

A SZÉLTURBINÁK SZERKEZETÉBEN ALKALMAZOTT HAJTÓMŰVEK SZERKEZETI ÉS TECHNOLÓGIAI SAJÁTÓSÁGAI[®]

CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL PARTICULARITIES OF SPECIAL GEAR BOXES USED AT WIND TURBINES

DR. GYENGE CSABA

Kolozsvári Műszaki Egyetem
Gépgyártástechnológiai Tanszék
400184 Cluj-Napoca B-dul Muncii 103-105
Csaba.Gyenge@tcm.utcluj.ro

Kivonat: A dolgozat első részében ismertetem a függőleges tornyú szélturbinák szerkezetében alkalmazott fogaskerék hajtóművek konstruktív jellegzetességeit és a minőségi igényeket. A második részben röviden bemutatom az általunk kifejlesztett CNC köszörülési technológiát, amellyel ellehet érni a különleges fogazatok pontossági és felületminőségi követelményeit. A dolgozat végén ismertetem az ipari megvalósításainkat és a jellegzetes mérési eredményeket.

Kulcsszavak: zöld energia, szélturbinák, fogaskerékajtások

Abstract: In the first part of paper, I present the constructive particularities of special gear boxes used at vertical tower wind turbines and the quality requirements. In the following part I present the new CNC gear grinding methodology and technology, developed by our team, with which it was possible to realize the high quality of geometrical parameters and quality roughness. In the last part of paper I will present some the practical industrial results and used control technology.

Keywords: green energy, wind turbines, gearing.

1. BEVEZETŐ

Ismeretes, hogy a megújuló energia források szerepe folytonosan nő és a Greenpeace becslései szerint, 2050-ben Románia az össz energia szükségletének 85%-át megújuló forrásokból kell fedezze. A Román Statisztikai Intézet adatai szerint [7], 2011-ben az össz 63252 GkW kitermelt energiából, 40%-ot a gázalapú hőerőművek termelték, 22%-át a vízerőművek, 16%-ot az atomerőmű és csak 4%-ot a szélerőművek. Az optimista előrejelzések szerint, 2013 végéig a szélerőművekben termelt energia meg kell duplázódjon és így Románia világviszonylatban a 13-ik helyet foglalhatja majd el a szélerőenergia felhasználása terén.

Természetes, hogy a szélerőművek felépítése elég komplex, és az előállítási, valamint felszerelési árak elég magas, így – egyelőre – a szélerőművekben előállított energia ára jóval magasabb mint a hő, vagy vízerőművekben előállítotté. Viszont a gáz, valamint szénhidrát készletek elég gyors csökkenése arra következtet, hogy minél intenzívebben foglalkozzunk az újrahasznosítható üzemanyagokkal működő energiatermelőkkel.

Kutató csoportunk több mint 4 éve foglalkozik a szélturbinákban alkalmazott hajtóművek gyártástechnológiájának fejlesztésével annak érdekében, hogy minél kisebb költségekkel, minél jobb minőséget és élettartamot lehessen elérni.

A dolgozat keretében igyekszem ismertetni az ezirányú jellegzetes elméleti és gyakorlati kutatásaink eredményeit.

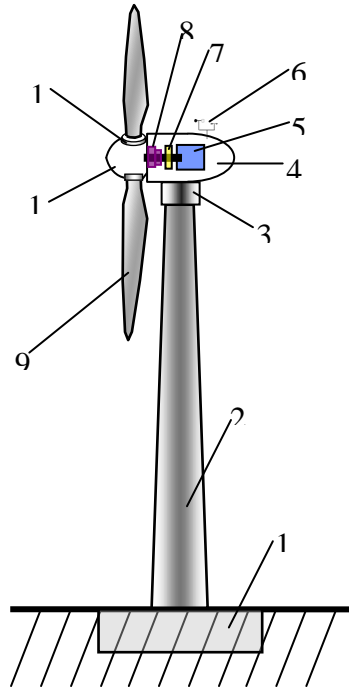
[®] Szaklektorált cikk. Leadva: 2013. november 19., Elfogadva: 2013. december 01.

Reviewed paper. Submitted: 19. 11., 2013. Accepted: 01. 12, 2013.

Lektorálta: FÓRIÁN Sándor / Reviewed by Sándor FÓRIÁN

A SZÉLTURBINÁKBAN ALKALMAZOTT HAJMÚVEK KONSTRUKTIV ÉS MŰKÖDÉSI JELLEGZETESSÉGEI

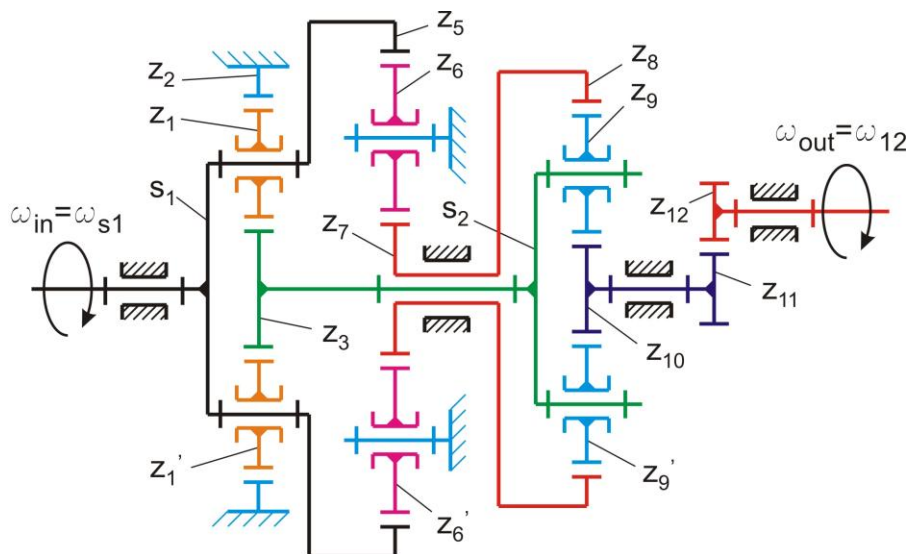
Ismereteink szerint [8], a napjainkban alkalmazott szélerőművek vízszintes tengelyű lapáttal dolgoznak (1 ábra).



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.

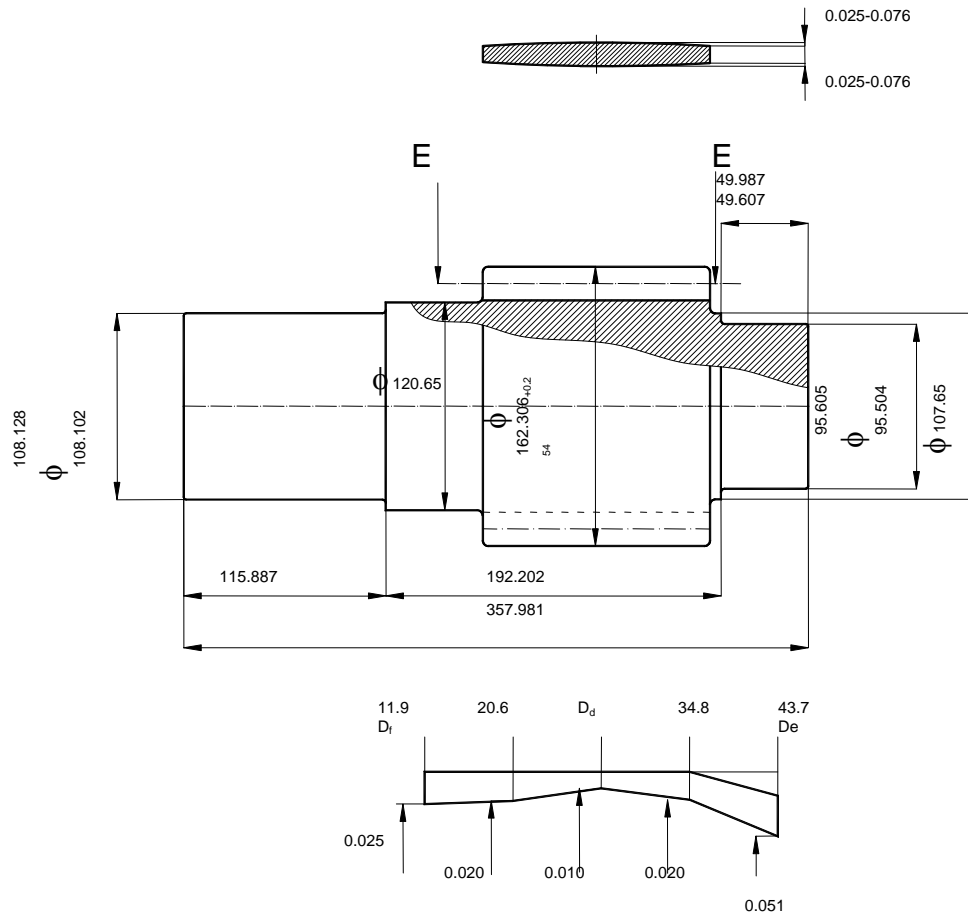
Amint az ábrán láthatjuk, a primer tengely (amin a paletták vannak) kis fordulatszámú forgása bemegy a multiplikátorba, ahonnan egy tengelykapcsoló révén (amelyik szükség esetén fékként is működik) meghajtja az áram generátor tengelyét. Rendszerint a fordulatszámnövelő (multiplikátor) bolygó felépítésű (2 ábra) és kis méretek mellett nagy áttételi arányokat biztosít.



2. ábra A kétlépcsős bolygó rendszerű multiplikátor kinematikai vázlata

Amint az ábrán láthatjuk, a légesavarok primer tengelye végén az S_1 kapcsoló fedél van rögzítve, amelyben a három Z_1 bolygókerék van beágyazva. A fedél jobboldalán a Z_5 belső fogazatú kerék van felfogva. Az említett bolygókerékek úgy a Z_2 belső fogazatú kereken gördülnek, mint a Z_3 kereken. Ezzel egyidőben, a belső fogazatú Z_5 kerék forgatja a Z_6 bolygókerékeket, és ezek meghajtják a Z_7 kereket amelyek összevan fogva a Z_8 koszorú kerékkel, amely fogfelületein gördülnek a Z_9 bolygókerékek. Ezek a bolygókerékek hajtják meg a Z_{10} fogaskereket. Ennek tengelyén fekszik a Z_{11} kerék amely a Z_{12} kerék révén meghajtja a kimenő tengelyt. A fentiek szerint a hajtómű nagyátviteli arányt tud biztosítani (például 50:1-hez).

Kutatásaink keretében az $m = 8...14 \text{ mm}$ -rű bolygókerékek technológiájával foglalkoztunk. A 3. ábrán a kerék konstrukciós rajza látható, valamint az 1 táblázatban a technikai adatai.



3. ábra A gyakorlati kísérletek keretében gyártott bolygókerék rajza

Fogszám	17	Pitch diameter	142.24
Diametral pitch	3.0357	Alapkörátmérő	128.913
Modul	8.367	Fejkörkör átmérője	162.306
Kapcsoló szög	25°	Fogmagasság	10.033

1. táblázat A 3-as ábrán feltüntetett bolygókerék adatai

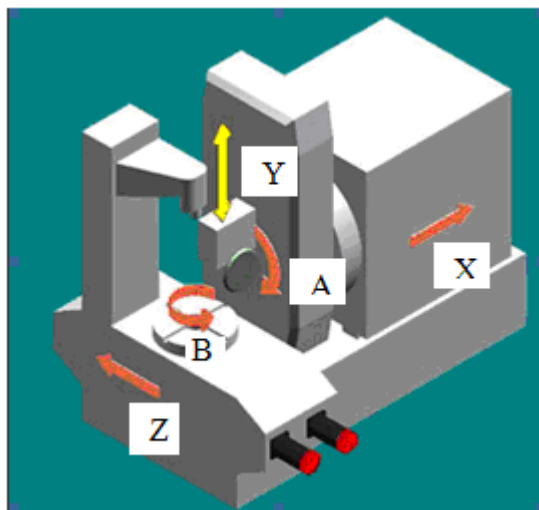
3. A KIFEJLESZTETT SIMITÁSI TECHNOLOGIA

A szélturbinák hajtóműveiben alkalmazott komplex profilkorrekciós fogaskerek simító megmunkálása érdekében a nagyváradai TECHTRANS, valamint a szatmárnémeti UNIO gyárakkal közösen, egy hagyományos NILES típusú fogaskerékköszörűgépet felújítottuk, FANUC vezérléssel (4. ábra).



4. ábra. A FANUC vezérléssel felújított fogköszörűgép munkatere

A köszörülendő fogaskerék legördülési mozgását a köszörűkorong által megvalósított burkoló fogaslécen, a Z tengely irányú elmozdulás, valamint a B tengely körüli forgással valósítottuk meg (5. ábra). Az X tengely irányú mozgás szintén CNC vezérelt és vele biztosítható a szükséges tengelytávolság. Az Y tengelyirányú mozgással a hosszirányú profil módosításokat lehet programozni, míg az X tengely körüli forgással a szerszám dőlési szögét.



5 ábra. A CNC fogköszörűgép felépítése és koordináta rendszere

3.1 A megvalósított gép műszaki adatai

A munkatér adatai:

- A legnagyobb köszörülhető munkadarab átmérője : 800 mm
- Legkisebb köszörülhető munkadarab átmérője: 50 mm
- Modulhatár min/max 2/14 mm
- Fogsám határok min/max 5/400
- Maximális fogferdeségi szög: 45⁰
- A munkadarab maximális szélessége 265 mm
- A munkadarab legnagyobb súlya 1200 kg

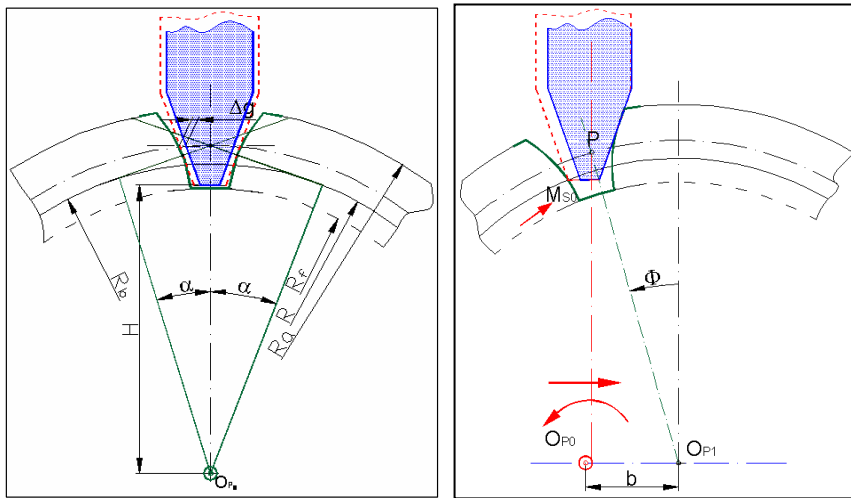
Általában egy fogárok megköszörüléséhez a 3. táblázatban feltüntetett műveletelemek szükségesek.

A műveletlem száma	Műveletlem elnevezése
f0	A szerszám megfelelő beállítása az előmunkált fogárokba
f1	Beforgatás a bal fogoldal kezdőpontjába
f2	A szerszám és az előnagyolt bal fogoldal közötti játék megszüntetése
f3	A bal fogoldal köszörülése
f4	Átgördítés a jobb fogoldalra
f5	A szerszám és az előnagyolt jobb fogoldal közötti játék megszüntetése
f6	A jobb fogoldal köszörülése
f7	Egy foggal való osztás

2. táblázat. Egy fogárok köszörüléséhez szükséges alap műveletelemek

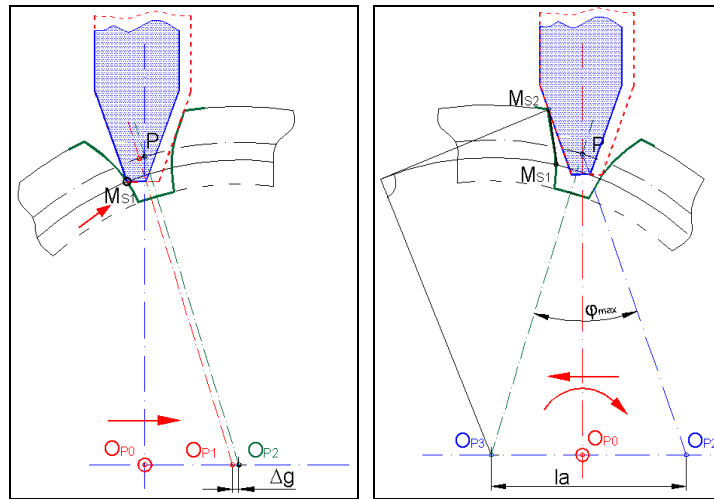
Az egyes műveletelemek kezdetéhez tartozó szerszám és munkadarab helyzetek a 6 ábrán láthatók. Amint a 3 táblázatból látható a 8 műveletelemből csak kettő aktív, de a gyakorlati megvalósítás céljából valamennyi műveletlem legördülési paramétereit meg kell határozni.

Ennek érdekében több algoritmust fejlesztettünk ki úgy, hogy valamennyi gyakorlatilag létező fogazatot megfelelően meg lehessen köszörülni.



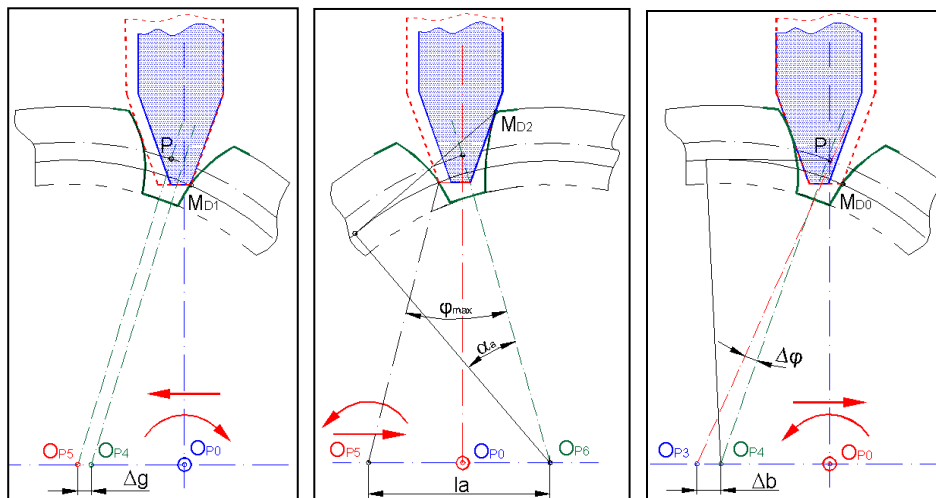
f0

f1



f2

f3



f4

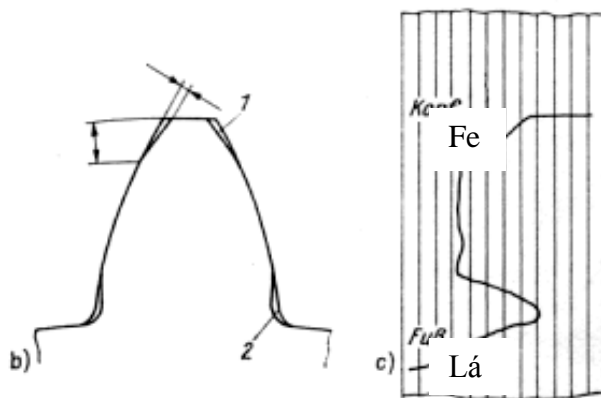
f5

f6

6. ábra. A bal fogprofil köszörülésének jellegzetes helyzetei

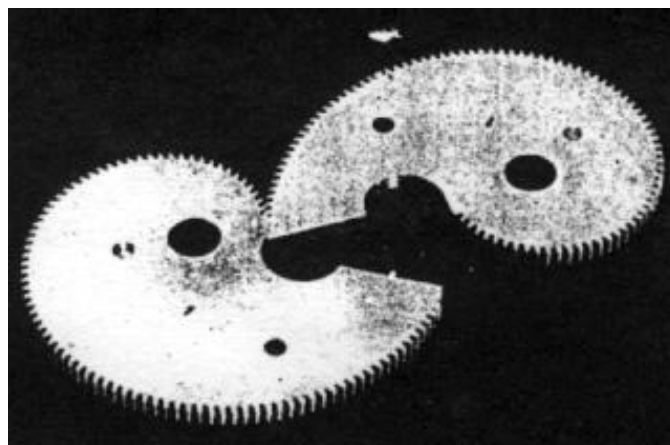
A kettős profilkorrekcióval rendelkező fogazatok esetében (7. ábra) az f3 és f6 műveletelemeket három vagy több rész műveletelemre kellett felbontani, például:

- fogfej korrekciós rész köszörülése;
- középrész köszörülése;
- fogláb korrekciós rész köszörülése.



7. ábra Fogfej és fogláb korrekciók és a fogprofil diagramja

Természetesen a megvalósított CNC géppel bármilyen profileltolásos fogazat is köszörülhető. Ugyanakkor megfelelő programozással körhagyó fogazatok (8. ábra) is köszörülhetők anélkül, hogy bármilyen sablon, vagy más vezérlésre szükség lenne.



8. ábra Körhagyó fogaskerék

A fentiekből megállapíthatók a kifejlesztett fog-köszörűgép és technológia legfontosabb jellemzői:

- nincs szükség a hagyományos beállításhoz szükséges váltókerekre és ezáltal a beállítás nagyon egyszerű;
- a beállítás a géphez csatolt számítógéppel történik ;
- a gép rugalmas, többcélú felhasználást biztosít;
- bármilyen profilkorrekció és profileltolás megvalósítható;
- nem szükséges a szerszám és a megmunkálandó fogazat profilszögeinek egyenlőnek lennie;

- megfelelő továbbfejlesztéssel hordóalakú, valamint hengeres-kúpos (Maag Taschenbuch 1985) fogaskerekek is köszörülhetők.

A további kutatásaink céljai között szerepelnek a következők:

- a minimál hűtés-kenés bevezetése
- nagyteljesítményű gyémánszemcsés korongok alkalmazásával a termelékenység növelése
- megfelelő érzékelő berendezéssel az *OZ* és *B* koordináták közti állandó egyeztetés biztosítása.

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.

5. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **BONORI, G.**, Optimum profile modifications of spur gears by means of genetic algorithms, Journal of Sound and Vibration Volum 313, Issue 3-5, 17 June 2008, Pages 603-616
- [2] **GYENGE, CS., MERA, M., BÂLC, N.**, Research on Calculating the Parameters Value for Modification the Longitudinal Profile of the Cylindrical Gears. In: Proceedings of DAAAM 2001, 24-27 Okt. Jena. ISBN 3-901-19-4, pag.175-176. .
- [3] **GYENGE, CS., BOB, M., BOB, D.**, Measurement of a spur gear on a BROWN&SHARPE GHIBLI TRAX machine using QUINDOS. Anals of DAAAM for 2006 proceedings, Vienna. ISSN 1726-9679 ,pag.151-152.
- [4] **GYENGE CS. BOB, M., ROS, O.**, Some characteristic aspects regarding grinding of spur gears with profil modifications. In: The 20 th DAAAM INTERNATIONAL SYMPOSIUM "Intelligent Manufacturing & Automation: pag.645-646. ISSN 1726-9679.
- [5] **ANNAMARIA RAFA, GYENGE, CS.**, Some specific aspects regarding the manufacturing of renewable energy exploitation equipment. In : In : MicroCAD International Scientific Conference. Miskolc – Hungary 20-21 March 2010 (pag. 191-196) ISBN 978-963-661-4 Ö. ISBN 978-963-661-823-0 (pag. 191-196.
- [6] **RAFA, A., GYENGE, CS., PACURAR, A.**, Applied mathematical algorithm at the manufacturing of gears with profile modifications, Acta Tehnica Napocensis – Applied mathematics and mechanics, Volume 55, Issue 1, p.p.249-252, 2012; ISSN- 1221-5872.
- [7] <http://www.insse.ro>.
- [8] <http://www.ewea.org>.