel a}$$

középfelület alkotóinak hosszirányú változása elhanyagolhatóan kicsi, az alkotók tengelyirányú elmozdulása a hullámkerék hossza mentén állandó,

$$u(\varphi)_{x=l} = u(\varphi)_{x=a} = u(\varphi)_{x=0}.$$



4. Szélhajlás. A hullámkerék sugár, érintő, és hossz irányban alakváltozó elem



5. ábra. A csavar és az anya jellemző méretei

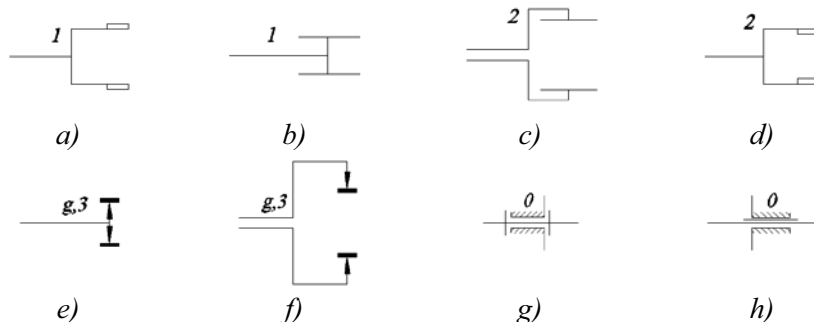
4. Fogaskerék-hullámhajtómű és csavar-hullámhajtómű

A fogaskerékpár kerekei a fogferdeségtől függően egyenes fogúak, ferde fogúak, vagy a mozgató csavarok menetemelkedési szögének tartományában csavarról és csavaranyáról beszélünk.

A csavarmenet és az anyamenet tengelymetszetét a 5. ábra mutatja. d, d_2 és p_1 a csavar külső átmérője, középtátmérője és menetemelkedése, D_2, D_1 és p_2 az anya középtátmérője, belső átmérője és menetemelkedése a generátor hatása előtt. A

csavar és az anya tengelyirányú osztása t_{ax} , a menetprofil szög β . s_1 a csavar, s_2 a csavaranya házhoz viszonyított tengelyirányú elmozdulása, φ_g a generátor házhoz viszonyított elfordulása.

1. táblázat A fogaskerék és a csavar-hullámhajtómű elemei



A hajtómű elemeit az 1. táblázat mutatja.
a) Külső fogazatú hullámkerék, hullám-csavar.
b) Külső fogazatú kerék, csavar. c) Belső fogazatú kerék, anya. d) Belső fogazatú hullámkerék, hullám-anya. e) Belső generátor, belülről hat a hullámkerékre, a hullámcsavarra.
f) Külső generátor, kívülről hat a hullámkerékre, a hullámcsavarra. g) Forgó mozgást megengedő támasz. h) Haladó mozgást megengedő támasz.

A 2. táblázat a fogaskerék-hullámhajtómű és a csavar-hullámhajtómű áttételét foglalja össze. A fogaskerék-

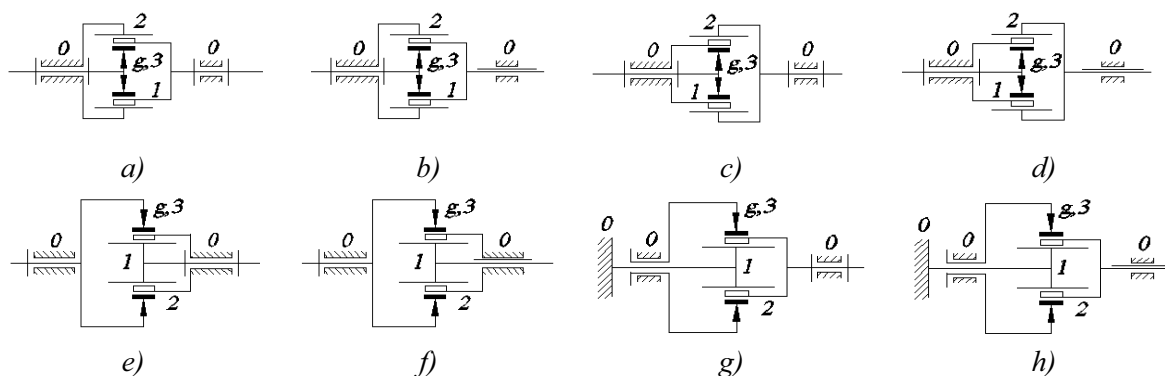
hullámhajtómű hajtó és hajtott eleme forgó, a csavar-hullámhajtómű hajtó eleme forgó, hajtott eleme haladó mozgást végez. A táblázatban a fogaskerék-hullámhajtómű áttétele

$$i_{\text{Hajtó Hajtott}} = \frac{\text{Elfordulás}_{\text{Hajtó}}}{\text{Elfordulás}_{\text{Hajtott}}},$$

a csavar-hullámhajtómű áttétele

$$i_{\text{Hajtó Hajtott}} = \frac{\text{Elfordulás}_{\text{Hajtó}}}{\text{Elmozdulás}_{\text{Hajtott}}}.$$

2. táblázat. A fogaskerék-hullámhajtómű és a csavar-hullámhajtómű vázlata és áttétele



A hajtás iránya

$g \rightarrow 1$

$$i_{g1} = \frac{\varphi_g}{\varphi_1} = -\frac{z_1}{z_2 - z_1}$$

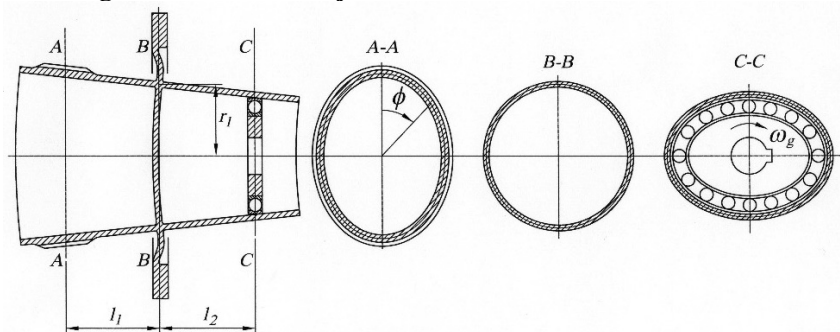
$$i_{axg1} = \frac{\varphi_g}{s_1} = -\frac{2\pi z_1}{(z_2 - z_1)t_{ax}}$$

$g \rightarrow 2$

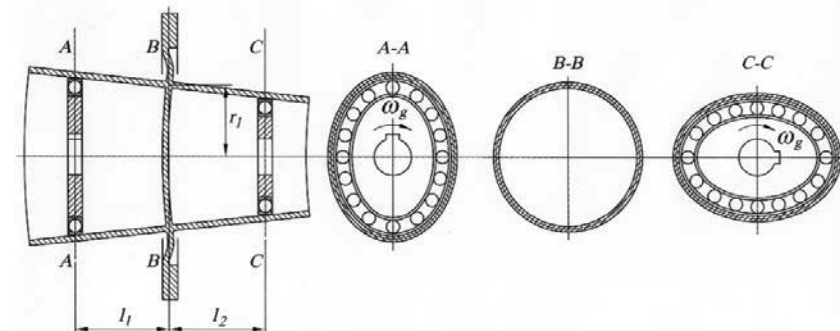
$$i_{g2} = \frac{\varphi_g}{\varphi_2} = \frac{z_2}{z_2 - z_1}$$

$$i_{axg2} = \frac{\varphi_g}{s_2} = \frac{2\pi z_2}{(z_2 - z_1)t_{ax}}$$

5. Hermetikus fogaskerék hullámhajtómű



6. ábra. Szélhajtás elvén alapuló hermetikus fogaskerék hullámhajtómű



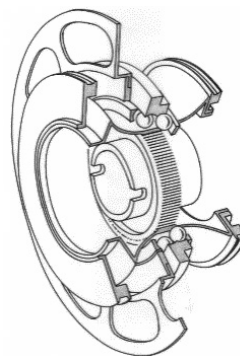
7. ábra. Szélhajtás elvén alapuló hullám-tengelykapcsoló

A hermetikus hajtómű rugalmasan alakváltozó hullámkereke nyugvó tömítésekkel választja el a hajtó oldalt a hajtott oldaltól. A 6. ábrán látható megoldás alapja a szélhajtás, a hajtó és a hajtott oldali kiegyenlítő kapcsoló egyenes alkotói biztosítják a két fél együtt mozgását.

A 6. ábrán a generátor oldali rész a hajtó oldal. A hajtott oldal fogaskerék-hullámhajtómű vagy csavar-hullámhajtómű. A 7. ábra egy hullám-tengelykapcsolót mutat, működésének alapja a szélhajtás. A hajtó és a hajtott oldalt a rugalmasan alakváltozó membrán és nyugvó tömítések választják el.

6. Hermetikus fogaskerék-hullámhajtómű alkalmazása

A 7. ábrán a Boeing 707 repülőgép robotpilótájának mesterséges horizontját előállító hajtómű látható. A külső fogazatú kerék merev, a belső fogazatú kerék fogait hajlékony keréktest hordozza. A hajlékony keréktest alakja a fogak tengellyel párhuzamos elhelyezkedését teszi lehetővé. A rugalmasan alakváltozó belső fogazatú kereket külső generátor hozza kapcsolatba a külső fogazatú kerékkel.



7. ábra. Hermetikus fogaskerék-hullámhajtómű [2]

7. Összefoglalás

A hullámhajtómű működésének alapja az ívhajtást, az integrálást és a szélhajtást lehetővé tevő rugalmas alakváltozás. A cikk a hermetikus fogaskerék- és csavar hullámhajtómű működésének alapjaival és konstrukciós lehetőségeivel foglalkozik.

Felhasznált irodalom

- [1] Musser C. W.: Elastic-Body Mechanics. Machine Design. 1961. No. 6. 150-156.
- [2] Péter J.: Fogaskerék-hullámhajtómű és -tengelykapcsoló kapcsolódásának vizsgálata. (az MTA Tudományos Minősítő Bizottsága által elfogadott kandidátusi értekezés). 1992. 111 p.