

NEM SZABVÁNYOS ALAPPROFILÚ FOGASKEREKEK TERVEZÉSÉNEK KÉRDÉSEI

QUESTIONS ABOUT DESIGN OF GEARS GENERATED BY NON-SYMMETRIC RACKS

Drágár Zsuzsa, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Tanszék
Dr. Kamondi László, PhD, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Tanszék

ABSTRACT

A gear tooth root during working in mesh is loaded by bending stress, which is a pulsating fatigue load. At worst this causes breaking of tooth. In order to avoid this, it is necessary to improve fillet capacity in bending. Departing from standards and using non-symmetric gears we can increase load carrying capacity and hereby fatigue life.

1. BEVEZETÉS

A mindennapok gyakorlatában alkalmazott hajtásokban a fogaskerekek terhelése többnyire egyirányú, vagy kétirányú ugyan, de a fogoldalak nem azonos mértékű igénybevételnek vannak kitéve. Ezt figyelembe véve lehetőség nyílik arra, hogy a szabványos, szimmetrikus fogú kerekektől eltérve nem szimmetrikus fogú fogaskerekeket alkalmazzunk, ami által növelhetjük terhelhetőségüket. A tanulmány az aszimmetria tekintetében a külső, egyenes fogú, evolvens fogprofilal rendelkező hengeres kerekek vonatkozásában készült.

2. ELTÉRÉS A SZABVÁNYOS ALAP- PROFILTÓL

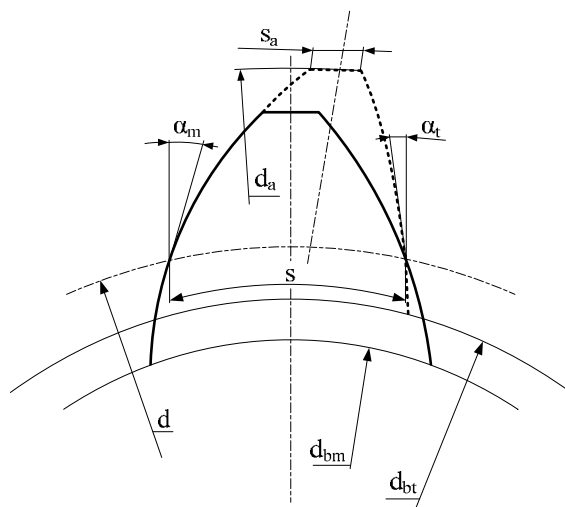
Egy fogaskerék fogzatának geometriája szoros összefüggésben van annak megmunkálásával, a gyártási eljárással. A legtermelékenyebb, és egyben leggazdaságosabb módszer a lefejtés elvén valósul meg, amikor a szerszám burkolja a kialakítandó fogat. A lefejtő eljárások közül az egyenes fogprofilú szerszámokkal foglalkozunk, azokon belül is a fogasléc (fésűskés) alakú szerszámokkal.

A fogaskerekek, és fogazószerszámaik alakját, és méreteit alapprofiljukkal tudjuk leírni, jellemezni, amely (kör)evolvens profil esetén szabványos. A fogzat alapprofilja és a szerszám

alapprofilja nem minden esetben azonos. A fogzat alapprofiljának fogmagassága általában kisebb, mint a szerszám-alapprofil fogmagassága. [5] A fogasléc alakú szerszám egyszerűen leképezhető alapprofilja segítségével, amely a fejélén lekerekítéseket is tartalmaz. Ezek a rádiuszok fontos szerepet játszanak a fogaskerekek fogtövének kialakításában. Minél nagyobb az értékük, annál nagyobb a fogaskerék fogtőszilárdsága, és nem utolsósorban a szerszám éltartama is.

E fentiek vonatkoznak a hagyományos szimmetrikus fogú fogaskerekek előállítására. A bevezetésben leírtak alapján a szimmetriától való eltérés esetén értelemeszerűen változnia kell az alapprofilnak, amely tehát az aszimmetrikus fogzatot definiálja. Az aszimmetrikusság abban rejlik, hogy a fog két oldalának profil-szögei eltérőek.

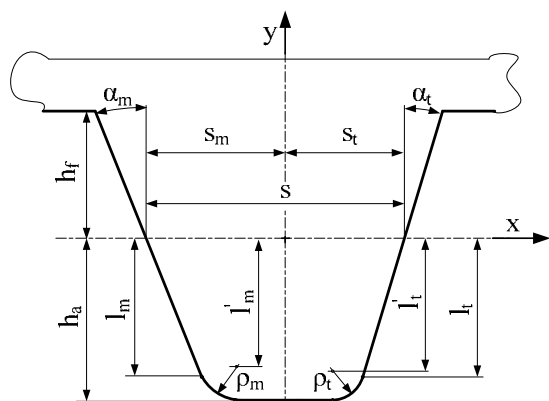
A fogoldalak megkülönböztethetők egymástól aszerint, hogy melyikük adja át a terhelést, tehát melyikük teherviselő, és melyikük terheletlen. Az előbbit nevezzük működő fogoldalnak, az utóbbit pedig támasztó fogoldalnak. Az 1. ábra [1] egy aszimmetrikus fogat jelenít meg.



1. ábra. Aszimmetrikus fog

Az 1. ábrán jól láthatók az egymástól különböző profilszögek. A fog evolvens oldalai más-más alapkörrel származtathatók, amelyek hányadosa utal az aszimmetria mértékére. [1] Az ábrajelölések a tanulmány végén található meg a jelmagyarázatban.

Ilyen megváltozott geometriájú fogazatok előállításához a szabványtól eltérő, aszimmetrikus szerszám (és annak alapprofilja) szükséges, amelyre példát a 2. ábra szemléltet.



2. ábra. Aszimmetrikus szerszám-alapprofil

A 2. ábrán látható módosított fogasléc szerszám foga teljesen aszimmetrikus, beleértve a profilszögeket, a fejl lekerekítési sugarait és ennek megfelelően az egyenes profiloldalok hosszait. A szerszám középvonalon mért fogvastagság két részre osztható, ebben az esetben a függőleges tengelyvonal a szerszám-alapprofil fejl egyenes szakaszát pontosan felezi. Ennek figyelembevételével számítható a középvonalon a fogvastagság egy-egy része a működő és a támasztó profiloldalhoz tartozóan:

$$s_m = \frac{1}{2}(s + l'_m \operatorname{tg} \alpha_m + \rho_m \cos \alpha_m - l'_t \operatorname{tg} \alpha_t - \rho_t \cos \alpha_t) \quad (1)$$

$$s_t = \frac{1}{2}(s - l'_m \operatorname{tg} \alpha_m - \rho_m \cos \alpha_m + l'_t \operatorname{tg} \alpha_t + \rho_t \cos \alpha_t) \quad (2)$$

E paraméterek változtatása mind hatással van a kialakított fogaskeréken a fogprofil és fogtőgörbe alakjára, így a terhelés közben kialakuló fogtőfeszültségre is, amely a hajlítói igénybevétel szempontjából nagy jelentőséggel bír.

A normál fogerő tangenciális irányú komponense a felelős elsősorban a fogtövet terhelő hajlítói igénybevétel kialakulásáért, ami a foga-

zat meghibásodásának egyik fő oka. [5] A működő profiloldal fogtővében húzófeszültségek, a támasztó oldal fogtővében nyomófeszültségek ébrednek, a lüktető fásztó igénybevétel pedig szélsőséges esetben fogtörést okozhat.

3. KORÁBBI AJÁNLÁSOK A SZABVÁNYOS ALAPPROFILTÓL VALÓ ELTÉRÉSRE

Az aszimmetrikus fogú fogaskerekek ötlete nem újdonság. Az utóbbi években a téma egyre nagyobb figyelmet kapott, ami a publikációk számából is kitűnik. Az aszimmetrikus fogazatok tervezésével kapcsolatban fellelhetők olyan művek, amelyekben a szerzők ajánlást tesznek a vágószerszám kialakítására.

A Senthil Kumar, Muni és Muthuveerappan [2] által javasolt fogasléc szerszám fejele egy körív. Ebben az esetben az egymástól eltérő profilszögek alkalmazásával kisebb mértékben csökkent a szerszám fogcsúcs lekerekítési sugara, mint szimmetrikus esetben. A hajlítófeszültségre tett pozitív hatás a fog kiszélesedésével állt kapcsolatban.

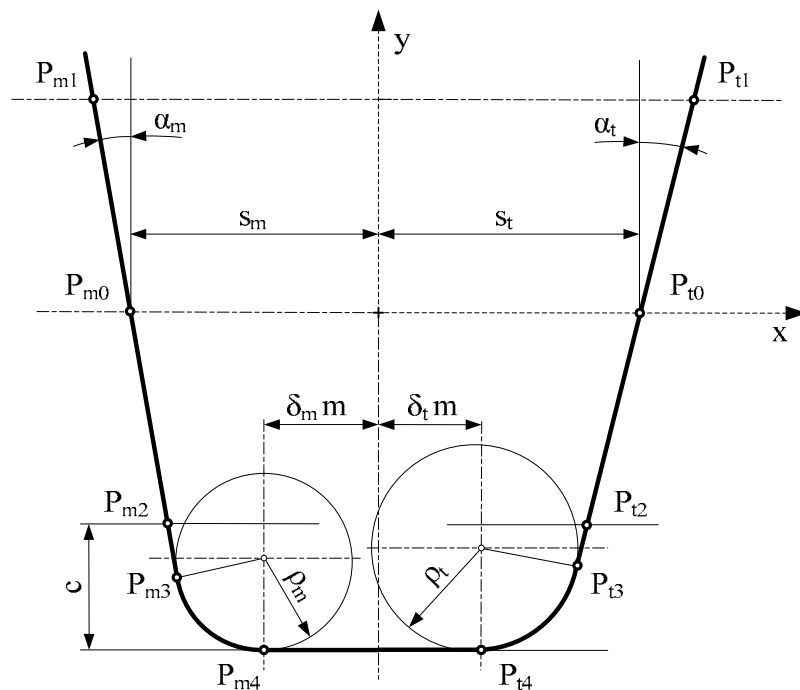
Pedersen [3] különbséget tett a szerszámcsúcs részei között aszerint, hogy az melyik profiloldalal fogtövet alakítja ki. A támasztó oldali szerszámcsúcs alakja körív, a működő oldalé ellipszis ív. Egy bevezetett μ tényezővel biztosította a profil folytonosságát, ami egyben változtatta a fog szélességét.

Alipiev [4] fogasléc szerszám profilok variációt hozta létre különböző α_m , α_t esetén, miközben a ρ_m és ρ_t nagyságát, és középpontjainak helyzetét változtatta.

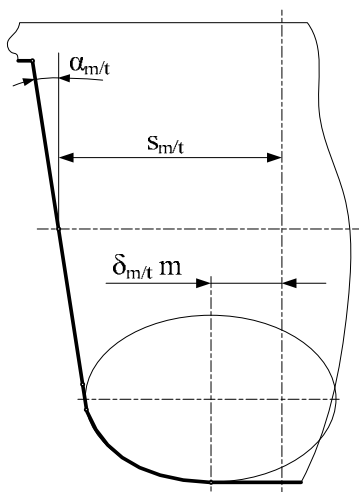
4. ÁLTALÁNOS FELÉPÍTÉSŰ, NEM SZIMMETRIKUS SZERSZÁM- ALAPPROFIL ELŐÁLLÍTÁSA

A 3. ábrán látható általános felépítésű szerszám-alapprofil profilszögei, az egyenes profilszakaszok hosszai, a fejl lekerekítési sugarai eltérőek a működő és a támasztó oldalon. Ezek a jellemzők egy adott tartományon belül szabadon választhatók. A jellegzetes burkológörbék (egyenesek és körívek) paraméterei meghatározhatók, és érvényességi tartománnyal rendelkeznek. Egy (vagy több) helyi koordináta-rendszer alkalmazásával a profil jellegzetes pontjainak helyzete megadható.

Egy változatot mutat be a 4. ábra, ahol a szerszámcsúcs „lekerekítését” ellipszis ív helyettesíti, akár mindkét oldalon.



3. ábra. Általános felépítésű szerszám-alaprofil



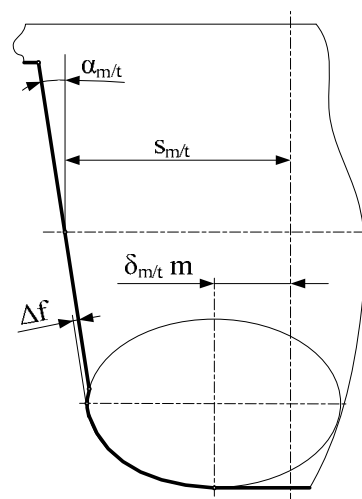
4. ábra. Általános szerszám-alaprofil változat ellipszis ívvel

A szerszám-alaprofil felépítésénél a paraméterek meghatározása egyrészt a kapcsolódási jellemzők változtatási lehetőségeit, másrészt a szerszámmal generált fogon a fogtűfeszítés maximális értékének csökkentését, valamint a fogtűgörbe mentén a feszültség-gradiens értékének állandó szinten tartását szolgálja.

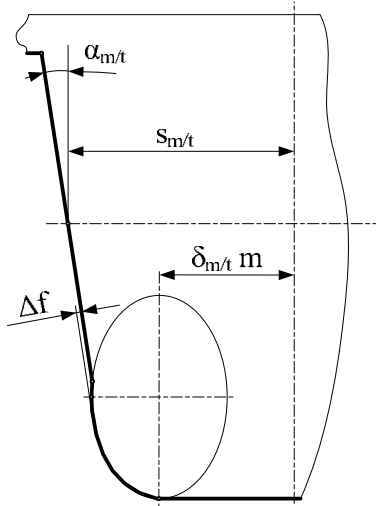
A szerszám-alaprofil kialakításakor követelmény lehet a fogaskerék gyártástechnológiájából adódóan, hogy a fogprofil és a fogtűgörbe átmenete a befejező megmunkálás után is

folytonos, azaz ugrásmentes legyen. A két görbe esetén az átmenetnél ugrás akkor következik be, ha nagyoló, simító és befejező (pl. köszörülés) megmunkálás követi egymást. Az ugrás mindig feszültséggyűjtő hely.

A profilok között ugrás ilyen esetben az alapprofil protuberanciájával érhető el, amit az 5. és 6. ábra szemléltet. Az ábrákon látható Δf tényező tölti be azt a szerepet, hogy a görbék folytonos átmenettel kapcsolódjanak.

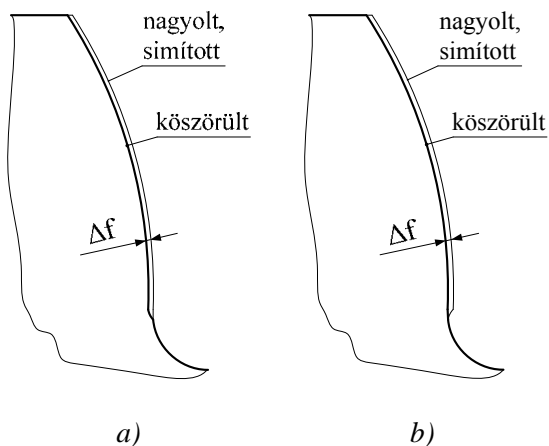


5. ábra. A szerszám-alaprofil protuberanciája



6. ábra. A szerszám-alapprofil protuberanciája

A megmunkált fogprofil részlete látható a 7. ábrán. A 7.a) ábrarészen a készre munkált felületen ugrás tapasztalható, míg a 7.b) ábrarészen ez az ugrás a befejező megmunkálás után eltűnik.



7. ábra. A fogprofil változása a protuberancia figyelembevételével

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az ipari igények kiszolgálását, azon belül a fogaskerekek terhelhetőségének növelését célzó kutatások és fejlesztések az aszimmetrikus fogazatkialakítás felé orientálódtak. A szerszám-alapprofil közvetlen változtatásával a fogtőprofil, ezáltal a fogtőfeszítés módosítása közvetett úton valósítható meg. A paraméterek pontos leírása további vizsgálatokat igényel.

JELMAGYARÁZAT

α profilszög
 δ fejl-hossz módosító tényezője

ρ szerszám fejl lekerekítési sugara
 c lábhezág
 d osztókörátmérő
 d_a fejkörátmérő
 d_b alapkörátmérő
 Δf protuberanciát figyelembe vevő tényező
 h_a fejmagasság
 h_f lábmagasság
 l profiloldal magassága a fogfejen
 l' a szerszám fejl lekerekítési sugarak középpontjának a szerszám-alapprofil középvonalától mért távolsága különböző lekerekítési sugarak esetén
 m modul
 P_{0-4} jellegzetes pontok az általános felépítésű szerszám-alapprofilon
 s osztókörön mért / szerszám középvonalon mért fogvastagság
 s_a fejkörön mért fogvastagság
 Indexjelölések:
 m, t az indexekben szereplő betűk a működő/támasztó profiloldalra utalnak

A tanulmány a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] A. KAPELEVICH: Geometry and design of involute spur gears with asymmetric teeth, Mechanism and Machine Theory 35 (2000) pp. 117-130.
- [2] V. SENTHIL KUMAR, D.V. MUNI, G. MUTHUVEERAPPAN: Optimization of asymmetric spur gear drives to improve the bending load capacity, Mechanism and Machine Theory 43 (2008) pp. 829-858.
- [3] N. L. PEDERSEN: Improving bending stress in spur gears using asymmetric gears and shape optimization, Mechanism and Machine Theory 45 (2010) pp. 1707-1720.
- [4] O. ALIPIEV: Geometric design of involute spur gear drives with symmetric and asymmetric teeth using the Realized Potential Method, Mechanism and Machine Theory 46 (2011) pp. 10-32.
- [5] DR. ERNEY Gy.: Fogaskerekek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983