



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XVIII.

Kolozsvár, 2013. március 21–22.

A PROFILKORREKCIÓS FOGAZATOK FOLYTONOS SZÁRMAZTATÁSA ÉS KÖSZÖRÜLÉSE

VARGA András, GYENGE Zoltán, GYENGE Csaba

Abstract

Within this paper the authors describe a new finishing technology for manufacturing the complex gears with special profile corrections used in modern transmissions. The new theoretical meshing method was tested in practical experiments, the results of which being also presented in this paper.

Keywords: wind turbines, CNC manufacturing of gears.

Összefoglalás

A dolgozat keretében ismertetünk egy új simítási technológiát a korszerű hajtóművekben alkalmazott profilkorrekciós komplex fogaskerek nagy pontosságú megmunkálására. Az elméleti profilszármaztatási módszert gyakorlati kísérletekkel ellenőriztük.

Kulcsszavak: Hajtóművek, fogaskerek CNC fogköszörülése.

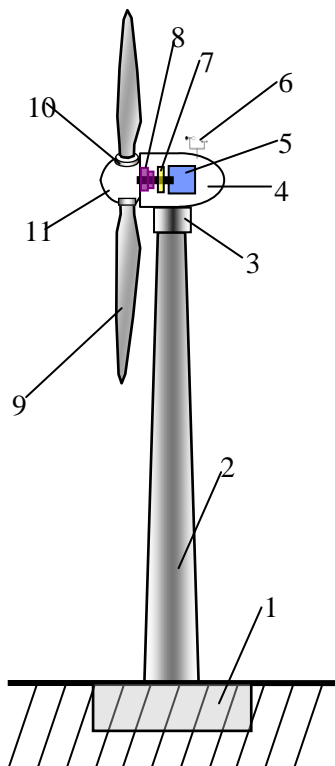
1. Bevezető

A korszerű hajtóművekben (nagy teljesítményű teherautók, villany és Diesel mozdonyok, óceánjáró hajók, szélturbinák, stb.) egyre gyakrabban alkalmaznak komplex profilkorrekciós fogaskereket a működési paraméterek minél magasabb szintre való emelése érdekében. Általában ezeknek a fogaskereknek profiljai úgy kereszt- mint tengelyirányú metszetben, lényegesen eltérnek a hagyományos evolvens kerekhez viszonyítva. Lépcsőzet nélküli, nagy pontosságú folytonos fogfelületeket csak korszerű technológiával lehet megvalósítani. Konkrét ipari felkérésekre válaszolva, kutatócsoportunk kifejlesztett egy CNC fogköszörülési technológiát, amelynek elméleti és gyakorlati eredményeit szándékozunk ismertetni dolgozatunk keretében. Az aránylag széles alkalmazási területek közül a vízszintes tengelyű szélturbinák hajtóműveiben alkalmazott fogaskerek konstruktív és technológiai sajátosságait mutatjuk be, amelyeket a szatmárnémeti UNIO vállalatban gyakorlatilag is leellenőriztünk és a mai napig alkalmazzák.

2. A szélturbinák hajtóműveinek konstruktív jellemzői

Világviszonylatban, jelenleg az áramellátó rendszerekhez kapcsolt szélerőművek nagy része vízszintes tengelyű. Az alapvető felépítésük az 1. ábrán látható.

Amint az itt látható, a lapátok viszonylag alacsony sebességgel forgó tengelye a fordulatszám-sokszorozó hajtóműhöz kapcsolódik, amely tengelykapcsoló és fékrendszeren keresztül hajtja meg a generátort. Általában a fordulatonövelésre bolygó típusú hajtóműveket használnak, amelyekkel nagy áttételi arányokat lehet elérni aránylag kis térfogattal. Szintén aránylag bonyolult fogaskerék rendszert alkalmaznak a szélirányba való forgatás érdekében.



1.ábra. vízszintes tengelyű szélturbina felépítése:

1- fundamentum, 2-torony, 3-szélirányra állító berendezés, 4- gondola, 5-generátor, 6-szélmérő, 7-fék, 8- hajtómű, 9-rotorlapát, 10-lapát irányító, 11-forgószárny-agy.

A szélturbina nem igényel jelentősebb karbantartást, rendkívül megbízható és nincsenek káros hatásai a környezetre nézve. Háromfázisú áramot termel, melyet kis veszteséggel szállíthatunk igen nagy távolságokra transzformátorok segítségével. Egy turbina lapátjainak fordulatszáma $n=15...60/\text{min}$ tartományban van. Ezt az aránylag kis fordulatszámot sebességsokszorozító (multiplikátor) hajtóművekkel emelik az áramfejlesztők által igényelt magas fordulatszámra.

3. CNC eljárás a komplex profilkorrekciós hengeres fogaskerekek köszörülése

A különleges profilkorrekciós külső fogazatú fogaskerekek a követelményeknek megfelelő simítása céljából a nagyváradi EMSIL TECHTRANS valamint a szatmárnémeti UNIO cégekkel közösen felújítottunk egy hagyományos NILLES típusú fogköszörűgépet, amelyet FANUC CNC berendezéssel láttunk el (2. ábra) annak érdekében, hogy számvezerlésű lefejtőfogköszörülést tudjunk megvalósítani.

A profilkorrekciós fogprofil több evolvens szakasz segítségével burkoltuk és köszörültük. A CNC berendezés programozása érdekében, meg kellett határozni a burkoláshoz szükséges tangenciális, valamint forgó mozgások pontos méretét valamennyi szakaszon.



2. ábra. A CNC fogköszörűgép munkaterülete

Tekintettel a széles skálájú meghatározási módokra (DIN, AGMA, STAS, ISO), valamint a különböző tervezési megoldásokra, a programozáshoz szükséges paraméterek meghatározására hat algoritmust fejlesztettünk ki. Az alábbiakban az $R_f \leq R_b \cdot \cos\alpha_t$, sugárviszonyú hengeres fogaskerekre kifejlesztett algoritmust ismertetjük.

A 3. ábrán a bal oldali fogprofil és a köszörűkorong közötti jellegzetes helyzetek láthatók. Amint észrevehető, a megoldás egyik előnye, hogy változatlan α_s szerszámprofillal, bármilyen α_t - homlok alapszögű, profileltolások és profilkorrekciós fogaskerek folytonosan köszörülhető. A FANUC CNC berendezés programozása céljából meg kellett határozni az OZ irányú mozgás l_{ga} , valamint a **B** tengely körüli φ_{ga} mozgások méreteit. Amint a 3. ábrán látható, a fogköszörülés a T_s pontban kezdődik és a A_s pontban végződik. A technológiai kapcsolópár e két pont közötti legördülése érdekében meg kell határozni a tangenciális irányú **b** lineáris mozgás, valamint a **B** tengely körüli forgómozgás méreteit.

Az ábra alapján felírható:

$$\phi = \alpha_t - \varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3 + \text{inv}\alpha_a, \quad (1)$$

ahol:

$$\varepsilon_1 = \alpha_t - \alpha_{st} \quad (2)$$

$$\varepsilon_2 = \alpha_{st} - \alpha_x \quad (3)$$

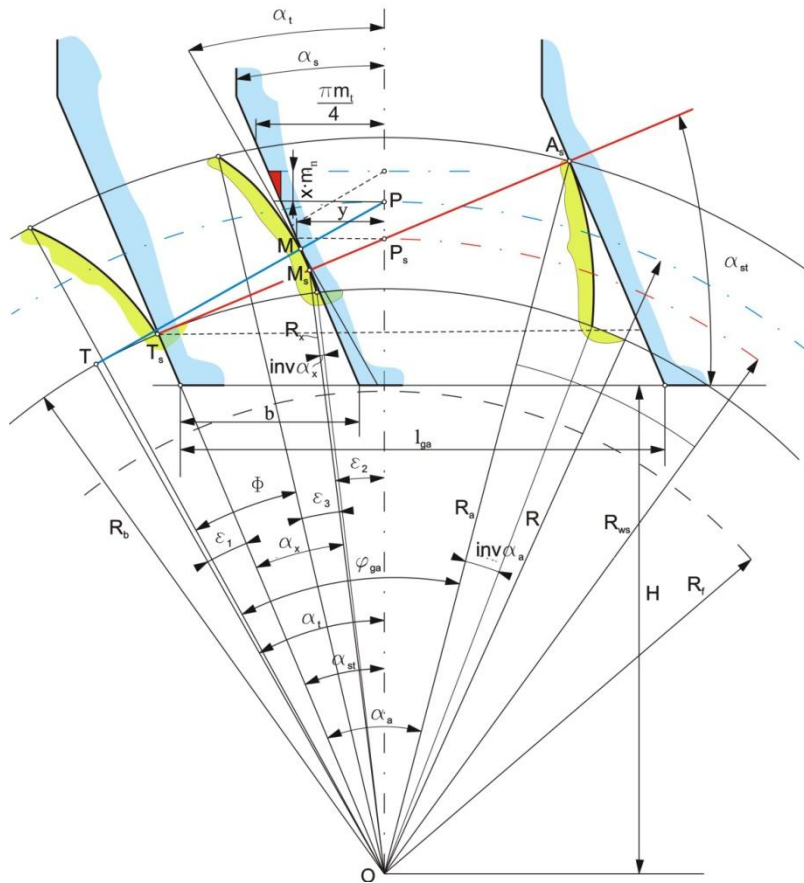
$$\varepsilon_3 = \text{inv}\alpha_a - \text{inv}\alpha_x \quad (4)$$

$$\text{inv} \alpha_x = \frac{T_s M_s}{O T_s} - \alpha_x = \frac{T_s M_s}{R_b} - \alpha_x \quad (5)$$

$$\text{inv} \alpha_a = \text{tg} \alpha_a - \alpha_a = \frac{T_s A_s}{R_b} - \alpha_a \quad (6)$$

A fentiek alapján:

$$\varepsilon_3 = \frac{T_s A_s}{R_b} - \alpha_a - \frac{T_s M_s}{R_b} - \alpha_x \quad (7)$$



3. ábra. A technológiai kapcsolópár jellegzetes helyzetei

A továbbiakban a Φ forgási szöget és a b tangenciális mozgást a következőképpen határozhatjuk meg:

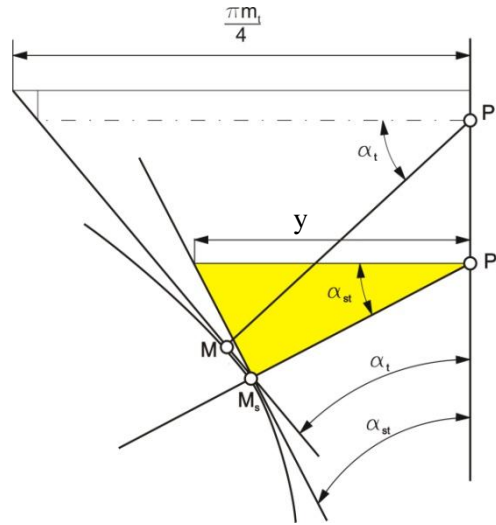
$$\phi = \alpha_t - \alpha_t + \alpha_{st} - \alpha_{st} + \alpha_x - \frac{T_s A_s}{R_b} + \alpha_a + \frac{T_s M_s}{R_b} - \alpha_x + \frac{T_s A_s}{R_b} - \alpha_a = \frac{T_s M_s}{R_b} \quad (8)$$

$$\phi = \frac{\sqrt{R_x^2 - R_b^2}}{R_b} \quad (9)$$

$$b = \frac{\overline{T_s M_s}}{\cos \alpha_{st}} = \frac{\overline{T_s P_s} - \overline{M_s P_s}}{\cos \alpha_{st}} = \frac{1}{\cos \alpha_{st}} \left(\sqrt{R_{ws}^2 - R_b^2} - y \cdot \cos \alpha_{st} \right) = \frac{\sqrt{R_{ws}^2 - R_b^2}}{\cos \alpha_{st}} - y, \quad (10)$$

ahol : - R_{ws} technológiai kapcsolási rendszer gördülő sugara.

y –paramétert a 4.ábra segítségével határozzuk meg. Az M pont a fogaskerék fogfelülete és a lefejtőalaprofil érintkezési pontja. Az ábrán feltüntetett relatív helyzet a vezérlés nulla pontjába való beillesztés céljából fontos.



4.ábra. Az y paraméter meghatározása

A 4. ábra szerint:

$$y = \frac{P_s M_s}{\cos \alpha_{st}} = \frac{1}{\cos \alpha_{st}} (\overline{T_s P_s} - \overline{T_s M_s}) = \frac{1}{\cos \alpha_{st}} \left(= \frac{1}{\cos \alpha_{st}} R_b \operatorname{tg} \alpha_{st} - \overline{T_s M_s} \right) \quad (11)$$

$$\overline{M_s T_s} = \overline{MT} - \overline{T_s T} = \overline{PT} - \overline{MP} - R_b (\alpha_t - \alpha_{st}) \quad (12)$$

$$\overline{MP} = \left(\frac{\pi n_t}{4} - x \cdot m_n \cdot \operatorname{tg} \alpha_t \right) \cos \alpha_t \quad (13)$$

A behelyettesítések után:

$$y = \frac{1}{\cos \alpha_{st}} \cdot R_b (\operatorname{tg} \alpha_{st} - \operatorname{tg} \alpha_t) + \left(\frac{\pi n_t}{4} - x \cdot m_n \cdot \operatorname{tg} \alpha_t \right) \cos \alpha_t + R_b (\alpha_t - \alpha_{st}) \quad (14)$$

$R_x = OM_s$ sugár a kezdő érintkezési pont helyzetét határozza meg.

$$R_x = \sqrt{R_b^2 + \left(\sqrt{R_{ws}^2 - R_b^2} - y \cos \alpha_{st} \right)^2} \quad (15)$$

ahol: $R_{ws} = \frac{R_b^2}{(\cos \alpha_{st})^2}$.

végül:
$$\varphi_{ga} = \frac{\sqrt{R_a^2 - R_b^2}}{R_b}, \quad l_{ga} = - \left(\frac{\sqrt{R_a^2 - R_b^2}}{\cos \alpha_{st}} \right). \quad (16)$$

E két paraméter értékét kell beprogramozni a fogoldal komplett legördülése, valamint köszörülése érdekében. A fogoldal több részzakaszából való köszörülése céljából meg kell határozni valamennyi

E két paraméter értékét kell beprogramozni a fogoldal komplekt legördülése, valamint köszörülése érdekében. A fogoldal több részzakaszából való köszörülése céljából meg kell határozni valamennyi szakasz számára a megfelelő mozgási paramétereket. A dolgozat korlátozott mérete nem engedi meg a részletes algoritmusok bemutatását (majd egy következő dolgozatban).

4. Következtetések

A minél komplexebb konstrukciójú hajtóművek, valamint az igényelt pontossági és működési feltételek új technológiákat igényelnek. A CNC vezérlések nagy segítséget nyújtanak ezirányban, de ezek megfelelő programozása és beállítása megfelelő fogazáskinematikai és matematikai számításokat igényelnek. Az utolsó 4 évben csoportunk a szélturbinákban alkalmazott hajtóművek fogaskerekei korszerű technológiájának fejlesztésével is foglalkozott. A statisztikai előrejelzések szerint 2030-ban a világ összenergia szükséglete kb. 50%-al lesz nagyobb a mostanihoz viszonyítva. A kőolaj és földgáz tartalékok, szintén az előrejelzések szerint, alig 2040...2070-ig tudják fedezni a szükségleteket.

A fentiek következtében a szakemberek mind jobban kell figyeljenek a felújuló energiaforrásokra, és így mind nagyobb fejlődés észlelhető a szélenergiát felhasználó turbinák fejlesztésében, gyártásában. A szélturbinák minél környezetkímélőbb működése és élettartalma nagy mértékben függ a beépített hajtóművektől is. Ezek szerint úgy értékelhetjük, hogy a fentiekben ismertetett ezirányú kutatásaink hozzájárulhatnak e turbinák felépítési és működési paramétereinek javításához.

Irodalomjegyzék

- [1] Gyenge, Cs., Mera, M., Bâlc, N.: *Research on Calculating the Parameters Value for Modification the Longitudinal Profile of the Cylindrical Gears*, Proceedings of DAAAM 2001, 24-27 Okt. Jena. ISBN 3-901-19-4, 175-176 oldal.
- [2] Gyenge Cs., Bob, M., Ros, O.: *Some characteristic aspects regarding grinding of spur gears with profil modifications*. In: The 20th DAAAM INTERNATIONAL SYMPOSIUM "Intelligent Manufacturing & Automation, ISSN 1726-9679, 645-646 oldal.
- [3] Rafa A., Gyenge Cs.: *Some specific aspects regarding the manufacturing of renewable energy exploitation equipment*, MicroCAD International Scientific Conference. Miskolc 2010, ISBN 978-963-661-4 Ö. ISBN 978-963-661-823-0, 191-196 oldal.
- [4] Gyenge, Cs., Varga, A., Gyenge, Z., Szilágyi, Á.: *CNC és környezetbarát technológiák fejlesztése a hemgeres fogaskerekek korszerű gyártása céljából az Erdélyi gépipari vállalatokban*, Kutatási Tanulmány. SAPIENTIA Kutatási Programok Intézete, 2005.

Varga András hallgató,

dr. Gyenge Csaba professor emeritus

Kolozsvári Műszaki Egyetem

Gyenge Zoltán Európai szabadalmi ügyvivő