

GÖRDÜLŐELEMES HAJTÁS

ROLLER TRANSMISSION GEARING MECHANISM

Bogár István*

ABSTRACT

A gördülőelemes hajtásban a hajtó és hajtott testet (kerekek, kerék és lécs, lécs és lécs) golyók kapcsolják össze. A golyók a hajtó és hajtott test hornyáiban gördülnek. A testek burkolófelületeinek és hornyainak geometriáját a golyók mozgását leíró matematikai modell és CAD szoftver segítségével határozom meg. A szilárdsági méretezést a Hertz-elméleten alapuló eljárással végzem el. Az elv demonstrálására és tesztelés céljára több modellt és prototípust építettünk. Jelenleg a Direct-Line Kft-ben a gyártástechnológia kutatása és alkalmazások fejlesztése folyik. A külföldi marketing tevékenységet a londoni székhelyű Sincroll Ltd végzi.

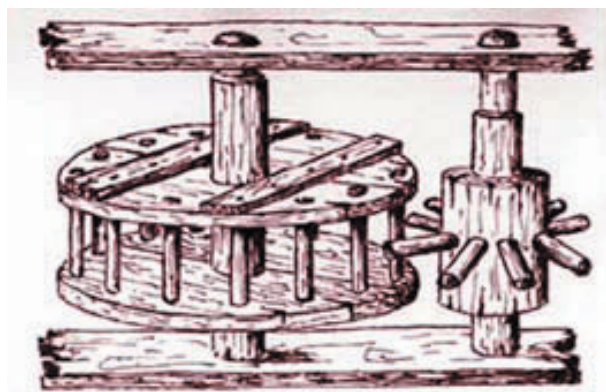
BEVEZETÉS

A hagyományos fogaskerék-hajtásnak van néhány olyan tulajdonsága, amelyek arra vezethetők vissza, hogy a fogaskerekek fogainak érintkező felületei jellemzően csúsznak egymáson. Ezek: a nehézkes, nem tökéletes holtjátékmentesíthetőség, a ferde, ívelt fogazás, csigahajtás esetén tapasztalható rosszabb hatásfok. Ezeket a problémákat hivatottak kiküszöbölni az olyan hajtások, amelyek a hajtó és hajtott elem közti kapcsolatot jellemzően gördüléssel próbálják megoldani. Munkám során CAD modellek felhasználásával elemeztem az eddigi megoldások közül a legáltalánosabbat. Az elemzés eredményeképpen eljutottam egy matematikai modell megalkotásához, amelynek bemenő paraméterei: áttétel, tengelyszög, tengelytáv, erőátadás iránya a golyón, golyóátmérő, a golyó pályájának egy pontja. A számítás eredményeként kapott görbék felhasználásával CAD szoftverrel alakítom ki a hajtás elemeinek geometriai modelljét. A terhelhetőséget egy, a Hertz-elméleten alapuló méretezési módszerrel határozom meg. Eddig sok alkalmazási lehetőségre számoltam ki megoldásokat. Készültek működő modellek valamennyi tengelyelrendezésre, csigahajtás-szerű megoldásra, valamint a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gép- és Terméktervezési Tanszékén teszteltünk egy prototípust. A Direct-Line Kft-ben folyamatban van egy alkalmazás kifejlesztésére irányuló projekt, valamint a cégnél a hajtás gyártástechnológiájának kutatása folyik. A külföldi marketing tevékenységet a londoni székhelyű Sincroll Ltd. végzi.

* gépészmérnök, Bogár R&D Bt., Direct-Line Kft.
e-mail: bogar.istvan56@gmail.com

A GÖRDÜLŐELEMES HAJTÁS ELŐZMÉNYEI ÉS ALAPGONDOLATA

Az emberek ösidők óta használják a fogaskerekeket. Sokáig megelégedtek azzal, hogy a hajtásban résztvevő fogaskerekek forgás közben ne akadjanak el, ezt az azonos osztás és az interferenciamentes fogalak biztosította.



1. ábra

Később felmerült annak az igénye, hogy a hajtó és hajtott kerek szögsebességeinek aránya forgás közben ne változzon. Ezt a megfelelő fogprofilok (evolvens, ciklois) teszik lehetővé.



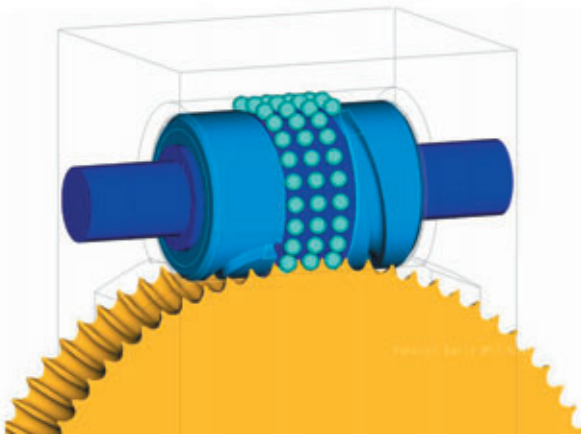
2. ábra

Azonban a kapcsolódásban éppen résztvevő fogak felülete csúszik egymáson, kivéve, amikor a kapcsolódási pont a két kerék tengelyét összekötő egyenesen halad át. A ferdefogazású kerek, csavarkerek, csigahajtás esetében pedig a fogak hossza menti csúszás is fellép, ami

rontja a hatásfokot, melegedést, kopást okoz. Emellett a hagyományos fogaskerékajtás holtjátéka nem szüntethető meg egyszerű rugalmas befejtéssel a berágódás veszélye nélkül.

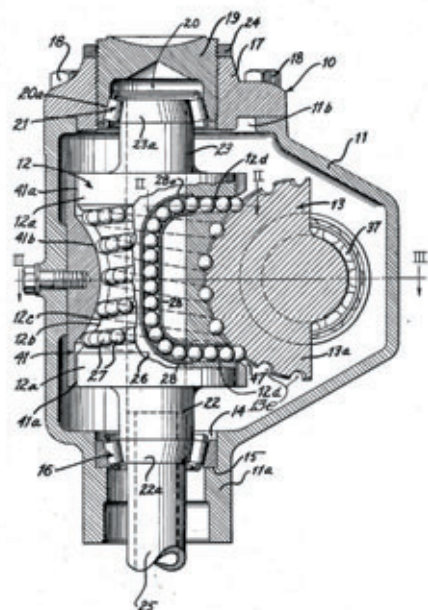
Felmerült a kérdés, hogy vajon forgástestek között, gördülőtestek közbeiktatásával megvalósítható-e tiszta gördülésen alapuló, alakkal záró kapcsolat. A legkézenfekvőbb megoldásnak az tűnt, hogy vegyünk egy csigakeréket, egy csigát. A két elemet lássuk el félkörív keresztmetszetű hornyokkal, s a csiga hornyait rakjuk tele golyókkal. Hasonló megoldásokkal nagyon sok szabadalmi bejelentésben találkozhatunk. A megoldások két alapvető csoportra oszthatók:

1. Hengeres csiga alkalmazása:



3.ábra

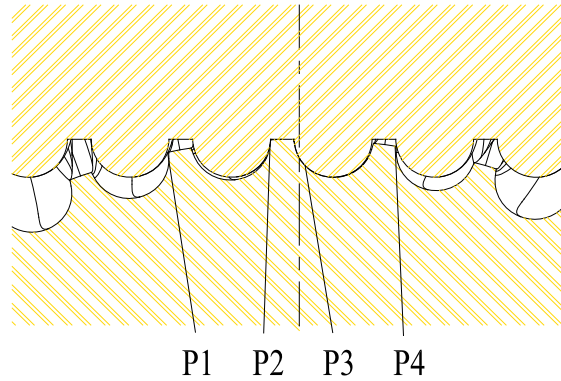
2. Globoid csiga alkalmazása [1]:



4.ábra

A leírásokban nem esik szó arról, hogy a csigakerék fogfelülete a gördülés feltételét figyelembe véve lenne kialakítva. A csiga és a csigakerék között, a golyók közbeiktatásával merev kapcsolat jön ugyan létre, de kiderült, hogy ez mégsem az, amire vágytunk. Ugyanis a golyók, mozgásuk közben csak egy pillanatra kerülnek abba a helyzetbe, amit tiszta gördülésnek nevezhetünk, egyébként a két horony által meghatározott térben „bóklásznak”. Ennek bizonyítására készítettem egy CAD modellt, ahol a csigakerék fogfelületét „lefejtő eljárással” alakítottam ki.

Az alábbi ábrán a kapcsolódás környékének kinagyított részlete látható:



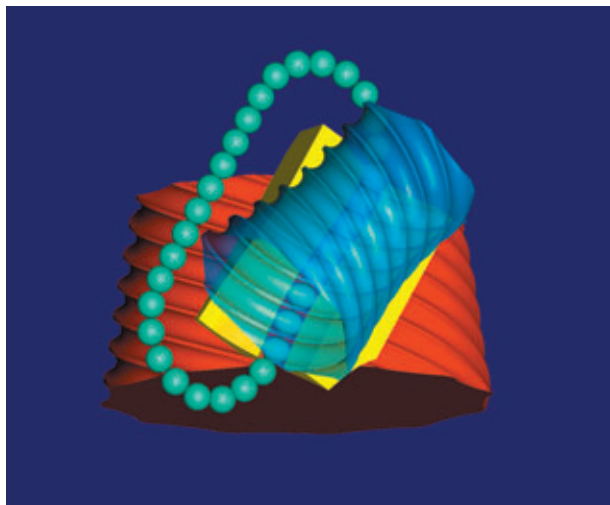
5.ábra

A kapcsolódási pontok: P1, P2, P3, P4. A hajtásban a csigának csak az egyik fele vesz részt (egy adott terhelési irányt feltételezve). Látható, hogy az esetlegesen kapcsolódásban részt nem vevő golyók helyzete bizonytalan, a csiga hornyából ki tudnak mozdulni. Az interferencia-mentesség teljesíthető, de a csigakerék fogfelületeinek kialakulásához a gördülés feltételét nem kellett felhasználni, így ennek automatikus teljesülését nem is várhatjuk el. Számítással igazoltam, hogy ha a kapcsolódásban levő golyók esetében teljesülne is a gördülési feltétel, azok horonymenti sebessége különböző lenne, tehát az egyik sietne a másikhoz képest, vagyis valamelyiknek csúsznia kell. Hasonló probléma lép fel a globoid csigát alkalmazó megoldásoknál is.

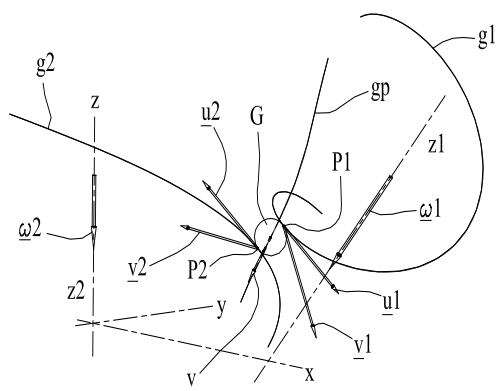
A gördülőelemes hajtás kidolgozása során az ellenkező irányból indultam ki: a leíró matematikai modellt a gördülést figyelembe véve alakítottam ki. Bebizonyosodott, hogy létezik ilyen modell, amelynek segítségével kiszámítható a gördülőkapcsolatot biztosító hajtáselemek geometriája. A bemenő paraméterek: a tengelytáv, a tengelyek szöge, az áttétel, a gördülőelem (golyó, görgő) méretei, a relatív forgásirányok, a hajtó- és hajtott elem között mozgó gördülőelem pályájának egy pontja. A gördülőelemek a hajtó- és hajtott test között egy jól meghatározott pályán (kapcsolási pályán) mozognak, miközben azok hornyokban gördülnek. A kapcsolatból kilépő gördülőelemeket egy visszavezető pályán a kapcsolási pálya elejére vezetjük, ahol újra belépnek a hajtó- és hajtott test közé.

3. A GÖRDÜLŐELEMES HAJTÁS MŰKÖDÉSI ELVE ÉS MEGOLDÁSI VÁLTOZATAI

A működési elvet az alábbi ábrákon világítjuk meg:



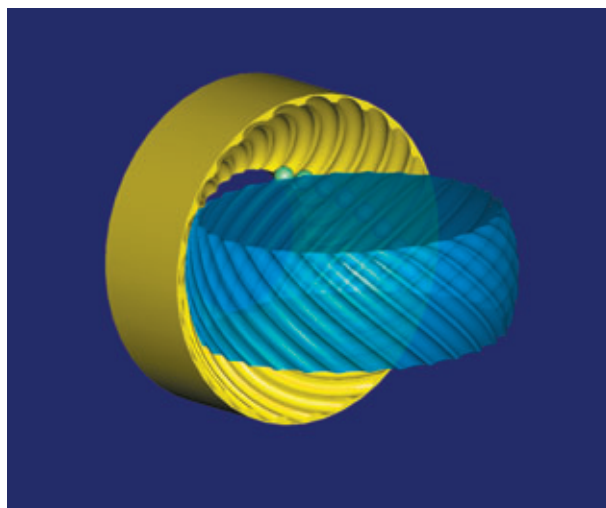
6.ábra



7.ábra

A hajtó kereket forgassuk meg a z_1 tengely körül. Ekkor a hornyaiban levő golyók és a hornyok felülete között nyomóerő lép fel. Ezt a nyomóerőt közvetíti a golyó a hajtott kerék hornyának felületére. Az erő irányának egyenese az tengelyhez képest kitérő, tehát a hajtott kerék tengelyén nyomaték jön létre. Miközben a hajtó kerék ω_1 , a hajtott kerék ω_2 szögsebességgel forog, a G golyó a g_p kapcsolódási görbe mentén mozog a térben. Mozgás közben a hajtó kerékkel a g_1 , a hajtott kerékkel a g_2 gördülőgörbe mentén érintkezik. A matematikai modell megoldásaként megkapjuk a g_p , g_1 , g_2 görbéket. Ezek ismeretében háromdimenziós CAD rendszerrel kialakítható a kerek és a hornyok geometriája.

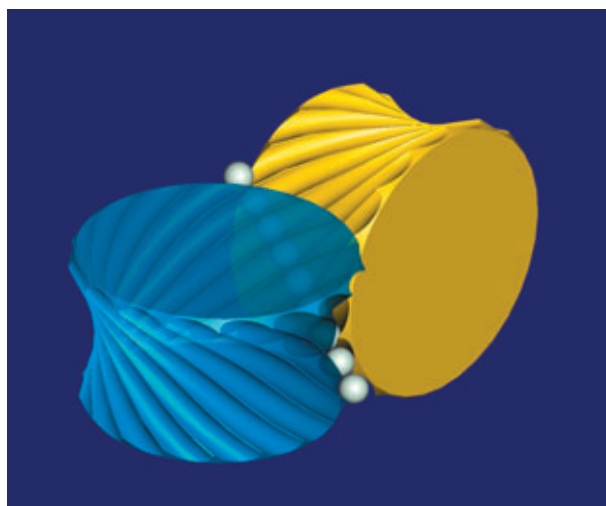
A gördülőelemes hajtással mindenfajta tengelyelrendezés (párhuzamos, kitérő, metsződő) megvalósítható, ezen kívül készíthető külső- és belsőfogazású kivitel, valamint fogasléchaajtás a lécsíkjával párhuzamos vagy azzal szögbe bezáró tengelyű kerékkel, és változó áttételű hajtás.



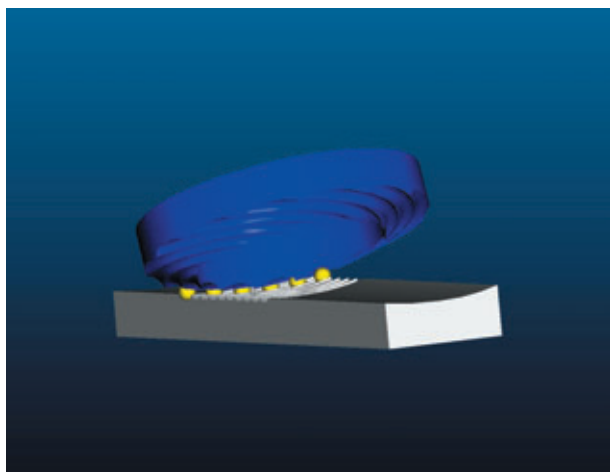
8.ábra: Metsződő tengelyű hajtás



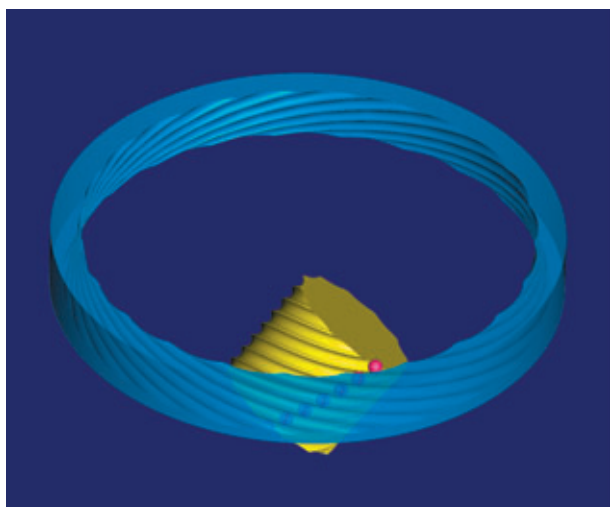
9.ábra: Párhuzamos tengelyű hajtás azonos forgásiránnyal



10.ábra: Kitérő tengelyű hajtás



11. ábra: Fogasléchajtás



12. ábra: Belső fogazású hajtás

A gördülőelemes hajtás lényeges tulajdonságai:

- Tetszőleges tengelyelrendezés
- Magas hatásfok
- Kis indítási nyomaték
- Nagyszámú kapcsolódó golyó (magas kapcsolószám)
- Egyszerű holtjátékmentesíthetőség
- Flexibilitás: a kerek méretaránya lényegében független az áttételi aránytól
- A relatív forgásirány szabadon választható.

4. A GÖRDÜLŐELEMES HAJTÁS LEHETSÉGES ALKALMAZÁSI TERÜLETEI

A fentiekben felvázoltuk a gördülőelemes hajtás lényeges előnyeit a fogaskerékajtással szemben. A lehetséges alkalmazási területek ezekből a tulajdonságokból következnek.

Mivel a hajtó és hajtott kerék relatív forgásiránya szabadon választható, ezért pl. a sebességváltók hátrameneténél egy kerék és a hozzátartozó tengely, csapágyazás elhagyható.

A hatásfok lényegében független a tengelyelrendezéstől, ezért jó hatásfokú kitérő tengelyű hajtások készíthetők.

Az egyszerű, berágódásmentes holtjátékmentesíthetőség hézagmentes, pontos hajtások gyártását teszi lehetővé.

A nagy mozgástartományú szerszámgépasztalokat nem lehet golyósorsóval mozgatni, mert a hosszú, gyorsan forgó golyósorsó erősen beleng, ami csökkenti az anya és a csapágyazás élettartamát. Ebben az esetben olyan gördülőelemes fogasléchajtás lehet a megoldás, ahol a hajtó kerék tengelye merőleges a fogasléc síkjára.

A magas hatásfok különösen a csigahajtásszerű kapcsolatoknál domborodik ki. Készítettünk például olyan 1:50-es áttételű hajtás, amely gyorsító áttételként is működik.

A hidegtűrés és a kenésre való érzéketlenség miatt a repülésben, a világűrben, vákuumtechnikában kiválóan alkalmazható. Ezen kívül gyógyszeripari és élelmiszeripari alkalmazás lehetősége is felmerül, ahol a gyártmányok semmilyen idegen anyaggal (pl. kenőanyag) nem szennyeződhetnek.

Az alacsony indítási nyomaték olyan alkalmazásoknál jelent előnyt, ahol gyakoriak az indítások, megállások: önindítók, daruk hajtásai, nagyteljesítményű járműhajtások. De ugyanez jelent előnyt a precíziós pozicionáló eszközöknél is, mert a gördülőelemes hajtás segítségével kiküszöbölhető az akadozó súrlódás okozta lengés és pontatlanság (csillagászati távcsövek finom mozgatása).

A megoldásra a világ fejlett ipari országaiban kértünk szabadalmi oltalmat, amit eddig az Európai Szabadalmi Hivatal [2], Kína és Dél-Afrika adott meg.

A hajtás gyártástechnológiájának kutatása és alkalmazás fejlesztése folyik a Direct-Line Kft-ben (www.dldh.hu). A marketing tevékenységet külföldön a Sincroll Ltd. (www.sincroll.com) végzi.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Többéves kutatómunka eredményeként létrehoztam a gördülőelemes hajtás geometriai méretezésére szolgáló elméletet, amely a gördülő golyó mozgásának leírásán alapszik. Kifejlesztettem egy, a Hertz-elméleten alapuló eljárást a hajtás szilárdsági méretezésére. Készült több működő modell és néhány prototípus a működési elv demonstrálására és tesztek elvégzésére. Folyamatban van alkalmazások kifejlesztése és a gyártástechnológia kutatása.

6. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] JAMES H. BOOTH: Pat. No.: US02664760
 [2] I. BOGÁR: Roller transmission and gearing mechanism. Pat. no.: EP1969254