

DOMBORÍTOTT FOGFELÜLET ELEMZÉSE TENGYELYKAPCSOLÓNÁL

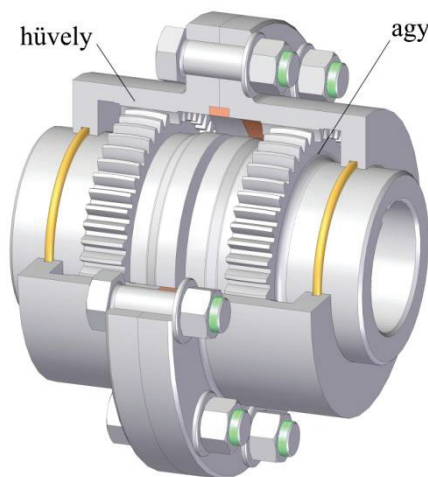
ANALYSIS OF CROWNED TEETH FOR GEAR COUPLING

Kelemen László*, Dr. Sente József**

ABSTRACT

Path of contact and the contact pattern are determined between the toothed elements of gear coupling. Mathematical models are presented for the hub and the sleeve with taking into consideration the manufacturing processes. An approximated method is used to analyze the gear meshing. The path of contact is defined as the sum of contact points and it is investigated at different value of the angular misalignments. The load causes elliptical patches at contact points and the contact pattern is developed as the sum of the patches.

1. BEVEZETÉS



1. ábra. Fogasgyűrűs tengelykapcsoló

A fogasgyűrűs tengelykapcsolók (1. ábra) tengelyvégek összekapcsolására, az egytengelyűségi eltérések kiegyenlítésére szolgálnak. Fő alkotó elemeik: a belső fogazatú hüvely és a domborított fogazattal rendelkező agy, melyek azonos fogszámmal rendelkező sajátos fogaskerekek. A domborított fogazat révén a tengelykapcsoló képes kompenzálni az összekapcsolt tengelyek szögeltérését, párosával beépítve pedig kiküszöböli az egytengelyűségi hibát is. A dolgozatban a fogfelületek matematikai modelljei, valamint a mozgástörvény alapján létrehozuk a domborított fogazaton az elméleti kapcsolóvonalat, mely mentén a fogpárok érintkeznek

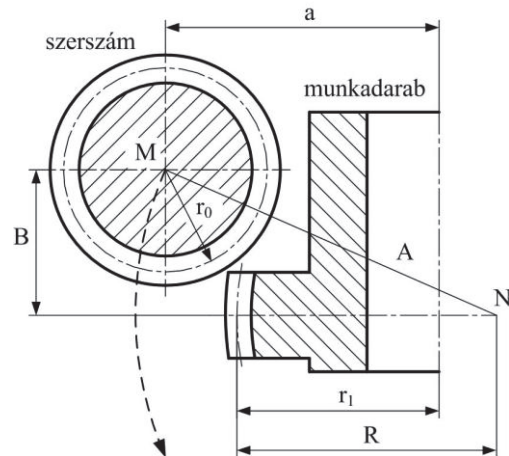
* PhD hallgató, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Tanszék

** egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Tanszék

egymással egy körülfordulás alatt. A kapcsolóvonal alapján létrehozható az elméleti hordkép. Továbbá bemutatjuk a hordkép változását a szöghiba függvényében.

2. A DOMBORÍTOTT FOGAZAT FOGFELÜLETÉNEK MODELLJE [3]

A tengelykapcsoló agy domborított fogazata lefejtőmarással, a munkadarab és a szerszám összehangolt mozgásával állítható elő, a 2. ábrának megfelelően.



2. ábra. A domborított fogfelület gyártásának elvi vázlatja

A domborított fogfelület előállításához a szerszámot körpályán kell mozgatni. A lefejtőmarógép sajátos felépítése ezt általában nem teszi lehetővé, ezért a szükséges relatív mozgást a munkadarab-asztal sugárirányú és a szerszám axiális mozgásával érjük el.

Gyártás közben a tengelytáv folyamatosan változik, amely pillanatnyi értéke:

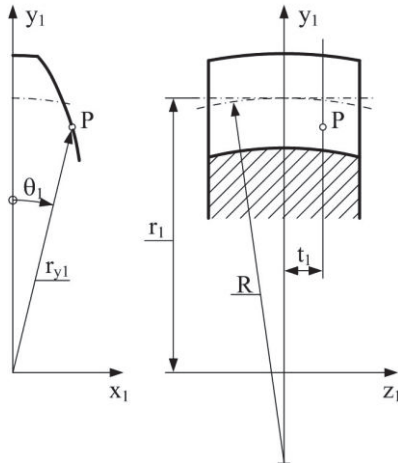
$$a = \sqrt{A^2 - B^2} - R + r_1 \quad (1)$$

ahol A és B a lefejtőmaró helyzetétől függő tényezők, R a domborítás sugara, r_1 pedig a munkadarab osztókör átmérője. Az R domborítási sugár értékére a [5] irodalomban találhatunk ajánlást.

A fentiek alapján a domborított fogfelület valóságos alakja függ a lefejtőmaró átmérőjétől, a kerületi, a sugárirányú és a tengelyirányú eltolások nagyságától. Ennek megfelelően ugyanannak a fogaskereknek a valóságos fogfelülete az említett paraméterek különböző

értéke mellett eltérő lesz. Mivel a fogfelület olyan tényezőktől függ, melyeket a tervezés során gyakran nem is ismerünk, ezért egy egyszerűsített modell előállítására van szükség.

A domborított fogazatok esetében ezt az idealizált fogfelületet úgy származtatjuk, hogy fogak tengelymetszeteiben változó profilletolással rendelkező evolvens fogazatot feltételezünk.



3. ábra. Az agy domborított fogfelülete

A fogfelület egyenlete:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= r_{y1} \sin \theta_1, \\ y_1 &= r_{y1} \cos \theta_1, \\ z_1 &= t_1. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ahol r_{y1} tetszőleges sugár a fogprofil mentén, θ_1 a fogszög. Számítására a

$$\theta_1 = \frac{s}{2r_1} + \text{inv}\alpha - \text{inv}\alpha_{y1} \quad (3)$$

összefüggés szolgál, ahol s a fogvastagság az osztóhenger mentén, r_1 az osztókör sugar, α az alapprofilszög, α_{y1} a profilszög, mely

$$\cos \alpha_{y1} = \frac{r_{b1}}{r_{y1}} \quad (4)$$

alapján határozható meg. r_{b1} az alapkör sugar. (3)-ban inv az evolvens függvény, értelmezése: $\text{inv} \alpha = \tan \alpha - \alpha$.

A fogvastagság az osztóhenger mentén:

$$s = s_0 - 2(R - \sqrt{R^2 - z_1^2}) \tan \alpha \quad (5)$$

ahol s_0 a fogvastagság a $z_1 = 0$ síkban.

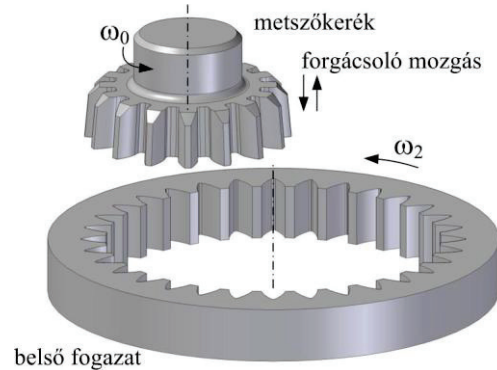
Míndezek alapján megállapítható, hogy θ_1 az r_{y1} sugártól és a $z_1=t_1$ koordinátától függ, vagyis (2)-ben

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= x_1(t_1, r_{y1}), \\ y_1 &= y_1(t_1, r_{y1}). \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

3. A BELSŐ FOGAZATÚ HÜVELY FOGFELÜLETÉNEK MODELLJE

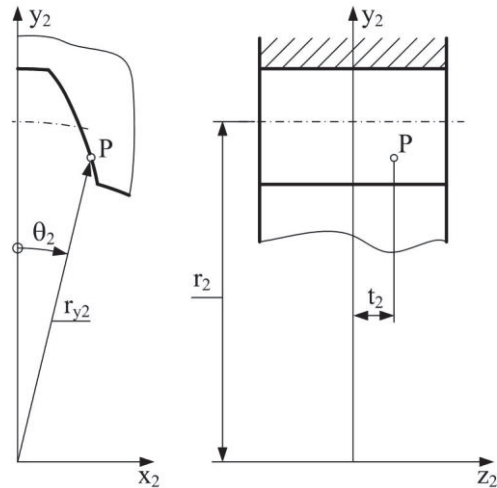
A belső fogazatú fogaskerek gyártási módszerei két csoportra oszthatók: profilozó és lefejtő eljárásokra. A profilozó eljárások közé az alakmarás és az üregelés, a lefejtő gyártási eljárások közé a fogmetszés (4. ábra), a foghámozás és a lefejtőmarás tartozik.

A gyakorlatban a fogmetszés és az üregelés bír kiemelt jelentőséggel. A fogmetszés pontosságával, az üregelés termelékenységével emelkedik ki a belső fogazatú fogaskerek előállítására használt módszerek közül. A belső fogazatú kerék matematikai modelljét fogmetszéssel előállított fogaskerekre hoztuk létre.



4. ábra. Belső fogazatú fogaskerék gyártása metszőkerékkel

A belső fogazatú fogaskerek elméleti fogfelületei evolvens hengerek. Az 5. ábrán a fogprofil és a fogfelület paraméterei láthatók.



5. ábra. A hüvely belső fogazatú fogfelülete

A fogfelület egyenletei:

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= r_{y2} \sin \theta_2, \\ y_2 &= r_{y2} \cos \theta_2, \\ z_2 &= t_2. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

(7)-ben r_{y_2} a fogprofil tetszőleges sugara, θ_2 a fogárokszög. Számítására a következő összefüggés szolgál:

$$\theta_2 = \frac{e}{2r_2} + inv\alpha - inv\alpha_{y_2}, \quad (8)$$

ahol e a fogárok szélessége az osztóköron mérve, r_2 az osztókör sugar, α az alapprofilszög, α_{y_2} a profilszög r_{y_2} sugaron. Meghatározása az alábbi képlettel lehetséges:

$$\cos\alpha_{y_2} = \frac{r_{b2}}{r_{y_2}} \quad (9)$$

ahol r_{b2} az alapkör sugar.

A fogfelület a fentiek alapján két független paraméterrel írható le az alábbi formában:

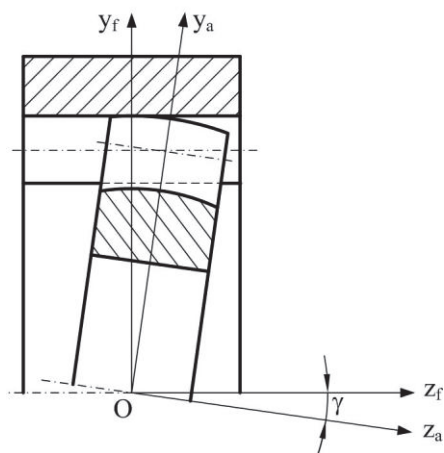
$$\left. \begin{aligned} x_2 &= x_2(r_{y_2}), \\ y_2 &= y_2(r_{y_2}), \\ z_2 &= z_2(t_2). \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

4. A FOGKAPCSOLÓDÁS ELEMZÉSE [4]

A szöghibával rendelkező fogasgyűrűs tengelykapcsoló egy különleges, metsződő tengelyű fogaskerék-párnak tekinthető (6. ábra).

A tengelyszög megegyezik a γ szöghibával. A fogszámok a külső fogazatú agy és a belső fogazatú hüvely fogazatánál megegyeznek. Az agy domborított fogfelülete és a hüvely evolvens profilú hengeres fogfelülete minden pillanatban egy pontban érintkeznek. A kapcsolódás elemzéséhez

- meg kell határozni a fogfelületek egyenleteit, valamint
- elő kell állítani a hajtás mozgástörvényét, mint az elfordulási szögek közötti függvénykapcsolatot.



6. ábra. Szöghibával rendelkező fogasgyűrűs tengelykapcsoló

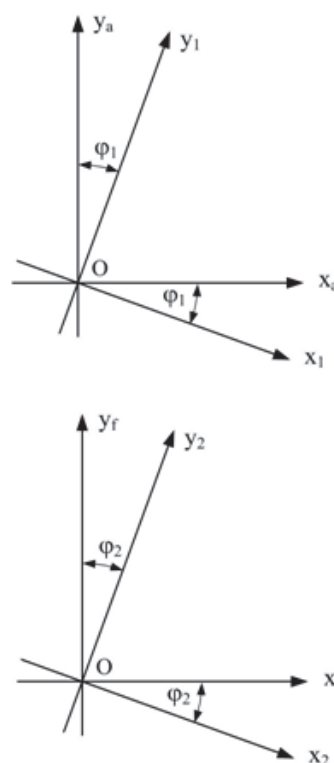
4.1. Koordinátarendszerek

Négy koordinátarendszert fogunk használni, melyek a 7. ábrán láthatók. S_1 (O, x_1, y_1, z_1) és S_2 (O, x_2, y_2, z_2)

mozgó koordinátarendszerek, melyeket mereven hozzákapcsolunk az agyhoz (1 fogaskerék) ill. a hüvelyhez (2 fogaskerék).

S_f (O, x_f, y_f, z_f) és S_a (O, x_a, y_a, z_a) álló koordinátarendszerek. S_f a globális rendszer, míg S_a egy segéd koordinátarendszer. Ha nincsen szöghiba ($\gamma = 0$), S_a egybeesik S_f -fel (6. ábra). Valamennyi koordinátarendszer közös O origóval rendelkezik.

S_1 forog S_a -ban a z_a tengely körül, amelyik egybeesik z_1 -gyel. A φ_1 elfordulási szöget x_a és x_1 tengelyek között mérjük (7. ábra). Amikor $\varphi_1 = 0$, S_1 egybeesik S_a -val. Hasonló módon, S_2 forog S_f -ben a z_2 -vel egybeeső z_f tengely körül. A φ_2 elfordulási szöget az x_f és az x_2 tengelyek között mérjük (7. ábra). Amikor $\varphi_2 = 0$, S_2 egybeesik S_f -fel.



7. ábra. Az alkalmazott koordinátarendszerek

A koordinátarendszerek közötti összefüggéseket a következő egyenletek fejezik ki:

$$\mathbf{r}_a = \mathbf{M}_{a1} \mathbf{r}_1, \quad (11)$$

$$\mathbf{r}_f = \mathbf{M}_{f2} \mathbf{r}_2, \quad (12)$$

$$\mathbf{r}_f = \mathbf{M}_{fa} \mathbf{r}_a, \quad (13)$$

ahol a helyvektorok az S_1, S_2, S_a és S_f koordinátarendszerekben az alábbiak:

$$\mathbf{r}_1 = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{r}_2 = \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{r}_a = \begin{bmatrix} x_a \\ y_a \\ z_a \end{bmatrix} \quad \text{és} \quad \mathbf{r}_f = \begin{bmatrix} x_f \\ y_f \\ z_f \end{bmatrix}.$$

Az átviteli mátrixok [1] az egyes koordinátarendszerek között:

$$\mathbf{M}_{a1} = \begin{bmatrix} \cos \varphi_1 & \sin \varphi_1 & 0 \\ -\sin \varphi_1 & \cos \varphi_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (14)$$

$$\mathbf{M}_{fa} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \gamma & -\sin \gamma \\ 0 & \sin \gamma & \cos \gamma \end{bmatrix}, \quad (15)$$

$$\mathbf{M}_{f2} = \begin{bmatrix} \cos \varphi_2 & \sin \varphi_2 & 0 \\ -\sin \varphi_2 & \cos \varphi_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (16)$$

Az \mathbf{M}_{nm} jelölés az S_m rendszerből az S_n rendszerbe történő áttérést jelenti.

4.2. Érintkezési pontok a fogfelületeken

Az agy és a hüvely fogfelületeinek közös érintkezési pontjaiban a helyvektorok és a normálisok is megegyeznek. Az S_f koordináta-rendszerben felírva:

$$\mathbf{r}_f^{(1)}(r_{y1}, t_1, \varphi_1) = \mathbf{r}_f^{(2)}(r_{y2}, t_2, \varphi_2) \quad (17)$$

$$\mathbf{n}_f^{(1)}(r_{y1}, t_1, \varphi_1) = \mathbf{n}_f^{(2)}(r_{y2}, t_2, \varphi_2) \quad (18)$$

A (17) vektor egyenlet megfelel három független skaláris egyenletnek, de a (18) egyenlet csak két független skaláris egyenlettel egyenértékű, mivel mindkét normális egységvektor, azaz

$$|\mathbf{n}_f^{(1)}| = |\mathbf{n}_f^{(2)}| = 1. \quad (19)$$

Az agy és a hüvely fogfelületei a hozzájuk kapcsolt S_1 és S_2 koordináta-rendszerekben a következő egyenletekkel írhatók le:

$$\mathbf{r}_1 = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{y1} \sin \theta_1 \\ r_{y1} \cos \theta_1 \\ t_1 \end{bmatrix} \quad (20)$$

és

$$\mathbf{r}_2 = \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{y2} \sin \theta_2 \\ r_{y2} \cos \theta_2 \\ t_2 \end{bmatrix} \quad (21)$$

A koordináták (2) és (7) összefüggésekből ismertek.

Mindkét fogfelület forog a saját tengelye körül az álló rendszerben. A forgó fogfelületeket az álló S_f rendszerben felírva az alábbi egyenletekhez jutunk:

$$\mathbf{r}_f^{(1)} = \mathbf{M}_{fa} \mathbf{M}_{a1} \mathbf{r}_1 \quad (22)$$

és

$$\mathbf{r}_f^{(2)} = \mathbf{M}_{f2} \mathbf{r}_2. \quad (23)$$

A normálisokat is áthelyezve az S_f álló koordináta-rendszerbe:

$$\mathbf{n}_f^{(1)} = \mathbf{M}_{fa} \mathbf{M}_{a1} \mathbf{n}_1, \quad (24)$$

$$\mathbf{n}_f^{(2)} = \mathbf{M}_{f2} \mathbf{n}_2 \quad (25)$$

egyenleteket kapjuk, ahol a normális egységvektorokat a következő módon értelmezzük:

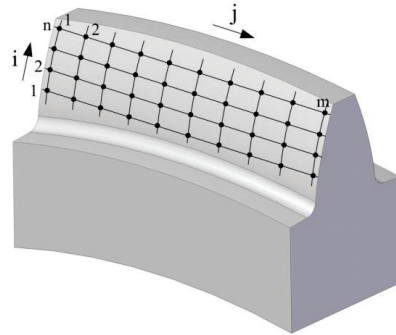
$$\mathbf{n}_1 = \frac{\frac{\partial \mathbf{r}_1}{\partial r_{y1}} \times \frac{\partial \mathbf{r}_1}{\partial t_1}}{\left| \frac{\partial \mathbf{r}_1}{\partial r_{y1}} \times \frac{\partial \mathbf{r}_1}{\partial t_1} \right|}, \quad (25)$$

$$\mathbf{n}_2 = \frac{\frac{\partial \mathbf{r}_2}{\partial r_{y2}} \times \frac{\partial \mathbf{r}_2}{\partial t_2}}{\left| \frac{\partial \mathbf{r}_2}{\partial r_{y2}} \times \frac{\partial \mathbf{r}_2}{\partial t_2} \right|}. \quad (26)$$

A (17) és (18) egyenletekkel megadott, öt nemlineáris skaláris egyenletből álló egyenletrendszer megoldása numerikus módszerrel, iterációs úton, számítógép alkalmazásával lehetséges. A megoldás nagyon összetett és bonyolult, ezért egy közelítésen alapuló egyszerűsített megoldást mutatunk be az érintkezési pontok helyének meghatározására és a tengelykapcsoló mozgástörvényének előállítására.

5. KÖZELÍTŐ SZÁMÍTÁS A FOGÉRINTKEZÉS ELEMZÉSÉRE [4]

A fogérintkezés vizsgálatának egyszerűsítése érdekében az agy domborított fogfelületét diszkrét pontokkal behálóztuk. A pontokat a fogfelületen sugárirányban és tengelyirányban felvett görbék metszéspontjaiként határoztuk meg, a 8. ábrán látható módon. Sugárirányban a felületi görbéket különböző sugarú hengerekkel metsztük ki, tengelyirányban az egymással párhuzamos síkban lévő görbék evolvens profilok. A csomópontok száma i irányban n , j irányban m (8. ábra).



8. ábra. A fogfelület hálózása a csomópontokkal

A csomópontok koordinátái az S_1 koordináta-rendszerben:

$$\left. \begin{aligned} x_{i,j} &= r_{yi} \sin \theta_{i,j}, \\ y_{i,j} &= r_{yi} \cos \theta_{i,j}, \\ z_{1j} &= z_{\min} + j \Delta z, \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

ahol $r_{yi} = r_{\min} + i \Delta r$. (29)

Áttérve az S_a álló koordináta-rendszerbe, a forgó fogfelületen lévő csomópontok helyét a következő egyenletek határozzák meg:

$$\left. \begin{aligned} x_{ai,j} &= r_{y1i} \sin \theta_{1i,j} + \varphi_1 \\ y_{ai,j} &= r_{y1i} \cos \theta_{1i,j} + \varphi_1 \\ z_{aj} &= z_{1j} \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

A γ szöghibával rendelkező fogasgyűrűs tengelykapcsoló fogfelületi csomópontjainak koordinátái az álló S_f koordináta-rendszerben az alábbiak szerint módosulnak:

$$\left. \begin{aligned} x_{fi,j} &= x_{ai,j} \\ y_{fi,j} &= y_{ai,j} \cos \gamma - z_{aj} \sin \gamma \\ z_{fi,j} &= y_{ai,j} \sin \gamma + z_{aj} \cos \gamma \end{aligned} \right\} \quad (31)$$

A csomópontok elhelyezkedése kifejezhető az r_{y2} sugárral és a β szöggel az álló S_f koordináta-rendszerben:

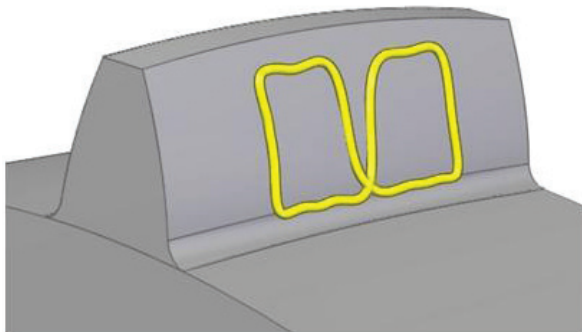
$$r_{y2i,j} = \sqrt{x_{fi,j}^2 + y_{fi,j}^2} \quad (32)$$

$$\beta_{i,j} = \arcsin \frac{x_{fi,j}}{r_{y2i,j}} \quad (33)$$

A hüvely fogfelületén azok a pontok lehetnek érintkezési pontok, amelyek egy-egy csomóponttal egybeesnek. Ezek a pontok az $r_{y2i,j}$ sugárral, a $\theta_{2i,j}$ fogszöggel és a $\varphi_{2i,j}$ elfordulási szöggel azonosíthatók. $\theta_{2i,j}$ a (8) összefüggésből adódik, az elfordulási szög a következő kifejezéssel határozható meg:

$$\varphi_{2i,j} = \beta_{i,j} - \theta_{2i,j} \quad (34)$$

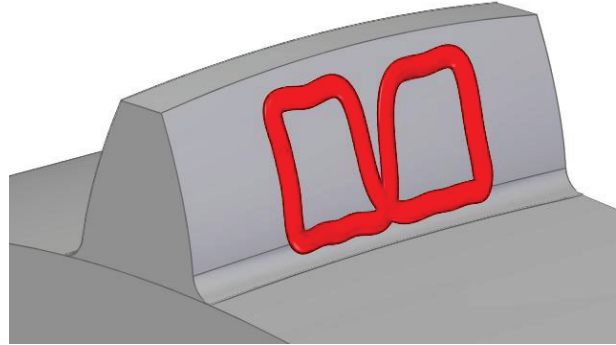
A számítási algoritmus paramétere a φ_1 szög. A $\varphi_1 = \varphi_0$ kezdeti értékhez φ_2 eltérő értékeit kapjuk minden egyes csomópont esetében. A fogfelületek közötti pillanatnyi érintkezési pont az a csomópont lesz, amelyhez az összes ($n \cdot m$) számú megoldásból a legnagyobb φ_2 adódik. φ_2 kisebb értékei változó nagyságú foghézagra utalnak.



9. ábra. A kapcsolóvonal egy fogpár esetén a domborított fogazaton (szöghiba: $\gamma=1^\circ$)

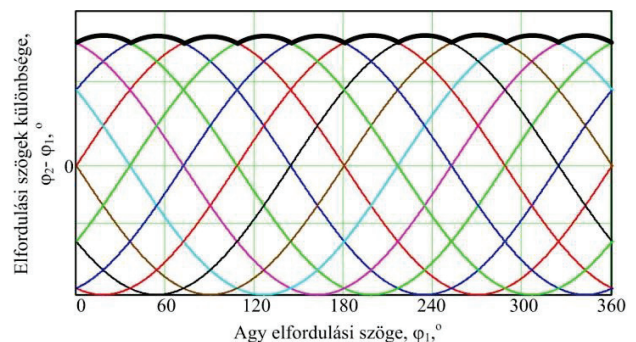
Minden φ_1 értékhez található egy maximális φ_2 . Az összetartozó értékpárok a tengelykapcsoló mozgástörvényét leíró függvény egy pontját szolgáltatják, amely a fogpár érintkezési pontja. Miután φ_1 értékét $\Delta\varphi$ -vel megváltoztatjuk, φ_2 -re egy új maximumot kapunk, amely egy újabb érintkezési pontot eredményez. Amennyiben φ_1 -et 0 és 2π között változtatjuk, és valamennyi φ_1 -hez meghatározzuk a hozzá tartozó maximá-

lis φ_2 -t, megkapjuk az egy fogpár esetén létrejövő a kapcsolóvonalat, amely a kapcsolódási pontok összessége (9. ábra). A fogfelületen létrejövő hordkép kapcsolóvonalra rajzolt kis ellipszisek összességként értelmezhető (10. ábra). A szükséges számításokat Maple 16 szoftverben végeztük. Fogaskerék adatai: fogszám $z=40$, modul $m=3$ mm, alaprofilszög $\alpha=20^\circ$, fogszélesség $b=20$ mm, domborítás sugara $R=100$ mm.



10. ábra. A hordkép egy fogpár esetén a domborított fogazaton (szöghiba: $\gamma=1^\circ$)

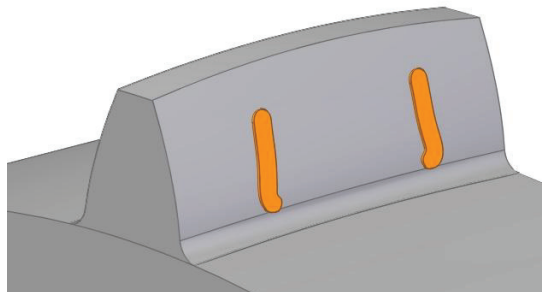
Amennyiben a fenti számítást fogasgyűrűs tengelykapcsoló minden fogán elvégezzük, akkor megkapjuk a tengelykapcsoló mozgástörvényét [4], amely a 11. ábrán látható. A mozgástörvény alapján megállapítható, hogy a fogak egy körülfordulás alatt csak két viszonylag rövid szakaszon viselik a terhelést. A terhelt szakasz mindig a fog szélei felé helyezkedik el, mivel szöghibával rendelkező tengelykapcsoló esetén mindig csak az a két fog viseli a terhelést, melyek a belső fogazatú kerék fogárkában kereszttbe fordul. A tengelykapcsoló továbbfordulása során másik két fog kerül ilyen speciális helyzetbe, vagyis a továbbiakban már azok viselik a terhelést. A 12. ábrán a két terhelt szakaszt - melyek egyidőben két egymással szemben fekvő fagon jelennek meg - egy fagon ábrázoljuk.



11. ábra. A tengelykapcsoló mozgástörvénye

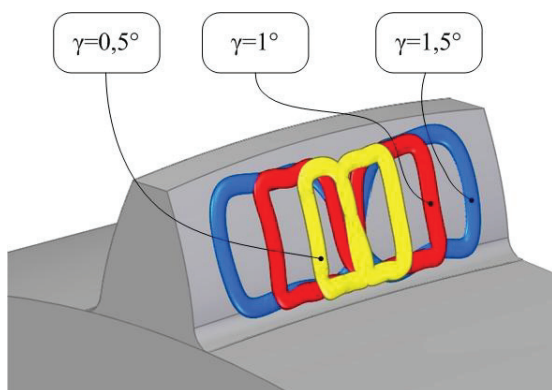
A bemutatott számítási módszer bizonyos közelítést tartalmaz, ugyanis nem veszi figyelembe, hogy az érintkezési pontokban a normálisoknak is meg kell egyezniük. A valós megoldás a közelítő megoldásként megkapott csomópont környezetében van. A közelítés pontossága növelhető az agy fogfelületén a hálózás sűrítésével,

azaz a csomópontok számának növelésével. A számítási módszer pontatlansága miatt célszerűbb a kapcsolóvonal helyett annak diszkrét környezetében található hordképpel ábrázolni a fog terherviselő részeit, ahogy az a 12. ábrán is látható.



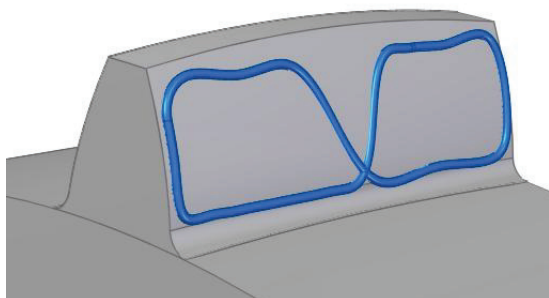
12. ábra. A hordkép terhelt részei egy fogon ábrázolva

5.1. Szöghiba változásának hatása a hordképre



13. ábra. A hordkép különböző szöghibák esetén

Amennyiben az előzőekben bemutatott tengelykapcsoló más szöghibával rendelkezik, akkor a hordkép is meg fog változni. A szöghiba csökkenés esetén a hordkép a fogazat belsejére korlátozódik, míg nagyobb szöghiba esetén ez a tartomány kifelé, a fog végeinek irányába tolódik el. A kapcsolóvonal és a hordkép változására mutat példát az 13. ábra.



14. ábra. A kapcsolóvonal maximális szöghiba esetén

Amennyiben a kapcsolóvonal eléri a fog szélét, akkor az így kompenzált szöghiba maximális. Ezt az okozza, hogy ebben a helyzetben a fog már teljes mértékben keresztbe fordult a belső fogazatú hüvely megfelelő fogárkában, tovább fordulásra már nem képes. A szöghibát tovább növelve az elméleti kapcsolódási pont már a fogazaton kívülre kerülne.

ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozatban a gyártással összhangban lévő matematikai modellek, valamint a mozgástörvény egy egyszerűsített számítási módszerének bemutatása után ismertettük a fogasgyűrűs tengelykapcsoló fogazatán kialakuló kapcsolóvonalat. Bemutattuk, hogy a kapcsolóvonal mely szakaszai a tényleges terherviselő részek. A szöghiba változása jelentős hatással van a hordkép nagyságára és helyzetére. Amennyiben a hordkép eléri a fogazat szélét, az ahhoz tartozó szöghiba lesz a tengelykapcsolóra megengedett maximális szögeltérés.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás az Európai Unió és Magyarország támogatásával a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú „Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program” című kiemelt projekt és a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0008 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával kezei között valósult meg.

IRODALOM

- [1] Litvin, F. L.: Theory of gearing, NASA Reference Publication 1212, AVSCOM technical report 88-C-035, 1989. pp. 1-490.
- [2] Alfares, M. A., Falah, A. H., Elkholy, A. H.: Clearance distribution of misaligned gear coupling teeth considering crowning and geometry variations, Mechanism and Machine Theory, (41), 2006. pp. 1258-1272.
- [3] Szente J., Kelemen L.: Domborított fogazat matematikai modellezése fogasgyűrűs tengelykapcsolókhöz, GÉP LXII (9-10) pp. 47-50. (2011)
- [4] Kelemen L., Szente J.: Fogasgyűrűs tengelykapcsoló fogérintkezésének elemzése, Multidiszciplináris tudományok, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2012, pp.49-60 (ISSN 2062-9737)
- [5] Pfauter, H.: Pfauter-Wälzfräsen, Teil 1. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1976.

CONTENTS

1. *Bodnár I.:*

**THE WASTE AS SECOND MATERIAL
AND AS INEXHAUSTIBLE SOURCE
OF RENEWABLE ENERGY 3**

Continuously reproducing waste materials have high amount of usable energy content. For transforming energy of waste different thermic treatments are used. Author points out that the most effective methods are the plasma technology and burning the synthesis gas in a gas engine.

2. *Szamosi Z.; Ferenzi T.; Harcsik B.:*

**TORREFACTION OF THE WHEAT
STRAW IN VACUUM INDUCTION
FURNACE 11**

The low temperature pyrolysis or in other word torrefaction is suitable for increasing the energy content of agricultural waste materials. Realising the torrefaction of wheat straw in vacuum pyrolysis gases can be used without separation and purification. The first experiments gave favourable results.

3. *Kiss L. P.:*

**NATURAL FREQUENCIES OF FREE
VIBRATION FOR HETEROGENEOUS
CURVED BEAMS 16**

Author deals with vibration of heterogeneous in cross section 2D curved beams. The first four natural frequencies were determined by the Green function matrix and the system of homogeneous Fredholm integral equations. Results of calculations were very close to the values came from the FEM control calculations.

4. *Lengyel Á. J.; Ecsedi I.:*

**DETERMINATION OF NORMAL AND
SHEARING STRESSES IN COMPOSITE
BEAMS WITH WEAK SHEAR
CONNECTION 22**

Paper deals with the calculation of stress field in two-layer laminar composites. Assuming weak shear connection between the two layers some derived formulae are presented, which are directly suitable for dimensioning such composite beams.

5. *Gönczi D.; Ecsedi I.:*

**THERMAL STRESSES IN HOLLOW
CYLINDRICAL BODIES
WITH TEMPERATURE DEPENDENT
MATERIAL PROPERTIES 28**

Paper presents an analytical (exact) procedure for determination of normal stresses and displacements in hollow circular cylindrical bodies under thermal and mechanical loadings. The analytical solution is valid for plane strain state.

6. *Bodnár I.:*

**ECONOMIC AND ECONOMICAL
QUESTIONS OF THE THERMIC
TREATMENT PROCESSES 33**

Nowadays four thermal treatment processes are used in recycling of waste materials: burning, pyrolysis, gasification and plasma-technology. Paper deals with the economic and economical questions of each process. Results of analysis were strongly different from the expected ones.

7. *Gáspár M.:*

**REALIZATION OF TEMPERATURE
FIELD BY FINITE ELEMENT MODELLING
DURING THE WELDING OF HIGH
STRENGTH STEELS 37**

Welding of newly developed high strength steels (HSS) requires technology different from the usual one. Processes taking place during welding in heat affected zone are critical because of risk of embrittlement and crack formation. Author recommends FEM analysis for selecting the optimum condition of welding.

8. *Fekete T.:*

**THE ALTERNATING CURRENT
SYNCHRONOUS HYDRAULIC
DRIVE AND OPERATION
PRINCIPLE OF ECCENTRIC 43**

Author describes the types and main units of hydraulic drives. In the frame of doctoral programme the alternating current non-synchronous drive (S-ACH) is investigated. Experimental equipments with rigid pipes and flexible hoses were constructed, by which firstly the transfer parameters have been studied.

9. *Kelemen L.; Szente J.:*

**ANALYSIS OF CROWNED TEETH
FOR GEAR COUPLING 47**

Gear couplings are mainly used for compensating the eccentric positions of coupled axes. Authors present a mathematical model for determination the theoretical contact point and path. Applying the model the effect of angular misalignment on contact pattern can be investigated.

GÉP

INFORMATIVE JOURNAL

for Technics, Enterprises, Investments, Sales, Research-Development, Market of the Scientific Society of Mechanical Engineering

Dr. Döbröczöni Ádám

President of Editorial Board

Vesza József

General Editor

Dr. Jáрмаi Károly

Dr. Péter József

Dr. Szabó Szilárd

Deputy

Dr. Barkóczi István

Bányai Zoltán

Dr. Beke János

Dr. Bercesy Tibor

Dr. Bukoveczky György

Dr. Czitán Gábor

Dr. Danyi József

Dr. Dudás Illés

Dr. Gáti József

Dr. Horváth Sándor

Dr. Illés Béla

Kármán Antal

Dr. Kalmár Ferenc

Dr. Orbán Ferenc

Dr. Pálinkás István

Dr. Patkó Gyula

Dr. Péter László

Dr. Penninger Antal

Dr. Rittinger János

Dr. Szabó István

Dr. Szántó Jenő

Dr. Szűcs Edit

Dr. Tímár Imre

Dr. Tóth László

Dear Reader,

The University of Miskolc has won a research grant financed by the European Union and the European Social Fund within the project TAMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0008 with the title Young talents are gifted. This project is in full accordance with the Institutional Development Plan of the University of Miskolc supporting primarily PhD training and scientific student activity. Doctoral Schools of the University – and among them the Sályi István Doctoral School in Mechanical Engineering Sciences are involved with separate subprojects.

The improvement of research conditions, designating the strategic directions for PhD students, deepening the mentor-student relationships and providing possibilities to disseminate the research results and enhancing the quality of scientific publications are the main priority fields in this project. This journal is already the fourth one published during the project duration by PhD students.

From these four journals two issues of the Journal of Mechanical Engineering (GÉP), one issue of Multidisciplinary Sciences and one issue in Production Processes and Systems were published.

The colourful nature of the students' activity is well illustrated in this present journal issue. You may experience the high quality theoretical approach in the paper of László Kiss entitled Free vibrations of heterogeneous curved beams. Similarly, self-confident mathematical and mechanical handling can be observed in the papers of Dávid Gönczi and Ákos Lengyel.

Besides these mostly theoretic papers you can read about new developments in materials processing technologies (e.g. Marcell Gáspár's paper on the Finite Element Modelling of Welding of High Strength Steels) and design oriented papers (László Kelemen: Analysis of crowned teeth for gear coupling, or Tamás Fekete: The operation principle of alternating current synchronous hydraulic drive and excenters). Two further papers should be emphasized dealing with the utilization of waste materials written by István Bodnár, and Zoltán Szamosi together with his co-workers.

The high academic level of the published paper is assured by the thorough and concise revision of the manuscripts done by well-known experts on the given fields. As the head of the Doctoral School I express my sincere thanks for this work of scientific lecturers.

The financial support of the project mentioned in the introduction of this section contributes not only to the stimulation and enhancement of publication activity of PhD students but it also had a significant impact on the whole PhD activity. It should be noted that during the two years duration of the project the number of successful completion of PhD dissertations was greatly increased: till now 15 PhD dissertations were defended during this period.

Prof. Dr. Miklós Tisza
Head of the Sályi István Doctoral School
in Mechanical Engineering

Miskolc, August 2013.

Managing Editor: Vesza József. Editor's address: 3534 Miskolc, Szervezet utca 67.
Postage-address: 3501. Pf. 55. Phone/fax: (+36-46) 379-530, (+36-30) 9-450-270 • e-mail: mail@gepujsag.hu

Published by the Scientific Society of Mechanical Engineering, 1027 Budapest, Fő u. 68.
Postage-address: 1371, Bp, Pf. 433
Phone: 202-0656, Fax: 202-0252, E-mail: a.gaby@gteportal.eu, Internet: www.gte.mtesz.hu
Responsible Publisher: Dr. Igaz Jenő Managing Director

<http://www.gepujsag.hu>

Printed by Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67.

Price per month: 1260 Ft.

Distribution in foreign countries by Kultúra Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat H-1389
Budapest, Pf. 149. and Magyar Média H-1392 Budapest, Pf. 272.

INDEX: 25 343 ISSN 0016-8572

All articles are peer reviewed.



Doktori Tanácsülés a Sályi Doktori Iskolában



Dudra Judit PhD védése



Szigorlati Bizottság - Kakukk József Szigorlata (2013. Május 16.)



Doktorandusz Hallgatók Szemináriumon (2013. Április 15.)