

# GÉP

A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET MŰSZAKI FOLYÓIRATA



2015/5-6.

**nka**  
Nemzeti Kulturális Alap

80 oldal  
LXVI. évfolyam

# GÉPTERVEZŐK ÉS TERMÉKFEJLESZTŐK XXXI. SZEMINÁRIUMA MISKOLC, 2015. november 5-6.

## TISZTELT GÉPTERVEZŐ ÉS TERMÉKFEJLESZTŐ KOLLÉGA!

Örömmel tudatjuk, hogy a meghívottak és a rendezvényről tudomást szerzők negyvennégy előadással jelentkeztek a Géptervezők és Termékfejlesztők 2015. november 5 – 6-án a MTA Miskolci Bizottságának épületében (Erzsébet tér) megrendezésre kerülő szemináriumára. Az előadások jelentős része nyomtatott formában a GÉP folyóirat soron következő számában is megjelenik. Köszönjük a szerzők és a lektorok munkáját.

A szeminárium szervezői november 5-én 9 órától és 6-án 9 órától várják a résztvevőket. Az előadók előadásait sötétíthető teremben tartják és számítógépes projektor áll rendelkezésükre.

A részvételi díjról és a publikálás költségéről szóló számlákat a Gépipari Tudományos Egyesület elküldte. Tisztelettel kérünk mindenkit, hogy az átutalásáról legyenek szívesek intézkedni és azt leellenőrizni.

Tudjuk, hogy az előadók és a társszerzők elfoglaltak, ennek ellenére kérjük, hogy jelenlétükkel tiszteljék meg a plenáris ülés és a szekciók előadóit.

Levelünkhöz mellékeljük a Szeminárium programját, ami egyben meghívóként is szolgál. Az esetleges észrevételt e-mail címünkön köszönettel fogadjuk.

Miskolc-Egyetemváros, 2015. október 22.

A szeminárium szervezői nevében szeretettel várja

*Dr. Péter József*  
a Szeminárium titkára

### Géptervezők és Termékfejlesztők XXXI. Szeminárium

**Gépipari Tudományos Egyesület**  
Borsod-Abaúj-Zemplén megyei Géptervező  
Szakosztálya

**MTA Miskolci Akadémiai Bizottsága**

**Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet**

**MTA Miskolci Akadémiai Bizottságának Székháza**  
Miskolc, Erzsébet tér 3.

2015. november 5 (csütörtök) - 6 (péntek)

*Címünk:*

*Géptervezők és Termékfejlesztők*  
*XXXI. Szeminárium*

*Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet*  
*H-3515 Miskolc-Egyetemváros*  
*Telefon/Fax: (0036)-46-327-643*  
*E-mail: machpj@uni-miskolc.hu*

**Géptervezők és Termékfejlesztők**  
**XXXI. Szeminárium**  
**Miskolc, 2015. november 5-6.**

**I. emelet, Nagyterem**  
**2015. november 5. (csütörtök),**  
**délután 10.00-tól**

Elnök: Vadászné Dr. Bognár Gabriella az MTA doktora, intézetvezető egyetemi tanár

10.00-10.05 Vadászné Dr. Bognár Gabriella az MTA doktora, intézetvezető egyetemi tanár, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet: Megnyitó

10.05-10.20 Dr. Horák Péter PhD, tanszékvezető egyetemi docens BME Gép- és Terméktervezés Tanszék: Nemzetközi hallgatói projektek eredményei a terméktervező képzésben

10.20-10.35 Vadászné Dr. Bognár Gabriella az MTA doktora, intézetvezető egyetemi tanár, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet: A felületi morfológiák kialakulásának vizsgálata

10.35-10.50 Dr. Lovas László PhD, egyetemi docens, Győri Márk PhD, hallgató, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Járműelemek és Járműszerkezetanalízis Tanszék: A gépészeti ábrázolástechnikára vonatkozó hatályos szabványok vizsgálata

10.50-11.05 Dr. Czifra Árpád egyetemi docens, intézetigazgató Óbudai Egyetem, Gépészeti és Biztonságtudományi Intézet: Műszaki felületek értékelése mikrotopográfiai sajátosságok alapján

11.05-11.20 Zalavári József DLA BME Gép- és Terméktervezés Tanszék: A design játékmélete

11.20-11.35 Dr. Beleznai Róbert vezető kutató, Dobos Gergely fiatal kutató, Dr. Szávai Szabolcs osztályvezető, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Mérnöki Divízió, Szerkezetintegritás és Gyártástechnológia Osztály: Virtuális training platform kifejlesztése erőművi személyzet képzéséhez

11.35-11.50 Dr. Döbröczeni Ádám Professor Emeritus, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet: "Ovezze hála és emlékezet, valamint a jó Isten áldása úgy az élőket, mint az eltávozottakat". Megemlékezés az NME Gépelemek Tanszék professzorairól

11.50-12.00 Dr. Péter József CSc., Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet: Adatok a Géptervezők és Termékfejlesztők XXXI. Szeminárium alkalmából

### **I. szekció, I. emelet, Nagyterem** **2015. november 5. (csütörtök), 14.00-tól**

Szekcióvezető: Dr. Sarka Ferenc egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet, Dr. Lovas László egyetemi docens, BME Járműelemek és Járműszerkezetanalízis Tanszék

14.00-14.15 Dr. Sarka Ferenc egyetemi docens ME Gép- és Terméktervezési Intézet, Dr. Szilágyi Áttila egyetemi docens ME Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet: Fogaskeréktestbe épített fémhab anyagok rezgécscillapító képességének vizsgálata

14.15-14.30 Gróza Márton MSc hallgató BME Gép- és Terméktervezés Tanszék, Kollár György tudományos munkatárs BME Gép- és Terméktervezés Tanszék: Előtervezési módszer nagynyomású gömbcsapokhoz – A házkarima csavarkötés optimális előfeszítése

14.30-14.45 Ficzere Péter egyetemi adjunktus, PhD, Dr. Borbás Lajos c. egyetemi tanár, PhD, Dr. Lovas László egyetemi docens, PhD BME Járműelemek és Járműszerkezetanalízis Tanszék: Feszültségoptikai vizsgálatok fejlesztési lehetőségei 3D nyomtatási technológia segítségével

14.45-15.00 Kardos Szilárd tanszéki mérnök, Dr. Krisch Róbert egyetemi adjunktus BME Gép- és Terméktervezés Tanszék: Síkkerekes hullámhajtómű hullámgenerátorának optimalizálása

15.00-15.15 Szabó György PhD hallgató BME Gép- és Terméktervezés Tanszék, Dr. Váradai Károly egyetemi tanár BME Gép- és Terméktervezés Tanszék: Hiperelasztikus anyagmodellek összehasonlítása

15.15-15.30 Dr. Szabó István intézetigazgató, egyetemi tanár PhD, habil, Dr. Kátai László tanszékvezető, egyetemi docens, PhD, Gárdonyi Péter PhD hallgató: Szíjhajtás kísérleti módszerének fejlesztése az ékszíjhajtás veszteségeinek meghatározására

15.30-15.45 Dr. Oroszváry László címzetes egyetemi docens, Szabó Gyula egyetemi hallgató BME Gép- és Terméktervezés Tanszék: Vasúti mérlegszelap működésének statikus szimulációja

15.45-16.00 Bihari Ádám egyetemi hallgató, Dr. Simonovics János adjunktus BME Gép- és Terméktervezés Tanszék: Szájsebészeten alkalmazott orvosi kép- és modellalkotó eljárás pontosságának vizsgálata

### **II. szekció, I. emelet, Deák terem** **2015. november 5. (csütörtök) 14.00-tól**

Szekcióvezető: Németh Géza adjunktus ME Gép- és Terméktervezési Intézet, Dr. Czifra Árpád egyetemi docens, Óbudai Egyetem, Gépszerkezettani és Biztonságttechnikai Intézet,

14.00-14.15 Dr. Hegedűs József CsC.: A kreativitás fokozása a terméktervezésben

14.15-14.30 Károsi Zoltán DLA egyetemi adjunktus, BME Gép- és Terméktervezés Tanszék: Termékminőség, tervezésfilozófia, Kelet-Európa kontra Nyugat-Európa

# GÉP

## A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

műszaki, vállalkozási, befektetési, értékesítési, kutatás-fejlesztési, piaci információs folyóirata

### SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Dr. Döbröczeni Ádám

**elnök**

Vesza József

**főszerkesztő**

Dr. Jármái Károly

Dr. Péter József

Dr. Szabó Szilárd

**főszerkesztő-helyettesek**

Dr. Barkóczi István

Bányai Zoltán

Dr. Beke János

Dr. Bercsey 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. Pálincás István

Dr. Patkó Gyula

Dr. Péter László

Dr. Penninger Antal

Dr. Rittinger János

Dr. Szabó István

Dr. Szántó Jenő

Dr. Tímár Imre

Dr. Tóth László

Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs Edit

A szerkesztésben közreműködött:

Dr. Péter József

### TISZTELT OLVASÓ!

A napokban szülői hagyatékot nézegetve egy kis fénykép akadt a kezembe. A kép Szilvásváradon a Szakajka-völgyben készült, a képen egy lovas kocsi, a két szürke mögött a bakon Imre bácsi, a lovak hajtója, mellette egy komoly képű kisfiú látható (a bakon komolyan kell viselkedni). A kocsin és körülötte hölgyek és urak ülnek és állnak, összesen húszan. Szíves invitálásra érkeztek, feladataikról beszélgettek, baráti kapcsolatot építettek, az akkori kisfiú okos szavaikra ma is szívesen gondol. A hölgyek és urak a nem éppen biztató körülmények ellenére komolyan vették hivatásukat és hittek feladatukban. Az idő őket igazolta.

A Géptervezők és Termékfejlesztők XXXI. Szemináriumának szervezését időben elkezdjük, a résztvevők számításba vehető körét leveleinkkel megkerestük; a határidőig viszont csak néhányan jelentkeztek. Gondoltuk, hogy az előző évi XXX. Szemináriumot többenkerek záró rendezvénynek vélték, jöhetnek emberi analógiát alapul véve a „harminc” szép kor, van értékelhető múlt, és előtte ott a sok feladat. Gondoltunk egy korábbi, hasonló GTE rendezvényre is, ez iselszívhatta az előadások másik részét, véltük. A szervező írásban és szóban türelmesen újra kezdtük, megkerestük a kollégákat, eredményesen. A Géptervezők és Termékfejlesztők XXXI. Szemináriumára 48 előadással jelentkeztek, 30 szacikk készült; az oldalak összegét tekintve több mint eddig bármikor. Örülünk, géptervezők és termékfejlesztők energiájából két rendezvényre is telt, a jelentkezések késéséért legfeljebb jövő érdekében érdemes gondolni.

Az előadók, a szerzők és a társszerzők nevét vizsgálva a változás feltűnő. Kitűnő, jól ismerturak hiányoznak, új és biztató nevek jelentek meg. Sok a fiatal szerző, a 48 társszerzős előadás 75 szerzője közül 20 doktorandusz vagy MSc. hallgató. A jelenség nem egyedi, a világ más részén, és más tudományterületeken is hasonló a változás. Kedves németországi vendégünk az előző évben hívta fel a figyelmünket arra, hogy náluk is van háború után született népes, szakmai feladatokkal kevésbé terhelt évekre készülő korosztály. Kevés a középkorú szerző, több a fiatal, és a hölgy. Szívesen nézem a NASA űrkutatással foglalkozó lapjait, a tervezők és fejlesztők között ott is sok a fiatal hölgy, akik a férfiakétól eltérő látásmódjukkal eredeti megoldásokat szülnek, - talán nem bántó a megfogalmazás.

A változás az előadások és a szacikk témájában is érzékelhető. Az előadók horizontja, az elérhető ismeretek és megoldható feladatok köre a korábbinál szélesebb, az előadásokban a matematika, a mechanika, az anyagtudomány, a gyártástudomány, a géptervezés, a tervezésemélet eredményei mellett az informatika, az ergonómia, a biológia, az orvostudományok, a pszichológia, az ipari formatervezés, és a természeti analógiák kutatásának eredményei is megjelentek. Némi szomorúsággal írom, hogy ebben az évben technikátörténettel foglalkozó előadó nem jelentkezett, - nem baj, majd jövőre.

Engedje meg a Tisztelt Olvasó, hogy soraimat a tartalmas szacikkok és a korábbiaknál vastagabb kiadvány fölötti öröm kifejezésével, a szervezők munkájának megköszönésével, az érdekes szakmai beszélgetések és a baráti találkozások reményében zárjam.

*Dr. Péter József*  
a Szeminárium szervező titkára

A szerkesztésért felelős: Vesza József. A szerkesztőség címe: 3534 Miskolc, Szervezet utca 67.  
Telefon/fax: 06-46/379-530, 06-30/9-450-270 • e-mail: mail@gepujsag.hu  
Kiadja a Gépipari Tudományos Egyesület, 1027 Budapest, Fő u. 68. Levélcím: 1371 Bp. Pf.: 433.  
Telefon: 06-1/202-0656, fax: 06-1/202-0252, e-mail: a.gaby@gteportal.eu, internet: www.gte.mtesz.hu  
A GÉP folyóirat internetcíme: <http://www.gepujsag.hu>  
Kereskedelmi és Hitelbank: 10200830-32310236-00000000

Felelős kiadó: Dr. Igaz Jenő ügyvezető igazgató.

Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67. Telefon: 06-46/379-530 • e-mail: gazdasz@chello.hu

Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Rt. Hírlap Üzletága 1008 Budapest, Orczy tér 1.

Előfizethető valamennyi postán, kézbesítőknél, e-mailen: [hirlapelofizetes@posta.hu](mailto:hirlapelofizetes@posta.hu), faxon: 06-1/303-3440. További információ: 06-80/444-444

Egy szám ára: 1260 Ft. Dupla szám ára: 2520 Ft.

Külföldön terjeszti a Kultúra Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat,  
H-1389 Budapest, Pf. 149. és a Magyar Média, H-1392 Budapest, Pf. 272.

Előfizethető még közvetlenül a szerkesztőségben is.

INDEX: 25 343 ISSN 0016-8572

**A megjelent cikkek lektoráltak.**

A kiadvány a Nemzeti Kulturális Alap támogatásával jelenik meg.

# TARTALOM

<b>1. DR. TAJNAFŐI JÓZSEF PROFESSOR EMERITUS 85 ÉVES</b> .....	<b>5</b>	<i>10. Dr. Ficzer Péter, Dr. Borbás Lajos, Dr. Lovas László</i> <b>FESZÜLTSGOPTIKAI VIZSGÁLATOK FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEI 3D NYOMTATÁSI TECHNOLÓGIA SEGÍTSÉGÉVEL</b> .....	<b>43</b>
<i>2. Ács Dániel, Czifra Árpád</i> <b>HULLÁMHOSSZ INFORMÁCIÓK VIZSGÁLATA A FELÜLETI TOPOGRÁFIÁKON</b> .....	<b>7</b>	<i>11. Gárdonyi Péter, Dr. Kátai László PhD, Dr. Szabó István PhD</i> <b>SZÍJHAJLÍTATÁS KISÉRLETI MÓDSZERÉNEK FEJLESZTÉSE A HAJTÁS VESZTESÉGEINEK MEGHATÁROZÁSÁRA</b> .....	<b>47</b>
<i>3. Beleznai Róbert PhD, Dobos Gergely, Szávai Szabolcs PhD</i> <b>VIRTUÁLIS TRÉNING PLATFORM KIFEJLESZTÉSE ERŐMŰVI SZEMÉLYZET KÉPZÉSÉHEZ</b> .....	<b>11</b>	<i>12. Gróza M., Kollár Gy.</i> <b>ELŐTERVEZÉSI MÓDSZER NAGYNYOMÁSÚ GÖMBCSAPOKHOZ – A HÁZKARIMA CSAVARKÖTÉS OPTIMÁLIS ELŐFESZÍTÉSE</b> .....	<b>51</b>
<i>4. Bihari Ádám MSC, Dr. Simonovics János, Erdősné Sélley Csilla, Bujtár Péter, Szűcs Attila</i> <b>SZÁJSEBÉSZETBEN ALKALMAZOTT ORVOSI KÉP- ÉS MODELLALKOTÓ ELJÁRÁS PONTOSSÁGÁNAK VIZSGÁLATA</b> .....	<b>17</b>	<i>13. Győri Márk, Dr. Lovas László</i> <b>A GÉPÉSZETI ÁBRÁZOLÁSTECHNIKÁRA VONATKOZÓ HATÁLYOS SZABVÁNYOK VIZSGÁLATA</b> .....	<b>55</b>
<i>5. Bihari János</i> <b>ELEKTROMOS KERÉKPÁROK KÖZÖSSÉGI RENDSZEREKBE</b> .....	<b>21</b>	<i>14. Dr. Hegedűs József</i> <b>A KREATIVITÁS FOKOZÁSA A TERMÉKTERVEZÉSBEN</b> .....	<b>59</b>
<i>6. Dr. Bihari Zoltán PhD, Tóbis Zsolt</i> <b>FOGASKERES HAJTÓMŰ AKUSZTIKAI VIZSGÁLATA</b> .....	<b>25</b>	<i>15. Horváth Ádám, Dr. Oldal István, Dr. Kalácska Gábor, Dr. Andó Mátyás</i> <b>CSAVAROK ELŐFESZÍTÉSÉNEK HATÁSA A FÉKNYEREG DEFORMÁCIÓJÁRA ÉS TERHELHETŐSÉGÉRE</b> .....	<b>61</b>
<i>7. Darabos Anita, Dr. P. Szűcs Julianna Csc habil, Dr. Szabó Krisztina PhD</i> <b>BIONIKA A TERMÉKTERVEZÉSBEN ÉS AZ OKTATÁSBAN NÖVÉNYI ÉPÍTÉSZET, ÁLLATI ÉPÍTÉSZET, TERMÉSZETI ÉPÍTMÉNYEK</b> .....	<b>29</b>	<i>16. Kardos Szilárd, Dr. Krisch Róbert</i> <b>SÍKKERES HULLÁMHAJTÓMŰ ALAPELEMINEK OPTIMÁLÁSA</b> .....	<b>65</b>
<i>8. Dr. Dömötör Csaba</i> <b>TERMÉSZETES KÖRNYEZETTUDATOSSÁG</b> .....	<b>35</b>	<i>17. Károsi Zoltán DLA</i> <b>TERMÉKMINŐSÉG, TERVEZÉSFILOZÓFIA, KELET-EURÓPA KONTRA NYUGAT-EURÓPA</b> .....	<b>69</b>
<i>9. Dr. Kamondi László PhD, Drágár Zsuzsa</i> <b>FUNKCIÓSTRUKTÚRA VARIÁCIÓJÁNAK HATÁSA A HAJTÁSLÁNC VISELKEDÉSÉRE</b> .....	<b>39</b>		

# DR. TAJNAFŐI JÓZSEF PROFESSOR EMERITUS 85 ÉVES



Tajnafoi József 1930. február 17-én született Lentiben. Az általános iskolát Zalaegerszegen és Kaposvárott, a középiskolát 1941-48 között a kaposvári Somssich Pál állami gimnáziumban végezte, itt is érettségizett 1948-ban. Tanulmányait a Budapesti Műszaki Egyetem Gépezsmérnöki Karán folytatta, ahol 1952-ben jeles diplomát szerzett a Gépgyártástechnológus-Szerszámgépész szakon. 1952-től a Nehézipari Műszaki Egyetemen (NME) - mai nevén, a Miskolci Egyetemen - dolgozott. Egyik alapító tagja volt tanársegédként a Mechanikai Technológiai II, - későbbi nevén Gépgyártástechnológia - Tanszéknek, majd a Tanszék kettéválása után 1963-tól a Kordos József vezette Szerszámgépek Tanszéken folytatta munkáját.

1958-ban adjunktusi, 1966-ban docensi, 1972-ben egyetemi tanári kinevezést kapott. 1976. július 1-től 1995. július 1-ig a Szerszámgépek Tanszéke vezetője, 1974 és 1980 között az NME tudományos rektorhelyettese volt. 2000. július 1-től „Professor emeritus” címet kapott.

1966-ban megvédett értekezése „*Szerszámgépek mozgásleképező tulajdonságainak elvei és néhány alkalmazása*” alapján elnyerte a műszaki tudomány kandidátusa fokozatot. 1992-ben a műszaki tudomány doktora címet szerzett a „*Mechanizmusok származtatáselméletének alapjai és hatása a kreatív gondolkodásra*” c. munkájával.

1966-tól megbízást kapott az egyetem első géptervezői szakán – a Szerszámgéptervezői szak Szerszámgépészeti ágazatán – az oktatási feladatok irányítására. Számos oktatási segédletet és egyetemi jegyzetet készített, gépészmérnökök ezreit tanította a szerszámgépek és a géptervezés tudományára.

1966-69 években a Gépipari Tudományos Egyesület miskolci Szervezetének titkára volt. 1976-85 között az egyetem GTE szervezetének elnöke, 1985-90-ig a GTE Központi Szerszámgép Szakosztályának elnöke, 1990-től a GTE Gyártási Rendszerek Központi Szakosztály

vezetőségi tagja, e szakosztály Tanácsadó Testületének elnöke, továbbá a GTE Központi Tudományos Bizottság tagja tisztségeket töltötte be.

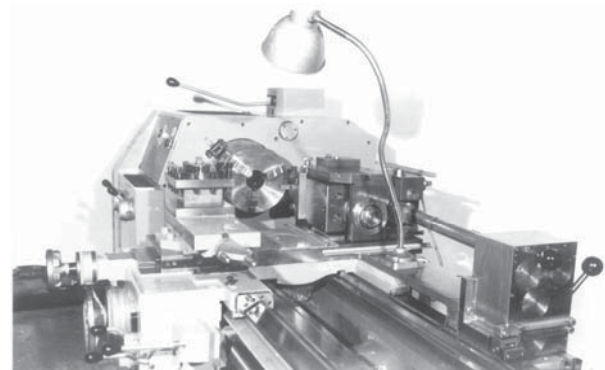
Az MTA Kinematikai és Kinetikai Bizottságának 1967 és 1970 között, az MTA Gépszerkezettani Akadémiai Bizottságának 1970-től tagja, a GAB Gépek Automatikus Berendezései Albizottság elnöke 1970-től 1990-ig, az IFTOMM Magyar Nemzeti Bizottságának 1971-től tagja.

Több aspiránsnak volt tudományos vezetője, közülük négy külföldi (*egyiptomi, vietnami, szudáni, romániai*), továbbá több hazai kandidátus és doktorandusz munkáját segítette, irányította.

Szakmai munkássága két fő terület köré csoportosítható: egyik a bonyolult felületek gyártásának új szemléletű összefoglalása a „*Mozgásinformációk leképezési elvei*”-ben melyet kandidátusi értekezésében alapozott meg, s akadémiai doktori munkájában tette teljesebbé. Másik területe a „*Szerszámgéptervezés*”, melyhez oktatómunkáján és számos ipari munkán keresztül kötődik. E munkák gyakorlati konstrukciók irányába is átvezettek, melyet jelentősen elősegített az OMFB, G/6, Copernicus, OTKA, EU6, stb. programokban való részvétel. Jó együttműködés alakult ki a szerszámgépgyárakkal, s más kutató és fejlesztő helyekkel (*SZIMFI, SZIM gyárak, CSMSZG, BME GT, SZTAKI, VILATI, GTI, MGM, stb.*).

Munkái során több mint húsz találmányi bejelentés született. A vezetésével készített tervek alapján több megvalósított berendezés Európa nagy nemzetközi kiállításain is sikereket értek el.

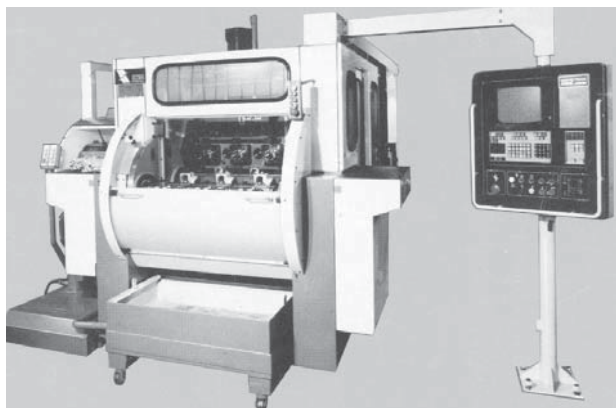
Tajnafoi professzor úr első fontos szakmai sikerét az 1970-es évek közepén érte el egy kiegyensúlyozott lengőkéses szögcseszterga elméleti alapjainak kidolgozásával és az elveket gyakorlatban is bizonyító berendezés megtervezésével és gyártásával.



*Kiegyensúlyozott késmozgatású szögcseszterga*

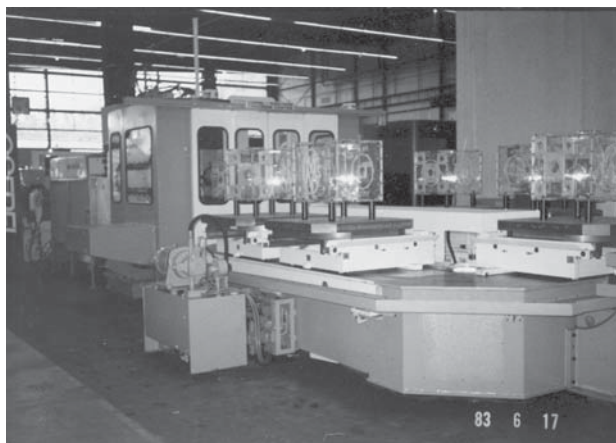
Professzor úr legtöbb kiemelkedő műszaki alkotása az 1980-as években a magyar szerszámgépgyártás csúcspontján született. Munkáiból is kiemelkedő a *Szerszámgépipari Művek Fejlesztő Intézetével* (SZIMFI) közösen fejlesztés-

tett MC 403 háromsörös megmunkáló központ, amely Magyarországon az első nagysorozat-gyártó NC gép volt.



*MC-403 többsörös megmunkáló központ (SZIMFI)*

Abban az időszakban amikor a gyártásautomatizálás a legdinamikusabban fejlődött, irányítása alatt valósultak meg palettatároló és manipuláló egységek pl. a Csepeli Szerszámgépgyár YASDA 1000 és az MK 500 megmunkáló központjaihoz.



*Hatpalettás munkadarabellátó rendszer a CSEPEL-YASDA- megmunkáló központhoz. Kiállítva Párizsban az EMO-n 1983-ban*

Az általa kidolgozott mozgásinformációk leképzési elvei alapján indult el a hazai ciklois hajtómű gyártása az egykori *Magyar Gördülőcsapágy Művekben* (MGM).

Kidolgozta a kedvező gyorsulású gyorsváltó-osztó mechanizmusok, egyes különleges csigahajtások, és a sokfokozatú hajtóművek elméletét.

Tajnafoi professzor úr több jelentős találmányi bejelentést nyújtott be az automatikus pofaléptetésű és centrifugális erőre kiegyensúlyozott tokmányok témakörében, amelyekre itthon és az Amerikai Egyesült Államokban is szabadalmi oltalmat kapott.



*Automatikus pofaléptetésű tokmány (SZIMIKRON Kft.) Vásári Nagydíjat nyert Budapesten a MACH-TECH-en 2003-ban*

Munkáját számos kitüntetéssel ismerték el, melyek közül az alábbiakat emeljük ki: megosztott Állami Díj 1985, Pattantyús Á. G. díj 1989, Szentgyörgyi Albert díj 1992, Jedlik Ányos feltalálói díj 1997, Eötvös József koszorú 2001, a Munka Érdemrend ezüst fokozata 1980. Jelenleg korábbi tokmány-szabadalmainak továbbfejlesztésével és új tokmányok kifejlesztésén dolgozik és fiatal doktorjelöltek tudományos munkáját támogatja.

A tanítványok, a munkatársak és a szerszámgépezés társadalom nevében kívánunk boldog születésnapot! Isten éltesse sokáig!

# HULLÁMHOSSZ INFORMÁCIÓK VIZSGÁLATA A FELÜLETI TOPOGRÁFIÁKON

## ANALYZING OF THE WAVE LENGTH ON THE SURFACE TOPOGRAPHYS

*Ács Dániel, Czifra Árpád*

*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar*

### ABSTRACT

The tool vibration is very important in the machining. Main goal of present work was to find a new analyzing method to analyse, what vibration of the machining causes on surface. We made an algorithm, which can find the roughness peaks and these points would be recorded in a matrix. In this publication we will show, how this algorithm works. The results are the basis of further researches, that are focusing on wavelength information of surface peaks

### 1. BEVEZETÉS

Napjaink korszerű elvárásai egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a pontosabb, előre jól tervezhető gyártásra. A gyártási pontosság egyik fő komponense a megmunkálás okozta rezgés. A megmunkálás során fellépő rezgések vizsgálatát két oldalról közelíthetjük meg. Egyrészt a szerszám stabilitása, másrészt a felületen megjelenő rezgési nyomok mértéke a fontos. Kutatásaink a megmunkálás okozta rezgések felületi érdességre gyakorolt hatására fókuszálnak. Azt vizsgáljuk, miként jelenik meg a felületen a rezgés és ez párhuzamba állítható-e a szerszám rezgésével.

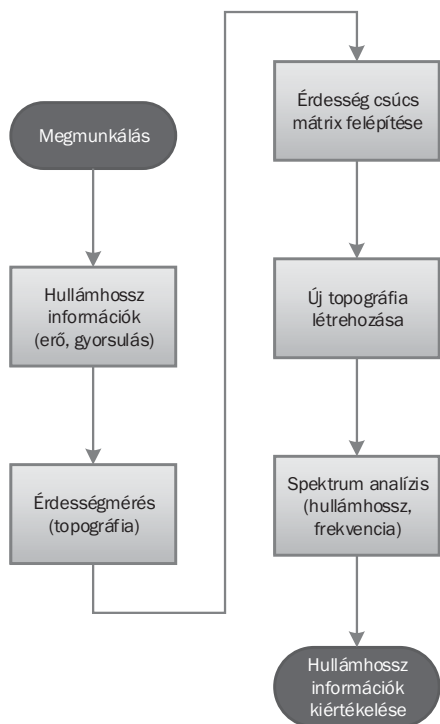
Ahhoz, hogy a rezgések hatását vizsgálni tudjunk, egy algoritmust kellett készítenünk, majd MATLAB környezetben realizálni, annak érdekében, hogy elkülöníthetővé váljanak a megmunkálásból származó rezgési nyomok a felületi érdességtől. Az általunk készített programot nagyoló esztergáló eljárásra optimalizáltuk, később némi változtatást beiktatva az algoritmus akár palástmárt felületek elemzésére is alkalmas lehet.

### 2. ALGORITMUS MŰKÖDÉSE

Kutatásunk során fő célt képezi a felületből nyert hullámhossz információknak a kinyerése. Ehhez több lépést el kell végeznünk, amiben az

általunk fejlesztett algoritmus segít. A lépések könnyebb áttekinthetőségét és megértését segíti az 1. ábrán látható folyamatára.

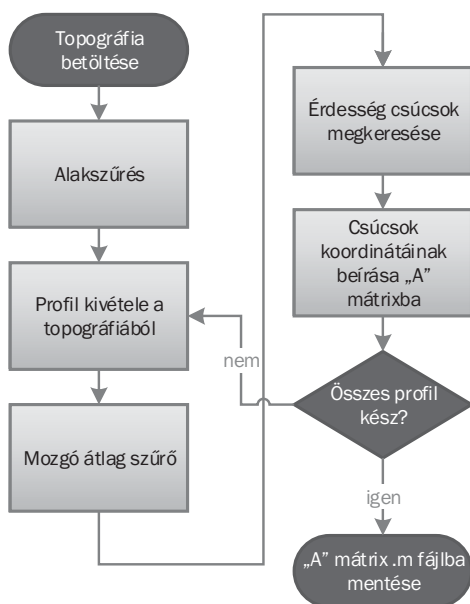
A folyamat a megmunkálással kezdődik, ami a mi esetünkben hosszesztergálást jelent. A megmunkálás közben erő és gyorsulás méréseket végeztünk, amik a segítségünkre voltak abban, hogy meg tudjuk határozni a felvenni kívánt topográfia méreteit. A felületről nyert topográfiát ezt követően MATLAB környezetben szűrtük tovább. A szűrés eredménye során kapunk egy új topográfiát, amin az esztergált felület érdesség csúcsai és azok ingadozásai látszódnak, mert a szerszám rezgései ebben a formában jelennek meg a felületen. Ez a folyamat egy fontos részét képezi az általunk készített algoritmusnak, ezért erről bővebben a 3. fejezetben foglalkozunk. Ezt követően az egyes érdesség csúcsokkal, mint jelekkel foglalkozunk tovább és a további kiértékelés során kereshetjük meg a domináns hullámhosszakot, illetve frekvenciákat, melyek már nem a felületi érdesség domináns hullámhosszai, hanem a felületi érdesség szerszámrezgések okozta nyomaival vannak összefüggésben.



1. ábra Szerszám és géprezgés okozta mikrotopográfiai nyomok vizsgálatának folyamatábrája

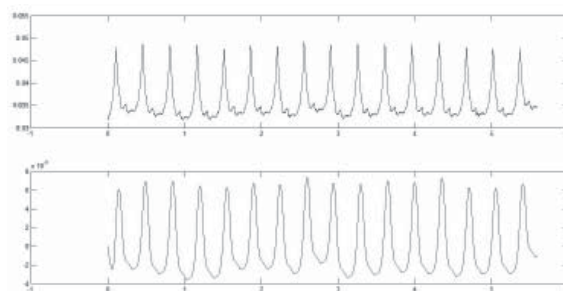
### 3.ÉRDESSÉGCSÚCS MÁTRIX FELÉPÍTÉSE

Az algoritmus alapját „lelkét” az érdesség csúcs azonos koordinátában történő regisztrálása jelenti. E mátrix működésének és felépítésének megértését a 2. ábrán látható folyamatábra segíti.



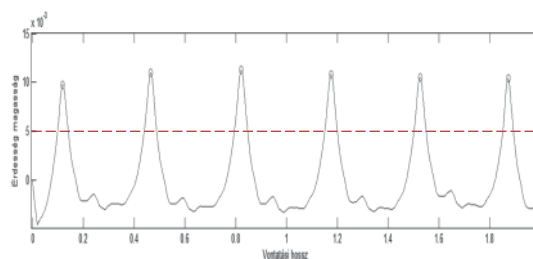
2. ábra Érdesség csúcs mátrix felépítésének menete

A folyamat a felületről mért mikrotopográfia betöltésével kezdődik. Miután megtörtént a felület beolvasása, ezt követően az algoritmus alakszűrést hoz létre, aminek köszönhetően a hengeres felületet középsíkra hozzuk és így síkra képezzük le. Ezt követően a felületből kivessz egy profilt, majd mozgó átlag szűrést hajt végre a vizsgált elemeken (profilokon). A mozgó átlag szűrőre azért van szükség, hogy a megmunkálás okozta egyedi hibákat, a profilon el tudjuk simítani. Ennek megértésére szolgál a 3.ábra.



3. ábra Mozgó átlag szűrő hatása a mért profilra

A szűrést követően meghatároztunk egy magassági szintet, amely felett a profil (függvény) csúcspontjait megkeresi az algoritmus. Jelen esetben ez a 0.005 mm-et jelenti. Ennek a folyamatnak a megjelenítését mutatja a 4.ábra.



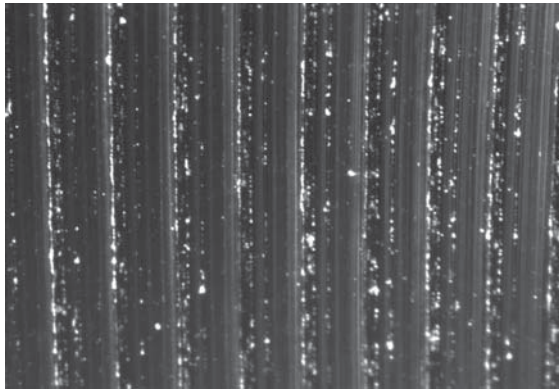
4. ábra Csúcsok megkeresése

Miután beazonosítottuk a csúcsokat, ezt követően rögzítjük egy „A” mátrixban a csúcsok koordinátáit. Ezt követően annyiszor fut le ciklikusan a profil vizsgálat, amíg a program a topográfia végére nem ér. A periódus lefutása során az egyes profilok csúcsainak koordinátaival folyamatosan bővítjük az „A” mátrixot.



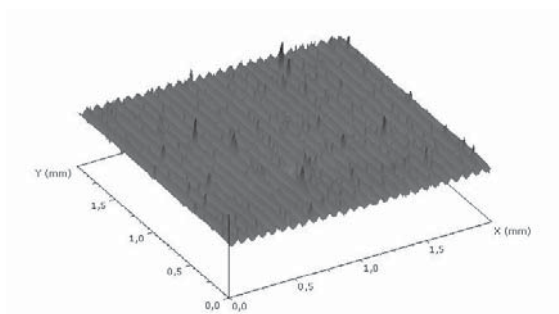
#### 4. AZ ALGORITMUS MŰKÖDÉSÉNEK BEMUTATÁSA EGY TOPOGRÁFIÁN

Egy korábbi mérésünk példáján mutatjuk be a program működését. Elsőként a jobb szemléltetés érdekében sztereomikroszkópos képet készítettünk a felületről, ezzel vizsgálva meg elsőként a felületet. A mikroszkóppal készített kép látható az 5. ábrán.



5. ábra Esztergált felület sztereomikroszkópos képe

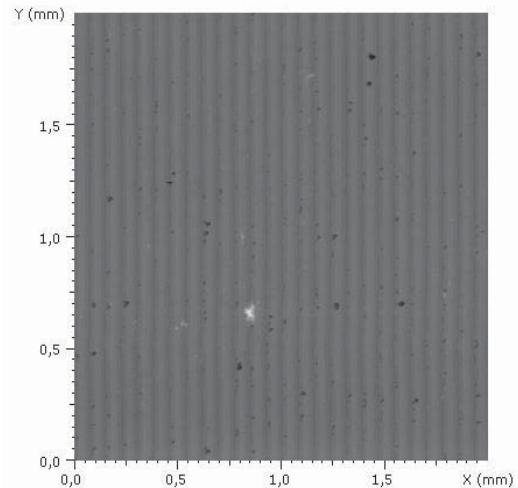
A mikroszkópos vizsgálatot a mikrotopográfiai mérés követte. A mérést a Mahr cég által forgalmazott MahrSurf GD120 típusú metszettepintős érdességmérővel végeztük. A kész, digitalizált felület látható a 6. ábrán. A vizsgált felület 2x2 mm-es, vontatás irányában 0,5  $\mu\text{m}$ , míg kereszt irányban 2  $\mu\text{m}$  felbontóképességgel készítettük. A kellően finomra megválasztott felbontás rendkívül fontos a vizsgálat során, hisz minél kisebb felbontással dolgozunk, annál részletesebb képet kaphatunk a felületről, vagyis a rezgéseképek pontosabb vizsgálatát eredményezik.



6/a. ábra Vizsgált felületen mért topográfia

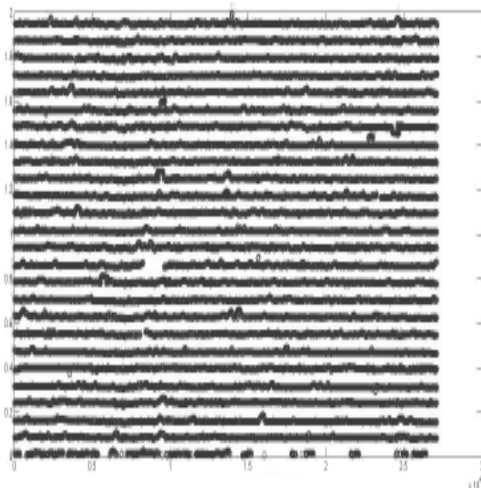
A 6/a és a 6/b ábrák egyaránt megmutatják a felület sajátosságait, de a mi kutatásaink szempontjából a felülnézeti kép (6/b ábra) szolgáltatja a szükséges információ tartalmát.

A felületet jobban szemügyre véve észrevehetőek az érdességcsúcsok egymáshoz viszonyított relatív eltérései, melyek adódhatnak abból, hogy a szerszám az előtolás irányában rezeg.



6/b. ábra Vizsgált felületen mért topográfia felülnézete

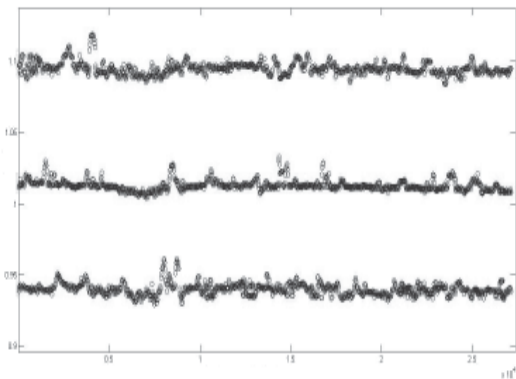
A 2. ábrán vázolt módon az algoritmus megkeresi profilonként az érdesség csúcsokat és azokat rögzíti egy mátrixban. Miután a mátrix elkészült elérhetővé válik egy „új” topográfia, amin már csak az érdesség csúcsok láthatóak. Ez a „szűrt” topográfia hordozza az eredeti mikrotopográfia gép és szerszámrezgésekkel összefüggésbe hozható nyomait. Ez látható a 7/a illetve a 7/b ábrákon.



7/a. ábra Érdességcsúcs mátrix

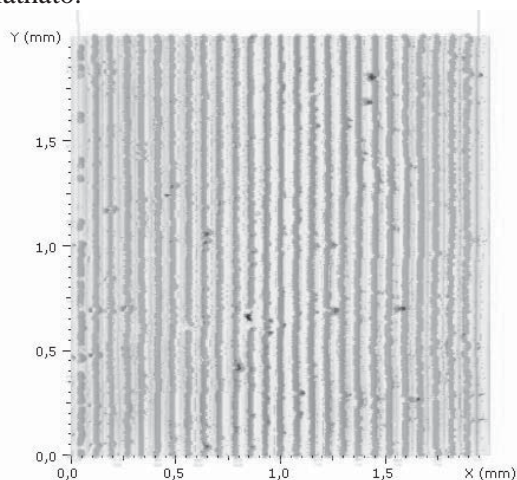
A 7/b ábrán felnagyítva láthatunk három profilt. Az ábrán jól láthatóak a csúcsok ingadozásai kereszt irányban, ami feltehetőleg a megmunkálás okozta rezgéseknek köszönhető.

Ahhoz, hogy pontosabb leírást adhassunk a rezgések jellemzőiről, az egyes profilokat jeleként kezeljük és a PSD (Power Spectrum Density – Amplitúdó Sűrűség Spektrum)[11] technika segítségével meghatározhatóvá válnak mind a domináns hullámhosszak, mind a domináns frekvenciák. Fontos, hogy a várható hullámhossznak megfelelő felületet mérjünk le, Shannon törvényének[6] megfelelően legalább akkora felületre van szükségünk, hogy a megmunkálás okozta rezgések hullámhosszának a kétszerese rámásolódjon a felületre. Ennek meghatározására a megmunkálások során rezgésméréseket végeztünk, hogy megkapjuk a rezgések frekvenciáit, melyekből a forgácsoló és előtoló sebesség ismeretében meghatározhatóak azok a hullámhosszak, amiknek a felületen meg kell jelenniük.



7/b. ábra Három profil kiemelve

A 8. ábrán a mikrotopográfia és az algoritmus által generált érdességszcúcsok összefésült képe látható.



8. ábra Topográfia és a MATLAB által vizsgált csúcsok összefésült képe

## 5.KÖVETKEZTETÉSEK

Eddigi méréseink illetve tesztlejtek során az alábbi eredményeket tapasztaltuk:

- Az algoritmus segítségével külön elemezhetővé válnak az érdesség csúcsok, ezáltal a szerszámrezgés felületre gyakorolt hatása láthatóvá válik
- Az egyes profilokat jeleként felhasználva alkalmazható válik a PSD technika
- Részletesebb topográfiák esetén különösen nagy a számítási igény
- Továbbfejlesztéssel marási eljárásokra is alkalmas lehet a módszer

Az új kiértékelési módszer a rezgések felületre gyakorolt hatását új szempöngből mutatja be.

## 6.SZAKIRODALOM

- [1] Ludvig Gyözö: Gépek Dinamikája, második kiadás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983
- [2] Vibrations in Meral Cutting, Measurement, Analysis and Reduction, Linus Pettersson, Ronneby, March 2002
- [3] Manufacturing Automation, Yusuf Altintas, Second edition Cambridge university press, 2012, pp. 125-186
- [4] Stoyan Gisbert: Matlab frissített kiadás, Typotex, 2005
- [5] Mathworks.com
- [6] Kennington, Peter B.. *RF and Baseband Techniques for Software Defined Radio*. Artech House (2005). ISBN 1-58053-793-6
- [7] Horváth Richárd, Pálinkás Tibor, Mátyási Gyula Erömérő rendszer tervezése, kivitelezése és adaptációja finom esztergáláskor fellépő kis erők méréséhez GÉP 2013:(6) pp. 48-53. (2013)
- [8] Horváth Richárd: A new model for fine turning forces, Acta Polytechnica Hungarica (2015) (in print)
- [9] DRÉGELYI-KISS Á., CZIFRA Á.: Measurement uncertainty and gauge capability of surface roughness measurements in the automotive industry: a case study. Surface Topography: Metrology and Properties, Vol. 2, No.3, (2014), pp. 1-7,
- [10] ISO/DIS 25178: Geometrical product specification (GPS) – Surface texture
- [11] Czifra Árpád: Sensitivity of power spectral density (PSD) analysis for measuring conditions, STUDIES IN COMPUTATIONAL INTELLIGENCE 43: pp. 505-517.

# VIRTUÁLIS TRÉNING PLATFORM KIFEJLESZTÉSE ERŐMŰVI SZEMÉLYZET KÉPZÉSÉHEZ

## DEVELOPMENT OF VIRTUAL TRAINING PLATFORM FOR EDUCATION OF STAFF OF POWER PLANT

*Beleznai Róbert PhD, Dobos Gergely, Szávai Szabolcs PhD*

*Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Mérnöki Divízió, Szerkezetintegritás és Gyártástechnológia Osztály, Miskolc*

### ABSTRACT

Development of a training platform for power plant application using virtual reality (VR) tools supports the safety operation. The VR platform is a computer-based artificial environment where the user can do activities and interact with different objects, and he/she senses the environment realistic. Such immersive, realistic VR world can be applied in the energy sector of the industry, especially in the field of maintenance, operation in normal and emergency conditions to train the staff for the adequate actions. For this, usability test of the recently available devices are performed, followed by the development of an industrial application. Using this power plant application the maintenance training can be performed in such a way that it does not disturb the operation schedule of the plant and the user is not exposed unnecessarily at danger (high temperature, radiation, etc.).

### 1. BEVEZETÉS

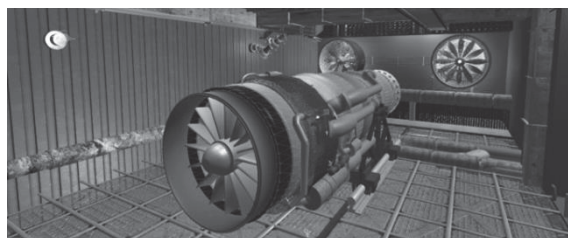
A virtuális valóság nem más, mint egy számítógépes rendszerek és technológiák segítségével előállított mesterséges környezet, amellyel a felhasználó virtuális identitása révén lép interakcióba. A virtuális térben emberek különböző feladatokra való felkészítése is elvégezhető, melynek előnye, hogy időben és térben elválasztható a valós helyszínektől, így ott nem akadályozza a munkavégzést. További előnye, hogy egy virtualizációs eszközparkon számtalan helyszín megjeleníthető, nincs szükség költséges gyakorló terek fizikai felépítésére. Célunk egy virtuális érzékelésen alapuló esemény-szimulációs tréning platform létrehozása erőművi berendezések karbantartásának betanításához. Az energetikai szektorban az új létesítmények tervezése, ellenőrzése, tesztelése során a virtuális tér alkalmazása az üzemeltet-

hetőség, karbantarthatóság és kritikus helyzetekben való beavatkozás szempontjából növeli a biztonságot, korai hibafelderítést és valóságghű oktatást tesz lehetővé.

A kifejlesztendő virtuális valóság (Virtual Reality – VR) platform egy olyan számítógépes környezet, ahol a mesterséges világot a felhasználó élethű, valós világban létező környezetnek éli meg. E környezet interaktív, tehát a felhasználó cselekvése hatással van a VR környezetre, adott esetben még a valós világgal is kapcsolatban lehet. Fontos, hogy így nincs veszélyhelyzet (a felhasználó nincs kitéve hőhatásnak, sugárzásnak, magasfeszültségnek, oxigénhiánynak és egyéb veszélynek), valamint a rendszer nem helyhez kötött.

### 2. KÖRNYEZET ÉS ESZKÖZÖK

Virtuális erőművi tréning platform létrehozásához szükséges egy virtuális erőművi környezet kialakítása, mely az erőművi épület és berendezések digitális modellezését foglalja magába, 3 dimenziós szkennelési, vagy CAD tervezőprogramok által konstruálva. A még poligonok alkotta tér a Unity3D [1] játékmotor segítségével életre, az elemek fizikai tulajdonságaival gazdagodva megszületik az interaktív szimulációs környezet (1. ábra).

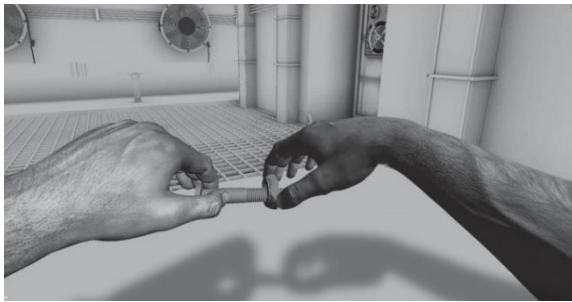


*1. ábra*

*Rugalmasan alakítható interakciós tér*

A fiktív tér rugalmas alakíthatósága révén lehetőség van a szimuláció egyes elemeinek kipróbálására, fejleszthető benne a finommotoros és

térbeli mozgás (2-3. ábra), valamint a realisztika mértéke.



2. ábra  
*Csavarkötéssel gyakorolható a finommotoros mozgás*



3. ábra  
*A térben való mozgás*

Kezdetben egyes alapvető interakciók, mint az ajtó kinyitása, lámpa felkapcsolása, vagy a falra felszerelt ipari ventilátor proporcionális fordulatszám vezérlésén teszteltük a virtuális világban rejlő ipari alkalmazási lehetőségeket, majd a hangár közepén elhelyezett turbináé (1. ábra) lett a főszerep: a záró fedelet leemelve a reduktor karbantartása megfelel a legtöbb ipari környezetben végzett manuális készséget igénylő szervizfeladatnak, ezzel igazolva a technológia alkalmazásának létjogosultságát az erőművi tréningben.

Egy karbantartási protokoll során hangsúlyosan manuális munkára gondolunk, ám ez magyarázza, hogy a térben való mozgást természetesnek vesszünk a feladatmegoldásban. Pedig ennek szerepe a helyismeret szempontjából sem elhanyagolható, munkában lekötött kezünk mellett technikailag is kénytelen vagyunk a valóságból merítve lábunkat használni, ha sétálni akarunk, amire az immerzív tér oldaláról lehetőséget nyújt a tágas szerelőcsarnok, fizikai síkon pedig a Virtualizer mozgás detektor (3. ábra).

A kész virtuális környezetben belül szükséges egy olyan karakter definiálása, amely képes a környezetével interakcióba lépni. Ez a karakter a felhasználó virtuális énképe, melynek irányítása a felhasználó valós világban végzett mozgásának virtuális térben történő leképezésével jön létre [1]. Az immerzív élmény eléréséhez alapvető, hogy a felhasználó olyan mozgásokkal tudja irányítani virtuális énjét, melynek természetessége a valóságot idézi. Egy fogaskereket csak 2-3 ujjal összecsiszítva tud kiemelni, de ha annak súlya meghaladja az egykezes munka korlátait, két kézzel kell beavatkozni a szerelőnek, aminek a virtuális világban is ennek megfelelően kell történnie. A feladat megoldása megköveteli több, a jelenleg elérhető VR technológiában használt eszköz összekapcsolását és együttes alkalmazását a legjobb, legélethűbb eredmény eléréséhez:

- Oculus Rift head-mounted-display a valóság-hű, sztereoszkopikus 3D-s környezet megjelenítésére. Beépített giroszkópja és gyorsulásérzékelői (IMU) segítségével követi a felhasználó fejmozgását, ennek adatait a helymeghatározásban is alkalmazzuk.
- Cyberith Virtualizer mozgásérzékelő eszköz a felhasználó testének térben való mozgásának leképezésére. Segítségével a felhasználó sétálhat, futhat, guggolhat vagy térdelhet tetszőleges irányban és sebességgel.
- Leap Motion non-kontakt optikai mozgásérzékelő szenzor a finommotoros mozgások érzékelésére. Segítségével a kéz és az ujjak mozgása képezhető le, nélkülözhetetlen eszköz az interakcióhoz, például berendezések szerelése esetén.

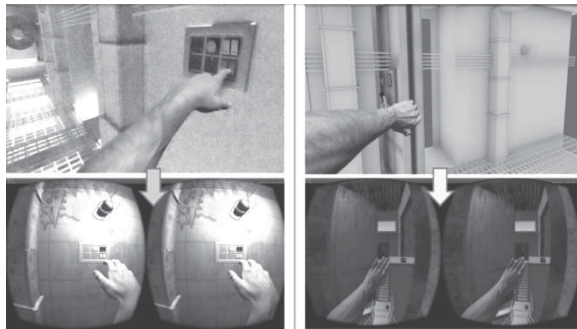
Három eszköz alkot képet a valóságról a maga területén, digitális kivonatuk egy karakterben egyesülve hozza létre a felhasználó virtuális énképének komplex mozgását.

### 3. INTERAKCIÓS KÉPESSÉG KIDOLGOZÁSA

Ahhoz, hogy a szimuláció gyakorlati hasznát jelentve segítse a karbantartók felkészítését, az immerzív élményhez nem csak a realisztikusan felépített kéz, talán sokkal fontosabb a valóság-hű fizikai mozgás. A cél, hogy egy adott mozgássor ugyanazon térbeli feladat elvégzésénél megegyezzen a virtuális és valóságos térben is. Ezáltal nem épülnek be olyan feltételes reflexek, amelyek a feladat valós végrehajtása során

hátrányt jelenthetnek a személyzet munkájában. Az összekapcsolt eszközök rendszert képezve ültetik át a valóságos mozgást, egy teljes értékű, komplex karakter virtuális térrel való interakciójává. Lehetőség van a terem bejárására, világításának fel/lekapcsolására, kinyithatjuk az ajtót, proporcionális állíthatjuk az ipari ventilátor fordulatszámát, és egy turbina karbantartásán gyakorolhatjuk a szerelési munkát [2].

Kezdjük az elején, hogy az alapvető interakcióktól felépítve érthessük meg, hogyan talál magára az agy a virtuális környezetben. Kapcsoljunk fel egy lámpát (4-5. ábra).



4. ábra

*Interakciók a virtuális térben Oculus Rift és LEAP Motion használatával*



5. ábra

*Lámpa felkapcsolása*

Ennek során egy animált kapcsolóra *mesh kollider* segítségével *trigger boxot* hoztunk létre, így nem feltétel a két objektum fizikai interakciója, ezzel csökkenthető a hibalehetőségek száma, és növelhető a felhasználói élmény. Mikor a virtuális kéz átnyúl a *trigger box* síkján és érintkezésbe lép a kolliderrel, egy script aktiválja a meghívott függvényt, és a lámpa felkapcsol. A bekövetkezett interakció (felkapcsolódó lámpa), a mechanika kattánós hangja és az átbillenő villanykapcsoló olyan audiovizuális visszajelzést adnak mely alapján az emberi agy képes összekapcsolni a cselekménysort, természetesként megélve az élményt anélkül, hogy valóban fizikai interakcióba ke-

rülne, ujjával érne a villanykapcsoló felületéhez.

Ez az egyszerű interakció kiváló példa a virtuális valóság legnagyobb aktuális problémájára adott válaszunknak: a legtöbb piacon elérhető VR hardver fejlesztése gyerekcipőben jár, így sok esetben megoldás születik pontatlan szenzorokból, hibásan leképzett mozgásokból, ami óhatatlanul csorbítja a felhasználói élményt. Ezzel a felhasználó számára megkérdőjelezve a szimuláció valóságosságát, holott az immerzió a virtuális valóság létjogosultságának alapja. A piac által determinált hardveres hiányosságok megkerülésére született szoftveres válasz jelentheti a megoldást, egy egyszerű alaptézisre építve: az az igaz, amit az agyunk annak hisz.

Az emberi agy adaptálódási képességét vizsgáló kísérletben [3] a számítógép képernyőjén megjelenő villanást kellett az alanyoknak egy hangjelzéshez kötnie. Először egy időben történt a villanás és a hangjelzés, majd, mikor a vizsgált személy ezt körülbelül húsz jel után megszokta, a hangot a vizuális jelhez képest 15ms-dal eltolták. Mikor az alany ehhez is hozzászokott, újra visszatértek az egy időben felvillanó fény és hangjelekhez. Ekkor a páciens előbb látta felvillanni a fényt, mint ahogy a hangot meghallotta volna, pedig pontosan egyszerre történtek.

Mivel a hardver eszközökön nem javíthatunk, az előbb vázolt gondolatmenet szerint olyan mozgásmódot felismerési algoritmusokon dolgozunk, ami a kapott adatokból következtet, felismerve jellegzetes sémákat, kisebb illesztési műveleteket úgy automatizál, hogy az ne vonjon le a feladat megvalósításának nehézségéből, realitásából, de az operátor se vegye észre a „segítséget”. A szenzorból érkező hiányos adatokat a valós életből kölcsönözött mozgássémákkal helyettesítve a műveletek sokkal gördülékenyebbé válnak. Megkerülve a fals jeleket, a remegő, kicsavarodott kézmodell helyett egy gyakorlatban használható virtuális testrészt engedelmeskedik az operátornak.

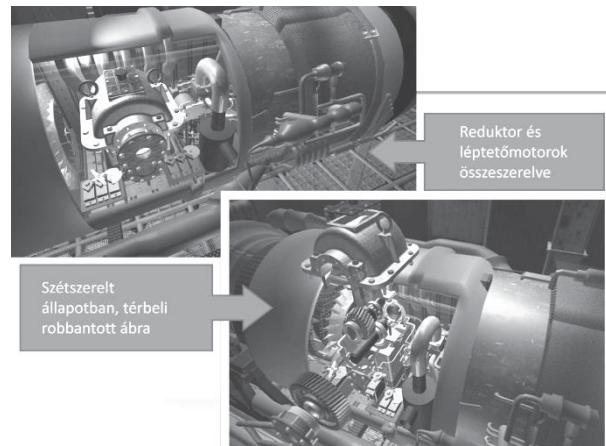
Ha egy órát szeretnénk összeszerelni, de a kezünk jobban remeg, mint a furat mérete ahova a csavart be szeretnénk helyezni, a művelet nagy eséllyel sikertelen lesz, a csavar pedig a földön végzi. Mivel sajnos hardveres hibákból adódóan a jelenséggel a virtuális valóságban is számolnunk kell, olyan megoldást kerestünk, ami csak a legszükségesebb esetben avatkozik be, hogy ne vegyen el a feladat realizitkájából. A szerelési műveletek során az ujjvégek vekto-

rainak másodpercre eső abszolút értékben vett helyzetkülönbsége adja a „kéz remegését”, ami az összeszerelést nehezíti. A továbbiakban ez a nulla és egy közé eső skaláris érték határozza meg, mekkora az a relatív távolság, amin belül az alkatrészek automatikusan helyükre illeszkednek. Ennek fontosságát azért kell kiemelnünk, mert az algoritmus az aktuális környezeti változókat figyelembe véve keresi azt a legkisebb távolságot, amin belül az operátor „részegítést igényel”, hogy a feladat végrehajtásának nehézségét csak annyiban könnyítse, ami még a rendszerből adódó hiányosságok miatt elengedhetetlen.

A teremben lévő ajtó kinyitása ezzel szemben más általános kérdésekre ad választ: itt a kísérletben (szöges ellentétben az előző példával) pusztán két *kollider* fizikai interakciójával lehet kinyitni, eltolni a vasajtót. Tehát a kezünkkel egyszerűen addig nyomjuk, amíg az ki nem nyílik. Ez nagyon fontos, mert ebben az esetben, a valóságban nagy szerepe van a haptikus visszajelzésnek, ebből érezzük, mennyi erőt kell kifejtenünk az ajtó kinyitásához [4]. A virtuális valóságban egyelőre erre nincs lehetőség, azonban az agy pusztán vizuális jelzésekből képes felmérni, és behelyettesíteni a haptikus visszajelzést. Méréseink szerint nagy pontossággal képes meghatározni a szükséges tolóerő mértékét. Az objektumhoz csatolt *script* számításba véve az ajtó tömegét, annak tehetetlenségét, a gravitációt, és az ajtóba épített rugó a kézre, és ezáltal a *rigidbody karakterre* gyakorolt ellenhatását adja meg az ajtó fizikai mozgását.

A hangár közepén egy gázturbina került elhelyezésre, melyen a szerelés (manuális munka) gyakorolható. Először a turbina szerelőnyílásának záró fedelét emelhetjük le, ezáltal hozzáférve a mechanikához, ahol az interakció létrejön. Így egy fordulatszám-csökkentő reduktorhoz jutunk (6. ábra) [5]. Az áttételt szabályzó szervomotorokról két ujjal összezsíppentve vehető le a gömbszimmetrikus servo-kar, a servo-motorok pedig alulról emelhetőek ki a foglalatukból. A fogaskerékház teljesen szétszerelhető, a valósághoz hűen logikai sorrendet kell követnünk: a csavarok csak a meghúzás sorrendjében szedhetőek ki, ezután a fedelet leemelve a tengely kizárólag síkban távolítható el. A főfogaskereket horizontálisan húzhatjuk le a tengelyről, ezután a többi alkatrész már felülről kiemelhető az ágyból, leszámítva a csapágyakat. Az alsó áttételből a fogaskerék csak két kézzel emelhető ki, (7. ábra) ezt a program

két *kollider* egyidejű kontaktusán keresztül, a hierarchiaállapotok alapján kérdezi le. Amennyiben mindkét kéz érintkezik az adott objektummal, az alkatrész a bal kézzel együtt mozog, kiemelhető. Az összeszerelésnél az alkatrészek egy relatívan vett távolságon belül a helyükre ugranak.



6. ábra

Reduktor össze- és szétszerelt állapotban

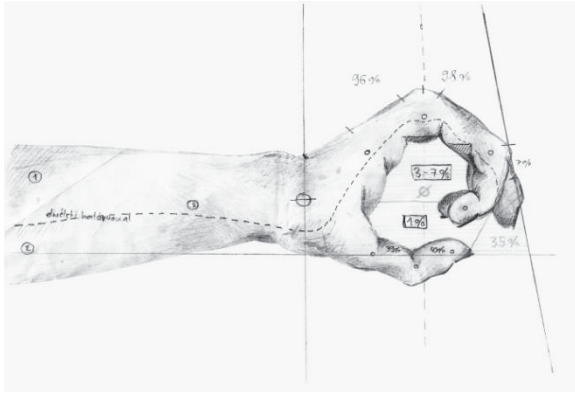


7. ábra

Két kezes művelet

#### 4. SENZOROS PROBLÉMÁK

Egy karbantartási munka lelke vitathatatlanul a finommotoros mozgás, ennek dinamika változókkal való leképzésére a LEAP Motion szenzor bi-kameráit használtuk. Az eszköz előnye egyben jelentős hátránya is: optikai szenzor lévén nincs szükség közvetlen összeköttetésre a felhasználóval, a non-kontakt konstrukció szabad és rugalmas mozgást biztosít a szerelőnek a tréning közben. Fizikai kontaktus hiányában jelentősen megnő a lehetséges hibafaktorok száma. Az infravörös háttérsugárzás csökkenti a szenzor által érzékelt kéz kontrasztját, így a képelemzés során az algoritmus nehezebben különíti el a háttérbe mosódó ujjakat. További gondot jelentenek az érzékelő jellegéből adódó holt terek (8. ábra) és a kis interakciós terület, mely nem fedi le a munkavégzés területét.



8. ábra

A kézfelületről visszavert infravörös fényből számolt holtterek

A vázolt probléma két különböző megközelítést egyesítettük a hibák minimalizálására. A LEAP Motion által lefedett kis interakciós terület remekül kielégíti azon átlagfelhasználók igényeit, akik íróasztal előtt ülve gesztusvezérléssel könnyítenék meg a mindennapi munkát, vagy szórakozásképp játékos alkalmazásban szednének virágot a virtuális réten. Azonban az eszköz ipari alkalmazása új elvárásokat támaszt: mivel a térbeli és finommotoros mozgást egy időben, rendkívül nagy precizitással és üzembiztossággal kell modellezni, így a felhasználó óhatatlanul is kikerülhet a LEAP Motion szenzor hatósugarából. A probléma elengedhetetlené teszi a fejre (ez esetben az Oculus Rift előlapjára) szerelt szenzort, hogy használható legyen a feladatban elvárt karbantartási munkához, hiszen egy ilyen műveletben a manuális munkát tekintetével követi nyomon a szerelő. A szenzort azonban alapvetően statikus állásra tervezték, így eredendően a fej mozgása miatt a LEAP kézre vonatkozó adatai falsakká válnak, befolyásolva, és sokszor a használhatatlanságig torzítva a bejövő adatok értelmezését.

## 5. A FINOMMOTOROS MOZGÁS LEKÉPZÉST BEFOLYÁSOLÓ PROBLÉMÁK MEGOLDÁSA

Megoldásként az Oculus Rift gyorsulásérzékelőjéből és giroszkópjából (IMU modul inerciális szenzor) [6] parancssorban kinyert adatokból egy abszolút vonatkoztatási rendszer létrehozásán dolgozunk, ahol az Oculus Rift mozgásának vektoriális értékei összeadódnak a LEAP Motion képelemzésből levezetett kézre vonatkozó méréseivel, ezáltal kiegyenlítve egymást, így a fej mozgása nem befolyásolja a kéz hely-

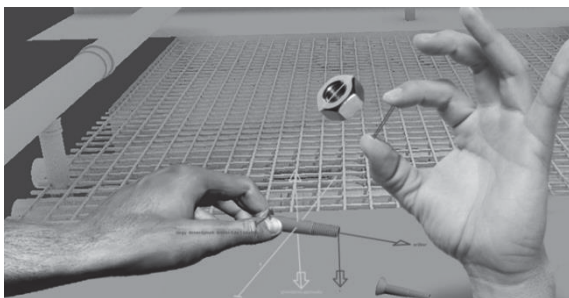
zetét a virtuális térben. Az így létrejött térben az összes mozgás abszolút értéknek felel meg.

A jövőben alternatív megoldások lehetnek többek között az Oculus Rift DK2 vizuális *positional tracking* rendszere, vagy különálló inerciális szenzorok alkalmazása, mint a RazerBleed mágneses térerőségen alapuló helymeghatározó rendszere, ami az Oculus Rift-re szerelve precíz pozicionálást tesz lehetővé. Ennek adatait felhasználva megkerülhető a gyorsulásérzékelő problémája, az értékek pedig lehívhatóak a *handcontroller*-t pozicionáló *script*-be a koordináta transzformációt követően.

A fejen elhelyezett szenzor orvosolja a látótér problémáját, azonban sokszor nem nyújt megoldást a betekintési szög miatt létrejövő holtterekre és fals jelekre. Ennek megoldását két LEAP Motion szenzor összekapcsolásában látjuk, csökkentve az eszköz holtterét, ezzel javítva a finommotoros mozgás leképzését, ami precízebb és megbízhatóbb működésével alkalmassá teszi a projektben modellezett karbantartási munkára. A két abszolút vonatkoztatási rendszerbe helyezett érzékelő ellentétes adatainak átlagolása lehetővé teszi a zajszűrést, és a kontrasztvesztés miatt létrejövő kiugró fals jelek ignorálását [7].

Hogy a szerelési munka életszerű lehessen, nem elég, ha rakodódaru módjára felülről tudunk felemelni dolgokat [8]. Unity3D alatt dolgoztuk ki a fogási erő mérését, ami a gyakorlatban adott tömeg mellett a tárgyra ható gravitációs erő csökkentésével tudunk elérni [9]. Ezzel nemcsak felülről foghatunk meg tárgyakat, de nagyobb kiterjedésű testek is irányíthatóak maradnak munka közben. A LEAP Motion ellentétben a digitális kesztyűkkel inkontakt módon modellezi a kéz virtuális mozgását, nem használ ellenállás alapú kinemato-szenzorokat. Ez sok tekintetben jelent előnyt, viszont egy komoly problémát is felvet: a kéz fizikai jellemzőinek leírásakor nem csak markerek alapján vett koordinátákkal, de egy feladat megoldásánál sokszor nyomással/erővel is számolnunk kell. Mikor az ujjak külső *kolliderjei* elérik a poligont, egy alárendelt *script* nullázza annak abszolút pozícióját, a csavar legszélesebb pontjának átmérőjét alapul véve. Ezt az adatot nullpontként értelmezve a későbbiekben, a pozitív és negatív irányú eltérés a fogás erejének számszerű adata lesz. Ha az érték 0, a gravitációs erő és a súrlódási erő megegyezik, a csavar lóg a kiválasztott X tengelyen. Ha az érték negatív (azaz nagyobb, mint

a poligon átmérője) a gravitációt a szoftver nagyobbak értelmezi a súrlódási erőnél, az ujjak és a csavar közti logikai kapcsolat megszűnik, és a csavar leesik. Amikor a valóságban az ujjunkat összébb zárjuk, az érték pozitív lesz. A virtuális térben ez a súrlódási erő megnövekedéseként manifesztálódik, de az ujjak mozgása nem látható. A kapott érték itt sem abszolút, viszonyszám a kézben tartott tárgy keresztmetszetéhez. Az így kapott százalékos érték a gravitációs gyorsulás négyzete lesz. Amennyiben a mért érték 100%, az erőkar végére ható gravitáció nulla, tehát a csavar tartja azt a pozíciót, amiben először megfogluk és felemeltük (9. ábra).



9. ábra

*A fogási erő mérésére alkalmas kézmodell*

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

A virtuális valóság jelenleg elérhető eszközeivel szoftverfejlesztési oldalról megközelítve kutatjuk ennek a még gyerekcipőben járó új tudományterületnek az alkalmazási lehetőségeit az ipari képzésben. Célunk, hogy ezzel növeljük a személyzet biztonságát, hatékonyabbá tegyük az oktatási módszert és csökkentsük a képzésre fordítandó költségeket.

A módszer létjogosultságát megkérdőjelező hardveres problémákra a szoftver oldaláról megközelítve adunk választ egy pilot alkalmazásban, ami egyedülálló módon egyesíti a térbeli és a finommotoros mozgás leképezését egy virtuális karakterben (avatarban).

Célunk, hogy csökkentsük a még szakadéknak számító rést a valós világ és a virtuális térben megélt élmények között, hogy egy megfelelő oktatási metodikával a gyakorlatban is mindennapos legyen az ezzel a módszerrel tör-

tendő olcsó és biztonságos képzés az ipari szférában.

## 7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A bemutatott kutatási eredmények az EITKIC\_12-1-2012-0008 projekt részeként, a Tudományos és Innovációs Társulásokban (EITKIC) Történő Magyar Részvétel Támogatása Pályázati Program finanszírozásával valósultak meg.

## 8. IRODALOM

- [1] Unity 5, játékmotor – unity3d.com
- [2] Dave, D., Chowriappa, A. és Kesavadas T: Gesture Interface for 3D CAD Modeling using Kinect. Computer-Aided Design, 2012
- [3] David M. Eagleman, Human time perception and its illusions, Current Opinion in Neurobiology, Volume 18, Issue 2. pp. 131-136, doi:10.1016/j.conb.2008.06.002, 2008
- [4] N. Duarte Filho, S. Costa Botelho, J. Tyska Carvalho, P. de Botelho Marcos, R. de Queiroz Maffei, R. Remor Oliveira, R. Ruas Oliveira, V. Alves Hax: An immersive and collaborative visualization system for digital manufacturing. Int J Adv Manuf Technol, 2010
- [5] N. Beattie, B. Horana, S. McKenzie: Taking the LEAP with the Oculus HMD and CAD - plucking at thin air? The International Design Technology Conference, DesTech, 2015
- [6] S. M. LaValle<sup>1</sup>, A. Yershova<sup>1</sup>, M. Katsev<sup>1</sup>, M. Antonov: Head tracking for the Oculus Rift. Oculus VR, Inc 2012
- [7] <https://community.leapmotion.com/t/multiple-device-roadmap/1280>, LM Community, 2015
- [8] D. Bachmann, F. Weichert, G. Rinkenauer Evaluation of the Leap Motion Controller as a New Contact-Free Pointing Device. Sensors, 2015
- [9] F. Gîrbacia, A. Beraru, D. Talabă, G. Mogan Visual Depth Perception of 3D CAD Models in Desktop and Immersive Virtual Environments. INT J COMPUT COMMUN, 2012



# SZÁJSEBÉSZETBEN ALKALMAZOTT ORVOSI KÉP- ÉS MODELLALKOTÓ ELJÁRÁS PONTOSSÁGÁNAK VIZSGÁLATA

## COMPUTER TOMOGRAPH MODEL PRECISION INSPECTION WITH COMPARATIVE TEST

*BIHARI Ádám, MSC-s gépészmérnök hallgató, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Gépészmérnöki kar, Gép- és Terméktervezés*

*Dr. SIMONOVICS János, adjunktus Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Gépészmérnöki kar, Gép- és Terméktervezés*

*ERDŐSNÉ Sélley Csilla, tudományos segédmunkatárs, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi  
Egyetem, Gépészmérnöki kar, Gép- és Terméktervezés*

*BUJTÁR Péter, University Hospitals of Oulu, Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Oulu,  
Finland*

*SZŰCS Attila, Arc- és Szájsebészeti Klinika, Semmelweis Egyetem Budapest*

### ÖSSZEFOGLALÁS (ABSTRACT, INHALT)

A human mandible bone were used to compare a regular non industrial laser scanner to a Cone Beam Computer Tomograph usually being used in maxillofacial area. The main aim was to check the accuracy and usability of the CBCT in case of Computer Aided Design modelling. CAD modelling is possible with CBCT output data but additional measurements needed to clarify the proper deviation. A measuring cylinder will be used for future measurements to underpin the results.

### 1. BEVEZETÉS

Mai orvostudományunk egyik kihívása, hogy gyógyíthatatlan, vagy hiányzó emberi szerveket, testrészeket pótoljon "idegen" anyagokkal. Ezek egyik alcsoportját az implantátumok alkotják, melyek közül az egyik legjellemzőbb a csontimplantátum. Manapság az orvostudományban, ha egy csontrészt pótolni kell, akkor azt különböző lemezekkel, csavarokkal oldják meg az orvosok. A korszerű 3 dimenziós nyomtatási eljárások elterjedésének köszönhetően lehetőség nyílik az emberi csontozat bonyolult formáinak pontos elkészítéséhez. Ennek a technológiának az implantátum készítésén kívül fontos szerepe lehet egy bonyolult műtét előtervezésénél, melynek fontos követelménye egy geometria hű leképezés a csonttól. Ehhez elengedhetetlen a pontos modellezés. A csonttól úgy kell modellt alkotnunk, hogy azt élőszövetek veszik körül, így mindenképpen roncsolás mentesen kell az

eljárást végezni. Többféle olyan modell beolvasási eljárás létezik, ami a gyógyászatban is rendelkezésre áll és a mérnöki CAD rendszerekkel is összehangolható. Ilyen eljárás többek között a komputertomográfia (CT) és a mágneses rezonancia vizsgálat (MR). A CBCT (Cone Beam Computed Tomography) nagy előnye, hogy sugárdózisa akár százszor kisebb lehet, mint a hagyományos MSCT-é (Multi Slice Computed Tomography) [1]. Kutatásom célja, hogy az orvosi és mérnöki gyakorlatban alkalmazott képalkotó eljárások pontosságát megvizsgáljam.

### 2. ELVÉGZETT MÉRÉSEK

A kutatás során a méréseket három fázisba kategorizáltam. Jelenleg az első két fázis készült el és most készül a harmadik fázis.

Az *első* fázisban egy emberi állkapocscsont CBCT-vel készített modelljének pontosságát vizsgáltam. Az így készített modellt hasonlítottam össze ugyanennek a csontnak a vörös lézerrel készített modelljével.

A *második* fázisban fém mérőetalonról készített modelleket hasonlítottam össze. A CBCT-vel és a lézeres beolvasással készített modelleket hasonlítottam össze az etalon mestermodelljével.

A *harmadik* fázisban nem fémes alapú mérőtestet fogok használni a nagy sugárszórás okozta nagy mérési pontatlanság elkerülése végett. Ez a fázis még folyamatban van.

A csontot a Semmelweis Egyetem Humánmorfológiai és Fejlődésbiológiai Intézet biztosította. TUKEB engedély: 37-1/2013. A

lézeres beolvasáshoz a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gép- és Terméktervezés Tanszéke (GT3) biztosította a virtuális terméktervezés laboratóriumát. A CBCT készülékkel készített felvételek a Semmelweis egyetem Arc- és Szájsebészeti Klinikáján készültek. A beolvasás során a Next Engine márkájú beolvasót alkalmaztam a ScanStudioHD kezelőszoftverével. A lézeres beolvasó berendezés pontossága a gyári adatok szerint 0,127 mm-en belüli. [2] Mivel a csont szabálytalan alakú, nem lehetett egy beállításból megfelelő beolvasást készíteni róla. Ez annak köszönhető, hogy a csont geometriája rengeteg alámetszést és takart felületet tartalmaz. A csont bonyolult formája miatt különböző beállításokból más és más részletek kerültek beolvasásra illetve kerültek takarásba. A vörös lézerral történő beolvasás előnye, hogy aránylag olcsó, gyors és pontos letapogatást lehet vele végezni roncsolás mentesen.

### 2.1. Az első fázis

A vizsgált mandibula az **1. ábrán** látható. A CBCT felvétel készítését Simonovics János végezte, a felvétel a klinikai gyakorlatokban alkalmazott általános beállításokkal készült 120 kV nagyságú feszültséggel és 6,9 mA áramerősséggel. Az ebből származó adatokat Bujtár Péter dolgozta fel orvosi képkalkoló szoftver segítségével, így elkészült a csont 3 dimenziós CAD modellje.

A beolvasás során a csont két felszálló ágát (proc. coronoideus) beolvastam, de a kiértékeléshez szolgáló CBCT-vel beolvasott modellen nem szerepel, hiszen a klinikai gyakorlatban sűrűbben előforduló tumoros eseteknél rezekció szempontjából nem sűrűn érintett részlet.

A lézeres beolvasás során többféle beállítást használtam. Az egyes beállítások adatait az **1. táblázat** szemlélteti. Ebben a fázisban összesen hat beolvasást készítettem ezzel az eljárással. Ez a hat beolvasás elegendő volt ahhoz, hogy a csont egyes részeiről megfelelő pontosságú leképezést kapjunk. A beolvasott pontok száma modellenként 80-500 ezer közötti. Ezekkel a pontokkal normalitás és szórásnégyzet vizsgálat történt, majd ezt követte a kétmintás T próba.

1. táblázat. A lézeres beolvasások beállításai, adatai, mérési eredményei

Lézeres beolvasás						
Beolvasás száma	3.	6.	4.	1.	5.	2.
Beállítás	Positioning: 360, Divisions: 16, Points/IN. <sup>2</sup> : 10k (HD), Target: Light, Range: Macro		Positioning: 360, Divisions: 16, Points/IN. <sup>2</sup> : 1,1k (HD), Target: Light, Range: Wide			
Összehasonlított pontok száma	107408	531035	314115	86658	88324	355019
Átlagos eltérés [mm]	-0,08	-0,11	-0,17	-0,18	-0,28	-0,35
Szórás	0,43	0,38	0,40	0,29	0,20	0,61
2 mintás T próba P értéke	-	0,85	0,51	0,41	0,13	0,13

A táblázat a CBCT modellhez viszonyítva pontossági sorrendben tartalmazza az egyes beolvasási módokat. Az azonos gépbeállítással készült mérések között a csont tárgyasztalra való felhelyezésében van különbség.



1. ábra. Az első fázisban használt állkapocs csont (mandibula)

A CBCT modellhez viszonyítva a 3. beolvasás volt a legpontosabb. A táblázat ehhez viszonyítva tartalmazza a többi beolvasás 2 mintás T próba értékét. Az adatok alapján megállapítható, hogy a különböző beállításokkal készült modellek között szignifikáns különbség nincs. Az egyes beolvasási módok jelen esetben nem befolyásolják számottevően a mérés pontosságát.

### 2.2. A második fázis

Ennél a fázisnál egy 60.00 mm-es rozsdamentes acél ötvözetből készült mérőetalont használtam, melyről összesen 4 CBCT felvétel készült. Ezek a felvételek a mindennapi gyakorlatban használatos beállításokkal készültek. Lézeres beolvasással egy darab felvételsorozat készült,

az első fázisban már kitapasztalt legideálisabb beállításokkal. Az egyes beállítások adatai a **2. táblázatban** láthatók.

2. táblázat. A második fázis beolvasásainak beállításai, adatai, mérési eredményei

Mérés	CBCT				Lézer
Beolvasás száma	1.	2.	3.	4.	1.
Típusa	Normal	Normal	Ultra Low Dose	Ultra Low Dose	Positioning: 360 Divisions: 16 Points/IN.: 10k (HD) Target: Light Range: Macro
Feszültség [kV]	90	90	90	90	
Áramerősség [mA]	4,5	3,2	3,2	3,2	
DAP [mGy*cm <sup>2</sup> ]	571	2,4	134	57	
CTDI [mGy]	1,2	0,4	0,3	0,1	
Hullámhossz [µm]	200	400	200	400	
Eltérés az etalonhoz képest (60 [mm])	0,71	0,98	0,86	0,79	-0,12 (átlag!)
Szórás	-	-	-	-	0,08

A CBCT-s modellnél egzaktul meg lehetett határozni az eltérést az etalonhoz képest, így nem volt szükség külön normalitás és szórásnégyzet vizsgálatra, valamint kétmintás T próba vizsgálatra. A lézeres modell esetében számoltam szórásnégyzetet.

A fém etalon CBCT-vel történő mérése során a nagy sugárszórás miatt nem sikerült a teljes felületet beolvasni, csupán a sarokpontok egyes részeit, így a CAD modell létrehozásakor az úgynevezett "reverse engineering" módszert alkalmaztam. Létrehoztam a hasáb szélső pontjait befoglaló téglatestet, majd az így létrejött modelleket valamint a lézeres beolvasással készült modellt hasonlítottam össze a mestermodellrel. A mérés során csak az etalon mérőoldalaihoz viszonyított eltéréseket regisztráltam.

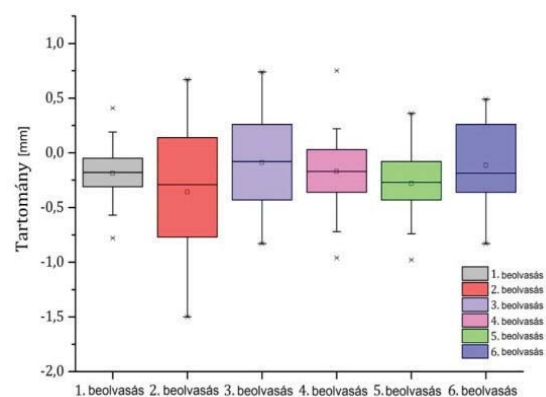
A mestermodell a mérőetalon pontos CAD modellje. Az etalont százados pontosságú tolmérővel több ponton megmértem. A mérőoldalak távolsága minden mért pontban pontosan 60,00 [mm] volt. A CBCT-vel mért modellek eltérése az etalonhoz képest kevesebb, mint 1 [mm].

### 3. KIÉRTÉKELÉS

A mérések során létrehozott modelleket a GOM Inspect V8 programmal hasonlítottam össze. A mérés során a legjobb illesztési pontosság érdekében a modellek összeillesztését a program automatikus összeillesztő algoritmusával végeztem. Mivel ez a referencia modell nem tartalmazza a csont felszálló ágait (proc. coronoideus), a modellen egy elmetszés látható. A pontfelhők készítése során viszont az

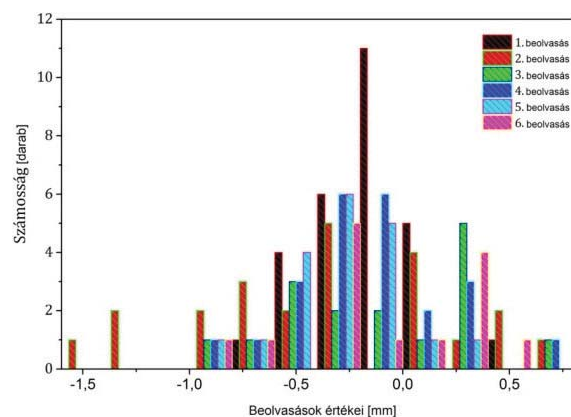
egész csont be lett olvasva, így a kiértékelés során a legnagyobb eltérések rendre ezen lemetszés környezetében vannak, hiszen a program itt is kereste az eltéréseket a beolvasott pontfelhőhöz képest.

A kiértékeléshez .STEP és .stl kiterjesztésű fájlokat használtam. Az első fázisban a CBCT modellt vettem a referencia modellnek és ehhez viszonyítottam a lézeres beolvasást. A második fázisnál azonban már a mérőetalont szabvány méretét vettem az összehasonlítás alapjául, és ehhez viszonyítottam a CBCT-vel és a lézeres beolvasással készült modelleket.



2. ábra. Az első fázis lézeres beolvasási hibaértékeiről készített box-plot diagramja

Az **2. ábrán** látható az első fázis beolvasási hibaértékeiről készített box-plot diagram. A kiugróan magas eltérések a fentebb említett probléma (csont felszálló ága) miatt vannak.

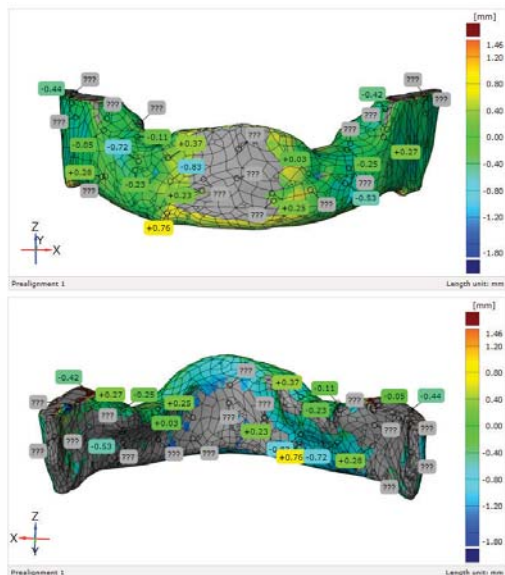


3. ábra. Az első fázis hibaértékeinek számossága

A **3. ábrán** ugyanezen fázis hibaértékeinek számosság diagramja szerepel.

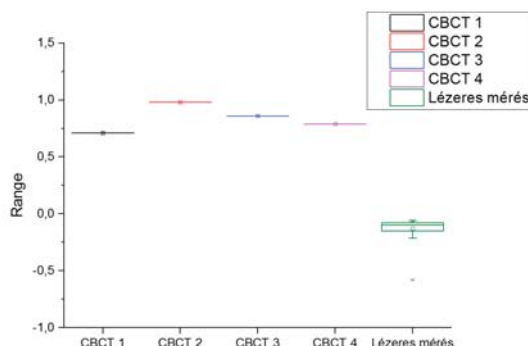
Látható, hogy a leggyakoribb eltérések kis mértékűek.

A **4. ábrán** az első fázis harmadik lézeres beolvasásának modellje és a CBCT modellje került összehasonlításra.



4. ábra. Az első fázis harmadik lézeres beolvasásának geometriai eltérései a CBCT-vel készült modellhez képest

A **5. ábrán** a második fázis méréseinek a boxplot diagramja látható. Itt észrevehető, hogy a lézeres mérésnek sokkal kisebb a szórási tartománya, mint az előző fázisban.



5. ábra. A második fázis beolvasásainak boxplot diagramja.

Ez azért van, mert a mérőhasáb lényegesen egyszerűbb geometria a csonthoz képest, továbbá ahhoz, hogy az etalont a lézerral be lehessen olvasni, szükség volt reflexiómentesítő anyag használata, melyet az etalonra mikronos vastagságban hordtam fel. Az így létrejött felület tökéletesen reflexiómentes lett, így a lézeres beolvasó készülék pontos beolvasást tudott végezni. A

diagramban a CBCT-s beolvasások adatai egzakt értékek, az ábrán csak az összehasonlítás végett szerepelnek.

#### 4. ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgálat során az első két fázis eredményei mindenképpen biztató eredményekkel zárultak. A CBCT készülékkel készített felvétel alkalmas implantátumok készítéséhez szükséges CAD mestermodellek készítésére, az orvostudományban jelenleg használt kézzel hajlított lemezes technológiától sokkal pontosabb. A modellek pontossága nagyban függ a gép paramétereinek beállításától. Kisebb sugárdózissal dolgozva is kielégítő a pontosság, míg a páciens nem éri feleslegesen nagy sugárterhelés. Fontos mérlegelni, hogy mennyire legyen pontos az alkotott modell, hisz az emberi szervezet folyamatosan változik, így az implantátumok sem élethosszig tartóak.

Érdeemes további méréseket végezni, nem fémes alapanyagú mérőtestekkel is. Javasolom, hogy ezek a testek a mérőhasábhhoz hasonló, egyszerű geometriával rendelkezzenek, azonban reflexióra kevésbé hajlamos anyagokból készüljenek. Itt a pontos megmunkálás és az alaktartósság fontos tényezők. Ilyen anyagok kereséséről és pontos megmunkálásáról fog szólni a harmadik fázis.

#### 5. IRODALOM

[1] Bujtar Peter, Christopher Avery, Janos Simonovics, George K Sandor, Jingzhe Pan: Refinements in osteotomy design to improve structural integrity: a finite element analysis study. The British Journal of Oral & Maxillofacial Surgery Volume 51, Issue 6, September 2013, DOI:10.1016/j.bjoms.2012.09.015; Pages 479–485

[2] <http://www.nextengine.com/products/scan-ner/features/accurate>

# ELEKTROMOS KERÉKPÁROK KÖZÖSSÉGI RENDSZEREKBE

## PEDELEC BICYCLES FOR BIKE SHARING SYSTEMS

*Bihari János, egyetemi tanársegéd, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet*

### ÖSSZEFOGLALÁS

A Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézete 2015 márciusa óta vesz részt egy közösségi kerékpárrendszer fejlesztésében. Ebben a cikkben az eddig elvégzett munkánk során szerzett tapasztalatok egy részét szeretnénk bemutatni. A következő néhány oldalon ismertetjük, hogy milyen megfontolások és vizsgálatok alapján állítottuk össze a kerékpár követelményjegyzékét.

### ABSTRACT

University of Miskolc Institute of Machine and Product Design participates in the development of bike sharing system from since March 2015th. In this paper we would like to introduce some experiences. The following is description about what considerations and research we complied the requirement list of the bicycle.

### 1. BEVEZETÉS

A tervezett rendszer egy közösségi kerékpáros rendszer lesz, amely elsősorban rövid utak megtételére, a tömegközlekedés kiegészítésére, az ún. „Last mile” probléma kezelésére fog szolgálni. Ezen kívül turisztikai feladatokat is el kell látnia. A közösségi rendszer számos részletben különbözik a bérkerékpár-rendszerektől. A közösségi rendszer rendelkezésre állása nagyobb, több járművel működik. A járművek kiadása és bevétele automatikusan történik, a járművek műszaki állapotának ellenőrzése kevesebb emberi közreműködést igényel.

### 2. A KÖVETELMÉNYJEGYZÉK

A követelményjegyzék összeállításához meg kellett ismernünk a leendő felhasználók igényeit. Szerencsére számos helyen működnek már közösségi kerékpáros rendszerek, így rendelkezésre állnak olyan tapasztalatok, amelyeket a követelményjegyzék összeállításakor figyelembe lehetett venni. Az intézet feladata ebben a projektben a kerékpár és a dokkoló mechanikájának fejlesztése, így elsősorban az ezekkel kapcsolatos véleményekre

koncentráltunk. Azt tapasztaltuk, hogy a felhasználóknak nincsenek különleges igényei a kerékpárral szemben, csak azt kifogásolják, ha érezhetően gyenge minőségű, vagy ha túl nehéz hajtani. A legtöbb kifogás a dokkolókat éri, ha azokba be kell emelni a kerékpárt, vagy túlzottan finom mozdulatokat igényel a behelyezése, azt kényelmetlennek tartják. Így a felhasználói oldalról a jó minőséget, és a dokkoló egyszerű, egyértelmű használatát tekintettük követelménynek.

Egy közösségi rendszernél az üzemeltetői oldal legalább olyan fontos, mint a felhasználói. Az üzemeltető elvárásai között nyilvánvalóan első helyen szerepelnek az alacsony üzemeltetési költségek. Ezen kívül természetesen fontos, hogy a felhasználók szívesen használják a kerékpárokat, azaz a rendszer kihasználtsága jó legyen. Számos olyan feltételt fedeztünk fel, amelyet a felhasználók egyértelműnek tekintenek, azonban a hiányukat észrevettük, ezeket az üzemeltetői oldal igényeihez soroltuk.

Eddig kerékpárokról volt szó, de pl. Miskolc domborzatát figyelembe véve nyilvánvaló, hogy a közösségi kerékpárrendszer csak korlátozottan lenne használható, ha hagyományos kerékpárokat kínálna. A legforgalmasabb kerékpáros útvonalakban gyakori a nagy, akár 100 métert meghaladó szintkülönbség, amelynek leküzdéséhez jó kondícióra van szükség. Ezt pedig pótolni kell, hogy a rendszert minél szélesebb rétegek használhassák. Mivel nem várható el, hogy a közlekedni vágyók ezt rendszeres edzéssel vagy mozgással ériék el, a modern technika adta lehetőségeket kihasználva a kerékpárokat elektromos rásegítéssel kell felszerelni. Ez lett a követelményjegyzék legfontosabb pontja, amit minden elem tervezésénél, vagy kiválasztásánál figyelembe kellett/kell venni.

Jogosan merülhet fel a kérdés, hogy az elektromos rásegítés miért szerepel az üzemeltetői oldal igényei között. Ahhoz, hogy változó terepviszonyok között hosszú ideig kényelmesen használni lehessen egy kerékpárt,

jó minőségű, sok sebességfokozatú sebességváltó-rendszert kell használni. Ennek nem csak a beszerzési költsége nem alacsony, de rendszeres karbantartást is igényel. Kedvezőtlen időjárási körülmények mellett ez akár napi szintű ellenőrzést és kenést is jelenthet. Az elektromos rásegítés az áttételek megfelelő kiválasztása mellett kiválthatja ezt a váltórendszert, mert lehetővé teszi a kevesebb fokozatot tartalmazó, karbantartásmentes agyváltók használatát. A működő rendszerek tapasztalatai alapján az ilyen kerékpárok jellemzően 3000 - 5000 kilométert futnak évente. Ez kedvező körülmények esetén is 15 ellenőrzést és kenést, valamint 5 karbantartást jelent kerékpáronként egy láncváltós rendszernél, de szükség van a napi szintű szemrevételezéses ellenőrzésre is. Így önmagában a magyar munkabéreket figyelembe véve is gazdaságos lehet az elektromos hajtásrendszer beépítése, mivel az akkumulátor karbantartása automatizálható, a motorok pedig csak évi egy ellenőrzést igényelnek, valamint kb. két évente igényelnek karbantartást.

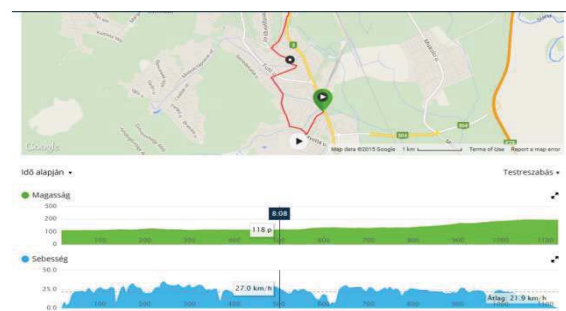
A karbantartási szempontból másik rendkívül fontos elem a fék. A fékek kiválasztásához először meg kellett határozni, hogy milyen sebességre tervezzük a kerékpárokat. A sebesség kérdésénél alapvető ellentét van a felhasználói és az üzemeltetői oldal között. A felhasználók nyilvánvalóan minél gyorsabban szeretnének haladni, az üzemeltetők viszont alacsonyabb sebességeket szeretnének, mert így kisebb mértékű a kerékpárok elhasználódása, valamint kisebb az anyagi károk és a személyi sérülések veszélye is. A tervezési sebesség meghatározásakor nem csak a fékre, hanem egyéb használati jellemzőkre is koncentráltunk, így a folyamat során határoztuk meg az áttételek, az azokat módosító szerkezetek és az elektromos hajtásrendszer főbb jellemző értékeit, valamint a kerékpár főbb geometriai méreteit.

### 2.1 A tervezési sebesség

A megfelelő sebességet ezért kísérletekkel határoztuk meg. A Magyarországon érvényes törvényi előírások értelmében egy elektromos jármű akkor minősül kerékpárnak, ha a hajtómotorja legfeljebb 300 watt teljesítményű. Az Európai Unió szabályozása ennél szigorúbb, csak a maximum 250 watt teljesítményű motorral hajtott járművek minősülnek kerékpárnak, és csak akkor, ha a

motorjuk csak a pedálok hajtásakor működik 6 km/h sebesség fölött. Itt további korlátozás, hogy a rásegítés csak 25 km/h sebességig működhet. Ez azért lényeges, mert csak ebben az esetben nem kötelező a bukósisak használata a felhasználó számára, az üzemeltetőnek pedig nem kell kötelező biztosítást kötnie. A felhasználó számára még kényelmes, de a lehető legalacsonyabb sebesség meghatározásához egy próbakerékpárt építettünk. A próbakerékpárt hét fokozatú agyváltóval és programozható vezérlővel szereltük fel. A vezérlőben a felvehető áram értékének korlátozásával lehet beállítani a motor maximális teljesítményét. A kerékpárt felszereltük egy GPS-alapú adatrögzítővel, amely folyamatosan rögzítette a sebességet, a megtett utat, valamint az út emelkedését, illetve lejtését. Ezen kívül térképen rögzíti a megtett útvonalat. Az 1. ábrán felül látható a megtett út a térképen, alatta a felső sáv a tengerszint feletti magasságot, az alsó sáv a sebességet mutatja.

A mérések azt mutatták, hogy a szabályos rásegítéssel is nagyon könnyű túllépni a 25 km/h sebességet, akár emelkedőkön is. Az ábrán látható útvonal végig emelkedik, de a sebesség szinte mindenhol 25 km/h fölött van, gyakran eléri a 35 km/h értéket. Lényeges, hogy a tesztek végzőktől azt kértük, hogy ne gyorsan, hanem kényelmesen, minimális erőbefektetéssel próbáljanak haladni.



1. ábra: egy mérés eredményei

A következő lépésben a tesztelők azt a feladatot kapták, hogy a sebességváltón maximum két, egymás után következő fokozatot használva tegyenek meg adott útvonalakat, és válasszák ki, hogy melyik két fokozatban tudják ezt a legkényelmesebben megtenni. A mérések ekkor már alacsonyabb sebességértékeket mutattak, de még mindig gyakori volt a 25 km/h átlépése. Ez főleg azoknál a tesztelőknél volt feltűnő, akik

egyébként nem kerékpároznak és nem is sportolnak rendszeresen. Ezért elkezdtük variálni az áttételeket, arra törekedtünk, hogy a 20 km/h-nál nagyobb sebességekhez magasabb pedálfordulatszám tartozzon. Ezt a többség nagy sebességnél kényelmetlennek érezte, így valóban csökkent a sebesség.

Ezzel párhuzamosan vizsgáltuk azt is, hogy milyen testhelyzet milyen sebesség elérésére ösztönzi a kerékpározókat. Az első próbakerékpár kifejezetten sportos testhelyzetet kínált, ezért építettünk egy másikat, ami a hagyományos, felegyenesedett testhelyzetben használható. Ennél a rögzített adatok szerint a tesztelők sokkal kevésbé törekedtek nagyobb sebességek elérésére, az átlagsebességük is jelentősen csökkent. Mindezt úgy, hogy nem érezték lassabbnak a haladást. Ezek után arra törekedtünk, hogy az áttételek és a testhelyzet módosításával egy olyan kerékpárt hozzunk létre, amelynél a 20 km/h alatti sebességeket fogják kényelmesnek találni a felhasználók. Ehhez egy harmadik kerékpárt építettünk, ebben variáltuk a villa hosszát, a kerékméreteket, a kormány magasságát, a kormány és az ülés távolságát. Így igazolódott, hogy a maximum 20 km/h tervezési sebesség tartható, megfelelő körítéssel ezt a felhasználók nem érzik lassúnak.



2. ábra: a 3. próbakerékpár

Ezután a fékrendszert is ki tudtuk választani. A ráfra ható fékrendszerek ellenőrzésére minden nap szükség van, így ezek használatát üzemeltetői szempontból elvetettük. A hátsó kerék fékezésére a kontrafék tűnt a leginkább megfelelőnek, az első fék pedig a szintén karbantartásmentes görgős fék lehet. A kontrafék használatával megtakarítható a féket működtető huzal a hátsó keréknél, ami egy újabb egyszerűsítés karbantartási szempontból, valamint egy lehetséges hibaforrás kizárását is jelenti. A görgős fékek fékhatása rosszabb

minden más megoldásnál, de ilyen sebességeknél még tökéletesen működnek, és évi 1 vagy 2, nagyon alacsony költségű karbantartást igényelnek csak. A két sebességfokozatot használó feladat értékeiből jól látható volt, hogy a miskolci szintkülönbségek leküzdéséhez elegendő lehet a kétfokozatú sebességváltó is. A próbakerékpárokba beépítettünk ilyen sebességváltókat, de a tesztek során ezek nem bizonyultak elég megbízhatónak. Az intézetben számos sűrített levegővel hajtott jármű épült, ezekben gyakran használnak a hallgatók egy háromfokozatú agyváltót. Mivel ez jól bevált, az ilyen alkalmazásokban jelentkező nagy terheléseket is jól elviselő szerkezet, valamint az egyik legolcsóbb a piacon, ennek a kontrafékes változatát választottuk végleges megoldásként.

## 2.2 A kerekek és a gumibroncsok

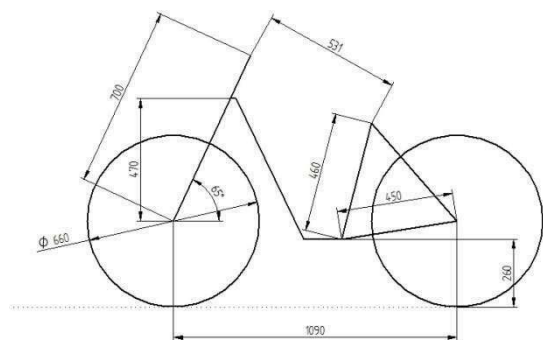
A tesztek során 28" és 26" méretű kerekekkel felszerelt kerékpárokat is használtunk. A nagyobb kerék egyértelműen komfortosabb, azonban itt is figyelembe kellett venni az üzemeltetői igényeket. A kisebb kerekeket ma is jellemzően terepre szánt kerékpárokból használják, így nagy a választék viszonylag olcsó, de nagy terhelhetőségű ráfokból és küllőkből. Ez pedig fontos, mert a felhasználók nem mindegyike tekinti sajátjának ezeket a járműveket, könnyebben előfordul, hogy nekimennek az útpadkának, vagy nem kerülük ki a kisebb akadályokat. Ezen kívül figyelembe kell venni, hogy így a kerékpárok is kisebbek lehetnek. Így kevesebb helyet foglalnak el a közterületeken és szállítani is könnyebb őket.

A gumibroncsok kiválasztásánál figyelembe kell venni, hogy defekt esetén a felhasználó nem tudja kiszerezni a kereket és megjavítani az abroncsot akkor sem, ha erre egyébként képes, mert a kerekek kiszéréséhez lopás elleni védelemként különleges szerszámokra lesz szükség. A felhasználónak pedig reális elvárása, hogy ezzel semmiképpen se kelljen foglalkoznia. Jelenleg futnak azok a tesztek, amelyek keretein belül az egyes abroncs típusok kopását és defektűrését, valamint a defektmentesítő megoldások hatékonyságát vizsgáljuk.

## 2.3 A váz és a villa

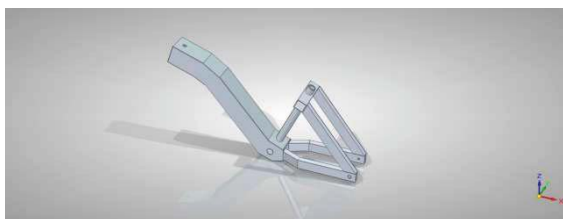
A kerékpár váza foglalja egy egységbe a többi szerkezeti elemet. A normál kerékpár vázakkal szemben ennek fokozottan nagy teherbírásúnak

kell lennie, védenie kell az elemeket lopás és vandalizmus ellen, valamint ki kell bírnia a hibás használatból származó sérüléseket. A váz fő méreteit a próbakerékpárokkal szerzett tapasztalatok alapján határoztuk meg. A legtöbb tesztelő által kényelmesnek ítélt méreteket rögzítettük egy vonalas ábrán.



3. ábra: a váz fő méretei a vonalas ábrán

Ez alapján készült el a váz prototípus terve, amelyet a műhelyünkben is le tudunk majd gyártani, mert csak csövekből és zártszelvényekből áll. Ezzel a vázzal elvégezhető a teljes kerékpár használhatóságát és üzemeltetési jellemzőit vizsgáló tesztek. A 4. ábrán látható modell Kelemen László tanársegéd munkája.



4. ábra: prototípus váz további vizsgálatokhoz

A prototípus váz alapján hallgatók készítettek olyan formaterveket, amelyek azzal azonos méretű alkatrészeket tudnak fogadni, valamint a szilárdsági jellemzőik is ugyanazok. Az 5. ábra Gávay Bence formatervező hallgató tervét mutatja be. Ezek a vázak nagy teherbírásúak, a normál kerékpárvázaknál nem jelentősen nehezebbek, de a belsejükben helyezhető el az akkumulátor és a motor vezérlője, valamint szintén a váz belsejében kapnak helyet a közösségi rendszer üzemeltetéséhez és használatához szükséges elektronikus elemek.



5. ábra: a végleges váz formaterve

A próbakerékpárokon a csomagtartókon elhelyezett, és a váz alsó csövéhez rögzített akkumulátorokat is használtunk, a tapasztalatok egyértelműen mutatják, hogy a vázban elhelyezett akkumulátor kedvezően befolyásolja a tömegközéppont helyzetét, így javítja a stabilitást, valamint a balesetekből és a használat közben a kerékpárt érő egyéb behatásokból származó sérülések ellen is védi az akkumulátort. Ezen kívül így az akkumulátor lopás és rongálás elleni védelme is a lehető legnagyobb mértékű.

Az eddig megtervezett vagy kiválasztott elemek közül a villa az utolsó. Ez vezeti az első kereket, de ebben a kerékpárban az első kerék hajtott, így ellen kell állnia a motor tengelyén ébredő forgatónyomatéknak is. A villaszög  $65^\circ$ , ez meredekebb a városi kerékpároknál megszokottnál, de az indokolja, hogy az első kerék meghajtása miatt a kerékpár egyenesfutása csak így megfelelő, laposabb villaszögnél könnyen eltér a nyomvonalától, ha a felhasználó hátranéz, vagy valami eltereli a figyelmét. A fékhuzal és a motor kábelkötege a villa belsejében fut, így a tervezésekor ezek helyigényét és hajlítási szögeit is figyelembe kellett venni.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatómunka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Innovációs Gépészeti Tervezés és Technológiák Kiválósági Központ keretében valósult meg. A cikkben/előadásban/tanulmányban ismertetett kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 projekt eredményeire alapozva a TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0002 jelű "Járműipari felsőoktatási és kutatási együttműködés" projekt részeként – az Új Széchenyi Terv keretében – a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.



# FOGASKEREKES HAJTÓMŰ AKUSZTIKAI VIZSGÁLATA

## ACOUSTICAL INVESTIGATION OF A DRIVING GEAR

Dr. Bihari Zoltán, PhD, Miskolci Egyetem  
Tóbis Zsolt, Miskolci Egyetem

### ABSTRACT

The goal of this paper is the acoustical investigation of a driving gear with small power – in this case an epicycloidal gear. We try to compare the sound power level determined by measuring, and the VDI 2159/1983 planning directive determined by calculation. This driving gear cannot be measured in real application area.

If the two methods give nearly equal result, we can calculate the sound power level of the driving gear in real building conditions. This method gives the opportunity to design driving gears with decreased noise.

### 1. BEVEZETÉS

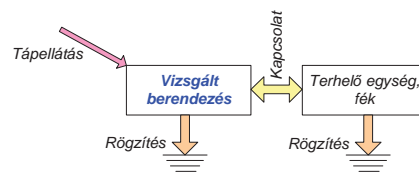
A vizsgálat célja olyan kis teljesítményű fogaskerék hajtóművek – jelen esetben bolygóhajtómű – akusztikai vizsgálata, amely során a méréssel megállapított forrásteljesítmény-szintjét szeretnénk összehasonlítani a VDI 2159/1983 műszaki irányelv által számított értékkel. Tudnivaló, hogy az irányelv műszaki paramétereinek értelmezési tartománya lényegesen eltér a jelenleg vizsgált hajtóműétől. Amennyiben a két eredmény mégis közel azonos értéket ad eredményül, azt bizonyítja, hogy az irányelv alkalmazható és megbízható eredményt ad más hasonló kis teljesítményű hajtóművek esetén is, valamint előre jósolhatóvá válik a várható forrásteljesítmény valós beépítési körülmények, illetve műszaki paraméterek között is.



1. ábra. A vizsgált bolygóhajtómű

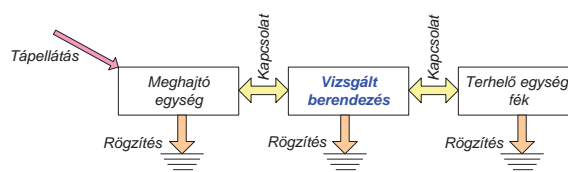
### 2. VIZSGÁLT HAJTÓMŰ ELEMZÉSE

Akusztikai szempontból a vizsgált berendezéseket általában két csoportra oszthatjuk: aktív és passzív eszközök. **Aktív** eszköznek nevezük azokat a berendezéseket, melyek önálló meghajtással rendelkeznek (pl.: kézi szerszám-gép, porszívó, légtechnikai berendezés), és azok egészére irányul a vizsgálat. Ebben az esetben csak az eszköz rögzítéséről és tápellátásáról, esetleg terhelés alatti vizsgálat esetén fékrendszer beépítéséről kell gondoskodni (2. ábra).



2. ábra. Aktív eszköz mérési blokkja

**Passzív** eszközök esetén a vizsgálni kívánt részegység önálló mozgásra nem képes (pl.: hajtóművek, görgők, csapágyak), annak meghajtásáról egy külső egység alkalmazásával kell gondoskodni ahhoz, hogy a mérés elvégezhető legyen. Ehhez társul az előzőekben ismertetett rögzítési feladat, ill. terhelés alatti vizsgálat esetén esetleg fékrendszer csatlakoztatása (3. ábra).



3. ábra. Passzív eszköz mérési blokkja

A fogaskerék hajtóművek a passzív eszközök csoportjába sorolhatók. Ez lényegesen bonyolultabbá teszi a mérést, hiszen akár léghangot, akár testhangot mérünk, a kiegészítő berendezés saját zaja, ill. rezgése teljes mértékben nem szűrhető ki, így zavaró hatással lehet a mért eredményre nézve. Tehát a gondos kialakítás a mérés sikerének záloga.

Esetünkben a valós körülmények közötti vizsgálat azért nem lehetséges, mert a hajtóművet

meghajtó univerzális motor zaja lényegesen nagyobb, mint a hajtómű által kibocsátott lég-hang. Így egy speciális vizsgálópad megépítése javasolt, amelyben egy olyan meghajtó egységet választunk a működtetésre, amelynek akusztikai tulajdonságai lényegesen jobbak az eredeti motornál. Természetesen ezzel együtt jár, hogy eltérő lesz a teljesítmény és fordulatszám, azaz a névleges nyomaték értéke is.

### 3. MEGHAJTÓ EGYSÉG KIVÁLASZTÁSA

A passzív eszközök meghajtó egységének kiválasztása alapvetően a mozgás típusától függ. Esetünkben a fogaskerekes hajtómű meghajtásához a forgó mozgást megvalósító egységek jöhetnek szóba. Kézenfekvő megoldás a villamos motorok alkalmazása. A motor kiválasztásánál az alábbi szempontokat vettük figyelembe:

- Fordulatszám;
- Nyomaték;
- Teljesítmény;
- Dinamika;
- Szabályzás kivitele;
- Karbantartás;
- Élettartam;
- Ár;
- Zaj-rezgés.

Minden paramétert figyelembe véve a mérés elvégzésére a váltakozó áramú aszinkron motor, vagy az egyenáramú villanymotor a legmegfelelőbb választás. A másik fontos szempontja a mérés összeállításának a gerjesztő egységek zaj- illetve rezgés-szigetelése. A működtető egység zaját olyan mértékben kell csökkenteni, hogy a vizsgálat eredményét ne befolyásolja számottevően (10 dB-es különbség).



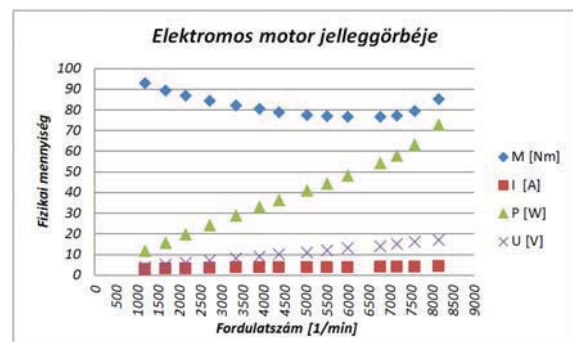
4. ábra. RS-775VC-5529 típusú motor

Az egyenáramú motorok széleskörű felhasználásának egyik oka, hogy a fordulatszámukat viszonylag egyszerűen lehet változtatni. Az egyenáramú motor fordulatszámja függ a kapcsoló feszültségtől, az armatúraáramtól, az armatúrák ellenállásától és a fluxustól. Ezek alap-

ján háromféle fordulatszám változtatási mód terjedt el:

- a. A fluxus csökkentésével a fordulatszám növelhető.
- b. Előtét ellenállással a motor fordulatszámát csökkenthetjük.
- c. A motor kapcsoló feszültségének változtatásával egyaránt csökkenthető és növelhető a fordulatszám.

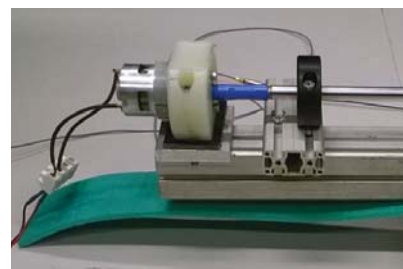
Részben a fent felsorolt okok miatt, részben technikai okok miatt az RS-775VC-5529 motorkóddal ellátott egyenáramú motor került beépítésre. A fordulatszám szabályozása a tápfeszültség változtatásával megoldott. A vizsgálatok megkezdése előtt célszerűségi okokból mérésel meghatároztuk a választott elektromos motor jelleggörbéit. A választott egyenáramú motort a 4. ábra, a jelleggörbéit pedig az 5. ábra mutatja.



5. ábra. Egyenáramú motor jelleggörbéje

A felvett adatok alapján a vizsgálatokhoz 12V tápfeszültséget választottunk, amely esetén az egyenáramú elektromos motor üresjáratú fordulatszáma körülbelül  $n = 5400$  [1/min] volt.

A választott egyenáramú motor által keltett gerjesztést rezgéselnyelő elemek alkalmazásával, valamint rugalmas tengelykapcsoló beépítésével (6. ábra) csökkentettük a vizsgálatok szempontjából kedvezőnek tekinthető értékre.

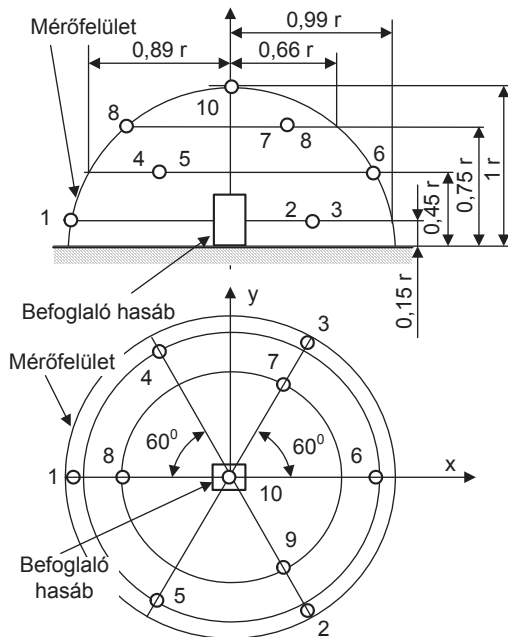


6. ábra. Rugalmas tengelykapcsoló a rezgések szigetelésére

#### 4. A FOGASKERÉK BOLYGÓMŰ AKUSZTIKAI FORRÁSTELJESÍTMÉNYÉNEK MEGHATÁROZÁSA

A fogaskerekes hajtómű forrásteljesítményét beépített működési állapotban nem lehet pontosan meghatározni mérésrel, mivel a járulékos zajforrások a mért eredményeket meghamisítják, értékelhetetlenné teszik. Ezért külön erre a célra megépített akusztikailag zajszegény vizsgáló pad megépítése javasolt.

Az akusztikai hangteljesítmény-szint meghatározása burkolófelületes mérési eljárással történik. A vizsgálathoz több mérési pontra van szükség, amelyek a zajforrás sugárzó felületeitől egyenlő távolságra elhelyezett képzeletbeli mérőfelületen helyezkednek el. A mérési pontok geometriai elhelyezkedését a 7. ábra tartalmazza.



7. ábra. A mérőfelület jellemző méretei

A megadott pontokban a tercsávonkénti A-hangnyomás-szinteket kell mérni. Ebből meg kell határozni a térbeli átlagértéket (1).

$$L_{pm} = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N 10^{0,1 \cdot L_{pi}} \right] = 64,2 [dB_A] \quad (1)$$

A térbeli átlag felhasználásával a képzeletbeli félgömb alakú mérőfelület alapján az akusztikai teljesítmény-szint számítható (2). A teljesítményszint meghatározására a Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet Akusztikai

Laboratóriumában került sor, amelynek végeredménye:

$$L_w = L_{pm} + 10 \cdot \lg \frac{S}{S_0} - K_2 = 69,2 [dB_A] \quad (2)$$

#### 5. A FOGASKERÉK HAJTÓMŰ FORRÁSTELJESÍTMÉNYÉNEK MEGHATÁROZÁSA A VDI 2159/1983 MŰSZAKI IRÁNYELV ALAPJÁN

A fogaskerék hajtóművek forrásteljesítményének, illetve hangteljesítményszintjének meghatározására számos elméleti kutatás található a témával foglalkozó szakirodalmakban. A gyakorlati méréseket tekintve RWTH (Aachen) tevékenysége meghatározó. Munkájuk eredményei egy műszaki irányelvben jelentek meg, és máig jó alapot képeznek a tervezési fázisban történő forrásteljesítmény (hangteljesítményszint) meghatározására fogaskerék hajtóművek esetén. A számítási eredmények a hajtóművek 80 %-ára, 90%-os valószínűséggel érvényesek. A statisztikai módszerekkel megállapított A-teljesítményszint 80%-os megbízhatósággal bolygóhajtóművek esetén:

$$L_{WA0}^{80} = 87,7 + 4,4 \cdot \lg \frac{N}{N_0} + C [dB_A] \quad (3)$$

ahol N a mechanikai teljesítmény [kW] egységben,  $N_0$  a teljesítmény referencia értéke:  $N_0 = 1$  kW, a C konstans, értéke:  $-7 \dots +2$  között változhat.

A fenti egyenletet csupán kiinduló alapnak szabad tekinteni. A tényleges érték meghatározásához a hangteljesítmény-szintet befolyásoló, különböző tényezőket kell figyelembe venni. Ez alapján a tényleges forrásteljesítmény-szint:

$$L_{WA} = L_{WA0} + \sum_{i=1}^n K_i [dB_A] \quad (4)$$

ahol a már ismertett jelöléseken túl a „K” az egyes módosító (korrekciós) tényezőket jelöli. Korrekciót jelent minden olyan hatás, amely a gerjesztést befolyásolja. Ezek:

- Fogazatgeometriai tényezők;
- Technológiai tényezők;
- Hiba tényezők;
- Üzemi tényezők;
- Konstruktív tényezők.

A **fogazatgeometriai tényezők** közé sorolható a modul ( $m$ ), a fogszélesség ( $b$ ), az összkapcsolószám ( $\epsilon\gamma$ ), a fogferdeség ( $\beta$ ), a profillenyesés vagy profilkorrekció, a fogdomborítás, a profileltolás ( $x$ ), a foghézag ( $j$ ) és a kapcsolószög ( $\alpha$ ).

**Technológiai tényező** a technológiai eljárás, a felületkezelés és a bejáratás.

A **hibatényezők** közé sorolható valamennyi fogazati és szerelési hiba (pl.: egyedi osztáshibák, gördülési hibák, alapkör hiba, kapcsolószög hiba, az érintkezési pontosságot befolyásoló hibák, fogirányhiba, tengely párhuzamossági hiba, tengelykitérési hiba, a sugárirányú ütés és a fogazathatárok be nem tartásából származó fogazati hibák (alámetszés, interferencia, fogkihagyás, kapcsolószám elégtelenség)).

Az **üzemi tényező** a fordulatszám, a terhelés és a ténylegesen megvalósuló kenési állapot.

**Konstruktív tényezők** közé sorolható a ház, valamint a fogaskeréktest kialakítása.

Mindezen hatásokat figyelembe véve a vizsgálat tárgyát képező hajtómű számított várható forrásteljesítmény-szintje:

$$L_{WA} = L_{WA0} + \sum_{i=1}^n K_i =$$

$$= L_{WA0} + K_f + K_t + K_h + K_{\dot{u}} + K_k \quad (5)$$

$$= 67,6 [dB_A]$$

## 6. MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE – ÖSSZEGZÉS

A mérések eredményeit felhasználva számításal meghatároztuk az akusztikus forrásteljesítmény-szintet. Végeredményül  $L_W = 69,2 dB_A \sim 69 dB_A$  értéket kaptunk. A meghatározott hangteljesítmény-szint pontosságát illetően némi bizonytalanságot jelent a kezdetleges vizsgálat berendezés. Javasolt a továbbiakban ennek finomhangolása, esetleg áttervezése, fejlesztése. Elvégeztük a VDI irányelv szerinti, illetve a műszaki irányelvben közölt, fogaskerék hajtóművek forrásteljesítmény-szintjére vonatkozó számítás, ahol figyelembe vettük a forrásteljesítményt befolyásoló tényezőket is. A számítás eredményeképpen  $L_W = 67,6 dB_A \sim 68 dB_A$  értéket kaptunk. VDI szerinti módszert lényegesen nagyobb teljesítményű ipari hajtóművekre, valamint lefejtő eljárással készült fogaskerékekre dolgozták ki, így a végeredmény megbízhatósága nem ismert.

A mérés és számítás eredményét összevetve az eltérés – meglepő módon – csupán 1 dB. Eszerint a műszaki irányelv által közölt számítások és a Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet Akusztikai laboratóriumában elvégzett mérések jó egyezést mutatnak.

Mivel az összehasonlító vizsgálat kedvező eredménnyel zárult, így mérés nélkül, a műszaki irányelv felhasználásával meghatározható a hajtómű hangteljesítmény-szintje a valóságos üzemi körülmények között is.

Az akusztikus forrásteljesítményt befolyásoló paramétereket figyelembe véve pedig lehetőség nyílik egy csendesebb hajtómű tervezésére, illetve gyártására.

## IRODALOM

- [1] Smetana, C: Zaj- és rezgésmérés. Műszaki Könyvkiadó 1975. Bp. 222.p.
- [2] Dr. Kováts Attila: Zaj és Vibráció Diagnosztika jegyzet, Miskolci Egyetem. 2008.
- [3] Lipovszki Gy. – Sólyomvári K. – Varga G.: Gépek rezgésvizsgálata és a karbantartás Műszaki könyvkiadó 1981.
- [4] Kováts A.: Zaj- és rezgésvédelem. - Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 2005.
- [5] Kováts A.: Noise And Vibration of Geared Speed Reducers, Copernicus Programme Final Report (VDI 2159/1983 műszaki irányelv alapján), Miskolc, 1998.

## KAPCSOLÓDÓ SZABVÁNYOK

- [1] MSZ 11131 69. Zajmérés, mérési módszerek. Általános előírások. 1969.22.p.
- [2] MSZ EN 60704-1. Háztartási és hasonló jellegű villamos készülékek. A zajkibocsátás meghatározásának vizsgálati módszere.
- [3] IEC 60804. Integráló, átlagoló hangszintmérők (IEC 804:1985 + A1:1989) 39.p.
- [4] ISO 3744. Akusztika. Zajforrások hangteljesítményszintjének meghatározása hangnyomás felhasználásával. Műszaki módszer alapvetően szabad térben, visszaverő sík felett.
- [5] MSZ EN ISO 11688-1. Akusztika. A kis zajú gépek és berendezések tervezési irányelvei.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A bemutatott kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

# BIONIKA A TERMÉKTERVEZÉSBEN ÉS AZ OKTATÁSBAN

## NÖVÉNYI ÉPÍTÉSZET, ÁLLATI ÉPÍTÉSZET, TERMÉSZETI ÉPÍTMÉNYEK

### BIONICS PRODUCT DESIGN AND EDUCATION

PLANT ARCHITECTURE, ANIMALS ARCHITECTURE, NATURAL ARCHITECTURE

*Darabos Anita Iparművész, Konzulens: Dr. P. Szűcs Julianna Csc habil, PTE,  
Külső konzulens: Dr. Szabó Krisztina PhD, Budapesti Corvinus Egyetem, Tájépítészeti kar*

## 1. BEVEZETÉS

A Természeti környezet megfigyelése, megismerése minden történelmi korban, társadalmi kultúrában fontos volt. A modern ember eltávolodása, elszakadása a természettől, törvényszerű volt, hiszen mindent újra akart alkotni, jobban akart csinálni. Az írásbeliség megjelenésével egy időben megjelentek a természet másolásáról szóló könyvek, írásművek, publikációk. Napjainkban is jelen vannak a különféle tudományos kiadványokban, melyek tanulmányozása nyújtott segítséget értekezésemhez. Növények, állatok – természet által alkotott természetes építmények napjainkban is jelen vannak, példaképnek tekinthetők. A biológiai analógiák elemzése, működésük átvétele fontos számunkra nem csak a jól működő tárgyak esetében, ha nem a védelmet nyújtó építményeink esetében is.

## 2. MUNKAHIPOTÉZIS

Az értekezés a természetben található építmények elemzésével foglalkozik. Növényi építészettel, állati építészettel és nem utolsósorban a természeti építményekkel. A növényekből építenek az állatok, az állatok vázaiból pl.: zátonyok képződnek melyek feltöltődve – újabb szárazföldi területeket eredményeznek. Ez egy örök körforgás mely soha nem áll meg – az ember meg minden szegmensbe bekapcsolódik, illetve felhasználja azt. A kutatás főbb lépései az alábbi pontokban határozhatók meg, melyek mindhárom téma feldolgozásánál szolgálnak.

- Természeti analógiák vizsgálata
- Természeti analógiák rendszerezése
- Ezeknek az adaptációknak a felsorolása
- Természeti adaptációk integrálása a tervezési folyamatokba
- Alkalmazhatóság igazolása

## 4. NÖVÉNYI ÉPÍTÉSZET



1. ábra

2. ábra

1. ábra Ghana agyagból és fa cölöpből álló vályogháza.

2. ábra *Euphorbia grandialata*

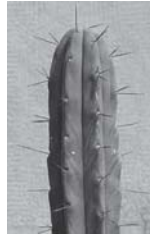
A 1-2. ábrán látható épület és pozsgás növény szinte egymás tükörképei. Valóban egymás mellett élő két objektum.

Az ott élő emberekre, kultúrájukra, tárgyalakításukra hat a környezetükben élő növények, illetve állatok képe. De ez nem csupán formai azonosság, hanem szerkezeti hasonlóság is, hiszen a tövisalapok helyzete, a szállítónyalábok iránya megegyezik a vályogfal és annak merevítésére szolgáló facölöpök szerkezetével.

A következő példa, Doha Tower és a *Echinopsis pachanoi*.



3. ábra



4. ábra

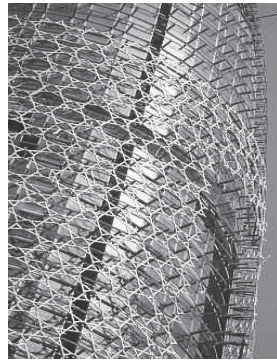
3. ábra DOHA TOWER, Qatar (2012) Ateliers Jean Nouvel [1]

4. ábra Echinopsis pachanoi kevés, de széles bordákkal jellemezhető. A külső sziluett és a szín kontraszt arány azonossága figyelhető meg a (3. és a 4. ábrán), ahol a Doha Tower épületének aránya, a csúcsi kiemelkedés az Echinopsis pachanoi kaktuszfaj analógiájára vezethető vissza. Merevítési, rögzítési azonosságokat (bordák) csak mélyebb összehasonlításnál vehetünk észre. Stabilitását talajba mélyített „karjaival” oldja meg, a cölöpalapozással illetve a növény esetében karógyökérrel.

A külső felületi rétegek analógiájára is alkalmas a Doha Tower, háló rendszerét egy szemölcs kaktusz tövisezettségével összevetve, formai és funkcionális azonosságot is felfedezhetünk, hisz részben a hőmérséklet kiegyenlítésére is szolgál mindkettő.



5. ábra



6. ábra

5-6. ábra Doha Tower külső fémrács burkolata.



7. ábra



8. ábra

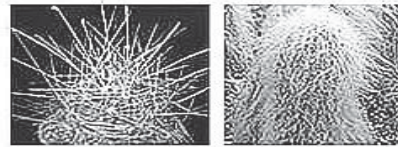
7-8. ábra Mammillaria matudae.[2]  
Jól látszik a tövisekből kialakuló árnyékoló rácsrendszer, mely pont úgy működik, mint a korábban említett fém rács az épület külső homlokzatán.

## 5.NÖVÉNYI FORMARÉSZEK ÉS ÉPÜLETFORMÁK ÖSSZEHOSONLÍTÁSA

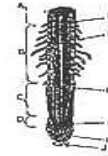
### Növényárnyékolás



### Védelem



### Mélyrehatóló karó gyökérzet

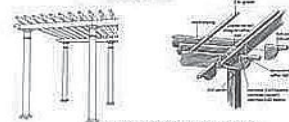


### Sekély, szerteágazó gyökérzet



9. ábra

### Épületárnyékolás

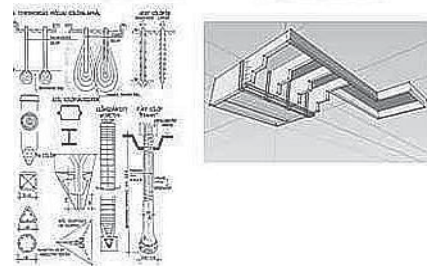


### Fém árnyékolók



### Cölöp alapozás

### Sáv alapozás



10. ábra

A 9-10. ábra összehasonlító növényi és épület, épületelemek példákat soroltam fel és állítottam párhuzamba.[3]

„AZ ÉPÜLET EGY HATALMAS TÁRGY”  
 .Thomas Heatherwick designer véleménye.

## 6. AZ ÁLLATI ÉS EMBERI ÉPÍTMÉNYEK PÁRHUZAMBA ÁLLÍTÁSA



11. ábra

12. ábra

A 11. ábra Selyem madár szövött fészke.

12. ábra Tüskemenedék ágakunyhó, ősi emberi építmény.

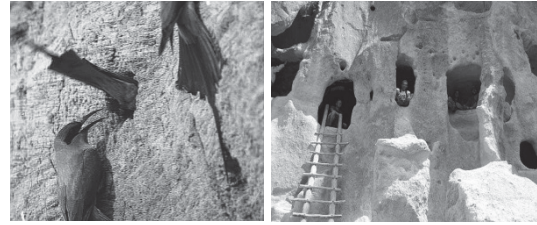
**J.Scott Turner biológus** szerint azok a nem emberi teljesítmények, melyek azonosak vagy meg is haladják a humán építményeket, kérdéseket vetnek fel az önképünkkel kapcsolatban: - „Kizárjuk, hogy más teremtmények is képesek a szándékos cselekvésre? Vagy azt hisszük, hogy a mi szándékos tervezésünk egy egészen sajátos tulajdonság, amelynek sehol nincs előképe az élővilágban, ahonnan mi is származunk?” – Az, hogy mi nem vagyunk képesek a másik intelligenciáját megérteni, nem jelenti azt, hogy az nem is létezik

Eddigi értelmezésem alapján úgy gondolom, léteznie kell egy információ tartománynak melyet öröklünk, amely az anyagok felismerését, használatát védelmünk (fészünk) kialakításánál használja, illetve eddigi megoldási példákat tárolja. Nem szabad lebecsülnünk az állati építményeket. Elemezve azokat, új eredményeket érhetünk el, saját építményeinkre átírva. Ebben a fejezetben ezt a témát járom körbe részletesebben, példákkal illusztrálva.

Egy ismert **kortárs darwinista Richard Dawkins** az állatok építményeiben „a gének hosszú karjának” működését látja. „Egy organizmus génjének másik stratégiáját látja

bennük, amellyel az átsegítheti magát a következő generációba.”.

### 6.1. HOMOKFAL ÉPÍTMÉNY



13. ábra

14. ábra

13. ábra Carmine madár homokfalba épült fészekürege.

14. ábra, Pueblo People ember alkotta barlanglakások.

### 6.2. SZALMA ÉPÍTMÉNY



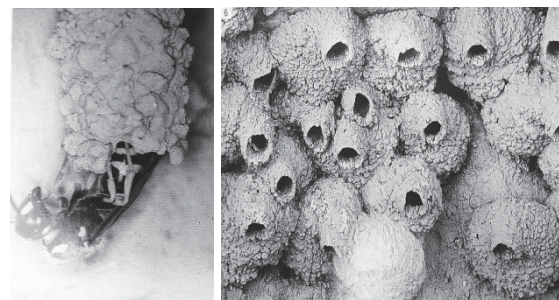
15. ábra

16. ábra

15. ábra Telepes szövőmadár fészke.[4]

16. ábra „Ember alkotta szalma ház Afrikában.

### 6.3. AGYAG ÉPÍTMÉNY



17. ábra

18. ábra

17. ábra Lopódarázs agyag építménye. Agyagból formál építményt a lopódarázs is, 3 nap alatt építi meg a kúp alakú házat.

Sárcsomókat szállít a száj üregében, csík alakban simítja el őket soronként. Az agyagból készült kiszáritott építményt megtölti lebényt, megcsontolt pókokkal, melyek

mellé behelyezi utódja lárváját, majd gondosan befalazza a bejáratot.

18.ábra *Fecskefészek* agyag építmény. A környezetében található vízínövény szájakat beleszövi az építményébe.

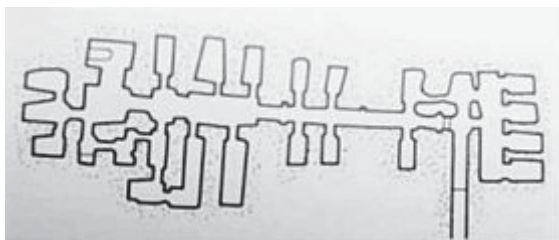


19.ábra

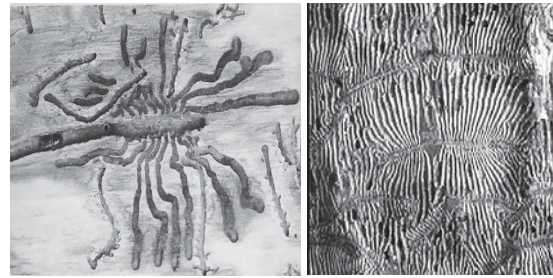
19.ábra *Ghána, Csád területén található emberi agyag építmény.* A Ghana, Csád kunyhói a mai napig fennállnak. Szilárdan rögzített vázukat faágakból készítik, és agyagréteggel vonják be. A képeken épületek sora vesz körül egy udvart, az épületek nagyjából kör alakban helyezkednek el, közeiket vályogfalak töltik ki. Az egyes épületek belső átmérője 3-4 m közötti.[5]

## 6.4.SZÚ ÉS AZ EMBER ÉPÍTMÉNYEI

Egyiptomi építészet, sírkamrák – az állati építészet hasonlóságára találtam itt is példát. A szú meghökkenítő táplálkozási furata, amely egyben lakó ürege, utódai bölcsője útra bocsátó járata is. Ezt tanulmányoztam és közben az egyiptomi sírkamrák elhelyezkedése rajzolatai jutottak eszembe. A fűrt folyósok kamrák létrehozása hasonlatos, mint a Szú esetében, a szülő és az utódok elhelyezése a járatokban. Szilárd anyagba gyors furatrendszerek készítése hasonló alakzatokat eredményezett, két eltérő fajnál.



20.ábra *Saqqara 3080 számú sír 1-2. din. i.e. 3100 – 2650.*[7]



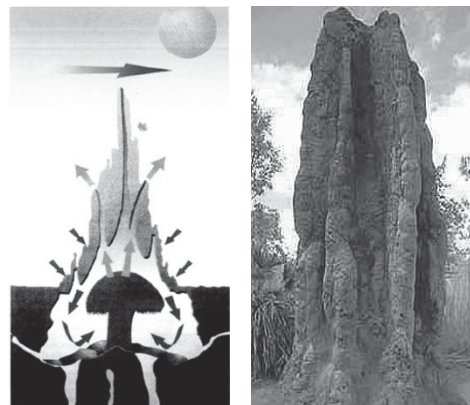
21.ábra

22.ábra

21-22.ábra *Szú rágta fafelület, táplálkozás és egyben építés.*[9]

## 6.5. TERMESZVÁR ÉS A PLÁZA

A természetvár olyan, mint egy miniatűr város, néhány százezer természet él fent és a földalatti alagutakban. A rovaroknak sikerült tartani viszonylag stabil állandó hőmérsékletet. Korunk Plázája Moloney építész Zimbabweben alkotta 1996-ban épült irodaház és bevásárlóközpont komplexumát, Eastgate Center természetek által létrehozott építmények inspirálták. Nem csupán a formavilága, ha nem a természetvárak működése, hűtése – fűtése is analógiául szolgált. A természeti analógiára épült pláza az energia fogyasztása csupán a 10% a hozzá hasonló épületekhez képest.[10]



23-24.ábra *Termeszvár szellőztetése*

## 7.TERMÉSZETI ÉPÍTMÉNYEK

A környezet megfigyeléséből származó ismeretek minden történelmi kor és társadalmi kultúra meghatározó részét képezték már a kezdetektől. Bolygónk arculata egyedülálló. A Föld domborzata, formáinak és folyamatainak változatossága példa nélküli. A vastag légköre és bőséges vízkészlete nem csak lehetővé tette és fenntartotta az életet, hanem jellegzetes módon formálta a felszínt. A víz sokféle



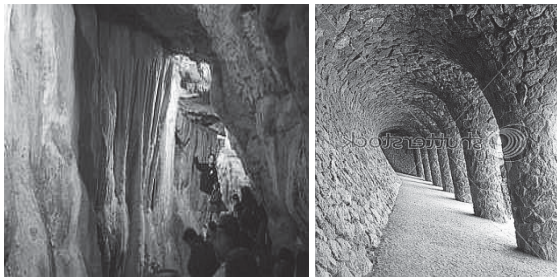
formában – léggöri páráként, jégként, a föld felszínén és a felszín alatt – járult hozzá a hegységek, a síkságok és a partok jellegzetes arculatának kialakításához. A földi tájak arculatukat a bolygó belső dinamizmusának és egyedülálló léggöri tényezőinek köszönhetik.

„Földünk dimenziói és struktúrájának absztraktívítása, sokfélesége csak madártávlatból érzékelhető igazán. Vajon mindez, ami elénk tárul az a természet törvényszerűségeinek megnyilvánulása, vagy csupán véletlen, magával ragadó műalkotás, a természet csodái, a Föld művészete?”

**Bernhard Edmaier** – Geo Art fotósorozatának készítője

## 7.1. TERMÉSZETI KÉPZŐDMÉNYEK MELYEK ÉPÍTÉSZEINKRE HATOTTAK

Gaudí alkotásai és a cseppkőképződmények párhuzamba állításánál jól megfigyelhetők az azonosságok. Barcelonában a „Cova de Sant Miquel” képződményeit jól ismerhette Gaudí.



25.ábra

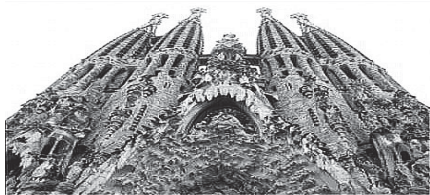
26.ábra

25.ábra Barcelona „Cova de Sant Miquel”

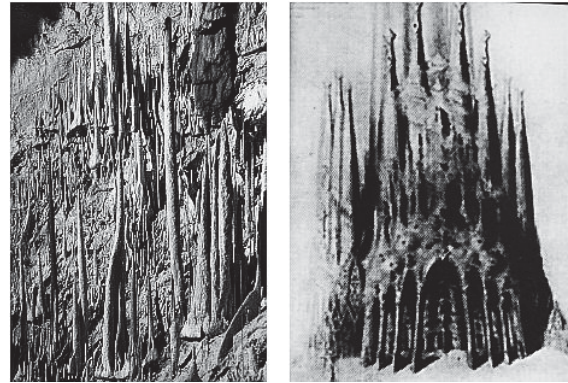
26.ábra Gaudí alkotás Guell-park,



27.ábra Barcelona „Cova de Sant Miquel”



28.ábra Barcelona Sagrada Familia



29-30.ábra Csepkő- Gaudi épület rajza

### Zaha Hadid

Iraki születésű, az Egyesült Királyságban élő és alkotó építész, 2004-ben Pritzker – díj első női díjazottja lett. 2010 –ben a brit királyi akadémia Stirling- díjjal tüntette ki, a romai MAXXI múzeumért. Sajátos és jól felismerhető egyéni karaktert hozott létre, melynek alap analógiáját a jég egyik megjelenési formájában vélem felfedezni. A Biomorf építészet egyik nagy egyénisége. Bármilyen léptékű tárgyat alkot, épületet vagy cipőt ez a formai grafikai vonalvezetés, erős karaktervonással megjelenik alkotásában. A Ferenc József-gleccser a Déli-Alpokban, Új-Zéland déli szigetén, jégmasszívum hasadékok. Melyek a meredek völgybe alázuhannak, rések keletkeznek, és ez által megnyúlnak. A hasadékok csak 30 m mélyek, ez alatt a jég már nem képes meghasadni, mert a ráakadó rétegek nyomása alatt képlékenyen viselkedik.



31.ábra Ferenc József-gleccser a Déli-Alpokban, Új-Zéland déli szigetén[11]



32.ábra Zaha Hadid szuper jacht terv



33.ábra Zaha Hadid szuper jacht terv

[7]. Kunkovács László.: Ősépítmények, népi építészetünk archaikus rétege, Kós Károly .Alapítvány, Örökség Könyvműhely 2000.

[8]. Henri Stierlin.: Ősi korok építészeti csodái, Történelmünk az égből nézve, SCOLAR Kiadó, 2005.

[9]. Móczár László.: Rovarbölcsők, Gondolat Kiadó Budapest, 1987.

[10]. Kurt Günther, Hans Joachim et al. Urania.: Állatvilág, Rovarok második kiadás, Urania Tierreich insekten, Gondolat Kiadó Budapest, 1975.

[11] Bernhard Edmaier.: Geo Art , A természet csodái, Józsvöetség műhely Kiadó, 2003

## 8.IRODALOMJEGYZÉK

[1] Gianpaola Spirito, Antonino Terranova.: Modern Óriások, Napjaink legimpozánsabb felhőkarcolói, Alexandra Kiadó, Pécs 2008

[2] The Cactus Primer, Arthur C. Gibson and Park S. Nobel, Harvard University Press Cambridge, Massachusetts, London, England 1990

[3]. Farkas József.: Építmények alapozásának világtörténete, az őskortól a középkorig, Romanika Kiadó

[4]. GEO / A világot felfedezni és megérteni 2014. április Állati építészet – A természet fantasztikus létesítményei Építő – mesterek – írta: Hame Tügel, fényképezte: Ingo Arndt / 40 - 53 oldal/ Ausztrál szöveghangyától – szüboárig.

[5]. Istvánfi Gyula.: Az építészet története Őskor, Népi építészet, Nemzeti Tankönyvkiadó,.1997. Bp.

[6]. René Gordon.: Afrika a continent revealed, Conuntry Life Books 1980./ Ganvie, Nuba, Etiopia, Zimbabwe../

# TERMÉSZETES KÖRNYEZETTUDATOSSÁG

## NATURAL ENVIRONMENTAL AWARENESS

Dr. Dömötör Csaba, egyetemi docens  
Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet

**ABSTRACT** In the methodical machine designing the analogy based design methods are very important ways to reach the optimal solution of a particular problem. In such cases intuition is significant tool for engineers which needs preexistent acquirements and experiences. Man knows for a long time past that the largest experience-collection is accumulated in the nature. This article will show how we can learn from nature in the field of environmental awareness.

### 1. BEVEZETÉS

Az élőlények létfenntartásának alapfeltétele a szükséges tápanyagok elégséges mennyiségű elérhetősége és az azokból nyerhető energia minél hatékonyabb felhasználása. Ennek egyik fontos megnyilvánulása, hogy a természetben nincs hulladék, hiszen minden valami másik folyamatnak az alapanyaga [3]. Talán vitatható is a természet kapcsán hulladék-kezelésről beszélni, mégis az emberi kultúra ezen területéről ismert fogalmak többsége felismerhető egy-egy viselkedésformában vagy funkcióban.

A *szétszerelés* illetve *bontás* művelete például még ha más céllal is, de jelen van az élővilágban. Kézenfekvő példát szolgáltatnak itt maguk a lebontó baktériumok és férgek, melyek az elhullott organizmusok maradványainak eltakarítását végzik tápanyaggal feltöltve közben a talajt. Az akár felújítás utáni *újrafelhasználás* pedig az elhagyott, akár évekig lakatlan fészekbe költöző fiatal gólyák esetén tűnik fel, mely a madarászok megfigyelése alapján nem ritka jelenség. De a *továbbfelhasználás* sem idegen az élőlényektől, hiszen a hernyóalakú tegzeslárva által épített lakócsőben nem ritkák a kisebb megüresedett csigaházak, melyek így változatlan formában látnak el az eredetitől eltérő feladatot. (1. ábra.)



1. ábra.

*Tegzeslárva lakócsőve továbbhasznált alapanyagokból*

A hétköznapiakban leginkább az *újrahasznosítás* ismert, amikor is az elhasználandó tárgy a létrejöttével megegyező technológiai folyamaton megy át és így kap új, akár az előzőhöz hasonló formát. A természet a hulladékkezelés ezen formáját ritkán ugyan, de szintén alkalmazza, amikor a pókok elhasználandó hálójukat elfogyasztva kímélik meg szervezetüket a súlyos protein-veszteségtől, megteremtve a lehetőségét az új háló leginkább anyagtakarékos elkészítésének. A *továbbhasznosítás* alap gondolata viszont már az, hogy a hulladék formájának és az eredeti technológiának az együttes megváltozásával jár, ami miatt az ezt megvalósító természetes viselkedésformák sora első megközelítésben viszonylag rövid. Egy jellemző példaként a víziló ürítéskor való magatartása említhető, amikor farkával mintegy névjegyként szórja szét a vízben székletét, ezzel adva az egyébként feleslegnek tűnő anyagnak új funkciót. Ezen anyagok kijuttatását a mezőgazdasági trágyaszóró is hasonló elven és hatáshordozóval valósítja meg (2. ábra). Persze ilyen alapon minden territóriumot jelölő állat felruházható a hulladék-továbbhasznosítás készségével.



2.ábra.

*A hulladék továbbhasznosításának analógiája*

Az alapanyag-használat helyett az energiagazdálkodás mikéntjének oldaláról szemlélve a természetes megoldásokat kiderül, hogy nem egyszerűen csak a saját források minimalizált igénybevétele lehet előnyös, de sok esetben jelen van a külső – akár megújuló – energiaforrások aktív vagy passzív módon történő tudatos felhasználása. Így például a hullók napfürdőzése sem céltalan pihenés, hanem a hőszabályozási folyamat kikerülhetetlen része, hiszen ezek az állatok nem képesek testhőmérsékletük önálló megőrzésére.

Ennek nagy előnye, hogy így az emlősökkel és madarakkal ellentétben szervezetük melegen tartására nem használják fel a táplálékukból kivont energia jórészét, ezért kevesebb étellemmel is beérik, mint a hasonló tömegű melegvérű állatok. A napenergia ilyen elven való hasznosítása szoros párhuzamot mutat a napkollektorokkal, melyek lényegében ugyanazt teszik, mint a hullók, vagyis egy külső felületen felvett hőenergiát a csőhálózatukban keringetett folyadék segítségével továbbítják a belső terekbe (3.ábra).

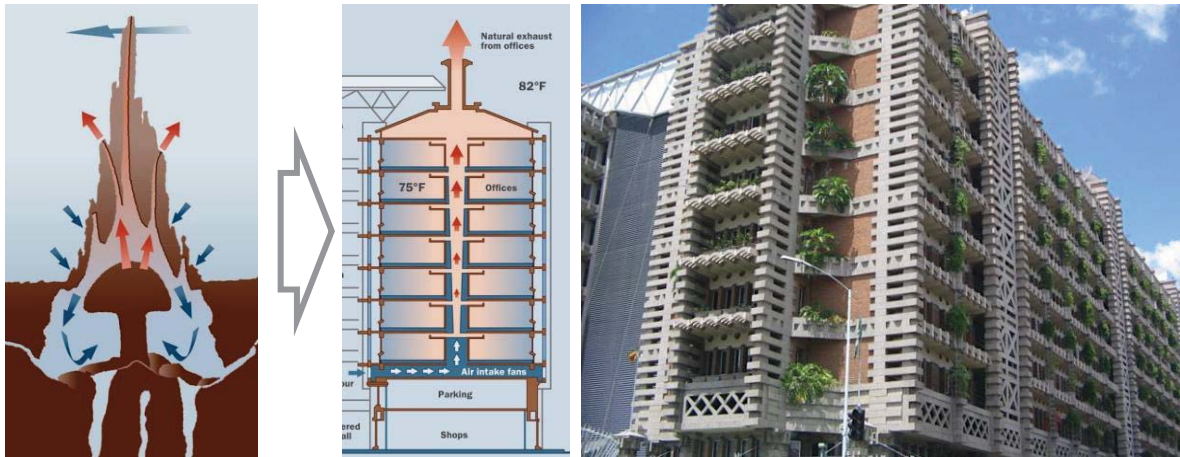


3.ábra.

*A gyíkok és a napkollektorok funkcionális analógiája*

Egy konkrét funkció energiafelhasználását fenntarthatósági és gazdaságossági szempontból vizsgálva jutottak el a mérnökök a természet szellőzését leutánozó irodaház megépítéséig. A Zimbabweben megépült *Eastgate Centre* tervezésekor ugyanis kihagyták a hagyományos légkondicionálást és fűtést, mégis a szokásosnál 10%-al alacsonyabb energiafogyasztás mellett sikerült megvalósítani az épület mindig megfelelő a hőmérsékletét. A természetek

építményeinek részletesebb vizsgálatára azért került sor, mert a rovarok a külső hőmérséklet drasztikus változásai mellett is képesek ezen architektúrával az általuk természetett gomba fejlődéséhez szükséges állandó mikroklíma biztosítására. A megoldás lényege a nyitható és zárható hűtő- és fűtőkürtökben rejlik, mely a betonból készült épületnél ugyanolyan jól működik, mint a természetéknél (4.ábra).

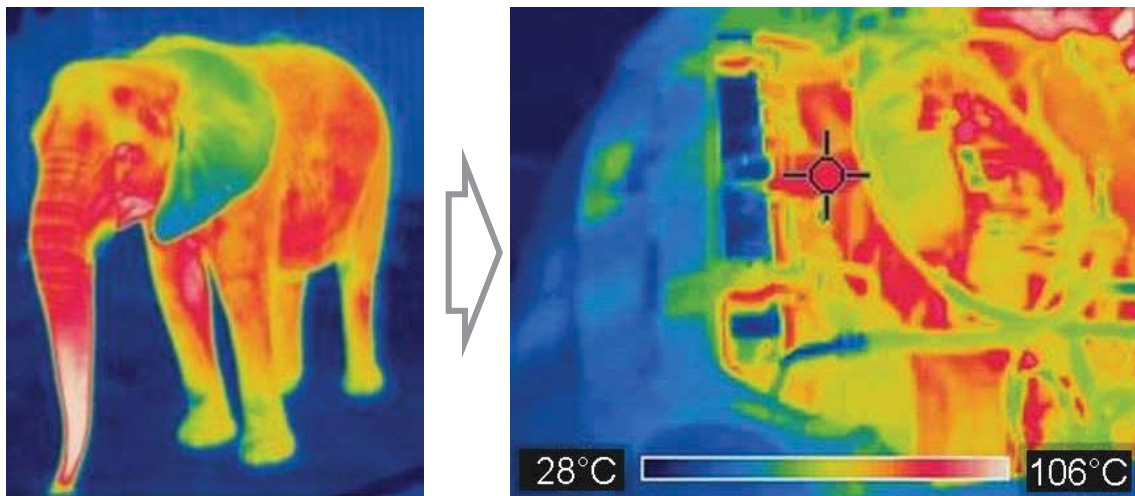


4. ábra.

*A természetes szellőzési rendszere és az Eastgate Centre*

A hőleadás mozgó levegővel való ösztönzésének másik módja a jól szellőző, nagy felületű hőcserélők alkalmazása. Ilyen funkcionális hasonlóság az afrikai elefántok és az autók hűtése között figyelhető meg. Az állat hatalmas füleit véretek hálózák be, ennek segítségével képes testének hőmérsékletét

szabályozni, hiszen a szabadon mozgó fűlek jó hőleadást biztosítanak. Ugyanezen az elven működik a gépkocsik motorjának hűtését szolgáló, kapilláris csöveiben hűtőfolyadékot keringető hűtőrendszer is, amely a motor hőjét a hűtőradiátoron keresztül hatékonyan adja le (5. ábra).



5. ábra.

*Hűtőfelület az afrikai elefánt és a gépkocsi esetében*

A test megfelelő hőmérsékletének elérésén vagy annak hűtésén kívül az élőlények számára gyakran jelent problémát a gyors kihűlés veszélye. Ez ellen az állatok többnyire jól szigetelő zsírréteggel illetve a test körül kialakuló meleg levegőréteg megőrzését szolgáló vastag szőrzettel védekeznek. Az emberi bőrön hideg hatására tapasztalható libabőr is egy ősi hőszabályzó mechanizmus része, amely során a test szőrszálakat felemelő izmainak munkájával termelt hőt a felegyenesedő szőrök egyúttal a test közelében is tartják.

A jegesmedvék azonban a hőszigetelés és hőfelvétel összetettebb formáját valósítják meg. Világos szőrszálai ugyanis üregesek, így gyakorlatilag optikai szálként működve a nap fényét az állat egyébként sötét bőréhez irányítják, ami kiválóan alkalmas hő felvételére. A napenergia ilyen formán való felhasználásának analóg megfelelői a házak tetejétől a mennyezetig vezető fénycsatornák, melyek természetes napfényvel látják el az ablak nélküli helységeket. Ennél jóval látványosabb példa a Heatherwick Studio által a 2010-es Sanghaj Expóra készített brit pavilon,

mely a *Seed Cathedral* nevet kapta. Nappal a fényt 60.000 db 7,5 m hosszú átlátszó optikai a szál vezet a belső térbe, így megvilágítja azt,



míg éjjel a rudakban elhelyezett fényforrások teszik az épületet kívülről is ragyogóvá [7] (6.ábra).



6.ábra.

Ezen néhány kiragadott példát szemlélve is újra megállapítható, hogy a természetben fellelhető hatások a műszaki alkalmazások szinte bármely területén hatékonyan alkalmazhatók. Ennek mikéntjére a bionika témaköreit tárgyaló szakirodalmak javaslatokat is adnak. [8]

## 2. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] DÖMÖTÖR, Cs.: A természeti intuíció hatása a termékfejlesztés gyakorlatára, GÉP, Vol.65, No.2., ISSN 0016-8572, Miskolc, 2014., pp.23-26
- [2] DÖMÖTÖR, Cs.: Természeti analógiák adatbázisa, statisztikai elemzése és alkalmazási módszerei a koncepcionális tervezésben, Ph.D. értekezés, Miskolc-Egyetemváros, 2015.
- [3] BENYUS, J. M.: Biomimicry: innovation inspired by nature, Harper Perennial, 2002, ISBN 0-06-053322-6
- [4] NACHTIGALL, W.: Bionik: Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler Springer Berlin Heidelberg, 2002, ISBN 9783540436607
- [5] KOLLER, R.: Konstruktionslehre für den Maschinenbau, Springer-Verlag, Berlin, 1985., ISBN 3540630376
- [6] PÉTER, J., DÖMÖTÖR, Cs.: Ipari design a fejlesztésben, Miskolc-Egyetemváros, 2011. Elektronikus jegyzet
- [7] GASCHLER-GYEVIKI N.: Brit sün optikai szálakból, epiteszforum.hu, 2010. június 11., ISSN 1586-409X
- [8] VDI 6220: 2011-06 Bionik; Konzeption und Strategie; Abgrenzung zwischen bionischen und konventionellen Verfahren/

Produkten (Biomimetics; Conception and strategy; Differences between bionic and conventional methods/products). Berlin: Beuth Verlag.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben ismertetett kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 projekt eredményeire alapozva a TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0002 jelű "Járműipari felsőoktatási és kutatási együttműködés" projekt részeként – az Új Széchenyi Terv keretében – a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg."

## ACKNOWLEDGEMENTS

The research work presented in this paper/study/etc. based on the results achieved within the TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 project and carried out as part of the TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0002" Cooperation between higher education, research institutes and automotive industry" project in the framework of the New Széchenyi Plan. The realization of this project is supported by the Hungarian Government, by the European Union, and co-financed by the European Social Fund."

# FUNKCIÓSTRUKTÚRA VARIÁCIÓJÁNAK HATÁSA A HAJTÁSLÁNC VISELKEDÉSÉRE

## EFFECT OF FUNCTION STRUCTURE IN THE BEHAVIOUR OF THE PROPULSION CHAIN

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

### ABSTRACT

The behaviour of the dynamic systems can be realized by the analysis of energy transmission chain. The transformation chain realizes its job through the connection of functional units. The functional units in structure can take place in different connection systems, which can generate that place in the connection system and its solution influences behaviour of the system. This article presents the solutions of the functional units; what kind of effects are in the behaviour of the system.

### 1. INTRODUCTION

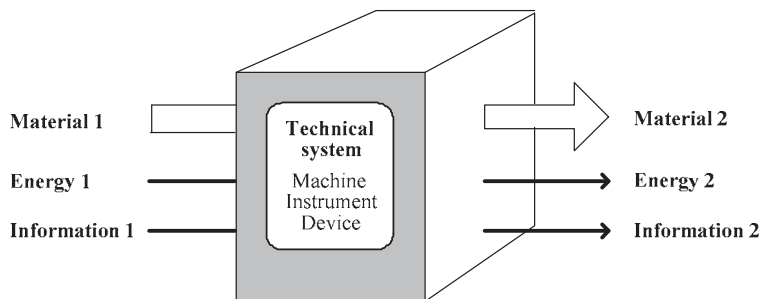
Technical systems can be defined for practice with static and dynamic system characteristics. For this paper static systems are not important. Dynamic systems can be characterized by the transformations that can be explained between the input and output of the system. Function defines transformation, which function has to be completed by the system. This function calls global function referring to the system. Following the example: energy of light from the solar radiation is to appear on the input, mechanical energy is to appear on the output. The energy components of this mechanical energy are to be the utilizable moment and the rotation angle of a rotating shaft. Information, starting and regulating sign need to operation of the system (Figure. 1.).

The global function of system can always be reduced to part and elementary functions which determine the behaviour of the system and possibilities of the constructional building styles of the system. The elementary functions ensure necessary basic operations for function of the system which have conceptual results (impact concept, result concept) and material realization. The elementary functions can be organized in structure whose internal binding structure can be varied. Thus essentially different solutions can be produced for the set task.

### 2. FUNCTION STRUCTURE AND ITS VARIATION OF THE PROPULSION CHAIN

Energy, its wiring (source) and its intake is needed for operational conditions of the dynamic system. Energy chain built in the product solves this task.

Elements of energy chain departing from known systems can contain element functions, like transformation, change (reduction, enlargement), process brake (connecting), conduction (transport of process element without changing), union (make two process elements together, or separately run in the chain). A propulsion chain can be seen on Figure 2., where mechanical energy (rotation with energy components) coming from two lines will make a system element to move.



*Figure 1. General describe of technical system*

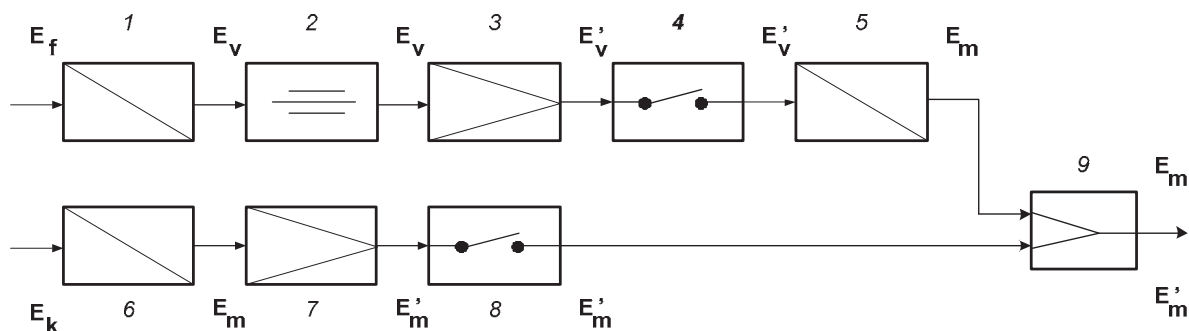


Figure 2. Alternative function structure of propulsion chain

One of the propulsion chain lines transforms energy of light to electrical energy (1), then con-ducts it (2), reduces its voltage (3), makes the process connectable (4), transforms the reduced voltage to mechanical energy (5) with rotating energy component. This rotation in the chain sets the touched element in motion, connect it in the chain (9).

The other chain line transforms chemical energy to mechanical energy (6) with rotating component, reduces its components (for example revolutions per minute) (7), makes it connect-able (8), then connects it in the propulsion chain in an alternative way (9).

Figure 3. shows a variation of the Figure 2. The input energy resources are constant (chemical and light). The order of functions to be realized are different. Functions in other place can be solved by various impact concept (physical, chemical, biological), which can generate result of the function not yet applied. Variation of function structure can yield a result that we can apply (connecting structure modifying) for function structure of an already operating system. Thus a conceptual result maintained by patent or a constructional result can be eluded by another impact concept.

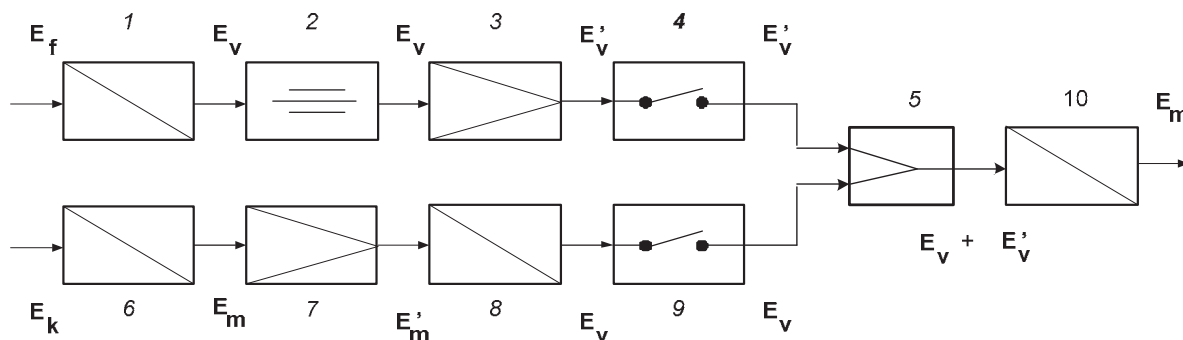


Figure 3. Variation of propulsion chain

The energy transmission systems within materialized functions can produce various results of energy chains. In the energy chain the input and output parameters of functions can be defined by their components which determine the current transformations.

On Figure 4. an energy chain can be seen, which has a stored high-pressure air as source of energy. The energy components in each functions transform as cross variable quantities in such a way that a rotating wheel appears on the output of energy chain.



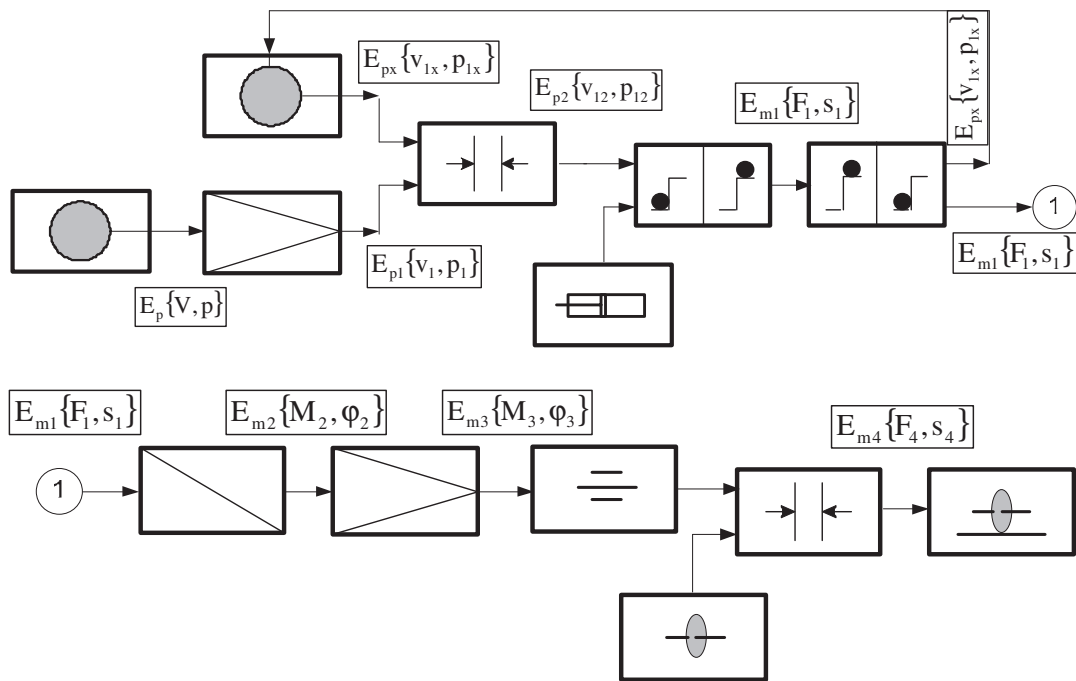


Figure 4. Pneumatic energy resource operated energy chain

### 3. TOOTHED ELEMENTS IN PROPULSION CHAIN

In the propulsion chain the toothed element pairs (for example: non-symmetric, straight toothed spur gear pairs) reduce or increase rev and/or moment as function. Quality of the toothed pairs contact has an effect on operating of the propulsion chain, precision of movement mapping.

In transmission chains applying of unchangeable direction of rotation can be considered as standard result. The reasonable opposite directional rotation can be inserted by a reversing facility. Increase of loading capacity, influence of dynamic behaviour helped tooth shape modification. Non-symmetric tooth shapes came to foreground. In case of involute profile applying the deviation from symmetry can be realized by various value of basic profile angle, as well as generating from different base circles.

The toothed element pairs have errors, which can be defects of fabrication (profile and pitch error, etc.) and defects of assembly. Defects have effect on load distribution between tooth pairs, and on deformation, which influences running elasticity and working regularity or roughness. That is why it should be a subject matter to further examinations, that load distribution between tooth pairs, deformation, fluctuation of rotation angle could be analytically calculated by taking defects into consideration. Figure 5. and 6. illustrate a possible of meshing modelling. Relation (1) describes a calculation concerning a meshing position considering spring rate.

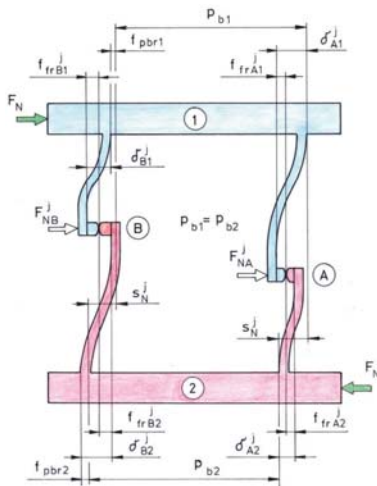


Figure 5. Load distribution of meshing teeth

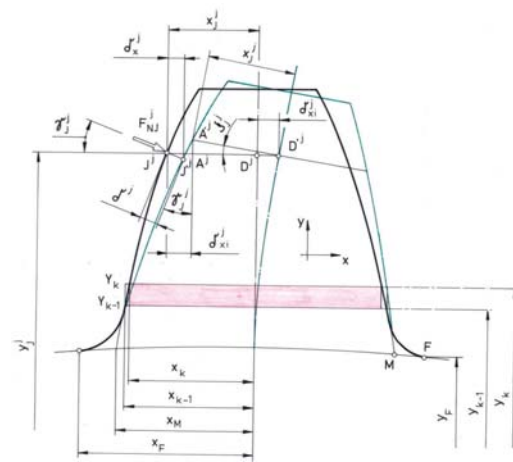


Figure 6. Deformations of tooth with general shape

$$S_N^j = \frac{c_{A1,2}^j \cdot c_{B1,2}^j \cdot F_N^j - c_{B1,2}^j \cdot f_A^j - c_{A1,2}^j \cdot f_B^j}{c_{B1,2}^j \cdot c_{A1,2}^j}, \quad \phi_2^j = \frac{S_N^j}{r_{b2}} \quad (1)$$

#### 4. SUMMARY

This article tried to introduce possibility of construction and variation of propulsion chains, in order to create several solutions, which are different from each other and they can have innovations at the same time. It showed, what kind of quality alterations can the constructional realizing of each function produce in each transmission chain solution.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The research has been supported by the “Highly industrialised region on the west part of Hungary with limited R&D capacity: Research and development programs related to strengthening the strategic future oriented industries manufacturing technologies and products of regional competences carried out in comprehensive collaboration” program of the National Research, Development and Innovation Fund (NKFI), Hungary, Grant. No. VKSZ\_12-1-2013-0038.

The research work also presented in this study based on the results achieved within the TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 project and carried out as part of the TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0002 „Cooperation between higher education, research institutes and automotive industry” project in the framework of the New Széchenyi Plan. The

realization of this project is supported by the Hungarian Government, by the European Union, and co-financed by the European Social Fund.

#### LITERATURE

- [1] Schäppi, B.-Andreasen, M. M.-Kirchgeorg, M.-Radermacher, F.-J.: Handbuch Produktentwicklung. Hanser Verlag, München-Wien. 2005. pp: 1-837.
- [2] Kamondi, L.: Új termék kifejlesztése és bevezetése, a piacra vitel ideje és az azt meghatározó tényezők (Társszerzők: Bercsey, Döbröczöni, Dubcsák, Horák, Péter, Scholtz), Miskolc 1997. Jegyzet a Phare HU 9305 program támogatásával, pp: 1/258.
- [3] Kamondi, L. - Takács, Á.: Objektum semleges géptervezés. Szakmérnöki jegyzet. Készült: „A felsőoktatás szerkezeti és tartalmi fejlesztése” CAD/CAM/FEM kompetencia kurzusok projekt keretében (HEFOP-3.8-P-2004-06-0012). Miskolc, 2006.
- [4] Koller, R.: Konstruktionslehre für den Maschinenbau. 3. Auflage-Springer-Lehrbuch. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 1994. pp: 1/580.
- [5] Vajna, S.: Integrated Design Engineering. Sringer-Verlag Berlin, Heidelberg. 2014. pp: 1/613
- [6] Drágár, Zs.-Kamondi, L.: Tooth root stress calculations for nonsymmetric tooth shape. GÉP, ISSN 0016-8572, LXIV. évf. 2013/6., pp. 25-28.

# FESZÜLTSEGOPTIKAI VIZSGÁLATOK FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEI 3D NYOMTATÁSI TECHNOLOGIA SEGÍTSÉGÉVEL

## OPPORTUNITIES FOR DEVELOPMENT OF COATING LAYERED OPTICAL PHOTOSTRESS INVESTIGATION BY 3D PRINTING METHODS

*Dr. Ficzer Péter<sup>\*</sup>, Dr. Borbás Lajos<sup>\*\*</sup>, Dr. Lovas László<sup>\*\*\*</sup>*

*<sup>\*</sup> egyetemi adjunktus, <sup>\*\*</sup> c. egyetemi tanár, <sup>\*\*\*</sup> egyetemi docens, BME, Járműelemek és Járműszerkezetanalízis Tanszék*

**ABSTRACT.** One of the most difficult task during the engineering design is to estimate the internal stresses of a loaded part. A useful method to analyse the stress distribution of a part is the application of a photoelastic coating. However, this is a time consuming manual procedure and it requires expertise and experience. The use of 3D printing methods can decrease time need and simplify the procedure. In this paper we investigate the opportunities of using 3D printing methods in this area. We analyse the requirements and possibilities which depend on materials and technology.

### 1. BEVEZETÉS

Napjainkban az egyes termékek tervezésére jutó idő egyre csökken. Ugyanakkor a rövidebb rendelkezésre álló idő alatt az egyre könnyebben és olcsóbban előállítható szebb és jobb termék a cél. Egy termék minél tökéletesebb megtervezéséhez pontosan ismernünk kell a termékkel szemben támasztott igényeket, követelményeket. Sok esetben ennek az ismerete jelenti a legnagyobb kihívást a mérnök számára. Általában a tervezendő alkatrészek beépítési környezete ismert, továbbá a tervezett anyag jellemzői is adottak. A környezet és a funkció gyakorlatilag meghatározza az alkatrész alakját, főbb méreteit. Azt meghatározni, hogy az adott alkatrészt működés közben pontosan milyen terhelés éri, igen nehéz és összetett feladat. A terhelés ismerete nélkül nem lehet eldönteni, hogy valós körülmények közt az adott alkatrész vajon képes lesz-e elviselni a működésből adódó igénybevételeket. Ebből adódóan az alkatrészek és a szerkezetek igénybevételenek ismerete a tervezés egyik kulcskérdése. A terhelések pontos ismeretében ma már numerikus szimulá-

ciók segítségével választ kaphatunk arra a kérdésre, hogy a tervezett alkatrész mely területei kritikusak, hol célszerű áttervezni a darabot, honnan lehet anyagot elvenni, hol kell megerősíteni. Sajnos az esetek többségében az alkatrészekben összetett igénybevétel ébred, és az egyes feszültség összetevők nem ismertek, így reális eredményt csak valós modellkísérletek segítségével kaphatunk. A valós modellkísérletekhez szükség van egy prototípusra, amit ma már könnyen, gyorsan (nem kell szerszámot tervezni) és relatíve olcsón, az additív gyártási technológiák valamelyikével (Rapid Prototyping) elő lehet állítani. Ezen már meg tudjuk vizsgálni a tervezett darabot valós működési körülmények között. Az összetett, időfüggő igénybevételek elemzése nagy szakértelmet igénylő feladat. Jelenleg a legpontosabb képet, a legtöbb információt szolgáltató eljárás a rétegbevonatos optikai feszültségvizsgálat. Ez az eljárás nagy szakértelmet és gondos előkészítést igényel. Cikkünk ennek egyszerűsítési lehetőségeivel foglalkozik.

### 2. ALKATRÉSZEK VIZSGÁLATI MÓDSZEREI

A tervezés során az alkatrészeket méreteznünk kell. A méretezés célja, hogy az alkatrész megfelelő anyagkihasználás mellett üzemi körülmények között üzembiztosan működjön.

#### 2.1. Végeselemes analízis

A méretezés bonyolultabb alakok és összetett igénybevételek esetén egyszerű mechanikai összefüggésekkel kézi számításokkal már nem ad elegendő pontosságú közelítést (1. ábra). Ilyen esetekben célravezető lehet a végeselemes analízis.



1. ábra: Összetett terhelésű, összetett geometriájú alkatrész

A végeselemes szimulációhoz nem szükséges valós alkatrészt gyártani. Elegendő hozzá egy 3D CAD modell, valamint az anyagjellemzők és a peremfeltételek pontos ismerete. A peremfeltételek közül a kényszerek - a beépítési környezet ismeretében - viszonylag könnyen és pontosan definiálhatók, míg a várható terhelések becslése igen nehéz és tapasztalatot igénylő feladat. Ennek pontossága döntő mértékben befolyásolja a számítás eredményeit.

### 2.2. Feszültségoptikai vizsgálat

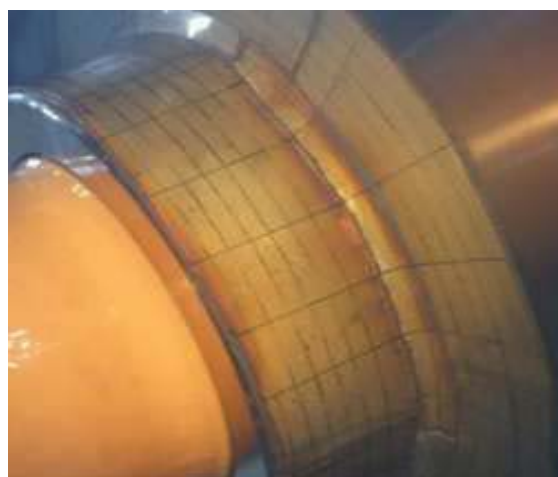
Sok esetben a szimuláció validálásához szükséges valós igénybevételeket csak valós modelleken végzett mérésekkel tudjuk meghatározni. Összetett terhelés esetén az adott alkatrész igénybevételeiről a legátfogóbb képet a rétegbevonatos optikai feszültségvizsgálat adja. [1.], [2.] Egy optikai feszültségvizsgálathoz szükséges vizsgálóréteg elkészítése komoly megfontolást, pontos tervezést és kivitelezést igényel. Fontos, hogy a várható igénybevételeknek nagyságrendileg megfelelő vastagságú réteget állítsunk elő. Ehhez a megfelelő komponensekből a megfelelő arányban a megfelelő polimerizációs fokig kell az anyagokat keverni, majd a kívánt rétegvastagságnak megfelelően önteni. A megfelelő (félig polimerizált) állapotban a vizsgált rész környezetének megfelelő alakot ki kell vágni és felvinni a vizsgált részre, ott rögzíteni majd kivágni, míg teljes mértékben polimerizálódik. Ennek során figyelni kell, hogy a rétegvastagság ne változzon sehol. Ezután a vizsgált felszínen létrehozunk egy egyenletes vastagságú fényvisszaverő réteget és ragasztással rögzítjük rajta a már megszilárdult, alakját őrző vizs-

gálóréteget. A felvitt vizsgálórétegen célszerű egy egyenletes háló elkészítése, hogy a kiértékeléskor a kritikus helyeket könnyebben lehessen beazonosítani. Az itt leírt felsorolásból is látszik, hogy a folyamat minden lépése pontos térbeli és időbeli előkészítést igényel, mert a vizsgálóréteg döntő hatással van a vizsgálati eredményekre (2. ábra).



2. ábra: Vizsgálóréteg elkészítésének főbb lépései

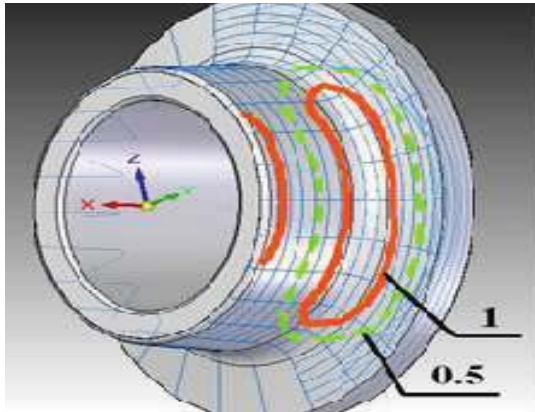
A ragasztó megkötése után következhet a vizsgálat. A működési környezetébe épített alkatrész az üzemi terhelés hatásának megfelelő mértékű deformációt szenved, amit polarizált fény és polarizált analizátor szűrő segítségével megjeleníthetünk. Ezt a képet színsáv ábrának hívjuk (3. ábra).



3. ábra: Terhelés hatására kialakuló színsáv ábra

A színsáv ábrán látható egyes színekhez rendszámokat rendelünk. Az adott vastagságú vizs-

gálóréteg előzetes kalibrációja alapján az alkatrész színsáv ábrájából kinyerünk egy ún. rendszámeloszlást. Az egyes rendszámokhoz feszültségértékeket rendelhetünk, így a terhelés hatására létrejövő feszültségeloszlás már jól látható és elemezhető (4. ábra).

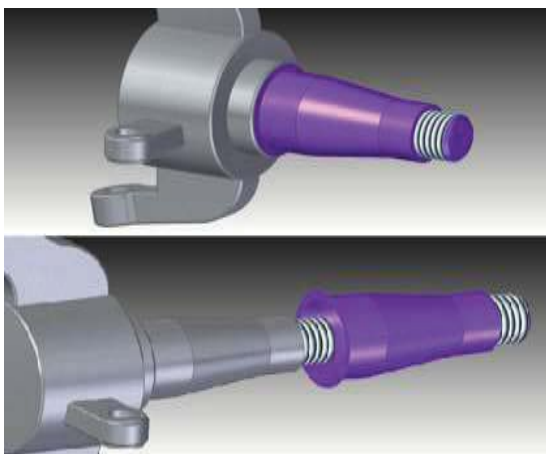


4. ábra: Terhelés hatására kialakuló rendszámok

Az eddigiekből következik, hogy ezzel az eljárással viszonylag pontos és átfogó képet kaphatunk az egyes alkatrészek valós igénybevételéről, de az eljárást a komoly és megalapozott szakmai tapasztalat- és időigény miatt igen ritkán alkalmazzák ipari körülmények között.

### 3. ÚJ ELJÁRÁS FESZÜLTSGOPTIKAI RÉTEG KÉSZÍTÉSÉRE

Ezen cikkünkben egy olyan elgondolást mutatunk be, mely a bonyolult, szakértelmet és időt igénylő előkészítési folyamatot a 3D nyomtatási technológiák segítségével leegyszerűsíti és felgyorsítja.

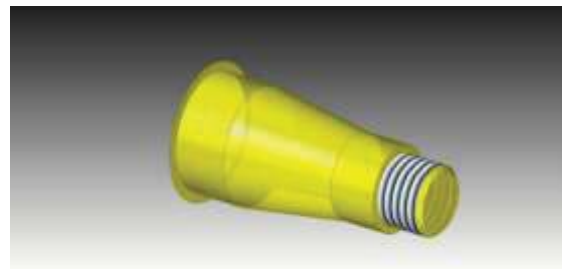


5. ábra: Ofszet felület létrehozása a vizsgált területen

Ha az alkatrész már rendelkezik 3D CAD modellel, akkor a vizsgált felülethez

képezt bármilyen bonyolult geometria esetén könnyen létre tudunk hozni egy ún. ofszet felületet.

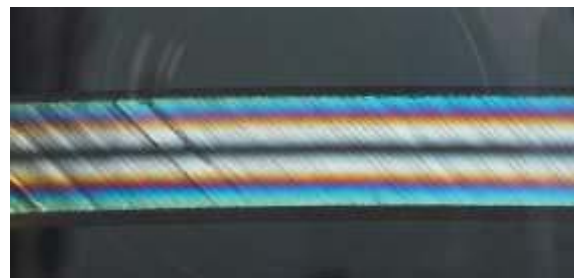
Egy ilyen vizsgált felület és a belőle képezett ofszet felület látható az 5. ábrán egy tengelycsuk esetében. Az így létrehozott felületekhez adott vastagsági értéket rendelve rögtön, egyben megkapjuk a teljes rétegbevonat 3D CAD modelljét a vizsgálathoz szükséges egyenletes és állandó vastagságban. Ezt az additív gyártástechnológiák segítségével azonnal le is tudjuk gyártani (6. ábra).



6. ábra: A vizsgálandó felülethez tökéletesen illeszkedő rétegbevonat nyomtatható állandó, szinte tetszőleges vastagságban

Ezzel az eljárással, könnyen, gyorsan, komoly tapasztalat nélkül is készíthető a rétegbevonatos optikai feszültségvizsgálathoz szükséges bevonat. [3.] Az új módszer segítségével sok hibalehetőség kizárható.

Meg kell jegyezni, hogy tetszőleges additív gyártástechnológiával készített bevonat nem használható ilyen célra. Az optikai feszültségvizsgálathoz kizárólag optikailag aktív, áttetsző darabot produkálni képes technológiák és anyagok alkalmazhatók. A 3D nyomtatási technológiák közül mi egy OBJET nyomtatóval, polyjet eljárással készült darabot vizsgáltunk. Egy adott (4 mm) vastagságú próbatestet polimerizációs szűrők között átvilágítottunk. Hajlító terhelés hatására kialakuló eredményt, színsáv ábrát láthatunk a következő ábrán (7. ábra).



7. ábra: 3D nyomtatással készült próbatesten hajlítás hatására kialakuló színsávok

Az egyes színek és rendszámok értelmezéséhez természetesen itt is kalibrációra van szükség.

#### 4. ANALÍZIS

Megvizsgálva az eddig elért eredményeket kijelenthető, hogy a rétegbevonatos feszültségoptikai eljárás az összetett igénybevételű alkatrészek esetében az egyik legmegbízhatóbb vizsgálati eljárás. Mindennapi használatának ugyanakkor korlátokat szab, hogy a vizsgálóréteg anyagi összetételének, vastagságának meghatározása, valamint a vizsgálóréteg elkészítése időigényes, komoly szakmai felkészültséget és tapasztalatot igényel. A vizsgálatnak ezen előkészítő fázisát lehet egyszerűsíteni és felgyorsítani a vizsgálóréteg 3D nyomtatással történő elkészítésével.

Az eljárás **előnyei** a hagyományosan többkomponensű öntéssel előállított bevonati rétegekkel szemben, hogy

- a **rétegvastagság jól szabályozható** és már **0,1 mm vastagságtól** is elérhető,
- **egyszerűen, szakértelmet nem igénylő** módon előállítható,
- igen **nagy pontossággal**,
- **gyorsan** elkészíthetők a bevonati rétegek, és
- **állandó rétegvastagság biztosítható**.

Ami az eljárás során megegyezik a hagyományos eljárással készített bevonatokhoz képest:

- a **rögzítése itt is ragasztással** (kézzel) történik
- a nyomtatott rétegnek is **átlátható anyagból** kell lennie
- a nyomtatott rétegnek is **optikailag aktívnak** kell lennie

A felhasználás előtt még néhány fontos lépésre feltétlenül szükség van. Az első, az adott 3D nyomtatott anyag érzékenységének meghatározása, kalibrálása. A második annak meghatározása, hogy a 3D nyomtatott anyagok optikailag izotróp anyagnak tekinthetők-e. Ez azt jelenti, hogy kalibráló méréseket kell végezni annak megállapításához, hogy különböző helyzetben, pozícióban nyomtatott darabok esetén az azonos terhelés hatására azonos eredményeket kapunk, vagy eltérőt.

#### 5. ÖSSZEFOGLALÁS

A mérnöki terméktervezésnek az alakadáson túl a méretezés az egyik legfontosabb része. Ennek során megvizsgáljuk, hogy az adott alkatrész a későbbi beépítési környezetében az

adott geometriával képes lesz-e elviselni a működés során fellépő terheléseket. Ahhoz, hogy minél pontosabb eredményt kapjunk egy termék teherviselő képességéről, nagy pontossággal kell ismernünk a rá ható terheléseket. Az alkatrészekre többnyire nem tiszta, hanem összetett igénybevételek hatnak. Annak megállapítása érdekében, hogy egy adott darabon hol lehetnek a terhelés felvételében szerepet játszó kritikus helyek, célszerű az alkatrésznek nem csak egy-egy pontjában vizsgálandó. Az igénybevételek hatására kialakuló feszültségeloszlás meghatározására az egyik legbiztosabb módszer a rétegbevonatos optikai feszültségvizsgálat. Ennek az eljárásnak jelentős idő-és szakértelemigényét lehet kiváltani, ha 3D nyomtatással állítjuk elő a vizsgálatához szükséges bevonati réteget.

Ez az eljárás egy új alkalmazási területe a 3D nyomtatásnak. Mindennapos alkalmazásához azonban továbbra is figyelembe kell venni, hogy nem minden anyag használható fel ilyen területen, csak az optikailag aktív, izotróp, átlátszó anyagok. Ezzel az eljárással sokkal pontosabban lehet majd bepattanó kötések vizsgálni, méretezni, hiszen az így létrejövő kötés folyamán az anyagban fellépő feszültségek közvetlenül megfigyelhetők lesznek. Ez pedig további lökést adhat ezen terület fejlesztői számára is.

#### 6. IRODALOM

- [1] Zsáry Á, Borbás L, Optikailag aktív rétegbevonatos mérés felhasználása a géptervezői tevékenység menetében, GÉP 37:(11) pp. 425-429. (1985)
- [2] Thamm F., Borbás L. Devecz J.: Újabb réteganyagok kifejlesztése felszíni réteges optikai feszültségvizsgálathoz (Development of new materials for photoelastic coating technique), MŰANYAG ÉS GUMI 38: (6) pp. 218-224
- [3] Ficzer P. USAGE OF 3D PRINTING IN PHOTOSTRESS INVESTIGATION, Production Engineering Archives Vol. 7, No. 2 (2015), ISSN 2353-7779, pp. 16-19

# SZÍJHAJLÍTGATÁS KISÉRLETI MÓDSZERÉNEK FEJLESZTÉSE A HAJTÁS VESZTESÉGEINEK MEGHATÁROZÁSÁRA

## RESEARCH METHOD DEVELOPMENT FOR BELT BENDING TEST TO DETERMINE OF DRIVE LOSS

Gárdonyi Péter, Dr. Kátai László Ph.D, Dr. Szabó István Ph.D.,  
Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar

### ABSTRACT

Main objective of this paper is analyzing the temperature conditions of V-belt - by infrared thermal camera - running on a flat pulley.

Two V-belt types (SPA and XPA) were analyzed on a self-developed test equipment. The temperature conditions of the belt side surface were examined along the arc of contact. It was stated that the normal cross section (SPA) has higher temperature in the same conditions than the moulded cogged XPA. The heat distribution is also different because of the differences in the construction of the cross-sections.

Key words: V-belt, infrared thermal analysis, efficiency, belt bending, temperature conditions

### 1. BEVEZETÉS

A mezőgazdasági gépek, berendezések szerkezeti egységeinek hajtására elterjedten használnak rugalmas vonóelemes hajtásokat. Általában ezekkel a hajtásokkal szemben támasztott követelmények között szerepel a nagy térbeli áthidalhatóság, rugalmas nyomatékátadás, csúcsterhelések által keltett rezgések csökkentése, egyszerű szerkezeti felépítés, stb.

Az ékszíjhajtás, mint minden gépszerkezet, bizonyos hatásfokkal üzemel, amely a hasznos és a bevezetett teljesítmény hányadosa. A különbségük adja a teljesítményvesztést, amelynek nagy része hővé alakul. A szíjhajtások teljesítmény-átvitele során a szíj melegezése alapvetően két hatás eredménye. Az érintkező felületek makroszkopikus súrlódása következtében fejlődő hő, és a szíj ismétlődő igénybevétele következtében fellépő hiszterézis veszteség hővé alakuló hányada. Ha az ékszíz állandósult hőmérsékletét vizsgáljuk, mint veszteségintenzitást, abból következtetni lehet a szíjhajtás hatásfokára. A magas szíjhőmérséklet a gumi molekulaláncok degradálásához,

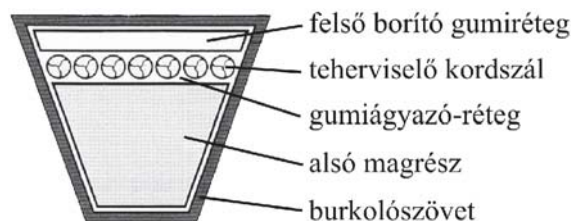
öregedéséhez vezet, ezáltal jelentősen befolyásolja az ékszíz élettartamát.

Célunk egy olyan kísérleti módszer kidolgozása, amellyel vizsgálható az ékszíz belső súrlódása által keltett hőmérséklet, valamint az ékszíz keresztmetszet hőmérséklet-eloszlása.

### 2. AZ ÉKSZÍJKERESZTMETSZET FELÉPÍTÉSE, JELLEMZŐI ÉS A BELSŐ SÚRLÓDÁS ÉRTELMEZÉSE

Vizsgálatainkat keskenyprofilú burkolt (SPA) és nyitott oldalfalú formafogazott (XPA) ékszíjakkal végeztük. A választott szíjprofilok keresztmetszetének méretei megegyeznek.

A keskenyprofilú burkolt ékszíz keresztmetszet alapvető felépítése:



1. ábra A keskenyprofilú burkolt ékszíz felépítése [1]

A teherviselő kordszál veszi fel a szíjban keletkező húzófeszültség legnagyobb részét, és meghatározza az átvihető teljesítmény nagyságát és a szíjhajtás rugalmasságát.

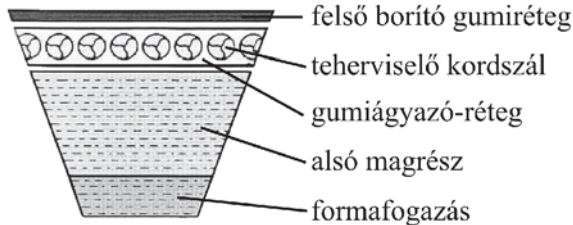
A gumiagyazó-réteg megakadályozza a kordszálak elmozdulását, homogén kötést biztosít a magkeverék és a teherviselő szálak között.

Az ékszíz magjának a feladata a húzófeszültség alatt lévő teherviselő kordszál alátámasztása és a keletkező nyomóerő átvitele az ékszíjtárcsa horonyfalára.

A gumírozott burkolószövet látja el a szíj külső védelmét, egyes szíjtípusoknál az olaj- és a vegyszerállóság követelményét is ki kell elégítenie [2][1].

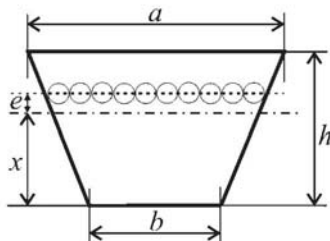
A nyitott oldalfalú keskeny ékszíz felépítése kissé eltér a burkolt ékszíjaktól. Alapvető

eltérés, hogy az oldalfelületen nincs burkolószövet, és a magkeveréket szálerősítéssel látják el, amelynek az iránya a szíj futására merőleges. Ezek a szíjprofilok többnyire formafogazott kivitelben készülnek és az ékszíj keresztmetszet alapvető felépítése [1]:



2. ábra A nyitott oldalfalú formafogazott ékszíj felépítése [1]

Az ékszíjkeresztmetszetben a kordszál elhelyezkedése a gyártó cég szakirodalmi alapján az alábbiak szerint alakul.



3. ábra Az ékszíjkeresztmetszet geometriája [1]

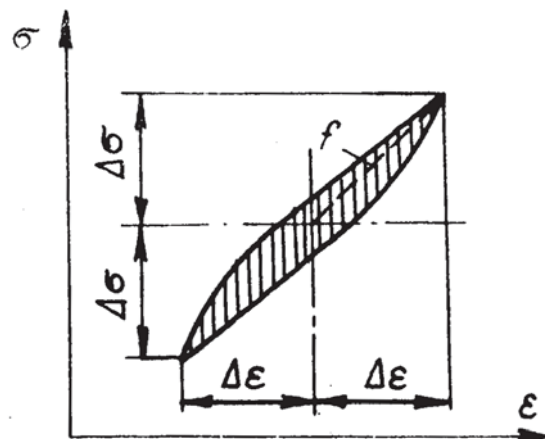
A geometriai semleges szál helyzetét az alábbi összefüggéssel határozhatjuk meg:

$$x = \frac{e(a+b)}{2h}$$

A keresztmetszetről kiszámítható és a hajlításból származó semleges szál nem esik egybe, távolsága  $e$  (3. ábra). A tényleges semleges szál a teherviselő kordszál közepére értelmezhető, mivel a kordszál rugalmassági modulusa több nagyságrenddel nagyobb, mint az ékszíj alakját adó gumikeveréké. A hajlítgatás során keletkező feszültségek az ékszíj alsó magrészében maximálódnak, ahol a semleges száltól való távolság a legnagyobb.

A szíjhajtások élettartama szempontjából meghatározó a szíjkeresztmetszet alakját adó magkeverék viselkedése. A gumi tulajdonságai statikus és dinamikus terheléskor különböznek. A rugalmas hajtószíjakat felépítő gumikeverék munkaképességét a dinamikus rugalmassági modulusa, a kifáradási határa és az ismétlődő igénybevételek során fellépő hiszterézis veszteségek határozzák meg. A hiszterézis

görbe által bezárt terület azonos az egy terhelési ciklus alatt hővé alakuló veszteséggel (4. ábra). Ezt a hőveszteséget a molekuláris belső súrlódás okozza [6][7]. A keletkező hő növeli az ékszíj hőfokát, amely a gumi molekulálcainak degradálásához vezet. Az ékszíjhajtásoknál jelentkező ismétlődő igénybevétel a szíjágakban ébredő húzóerők különbsége, és az ékszíj hajlítgatása a szíjtárcsa átmérőjére (a szíj fel- és lefutás tartományban), amelynek a frekvenciája megegyezik az úgynevezett szíjhajlítgatási frekvenciával.



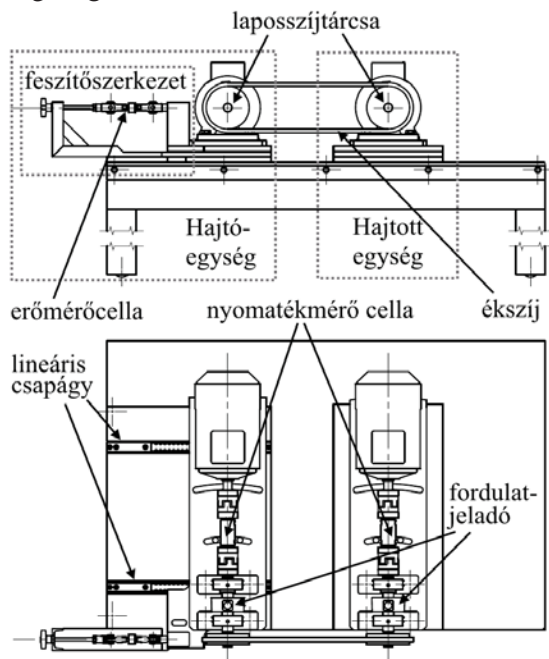
4. ábra. Hiszterézishurok a gumi ciklikus alakváltozásakor [7]

### 3. A VIZSGÁLATI BERENDEZÉS ÉS ESZKÖZEI

A kísérleti módszer kidolgozása a SZIE, Gépszerkezettan Tanszéken kutató doktoranduszok által fejlesztett univerzális tesztpadon történt. A felépítéséből adódóan a legkülönbözőbb mechanikus hajtások, tengelykapcsolók és forgómozgást végző gépelemek vizsgálatára egyaránt alkalmas. A tesztpad hornyos asztalán a hajtó és a hajtott egységek elhelyezése nagyon sok lehetőséget kínál. A szíjhajtások vizsgálatához a hajtóegységet egy lineáris csapággal megvezetett feszítőszerkezetre rögzítettük. A szíj előfeszítését menetorsóval és vele sorba kötött erőmérőcella segítségével lehet beállítani, amelynek hatásvonalja a tengelyhúzó erő ( $F_H$ ) hatásvonalával egybeesik. Így közvetlenül az előfeszítő erőt mérhetjük. Az univerzális tesztpad felépítését az 5. ábra mutatja. Mérések során lehetőség van az összes hajtásparaméter rögzítésére mérő-adatgyűjtőn keresztül, valamint azok precíz definiálására



programozható logikai vezérlő (PLC) segítségével.



5. ábra A tesztpad felépítése

#### 4. Az ÉKSZÍJ KERESZTMETSZET HŐMÉRSÉKLETMÉRÉSE

Az ékszíj keresztmetszet hőmérséklet-eloszlásának mérése nehéz feladatnak bizonyult. A szíjkeresztmetszet különböző mélységébe beültetett kisméretű ( $\varnothing 0,3 \text{ mm}$ ) hőelemmel történő mérések (6. ábra) nem jártak sikerrel.



6. ábra Ékszíjba beültetett hőelem

A kontakt hőmérsékletmérés sajátossága, hogy az érzékelő hőt von el a mérendő tárgy felületétől. A problémát a keletkező kis hőmennyiségek és az ékszíj anyagának rossz hővezető tulajdonsága okozta. Ennél a kísérleti módszernél kizárólag optikai úton történő hőmérsékletmérésre támaszkodhatunk. Optikai elven működő méréssel az ékszíj belsejének hőmérséklete nem mérhető, csak a keresztmetszet magassága menti hőeloszlás, amelynek iránya megegyezik a hajlításból

származó feszültségeloszlás fő irányával. Ezek alapján a szíjhajlítgatás következtében fellépő veszteség vizsgálható az ékszíj oldalfelület hőterképének elemzésével.

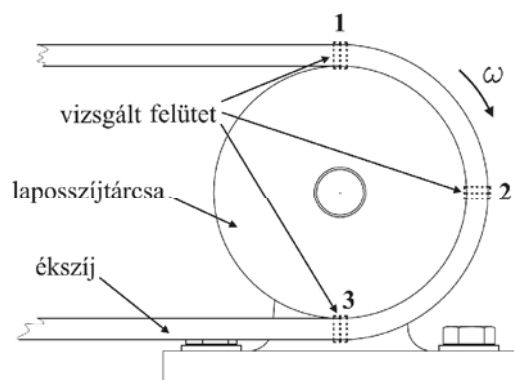
A kísérleteink során az ékszíj szjártárcsa hornyával érintkező oldalfelületeiről készítettünk hőkamerás felvételeket. Az üzemszerűen felfekvő felületek hőátadása miatt a hajlítgatás hatására fellépő hőfejlődés kevésbé figyelhető meg, valamint a szíj ékhoronyba történő be-, illetve kilépésekor bekövetkező súrlódás is hőt termel. A hőelvonás és a súrlódás problémájának kiküszöbölésére az ékszíjat laposszjártárcsára futtatjuk fel. Ezzel a kísérleti módszerrel a szíjhajlítgatás valóságos körülmények között vizsgálható.

A szjártárcsa műanyagból (PA 6.6) készült, amelynek gyenge hővezetési tulajdonsága kevésbé befolyásolta a vizsgált jelenséget. A szjártárcsa átmérőjét akkorára határoztuk meg, hogy az ékszíj mozgáspálya megegyezett a szabványos ékszíjártárcsán befutott mozgáspályával.



7. ábra A kísérleti elrendezés

A 7. ábra a kísérleti elrendezést mutatja, ahol nagy felbontású infrakamerával 1 Hz mintavételezési frekvenciával készítettünk felvételeket. Az ékszíj aktív felületéről készült hőkamerás felvételekből képfeldolgozás után nyertünk hőmérsékleti adatokat.



8. ábra Az ékszíj oldalának vizsgált felületelemei

Az ékszíj oldalfelületének hőmérséklet-eloszlását vizsgáltuk a szíj felfutás (1), az

átfogás középső (2), és a szíjlefutás szakaszán (3) (8. ábra).

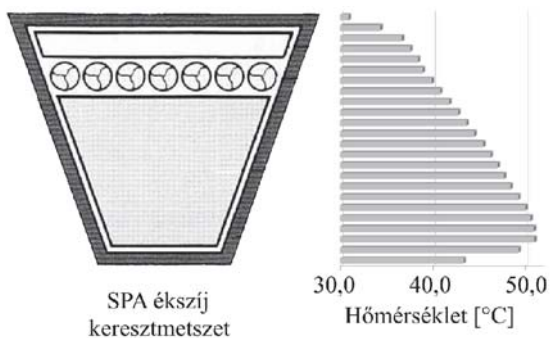
## 5. A VIZSGÁLAT ÉRTÉKELESE, EREDMÉNYEK

A szíjhajtások hiszterézis veszteségének kísérleti módszerét a Gépszerkezettan Tanszéken fejlesztett, univerzális tesztpadon dolgoztuk ki. Az ékszíz belsejében fejlődő hőmérséklet alapján vizsgáltuk a veszteséget. Kutató munkánk célja az ékszíjak belső súrlódásból származó veszteségének vizsgálata, valamint a keskenyprofilú burkolt és nyitott oldalfalú, formafogazott ékszíjak összehasonlítása.

Kísérletek során az ékszíjakat sima tárcsákon futattuk, amelyek átmérőjén az ékszíz azonos görbületű pályát írt le, mint a szabványos ékszíjtárcsákon. A hőfejlődésben, a szíjtárcsák egyező fordulatszám mellett, csak a vizsgált ékszíz hajlítgatása játszott szerepet. A szíjhajlítgatásból származó hőmérséklet-emelkedést az ékszíz oldalfelületéről készült hőtérkép segítségével elemeztük ki.

A kísérleteket  $L_d = 1207 \text{ mm}$  névleges hosszúságú SPA és XPA profilú ékszíjjal,  $d_d = 132 \text{ mm}$  névleges átmérőnek megfelelő laposszíjtárcsával,  $i = 1$  áttétellel,  $f_0 = 20 \text{ Hz}$  szíjfrekvenciával végeztük.

A 9. ábra a keskenyprofilú burkolt ékszíz magassága menti hőmérséklet-eloszlását mutatja. A diagram egy-egy hőmérsékleti vonala  $0,42 \text{ mm}$  szélességű sáv hőmérsékletének felel meg.

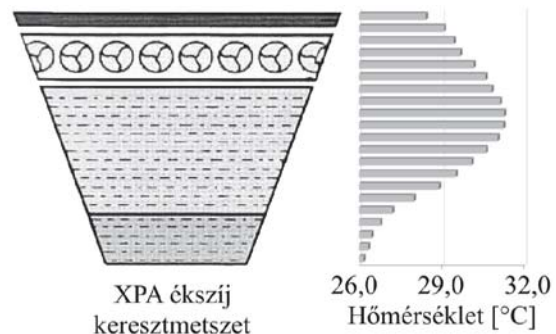


9. ábra Keskenyprofilú burkolt ékszíz hőmérséklet-eloszlása

Az ábrán látható, hogy a felső borító gumirétegtől az ékszíz alsó magrésze felé haladva intenzívebb a hőfejlődés. A hőmérséklet-különbséget a hiszterézis veszteség idézi elő, mivel a keresztmetszet minden pontjában az igénybevétel gyakorisága azonos, csak a hajlításból származó alakváltozás nagysága tér el. Ebből adódóan az ékszíz

oldalának hőmérséklet-eloszlása hasonló jellegű, mint a keresztmetszetében kialakuló hajlítófeszültség.

A 10. ábrán a nyitott oldalfalú, formafogazott ékszíz hőmérséklet-eloszlása látható.



10. ábra Nyitott oldalfalú keskeny ékszíz hőmérséklet-eloszlása

A formafogazásnak köszönhetően nem csak kisebb tárcsa átmérő engedhető meg ennél a szíjtípusnál, hanem a keresztmetszet hőmérséklete is egyenletesebb, és ezzel a várható élettartam is kedvezőbb.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Arntz-Optibelt-Gruppe: Keilriemen. Eine Monografie. Essen, Verlag Ernst Heyer, 1972.
- [2] Bartha Z. (1989): Gumiipari kézikönyv II., Budapest, Taurus-Omikk, 715-725. o.
- [3] KÁTAI L.: Kötő- és támasztóelemek, Hajtások 40-54 p. In: SZENDRŐ et.al.: Géptan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2003.
- [4] L. Zsidai, Z. Szakál: Development of tribology model system for research of PA6 and PEEK polymer composites. Mechanical Engineering Letters, 2013. Vol. 10. pp. 130-139. HU ISSN 2060-3789
- [5] Lágymányosi A.- Tóth J.: Vehicle tire Profile Investigation with 3D Imaging, Mechanical Engineering Letters, 2012. Vol. 7., Hungary, p.73-80. HU ISSN 2060-3789
- [6] Makhult M. (1963): Gumirugók, Budapest, Műszaki könyvkiadó, 9-12. o.
- [7] Ponomarjov, Sz.D. (1966): Szilárdsági számítások a gépészetben 7.. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 350-357. o.
- [8] Zsidai L., Kalácska G., Samyn Pieter: A hőmérséklet és a terhelés hatása poliészter/poliészter kompozit tribológiai viselkedésére henger/sík vizsgálati rendszerben. Műanyag és gumi, 2013. 50. évf. 12. szám, pp. 474-480.

# ELŐTERVEZÉSI MÓDSZER NAGNYOMÁSÚ GÖMBCSAPOKHOZ – A HÁZKARIMA CSAVARKÖTÉS OPTIMÁLIS ELŐFESZÍTÉSE

## PREPLANNING METHOD FOR HIGH PRESSURE BALL VALVES – OPTIMAL PRELOAD OF THE BOLTED BODY CONNECTION

Gróza M. mesterhallgató, Kollár Gy. tudományos munkatárs, BME Gép-és Terméktervezés Tanszék

### ABSTRACT

This paper aims to create a pre-planning and analysis methodology for the bolted body connections of high-pressure ball valves based on the finite element results of more geometric designs. The necessity of this methodology is justified by the inadequacy of current standards. The most important statement of this study is, that the grade of the optimal preload for the bolted body connection can be unequivocally defined.

### 1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

A DN 100 – DN 1200 méret-, és PN 16- PN 125 nyomástartományba tartozó gömbcsapokat elterjedten építik be földgáz távvezetékekbe. A csavarkötéssel összekapcsolt osztott felépítés megfelelő merevséget biztosít a csővezeték hatásokkal szemben, és egyszerű helyszíni karbantartást tesz lehetővé. Az ilyen egyedi kialakítású nyomástartó edények szilárdsági megfelelőségét -veszélyességükre való tekintettel- független állami hatóságok felé kell igazolni.

A nagynyomású gömbcsapok karimás kötéseire alkalmazható szabványos méretezési eljárások (EN 12516, EN 1591-1 és ASME Section VIII.) nem adnak támpontot a csavarok előfeszítésének szükséges mértékének meghatározásához. Továbbá a házkarima kötések jellemzően O-gyűrűs tömítéssel rendelkeznek, így az általában iránymutató előfeszítő erő és a minimális tömítő erő sem nyújt megfelelő kiindulópontot az előfeszítésre.

Értékelve a szabványos eljárások hiányosságait módszeresen elvégzett végeselemes számítások eredményeiből következtetéseket levonva teszünk hasznos megállapításokat az osztott ház as nagynyomású gömbcsapok méretezésével kapcsolatban.

### 2. A VONATKOZÓ SZABVÁNYOK ÁTTEKINTÉSE

A karimás kötések összes ma alkalmazott szabványos méretezési eljárásának alapját a 1943-

ban kidolgozott *Taylor Forge* módszer képezi. Az egyszerűen használható formulák ára a nagyfokú egyszerűsítés: a modell teljesen tengelyszimmetrikus, figyelmen kívül hagyja ezzel a csavarok diszkrét elhelyezkedését és a furatok gyengítő hatását.

Az EN 13445-3 [3] az általános, nyomástartó edények méretezésére szolgáló, európai előírás. Kezdetben ennek mellékleteként jelent meg az EN 1591-1 [4], amelyben az alkalmazott mechanikai modell már jóval több tényezőt vesz figyelembe, így a *Taylor Forge* módszer továbbfejlesztésének tekinthető. Az EN 12516-2 [2] speciálisan az armatúrákra (tolózárak és gömbcsapok) vonatkozó előírás. Az ASME Section VIII [6] az EN 13445 tengerentúli megfelelője.

Amennyiben a gömbcsap házkarima csavarkötését a kialakítást legjobban megközelítő elrendezésre vonatkozó szabványos eljárással ellenőrizzük (*Full face flanges with metal to metal contact*), a már évek óta biztonsággal üzemelő szerkezeteknek a csavarjai és karimatányér vastagságai nem felelnek meg. (*Megj.: A részletesen dokumentált számítás a cikk alapját képező OTDK dolgozatban [1] megtalálható.*) A jelenség már évek óta ismert a méretezési gyakorlatban [11].

A karimás kötések csavarjai előfeszítésének meghatározásához általában jó támpontot ad a karima felek között elhelyezett tömítés szivárgásmentességéhez előírt minimális összeszorító erő. A ház-házkarima kapcsolat esetén azonban a fémfelületek közvetlenül egymáson fekszenek fel, az O-gyűrűs tömítés pedig még kis mértékű elemelkedés esetén is megfelelően tömít. A tömítésjellemzőkből tehát nem tudunk következtetni a csavar előfeszítés szükséges értékére.

A csavar előfeszítés felső határértéke meghatározható a csavarokra megengedett feszültségekből is. A csavarokra megengedhető feszültségek kérdésében jelentős eltérések tapasztalhatók a különböző szabványok között. Az 1. táblázat összefoglalva tartalmazza a szabványok szerinti megengedhető feszültségeket, ahol

$R_{p0,2/t}$ ,  $R_{m/20}$ ,  $f_B$ , rendre a 0,2%-os egyezményes folyáshatár  $t$  hőmérsékleten, a szakítószilárdság 20°C hőmérsékleten, és a tervezési hőmérséklet-hez tartozó üzemi megengedett feszültség.

1. táblázat. A karimacsavarok számára megengedhető feszültségek különböző szabványok szerint.

Szabvány		Normál terhelések	Vizsgálati terhelések
EN 12516-2 Ház-fedél karimacsavarok	gyengített szárú	$f_B = \frac{R_{p0,2/t}}{1,5}$	$f_{Bt} = \frac{R_{p0,2}}{1,1}$
	egyéb	$f_B = \frac{R_{p0,2/t}}{1,8}$	$f_{Bt} = \frac{R_{p0,2}}{1,3}$
EN 13445-3 Karimás kötések karimacsavarjai (és EN 13480)		$f_B = \min\left(\frac{R_{p0,2/t}}{3}, \frac{R_{m/20}}{4}\right)$	$f_{Bt} = 1,5f_B$
ASME SEC III DIV 1 NB-3230 Karimás kötések előfeszített csavarjai		$f_B = 2 \cdot \min\left(\frac{S_{y/T}}{4}, \frac{S_T}{5}\right)$	$f_{Bt} = 0,9 \cdot S_{y/20}$

Normál terhelések esetén tehát az EN 12516-2 [2] a folyáshatár 55%-áig, az ASME SEC III DIV 1 [6] a folyáshatár 50%-áig, az EN 13445-3 [3] pedig a csak a folyáshatár 33%-ig engedi megterhelni a karimacsavarokat.

Ebben az esetben sem a feltétlenül szükséges, sem pedig a maximálisan megengedhető csavar előfeszítést sem tudjuk egyértelműen meghatározni. Tekintve, hogy az előfeszítő erő okozza a csavarok igénybevételének jelentős részét, így nem választható meg megfelelően a csavarok mérete, anyaga és száma sem.

#### 4. A MEGOLDÁSKERESÉS MÓDSZERE

A kötés igénybevételeinek vizsgálatával megközelítve a felmerült problémát megállapítható az előfeszítés mértékének optimuma, amely ezután összevetethető a korlátozó értékekkel.

A szerkezet igénybevételi állapotát leíró legfontosabb jellemzőket - a homloklapok elmozdulását és a csavarerőt - széles előfeszítő erő tartományban vizsgálva több gömbcsap esetén általános érvényű információhoz juthatunk. A különböző méretű gömbcsapok esetében azonos nyomás mellett is különböző terhelések lépnek fel, szükséges tehát fajlagos mennyiségek bevezetése az eredmények összehasonlíthatóságának biztosítására.

Az „előfeszítettség mértékét” jellemző fajlagos mennyiséget kapunk, ha az előfeszítő erőt ( $W_T$ ) elosztjuk a kötést szétfeszíteni akaró belső nyomásból ( $P$ ) származó -és a  $G$  tömítési átmérővel jellemezhető felületen ható- axiális erővel ( $H$ ). A számítások során az így definiált  $z$  előfeszítés biztonsági tényező értékét az üzemi lazítóerő 25- és 300%-a között változtatjuk.

$$z = \frac{W_T}{H} = 0,25 \dots 3 [1] \quad (1)$$

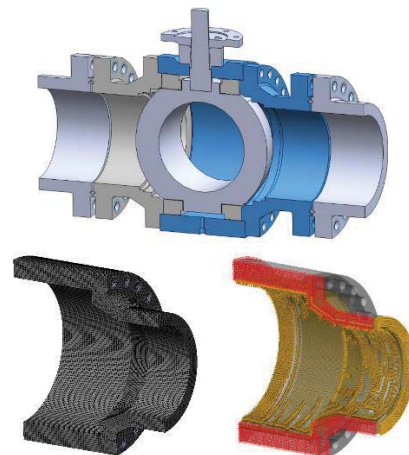
$$H = \frac{G^2 \pi}{4} \cdot P [N] \quad (2)$$

#### 5. SZÁMÍTÁSOK

A vizsgált gömbcsap ház-házkarima kapcsolatok mind létező gömbcsapok egyszerűsített, kismértékben megváltoztatott méretű modelljei, melyek megőrzik azok jellemző arányait. A felhasznált DN 100, 400 és 1000-es gömbcsapok lefedik a nagy nyomású gömbcsapok teljes méretskáláját.

##### 5.1. Számítási modell

A gyártási modellt leegyszerűsítve a probléma mechanikai jellegének megtartásával a cél számítási idő csökkentése, és az eredmények megbízhatóságának növelése. A gömbcsapok általános szilárdsági ellenőrzésére alkalmazott modell tovább egyszerűsíthető (lásd 1. ábra), mivel az elemzés célja csak a ház-házkarima kapcsolat vizsgálata.



1. ábra. Általános végeleemes geometriai modell, a diskretizált modell, peremfeltételek és terhelések az egyszerűsített geometriához

A ház és a házkarima kovácsdarabok, ezért a lineáris anyagtörvénnyel végzett végeleemes számítás szempontjából a csavarok és a fődarabok anyaga acélnak tekinthető. A felhasznált anyagjellemzőket a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat. A számításban felhasznált anyagjellemzők

$E_{VEM}$ [MPa]	Rugalmassági modulus	200 000
$\nu_{VEM}$ [1]	Poisson tényező	0,29

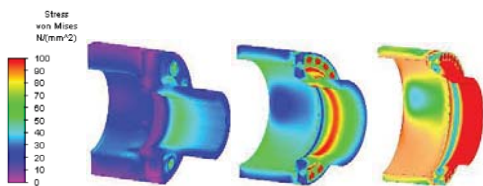
Az armatúraház és a karimás csatlakozó tényleges geometriáját a számítási modellben a falvastagság alapján minden esetben arányosan felvett téglá (*Brick*) elemekből álló diszkretizált modell helyettesíti. A csavarok szárát gerenda (*Beam*), a menetes kapcsolódást és a csavaranyákat lemez (*Plate*) elemek modellezik.

A szállított közeggel érintkező felületeken a számítási modellek terhelése mindhárom modell esetén a  $P = 100$  [bar] belső nyomás. A modellekben a legkedvezőtlenebb félig nyitott állapotot vesszük figyelembe.

A szerkezet a szimmetria feltételek kihasználása mellett a ház homloklapfelületén peremfeltételekkel rögzített. A ház és a hozzá csatlakozó házkarima kapcsolata a valóságot hűen közelítő súrlódásmentes felületi érintkezés.

## 5.2. Eredmények

A 2. ábrán látható a DN 400-as gömbcsap esetében a számított egyenértékű feszültség- és elmozdulás-mező.



2. ábra. A ház és házkarima egyenértékű feszültségei módosított skálával a DN 100-as, a DN 400-as és a DN 1000-es gömbcsap esetén

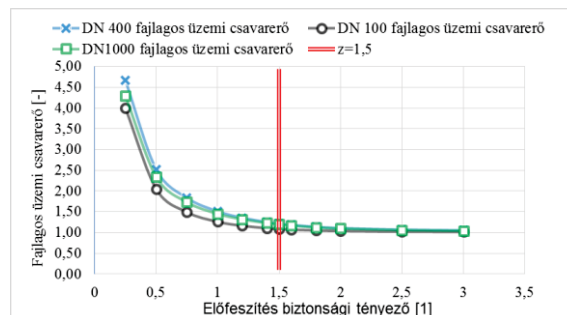
A homloklapfelületek elemelkedését vizsgálva kijelenthető, hogy az előfeszítő erő növelésével azok egyre nagyobb mértékben - de még  $z = 3$  esetén sem teljesen - fekszenek fel egymáson. Az elmozdulás eredményeket vizsgálva megfigyelhető, hogy az előfeszítés hatékonysága az elemelkedés csökkentésére fokozatosan csökken.

Dimenziótalanítva a számított csavarerőt ( $W_{VEM}$ ) az előfeszítő erővel ( $W_T$ ) a fajlagos csavarerőhöz ( $W_{VEMf}$ ) jutunk, amely már alkalmas mennyiség a különböző gömbcsapok eredményeinek összehasonlítására.

$$W_{VEMf} = \frac{W_{VEM}}{W_T} [1] \quad (3)$$

A fajlagos csavarerő eredményeket az előfeszítés biztonsági tényező függvényében ábrázolva (3. ábra) az elmozdulásoknál tapasztaltakhoz hasonló jelenségre lehetünk figyelmesek. A gör-

bék  $z = 1,5$  után ellaposodnak, e fölött mindhárom gömbcsap esetében az előfeszítő erő már gyakorlatilag megegyezik a csavarerővel. Ennél az értéknél tehát nem érdemes jobban előfeszíteni a csavarokat. A görbék jó közelítéssel egybeesnek, a szerkezetek viselkedése alapvetően hasonló.



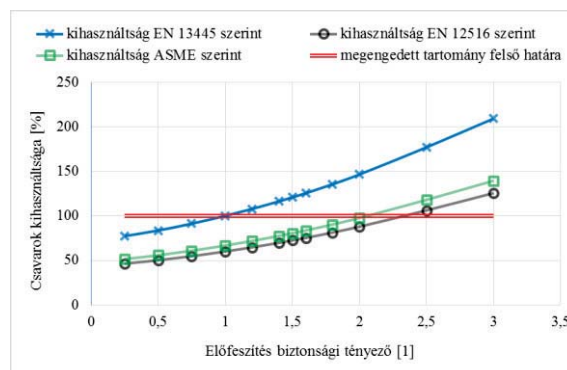
3. ábra. A fajlagos üzemi csavarerő eredmények összehasonlítása

Lényeges megvizsgálni, hogy a csavarokat meddig feszíthetjük elő a szabványok korlátozó értékeinek figyelembevételével. A csavarokban ébredő húzófeszültség ( $\sigma_{VEM}$ ) a csavarerő ( $W_{VEM}$ ) és a csavar teherhordó keresztmetszetének ( $A_{B1}$ ) hányadosa. A kihasználtság ( $k$ ) a feszültségnek ( $\sigma_{VEM}$ ) megengedett feszültséghez ( $f_B$ ) való viszonya.

$$\sigma_{VEM} = \frac{W_{VEM}}{A_{B1}} [\text{MPa}] \quad (4)$$

$$k = \frac{\sigma_{VEM}}{f_B} \cdot 100 [\%] \quad (5)$$

A 4. ábrán a három vonatkozó szabvány szerinti kihasználtságot láthatjuk az előfeszítés biztonsági tényező függvényében ábrázolva. EN 12515 és az ASME szerint a csavarokat akár  $z = 2$ -ig is előfeszíthetnénk, míg az EN 13445 előírásait követve a kötést nem tudnánk megfelelően előfeszíteni.



4. ábra. A karimacsavarok feszültségei és kihasználtsági a DN400-as gömbcsap esetében

## 6. KÖVETKEZTETÉSEK

A DN100, DN400 és DN1000 PN100-as gömbcsapokon végzett szilárdsági számításokban a csavarerőkre és a karima felek elemelkedésére vonatkozóan hasonlóságot sikerült kimutatni. Az eredmények értékelése alapján a következő megállapítások tehetőek:

- A három vizsgált gömbcsap eredményei minden összehasonlítható esetben jellege megegyeznek, a fajlagos értékek közel egybeesnek.
- Az előfeszítés mértékét a csavar teherbírása szabja meg.
- A kötés optimális előfeszítettsége akkor biztosítható, amennyiben az ASME SEC III DIV 1  $\frac{S_y/T}{2}$ , vagy az EN12516-2 szerinti  $\frac{R_{p0,2/t}}{1,8}$  értékeket tekintjük mértékadónak.
- A vizsgált kialakítású gömbcsapok esetében a ház-házkarima csavarok előfeszítésének optimuma van, és ez a gömbcsap méreteitől független.
- Az optimális előfeszítő erő nagysága a belső nyomásból származó lazítóerő másfélszerese.
- A fajlagos üzemi csavarerő alapján adott előfeszítés biztonsági tényező mellett meghatározható az előfeszítő erő és az üzemi csavarerő aránya.

## 7. ELŐTERVEZÉSI MÓDSZER

A megfogalmazott állítások gyakorlati jelentőségének bemutatására a következőkben összefoglaljuk az eredményekből egyenesen következő előtervezési lépéseket.

1. Adott névleges átmérőjű és nyomású tervezendő gömbcsap esetén szükséges a csőkarima tömítés átmérőjének (G) ismerete, amely adódik a szabványos méretekből.
2. Ennek ismeretében számítható a nyomásból származó lazító erő:  $H = \frac{G^2 \pi}{4} \cdot P$  [N].
3. Az optimális előfeszítő erő számítható a  $z_{OPT} = 1,5$  összefüggésből:  $W_{T.OPT} = H_1 \cdot z_{OPT}$  [N]
4. Az üzemi csavarerő és az előfeszítő erő aránya az egybeeső görbék alapján nagy pontossággal előre meghatározható: pl.  $W_{fz=1,5} = 1,2$  tehát  $W = W_{T.OPT} \cdot W_{fz=1,5}$  [N]
5. Az üzemi csavarerő ismeretében adódik a szükséges össz-csavarkeresztmetszet, azaz a karimacsavarok száma és mérete felvehető.
6. A csavarok száma és mérete meghatározza a gömbcsap házának legfontosabb méreteit.

## 8. ÖSSZEFOGLALÁS ÉS KITEKINTÉS

Napjainkban a gömbcsapok ház-házkarima kapcsolatának szabványos méretezésére és ellenőrzésére használt szabványos eljárás ([3] EN 13445-3, Unfired Pressure Vessels, Part 3 11.10 Full face flanges with metal to metal contact) alkalmazatlan a kötés értékelésére. Az EN 13445 által a csavarokra előírt megengedett feszültségértékek a kötés megfelelő előfeszítése mellett nem betarthatók.

A bemutatott eljárás további vizsgálatok után alkalmassá válhat a vonatkozó szabványos méretezési eljárások kiegészítésére, és alapul szolgálhat az EN, DIN, ISO és ASME gömbcsapokra vonatkozó előírásainak pontosítására.

## 9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönjük Dr. Váradai Károly tanár úrnak és a Műegyetem Gép- és Terméktervezés Tanszékének, hogy ez a cikk ebben a formában megjelenhetett.

## 10. IRODALOM

[1] Gróza: Nagynyomású gömbcsapok karimás kötéseinek optimális előfeszítése. OTDK dolgozat, 2014.

[2] EN 12516-2, Industrial valves, Shell design strength, Part 2: Calculation method for steel valve shells.

[3] EN 13445-3, Unfired Pressure Vessels, Part 3 – Design.

[4] EN1591-1 Flanges and their joints — Design rules for gasketed circular flange connections Part 1: Calculation method.

[5] EN13480-3 Metallic industrial piping, Designs and Calculation.

[6] ASME SEC III DIV 1, ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III Division 1, Rules for Construction of Nuclear Facility Components.

[8] Kollár: NPS 16” Class 600 RTJ LGF gömbcsap prototípus fejlesztése. Statikus és földrengetés-állósági vizsgálat, 2014.

# A GÉPÉSZETI ÁBRÁZOLÁSTECHNIKÁRA VONATKOZÓ HATÁLYOS SZABVÁNYOK VIZSGÁLATA

## STUDY OF THE ACTUAL STANDARDS CONCERNING THE ENGINEERING DRAWING CODE SYSTEM

Győri Márk\*, Dr. Lovas László\*\*

\* doktorandusz, \*\* egyetemi docens, BME, Járműelemek és Jármű-szerkezetanalízis Tanszék

**ABSTRACT.** Technical drawings are realized more and more by generation of views from 3D models instead of classic manual drawing method. Standards are elaborated for technical drawing since long time. However, softwares are not following them when applying tools like cut, simplified view or break-out. This paper studies the actual Hungarian technical drawing standards to describe the state of the art both for manual and CAD technical drawing.

### 1. BEVEZETÉS

Napjainkban a kézi rajzkészítés helyét fokozatosan átveszi a számítógépes térbeli modellezés. Ami régebben közvetlenül kézi rajzként készült, az ma 3D modellekről történő vetület generálással, majd az adott szoftver és a tervező-rajzoló képességeinek megfelelően kerül kidolgozásra. Ez a jelenség óhatatlanul a meglévő kézi rajzi szabályrendszer erózióját okozza, amelynek problémáit korábbi cikkünkben tárgyaltuk [1]. Ebben a cikkben a gépészeti ábrázolásra vonatkozó hatályos magyar szabványok állapotát próbáljuk felmérni.

### 2. A HATÁLYOS SZABVÁNYOK

A gépészeti ábrázolásra vonatkozó hatályos magyar szabványokat az alábbi táblázat tartalmazza (1. táblázat). Ezek a szabványok jellemzően nemzetközi szabványok, amelyeket a Magyar Szabványügyi Testület átvett és magyarra fordított.

1. táblázat: Gépészeti ábrázolással kapcsolatos hatályos szabványok

Szám	Cím
MSz ISO 128-1	Bevezetés és tárgymutató
MSz ISO 128-20	Vonalakra vonatkozó alapszabályok
MSz ISO 128-21	Vonalak a CAD rendszerekben

MSz ISO 128-22	A mutató- és referenciavonalak jelölése és alkalmazása
MSz ISO 128-23	Épületszerkezeti rajzok vonalai
MSz ISO 128-30	Nézetek jelölése
MSz ISO 128-34	Gépészeti rajzok nézetei
MSz ISO 128-40	Metszetek és szelvények jelölése
MSz ISO 128-44	Gépészeti rajzok metszetei
MSz ISO 128-50	Metszetek és szelvények felületeinek jelölése
MSz ISO 129-1	Méret- és tűrés megadás műszaki rajzokon. 1. rész: Alapelvek
MSz EN ISO 5456-1:2000	Vetítési módszerek. 1. rész: Áttekintés
MSz EN ISO 5456-2:2000	Vetítési módszerek. 2. rész: Merőleges vetítések
MSz EN ISO 5456-3:2000	Vetítési módszerek. 3. rész: Axonometrikus ábrázolás
MSz EN ISO 5456-4:2002	Vetítési módszerek. 4. rész: Középpontos vetítés
MSz EN ISO 6413:2001	Bordás tengelykötések ábrázolása
MSz EN ISO 7083:2000	Az alak- és helyzettűrések rajzjelei
MSz EN ISO 8826-1:2000	Gördülőcsapágyak, 1. rész: Általános, egyszerűsített ábrázolás
MSz EN ISO 8826-1:2000	Gördülőcsapágyak, 2. rész: Részletes, egyszerűsített ábrázolás

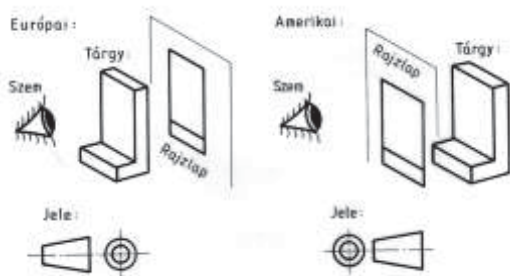
Tartalmuk alapján a szabványokat az alábbi fő csoportokra lehet osztani.

### 2.1. Vonaltípus szabványok

Ez a rajzi gyakorlatban használt vonaltípusok méretét, alakját és funkcióját rögzítő szabványcsoport. A [2], [3], [4] szabványok tételesen leírják a vonalak fajtáit, minden geometriai jellemzőit, a kontúrvonalaktól a méret segédvonalakig. Az MSz ISO 128-21 szabvány különösen a CAD tervezés számára matematikai összefüggésekkel, egyenletekkel határozza meg a vonalalakokat.

### 2.2. Ábrázolás-technikai szabványok

Az ábrázolás-technikai szabványcsoport először a gyakorlatban használatos vetítési módokat definiálja [5], [6]. Itt kerül leírásra az európai és amerikai vetítési mód és jelképeik, valamint a nem rendezett vetületek képzése és jelölése.



1. ábra: Vetítési módok

Külön szabvány sorolja fel a gépészeti rajzok nézeteinél alkalmazható egyszerűsítési lehetőségeket olyan esetekre, amikor nem indokolt minden egyes részletet megrajzolni: résznézet, vendégnézet, ismétlődő részletek elhagyása, továbbá kiemelt részletek (nagyítás), megtört nézet és lelapolt felületek ábrázolási lehetőségeit. További szabványok [7], [8], [9] határozzák meg a gépkatrészek belső kialakításának ábrázolásához alkalmazható metszettípusokat és a metszetekkel kapcsolatos alapfogalmakat: metszősík, metszet, szelvény, félnézet-félmetszet, részmetset (kitörés), ill. a metszetek azonosítására szolgáló jelöléseket, a metszetek (szelvények) elhelyezésének, továbbá a metszettelületek jelölésének (vonalkázásának) szabályait. Újabb szabványrész tartalmazza az axonometrikus ábrázolás lehetőségeit és szabályait, valamint a korábbiakkal kissé átfedésben a vetítési módszereket [10], [11].

### 2.3. Méretmegadás szabványai

Ez a szabványcsoport elsőként a méretmegadással kapcsolatos alapfogalmakat (méretvonal, méretsegédvonal, méretvonal-határoló stb.) definiálja [12]. Továbbá a méretmegadás alap-

vető szabályait rögzíti, mint pl. méretek elhelyezése, olvasási iránya, egyszerűsített megadás ismétlődő részletek esetén, ill. a különböző mérettípusok megadásának szabályait, mint pl. sugár, átmérő, négyzetes alak, szögméretek megadása.

Érintőlegesen említi a tűrések megadásának módját arra az esetre, amikor a megengedett mérethatárokat a méretvonalon tüntetjük fel.

Újabb szabvány az alak- és helyzetűrések (egyenesség, síklapúság, hengeresség, párhuzamosság, merőlegesség stb.) rajzjeleit, azok pontos geometriai alakját és méreteit ismerteti (2. táblázat).

Külön szabvány sorolja fel a műszaki rajzok méretarányait nagyítás és kicsinyítés esetére.

2. táblázat: Alak- és helyzetűrések jelölése

Tűrésezett jellemzők	Rajzjelek
Egyenesség	—
Síklapúság	▭
Köralakúság	○
Hengeresség	⊂
Adott profil alakja	⌒
Adott felület alakja	⌒
Párhuzamosság	//
Merőlegesség	⊥
Hajlásszög	∠
Pozíció	⊕
Egytengelyűség és központosság	⊙
Szimmetria	≡
Radiális / tengelyirányú ütés	↗
Teljes ütés	↻

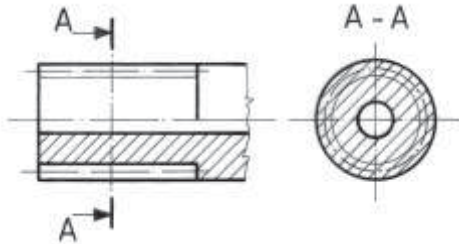
### 2.4. Egyszerűsített ábrázolási módok szabványai

Ez a szabványcsoport bizonyos jellegzetes, alak sajátossággal rendelkező és / vagy szabvá-

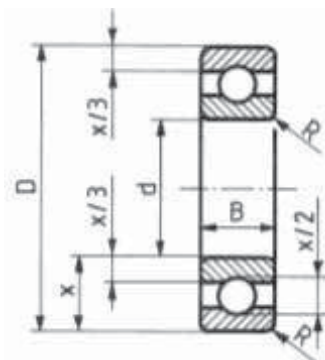


nyos alkatrészek ábrázolását könnyíti meg olyan esetekben, amikor a tárgy valóságú ábrázolása körülményes lenne, mint pl. csavarmenetek. Ilyen esetekben az egyszerűsített ábrázolás szabályai a mérvadóak.

Egy szabvány a bordástengelyek, bordázatok egyszerűsített ábrázolását (2. ábra), egy másik a különböző típusú gördülőcsapágyak egyszerűsített és részletes ábrázolásmódját mutatja be (3. ábra).



2. ábra: Bordástengely egyszerűsített ábrázolása



3. ábra: Csapágy rajzolása

### 3. A SZABVÁNYOKKAL KAPCSOLATOS PROBLÉMÁK

Kutatásainkat a Magyar Szabványügyi Testület hatályos szabványai között végeztük. A szabványlisták tartalmaznak sok olyan, e témát érintő szabványt, amely már visszavonásra került. Ezekben az esetekben tudomásunk szerint nincs hatályos állami szabvány az ábrázolástechnikára vonatkozóan. Ilyen például az MSz ISO 128-24 Gépészeti rajzok vonalai című szabvány.

Más esetekben a szabványok nem tárgyalnak bizonyos számunkra fontos témákat. A méretmegadás szabványai például nem tárgyalják az ISO-kódokkal történő tűrésmegadás alapfogalmait, illetve módját sem. A méretmegadás szabványai között a rajzi méretarányok csak mint ajánlott méretarányok szerepelnek, nem kötelező érvényűek.

Általánosságban a számítógépes rajzkészítéssel kapcsolatban a kutatás jelenlegi állása szerint a vonaltípusok leírásán kívül nem találtunk szabványt.

### 4. A SZABVÁNYOK ÉS A TANSZÉKI MŰSZAKI ÁBRÁZOLÁSTECHNIKA OKTATÁS VISZONYA

A hatályos szabványok feldolgozása során megbizonyosodtunk arról, hogy a tanszéki tananyag **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** tartalma megfelel a hatályos szabványoknak. Számos esetben a tananyag fontos többlet ismereteket tartalmaz, amelyek már visszavont, régebbi szabványokból maradtak meg. A tananyag koherenciájának megőrzése érdekében a visszavont szabványokból származó információt nem vesszük ki automatikusan az oktatásból. Általánosságban elmondható, hogy tananyagunk sok helyen szigorúbb a hatályos előírásoknál. Ez a szigor nem öncélú, hanem az egyértelmű rajzserkesztés, a könnyű rajzolvashatóság érdekében alakult így.

### 5. A SZABVÁNYOK ÉS A SZÁMÍTÓGÉPES RAJKÉSZÍTÉS VISZONYA

A kutatás jelenlegi állása szerint a számítógépes rajzkészítésre, rajzgenerálásra a vonaltípusok leírásán kívül nincs külön szabvány. Ez azt jelenti, hogy a különböző szoftverek készítőinek és forgalmazóinak általában a műszaki ábrázolásra, azaz a kézi rajzra vonatkozó hatályos nemzetközi szabványoknak kell megfelelniük. A kötelező szabványok száma az utóbbi évtizedekben csökkenő tendenciát mutat. Ez lehet oka a különböző 3D tervező szoftverekben tapasztalható ábrázolás-technikai eltéréseknek. Kérdés, hogy a szabványszám csökkenést a szoftverek elterjedése okozta, vagy nincs okozati viszony? Addig is elvárható, hogy a szoftverek készítői és forgalmazói tartsák be a kötelező ábrázolás-technikai minimumot. Megfelelő, hatékony jogi szabályozás ezt kikövetelhetné, de sajnos ma a szabványok nem általánosan kötelező érvényűek.

### 5. ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatásainkból kiderült, hogy a jelenleg a gépészeti ábrázolás-technikával kapcsolatos szabványok száma csökkenő tendenciát mutat. A hatályos szabványok jelentős része nemzetközi szabvány honosítása. A számítógépes ábrázolásra a vonalfajták kivételével nem vonatkoznak külön szabványok. Ebből kifolyólag a számítógépes programokban használt ábrázolás-

technikai algoritmusoknak meg kellene felelni a kézi ábrázolás szabályainak.

## 6. IRODALOM

- [1] Győri M., Lovas L., Eleőd A.:Gépészeti ábrázolástechnika kódrendszerének átalakítása a 3D modellezés prioritásainak figyelembe vételével. Gép, Vol. LXV, 2014/6-7, pp 30-34, ISSN 0016-8572, 2014.
- [2] MSz ISO 128-20
- [3] MSz ISO 128-21
- [4] MSz ISO 128-22
- [5] MSz EN ISO 5456-1:2000
- [6] MSz EN ISO 5456-2:2000
- [7] MSz ISO 128-40
- [8] MSz ISO 128-44
- [9] MSz ISO 128-50
- [10] MSz EN ISO 5456-3:2000
- [11] MSz EN ISO 5456-4:2002
- [12] MSz ISO 129-1
- [13] Lovas L. szerk.: Műszaki ábrázolás I. egyetemi BSc jegyzet, 2010.  
[http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/0018\\_Muszaki\\_abrazolas\\_1/ada tok.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/0018_Muszaki_abrazolas_1/ada tok.html)

# A KREATIVITÁS FOKOZÁSA A TERMÉKTERVEZÉSBEN

## INCREASING THE CREATIVITY IN THE PRODUCT DESIGN

*Dr. Hegedűs József műsz. tud. kandidátus*

### ABSTRACT

One of our most frequently used word is "creativity". It is a topic industry and economy experts can discuss for hours at end. However, when we ask concrete questions regarding creative thinking or try to determine the characteristics of our creative activity, the answers are not so simple. Based on our research we suggest that in addition to our inborn and learned creative abilities utilized by creativity enhancing methods, we need to employ a carefully constructed system of algorithm. In this lecture we shall demonstrate how to develop and use the above mentioned system of algorithm. Our aim is to bring to fruition the creative man's most important characteristic, thus making the process more effective and conscious. In addition we will try bringing to the foreground the ability to form quick and flexible reactions.

Keywords: the algorithm of creativity, knowledge condensation, the foreground of creativity.

### 1. BEVEZETÉS

A kreativitást Csikszentmihályitól [1] és Guilford-tól [2] tanultuk meg. A kreativitás vizsgálódásunk szempontjából olyan alkotóképességet jelent, amely a már meglévő megoldások - Guilford szerint - elszigetelt tapasztalatok felkutatását, összekapcsolását jelenti. Az alkotás számunkra ezen megoldások újszerű értelmezését, új formában történő felhasználását, alkalmazását eredményezi. Kiindulás képpen Csikszentmihályit [1] idézzük és Guilford-ot [2] a kreatív ember jellemzésére, ezek:

- a változás szakadatlan keresése,
- bátorság a megoldásokat illetően,
- az impulzív fegyelmezettség a komfortizmus nélkül,
- nyitott, gyors helyzetfelismerés,
- a megoldások rugalmas kezelése,
- elfogadás az új helyzetekre.

Mindezek a velünk született képességekre és a megtanult készségekre épülnek. Rövid előadásunkban ez utóbbit mutatjuk be. A lényegre tekintve ismertnek tekintjük az értékelemzést és az idézett módszereket - különösen az intuitív technikákat. A bemutatott eljárás rendszer (algoritmus) természetesen a terméktervezésen kívül alkalmas az ötlettermelésben való jártasság fejlesztésére, az ötletpiacon történő pozíciónk javításának megvalósítására is (A jövőbeni gazdaságunk, kultúránk egyik kulcskérdése lesz illetve máris az).

### 2. AZ ALGORITMUS ELVI ALAPJAINAK ÖSSZEFOGLALÁSA

Az értékelemzés teljes folyamatában fontos a kreativitás fokozása. Két területet azonban kiemelünk, ezek:

- az absztrakt termék megalkotása, vagyis a funkció elemzés [3],
- a valós termék változatainak kidolgozása és optimalizálása [3].

Lényegében mindkét területen ötletelést kell megvalósítanunk. Az ötletelést a terméktervezés szabályainak megfelelően [3] team-munkában végezzük el. Ez arra az esetre is érvényes, ha a világhálón nyílt forrás kódú (megosztott) információként jelenik meg [5] az ötlet halmazunk.

Szintek	Lépéscsoportok	Módszerek, határterületi szakmakultúrák
Valós	Követelmények (célok) megfogalmazása (értelmessé)	Rangsorolás, súlyozás 635-os módszer Brainstorming Marketing Innováció Megvalósítás (gyártás) Informatika Logisztika Pszichológia Biológia (környezet) Fiziológia Esztétika Tématerület Tudástér
Absztrakt	Funkciók megfogalmazása Funkciók rendezése Az absztrakt termék leírása	
Valós	A terméktervezés – bevezetés folytatása	
Valós - Absztrakt	Folytatás a világhálón	

1. ábra  
Az algoritmus szemlélete

A feladatnak megfelelően az ábra bővíthető új módszerekkel vagy határterületekkel. Értelmezésünk szerint az ábrán megjelölt módszerek és területektől kevesebb tényezővel nem dolgozhatunk.

A team munkához csoportos illetve eredmény gyorsító módszereket célszerű használnunk. (a 635-nél a team tagok közül válasszunk 6 főt).

A tudás és ismeret vonatkozásában előtérben kell hogy kerüljön az ismeret gazdálkodás, másrészt törekednünk kell a megszerzett tudás által meghatározott ismeretek minél gazdaságosabb felhasználására [6].

A kreativitási erőter felépítését a tudástereknél illetve az alkotótereknél tanultak alapján célszerű alkalmazni.

A szakmakultúrák vagy a tudomány területek bővítésénél figyelembe kell vennünk hogy melyik "ígér" már meglévő megoldásokat, ötleteket (elszigetelt tapasztalatokat).

## IRODALOM

- [1] MIHALY CSIKSZENTMIHALYI: CREATIVITY FLOW AND THE PSYCHOLOGY OF DISCOVERY AND INVENTION. HarperCollins Publishers, 1996.
- [2] J:P: GUILFORD:PSYCHOLOGY, 1987
- [3] HEGEDŰS József: – Kő Ferenc: Az értékelemzésre alapozott terméktervezés módszertana. Egyetemi jegyzet, Kecskeméti Főiskola, Kecskemét, 2001.
- [4] HEGEDŰS JÓZSEF: INTUITIV TERVEZÉSI TECHNIKÁK. Egyetemi jegyzet, Soproni Egyetem, 1998.
- [5] HEGEDŰS József: Az értékelemzés a virtuális tervezés és a valós világ metszéspontjában. A gépészeti szakmakultúra szerepe a hazai gazdaság fenntartható fejlődésében. Konf., Budapest, 2015 április.
- [6] Sir Ken Robinson: AZ ALKOTÓ TÉR. HVG Kiadó Zrt., Budapest, 2011.

# CSAVAROK ELŐFESZÍTÉSÉNEK HATÁSA A FÉKNYEREG DEFORMÁCIÓJÁRA ÉS TERHELHETŐSÉGÉRE

## THE EFFECT OF PRELOAD OF BOLTS ON THE DEFORMATION AND LOADBEARING CAPACITY OF BRAKE CALIPER

*Horváth Ádám<sup>1</sup>, Dr. Oldal István<sup>2</sup>, Dr. Kalácska Gábor<sup>1</sup>, Dr. Andó Mátyás<sup>3</sup>*

- <sup>1</sup> *Gépipari Technológiai Intézet, Szent István Egyetem, 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1. Magyarország*
- <sup>2</sup> *Mechanikai és Géptani Intézet, Szent István Egyetem, 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1. Magyarország*
- <sup>3</sup> *Műszaki Intézet, Nyugat-magyarországi Egyetem, 9700 Szombathely, Károlyi Gáspár tér 4. Magyarország*

### 1. ABSZTRAKT

In this study we show the evaluation of caliper deformation under different preloaded bolts are applied. The allowable deformation of caliper was defined and examined according to the experienced and calculated deformation in the function of the increasing preload of bolts. It was found in the model system that 10% increase of preload of bolts elevated the stress level in the caliper with 5,2%, which can cause an initial deformation.

### 2. BEVEZETÉS

A gépjárművek esetében egy adott alkatrész (féknyereg, féktárcsa, fékbetét, dugattyú) anyagát az adott feladatnak megfelelően határozzák meg. A gépjárművek esetében fontos, hogy olyan alkatrészek alkossák a futóművet, amelyek a megfelelő szilárdság mellett kis sűrűséggel rendelkeznek, annak érdekében, hogy az alkatrészek ellenálljanak az üzemi terhelésnek, de ne növeljék a rugózatlan tömeg nagyságát. A gépjárművek egyik fontos eleme a fékszerkezet [9.], amelyek hozzájárulnak a biztonságos közlekedéshez. A féknyereg készülni lehet egy darabból és több darabból. A több darabból készült féknyereg esetében csavarok segítségével kapcsoljuk egymáshoz az egyes elemeket. A féknyeregben lévő csavarokat a szabványnak megfelelő nyomatékkal húzzák meg [5.]. A csavarok adott nyomatékkal való meghúzása előfeszíti a csavart, amely hatással van a fékszerkezet működésére [8.]. A csavarok előfeszítések

hatásának vizsgálatára végelemes programot használtunk, amelyet számos esetben használnak a mérnöki gyakorlatban [7.]. A fékekkel kapcsolatban is sok esetben használnak szimulációs szoftvereket, amelyek segítségével vizsgálják a fékek működését [4.]. A tárcsafékek esetében a két súrlódó elemmel kapcsolatban végeznek szimulációkat, hogy megállapítsák a hőterhelést a fékezés során [6., 2.], más esetekben az egyes elemek feszültségállapotát vizsgálják [10.]

A kutatásnak célja a csavarelőfeszítés hatásának vizsgálata a féknyereg deformációjára és annak megállapítása, hogy a csavar előfeszítés növelésével milyen mértékben növelhető a féknyereg terhelhetősége.

### 3. ANYAG ÉS MÓDSZER

A 7075T6-os ötvözt alumíniumot jó szilárdsági tulajdonságai miatt a repülőgépiparban és gépjárműiparban használják. Számos esetben ezt az ötvözetet alkalmazzák a féknyereg anyagának, amelynek jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza. Az általunk vizsgált féknyereg több elemből áll, az egyes elemek M10 10.9 csavarokkal van összefogva, amely jellemzői szintén az 1. táblázatban vannak.

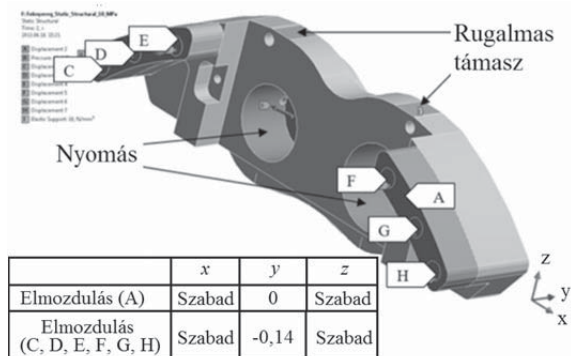
1. táblázat: Féknycereg elemeinek anyagjellemzői [1., 3]

Fizikai tulajdonságok	Alumínium 7075T6	10.9 csavar
Folyáshatár	503 MPa	940 MPa
Rugalmassági modulus	71,7 GPa	220 GPa
Poisson tényező	0,33	0,3

Végeselemes modell segítségével vizsgáltuk a féknyceregben lévő csavarok (6 darab) előfeszítésének hatását a féknycereg deformációjára. A vizsgálat során alkalmazott modell egy fél féknycereg volt, mivel a féknycereg tükörszimmetrikus, így csak a féknycereg egyik oldalát modelleztük. Ahhoz, hogy a végeselemes analízist el tudjuk végezni, létre kellett hozni az egyes alkatrészek modelljét. A féknycereg egyes elemeinek hálózása során a pontos eredmény érdekében a féknycereg elemein sűrű hálózást alkalmaztunk (elemméret 3 mm). A modell hálózása során 42711 elemet kaptunk, ami 149833 csomópontot eredményezett.

A valós körülményeknek megfelelően a VE (végeselem) programban meg kellett határozni a féknycereg különböző kényszereit (1. ábra), a terheléseket és az egyes elemek közötti kapcsolatot. A szimmetria biztosítása miatt a közdarab szimmetria síkjában lévő felületeinek  $y$  irányú elmozdulását korlátoztuk,  $x$  és  $z$  irányban szabadon elmozdulhatnak. A féknycereg összeszerelésénél biztosítani kell, hogy a szerkezet csavarjai a működés során ne lazuljanak ki, ezért az összefogó csavarokra előírt meghúzási nyomatékkal kell meghúzni. A vizsgálat során különböző meghúzási nyomatékok esetében vizsgáltuk a féknycereg furatainak (dugattyú furatok) szögváltozását, amely hatással van a dugattyúk optimális működésére. A csavarok előfeszítését úgy modelleztem a végeselemes programban, hogy a csavarok szimmetria síkjában lévő felületeit  $y$  irányban elmozdítottam, hogy akkora erő jöjjön létre, amely a meghúzásból adódik. A csavarok szimmetria síkja a többi irányban ( $x$ ,  $z$ ) szabadon elmozdulhatnak. A modell térbeli stabilitását rugalmas kényszer segítségével biztosítottuk, amelynek értéke  $10 \text{ N/mm}^3$  volt, ami nem befolyásolja az eredményeket. Az így meghatározott kényszerek a vizsgálat szempontjából a valóságnak megfelelő

körülményeket írják le. A nyomás a féknyceregben a dugattyúk számára kialakított furatokban hat.

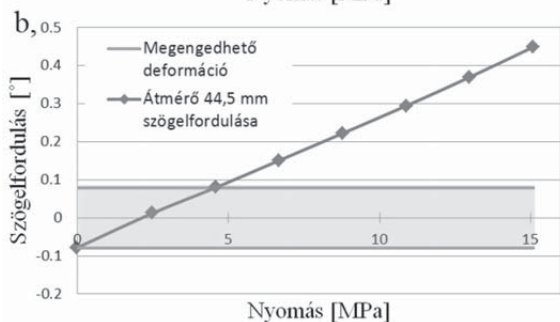
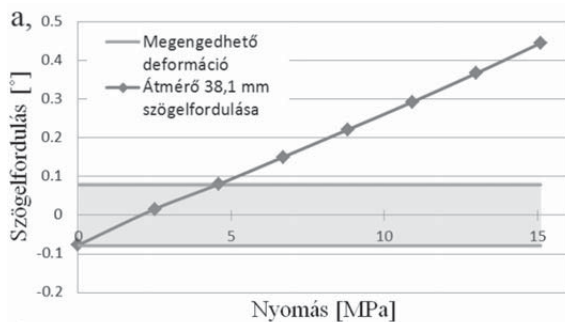


1. ábra: A fékberét kényszerei és terhelései a szimulációs modellen

Az általunk használt modell 9 elemből áll, ahol meg kellett adni az egyes részek közötti kapcsolatot. A csavarok feje és a fél féknycereg között ragasztásos kapcsolat van, ami ezt eredményezi, hogy az összeragasztott felületek egymáshoz képest nem képesek elmozdulni. A közdarabok és a féknycereg között súrlódásos kapcsolatot definiáltunk, a súrlódási tényező értéke 0,1.

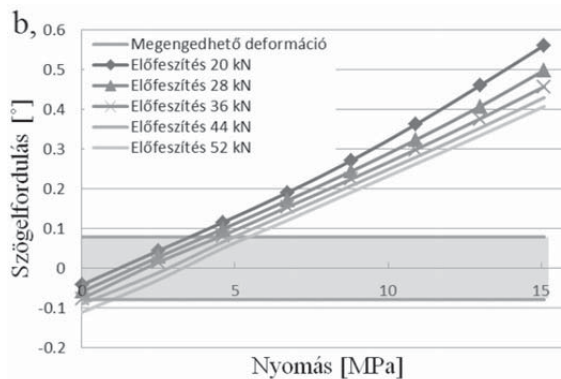
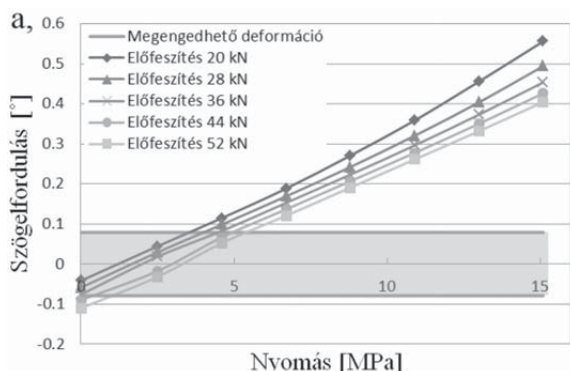
#### 4. EREDMÉNYEK

A vizsgálat során a féknycereg deformációját a dugattyú furatok elfordulása szemszögéből vizsgáltuk, mivel kritikus esetben a féknycereg deformációja kimotozítja a dugattyúkat optimális helyzetükből, így a dugattyú nem teljes felülettel nyomja a fékberétet és csökken a fékberétet hatékonysága. A vizsgálat első lépéseként megvizsgáltuk, hogy M10 10.9 csavar szabványos meghúzási nyomatéka (előfeszítés 40 kN) esetén hogyan változik a dugattyúfuratok helyzete a terhelő nyomás hatására. A féknyceregben két dugattyú van az egyik dugattyú átmérője 38,1 mm, míg a másik dugattyú átmérője 44,5 mm. Az általam vizsgált féknycereg 29 mm mély furatokkal készült. A 2. ábra mutatja a csavarok előfeszítéséből és a terhelésből adódó deformációt. A 2. ábra alapján megállapítható, hogy a csavarok előfeszítése terheletlen állapotban nagymértékű deformációt okoz és nagyjából 4,56 MPa terhelésnél (fékrendszerben lévő hidraulikus nyomás) mind a két dugattyú esetében a deformáció meghaladja féknycereg megengedhető deformációját, azaz a dugattyú furatok kimotozítják optimális helyzetükből a dugattyúkat.



2. ábra: A dugattyú furatának megengedhető deformációja az általam vizsgált modell esetében; a, 38,1 mm dugattyú esetén; b, 44,5 mm dugattyú esetén

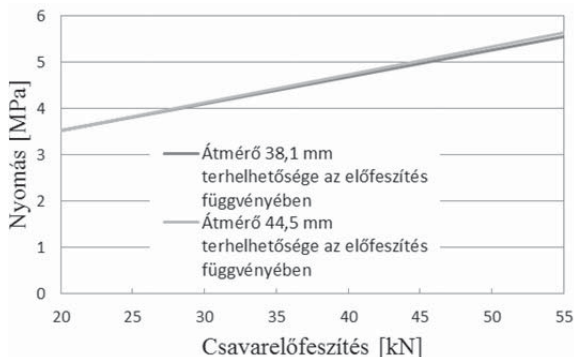
Látható, hogy a csavarok előfeszítése hatással van a féknyereg deformációjára. A továbbiakban megvizsgáltuk, hogy a különböző meghúzási nyomatékok esetén hogyan változik a féknyereg deformáció és terhelhetősége. A vizsgálatainkat 20 kN és 52 kN közötti előfeszítő erő között végeztük. A 3./a ábra a 38,1 mm átmérőjű dugattyú esetén mutatja a féknyereg deformációját eltérő előfeszítő erők alkalmazása esetén. A 3./ b ábra a 44,5 mm átmérőjű dugattyú esetén mutatja a féknyereg deformációját eltérő csavarelőfeszítések esetén.



3. ábra: a, 38,1 mm átmérőjű dugattyú a deformációja eltérő csavar előfeszítés esetén; b, 44,5 mm átmérőjű dugattyú a deformációja eltérő csavar előfeszítés esetén

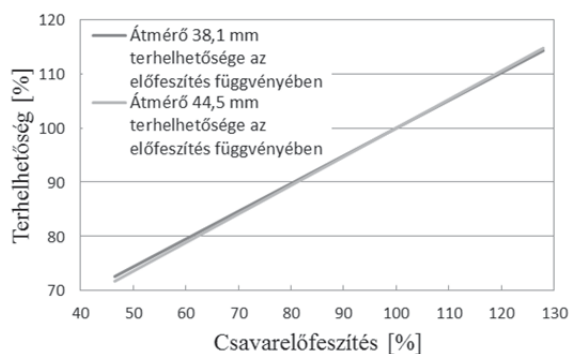
## 5. ÉRTÉKELÉS

A 3. ábra alapján megállapítható, hogy a csavarok előfeszítése hatással van a féknyereg terhelhetőségére, vagyis milyen terhelések esetén lesz kritikus a dugattyúk furatának szögelfordulása. Minél nagyobb a csavar előfeszítése, annál nagyobb nyomásértékek alkalmazhatóak a fékrendszerben. A 4. ábra azt mutatja meg, hogy csavar előfeszítés növelésével mekkora terhelés növekedés érhető el a féknyereg esetében.



4. ábra: A féknyereg terhelhetősége a csavarelőfeszítés függvényében

A diagram alapján megállapítható, hogy a féknyereg terhelhetősége 0,6 MPa nyomással növekszik 10 kN-os előfeszítés növekedés esetén. Százalékosan kifejezve, ha 10%-kal változtatom a csavarok előfeszítését, akkor a féknyereg terhelhetősége átlagosan 5,2% változik. (5. ábra)



5. ábra. A féknyereg terhelhetősége a csavarelfeszítés függvényében

A vizsgálat során megállapítható, hogy a féknyereg terhelhetősége növelhető a csavarelfeszítés növelésével, mindaddig, amíg terheletlen állapotban a furatok szögelfordulása nem haladja meg a megengedhető deformációt. Abban az esetben, amikor a deformáció terheletlen állapotban meghaladja a megengedhető deformációt mértékét, a fékbetéten kis üzemi nyomásokon ferdén fog kopni. Az optimális csavarelfeszítő erő az, amikor terheletlen állapotban a deformáció éppen nem haladja meg a megengedhető deformáció mértékét.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatás alapján megállapítható, hogy a több elemből álló féknyergek esetében a féknyeregben lévő csavarok hatással vannak a féknyereg deformációjára. A csavarok szabvány szerinti nyomatékkkal történő meghúzása befolyásolja a csavarok előfeszítését. A csavarok előfeszítésével befolyásolni tudjuk a féknyereg deformációját, amely hatással van a dugattyúk optimális helyzetére. A féknyereg deformációja addig megengedhető, ameddig a dugattyú teljes felülettel tudja nyomni a fékbetétet, amint a féknyereg kimozdítja a dugattyúkat optimális helyzetükből a féknyereg deformációja nem megengedhető. A csavarok előfeszítésének növelésével növelhető a féknyereg terhelhetősége. 10% előfeszítő erő növekedés esetén a féknyereg terhelhetősége 5,2% növekszik. A csavarok előfeszítését addig lehet növelni, ameddig a terheletlen féknyereg esetében a csavarelfeszítés okozta deformáció nem mozdítja ki a dugattyúkat optimális helyzetükből.

## 7. IRODALOMJEGYZÉK

- [1.] Aluminium 7075t6; 7075t651, CRP MECCANICA
- [2.] Belhocine A., Bouchetara M., Thermomechanical modelling of dry contacts in automotive disc brake, International Journal of Thermal Sciences 60, pp.161-170, 2012
- [3.] David Thor, Establishing fatigue properties of ultra high strength steel bolt materials, Master of Science Thesis in Product Development, 2013
- [4.] Hohmann C., Schiffner K., Oerter K., Reese H., Contact analysis for drum brakes and disc brakes using ADINA, Computers and Structures 72, pp.185-198, 1999
- [5.] ISO 898-7
- [6.] Ji-Hoon Choi, In Lee, Finite element analysis of transient thermoelastic behaviors in disk brakes, Wear 257, pp.47-58, 2004
- [7.] Pintér E., Kátai L., Szabó I., Stress Optimization Process of Bevel Gearbox Housing with Six Axes. In: Mechanical Engineering Research, Volume 11. pp. 24-30, 2014
- [8.] Szabó I., Kátai L., Molnár L., Kajtár P., Előfeszített csavarkötések működésének modellezése. MTA AMB XXXII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, 2. kötet pp. 203-207, 2008
- [9.] Szendrő P., Gépelemek, Mezőgazda kiadó, 2007
- [10.] Y. Yildiz, M. Duzgun, Stress analysis of ventilated brake discs using the finite element method, International Journal of Automotive Technology, pp. 133-138, 2010



# SÍKKEREKES HULLÁMHAJTÓMŰ ALAPELEMEINEK OPTIMÁLÁSA

## OPTIMIZATION OF THE BASIC PARTS OF A FLAT WHEEL HARMONIC DRIVE

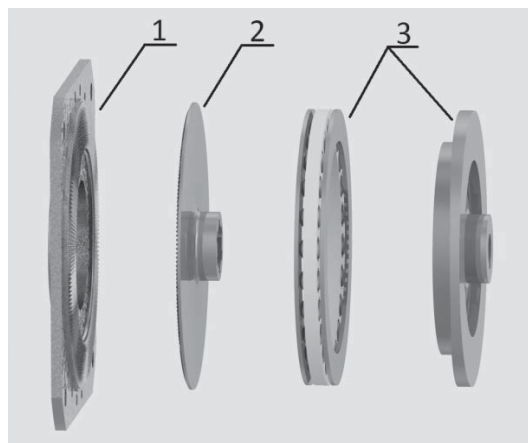
*Kardos Szilárd tanszéki mérnök, Dr. Krisch Róbert egy. adjunktus  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gép- és Terméktervezés Tanszék*

### ABSTRACT

The functions of the principal members of a flat-wheel harmonic drive are similar to the functions of a traditional harmonic drive, but the feature of the flexible and the solid wheels are different. This paper reports the optimization of the basic elements of an experimental flat wheel harmonic drive. The stresses rising in the flexible bearing due to deformation by the wave generator were analyzed by FE method; the deformation results were compared to measurements. New type of wave generator cam surface will be reported as well, and compared to existing wave generator cam surface.

### 1. BEVEZETÉS

A síkkerekes hullámhajtóművek megfelelő működéséhez elkerülhetetlen, hogy a rugalmas és merev kerék kapcsolódásának paraméterei (deformáció mértéke, fogprofilok, foghézások nagysága stb.) biztosítsák a két alapelem fogfej-ütközés és fogfej-interferencia nélküli kapcsolódását. Ehhez ismernünk kell a rugalmas kerék deformált alakját. Jelen cikk ezt végelesemes modellel illetve egy meglévő síkkerekes fogaskerék hullámhajtóművön elvégzett mérésekkel vizsgálja, ahajtómű terheletlen állapotában. Miután mérésekkel igazoltuk a modell helyességét a hajtómű optimalizálásokot végeztünk, hogy a kapcsolódó elemek között minél kedvezőbb érintkezés alakuljon ki. Az optimalizálás során megvizsgáltunk egy szinuszos bütökfelülettel rendelkező hullámgenerátort.

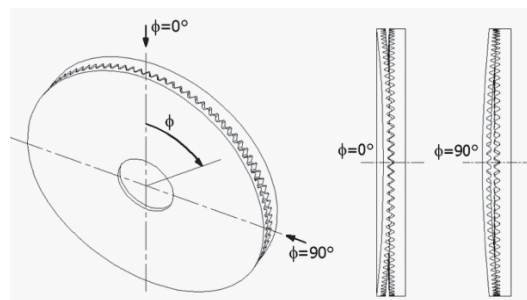


1. ábra: A síkkerekes hullámhajtómű alapelemei

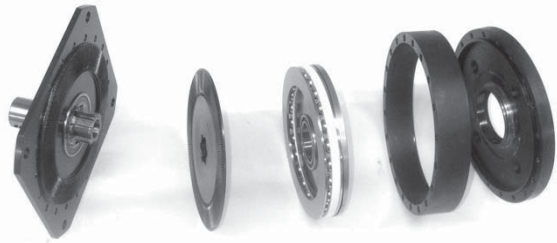
### 2.A SÍKKEREKES HULLÁMHAJTÓMŰ MŰKÖDÉSE, A VIZSGÁLATI MÓDSZEREK ISMERTETÉSE

A vizsgált síkkerekes hullámhajtómű működési elvét tekintve nem különbözik a hullámhajtás alapelvétől, tulajdonképpen a hengeres kerekes fogaskerék-hullámhajtómű [1] speciális változatának tekinthető.

Az 1. ábrán a hajtómű alapelemei láthatók, ezek sorrendben: merev kerék (1), hullámkerék (2), és a bütökös hullámgenerátor (3) mely egy axiális golyóscsapágyon keresztül deformálja a hullámkeréket. A kéthullámú generátorban a bütök munkafelülete két, a hajtómű tengelyére merőleges síkkal  $\beta_g$  szöget bezáró síkfelület vagy a jelen cikkben bemutatott szinuszos bütökprofil. A hajtómű hullámkeréke egy sík tárcsa, amely homlokfelületének peremén lévő fogazat deformált állapotban kapcsolódik (2. ábra) a merev kerék homlokfogazatával, a két kerék koaxiális helyzetű. A merev kerék fogszáma kettővel kevesebb a hullám-kerékénél.



2. ábra: Fogkapcsolódás vázlatja

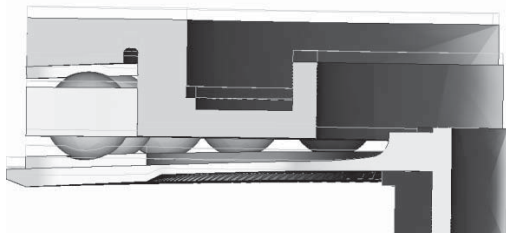


3. ábra: a kísérleti sikkerekes hullámhajtómű

A hullámkereket itt a hullámgenerátor axiális irányban deformálja, a hengeres kerek változatnál működő radiális iránnyal szemben. Jelen cikk egy korábbi tanulmány [2] során elkészített kísérleti sikkerekes hullámhajtómű (3. ábra) hullámkerékén végzett újabb deformációs vizsgálatok eredményét és a hullámgenerátor geometriájának optimalizálását mutatja be.

A deformáció vizsgálatára alkalmas a végelelemes analízis, ehhez a ProEngineer Wildfire4 tervezőszoftver ProMechanica modulját használtunk. Az első végelelemes modell tapasztalatai alapján átalakítottuk a meglévő kísérleti hajtóművet. Az átalakított kísérleti hajtóművön végzett, századmilliméter pontosságú mérésekre eredményeit vetettük össze avégelelemes modell eredményeivel.

A hullámkerék különböző mértékben deformálható, azonban jelen konstrukcióban a tervezett axiális irányú deformáció 1,2 mm (4. ábra). Ekkora az elméleti értéke tervezett üzemi állapotban is, így mindegyik vizsgálatnál ezzel számoltunk.



4. ábra: a hullámkerék peremének axiális deformációja

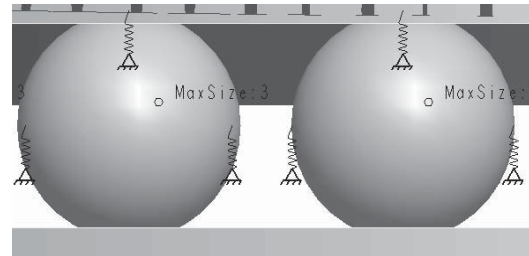
### 3. VÉGESELEMES ANALÍZIS

A végelelemes modell elkészítése során különböző egyszerűsítéseket használtunk a számítási idő csökkentése érdekében. Tekintettel arra, hogy a vizsgált esetben nyomatékterhelés nem hat a hullámkerékre, a szimmetriaviszonyok miatt elegendő volt negyed modellt használni, és a szimmetria síkokra a megfelelő szimmetriakényszert

beállítani. Pontosabb eredmények elérése érdekében, a rugalmas csapágy golyóit meghagyva vizsgáltuk a kísérleti hajtómű hullámkerékének deformációját.

Az érintkező felületek között kontakt kapcsolatot határoztunk meg. Így biztosítható, hogy a csapágy nem válik túlzottan merevvé, hiszen a golyók a futópályákhoz képest elmozdulhatnak.

Hogy a végelelemes számításkerekítési hibáit kiküszöböljük a csapágygolyókat 'földelt' rugóval rögzítettük (5. ábra). 'Földelt' rugóval kényszerített modell egy kiválasztott pontjának elmozdulása minden irányban a rugó által gátolt. A rugók csak a kerekítési hibák kiküszöbölésére szolgálnak, ezért rugómerevségi paraméternek, a várható terhelésekhez viszonyítva, alacsony értékeket adtunk: 1N/mm.



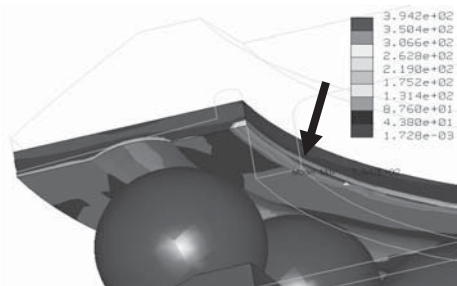
5. ábra: csapágygolyók megfogása rugókkal

Így a rugók a golyók elmozdulását érdemben nem gátolták, és nem okoztak a modellben nem kívánt feszültséget.

A kapott eredmények alapján a csapágy modellezését megfelelőnek találtuk, de mielőtt további vizsgálatokat végeztünk volna, megvizsgáltunk a rugalmas csapágy és a hullámkerék kapcsolatát.

### 4. A RUGALMAS CSAPÁGY ÉS A HULLÁMKERÉK KAPCSOLATA

A csapágyban ébredő feszültségek vizsgálata során feltűnt, hogy a felső csapágygyűrű belső oldalának alsó élén kiugróan magas feszültségek ébredtek (6. ábra).



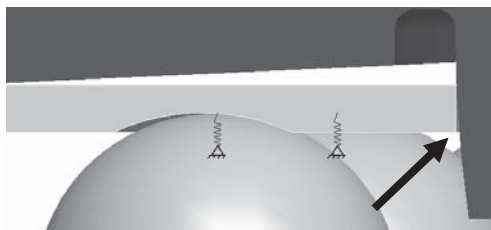
6. ábra: a rugalmas csapágybelső peremének feszültségcsúcsa

A számított deformált alakot megvizsgálva látható, hogy a csapágygyűrű belső éle felfekszik a hullámgenerátor illesztő peremén (4. ábra). Ez az élmenti érintkezés feltehetőleg torzítja a hullámkerék deformált alakját.

A végeelemes modell peremfeltételeit úgy határoztuk meg, hogy súrlódást nem vettük figyelembe az érintkező felületek között, azonban ha az élmenti érintkezés a valóságban is előáll, akkor a súrlódás miatt a hullámkerék deformációja várhatóan eltér a végeelemes modellben kapott értékektől. A súrlódás miatt fellépő akadást jelensége a hullámhajtómű esetében nem kívánatos, a hatásfokot rontja és nem kézben tartható, így bizonytalanná válik a deformált alak.

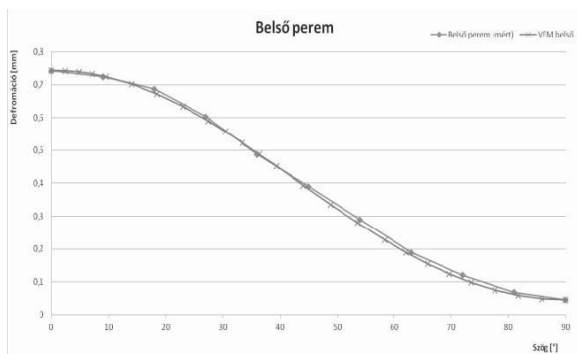
### 5. A KÍSÉRLETI HAJTÓMŰ MÓDOSÍTÁSA

A fentiekben leírt élmenti érintkezést elkerülendő, a csapágy illesztőperemét átalakítottuk a CAD-VEM modellen és a kísérleti hajtóművön is. Az illesztőperem külső átmérőjét letörtük, így elmozdulás közben nem érintkezik a rugalmas csapággal (7. ábra).

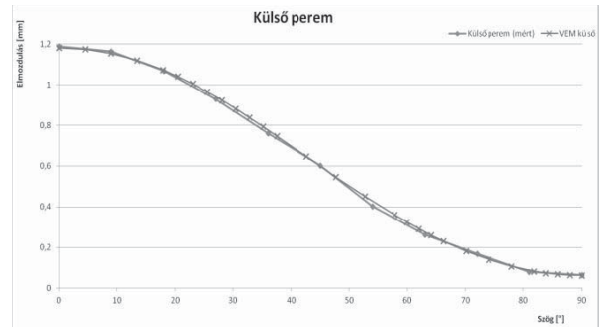


7. ábra: illesztő perem letörése

Az így átalakított illesztőperemmel is elvégeztem a végeelemes vizsgálatot majd a kapott eredményeket összevetettük az átalakított kísérleti hullámhajtóművön végzett mérésekkel. A fogazat külső-belső átmérőjén számított és mért axiális irányú elmozdulás értékeket mutatja a 8. és 9. ábra.



8. ábra: a fogazat belső peremének axiális irányú elmozdulása



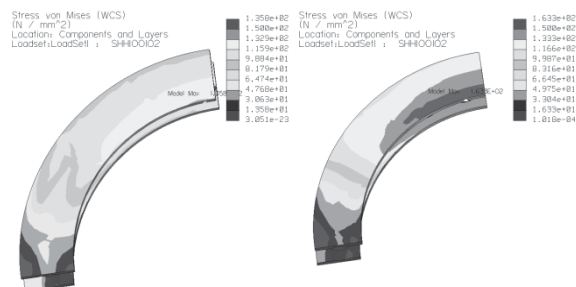
9. ábra: a fogazat külső peremének axiális irányú elmozdulása

### 6. HAJTÓMŰ ALAPELEMEINEK OPTIMÁLÁSA

Miután a végeelemes modell eredményeit összegeztük a valós mérésekkel elkezdtük a hajtómű alapelemeinek optimalizálását. Az első optimalizálási vizsgálatokat sík bütyökprofilal végeztük, amely felülete úgy keletkezik, hogy a hengerből radiális irányban egy egyenlő szárú trapéz-keresztmetszetet vágunk ki, amelynek ebben az esetben a magassága 1,5mm, alapjának hossza megegyezik a henger átmérőjével és szárai 2,5°-os szöget zárnak be az alappal.

A rugalmas csapágy optimalizálása során a csapágygyűrűkben ébredő feszültségek csökkentése volt a célunk, amely a hullámgenerátor bütyökprofil alakjának illetve a csapágygyűrű vastagságának optimalizálásával érhető el. Azt tapasztaltuk, hogy a felső csapágygyűrű és a hullámgenerátor deformáció hatására érintkező felületének mérete fordítottan arányos a csapágygyűrűkben ébredő feszültséggel.

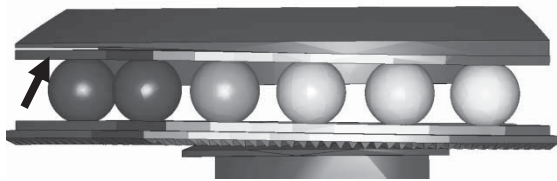
Az optimalizálás során a bütyök profilszöget és a csapágygyűrű vastagságát változtattuk, melyek kezdeti értékének 2,5°-ot és 1,5mm-t határoztunk meg. A csapágygyűrűben ébredő feszültségek optimalizálás előtti és utáni állapota a 10. ábrán látható.



10. ábra: Rugalmas csapágyban ébredő feszültségek optimalizálás után (bal) és eredetileg

A kezdeti modellben a rugalmas csapágyban a maximális Von Mises feszültség értéke 163MPa volt, melynek értéke az optimalizálás után 136MPa-ra csökkent

Tovább vizsgálva az optimált modell deformált alakját megállapítottuk, hogy a teljes kerület mentén a módosított hullámgenerátorral sem biztosított a teljes felfekvés, ha az „egyszerűbb”, sík bütökprofilát használjuk. A 11. ábrán látható, hogy a nyíllal jelölt környezetben jelentős hézag van a hullámgenerátor és a rugalmas csapágy között.



11. ábra: a módosított modell deformációja

Annak érdekében, hogy nagyobb érintkezési felület alakuljon ki a rugalmas csapágy és a hullámgenerátor között megvizsgáltuk, hogy jellegre milyen alakot vesz fel a deformált hullámkerék. A 8. és 9. ábrákon látható, hogy a hullámkerék fogazat belső és külső pereme a kerület mentén szinuszos alakot vesz fel. Ez alapján egy új szinuszos hullámgenerátor bütökfelületet határoztunk meg. A modellben a hullámgenerátor bütökmagassága (M) és profilszöge (S) a kerület mentén szinuszosan változik az alábbi egyenletek alapján.

$$M = HA + HV \cdot \cos(\text{trajpar} \cdot 360 \cdot 2) \quad (1)$$

$$S = DA + DV \cdot \cos(\text{trajpar} \cdot 360 \cdot 2 + 180) \quad (2)$$

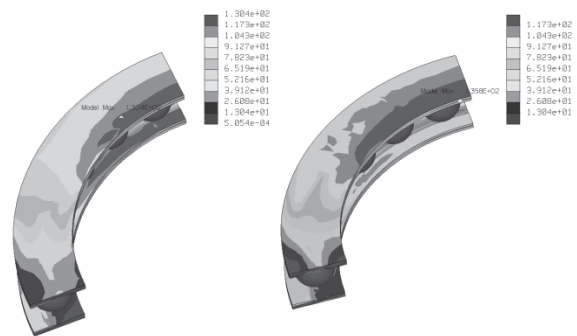
Az így kapott hullámgenerátornál (12. ábra) a következő paramétereket választottuk optimalizációs változónak: alapszög (DA), változó szög (DV), alapmagasság (HA), változó magasság (HV). A szinuszos bütökfelületet sörpéssel modelleztük, amely során a fenti egyenletekben látható 'trajpar' relációhasználtuk, melynek értéke a pályától függ. Apályán kezdőpontjában '0' értéket vesz fel, míg a végpontban '1'-et, és a két pont között lineárisan növekszik.



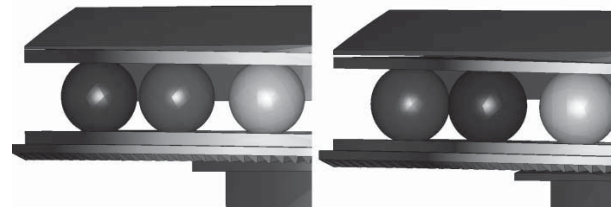
12. ábra: Szinuszos bütökfelülettel rendelkező hullámgenerátor

Az optimalizálás célja továbbra is a rugalmas csapágyűrűben ébredő feszültség minimalizálása volt.

A 13. ábra baloldalán az optimált szinuszos bütökprofilú hullámgenerátorral deformált csapágyűrű látható, míg jobb oldalán az optimált sík bütökfelületű hullámgenerátorral deformált csapágyűrű látható. A szinuszos hullámgenerátor 136MPa-ról 130MPa-ra csökkentette a csapágyűrűben ébredő maximális feszültséget. Továbbá a 14. ábrán látható, hogy a szinuszos bütökprofilú hullámgenerátor a kisebb mértékben deformált területeken jelentősen közelebb került a felső csapágyűrűhöz.



13. ábra: a rugalmas csapágyűrűben ébredő feszültségek



14. ábra: szinuszos és sík bütökkel ellátott hullámgenerátor deformált alakja

## 7. ÖSSZEFOGLALÁS

Egy kísérleti síkkerekes hullámhajtóműben található hullámgenerátor alakjának optimalizálása és a rugalmas csapágyűrűben ébredő feszültségeket vizsgálata került bemutatásra. A kezdeti maximális Von Mises feszültség értékeit optimalizálás után 20% sikerült csökkenteni. További célkitűzés a hullámkerék optimalizálása, mivel a működés során ez az alapelem is jelentős fárasztó igénybevételnek van kitéve.

## 10. IRODALOM

- [1] [www.harmonic-drive.com](http://www.harmonic-drive.com)
- [2] Krisch R.: Síkkerekes hullámhajtóművek fejlesztése, PhD értekezés, BME, 2010.

# TERMÉKMINŐSÉG, TERVEZÉSFILOZÓFIA, KELET-EURÓPA KONTRA NYUGAT-EURÓPA.

## PRODUCT QUALITY, DESIGN PHILOSOPHY, EASTERN EUROPE VERSUS WESTERN EUROPE

*Károsi Zoltán DLA/ egyetemi adjunktus*

### ABSTRACT

It can be hardly debated that American and Western-European product quality and product design schools have not been able to give a comprehensive response to the challenges set by environmental protection and to uniformity in the world.

Certain scientists, teachers and politicians think that both the American (Western European) and Soviet (Eastern European) design philosophy can be justified from an economic aspect; The Western European philosophy is much more practical and efficient, whereas some elements of the Eastern European one are more economical. They think the fair comparison of these two approaches has been prevented by the intentions and adverse interests of political propaganda. They recommend the integration of these two schools as a solution to the problems. The paper wishes to recall various types of design philosophy of the present and the past, (which actually do not seem to be bygone) in order to draw conclusions from them.

### BEVEZETÉS

Nehezen vitatható, hogy napjainkra az amerikai, nyugat-európai termékminőségi, terméktervezési iskolának nem sikerült átfogó választ adnia a környezetvédelem kihívásaira, a világ uniformizálódására. Egyes kutatók, oktatók és politikusok szerint az amerikai és a szovjet tervezésfilozófia különbsége közgazdaságilag egyaránt indokolható. A nyugat-európai sokkal gyakorlatiasabb és hatékonyabb, viszont a kelet-európai néhány

eleme gazdaságosabb. Véleményük szerint a korrekt összehasonlítást eddig a politikai propaganda szándéka és ellenérdekeltsége megakadályozta. A bajokra megoldásként e két iskola integrálását ajánlják.

Ez az írás a jelen és a múlt, vagy a jelekből ítélve nem annyira elmúlt tervezésfilozófiákat szeretné felidézni okulásul.

### 1. TERMÉKMINŐSÉG, TERVEZÉSFILOZÓFIA

Az amerikai és szovjet propagandaharc az *egyéni kockázatvállalás (egyéni siker lehetősége) és a közösségi lét (siker a közösségért)* oppozíciójára épült. Ebből következett, hogy az amerikai és a szovjet zónában eltérő módon viszonyultak az ipari termékek minőségéhez, ezért a tervezőkkel szemben támasztott követelmények is lényegesen eltértek.

Abban azonban azonos volt a hozzáállás, hogy az ipar által létrehozott termékek mindkét esetben részei a *politikai propagandának*.

Az amerikai a sokféleségre, a folyamatos változásra és a láttatott minőségre, a divatosságra helyezte a hangsúlyt. A szovjet arra, hogy a rendszer mindenkinek képes biztosítani a társadalmi hierarchiától független, egyenletes és azonos, tartós minőségű ellátást.

### 2. A TERMÉKMINŐSÉG, TERVEZÉSFILOZÓFIA AMERIKAI, NYUGAT-EURÓPAI FELFOGÁSA

Vetítsük ki ezt az elvet például az autóbuszra. Az amerikai zónában az autóbusz hasznos

kiegészítő közlekedési eszköz, a haszongépjármű-gyártás mellékterméke. A vezető termék a folyamatosan megújuló, a fejlődést demonstráló individuális személyautó. Mivel ez a filozófia nem változott, cikkemben, a továbbiakban, ebben a fejezetben a jelen időt használom.

A tervezett elavulást segítő fejlesztés a Henry Ford-féle *piramis-elv*<sup>1</sup> szerint történik. Eszerint a termék összes alkatrészének minőségét, élettartalmát a kereskedelmileg optimális üzemidőhöz igazítják. Ez annyit jelent, hogy a vevőszolgálat az alkatrész-utánpótlást csak meghatározott ideig biztosítja. Fontos a rendszeres innovatív újratemelés, melyet a gyártmány üzemidejének behatárolásával érnek el.

A gyártókapacitást nem az alkatrész-utánpótlás végtelen biztosítására, hanem az új termékek előállítására ösztönzik. A beruházásra rendelkezésre álló összeg a fejlesztést, a fejlesztés reklámját és a hálózat fenntartását szolgálja.

A *haszonelvű*, folyamatos fejlesztés három, egymást kiegészítő részterületen folyik.

Az egyik a *gazdaságossági*, amely a más haszongépipari fejlesztésekhez is kapcsolódó **műszaki**, tartalmi fejlesztéseket, a nagy költséggel előállítható szolgáltatásokat jelenti. Ilyen terület például a jobb emissziós tényezőket jelentő motor, a felfüggesztés, a kisebb önsúly, az utasbiztonság és az alacsony padlóelrendezés, amely kényelmi szolgáltatás, azonban a költségessége ide kapcsolja.

---

<sup>1</sup> **Piramis-elv** Henry Ford, a gyári hatékonyság érdekében elrendelte, hogy fésüljék át Amerika roncsstelepeit, keressenek hibátlan T-modell alkatrészeket. Egyetlen alkatrész: a roncsautók királycsapjai egytől egyig, évekig működőképesek maradtak. Ford könyörtelen logikával levonta a következtetést, és úgy rendelkezett, hogy mivel a T-modell királycsapjai túl jók a feladatukhoz, a jövőben rosszabb minőségben készüljenek.

*Nicholas Humphrey*  
Ebből a tapasztalatból építette fel a Ford gyár a Q1 tervezett elavulást segítő minőségbiztosítási rendszerét.  
K. Z.

A gazdaságosság javítása része a *versenyképesség*<sup>2</sup> megtartásának.

A másik, kevésbé költséges részterület a *kiegészítő szolgáltatásokat* érintő változtatások sora. Ilyen a kényelmi szolgáltatások javítása, az **ergonómiailag** átgondolt utasáramlás, ülésényelem, utasinformáció és a légkondicionálás. Rendszerint ez a terület produkálja a használók által érzékelhető innovatív megoldásokat.

A harmadik fejlesztési részterület a *keresletet ösztönző*, alapvetően kreatív **formatervezés**, amelyet leválasztanak a haszongépjárművek tervezéséről.

A háború után az USA által elfoglalt területeken történő berendezkedés és azok pacifikálása miatt létrejött tökehiány miatt az ipari-tartalmi fejlesztések elmaradását a styling, a kereskedelmi formatervezéssé alakított design volt hivatott elfedni. Ez időlegesen megbontotta a funkció és forma kölcsönhatásának alapelvét, amely szerint a termékformának a tartalom minőségét kell mutatnia. Ebben a helyzetben a termékforma többet ígért, mint a terméktudás. Az elfogadást magyarázza, hogy a fogyasztói társadalom kiépítése olyan szolgáltatásokhoz juttatta az embereket, amelyekről korábban nem is álmodhattak. A szolgáltatások sora az eszközökön keresztül érezhető életminőségjavulást hozott.

Az ötvenes évek végétől a tökekoncentráció révén helyreállhatott a funkció valódi minőségét mutató forma elve. Ma a design, kiegészítve a befolyásolással, úgymint a neveléssel és a reklámmal, a korlátozott piaci verseny egyik eszköze, amelynek feladata az azonosság sokféleségének megmutatása a *termékegyéniség* révén. Rendszerint ez a terület produkálja a használók által látható kreatív megoldásokat.

---

<sup>2</sup> **Versenyképesség** Valaki vagy valami akkor versenyképes, ha a siker reményében vehet részt valamilyen versenyben. *Magyar Értelmező Kéziszótár*

Összefoglalva: Ebben a felfogásban pl. a designnak kettős szerepe van: a felszínen üzleti, kereskedelmi, rejtetten pedig politikai. Az *életminőség-változás propagálása*, valamint ez az eszköz teszi természetessé és társadalmilag elfogadhatóvá a piramiselv szerinti ismétlődő a tervezett elavulást segítő termékfejlesztést. Szerepe a márka és a politikai imázs megmutatása. Mozgatórugója az előrelátás.

### 3. A TERMÉKMINŐSÉG, TERMÉKTERVEZÉS SZOVJET, KELET-EURÓPAI FELFOGÁSA

A szovjet zóna néhány országában a munkát segítő autóbusz vezető termék, a közösségi társadalom jelképe volt. Általában az autóbuzsipart leválasztották a haszongépjárműgyártásról és fejlesztésről.

Fontos tényező a mennyiség, amit az egyformasággal és a tartóssággal értek el. A **műszaki** fejlesztés a *fordított piramiselv*<sup>3</sup> szerint történt. A leggyengébb alkatrészszel szemben az élettartamot a legtartósabbhoz igazították. Ez annyit jelentett, hogy a tartósság biztosítása jelentette a célt. Mivel az anyag- és gyártástechnológia fejlesztés távolról sem folyt kreatívan, de még innovatívan sem, a tartósság ezek segítségével nem volt javítható. Tehát az elvárást kerül, amennyibe kerül az erős túlméretezéssel, vaskossággal vélték elérni. A vevőszolgálatok feladata leginkább az alkatrész-utánpótlás hosszú időre szóló biztosítása volt, mivel a terméktartósság csak a folyamatos alkatrészcserevel volt megoldható.

E filozófia miatt a gyártókapacitást jelentős mértékben az alkatrész-utánpótlás

biztosítása kötötte le, amely igény az idő múlásával az értékesített termék öregedése miatt megsokszorozódott. Ebből következett, hogy a rendelkezésre álló pénz egyre inkább megoszlott, amelyet a gyártmányfejlesztéstől vontak el. Magyarország számára a KGST-szakosítás miatt kiosztott autóbuszgyártás többszöröse volt az ország szükségleteinek. Az alkatrész-utánpótlás igénye idővel megoldhatatlan helyzetet teremtett.

A korlátozott összeg miatt a három fejlesztési részterületből az elsőt, a *gyártmányfejlesztést*, amely a *piacképesség*<sup>4</sup> megőrzését célozta, gyakran licencvásárlással vagy másolással oldották meg. Ennek a következménye a műszaki retardáció lett.

A mérnöki fejlesztés ebben a helyzetben általában az adaptációt vagy kisebb műszaki módosításokat jelentette. A módosítások a tartósság fokozására irányultak, de a célt szolgáló kutatások alkalomszerűek voltak.

A kreativitás a technikai, technológiai hiátusok elfedésére és annak megmagyarázására korlátozódott. Az egyik jellemző terület a tartós autóbuszváz kényszere, amely azt okozta, hogy a váz súlya a szükséges anyagkutatások elmaradása miatt rendszerint igen tekintélyes lett. Ennek negatív következménye a vázszilárdságon túl szerteágazó: a menetdinamikától kezdve a motorterhelésig sok mindent érintett.

A második fejlesztési részterület az utasbiztonsági, utaskényelmi *szolgáltatásokat* jelenthette volna. Látható, hogy ebben az esetben az utasbiztonság, az utaskényelem másodlagos feladattá vált. A jelzett célt alapos kutatás alapozhatja meg, de mivel ilyen célirányos fejlesztések itt is hiányoztak, ezek a módosítások rendszerint elmaradtak. Ezt gyakran e terület létének tagadásával fedték el. Az **ergonómia** amolyan „úri huncutsággként” volt kezelve.

<sup>3</sup> **Fordított piramiselv** A fordizmus alappilléret jelentő, a tervezett elavulás elvét kétségbe vonó szocialista doktrína. *A szocializmus politikai gazdaságtana, Tankönyv*  
Az elvet az alábbi kifejezésekkel erősítik; szocialista gazdasági integráció, szocialista öntudat, állami gazdaságirányítás, a termelőegységek felelőssége, szelektív fejlesztés, tartós fogyasztási cikk, tartós fogyasztási cikkekhez szükséges alkatrészekkel való ellátás, gazdaságos fogyasztási szerkezet, ellenőrzés. *1975. évi IV. törvény, kivonat*

<sup>4</sup> **Piacképesség** Eladhatóság, értékesíthetőség. Amennyiben a vállalkozás birtokol a célpiaci szegmensnek megfelelő terméket vagy szolgáltatást. *Hungarian-English dictionary*

A harmadik fejlesztési részterület a politikai *propaganda* célú **formatervezés**, mely elé támasztott egyértelmű követelmény az ideológia, a pozitív országimázs főleg országon kívüli népszerűsítése volt. A háború óta permanens tökehiány miatt elmaradó tartalmi fejlesztések hiányát a központilag elvárt mechanikus, uniformizált formaalakításra használt design volt hivatva elfedni. Ez a design a funkció-forma kölcsönhatását nem mutathatta, hiszen a technikai, technológiai elavultságot el kellett fednie.

A kelet-európai, életminőséget javító intézkedések a hetvenes években már érezhetőek voltak, de a termékek formája, amennyiben a választékkínálat hiányától eltekintünk, az előbbi okból nem tudott felzárkózni a versenytársakhoz. A szocialista design egyértelműen styling volt. A design (styling) feladata a társadalmi gondoskodás, a *kiegyenlített és stabil életminőség* és a vélt korszerűség megmutatása volt.

A korszerűség meghatározása a zárt társadalmakban összehasonlítás hiányában problematikus. A korszerű forma nem volt eszköze a piaci versenynek, mivel az nem létezett. A design célja az azonosság megmutatása volt. A formálás nem a korszerűségről vagy a divatról, hanem az *időtállóságról*, a stabilitásról szólt. Ennek a formafelfogásnak külön nevet is adtak a művészettörténészek. Az 1968-ig tartó időszakot *szocialista realizmusnak*, az utána következőt *szocialista modernnek* nevezték el.

A formatervező, mivel nagyon rövid ideig volt jelen, és amolyan központilag odahelyezett emberként kezelték, a folyamatban katalizátor szerepet nem tudott játszani.

A jogi rendezetlenség miatt a formatervező a kényelmesség, vagy a kockázatvállalás elhárítása miatt alkalmazott, gyakran azt elfedni szándékozó, indokolhatatlan formai módosításokat sem tudta megakadályozni. Gyakran érveltek ilyenkor a műszaki élet szereplői azzal, hogy a mérnöki munka nem harmonizálható a

„művészkedéssel”. A műszaki tartalom következményének tekintett termékformát abszolutizálták. A tudatos formaalakítást nem tekintették autonóm szakmának. [1]

Az Ikarus 200-as a szocializmus sikerterméke, amely az ismertetett elvből kiindulva a gyártásban tartás huszonnyolc évében kétszer módosult. A módosulások nem lényegiek, a tömegformát nem érintő felületi egyszerűsödést jelentettek. A forma a szűk három évtized alatt végrehajtott tartalmi, műszaki és utaskényelmi változtatások mennyiségét és minőségét is hűen tükrözték. (1. ábra)



1. ábra Az Ikarus 200-as autóbustípus

Összefoglalva: Kelet-Európában a forma az adott struktúra miatt nem integrálódott a műszaki tartalomhoz, a forma és funkció csak véletlenül találkozhatott. Rendszerint a forma nem tükrözte termék valódi képességeit.

#### 4. KÍSÉRLET A TERMÉKMINŐSÉGI ÉS A TERMÉKTERVEZÉSI FILOZÓFIÁK INTEGRÁCIÓJÁRA

A fent leírtakból látszik, hogy az amerikai és a szovjet zónában eltérő módon viszonyultak az ipari termékek minőségéhez, így a tervezők elé támasztott követelmények is eltértek.

A két eltérő alapelv a *naprakészség*, *tartósság*<sup>5</sup>. Célnak a design elé az amerikai

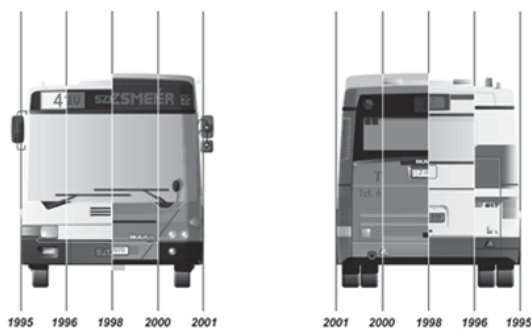
<sup>5</sup> **A termék tartóssága** A termék a tervezett használati időn belül nyújtott teljesítményének a mértéke. *Dr. Berényi László A minőségmenedzsment módszerei és eszközei*



**horizontális**<sup>6</sup> filozófia a divatosságot, a szovjet **vertikális**<sup>7</sup> filozófia pedig az időtállóságot támasztotta.

A hazai autóbuzszipar megszűnéséről sokféle indokot lehet olvasni. Véleményem szerint a döntő ok az alkotásfilozófiai szemlélet ellentétessége, amely a tartósságot állította szembe a tudatosan korlátozott élettartammal, amelyet viszont Európa keleti felében a design hangsúlyozott, nyugati részében pedig segített elfedni.

A rendszerváltás után született Ikarus 417-es korszerű alacsonypadlós autóbuzs a gyártásban tartás hat évében két szakaszban négy formai átalakításon esett át. Ebből egy gyökeres és az azt következő tizenöt évben is példaértékű. Az értékesített mennyiség azonban meg sem közelíti a szocialista sikertermék, az Ikarus 200-as hasonló adatait igaz, nem marad el a konkurenciájától. (2. ábra)



2. ábra Az Ikarus 417 autóbuzstípus

Az utolsó magyarországi autóbuzs-fejlesztések arra a poszt-szocialista elképzelésre épültek, hogy a korszerű design

---

<sup>6</sup> **Horizontális kapcsolat** Interdiszciplináris intellektuális, tudományos, műszaki és kulturális-alkotói tevékenységek hálózata. Problémaorientált formában a nyitottság és a határok állandó felfüggesztése révén folytatott párbeszéd.

*Horizontális Laborok, MOME*

<sup>7</sup> **Vertikális kapcsolat** Egyetlen ideológiára épülő egyvonalas struktúra. Az alárendelt egységek csak egy szervezeti egységtől kaphatnak utasítást.

*A szocializmus politikai gazdaságtana, Tankönyv*

kiegészülve az olcsósággal és a hagyományos tartóssággal, amely környezetbarát filozófiának tűnt, versenyképessé teheti a termékeket a nyitottnak hitt versenypiaci térben is, de ez akkor tévedésnek bizonyult.

Ez a termék iskolapéldája a tartalmi és a formai koncepció összehangolatlanságának, az európai designnak, ergonómiának és az eltérő műszaki tartalomnak. Az első szakaszban a formatervező a meglévő alvázra és a gépészetre az autóbuzscsaládra jellemző formaelemeket adaptálta. Az ergonómia a standard gyakorlatot követte. A technikai tartalom azonban elmaradt a forma által kínálttól. Tehát a funkció és forma összehangolása ismét csorbát szenvedett. A versenypiac azonnal negatívan reagált arra, hogy a forma többet kínált, mint a valódi minőség, és az olcsóbb árat is dömpingárnak minősítette.

A második fejlesztési szakaszban az árat, a teljesen új és korszerű európai design, az ergonómiát és a műszaki tartalmat már összehangolták. A formatervező valóban időszerű, az anyagszerűséget nem sértő karosszériaformát alkotott. Az ergonómia is a legkorszerűbb gyakorlatot követte. A korszerű technikai tartalom döntően külföldi főegységek beépítésével jött létre. Olyan fődarabokról van szó, amelyek nem tükrözték az Ikarus valódi színvonalát. A vállalat többet kínált, mint amire képes volt. Tehát a funkció és forma összehangolása ismét nem sikerült. Újra styling született. Ezt a versenypiac félrevezetésnek ítélte, és ennek a sajtóban jogosan és harsányan hangot is adott. (Az ügyvel kapcsolatos kereskedői munka márka-imázs építési hatékonyságát eddig senki nem vizsgálta.)

Az eset kapcsán visszatértünk a szocializmus kapcsán korábban említett mérnök – formatervező, mérnök – ergonómus ellentétéhez. A fejlesztésvezetők nem vették figyelembe a három fejlesztői részfeladat összehangolásának szükségességét és a valódi színvonal megmutatását. Azt az alapelvet hagyták figyelmen kívül, hogy ebben az esetben sem műszaki produkció születik,

hanem áru. A versenypiac minden árut funkciójától és műszaki tartalomtól függetlenül egy terméknek tekint. A formatervező és az ergonomus jelen esetben azonos személy a folyamatban az elengedhetetlen katalizátor szerepét nem tudta eljátszani. [2]

Ezzel az okfejtéssel arra kívántam rámutatni, miért nem sikerült a két rendszerben születtett szemléletet a kétféle közösségnek integrálni. Pontosabban a nyugatias termékeket Kelet-Európában rövid időre a design, mint a naprakészség és a sokféleség hordozója viszi sikerre. Ezt a kelet-európai átlagfogyasztó a választékkal azonosítja, addig, míg nem szembesül a naprakészség valódi értelmével, a műszaki tartósság korlátozottsága miatt szükséges termékcseré gyakoriságával és költségeivel.

A kellemetlen tapasztalat miatt a kelet-európai átlagfogyasztó a formai divatok változását egyáltalán nem akarja tudomásul venni. A tervezett műszaki, és formai „avíttságot” ma sem tudja értelmezni, összekapcsolni. Mivel a rendszerváltozás a poszt-szocialista országokban nem hozott érezhető életminőség-javulást, ezért az elv elfogadtatását a továbbra is jellemző pénztelenség sem könnyíti meg.

A kelet-európai tervezőmérnök képzettsége, műveltsége, anyagi lehetőségei és előrelátási hiányosságai miatt tapasztalataim szerint ma is átlagfogyasztóként gondolkodik.

Egyes kelet-európai egyetemi oktatók, kutatók, tervezők és politikusok szerint közgazdaságilag mindkét tervezésfilozófia valamilyen szintig indokolható. A nyugat-európai sokkal gyakorlatiasabb és hatékonyabb, viszont a kelet-európai néhány eleme gazdaságosabb. Véleményük szerint a korrekt összehasonlítást eddig a politikai propaganda szándéka és ellenérdekeltsége megakadályozta.

Kétségtelenül látszik, hogy az amerikai, nyugat-európai termékminőségi, terméktervezési iskolának eddig nem sikerült átfogó választ adnia a környezetvédelem kihívásaira, a világ uniformizálódására. Ezzel szemben felismerte a környezetpusztítást, és

komoly lépéseket tesz az ökológikus megoldások felé. A fogyasztás folyamatos gerjesztése révén az ipart és a gazdaságot mozgásban képes tartani. Észrevette, hogy vannak szubkultúrák, és ezek szerepet játszanak a fogyasztásélenkítésben. A fogyasztási termékfejlesztések valódi életminőség-javulást, valódi fejlődést hoztak napjainkra.

A szovjet, kelet-európai iskola tartósságmániájából következő statikusság következménye lett az unalmas uniformizáltság. Hiányzott a távlatos gondolkodás. Nem ismerték fel a környezetpusztítást. Nem tudtak mit kezdeni a szubkultúrákkal. A termékfejlesztés és a minőségfejlesztés más utakon járt, ezért a termékfejlesztést nem volt képes finanszírozni a fogyasztás. Akkor hol is van az a hivatkozott gazdaságosság? Ez az iskola gondolkodott előrelátóan? Mint kiderült, a szovjet, kelet-európai iskola az időtényezővel általában nem tudott mit kezdeni.

Összefoglalva: Pusztán érzelmi indíttatásból, nosztalgiából a huszonegyedik század elején nem érdemes pozitív példaként hivatkozni a szovjet, kelet-európai útra, hiszen tudható, hogy hová vezetett. A korántsem statikus amerikai, nyugat-európai termékminőségi és terméktervezési iskolánál jelenleg nincs jobb.

Jelen közlemény látszólag az autóbussz-fejlesztésről szól, azonban nincs olyan iparág, oktatóhely, amelyre nem vonatkozathatók a gondolatok.

## 6. KÉPEK

A cikkben szereplő képek Károsi Zoltán DLA művei. Minden jog fenntartva.

## 7. IRODALOM

[1] Károsi Z.: Ipari formatervezési ismeretek géptervezőknek. 02.22 - 27 p. A hazai ipar- és tervezőművészet helyzete és jövője. Konferencia. Kardosfa, 2013. április 27 - 28.

[2] Károsi Z.: Városi, elővárosi autóbusszalád fejlesztése. 166 - 172 p. DLA értekezés. Függelék. Budapest, 2012. május 18.





# CONTENTS

<b>1. DR. TAJNAFŐI JÓZSEF PROFESSOR EMERITUS 85 YEARS OLD .....</b>	<b>5</b>	<i>10. Dr. Ficzere Péter, Dr. Borbás Lajos, Dr. Lovas László</i>	<b>OPPORTUNITIES FOR DEVELOPMENT OF COATING LAYERED OPTICAL PHOTOSTRESS INVESTIGATION BY 3D PRINTING METHODS .....</b>	<b>43</b>
<i>2. Ács Dániel, Czifra Árpád</i>				
<b>ANALYZING OF THE WAVE LENGTH ON THE SURFACE TOPOGRAPHYS .....</b>	<b>7</b>			
<i>3. Beleznai Róbert PhD, Dobos Gergely, Szávai Szabolcs PhD</i>		<i>11. Gárdonyi Péter, Dr. Kátai László PhD, Dr. Szabó István PhD</i>	<b>RESEARCH METHOD DEVELOPMENT FOR BELT BENDING TEST TO DETERMINE OF DRIVE LOSS .....</b>	<b>47</b>
<b>DEVELOPMENT OF VIRTUAL TRAINING PLATFORM FOR EDUCATION OF STAFF OF POWER PLANT .....</b>	<b>11</b>			
<i>4. Bihari Ádám MSC, Dr. Simonovics János, Erdősné Sélley Csilla, Bujtár Péter, Szűcs Attila</i>		<i>12. Gróza M., Kollár Gy.</i>	<b>PREPLANNING METHOD FOR HIGH PRESSURE BALL VALVES - OPTIMAL PRELOAD OF THE BOLTED BODY CONNECTION .....</b>	<b>51</b>
<b>COMPUTER TOMOGRAPGH MODEL PRECISION INSPECTION WITH COMPARATIVE TEST .....</b>	<b>17</b>			
<i>5. Bihari János</i>		<i>13. Győri Márk, Dr. Lovas László</i>	<b>STUDY OF THE ACTUAL STANDARDS CONCERNING THE ENGINEERING DRAWING CODE SYSTEM .....</b>	<b>55</b>
<b>PEDELEC BICYCLES FOR A BIKE SHARING SYSTEM .....</b>	<b>21</b>			
<i>6. Dr. Bihari Zoltán PhD, Tóbis Zsolt</i>		<i>14. Dr. Hegedűs József</i>	<b>INCREASING THE CREATIVITY IN THE PRODUCT DESIGN .....</b>	<b>59</b>
<b>ACOUSTICAL INVESTIGATION OF A DRIVING GEAR .....</b>	<b>25</b>			
<i>7. Darabos Anita, Dr. P. Szűcs Julianna Csc habil, Dr. Szabó Krisztina PhD</i>		<i>15. Horváth Ádám, Dr. Oldal István, Dr. Kalácska Gábor, Dr. Andó Mátyás</i>	<b>THE EFFECT OF PRELOAD OF BOLTS ON THE DEFORMATION AND LOADBEARING CAPACITY OF BRAKE CALIPER .....</b>	<b>61</b>
<b>BIONICS PRODUCT DESIGN AND EDUCATION PLANT ARCHITECTURE, ANIMALS ARCHITECTURE, NATURAL ARCHITECTUR .....</b>	<b>29</b>			
<i>8. Dr. Dömötör Csaba</i>		<i>16. Kardos Szilárd, Dr. Krisch Róbert</i>	<b>OPTIMIZATION OF THE BASIC PARTS OF A FLAT WHEEL HARMONIC DRIVE .....</b>	<b>65</b>
<b>NATURAL ENVIRONMENTAL AWARENESS .....</b>	<b>35</b>			
<i>9. Dr. Kamondi László PhD, Drágár Zsuzsa</i>		<i>17. Károsi Zoltán DLA</i>	<b>PRODUCT QUALITY, DESIGN PHILOSOPHY, EASTERN EUROPE VERSUS WESTERN EUROPE .....</b>	<b>69</b>
<b>EFFECT OF FUNCTION STRUCTURE IN THE BEHAVIOUR OF THE PROPULSION CHAIN .....</b>	<b>39</b>			

# 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. Jármái Károly

Dr. Péter József

Dr. Szabó Szilárd

**Deputy**

Dr. Barkóczi István

Bányai Zoltán

Dr. Beke János

Dr. Bercsey 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. Pálincás István

Dr. Patkó Gyula

Dr. Péter László

Dr. Penninger Antal

Dr. Szabó István

Dr. Szántó Jenő

Dr. Szűcs Edit

Dr. Tímár Imre

Dr. Tóth László

Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs Erika

Cooperation in the editing:

Dr. Péter József

### DEAR READER,

One of these days, while viewing my parents' bequest, a little photograph was got into my hand. It was taken in the valley „Szalajka”. On the picture there is a wagon, uncle Imre the driver is sitting on the box seat, behind the two grey horses. Next to him a stern faced little boy is seen (you must try to look important on the box). A total of twenty ladies and gentlemen are sitting or standing on and around the wagon. They arrived due to kind invitation, they were talking about their tasks and they were building friendly relations. The little boy of that time thinks willingly about their smart words today too. Despite the not exactly encouraging circumstances, the ladies and gentlemen took their professions seriously and believed in their tasks. The time has justified them.

Although the organisation of the 31th Seminary of Machine and Product Designers was begun on time and the circle of participants taken into account was requested by mail, only a few have occurred by the deadline. We thought the previous 30th Seminary was believed a round closing ceremony, however in respect of the human analogy the “thirty” is a nice age, there is a valuable past and there are a lot of problems to solve in front of it. We also thought of a previous, similar conference organized by the Scientific Society of Mechanical Engineering, this also could divert the other part of the presentations. We restarted the organisation of the conference in writing and verbally, patiently, we have contacted the colleagues with good results. The participants have applied for the 31th Seminary of Machine and Product Designers by 48 presentations, 30 professional papers were fulfilled, more than ever before, considering the sum of pages. We are delighted at having enough energy of the machine designers and product developers for the two conferences, at most we should think about the delay of applications for the sake of the future.

The change is striking, inspecting the name of the presenters, authors and co-authors. Excellent, well known gentlemen are absent, new and encouraging names have appeared. There are many young authors, there are twenty Ph.D. or M.Sc. students of the 75 authors of 48 presentations having co-authors. The phenomenon is not unique, there are similar changes at the other parts of the world and at other areas of the science. A kind German guest of ours called our attention last year to the following problem: they also have a populous generation born after the war, preparing to years loaded a less by professional tasks. There are only a few middle-aged author, but there are more young people and more ladies. I willingly follow the journals of NASA dealing with astronautics. There are also many young ladies among the designers and developers generating original solutions due to their way of seeing differing from that of the men. This composing is perhaps not hurting.

The change in the topic of presentations and papers is also noticeable. The horizon of the presenters, the reachable knowledge and the range of problems can be solved is wider than before, besides the results of the mathematics, the mechanics, the material and manufacturing sciences, the machine design and the design theory, the results of research on the information technology, the ergonomics, the biology, the medical sciences, the psychology the industrial design and the analogies of nature were appeared. I have to inform you with a slight sadness that this year none of the presenters dealing with the history of technical development applied for the seminary. No problem, then next year.

Do allow me, Dear Reader, to close my words expressing my pleasure on the matterful papers and on the thicker journal than ever before, thanking for the work of the organizers, hoping for the valuable professional discussions and the amicable encounters.

*Dr. József Péter  
organizing secretary of the Seminary*

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 Publishere: 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

- 14.30-1445 Darabos Anita iparművész, tanársegéd, BME Gép- és Terméktervezés Tanszék: Bionika a terméktervezésben és az oktatásban
- 1445-1500 Dr. Bihari Zoltán egyetemi docens, Tóbiás Zsolt tanszéki mérnök ME Gép- és Terméktervezési Intézet: Hajtóművek akusztikai vizsgálata
- 15.00-1515 Vidovics, Balázs lecturer, Dr. Horák, Péter BME Department of Machine and Product Design: Networked Activities for Realization of Innovative Products – Introducing CODEVE Methodology
- 1515-1530 Vidovics Balázs tanszéki mérnök BME Gép- és Terméktervezés Tanszék: A nemzetközi környezetben megvalósuló, projekt alapú oktatás eredményei és kihívásai
- 15.30-1545 Tóthné Dr. Laufer Edit egyetemi docens, Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Mechatronikai és Autótechnikai Intézet; Horváth Richárd, tanársegéd, Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet: Felületi érdesség FUZZY modell alapú becslése finomsztergálásor

- 1545-1600 Ács Dániel egyetemi hallgató, Óbudai Egyetem, Gépszerkezettani és Biztonságtechnikai Intézet, Dr. Czifra Árpád, egyetemi docens, Óbudai Egyetem, Gépszerkezettani és Biztonságtechnikai Intézet: Hullámhossz információk vizsgálata felületi mikrotopográfiákon
- 16.00-1615 Dr. Simonovics János egyetemi adjunktus, BME Gép- és Terméktervezés Tanszék, Dr. Bujtár Péter Maxillofacial Surgent, Department of Oral and Maxillofacial Surgery, University Hospitals of Leicester: Biomechanikai végeselemes modell inverzvalidációja

**I. szekció, I. emelet, Deák terem  
2015. november 6. (péntek) délelőtt, 10.00-tól**

- Szekcióvezető: Dr. Siposs István CSc., egyetemi docens Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet, Dr. Szabó Ferenc János egyetemi docens ME Gép- és Terméktervezési Intézet
- 10.00-1015 Nagy József termékfejlesztési igazgató Electrolux Lehel Kft., Hűtőközegek instacionárius áramlásának szimulációja
- 1015-1030 Dr. Szabó Ferenc János egyetemi docens, ME Gép- és Terméktervezési Intézet: Multidiszciplináris optimalás alkalmazása síklócsapágyak feladataihoz
- 10.30-1045 Horváth Ádám PhD hallgató Szent István Egyetem, Gépipari Technológiai Intézet, Dr. Oldal István egyetemi docens Szent István Egyetem, Mechanikai és Géptani Intézet, Dr. Kalácska Gábor egyetemi tanár Szent István Egyetem, Gépipari Technológiai Intézet, Dr. Andó Mátyás egyetemi docens Nyugat-magyarországi Egyetem Műszaki Intézet
- 1045-1100 Dr. Dömötör Csaba egyetemi docens ME Gép- és Terméktervezési Intézet: Természetes környezetudatosság
- 11.00-1115 Bihari János egyetemi tanársegéd ME Gép- és Terméktervezési Intézet: Elektromos rásegítésű közösségi kerékpárok
- 1115-1130 Pordán Lajos ügyvezető EJOT Hungaria Kft. Menetnyomó csavarok az (autó) iparban
- 11.30-1145 Németh Géza adjunktus ME Gép- és Terméktervezési Intézet, Németh Nándor okl. programtervező informatikus Graphisoft SE, Dr. Péter József egyetemi docens ME Gép- és Terméktervezési Intézet: Egy szokatlan terhelésű forgató csavarrugó modellezése

- 1145-1200 Prof. Dr. Kundrák János egyetemi tanár, Makkai Tamás mérnök tanár ME Gyártástudományi Intézet: Szerszámok kopása és éltartama kopásálló felületek forgácsolásakor
- 12.00-1215 Prof. Dr. Kundrák János egyetemi tanár, Dr. Deszpoth István mérnök tanár, Nagy Nóra PhD hallgató, ME Gyártástudományi Intézet: Forgácsolással megmunkált felületek sodrásossága
- 1215-1230 Dr. Kamondi László c. egyetemi tanár, Drágár Zsuzsa tanársegéd Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet: Funkcióstruktúra variációjának hatása a hajtáslánc viselkedésére
- 12.30-1245 Kelemen László tanársegéd ME Gép- és Terméktervezési Intézet, Dr. Szenté József ny. egyetemi docens: Metszőkerék megválasztása belső fogazatú fogaske- rék gyártásához
- 1245-1300 Kelemen László tanársegéd ME Gép- és Terméktervezési Intézet, Dr. Szenté József ny. egyetemi docens: Fogasgyűrűs tengelykapcsoló terhelés eloszlása
- 13.00 Dr. Siposs István CSc., egyetemi docens, ME Gép- és Terméktervezési Intézet: A Géptervezők és Termékfejlesztők XXXI. Szemináriumának bezárása

**II. szekció, Nagyterem, I. emelet  
2015. november 6. (péntek) délelőtt 10.00-tól**

- Szekcióvezető: Dr. Bihari Zoltán PhD, egyetemi docens Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet, Nagy József termékfejlesztési igazgató Electrolux Lehel Kft.
- 10.00-1010 Bogáti Áron BSc hallgató Miskolci Egyetem: Csillagvizsgáló kupola
- 1010-1020 Csuzda Tamás BSc hallgató Miskolci Egyetem: Newton távcső finommozgató- sának megtervezése
- 10.20-1030 Holló Bence BSc hallgató, Dr. Péter József egyetemi docens Miskolci Egyetem: Húsdaráló adapter tervezése konyhai robotgéphez
- 10.30-1040 Juhász István BSc hallgató, Németh Géza adjunktus Miskolci Egyetem: Oldalra tolható talajmaró tervezése
- 1040-1050 Kiss Norbert BSc hallgató Miskolci Egyetem: Lineáris, mechanikus mozgás- generáló mechanizmus fejlesztése egész- ségügyi környezetbe
- 10.50-1100 Kovács Károly BSc hallgató Miskolci Egyetem: Robotmegfogó tervezése
- 11.00-1110 Mátyás Tamás Donát BSc hallgató, Dr. Péter József egyetemi docens Miskolci Egyetem: Egylépcsős kb típusú fogaske- rék-bolygómm választása katalógus alap- ján és annak tervezése
- 1110-1120 Németh Zsuzsanna BSc hallgató, Bihari Zoltán egyetemi docens Miskolci Egyetem: Csúszdává alakítható étkező- szék tervezése
- 11.20-1130 Novák Juszitina BSc hallgató Miskolci Egyetem: Autonóm jármű karosszériájá- nak tervezése és kivitelezése
- 11.30-1140 Oláh Péter BSc hallgató Miskolci Egyetem: Osszecsukható kerékpár tervezése
- 1140-1150 Reppei Bettina Réka BSc hallgató Miskolci Egyetem: Környezetbarát kulacs tervezése
- 11.50-12.00 Értékelés és a szekció bezárása

**Korábbi rendezvényeink**

- Vezető Konstruktorok Tanácskozása, Miskolc, 1973. augusztus 23 - 24.
- Vezető Konstruktorok Tanácskozása, Miskolc, 1975. július 23 - 24.
- Géptervezők III. Országos Szemináriuma, Miskolc, 1977. augusztus 30 - szeptember 1.
- Géptervezők IV. Országos Szemináriuma, Miskolc, 1980. augusztus 26 - 27.
- Géptervezők V. Országos Szemináriuma, Miskolc, 1982. augusztus 25 - 26.
- Géptervezők VI. Országos Szemináriuma, Miskolc, 1985. április 11 - 12.
- Géptervezők VII. Országos Szemináriuma, Miskolc, 1989. május 29 - 31.
- Géptervezők VIII. Országos Szemináriuma, Miskolc, 1991. május 29 - 30.
- Géptervezők IX. Országos Szemináriuma, Miskolc, 1993. szeptember 30 - október 1.
- Géptervezés ,94 (Géptervezők X. Országos Szemináriuma) Miskolc, 1994. május 20.
- Géptervezők XI. Országos Szemináriuma, Miskolc, 1995. május 29-30.
- Géptervezés-termékfejlesztés ,96 (Géptervezők és Termékfejlesztők XII. Országos Szemináriuma), Miskolc, 1996. május 24-25.
- Géptervezők és Termékfejlesztők XIII. Országos Szemináriuma, Miskolc, 1997. november 28.
- Géptervezők és Termékfejlesztők XIV. Országos Szemináriuma, Miskolc, 1998. december 15.
- Géptervezők és Termékfejlesztők XV. Országos Szemináriuma, Miskolc, 1999. szept. 30-október 1.
- Géptervezők és Termékfejlesztők XVI. Országos Szemináriuma, Miskolc, 2000. november 15 - 16.
- Géptervezők és Termékfejlesztők XVII. Országos Szemináriuma, Miskolc, 2001. november 8 - 9.
- Géptervezők és Termékfejlesztők XVIII. Országos Szemináriuma, Miskolc, 2002. november 7 - 8.
- Géptervezők és Termékfejlesztők XIX. Országos Szemináriuma, Miskolc, 2003. november 6 - 7.
- Géptervezők és Termékfejlesztők XX. Országos Szemináriuma, Miskolc, 2004. november 11 - 12.
- Géptervezők és Termékfejlesztők XXI. Országos Szemináriuma, Miskolc, 2005. november 10 - 11.
- Géptervezők és Termékfejlesztők XXII. Országos Szemináriuma, Miskolc, 2006. november 9 - 10.
- Géptervezők és Termékfejlesztők XXIII. Országos Szemináriuma, Miskolc, 2007. november 15 - 16.
- Géptervezők és Termékfejlesztők XXIV. Országos Szemináriuma, Miskolc, 2008. november 13 - 14.
- Géptervezők és Termékfejlesztők XXV. Országos Szemináriuma, Miskolc, 2009. november 5 - 6.
- Géptervezők és Termékfejlesztők XXVI. Országos Szemináriuma, Miskolc, 2010. november 11-12.
- Géptervezők és Termékfejlesztők XXVII. Országos Szemináriuma, Miskolc, 2011. november 10-11.
- Géptervezők és Termékfejlesztők XXVIII. Országos Szemináriuma, Miskolc, 2012. november 8-9.
- Géptervezők és Termékfejlesztők XXIX. Országos Szemináriuma, Miskolc, 2013. november 7-8.
- Géptervezők és Termékfejlesztők XXX. Országos Szemináriuma, Miskolc, 2014. november 6-7.

