

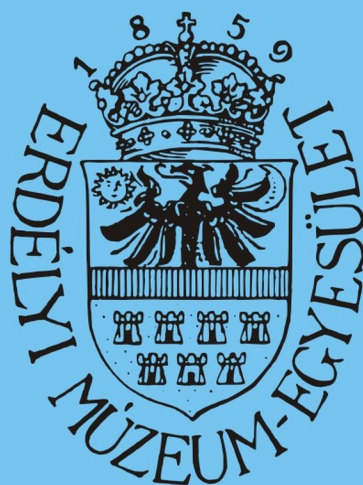
*MŰSZAKI TUDOMÁNYOS FÜZETEK*

---



*FIATAL MŰSZAKIAK  
TUDOMÁNYOS  
ÜLÉSSZAKA*

*XIII.*



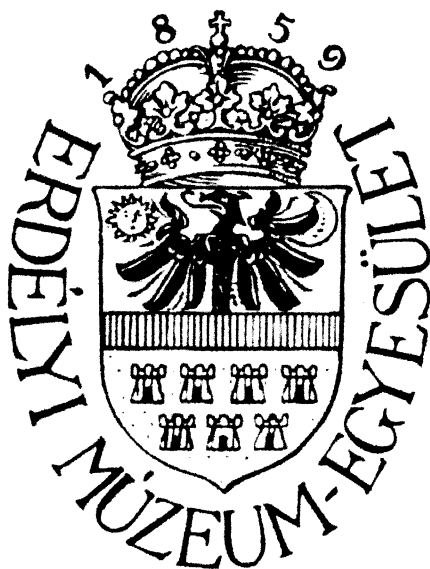
*Erdélyi Múzeum-Egyesület kiadványa*

*Kolozsvár, 2008*

# *XIII. FMTÜ*

## *NEMZETKÖZI TUDOMÁNYOS KONFERENCIA*

## *INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE*



*Kolozsvár  
2008. március 14–15.*

**Tudományos bizottság****Elnök:****Dr. Gyenge Csaba****Titkár:****Dr. Bitay Enikő**

---

**Dr. Alpek Ferenc**  
**Dr. Anna Béla**  
**Dr. Branko Katalinic**  
**Dr. Csibi Vencel**  
**Dr. Csizmadia Béla**  
**Dr. Danyi József**  
**Dr. Dávid László**  
**Dr. Dudás Illés**  
**Dr. Delesega Gyula**  
**Dr. Gribovszki László**  
**Dr. Hollanda Dénes**  
**Dr. Kecskés Mihály**  
**Dr. Kerekes László**  
**Dr. Kodácsi János**  
**Dr. Kolláth Lajos**

**Dr. Kovács Magda**  
**Dr. Márton László**  
**Dr. Mester Gyula**  
**Dr. Molnár Károly**  
**Dr. Orbán Ferenc**  
**Dr. Oplatka Gábor**  
**Dr. Pálfalvi Attila**  
**Dr. Pinke Péter**  
**Dr. Réger Mihály**  
**Dr. Réti Tamás**  
**Dr. Roósz András**  
**Dr. Selinger Sándor**  
**Dr. Tisza Miklós**  
**Dr. Turchany Guy**

---

**ISBN 978-973-8231-75-7**

---

*Minden jog, a kiadvány kivonatos utánnyomására, kivonatos vagy teljes fotomechanikai másolására (fotokópia, mikrokópia) és fordítására fenntartva.*

*All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, or transmitted, in any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.*

---

**Kiadó:** Erdélyi Múzeum-Egyesület  
**Felelős kiadó:** Sipos Gábor  
**Szerkesztő:** Bitay Enikő  
**Műszaki szerkesztő:** Baki-Hari Zoltán-Gábor, Talpas János

*Kolozsvárt, 2008. március 13-án.*

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>Dr. Gyenge Csaba</b> ELŐSZÓ.....	XIII
<b>1. Dr. M. Csizmadia Béla</b> NÉHÁNY GONDOLAT A BIOMECHANIKÁRÓL A TÉRDIZÜLET KAPCSÁN.....	XV
<b>2. Dr. Dudás Illés, Dr. Lévai Imre</b> SPECIÁLIS CSIGAHAJTÁSOK.....	XXIII
<b>3. Dr. Végyvári Ferenc</b> FELÜLETEN BEVONT SZERSZÁMOK ALKALMAZÁSA A KÉPLÉKENYALAKÍTÁSBAN.....	XXXI
<b>4. Andó Mátyás, Kalácska Gábor, Czigány Tibor</b> MŰSZAKI MŰANYAG KOMPOZITOK FEJLESZTÉSE.....	1
<b>5. Dr. Bagyinszki Gyula, Dr. Bitay Enikő</b> FELÜLETKEZELÉSI ELJÁRÁSOK TÖBB SZEMPONTÚ RENDSZEREZÉSE.....	5
<b>6. Bak Árpád</b> SZEMELVÉNYEK AZ AGRÁR-MŰSZAKI INNOVÁCIÓK TÖRTÉNETÉBŐL.....	13
<b>7. Baki-Hari Zoltán-Gábor</b> ÚJ TENDENCIÁK ÉS LEHETŐSÉGEK A GYORS PROTOTÍPUSGYÁRTÁSBAN..	17
<b>8. Balogh Emőke, Boldoczki D., Hegedűs A., Papp J., Sipos B., Dr. Stefanovits-Bányai Éva</b> AZ ÉRZÉKSZERVI VIZSGÁLATOK SZEREPE AZ EGÉSZSÉGTUDATOS TÁPLÁLKOZÁSBAN.....	21
<b>9. Bankos Szilvia, Nagyné Halász Erzsébet</b> ANYAGVIZSGÁLATOK RENDSZEREZÉSE A MÉRŐSZÁMOK FELHASZNÁLÁSI TERÜLETÉNEK FIGYELEMBEVÉTELÉVEL.....	25
<b>10. Barta István, Borossay Béla, Réger Mihály</b> NÉHÁNY ACÉLTULAJDONSÁG SZERKEZETFÜGGÉSE.....	29

<b>11. Beleznai Róbert, Dr. Páczelt István</b> p-VERZIÓS VÉGESELEM MÓDSZER KIDOLGOZÁSA SODRATSZERKEZETRE.....	33
<b>12. Bera József</b> HELIKOPTER ÁLTAL LESUGÁRZOTT ZAJ VIZSGÁLATA.....	37
<b>13. Biró Szabolcs</b> MÉRŐRENDSZEREK A FORGÁCSOLÁSKUTATÁSBAN.....	41
<b>14. Dr. Bitay Enikő, Dr. Bagyinszki Gyula.</b> NUMERIKUS MÓDSZEREK ÉS SZAKÉRTŐI RENDSZEREK ALKALMAZHATÓSÁGA A MŰSZAKI GYAKORLATBAN.....	45
<b>15. Buczkó Katalin; Dr. Illés Béla</b> KIS ÉS KÖZÉPVÁLLALATOK BESZÁLLÍTÓI TEVÉKENYSÉGÉNEK TÁMOGATÁSA VIRTUÁLIS LOGISZTIKAI KÖZPONT SEGÍTSÉGÉVEL.....	53
<b>16. Csuka Sándor</b> FORGÁCSOLÁSI KÍSÉRLETEK, MINIMÁLKENÉS ALKALMAZÁSA MELLETT.....	57
<b>17. Deák Edit, Stefanovitsné Dr. Bányai Éva, Farkas Jenő, Jahnke Gizella</b> BADACSONYI SZŐLŐFAJTÁK ( <i>VITIS VINIFERA L.</i> ) ÉS BORAIK ÁSVÁNYIELEM TARTALMÁNAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA.....	61
<b>18. Dr. Dezső Gergely, Dr. Dudás Illés</b> KONTAKT PROBLÉMA MODELLEZÉSE CSIGAHAJTÁS KVÁZISZTATIKUS MŰKÖDÉSE SORÁN.....	65
<b>19. Drenyovszki Rajmund</b> TÁVOLSÁGMÉRTÉKEK A FUZZY SZABÁLY-INTERPOLÁCIÓBAN.....	69
<b>20. Dr. Dudás Illés, Dr. Balajti Zsuzsanna</b> HORDKÉP ELEMZÉSE ÚJ MATEMATIKAI MODELLBEN.....	73
<b>21. Faurné Csukat Gabriella</b> KOMPOZIT MINTÁK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA.....	77
<b>22. Fábián Enikő Réka</b> HIDROGÉN CSAPDÁK A KIS C TARTALMÚ ACÉLOKBAN.....	81
<b>23. Fekete Gusztáv, Dr. Kátai László</b> MSC.ADAMS PROGRAMRENDSZER FELHASZNÁLÁSA A BIOMECHANIKAI MODELLEZÉSBEN.....	85
<b>24. Fenyvesi Dániel, Dr. Szlivka Ferenc</b> NAGY TERHELÉSŰ AXIÁLIS VENTILÁTOR TERVEZÉSE SUGÁR MENTÉN NÖVEKVŐ CIRKULÁCIÓ MÓDSZERÉVEL.....	89

<b>25. Fótos Réka, Dr. Tóth László</b> A KOCKÁZATALAPÚ FELÜLVIZSGÁLATI ÉS KARBANTARTÁSI STRATÉGIA FŐBB ELEMEI.....	93
<b>26. Fülep Tímea</b> ELEKTRONIKUS JÁRMŰRENDSZEREK KVALITATÍV MEGBÍZHATÓSÁGI MEGKÖZELÍTÉSE.....	97
<b>27. Fülöp István, Dr. Gyenge Csaba, Costea Ancuța</b> EGY KÜLÖNLEGES PAPÍRIPARI BERENDEZÉS ÜZEMBIZTONSÁGÁ- NAK NÖVELÉSE A KOCKÁZATALAPÚ KARBANTARTÁSI MÓDSZER ALKALMAZÁSÁVAL.....	101
<b>28. Dr. Gáti József, Kuti János</b> GALAMB JÓZSEF ÉS A FORD T-MODELL.....	107
<b>29. Gubovits Attila</b> A JÁRMŰVEZETŐI AGRESSZIVITÁS MEGHATÁROZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI.....	111
<b>30. Dr. Györffyné Jahnke Gizella, Deák Edit, Dr. Györffyné Molnár Júlia, Kocsis László, Lakatos Anita, Dr. Májer János, Stefanovitsné Dr. Bányai Éva, Varga Zsuzsanna</b> A VITIS VINIFERA L. PONTUSZI FAJTÁKRA JELLEMZŐ ÚJ SAVAS FOSZFATÁZ IZOENZIM MINTÁZAT.....	115
<b>31. Hornos Ádám</b> SZÉLERŐMŰ-HIDROGÉN HIBRID RENDSZER PEM ÜZEMANYAG- CELLÁVAL TÖRÉNŐ MEGVALÓSÍTÁSA.....	119
<b>32. Horváth Zoltán</b> WiFi-ESZKÖZÖK METEOROLÓGIAI RADAROKRA GYAKOROLT HATÁSÁNAK ELEMZÉSE.....	123
<b>33. Hulyok Tamás, Dr. Szigeti Ferenc, Dr. Dezső Gergely</b> SZERSZÁM FESZÜLTSGÁLLAPOTÁNAK ÉS HŐMÉRSEKLETELOSZLÁ- SÁNAK VIZSGÁLATA ADAPTÍV VÉGESELEM MODELLEZÉSSEL.....	127
<b>34. Illés Attila</b> MICROSOFT VISUAL PROGRAMMING LANGUAGE A SZOFTVERFEJLESZTÉS OKTATÁSBAN.....	131
<b>35. Jenei István Zoltán, Nemes-Incze Péter, Daróczi Norbert Sándor, Júrai-Szabó Ferenc, Sárközi Zsuzsa, Darabont Sándor, Bíró László Péter</b> EGYFALÚ SZÉN NANOCSSÖVEK ELŐÁLLÍTÁSA ÉS TANULMÁNYOZÁSA.....	135
<b>36. Kakucs András</b> HIDRAULIKUS ÉS ELEKTROMOS KÖRÖK, MECHANIKAI RENDSZEREK ANALÓGIÁJA.....	139

<b>37. Kecskés Bertalan</b> FOLYÁSGÖRBE FELVÉTELE MELEGALAKÍTÁSHOZ WATTS - FORD MÓDSZERREL.....	143
<b>38. Kósa János, Dugár Zsolt</b> FELMÁGNESEZŐGÉP ÉS ALKALMAZÁSA YBCO TÖMBI SZUPRAVEZETŐ FELMÁGNESEZÉSÉRE.....	147
<b>39. Kovács Attila, Dr. Varga Gyula</b> HŰTÉS-KENÉS ALKALMAZÁSA KÖRNYEZETBARÁT FORGÁCSOLÁS ESETÉN.....	151
<b>40. Dr. Kovács Tünde, Dr. Solecki Levente</b> A SZÖVETSZERKEZET ÉS A KOPÁSÁLLÓSÁG KAPCSOLATA ACÉLOK ESETÉN .....	155
<b>41. Lefánti Rajmund</b> DÍZELMOTOROS KISREPÜLŐGÉP KARBANTARTÁSA.....	159
<b>42. Malik András, Dr. Németh János</b> TÖBBTÁRCÁS SÚRLÓDÓ HAJTÁSNÁL AZ ELTÉRŐ TÁRCSAÁTMÉRŐK HATÁSA A HÚZÓERŐ ALAKULÁSÁRA.....	163
<b>43. Mucsi András, Borossay Béla</b> AZ ÚJRAKRISTÁLYOSÍTÓ HŐKEZELÉS MATEMATIKAI MODELLEZÉSE.....	167
<b>44. Nagy Ádám, Dr. Hegedűs Attila, Engel Rita, Tillyné Dr. Mándy Andrea, Szabó Krisztina, Stefanovitsné Dr. Bányai Éva</b> A FÜGEKAKTUSZ TERMÉSÉNEK ANTIOXIDÁNS KAPACITÁSA.....	171
<b>45. ifj. Orbán György</b> DIGITÁLIS VÁROSMODELLEK JELENTŐSÉGE.....	175
<b>46. Pézsa Nikolett</b> FOSSZILIS VAGY BIOÜZEMANYAG - JELENLEGI HELYZET, VESZÉLYEK ÉS LEHETŐSÉGEK.....	179
<b>47. Dr. Pinke Péter</b> CMSX-3 JELÖLÉSŰ NIKKEL ALAPÚ ÖTVÖZET SZÖVET- SZERKEZETÉNEK VÁLTOZÁSA HŐKEZELÉS SORÁN.....	183
<b>48. Dr. Réger Mihály, Heli Kytönen, Verő Balázs, Szélig Árpád</b> A KÖZÉPVONALI DÚSULÁS EREDETE FOLYAMATOSAN ÖNTÖTT TERMÉKEKBEN .....	187
<b>49. Dr. Réti Tamás, Dr. Bitay Enikő</b> FULLERÉN KOMBINATORIKUS SZERKEZETÉNEK JELLEMZÉSE SPIRÁLKÓD FELHASZNÁLÁSÁVAL.....	191

<b>50. Salamon Gábor</b> FESZÍTŐFA OPTIMALIZÁLÁSI PROBLÉMÁK A HAMILTON UTAK ÁLTALÁNOSÍTÁSÁRA.....	203
<b>51. Sebők Gergely</b> VASÚTI JÁRMŰVEK FUTÁSTULAJDONSÁGAINAK, VIZSGÁLATA, VASÚTI KERÉKPÁROK GYÁRTÁSA.....	207
<b>52. Szabados Gábor, Dr. Németh János</b> FUZZY LOGIKA ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA AZ AUTOMATIZÁLT RAKTÁRAK IRÁNYÍTÁSÁBAN.....	211
<b>53. Szabó Bálint</b> JÁRMŰ- ÉS KERÉKMODELL TERVEZÉSE PARKOLÁSI MANŐVER SZIMULÁCIÓJÁHOZ.....	215
<b>54. Szabó Gergely</b> ELJÁRÁSOK KOMBINÁLÁSA KEMÉNYFELÜLETEK MEGMUNKÁLÁSÁRA.....	219
<b>55. Szilágyi Arnold</b> KÉNYSZEREGYENLETEK.....	223
<b>56. Szűcs András</b> NYOMÁSESÉS MÉRÉS SPIRÁLCSATORNÁS FRÖCCSÖNTŐ SZERSZÁMBAN.....	227
<b>57. Szűcs Nóra</b> A DIREKT MÓDSZER INTEGRÁLEGYENLETEI SAJÁT SÍKJÁBAN TERHELT LEMEZRE.....	231
<b>58. Tamás Levente, Dr. Lazea Gheroghe</b> KÁLMÁN SZŰRŐ A JELFÚZIÓS TECHNIKÁK ALKALMAZÁSÁBAN.....	235
<b>59. Tóth Enikő, Dr. Illés Béla</b> AZ RFID RENDSZER TERJEDÉSI HULLÁMAINAK A RÁDIÓNAVIGÁCIÓJA.....	239
<b>60. Újsághy Zsófia</b> AUTÓRONCSOK HULLADÉKKEZELÉSI KÉRDÉSEI.....	243
<b>SZERZŐK JEGYZÉKE.....</b>	<b>247</b>



## CONTENTS

<b>Dr. Gyenge Csaba</b> PREFACE.....	XIII
<b>1. Dr. M. Csizmadia Béla</b> SOME IDEA ABOUT BIOMECHANICS APROPOS OF KNEE JOINT.....	XV
<b>2. Dr. Dudás Illés, Dr. Lévai Imre</b> SPECIAL WORM GEAR DRIVES.....	XXIII
<b>3. Dr. Végvári Ferenc</b> APPLICATION OF SUFRACE COATED TOOLS IN SHEET METAL FORMING TECHNOLOGIES.....	XXXI
<b>4. Andó Mátyás, Kalácska Gábor, Czigány Tibor</b> DEVELOPMENT OF TECHNICAL POLYMER COMPOSITES.....	1
<b>5. Dr. Bagyinszki Gyula, Dr. Bítay Enikő</b> CLASSIFICATION MULTIPLE THE SURFACE TREATMEN.....	5
<b>6. Bak Árpád</b> EXTRACTS ABOUT THE HISTORY OF AGRO-TECHNICAL INNOVATIONS....	13
<b>7. Baki-Hari Zoltán-Gábor</b> NEW TRENDS AND FACILITIES IN THE RAPID PROTOTYPING.....	17
<b>8. Balogh Emőke, Boldoczki D., Hegedűs A., Papp J., Sipos B., Dr. Stefanovits-Bányai Éva</b> CONTRIBUTION OF THE SENSORY ANALYSIS TO THE HEALTH-CONSCIOUS DIET.....	21
<b>9. Bankos Szilvia, Nagyné Halász Erzsébet</b> SYSTEMATIZATION OF THE MATERIALS TESTING.....	25
<b>10. Barta István, Borossay Béla, Réger Mihály</b> STRUCTURE DEPENDENCE OF DIFFERENT STEEL PROPERTIES.....	29

<b>11. Beleznai Róbert, Dr. Páczelt István</b> p-VERSION FINITE ELEMENT METHOD FOR SIMPLE STRAIGHT WIRE ROPE STRANDS.....	33
<b>12. Bera József</b> INVESTIGATION OF NOISE GENERATED BY HELICOPTERS.....	37
<b>13. Biró Szabolcs</b> MEASUREMENT OF CUTTING RESEARCH.....	41
<b>14. Dr. Bítay Enikő, Dr. Bagyinszki Gyula.</b> APPLICABILITY OF NUMERICAL METHODS AND EXPERT SYSTEMS IN ENGINEERING PRACTICE.....	45
<b>15. Buczkó Katalin; Dr. Illés Béla</b> SUPPORTING THE SUPPLIER ACTIVITIES OF SMALL- AND MEDIUM-SIZED COMPANIES WITH VIRTUAL LOGISTICS NETWORK.....	53
<b>16. Csuka Sándor</b> INVESTIGATION OF CUTTING PROCESSES WITH MINIMAL QUANTITY OF LUBRICATION.....	57
<b>17. Deák Edit, Stefanovitsné Dr. Bányai Éva, Farkas Jenő, Jahnke Gizella</b> COMPARING MINERAL CONTENT OF GRAPE CULTIVARS AND WINES FROM BADACSONY.....	61
<b>18. Dr. Dezső Gergely, Dr. Dudás Illés</b> FINITE ELEMENT MODELLING OF CONTACT PROBLEM OF QUASI-STATIC WORKING OF A WORM-GEAR DRIVE.....	65
<b>19. Drenyovszki Rajmund</b> DISTANCE MEASURES IN FUZZY RULE INTERPOLATION.....	69
<b>20. Dr. Dudás Illés, Dr. Balajti Zsuzsanna</b> ANALYSIS OF BEARING PATTERN WITH NEW MATHEMATICAL MODEL.....	73
<b>21. Faurné Csukat Gabriella</b> COMPARING STUDY OF COMPOSITES LAMINATES.....	77
<b>22. Fábrián Enikő Réka</b> HYDROGEN TRAPS IN LOW CARBON STEELS.....	81
<b>23. Fekete Gusztáv, Dr. Kátai László</b> APPLICATION OF MSC.ADAMS IN BIOMECHANICAL MODELLING.....	85
<b>24. Fenyvesi Dániel, Dr. Szlivka Ferenc</b> DESIGN OF HIGHLY LOADED AXIAL FLOW FAN WITH NON-FREE VORTEX METHOD.....	89

<b>25. Fótos Réka, Dr. Tóth László</b> THE MAIN POINTS OF RISK-BASED INSPECTION AND.MAINTENANCE STRATEGY.....	93
<b>26. Fülep Tímea</b> QUALITATIVE RELIABILITY APPROACH OF ELECTRONIC VEHICLE SYSTEMS.....	97
<b>27. Fülöp István, Dr. Gyenge Csaba, Costea Ancuța</b> SOME PRACTICAL RESULT OF RISK BASED MAINTENANCE PROCEDURE APPLICATION IN PAPER INDUSTRY.....	101
<b>28. Dr. Gáti József, Kuti János</b> JOZSEF GALAMB AND THE FORD T-MODELL.....	107
<b>29. Gubovits Attila</b> OBJECTIVE IDENTIFICATION POSSIBILITIES OF AGGRESSIVE DRIVING.....	111
<b>30. Dr. Györffyné Jahnke Gizella, Deák Edit, Dr. Györffyné Molnár Júlia, Kocsis László, Lakatos Anita, Dr. Májer János, Stefanovitsné Dr.Bányai Éva, Varga Zsuzsanna</b> NEW ACID PHOSPHATASE ISOENZYME PATTERN CHARACTERISTIC FOR THE PONTICAN CULTIVARS OF <i>VITIS VINIFERA</i> L.....	115
<b>31. Hornos Ádám</b> REALIZATION OF A WIND TURBINE-HYDROGEN HYBRID SYSTEM WITH PEM FUEL CELL.....	119
<b>32. Horváth Zoltán</b> ANALYSIS OF THE IMPACT TO METEOROLOGICAL RADARS CAUSED BY WiFi DEVICES.....	123
<b>33. Hulyok Tamás, Dr. Szigeti Ferenc, Dr. Dezső Gergely</b> ADAPTIVE FINITE ELEMENT MODELLING OF STRESS AND TEMPERATURE DISTRIBUTION OF A CUTTING TOOL.....	127
<b>34. Illés Attila</b> PRESENTATION OF MS VISUAL PROGRAMMING LANGUAGE.....	131
<b>35. Jenei István Zoltán, Nemes-Incze Péter, Daróczi Norbert Sándor, Járαι-Szabó Ferenc, Sárközi Zsuzsa, Darabont Sándor, Biró László Péter</b> SYNTESIS AND INVESTIGATION OF SINGLE WALLED CARBON NANOTUBES.....	135
<b>36. Kakucs András</b> ELECTRO-MECHANICAL AND HYDRAULIC ANALOGY.....	139
<b>37. Kecskés Bertalan</b> DETERMINATION OF FLOW STRESS-STRAIN CURVE FOR HOT FORMING BY WATTS-FORD METHOD.....	143

<b>38. Kósa János, Dugár Zsolt</b> MAGNETIZERS AND ITS APPLICATION FOR MAGNETIZING YBCO SUPERCONDUCTOR BULKS.....	147
<b>39. Kovács Attila, Dr. Varga Gyula</b> THE APPLICATION OF LUBRICATION LIQUID IN THE ENVIRONMENTALLY FRIENDLY METAL CUTTING.....	151
<b>40. Dr. Kovács Tünde, Dr. Solecki Levente</b> RELATIONSHIP BETWEEN THE MICROSTRUCTURE AND THE WEAR RESISTANCE OF THE DIFFERENT STEELS.....	155
<b>41. Lefánti Rajmund</b> MAINTENANCE OF DIESEL ENGINE SMALL AIRPLANE.....	159
<b>42. Malik András, Dr. Németh János</b> THE INFLUENCE OF VARIABLE DIAMETER FOR TENSILE FORCE OF THE ROPE BY MANY SHEAVES FRICTION DRIVE.....	163
<b>43. Mucsi András, Borossay Béla</b> MATHEMATICAL MODELLING OF RECRISTALLIZATION.....	167
<b>44. Nagy Ádám, Dr. Hegedűs Attila, Engel Rita, Tillyné Dr. Mándy Andrea, Szabó Krisztina, Stefanovitsné Dr. Bányai Éva</b> ANTIOXIDANT CAPACITY OF PRICKLY PEAR.....	171
<b>45. ifj. Orbán György</b> IMPORTANCE OF THE DIGITAL CITY MODELLS.....	175
<b>46. Pézsa Nikolett</b> FOSSIL VERSUS BIO-FUEL - CURRENT SITUATION, DANGERS AND OPPORTUNITIES.....	179
<b>47. Dr. Pinke Péter</b> CHANGING OF THE CMSX-3 NICKEL BASED SUPERALLOY MICROSTRUCTURE DURING HEAT TREATMENT PROCESS.....	183
<b>48. Dr. Réger Mihály, Heli Kytönen, Verő Balázs, Szélig Árpád</b> ABOUT THE REASON OF CENTERLINE SEGREGATION OF CC SLABS.....	187
<b>49. Dr. Réti Tamás, Dr. Bitay Enikő</b> CHARACTERIZATION OF COMBINATORIAL STRUCTURE OF FULLERENES USING.....	191
<b>50. Salamon Gábor</b> SPANNING TREE OPTIMIZATION PROBLEMS GENERALIZING THE NOTION OF HAMILTONIAN PATH.....	203

<b>51. Sebők Gergely</b>	
EXAMINATION OF RUNNING CHARACTERISTICS FOR RAILWAY WHEEL PAIRS, RAILWAY WHEEL PAIRS PRODUCTION.....	207
<b>52. Szabados Gábor, Dr. Németh János</b>	
POSSIBILITY OF APPLICATION OF FUZZY-LOGIC IN THE CONTROL OF WAREHOUSE SYSTEMS.....	211
<b>53. Szabó Bálint</b>	
VEHICLE- AND WHEELMODEL DEVELOPMENT FOR SIMULATING A PARKING MANOEUVRE.....	215
<b>54. Szabó Gergely</b>	
COMBINED PROCESSES FOR MACHINING HARD SURFACES.....	219
<b>55. Szilágyi Arnold</b>	
CONSTRAINT EQUATIONS.....	223
<b>56. Szűcs András</b>	
PRESSURE DROP MEASUREMENTS IN SPIRAL INJECTION MOULD.....	227
<b>57. Szűcs Nóra</b>	
INTEGRAL EQUATIONS OF THE DIRECT METHOD FOR PLATES PRESTRESSED BY A CONSTANT IN PLANE LOAD.....	231
<b>58. Tamás Levente, Dr. Lazea Gheroghe</b>	
KALMAN FILTER IN MULTI-SENSOR FUSION NAVIGATION.....	235
<b>59. Tóth Enikő, Dr. Illés Béla</b>	
BACKSCATTER OF PROPAGATING WAVES IN RFID SYSTEM.....	239
<b>60. Újsághy Zsófia</b>	
WASTEMANAGEMENT OF CARWRECKS.....	243
<b>LIST OF AUTHORS.....</b>	<b>247</b>

## ELŐSZÓ

A tudományos és a szervező bizottság nevében sok szeretettel üdvözlöm a 13. FMTÜ konferencia valamennyi résztvevőjét.

Amint az előző tizenkét ülészenken bebizonyosodott, az FMTÜ nagymértékben hozzájárul a Kárpát Medencei magyar műszaki értelmiség szakmai színvonalának emeléséhez, a kutatási munka ösztönzéséhez, a tudományos kapcsolatok kialakításához illetve ápolásához, valamint a magyar műszaki nyelv műveléséhez.

Mivel a 21. században a technikai, informatikai kutatások mind nagyobb teret foglalnak el úgy az országok, mint az Európai Unió tudományos programjaiban, konferenciasorozatunk kellőképen beintegrálódik ezekben az irányzatokba és reméljük, hogy az újonnan alakult Kolozsvári Akadémiai Bizottság programjában is megfelelő helyet és támogatást fognak kapni a természettudományi és műszaki kutatások, ezek révén a fiatal kutatóink is.

A kötetben szereplő tudományos dolgozatok a gépészet széles területein, mind az alkalmazott informatika, anyagtudományok, környezetbarát technológiák, korszerű üzemi karbantartás, számítógéppel integrált gyártás és villamosságtan szakterületein értékes és korszerű kutatások eredményeit ismertetik.

Az 56 jelentkező között van pozsonyi, erdélyi valamint magyarországi fiatal kutató, (doktorandus, diploma tervező, egyetemi hallgatók és ipari kutató).


Örvendetes, hogy az idei rendezvényünkön, ha nem is olyan nagy számban, mint az előző években, de részt vesznek a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem marosvásárhelyi Műszaki Tudományok Karáról hallgatók és oktatók.

Meg vagyunk győződve, hogy a konferencia megfelelő keretet fog biztosítani a partner egyetemek és ezek tanszékeinek kutatási irányzatainak és eredményeinek a megismerésére. Ugyanakkor a konferencia megfelelő keretet fog biztosítani a tudományos együttműködések tovább fejlesztéséhez is, úgy a nemzeti mind az európai programok keretében.

Az idejében beérkezett dolgozatokat idén is a tudományos bizottság tagjai értékelték ki, akik az észrevételeiket ismertették a szerzőkkel.

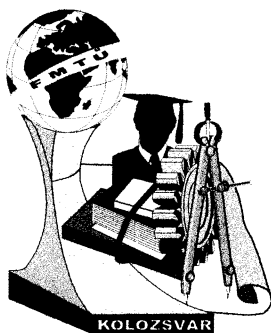
Szeretném megköszönni valamennyi szerző, és kiértékelő professzor hozzájárulását a kiadvány létrejöttéhez, valamint a lelkes és kitartó szerkesztőbizottságnak az értékes munkáját.

Az FMTÜ Tudományos Bizottságának elnöke



Dr.Gyenge Csaba  
Az MTA külső tagja

Kolozsvár 2008. február 29.



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## NÉHÁNY GONDOLAT A BIOMECHANIKÁRÓL A TÉRDIZÜLET KAPCSÁN

M. Csizmadia Béla

### Abstract

Since the biomechanics is a new field of science, it can be only examined by a tight cooperation of human and technical scientists. In the beginning of the lecture the division and the aims of the biomechanics will be introduced. Then, one specific segment of the human biomechanics, the human mechanical model will be presented and summarized with both numerical and experimental results.

### Összefoglalás

A biomechanika egy viszonylag új tudományterület, amely az élő szervezetekkel foglalkozó kutatók és a műszaki szakemberek szoros együttműködésével művelhető. Az előadásban a biomechanika felosztása és célkitűzéseinek ismertetése után egyetlen humán biomechanikai kérdéssel, a térdízület mechanikai modelljének megalkotásához végzett többrétű számításaink és kísérleteink eredményeiről adunk összefoglalót.

### 1. A biomechanika

*A biomechanika* – a legáltalánosabb értelmezés szerint – *az élő szervezetek mechanikai viselkedését leíró, multidiszciplináris tudomány.*

A definíciót elemezve egyrészt fontos, hogy *élő szervezetekről* beszélünk, és itt élőknek tekintjük a szervezetet akkor is, ha az élet, a növekedés, az önfenntartás jeleit már nem mutatja, de korábban élő volt. Sőt tulajdonképpen a talaj, a valóban termő, létező talaj is „élőknek” tekinthető. Másrészt a biomechanika *multidiszciplináris tudomány*, azaz az élő szervezet mechanikai viselkedése a szervezet felépítését, működését, életét leíró tudomány eredményeinek felhasználása, művelőinek bevonása nélkül nem képzelhető el. Harmadrészt *mechanikai viselkedést* leíró tudomány, azaz bele tartozik a szervezet morfológiájának, a szervezetet felépítő anyag tulajdonságának, a szervezet szilárdsági, kinematikai és kinetikai viselkedésének a leírása is.

A biomechanikát – ilyen értelmezés szerint – humán és nem humán biomechanikára bonthatjuk (ez utóbbit korábban mezőgazdasági anyagok mechanikájának is nevezték). *A nem humán biomechanika* tovább csoportosítható állati, növényi anyagok és élő anyagból felépülő halmazok (szecskák, maghalmazok, stb.) mechanikájára. Mindhárom területen belül a morfológiai leírások a szilárdsági tönkremenetel, anyag- ill. szerkezet-jellemzők (néhány esetben sajátos jellemzők, pl. kohézió, belső súrlódási szög stb.), ezen anyagok feldolgozása, tárolása, szállítása közbeni jelenségek vizsgálata (pl. növényi szárak vágása, halmazok tárolása, gyümölcsök szállítás közbeni sérülése, stb.) tartozik a tárgykörbe.



A nem humán biomechanikai vizsgálatokban a bioanyag vagy *teherhordó*, vagy *terhelést okozó* lehet. Ennek megfelelően a mechanikai vizsgálatok is jelentősen különböznek. Például teherhordó a búzaszár a kalász súlyának és a szélnyomásnak az elviselésekor és terhelést okozó betakarításkor. Teherhordó a szecskahalmaz boltozódáskor, terhelést okozó a hatása tároláskor, stb. A mechanikai vizsgálatok célja – figyelembe véve ezt a kettős hatást – szintén kettős. Egyrészt az, hogy elemezze a bioszer-kezetek teherviselő képességét. E cél oka – a természet megismerésén túl – az, hogy az ember a természet szabályos rendjébe folyamatosan beavatkozik. Ennek széles körben vannak pozitív hatásai, de negatív mellékhatásai is. A mi szempontunkból csupán néhányat említünk. Például többet terem a nemesített búza, de nem biztos, hogy a búzaszál elviseli a természetes hatásokat, vagy a baromfitenyésztés eredményeként megnő az állat testsúlya, a tartástechnológia miatti mozgáshiány viszont gyengíti a csontozatot, amely eredményeként nem bírja el a terhelést, stb.

1. táblázat

<b>Osztályozás</b>	<b>Tématerületek</b>
Biotopológia	szimmetria tulajdonságok, geometriai leírás, stb.
Bioanyagok	Anyag (szerkezet) modellek mechanikai leírása csontok biomechanikája lágyszövetek biomechanikája erek biomechanikája mesterséges bioanyagok mechanikája (protézis anyagok, lebomló kompozitok)
„Szerkezeti elemek”, ép testrészek biomechanikája	tartó és mozgatórendszer biomechanikája gerinc biomechanikája izületek biomechanikája szív és érrendszer dinamikája
Emberi mozgás biomechanikája	fiziológiai testhelyzetek biomechanikája (lépés, járás, futás ...) ergonómiai biomechanika sport biomechanika fizikai terhelés biomechanikája rendellenességek szűrése
Beteg testrészek mechanikája	degenerációs folyamatok biomechanikája (osteoporosis, porckorong tönkremenetele) baleseti terhek, sérülések mechanikája (nyak, fej, mellkas)
Gyógykezelések biomechanikával	konzervatív kezelések biomechanikája műtéti eljárások biomechanikája rehabilitációs biomechanika implantátumok biomechanikája

A kutatások másik célja az, hogy a technológiai folyamatban a bioanyaggal kapcsolatba kerülő gépészeti szerkezetek méretezéséhez kell terhelési adatokat szolgáltatnia.

A *humán biomechanikának* többféle osztályozása lehetséges. Egyet az 1. táblázatban közlünk.

A tématerületek osztályozása utal a vizsgálatok céljára, amire később térünk ki. Észrevehetjük, hogy az itteni tématerületek átfedésben vannak, és lehetnek egymással. Például – a későbbiekben sorra kerülő – térd mechanikájának vizsgálata besorolható az ízületek biomechanikájába és a fiziológiai testhelyzetek biomechanikájába is, de kapcsolódhat az implantátumok biomechanikájához is. Mindenesetre ez a felsorolás is mutatja, hogy a biomechanika széles körben, sok ágon beépült az orvoslásba, annak részét képezi.

## 2. Humán biomechanika

A humán biomechanika az a terület, amelyet ma általánosságban csak biomechanikának neveznek. Az 1. táblázat kapcsán utaltam a lehetséges célokra. Mint a nem humán biomechanikában itt is *több fő cél* érdekében folynak a vizsgálatok. Az egyik a nem ismert emberi „szerkezet”, *a szervezet mechanikai működésének pontosabb modellezése*. Ide tartozik a táblázati beosztás szerinti „biotopológia”, a „bioanyagok” és a „testrészek biomechanikája”. A másik cél a kutatási *eredményeknek a gyógyászatban történő felhasználása*. Ez utóbbi kapcsán is két rész cél fogalmazható meg: az egészségmegőrzés (prevenció) és a gyógyítás. Az előzőhöz az „emberi mozgás biomechanikája”, a másodikhoz a „beteg testrészek” és a „gyógykezelések biomechanikája” tartozik.

Természetesen itt is vannak átfedések. Hogy példaként a következőkben említésre kerülő térdizület mechanikájával kapcsolatos vizsgálatokat említsem, ennek célja a térd mechanikai modellezése és ezen keresztül a működésének jobb megismerése, de ugyanakkor a gyógyítás is, jobb protézis kialakítása.

A biomechanikai vizsgálatok célkitűzése különbözik a műszaki mechanika célkitűzéseitől. Nézzük meg, hogy milyen további különbségek és hasonlóságok vannak! A hasonlóság az, hogy a természettörvények természetesen mindkét esetben érvényesülnek. A megnyilvánulási formák azonban különbözőek. Ezekre a különbségekre mutat rá a 2. táblázat.

2. táblázat

<b>Műszaki mechanika</b>	<b>Biomechanika</b>
Geometriai tervezés	Biomorfológia, biotopológia
Anyagtörvények	Szerkezettörvények
Anyagállandóság	Anyag épülés, bomlás
Kontinuummechanika	Diszkrét elemes mechanika
„Ideális” kényszerek (csukló, befogás, csuszka)	Ismeretlen kényszerkapcsolatok (izületek)
Mozgató elemek ismeretek	Izom működése változó
Vezérlő rendszer ismert	Idegrendszer bizonytalan
← Mozgástörvények →	

Látható, hogy – csak néhány dolgot kiemelve – mivel nem ismerjük a vizsgált szerkezetet (az emberi szerkezetet), annak alaktani morfológiai formájának és felépítésének tanulmányozása szükséges, ugyanakkor a helye, helyzete, az alakzatok geometriai leképezése (biotopológia), azok változatlan tulajdonságainak – az objektumok kapcsolatainak – geometriai vizsgálata is szükséges a műszaki mechanikában alkalmazott geometriai tervezéssel szemben. Vagy egy másik kérdés az anyagtörvények vizsgálata. A bioanyag nem homogén, ezért csak „szerkeztörvényeket” határozhatunk meg az anyag tulajdonságainak leírásakor. És így tovább a 2. táblázat szerint. Egyedül a mozgástörvények, amelyek mindenhol állandóak.

A vizsgálati módszerek kérdésében is vannak hasonlóságok és különbségek. Hasonló, hogy a biomechanikában is léteznek kísérleti és számítási módszerek. Ez utóbbiak hasonlóak lehetnek: áramlástani, szilárdsági számítások, mozgásvizsgálatok. Itt azonban – az előző anyagtörvények miatt – a kontinuummechanika csak korlátozottan, sok feltételezéssel használható, hiszen a bioanyag messze nem kontinuum. A kísérleti vizsgálatok egyik jelentős különbsége a műszaki mechanikával szemben, hogy itt élő emberen és halott mintadarabon (cadaver) végezhető a mérések az ebből adódó korlátok és nehézségek mellett. Az így kapott mérési eredmények kiértékelési módszerei sokkal összetettebbek és nehezebben alkothatók meg a mechanikai, matematikai modellek.

### 3. A térdizület mechanikája

A Szent István Egyetem Biomechanikai Kutatócsoportja a térdizület mechanikájával, annak kinematikai-kinetikai modelljének megalkotásával foglalkozik a Szent János Kórház professzorával és az ő munkatársaival, illetve a SZTAKI-val együttműködve. A továbbiakban ennek a kutatómunkának az eredményeiről adok rövid beszámolót.

A térdizület az emberi test legbonyolultabb izülete. Rendkívül összetett mozgások végzésére teszi alkalmassá az embert, de az izület mozgása is rendkívül összetett. A combcsontozat viszonyítva a lábszárcsont behajlítás közben – akaratunktól függetlenül – tengelye körül 5-10°-os elfordulást (rotáció) és néhány fokos síkból való kitérést (abductio) végez. Csak az „Isten tudja” miért. Feltehetően a járás-stabilitás biztosítása érdekében. Ezt a tényt már régen ismerik, de számszerűsíthető és azokat magyarázó adatok nincsenek. A mozgás illetően létrejöttének okaként (nem céljaként) a szakirodalomban fellelhető egyik koncepció azt állítja, hogy a szalagok a másik koncepció azt, hogy az ízfelszín, a csontfejek felülete vezérli a mozgást. A mi kutatásunk alapkonceptiója – magunkévá téve Krakovits Gábor professzor feltételezését – az utóbbiból indult ki és ezt kívánta és kívánja bizonyítani. Ennek és a mechanikai modellnek a megalkotása érdekében sokrétű, egymáshoz szorosan kapcsolódó vizsgálatokat végeztünk, amelyekről nagyon röviden az alábbiakban számolunk be.

#### 3.1. Elemi számítások

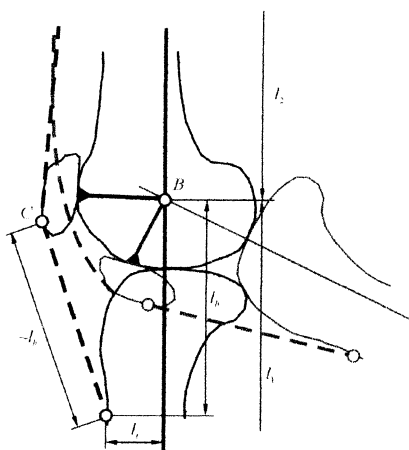
A térd egyik, igen bonyolult mozgásának, a guggolásnak az elemzését egy egyszerű síkbeli mechanikai modellel kezdtük el. Ennek *célja* az volt, hogy a combizomban a guggolás során keletkező

erő változásának jellegét és annak *maximális értékét* meghatározzuk. Ehhez a síkbeli modell is elegendőnek bizonyult. A térden belüli mozgásokat elemezve (1. ábra) egy egyszerű csuklós rúdszerkezeti modellt alkottunk (2. ábra), amely vizsgálata eredményeként számíthatókká váltak az izomban és a térdben keletkező erők az  $\alpha$  behajlítási szög függvényében. Ezek közül itt csak a combizomban (quadriceps) keletkező  $F_q$  erő számítását adjuk meg az egy lábra eső testsúlyhoz ( $G_1$ ) viszonyítva. Számszerű eredményeket ebből a modelltől bizonyos peremfeltételek, a súlyerő vándorlásának (helyének) ismerete, nélkül (az összefüggésekben  $\lambda_3$ ,  $\gamma(\alpha)$ ,  $\lambda_f$ ) nem lehetett megkapni. Ezért a számításhoz élő embereken végeztünk méréseket.

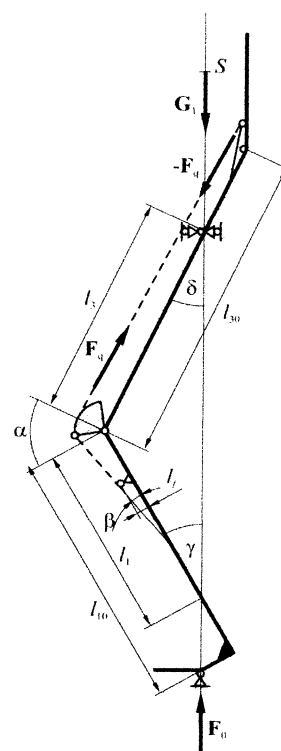
$$\frac{F_q}{G_1} = \frac{\lambda_3(\alpha)\sin(\alpha - \gamma(\alpha))}{\lambda_f},$$

$$\text{ahol } \lambda_3 = \frac{l_3}{l_{30}},$$

$$\lambda_f = \frac{l_f}{l_{30}} \approx 0,13.$$



1. ábra. Térd-mozgás modell



2. ábra. A guggolás mechanikai modellje

### 3.2. Kísérletek élő embereken

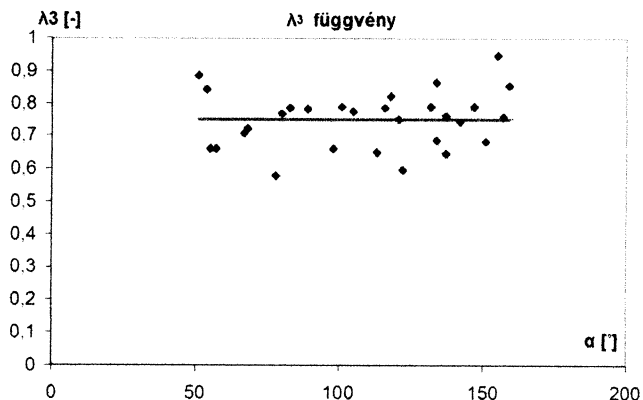
A súlyvonal mozgása természetesen a testhelyzettől a test tömegeloszlásától, és egyéb változó paraméterektől is függ. Ezért előírt módon, egyenes gerinccel és kinyújtott kézzel végeztettük a mozgásokat erőmérőkkel alátámasztott lapokon álló emberekkel. A vizsgálatokat tizenegy egyetemista fiú és lány bevonásával végeztük (3. ábra) Az eredményeket itt nem részletezett módon grafikus és numerikus értékeléssel kaptuk. Ezek közül csupán egyet, a  $\lambda_3$  változását a 4. ábra mutatja, amely – matematikai statisztikai elemzés után – az  $\alpha$  behajlítási szög függvényében állandó értéknek vehető.

Ezen ismeretek birtokában az elemi számítási modellel a combizomban keletkező erő számíthatóvá vált (5. ábra). A combizomban keletkező erő és főleg annak változása ismeretében lehetővé vált, hogy a

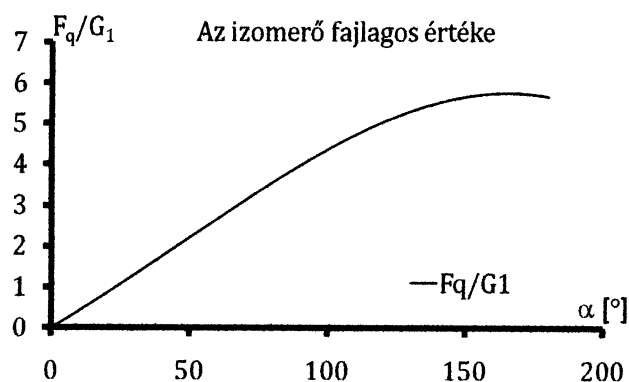
további vizsgálatokat cadaver térden végezzük. A cadaver térd alkalmazását azért tartjuk szükségesnek, mert egyrészt élő emberen a lábszár rotációjának mérése csak nagy hibával lehetséges, ugyanis a mozgásérzékelőket a bőrre lehet rögzíteni, a bőr és a csont pedig egymáshoz képest elmozdul a behajlítás során. Másrészt a cadaver térden a szalagok elvághatóak és hatásuk mérhető.



3. ábra A súlyvonal változás mérése

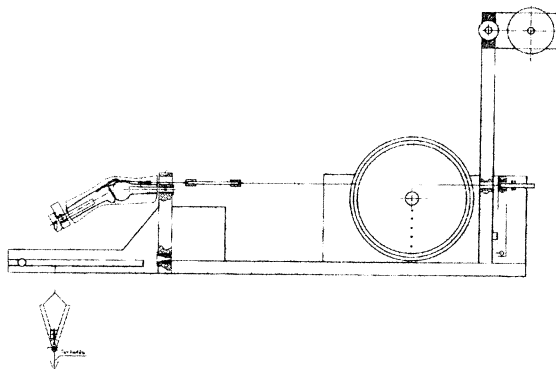


4. ábra. Súlyvonal lábszár metszésvonal meghatározása



5. ábra. A combizomban keletkező fajlagos erő változása a behajlítás során

### 3.3. Kísérleti vizsgálatok cadaver térden

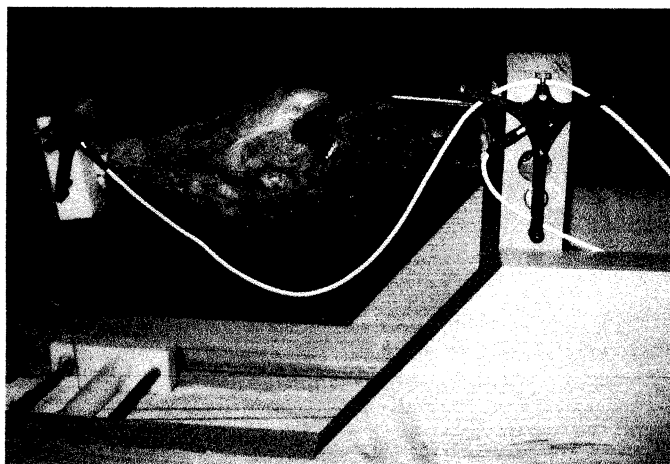


6. ábra. A kísérleti berendezés vázlata

A cadaver térd jó kísérleti modellnek bizonyult, mivel a térdmodellek valóságosak voltak, hiszen ép térdű

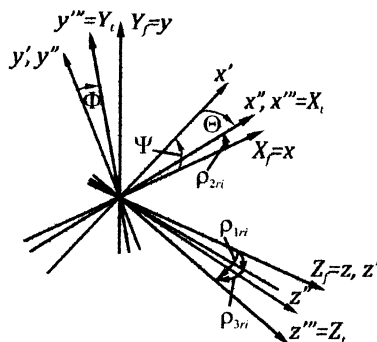
hullákból származtak. A mozgást létrehozó izomzatot kellett egy mesterséges izommodellel helyettesíteni. Mivel azonban most már rendelkezésünkre állt a combizom karakterisztikája egy megfelelő gumi izommodell beépítésével a cadaver térd alkalmassá vált arra, hogy a térdizületet kísérleti modellként használjuk.

A combcsontokat mereven befogtuk az erre a célra kialakított berendezésbe (6. ábra). A kiegyenesített lábát modellező vízszintes helyzetet a gumi izommodellben keletkező erő biztosította. A behajlítást súlyerő hozta létre. Az erőket a HBM Spider erőmérő rendszerével, a lábszár helyzetét Poláris infravörös fényvel működő térbeli helymeghatározó rendszer felhasználásával mértük. Az egyik mérés egyik fázisát mutatja a 7. ábra.



7. ábra. Emberi cadaver (hulla) térd kísérleti vizsgálata

A mérés kiértékelésének nehézségeit az adta, hogy a Polaris mérőrendszer a lábszár helyzetét Euler-szögekkel ( $\Psi, \Theta, \Phi$ ) adja meg, míg az orvosi és a természetes emberi helyzet meghatározás ettől eltérő: a behajlítási szöge ( $\rho_1$ ) a két velőűr közötti, függőleges síkbeli szög, a síkból való kitérés ( $\rho_3$ ) a lábszár velőűrtengelyeinek függőleges síkkal bezárt szöge, a rotáció ( $\rho_2$ ) pedig a lábszár velőűrtengely körüli elfordulása (8. ábra).

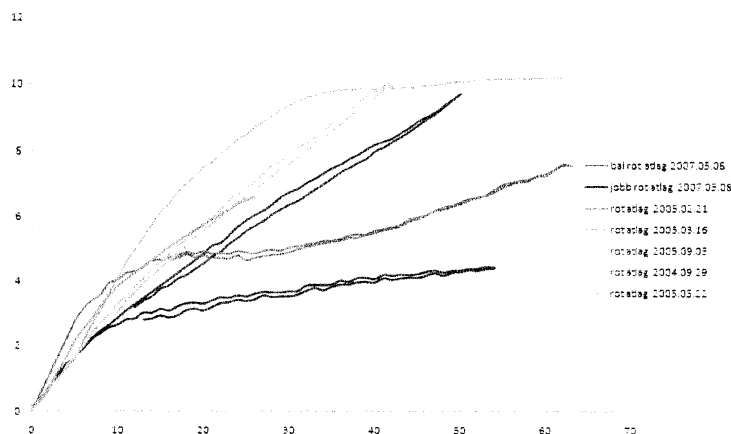


8. ábra Az Euler-szögek és a lábszár helyzetet megadó természetes szögek viszonya

Az átszámítást, azaz a kiértékelést egy háromhengeres mechanizmus alkalmazásával oldottuk meg, amiről Bíró számolt be [1]. Egy eredményt, a rotációnak a változását a behajlítási szög függvényében a 9. ábra mutatja.

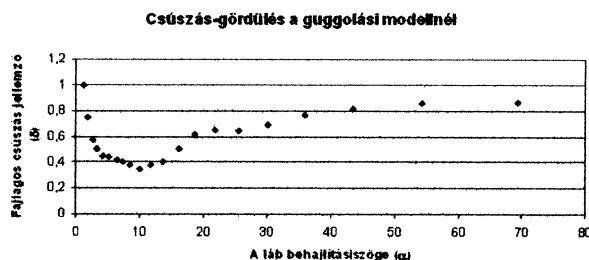
### 3.4. Numerikus modellek

Élő ember térdéről készült MR vizsgálatokból kiválasztottuk azt a jellemző metszetet, amely geometriája jellemző. Ennek alapján kialakítottunk egy numerikus modellt, amely célja a térden belüli moz-



9. ábra. A rotáció változása a behajlítási szög függvényében

gások modellezése. Az irodalom [2] szerint az érintkezési pontok által, az érintkezési felületeken meghatározott görbék különböző hosszúságúak. Ez azt jelenti, hogy van csúszás és gördülés is. Az ívhosszak különbségének a nagyobb ívhosszhoz viszonyított aránya 0, ha csak gördülés van és 1, ha csak csúszás van. Guggolásnál kapott egyik eredményünket mutatja a 10. ábra.



10. ábra. A fajlagos csúszási jellemző a behajlítási szög függvényében

### Irodalom

1. Bíró István: Az emberi térd három-hengeres kinematikai modellje. X. Magyar Mechanikai Konferencia, Miskolc, 2007. augusztus 27-29.
2. Zhi-Kui Ling, Hu-Qing Guo, Stacey Boersma: Analytical study on the kinematic and dynamic behaviors of a knee joint, Department of Mechanical Engineering and Engineering Mechanics, Michigan, Technological University, Houghton, MI 49931, USA Received 1 September 1995, accepted 10 May 1996

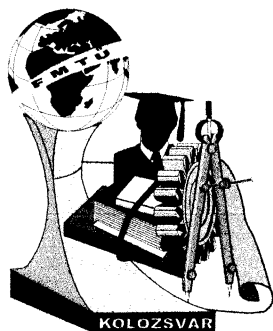
**dr. M. Csizmadia Béla**, CSc egyetemi tanár

Munkahely: Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Mechanikai és Géptani Intézet

Cím: 2103, Magyarország, Gödöllő, Páter K. u. 1.

Telefon / Fax: +36-28-522000

E-mail: csizmadia.bela@gek.szie.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## SPECIÁLIS CSIGAHAJTÁSOK

Prof. Dr. DUDÁS Illés, Prof. Dr. LÉVAI Imre

### Abstract

Special worm gear drives (as spiroid, disc, toroid, etc.) contains the semi conical worm gear drives as well, when one element of worm gear pair is conical. The aim of this paper is to call-up and solve some geometrical questions of this relatively new worm gearing.

### Összefoglaló

A különleges csigahajtások (spiroid, disc, toroid, stb.) egyik csoportját alkotják a félkúpos csigahajtások, amikor a csigapárok egyike kúpos. Az előadás célja ezen viszonylag új csigahajtás típus néhány geometriai kérdésének felvetése, megoldása.

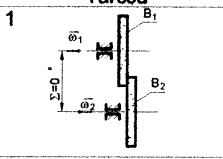
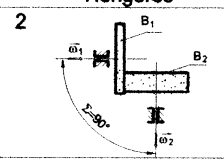
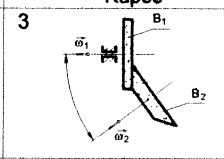
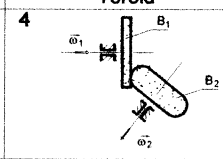
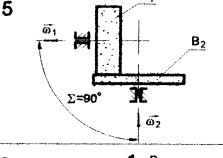
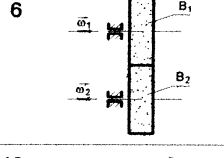
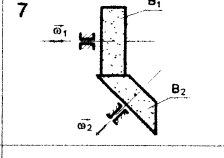
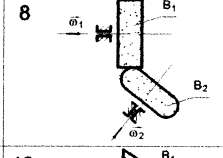
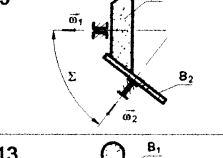
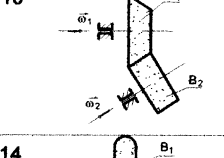
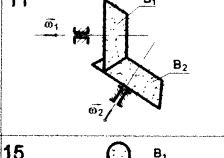
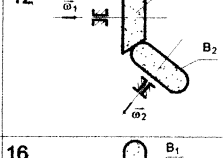
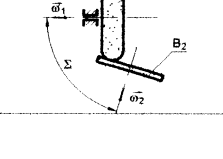
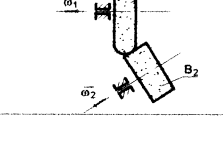
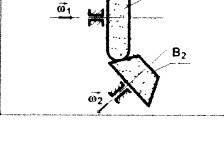

### 1. FÉLKÚPOS CSIGAHAJTÁSOK

A térbeli különleges, speciális hajtások rendszerezésével többek között Erikhov [6], Minkov [14], (1,2 ábra) Drahos [4], Litvin [13] munkái foglalkoznak. Magyarországon a hipoid, spiroid és különleges hajtásokkal Lévai [9, 10, 11] spiroiddal Hegyháti [8], Dudás [5], míg a különleges toroid hajtásokkal Bercey [2] foglalkozott. Különleges hajtásoknak tekinthetjük a belső hordó csigahajtásokat is, melyeket Pay E. [15] és Pay G. [16] publikált. Duplex csigahajtással foglalkozott Gyenge [21] munkájában. Egyfajta javaslat a Goldfarb [7] által publikált munka (3.ábra).

Cikkünkben a [7] által felvetett úgynevezett félkúpos csigahajtásokkal foglalkozunk, melynek geometriai méretezését, illetve gyártási lehetőségét tárjuk fel. Ez a hajtópár elrendezés különleges konstrukciós lehetőségre ad és speciális kis helyszükségletű hajtások alakíthatók ki. A félkúpos csigahajtások vizsgálatához alapként a spiroid hajtást tekintjük. Az [5] irodalomban közölt általános matematikai modell jól felhasználható megfelelő paraméterezéssel ezen hajtásra vizsgálatához.



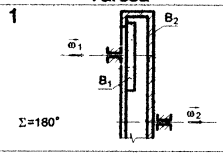
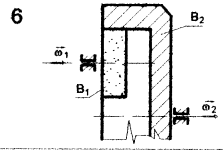
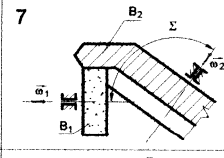
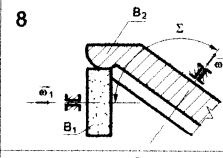
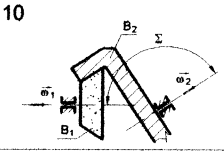
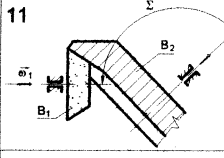
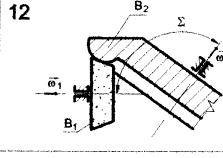
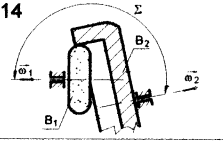
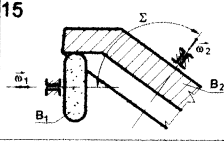
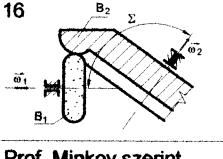
Kapcsolódó felületek külső hajtás esetén

	Tárcsa	Hengeres	Kúpos	Toroid
Tárcsa	1 	2 	3 	4 
Hengeres	5 	6 	7 	8 
Kúpos	9 	10 	11 	12 
Toroid	13 	14 	15 	16 

Prof. Minkov szerint

1. ábra Kapcsolódó felületek külső hajtás esetén [14] szerint

Kapcsolódó felületek belső hajtás esetén

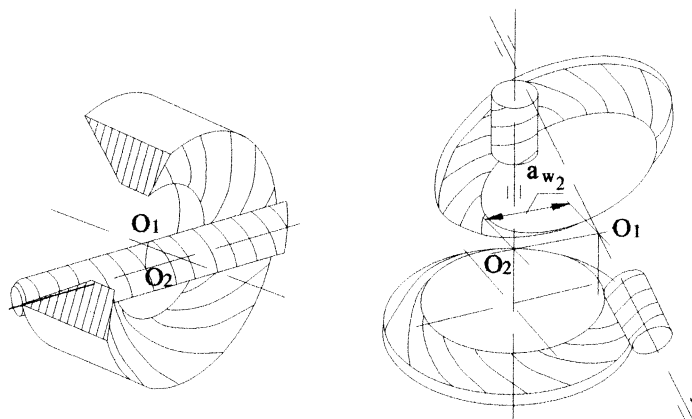
	Tárcsa	Hengeres	Kúpos	Toroid
Tárcsa	1 	2	3	4
Hengeres	5	6 	7 	8 
Kúpos	9	10 	11 	12 
Toroid	13	14 	15 	16 

Prof. Minkov szerint

2. ábra Kapcsolódó felületek belső hajtás esetén [14] szerint

**1.1. Geometriai méretezés, modellezés**

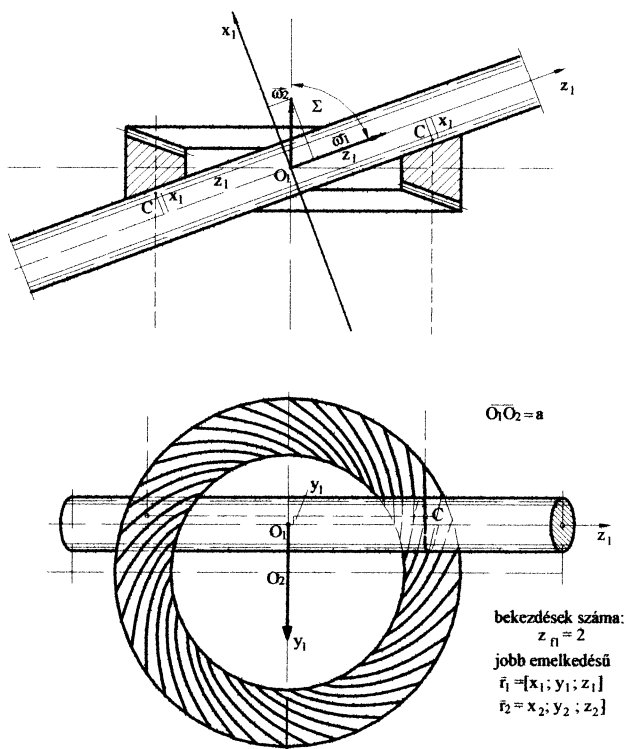
Az 3. ábrán modellezett hengeres csiga – belső, illetve külső kúpos hajtások és a hengeres csiga – síkkerék (toroid) hajtások láthatók [7].



**3. ábra** Belső, külső kúpos, valamint toroid hajtások

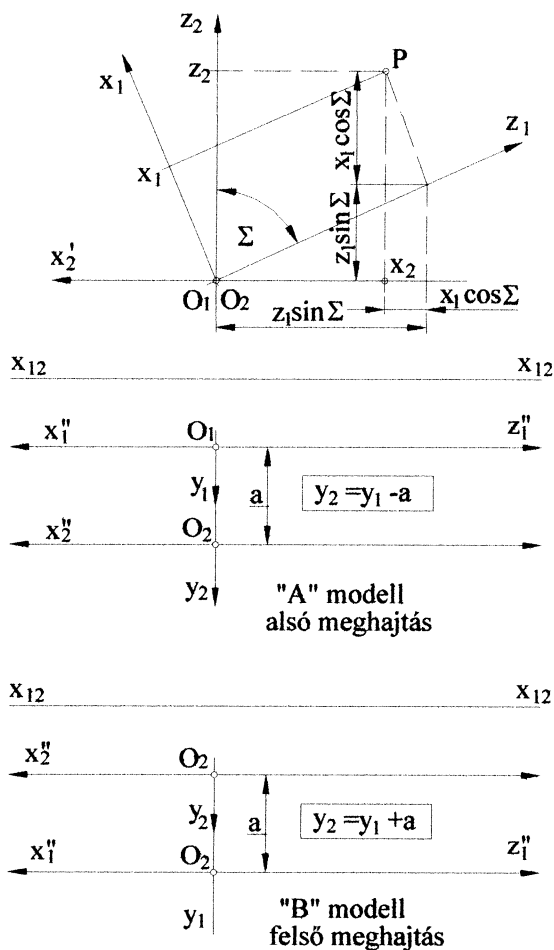
Ez esetben a hengeres csiga – belső kettős kúpos kerék kapcsolódását vizsgáljuk meg. Az eredmények könnyen általánosíthatók a külső kúpos és a síkkerék kapcsolódásokra is.

A kiemelt modell a 4. ábrán látható.



**4. ábra** Hengeres csiga – belső kúpkerek kapcsolódása

A 4. ábrára hivatkozva vegyük fel az alábbi 1 és 2 koordinátarendszereket.



5. ábra Alkalmazott koordinátarendszerek

Ez alapján felírhatjuk a kiinduló adatokat, a transzverzális vektort, valamint a kapcsolódó tengelyekhez szükséges összefüggéseket.

### 1.2. Kapcsolódás tengelyei, fővonalak

A kapcsolótérben egy sajátos egyenespárt alkotnak. Ezekre mindig illeszkednek a kapcsolódásban lévő fognormálisok. A kapcsolódás tengelyei függetlenek az érintkezési pontok koordinátáitól, vagyis térben állandóak. Metszik a legrövidebb tengelytáv vonalát, arra merőlegesen. **Ahol ilyeneket fel lehet fedezni, a kapcsolódás geometriája lényegesen egyszerűsíthető.**

Ezen a téren jelentős elméleti vizsgálatot végzett Altmann [1] és Litvin [12].

A félkúpos csigahajtások geometriai tervezése tehát nagyobb figyelmet feltételez. Amint az elemzésből következik két megoldás is lehetséges, a tervezőnek kell választani. Az egyik esetben az I., a másik esetben a II. kapcsolódási tengelyen lesz a főpont, de mindkettő kívül van a tengelytávolság vonalán [9].

### 1.3. A hajtás hatásfoka

A műszaki fejlesztés természetes törekvése a jó hatásfokú hajtások tervezése és megvalósítása. Az egyik lehetőség: **biztosítani a kedvező hidrodinamikai feltételeket**. Csigahajtásoknál ebben az irányban jelentős fejlesztések történtek, amelyek szakmai körökben általában ismertek. Igen jó eredményeket értek el például az ívelt profilú (körív) csigákkal és a hozzájuk kidolgozott technológiákkal [5,20].

Lehetséges azonban olyan módszer alkalmazása is, amely a fogfelületek „befeszülése” (nagy erők a fognormális irányában) miatt előálló többlet terhelések és veszteségek csökkentéséhez vezet. Ezt a lehetőséget [10] bemutatta. A műszaki megoldáshoz – részletezés nélkül – a következő gondolatsoron át juthatunk el. Tegyük fel, hogy **a csiga hajt**. A kerékről levehető teljesítmény alapján a **hatásfok**:

$$\eta = \frac{F_2 v_2}{F_2 v_2 + \mu F_n v_{12}} \quad (9)$$

Ahol:

$F_2$  – kerületi erő a keréken,

$v_2$  – kerületi sebesség a keréken,

$\mu F_n$  – súrlódó erő,

$\mu F_n v_{12}$  – teljesítmény veszteség,

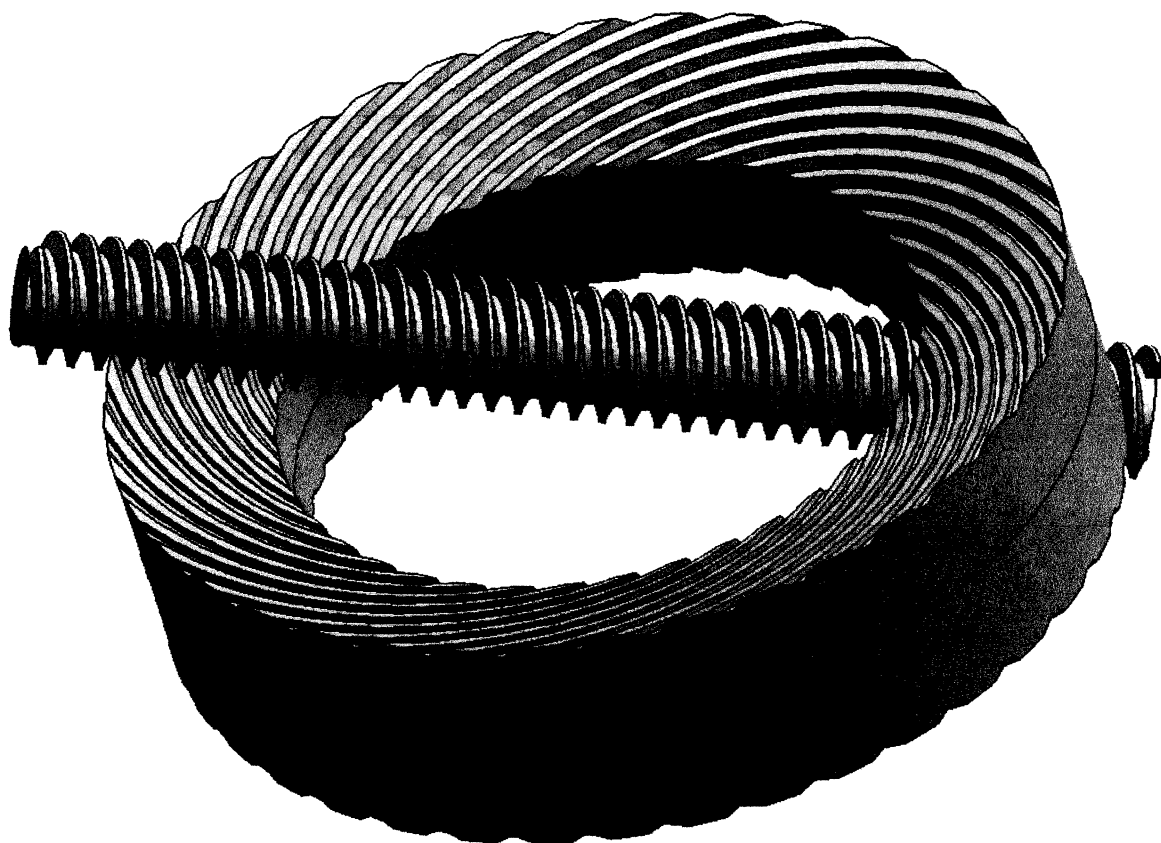
$F_n = F_2 / \cos \alpha_n \cdot \cos \beta_2$  – normális erő

$v_n = v_2 \cdot \cos \beta_2$  – normális irányába eső sebesség komponens.

A számításokat derékszögű csigahajtással összevetve, 5-6 %-os **hatásfok javulást várhatunk**. A hidrodinamikai kenés kialakulásának természetesen ekkor is nagy jelentősége van, vagyis a javulás inkább a normális irányú erők jelentősebb csökkenésére vonatkozik.

### 1.4. Térbeli hajtások geometriai méretezése

Bármely térbeli hajtás összes geometriai jellegű adatát **hat kiindulási adat egyértelműen meghatározza** [10]. Ezek közül **három alapadat** tengelytávolság ( $a$ ), tengelyszög ( $\Sigma$ ), és a hajtás áttétele ( $z_2/z_1 = i_{12}$ ). A **többi három** pedig ezektől és egymástól független geometriai paraméter lehet. A legváltozatosabb kombinációk fordulnak elő. Ezekben a kombinációkban lehet figyelembe venni bizonyos elméleti szempontokat, a technológiát, a gyártószerszámok adatait, stb. Egy-egy tervezési folyamatnál, algoritmusnál, ezeknek a szempontoknak a kialakítását nevezzük **tervezési stratégiának**. A csigahajtás RP modellje megjelenítése a 6. ábrán látható [18].

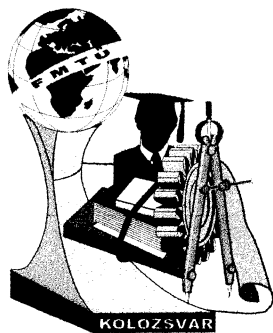


6. ábra A hajtás RP modellje

A hajtás geometriai RP modelljét a Gépgyártástechnológiai Tanszéken állítottuk elő. Ez a tengelyhelyzet különleges konstrukciós megoldásokat és alkalmazásokat eredményezhet [18].

### Összefoglalás

A fentiek alapján világosan látható, hogy a félkúpos csigahajtások geometriai méretezése a spiroïdra alapozva elvégezhető. A hatásfok és kenés vonatkozásában ezek a különleges csigahajtások adott esetben jó értéket adnak. Meg kell említeni, hogy az utóbbi években a hengeres íveltprofilú csigahajtásokkal [5] igen jó eredményeket értünk el. A hipoid hajtásokra [9, 10, 11] és a toroid [2] hajtásokra kitűnő eredmények adódtak. A félkúpos különleges hajtások egyesítik magukba a hidrodinamikai kenés szempontjából kedvező érintkezési karakterisztikát és jó hatásfokot. Véleményünk szerint e különleges hajtásokra a jövőben jelentős alkalmazás várható.



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## FELÜLETEN BEVONT SZERSZÁMOK ALKALMAZÁSA A KÉPLÉKENYALAKÍTÁSBAN

Végyári Ferenc

### Abstract

Surface coating technologies of tools were characterised by a great progress in the last two decades. Nowadays different kind of multi-component nanocomposites are used as surface coating materials to increase the service life of cutting-, and metalworking tools. Based on data from related literature – that are proved by our examinations too - we can state that the value of coefficient of friction of these coatings is high, which results in an increased value of friction forces during deformation. Our paper presents the influence of the increasing friction forces on deformability, and shows cases when there is possible to make use from this unfavorable effect.

### Összefoglalás

Az elmúlt húsz évben jelentős fejlődésen ment át a szerszámok felületi bevonatolási technológiája. Ma már a legkülönbözőbb egy és több komponensekből álló nanokompozit bevonatokat alkalmaznak a forgácsoló és képlékenyalakító szerszámok élettartamának növelésére. Irodalmi adatok alapján ezek a bevonatok jelentősen nagy súrlódási tényezővel rendelkeznek –amit a saját méréseink is igazolnak- és ennek következtében megnövekednek az alakítás közben fellépő súrlódó erők. Publikációban rámutatunk arra, hogy a súrlódó erő növekedése hogyan befolyásolja az alakíthatóságot, illetve milyen esetben lehet ezt a kedvezőtlen jelenséget előnyösen kihasználni.

### 1. Bevezetés

Az 1960-as években kezdett elterjedni a szerszámok élettartamának növelésére a felületi bevonatolási technológia alkalmazásával. Kezdetben forgácsolószerszámokon alkalmaztak TiN bevonatot, amely jelentősen megnövelte a szerszám élettartamát. Ma már széles körben alkalmaznak egy és több komponensből álló nanokompozit bevonatokat, amelyek lényegesen javítják a szerszámok élettartamát, felhasználhatóságát. A korábban elsősorban csak forgácsoló szerszámok felületén alkalmazott bevonatok egyre növekvő mértékben tértek hódítanak a képlékenyalakító szerszámok területén is.

## 2. Az alkalmazott bevonatok fajtái, jellemzői

A bevonatok készítésére a fizikai típusú PVD (Physical Vapor Deposition) terjedt el széles körben. A különböző gyártó cégek általában plazma rásegítéses magnetron porlasztásos technológiával, számítógépes folyamatszabályozással és ellenőrzéssel ellátott berendezéseket fejlesztettek ki. A művelet hőmérséklete a felviendő réteg típusától függően 200 – 550 °C. A felvitt réteg megfelelő előkészítés után erősen tapadó 1-7 µm vastag, nagy keménységű

A leggyakrabban alkalmazott bevonatokat és jellemzőiket az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

Bevonat típusa	Jellemző színe	Keménység	Súrlódási tényező	Max. alkalmazási hőmérséklet [°C]
TiN	arany	2400	0,55	500
TiAlN	bordó fekete	3500	0,5	800
TiCN	kékes	3300	0,2	500
Ti <sub>2</sub> N	ezüst	2500	0,45	600
CrN	szürke ezüst	2500	0,3	700
AlTiN	fekete	3800	0,7	900
STiN	arany	2800	0,4	500
ZrN	fehér arany	2600	0,5	550
AlCrN	világos szürke	3200	0,4	1000
TiAlCN	világos bordó	2800	0,25	500
MOVIC* (MoS <sub>2</sub> )	zöld szürke	---	0,15	400
STARVIC*	zöld szürke	3200	0,15	400

\*PLATIT technológia [1]

## 3. Szerszám anyagának kiválasztása

A fenti technológiákra alkalmazott szerszámok anyagául olyan acélok jöhetnek számba, amelyek kész szerszámként, önmaguk is nagy keménységgel kopásállósággal rendelkeznek. A nagy keménységre azért is szükség van, hogy a meglehetősen vékony rideg bevonatnak az alakítások során fellépő nagy felületi nyomások során kellő alátámasztást biztosítson. A bevonatolási technológia során az edzett,

## Irodalmi hivatkozások

- [1] Altmann, F.G.: *Bestimmung des Zahnflankeneingriffs bei allgemeinen Schraubgetrieben. VDI Forschung aus dem Gebiete des Ingenieurwesens*. Berlin, 1937. No. 3.
- [2] Bercsey T.: *Toroid hajtások elmélete*. Kandidátusi értekezés, Budapest, 1977.
- [3] Capelle, J.: *Théorie et calcul des engrenages hipoids*. Dunod, Paris, 19410.
- [4] Drahos, I.: *A Wildhaber-Novikov fogazás általánosítása forgási körgyűrű felülettel lefejtett fogfelületek esetére*. Kandidátusi disszertáció. Kézirat. Miskolc, 1964., p. 51.
- [5] Dudás I.: *Worm Gear Drives*. Penton Press, London, 2000.
- [6] Erikhov, M.L.: *Systematic principals, analysis methods and gearing scheme synthesis questions*. Diss. Doct. Techn. Sc. USSR, Leningrád, 1972., p. 458. (in Russian).
- [7] Goldfarb, V.: *Skew Axis Gearing Scheme Synthesis. International Conference on Motion and Powertransmission*. 1991. Hiroshima, Japan.
- [8] Hegyháti, J.: *Untersuchungen zur Anwendung von Spiroidgetrieben*. Diss. A. TU. Drezden, 1988., p. 121.
- [9] Lévai I.: *Hipoidhajtások tervezésének alapjai*. Egyetemi Kiadó, 1994.
- [10] Lévai I.: *Definition of the Loss Factor in the Relative Space of Torsion of Gear Trains having Skew Axes*. Publications of University of Miskolc. Series C. Mechanical Engineering. Volume 47. 1997.
- [11] Lévai I., Nándoriné Tóth M.: *Kapcsolási tengelyek, mint határértékek általános helyzetű csigahajtásnál*. GÉP, 2007/2.
- [12] Litvin, F.L.: *Gear Geometry and Applied Theory*. Prentice Hall, 1994.
- [13] Litvin, F.,L., Fuentes, A.: *Gear Geometry and applied Theory*. Cambridge University Press. p. 800.
- [14] Minkov, K.: *A new approach to basic geometry and classification of nonorthogonal gearing. Proceedings, International Power Transmission and Gearing Conference, Chicago, vol. 2, 1989., pp.: 593-598.*
- [15] Pay, E.: *Technological Experiments on the Grinding Process of Worm Gears, IMEC 96, Manufacturing Engineering: 2000 and Beyond, Connecticut, U.S.A., Aug. 1996. pp.189-191.*
- [16] Pay, G. L.: *Belső csigás hajtások PhD*. Disszertáció, Miskolc, 2001
- [17] Takahashi, K.: *Basic Relationships of Gear mesh with a Contact Line. International Conference on Motion and Power transmission*. 1991. Hiroshima. Japan.
- [18] „A gyártásgeometria és a kapcsolódás jellemzőinek komplex vizsgálata korszerű csigahajtások esetében” OTKA K 63377. A kutatás időtartama: 2006-2008. (Témavezető: Dudás I.)
- [19] Pállfy Károly, Prezenszky Tibor, Csibi Vencel, Antal Béla, Gyenge Csaba, Balogh Ferenc: *Fogazott alkatrészek tervezése, szerszámai és gyártása*, GLÓRIA Kiadó Kolozsvár, 1999 p 432.
- [20] Dudás I.: *Csigahajtások elmélete és gyártása, Műszaki Kiadó, Budapest, 2007, p335*



[21] Gyenge Cs.. *Duplex csigahajtások megmunkálásához szükséges lefejtőmarók pontosságának emelése*. Doktori disszertáció. I.P.C. Kolozsvár,1979.

**Prof. Dr. Dudás Illés**, egyetemi tanár  
Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Gépgyártástechnológiai Tanszék  
H-3515 Miskolc-Egyetemváros  
E-mail: [ggtydi@gold.uni-miskolc.hu](mailto:ggtydi@gold.uni-miskolc.hu)

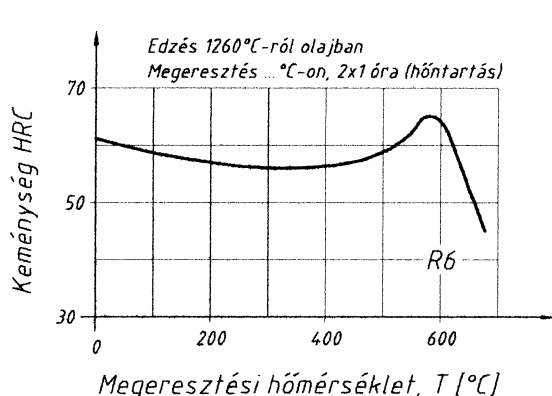
**Prof. Dr. Lévai Imre**, professzor emeritus  
Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék  
H-3515 Miskolc-Egyetemváros

megeresztett szerszám ismét felmelegszik 200 – 550°C-ra. A szerszám megeresztési hőmérsékletének ezen hőmérséklet felett kell lennie.

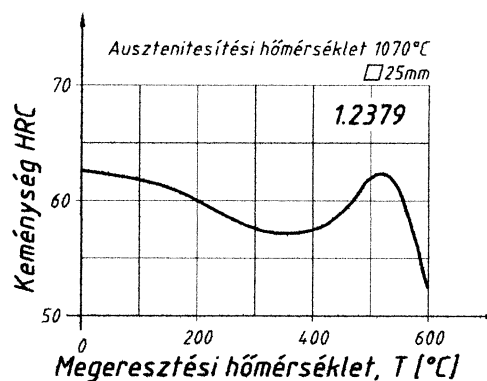
Alkalmazható anyagcsoportok:

- gyorsacélok;
- keményfémek;
- melegalakító szerszámacélok,
- hidegalakító szerszámacélok egyes típusai.

A fenti acélminőségek megeresztési hőmérséklete 500 - 580°C és a megeresztési keménység 62 – 66HRC (1. ábra).



a) HS 6-5-2

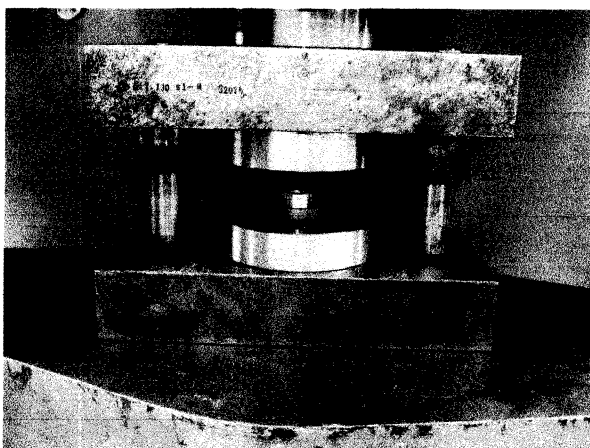


b) X155CrVMo12-1

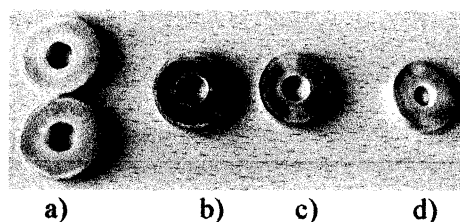
1. ábra. Az alkalmazható acélok megeresztési diagramjai

#### 4. Súrlódási tényező mérése gyűrűzömítő próbával

A súrlódási tényező vizsgálatával a Kecskeméti Főiskola GAMF Karán közel 25 éve foglalkozunk. Különböző mérési módszereket alkalmazunk a súrlódási tényező meghatározására. Egyik vizsgálati mód a gyűrűzömítő vizsgálat [2]. A vizsgálatok végzéséhez egy kétoszlopos zömítő szerszámot készítettünk (2. ábra). A szerszámban a zömítő betétek cserélhetők. Zömítendő anyagnak AlMgSi 1 ötvözött alumíniumot választottunk. A zömítést különböző magasságokig végeztük, a pontosabb eredmény meghatározása végett. A súrlódási tényezőket a zömített darabok geometriai méretei alapján nomogramokból határoztuk meg. A 3. ábrán bemutatjuk a különböző bevonatolt szerszámokkal zömített próbatesteket. A zömített gyűrűk belső átmérője függ a súrlódás mértékétől. Minél nagyobb a belső átmérő növekedése, annál kisebb a súrlódási tényező értéke. A mérési eredményeket a 2. táblázatban foglaltuk össze.



2. ábra Zömítő szerszám



- a) köszörült, bevonat nélküli
- b) TiN bevonat
- c) TiCN bevonat
- d) TiAlN bevonat

3. ábra Zömített próbák

2. táblázat

Bevonat fajtája	Kenés nélkül	Olajjal kenve
Bevonat nélküli, köszörült	0,16 – 0,2	0,11 – 0,13
TiAlN bevonat	0,44 – 0,5	0,1 – 0,16
TiN bevonat	0,15 – 0,21	0,1 – 0,14
TiCN bevonat	0,15 – 0,25	0,11 – 0,15

## 5. Súrlódás hatása a redukálás paramétereire

A térfogatalakító technológiák közül vizsgáljuk a redukálást. A redukálás vázlatát a 4. ábrán mutatjuk be. A redukálás erőszükséglete az (1) összefüggéssel határozhatjuk meg, amelyben a redukált nyomást a (2) egyenlet írja le.

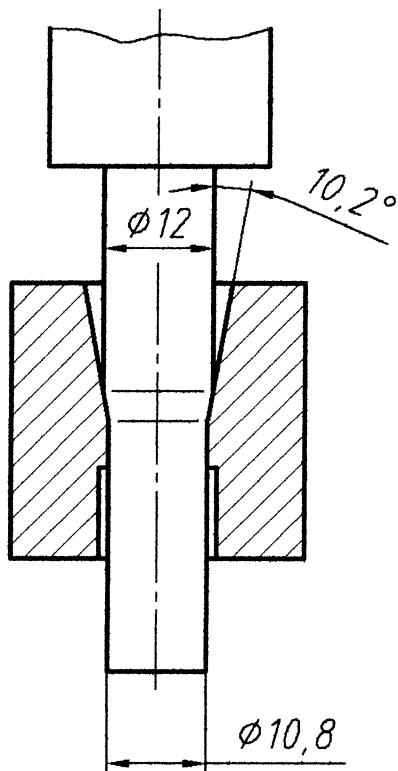
$$F_{red.} = p_{red.} \cdot A_0 \quad (1)$$

$$p_{red.} = k_{fköz.} \cdot \varphi_{\hat{\alpha}} \cdot \left( 1 + \frac{\mu}{\hat{\alpha}} + \frac{2}{3} \cdot \frac{\hat{\alpha}}{\varphi_{\hat{\alpha}}} \right) \quad (2)$$

Redukálásra meghatározható az optimális redukálási félkúpszög a (3) összefüggés szerint. Mint az összefüggésekből is látható, a redukálás erőszükségletét és az optimális redukálási félkúpszöget is befolyásolja a súrlódási tényező nagysága.

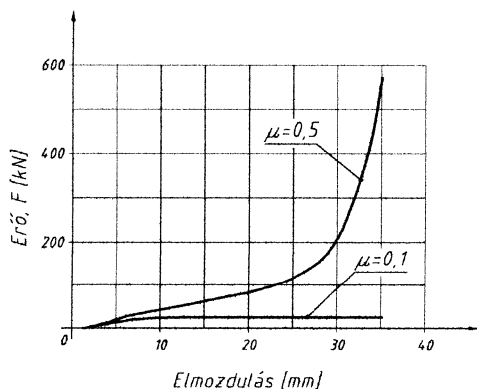
$$\hat{\alpha}_{opt.} = \sqrt{\frac{3}{2} \cdot \mu \cdot \varphi_{\hat{\alpha}}} \quad (3)$$

A 4. ábra adatai alapján meghatároztuk a félkúpszög függvényében a redukálás erőszükségletét különböző súrlódási tényezőket feltételezve. A redukálandó anyag X12CrNi 18 9 ausztenites acél. A számítások eredményeit az 5. ábrában mutatjuk be. Mint az ábrából is látható a súrlódási tényező értékét  $\mu=0,1$  értékről  $\mu=0,6$  értékre növelve az optimális félkúpszöget is figyelembe véve a redukálás erőszükséglete majdnem megduplázódik. Még rosszabb a helyzet, ha elkészítünk egy redukáló

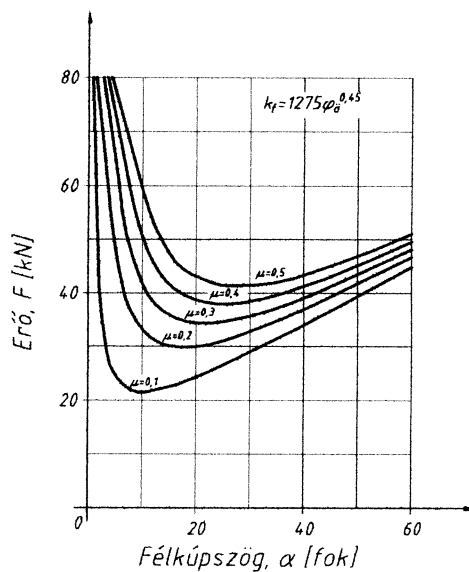


4. ábra Redukálás vázlatja

szerszámot a felületbevonás nélkül korábban alkalmazott optimális félkúpszöggel ( $\mu=0,1$  súrlódási tényezőt feltételezve  $\alpha=10,2^\circ$ ), majd a szerszám élettartamának növelése végett bevonatoltatjuk egy nagy kopásállóságot biztosító TiAlN réteggel. Ebben az esetben a redukálás erőszükséglete lényegesen megnő (6. ábra). A redukáló erő ilyen mértékű megnövekedése megnöveli a redukálendő keresztmetszetben ébredő feszültséget és a szerszám előtti bezömülést okozhatja. A példát a Q-form programmal modellezve az eredményét a 7. és 8 ábrán mutatjuk be.

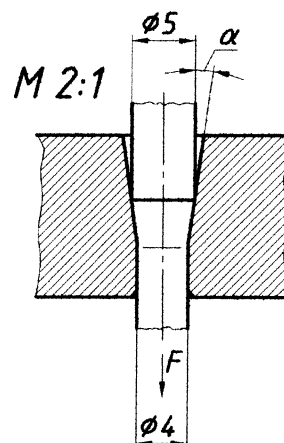


6. ábra A redukáló erő változása különböző súrlódási tényező esetén

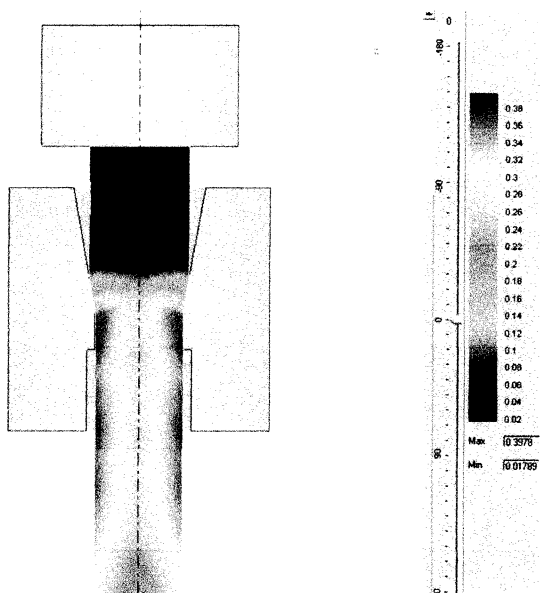


5. ábra A redukáló erő változása a félkúpszög és súrlódási tényező függvényében

Hasonló a helyzet a rúd-, vagy dróthúzásnál is (9. ábra). Ebben az esetben az „F” húzóerő növekszik meg jelentősen, ami csökkenti az egy húzási lépcsőben elérhető alakítás mértékét. Ezeknél a technológiáknál előre el kell dönteni, hogy milyen bevonatolást szeretnénk alkalmazni a szerszám kopásállóságának növelésére, és ennek függvényében kell megválasztani az optimális félkúpszöget, hogy a húzóerő növekedése a bevonatolás miatt a lehető legkisebb legyen.

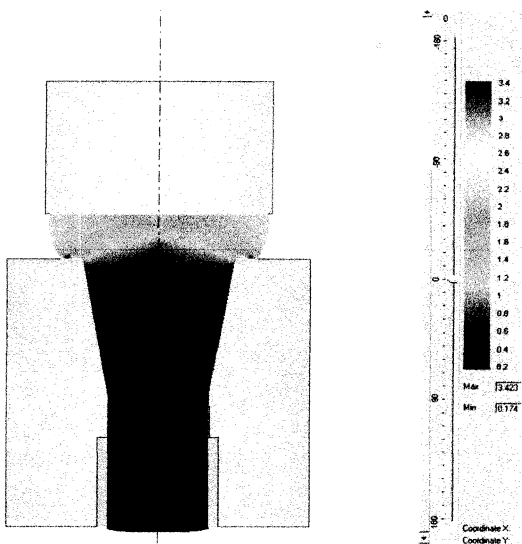


9. ábra Rúdhúzás vázlatja



A redukálás paraméterei	
Anyagminőség	X12CrNi 18 9 ausztenites acél
Redukálendő átmérő	Ø12
Redukált átmérő	Ø10,8
Alakítási szilárdság lágyított	220N/mm <sup>2</sup>
Keményedési görbe	$k_f=1275*\varphi_0^{0,45}$
Redukálás hőmérséklete	20 °C
Súrlódási tényező	0,1
Optimális félkúpszög	10,2°

7. ábra A redukálás modellezése  $\mu=0,1$



A redukálás paraméterei	
Anyagminőség	X12CrNi 18 9 ausztenites acél
Redukálendő átmérő	Ø12
Redukált átmérő	Ø10,8
Alakítási szilárdság lágyított	220N/mm <sup>2</sup>
Keményedési görbe	$k_f=1275*\varphi_0^{0,45}$
Redukálás hőmérséklete	20 °C
Súrlódási tényező	0,5
Optimális félkúpszög	22,8°

8. ábra A redukálás modellezése  $\mu=0,5$

Mélyhúzás esetén a mélyhúzás erőszükségletét Geleji szerint a (4, 5) összefüggésekkel határozzuk meg

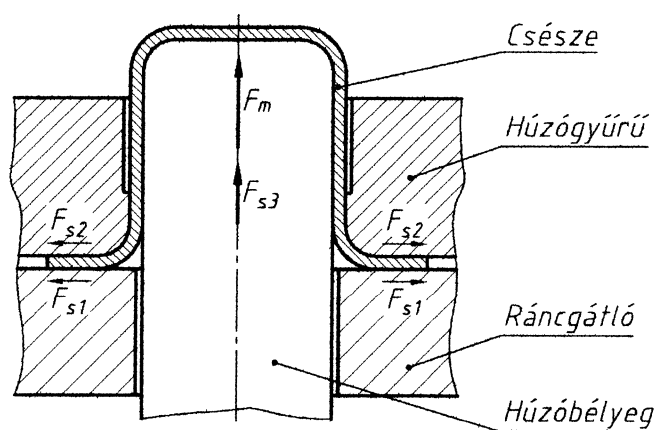
$$F_m = \left[ k_k \cdot (D_0 - d_b) \pi \cdot s_0 + 0,03 \cdot \frac{d_b}{2} \cdot s_0 k_{fk} + 2\mu F_r \right] e^{\frac{\mu \pi}{2}} + \frac{k_{fk} \cdot d_b \cdot \pi \cdot s_0^2}{4 \left( r_m + \frac{s_0}{2} \right)} \left( 1 + e^{\frac{\mu \pi}{2}} \right) \quad (4)$$

ahol:

$$k_k = \frac{k_{fk}}{1 + \frac{D_0 - d_b}{2d_b}} \quad (5)$$

Mélyhúzásnál a teríték ráncgátló alatti részén, annak két oldalán hatnak a súrlódó erők, amikor a bélyeg kihúzza a lemezt a mélyhúzó gyűrű és a ráncgátló közül. Ugyancsak jelentős a súrlódás hatása a húzógyűrű lekerekített húzóélén. Ez úgy tekinthető mint a kötelsúrlódás. Mind a ráncgátló alatt mind a húzóélén fellépő súrlódás növeli a lemezben ébredő húzófeszültséget. Ezért ezeken a részeken kedvezőtlen, ha a bevonat a súrlódó erők növekedését okozza.

A húzóbélyeg felületén fellépő súrlódás viszont akadályozza a lemez elmozdulását a bélyegfelülethez képest. Ezek a súrlódó erők csökkentik a lemez húzóigénybevételét. Így elértük, hogy kísérleteink során [3] a lemezanyag szakító szilárdságából számítható ún. fenékeszakító erőnél nagyobb erővel is elvégezhető volt a mélyhúzás, egyben az egy műveletben elérhető átmérőviszony nagyobb volt (10. ábra).



10. ábra Mélyhúzásnál fellépő súrlódó erők

## 6. Összefoglalás

A bevonatolt szerszámok képlékenyalakítás területén való felhasználása során az alábbiak állapíthatók meg.

- A vizsgált bevonatok esetén méréseink is igazolták, hogy a bevonatolt felületek nagyobb súrlódási tényezővel rendelkeznek.

- A bevonatolás okozta súrlódási erő növekedés az egy alakító műveleten belül lehet hátrányos és előnyös is.

- Kúpos üregben történő alakításnál (pl.: redukálásnál) a bevonatolás befolyásolja a redukáló gyűrű optimális félkúpszögét.

- Lemezek mélyhúzásánál a húzóbélyeg felületén fellépő nagyobb súrlódást okozó bevonat kifejezetten hasznos. A bélyeg felületének érdesítése ugyanígy hat, de ronthatja a mélyhúzott darab belső felületének minőségét.

Kutatások folynak olyan bevonatolt rétegek kialakítására (pl. MoS<sub>2</sub> rétegbe való beépítésével) amelynek célja a kopásállóság mellett a kis súrlódási tényező elérése, így a siklási tulajdonságok javítása. Kísérleti jelleggel sikerült már előállítani gyorsacélon  $\mu=0.04$  súrlódási tényezővel rendelkező réteget.

### Irodalom

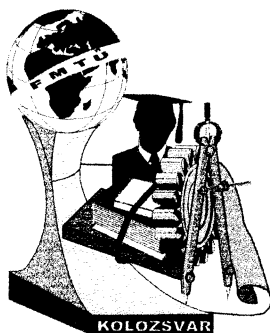
- [1] Pannon PLATIT bevonat tájoló [www.pannonplatit.com](http://www.pannonplatit.com)
- [2] M. Burgdorf: Über die Ermittlung des Reibwertes für Verfahren der Massivumformung durch den Ringstauversuch. Industrie – Anzeiger Werkzeugmaschine und Fertigungstechnik Verlag W. Girardet Essen, 16. Mai 1967
- [3]. J. Danyi, F. Végvári: The role of friction and lubrication in sheet metal forming processes with flexible tool-elements. Annals of MteM for 2001 & Proceedings of the 5<sup>TH</sup> International MteM Symposium, 4<sup>TH</sup>-6<sup>TH</sup> october 2001, Cluj Napoca Romania p. 157-158.

### KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Köszönöm a segítséget a Vákuum Hőkezelő Kft-nek, akik a szerszámok vákuumedzését végezték, illetve a TS Magyarország Kft-nek, akik a szerszámok felületi bevonatolásával segítették munkámat.



Dr. Végvári Ferenc főiskolai tanár  
 Kecskeméti Főiskola GAMF Kar  
 Fém- és Műanyagfeldolgozó Technológiai Intézet,  
 Mechanikai Technológiai Szakcsoport  
 Magyarország, Kecskemét, Izsáki út 10  
 Tel: +36 76 516 373, Fax: +36 76 516 396  
 E-mail: [vegvari.ferenc@gamf.kefo.hu](mailto:vegvari.ferenc@gamf.kefo.hu)



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## MŰSZAKI MŰANYAG KOMPOZITOK FEJLESZTÉSE

Andó Mátyás, Kalácska Gábor, Czigány Tibor

### Abstract

Cast polyamide 6 engineering plastic material is often used at many places of technical activity. This unique and strategic polymer has been being developed for special applications, too. At our research programme we focus on four main areas: improved tribological behaviour, electrically antistatic, fire-safe, and mechanically improved by nano carbon tubes versions. The compositions of additives are followed by many casting technological research steps. At this article we introduce the potential additive materials and different points of selection and composition aspects. (INNOCSEKK, GVOP 3.3. OTKA NI 62729)

### Összefoglalás

A műszaki élet számos területén már használt poliamid 6-ot (PA6) folyamatosan fejlesztik, hogy speciális területeken is megjelenhessen. A magnézium katalizálású PA6-nak négy fő fejlesztési irányvonalát jelöltük ki: 1. javított tribológiai tulajdonság, 2. antisztatikus tulajdonság, 3. égésállóság fejlesztése, 4. szén nanocsövekkel javított mechanikai tulajdonságok. A megfelelő adalékanyagok kiválasztása után a kísérleti öntések következnek. Az elvégzett anyagvizsgálatok eredményei alapján fejlesztjük ki az adalékok pontos receptúráját és a hozzá tartozó öntéstechnológiát. A cikkben bemutatjuk a felhasználható adalékanyagokat, és a kiválasztás szempontjait.

### 1. Bevezetés

A magnézium katalizálású poliamid 6 (PA6) gyártástechnológiáját az 1990-es években dolgozták ki Magyarországon. A fejlesztési folyamat következő lépése, hogy olyan speciális tulajdonságú műanyagokat tudjunk előállítani, mely piaci alapokon ki tudja elégíteni a különleges igényeket is. Így a fejlesztési irányvonal a mezőgazdasági igények felé fordult. Ezen a területen jellemző kihívás az anyagokkal szemben a jobb kopásállóság, mely hosszabb élettartamot jelent, vagyis egyik fejlesztési terület a javított tribológiai tulajdonságokkal rendelkező műanyagok létrehozása. A különböző gabonák mozgatása, tárolása során por keletkezhet, mely robbanásveszélyes közeget hozhat létre, így az antisztatikus tulajdonságú műanyagokra is igény van. Az égésgátolt műanyagok a mezőgazdaság azon területén használhatóak, melynél a tűzveszélyesség miatt követelmény a fokozottan tűzálló anyagok használata. Az általános használatot a mechanikai tulajdonságok javításával lehet elérni, például szén nanocsövek adalékolásával.

### 2. Adalékanyagok

A tribológiai tulajdonságok javítására a következő anyagokat általánosan használják: grafit, szilícium-dioxid, politetrafluor-etilén, polietilén, molibdén-diszulfid, ólom, olajok, ásványi olajok, foszfátok, kalcium-szilikát (kalcium-metaszilikát), viaszok, fémporok, szilikon. A poliamidoknak kent (nedves)



közegben súrlódási tényezőjük igen alacsony, akár a PTFE-nél (közismert neve a teflon) is jobb. Száraz körülmények között, amikor csúszás és tapadás során erős felületi adhézió is felléphet, a súrlódási tényező értéke igen magas lehet. Az üzembiztonság érdekében szükséges olyan adalékanyagok használata, mely száraz körülmények között is csökkentik a súrlódási tényezőt. A molibdén-diszulfidot ( $\text{MoS}_2$ ), és a PTFE-t régóta használják a műanyagiparban ilyen jellegű adalékként. A grafít és a  $\text{MoS}_2$  szilárd kenőanyagok, melyeknek használata csökkenti a szívósságot, és a szilárdságot is [2].

A műanyagiparban számtalan adalékanyagot használnak arra a célra, hogy az alapmátrix elektonvezető képességét növeljék, ilyen anyagok [3]: korom, grafit, szénszál, porok, vezetőképességű pelyhek-, lemezek-, szálak, fémbevonatú grafit-, üvegszálak, fémbevonatú üveggyöngyök. Az ilyen anyagok használata esetén azonban csak akkor érünk el tulajdonság változást, ha egy bizonyos koncentrációnál több adalékanyagot használunk, mert ekkor folytonos vezetőképességű szerkezetet tudnak kialakítani az anyagban. A feltöltődés elkerülésének másik módja, hogy antisztatikumot használnak, ekkor az alapmátrixhoz keverik az adalékot, ami tartós védelmet nyújt a feltöltődés ellen, de a polimer nem lesz vezetőképességű. A különböző grafitporokat viszonylag könnyen és eredményesen lehet használni, azonban ezek az adalékok is rontják a mechanikai tulajdonságokat [4]. A szén származékok közül használják még a habosított grafitot, a kormot és a szén nanocsöveket is; utóbbit már mesterkeverékben is forgalomba hozták célzott felhasználási területre [5].

A műanyagok égésállóságának növelése alapvető cél, melyhez a következő adalékokat elterjedten használják: krómozott vegyületek, brómozott vegyületek, kristályvizet tartalmazó anyagok, alumínium-hidroxid, magnézium-hidroxid, kocsos felhabosodó védőréteget képező anyagok. Az égésgátlás egyik új anyaga a montmorillonit, melynek hatására az égés során tapasztalható hőfejlődés jelentősen megváltozik. Akár egy százalék montmorillonit hatására a csúcsérték jelentősen csökken, ennek köszönhetően az égés időben elhúzódik. Emellett a montmorillonit jelentősen csökkenti a kompozit nyúlását, az alapanyagéhoz képest akár több mint egy nagyságrenddel [1].

A szén nanocsövek szerkezete igen jellegzetes, gyakorlatilag egy tökéletes hengerré tekert, egyetlen atomvastagságú grafitréteg. Problémát jelent, hogy a szén nanocsöveknek nagy az aggregációs hajlama, így az alapmátrixban csoportokba ágyazódnak be, ennek hatására nem érvényesülnek kiváló mechanikai tulajdonságaik, ráadásul még feszültséggyűjtő helyeket is képeznek. Ennél az adalékanyagnál az eloszlási probléma így fokozottan jelentkezik.

### **3. Anyagkiválasztás**

Az első öntési sorozat elvégzése után több mint 100 fajta minta állt rendelkezésünkre. A fejlesztés további lépéseként a minták egy jelentős részét ki lehetett zárni, mert szabad szemmel látni lehetett a kiválásokat. A maradék 61 fajta mintán a következő vizsgálatokat végeztük el: szakítóvizsgálat, Charpy-féle ütővizsgálat, tribológiai vizsgálatok, elektromos vizsgálatok.

Az anyagfejlesztés egyik alapelve, hogy az adalékolás nem csökkentheti jelentősen a mechanikai tulajdonságokat. Vagyis a minták közül kiválasztjuk azokat, melyek mechanikai szempontból értékesek, majd vizsgáljuk, hogy mennyire hatásos volt az adalékolás a saját nemében (például mennyire növelte a kopásállóságot). Így a következő szempontok szerint választhatóak ki az ígéretes anyagok:

- legnagyobb szakítószilárdsággal rendelkező minták;
- legnagyobb nyúlással rendelkező minták;
- legnagyobb ütőmunkával rendelkező minták;
- arányosan jó mechanikai tulajdonságokkal rendelkező minták.

Az első táblázat tartalmazza a fejlesztési alapanyag mechanikai tulajdonságait.

*1. táblázat DOCAMID 6G-H alapmátrix tulajdonságai [6]*

Húzószilárdság	85 MPa	Rugalmassági modulus	3300 MPa
Szakadási nyúlás	60%	Ütésállóság (Charpy)	>8 kJ/m <sup>2</sup>

A kísérleti öntések során a minták közül az öt legnagyobb szakítószilárdsága 75-85 MPa között volt. Ezek az értékek jónak mondhatóak, mert az adalékok ellenére csak kis mértékben csökkentek a szakítószilárdságok, azonban speciális tulajdonságokat kaptak. Ezekben a mintákban PTFE és grafit adalékok találhatóak, melyek főként a tribológiai és antisztatikus tulajdonságokat befolyásolják. A legtöbb minta szakítószilárdsága 40-60 MPa-ra csökkent ami 30-50%-os csökkenést jelent. Az ilyen arányú csökkenés azonban már jelentősen csökkentheti a felhasználhatóságot.

A szakadási nyúlás a műanyagoknál igen fontos tulajdonság, ugyanis a műanyagok szívósságát jól szimbolizálja az alakváltozási képesség is az ütőmunka mellett. A minták mérési eredményei között szerepelnek igen kis- (1%), és igen nagy (200% felett) nyúlások. Az alapanyaghoz képest négy mintának nagyobb a szakadási nyúlása. Két mintának a nyúlása 70-80% között van, ahol a fő adalékanyag MoS<sub>2</sub>, vagyis a tribológiai tulajdonságaik javítása a cél. Két minta szakadási nyúlása 180% felett van, ami igen nagynak mondható a poliamidokhoz képest.

Az ütőmunka értékek is igen széles tartományt ölelnek fel 2000-12000 J/m<sup>2</sup>. 8000 J/m<sup>2</sup>-nél nagyobb értéket 7 mintánál mértünk. 4 minta 8000-9000 J/m<sup>2</sup> között volt, ezek közül háromnak PTFE, egynek viasz tartalma volt. Ezeknél a mintáknál is a tribológiai tulajdonságok javítása volt a cél. A PTHF (politetra-hidrofurán) adalékot mechanikai tulajdonságok javítására használtuk a szakirodalmi tapasztalatok alapján, és ennek köszönhetően két mintának is 11000 J/m<sup>2</sup> fölött volt a fajlagos ütőmunka értéke.

A fajlagos mérési eredményeket (alapanyaghoz viszonyítva) összeszorozva, a legnagyobb értékeket a PTHF, MoS<sub>2</sub> minták kapták. Egy speciális PTFE-garfit keverék is viszonylag nagy értéket kapott. Általánosságban elmondható hogy a minták 75%-ának a szorzat értéke 0,1 alatt van (gyári mintának 1), vagyis a minták nagy többsége jelentősen veszít a jó mechanikai tulajdonságaiból. Ez az alacsony érték nem meglepő a szakirodalmi források tükrében.

## 6. Összefoglaló

Az első öntési sorozat alapján ki tudjuk választani azokat a mintákat, amelyek a legjobban szerepeltek a célzott tulajdonságok szempontjából, továbbá a mechanikai tulajdonságuk sem csökkent jelentősen. Az adalékolás miatt a mechanikai tulajdonságok általában erőteljesen változnak. Ha azonban a minták elsődleges feltételeként bizonyos mechanikai tulajdonságok túrésen belüli megőrzését prioritásként kezeljük, akkor ki lehet választani azokat az anyagokat, amelyekkel a speciális tulajdonságokon túl az általános mechanikai használhatóság megmarad. Megállapítottuk, hogy a magnézium katalizálású PA6-hoz adalékanyagként MoS<sub>2</sub> és a PTHF mindenképpen használható. Bizonyos feltételek mellett a PTFE és a grafit és szén nanocső sem okoz túl nagy csökkenést az alapanyag mechanikai tulajdonságaiban. A további kutatási feladatunk az adalékok pontos arányának definiálása az öntéstechnológiai lépések optimalizálása mellett. Ennek köszönhetően a végtermékek olyan kompozit fejlesztést eredményeznek a korábbi vegyipari termékekkel ellentétben, ahol a speciális igényeknek való megfelelés nem jelenti az alaptulajdonságok – és felhasználhatóság – szignifikáns változását, hanem valóban műszaki fejlesztésként a felhasználhatóság kiterjesztését jelenti a súrlódó és mechanikailag terhelt rendszerekben.

## Irodalom

- [1] Chow, W., S., Mohd Ishak, Z., A.,: *Mechanical, morphological and rheological properties of polyamide 6/organo-montmorillonite nanocomposites*, eXPRESS Polymer Letters, 1 (2), 2007, 77–83 oldal.
- [2] Jaklewicz, M., és mások: *Friction and scratch resistance of polyamide 6 modified with ionomeric ethylene/methacrylic acid copolymer*, Journal of Applied Polymer Science, 91 (6), 2004, 3866-3870 oldal.
- [3] Kalácska, G., (szerk.): *Műszaki polimerek és kompozitok a gépészmérnöki gyakorlatban*, 3C-Grafika Kft., Gödöllő 2007, 235-236 oldal.
- [4] Novák, I., Krupa, I.,: *Electro-conductive resins filled with graphite for casting applications*, European Polymer Journal, 40 (7), 2004, 1417-1422 oldal.
- [5] Pásztor, M., Orbán, S.,: *Fénystabilizálás, színezés, antisztatizálás, antibakteriális adalékok*, Műanyagipari Szemle, 3 (2), 2006, 13-19 oldal.
- [6] Quattroplast Kft., „Anyagjellemzők”, 2008, [www.quattroplast.hu/anyagjellemzok.php](http://www.quattroplast.hu/anyagjellemzok.php).

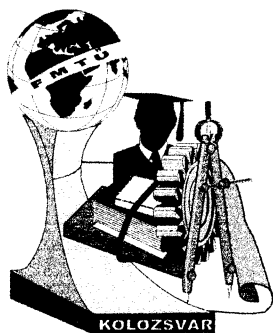
**Andó Mátyás**, Ph.D hallgató

Munkahely: Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Gépipari Technológiai Intézet

Cím: 2100, Magyarország, Gödöllő, Páter K. út 1.

Telefon / Fax: +36-28-522-949

E-mail: [Ando.Matyas@gek.szie.hu](mailto:Ando.Matyas@gek.szie.hu)



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## FELÜLETKEZELÉSI ELJÁRÁSOK TÖBB SZEMPONTÚ RENDSZEREZÉSE

Bagyinszki Gyula, Bitay Enikő

### Abstract

Surface treatments belong to the most important property-modification and composite-forming techniques carried out for many years, almost since the beginning of the 20th century. In this paper we give a survey and a classification of the surface treating methods, in order to help the selection of the proper combinations of materials and processes.

### Összefoglalás

A felületkezelés az egyik legfontosabb tulajdonságmódosító, illetve kompozitképző anyagtechnológia. Napjainkban már az eljárások igen széles köre alkalmazható. Jelen cikk több szempontú rendszerező áttekintését tűzte ki célul, segítve a megfelelő eljárás kiválasztását.

### 1. Bevezető

Napjaink ipari-technológiai gyakorlatában egyre fontosabb az anyag- és energiatakarékos gyártást elősegítő technológiák alkalmazása, a technológiai műveletek, az üzemi igénybevételek ill. a speciális követelmények szempontjából még éppen szükséges minimális munkadarab térfogatra korlátozva. E koncepciónak általában megfelelnek a felületkezelő eljárások, melyekkel károsodásállóságot (pl. kopásállóságot, megeresztésállóságot, korrózióállóságot) javító felületi kérgék, rétegek hozhatók létre az egyébként - más követelmény vagy előírás hiányában - olcsóbb, könnyebben megmunkálható, szívósabb alapanyagon (alaptesten). A felületkezelés révén tehát a helyi (lokális) igénybevételekhez, követelményekhez igazítható(k) a munkadarabok arra kijelölt tartománya(i), általában az alapanyag (alaptest) nagyobb tömegének jelentősebb szerkezet- és tulajdonságváltoztatása nélkül.

Kezelés előtt vagy közben az alapanyag felületére kerülő idegen anyag		nincs → összetételváltozás nélküli kezelés		van → összetételváltozós kezelés	
		kezeletlen felület		kezelés utáni felület	
Kezelés során az alapanyag felületén várhatóan fellépő maximális hőmérséklet az alapanyag olvadáspontjánál	Kiseb → felületváltozás nélküli kezelés	alakítási keményedésen és/vagy maradó nyomóerősültségek kialakulásán alapuló eljárások	felületkezelés	fizikai hatásokon és/vagy adhéziós kapcsolódáson alapuló eljárások	<ul style="list-style-type: none"> <li>védőbevonatok <ul style="list-style-type: none"> <li>ragasztás</li> <li>festés</li> <li>zománcozás</li> <li>kémiai fémleválasztás</li> <li>galvanizálás</li> </ul> </li> <li>termikus szórás <ul style="list-style-type: none"> <li>lángszórás</li> <li>ívszórás</li> <li>plazmaszórás</li> <li>lézerszórás</li> <li>robbantós szórás</li> </ul> </li> <li>plattírozás <ul style="list-style-type: none"> <li>húzásos plattírozás</li> <li>folytásos plattírozás</li> <li>hengerlése plattírozás</li> <li>robbantós plattírozás</li> <li>dörzsplattírozás</li> </ul> </li> <li>fizikai gőzfázisú bevonás <ul style="list-style-type: none"> <li>vákuumgőzölés</li> <li>katódporlasztás</li> <li>ionsugaras bevonatolás</li> <li>ionsugaras leválasztás</li> </ul> </li> </ul>
		allotrop átalakuláson és/vagy nemegyensúlyi szövetszerkezet létrejöttén alapuló eljárások	felületkezelés	kémiai átalakulásokon és/vagy diffúziós folyamatokon alapuló eljárások	<ul style="list-style-type: none"> <li>kémiai gőzfázisú bevonás <ul style="list-style-type: none"> <li>hagyományos CVD</li> <li>kombinált CVD</li> <li>kémiai szórás</li> <li>reaktív kémiai szórás</li> </ul> </li> <li>passzíválás <ul style="list-style-type: none"> <li>ionimplantáció</li> <li>kémiai oxidálás</li> <li>anódos oxidálás</li> <li>vegyületréteg kialakítás</li> <li>fém színezés</li> </ul> </li> <li>ötöződusztítás <ul style="list-style-type: none"> <li>porközegben</li> <li>sóoldatokban</li> <li>gáz közegben</li> </ul> </li> <li>felületi ráolvasztás <ul style="list-style-type: none"> <li>bemártással</li> <li>hőkezeléssel</li> <li>lánggal</li> <li>plazmával</li> <li>elektronsugárral</li> <li>lézerrel</li> </ul> </li> </ul>
		nagyobb → felületváltozós kezelés	gyors dermedésen és/vagy kristályosodási mikroszerkezet finomodásán alapuló eljárások	felületi átölvásztás	metallurgiai reakciókon és/vagy kohéziós kötésen alapuló eljárások
	felolvasztó hegesztés	gázhegesztéssel			

1. ábra Felületkezelési eljárások felosztása

## 2. Felületkezelési eljárások rendszere

A felületkezelési eljárások egy lehetséges felosztási rendszerét az **1. ábra** szemlélteti. Ezen felosztás alapja az, hogy a kezelendő tárgy felületén várhatóan fellépő maximális hőmérséklet meghaladja-e a tárgy anyagának olvadáspontját vagy sem, ill. idegen anyag (hozaganyag) rákerül-e az alapanyag felületére vagy sem. Ezek szerint beszélhetünk felületolvadásos vagy felületolvadás nélküli, ill. összetételváltozásos vagy összetételváltozás nélküli felületkezelésről. A további rendezőelv a kezelésre jellemző anyagtudományi jelenség (folyamat) és az idegenanyag kötődési mód: alakítási keményedés és/vagy maradó nyomófeszültség kialakulása; allotróp átalakulás és/vagy nemegyensúlyi szövetszerkezet létrejötte; gyors dermedés és/vagy kristályosodási mikroszerkezet finomodás; ill. fizikai hatások és/vagy adhéziós kapcsolódás; kémiai átalakulások és/vagy diffúziós folyamat; valamint a metallurgiai reakciók és/vagy kohéziós kötés. A felületolvadásos kezeléseken belül a felületi átolvasztás a felolvasztó hegesztéssel, a felületötvözés a felrakó hegesztéssel rokon alapokon nyugszik, ill. azokat hasonló célból alkalmazzák.

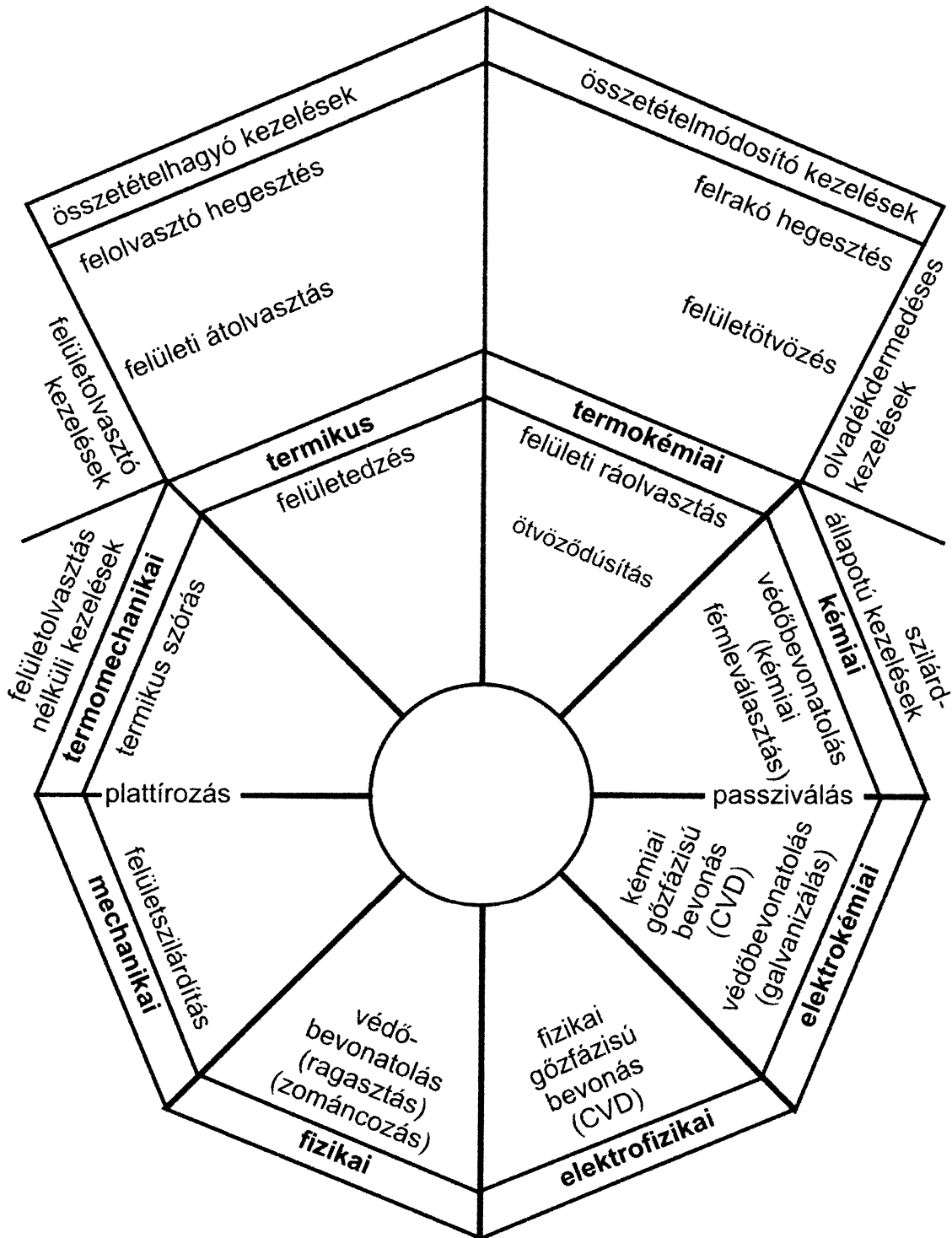
A **2. ábra** a felületkezelő eljárások olyan csoportosítási sémáját mutatja, melyben a rendezőelvet a felületi réteggépzést biztosító alapvető hatás (mechanikai, termomechanikai, termikus, termokémiai, kémiai, elektrokémiai, elektrofizikai, fizikai) jelenti. További rendezőelv a kezelendő felület jellegzetes csúcshőmérséklete, azaz a zárt nyolcszögben a felületolvasztás nélküli, míg a két "túlnyúló" szegmensben a felületolvadásos kezelés-csoportok találhatók.

A **3. ábra** az ismert energiaforrások felületkezelésekhez való alkalmazhatóságát szemlélteti, vagyis az alkalmazott energia eredete szerint megkülönböztethetők:

- elektromos ívhőt hasznosítók, melyeknél gázközegben nagy hőmérsékletű kisülés ill. részben ionizált állapot – normál- vagy plazmaív – hatása érvényesül;
- elektromos ellenálláshőt hasznosítók, melyeknél nagy erősségű áram átvezetése (közvetlen betáplálás) vagy nagyfrekvenciás árammal gerjesztett induktor mágneses tere általi örvényáram-indukálás (közvetett betáplálás) az anyagban Joule-hőt fejleszt;
- termokémiai reakcióhőt hasznosítók, melyeknél exoterm (hőtermelő) oxidációs vagy redukációs kémiai folyamatok mennek végbe;
- termokémiai transzport-folyamatokat aktiválók, melyeknél az anyagokban atom-átrendeződéssel (anyagtranszporttal) járó diffúzió vagy oldódás megy végbe;
- mechanikai alakváltozás energiáját hasznosítók, melyeknél jelentős hidegalakítás vagy nagy nyomásimpulzus okozta deformáció mértéke a meghatározó;
- mechanikai súrlódás energiáját hasznosítók, melyeknél az anyagfelületek menti mikro- vagy makrosúrlódás okozta dörzshatás érvényesül;
- részecskesugárzás energiáját hasznosítók, melyeknél elektronok vagy ionok alkotta fókuszolt

sugár anyagba ütközése és lefékeződése hőt fejleszt;

- elektromágneses sugárzás energiáját hasznosítók, melyeknél fotonok alkotta fókuszolt monokromatikus lézersugárzás abszorpciója érvényesül.



2. ábra Felületkezelési eljárás csoportok

A 3. ábrában a fekete cellák jelölik a gyakorlatban alkalmazott, míg a szürke cellák az elvileg lehetséges eseteket.

Energia forrása	FELÜLET-KEZELÉSI ELJÁRÁS	Összetételváltozás nélküli felületkezelés				Összetételváltozásos felületkezelés			
		Felületolvadás nélküli		Olvadásos		Felületolvadás nélküli		Olvadásos	
		felület szilárdítás	felület edzés	felületi átolv felolv. heg.	(termikus) szórás	plattírozás	(termokémiai) kezelés	felületi ráolvasztás	felületötv. felrakó heg.
normálív	ÍV-								
plazmaív	PLAZMA-								
áram-átvezetés	ELLENÁLLÁS-								
áram-indukálás	INDUKCIÓS-								
oxidáció	LÁNG-								
redukció	TERMIT-								
difúzió	DIFFÚZIÓS-								
szilárdoldat képződés	OLDÓ-								
hidegsajtolás	HIDEG-ALAKÍTÁSOS-								
nyomás-impulzus	ROBBANTÁSOS-								
mikro-súrlódás	ULTRAHANGOS-								
makro-súrlódás	DÖRZS-								
elektronsugár	ELEKTRONSUGARAS-								
ionsugár	IONIMPLANTÁCIÓS-								
monokromatikus fény	LÉZERES-								
polikromatikus fény	FÉNYSUGÁRZÁSOS-								

3. ábra Energiaforrások felületkezelésekhez való alkalmazhatósága

Az alkalmazható eljárások közül egyre inkább előtérbe kerülnek az ún. nagy energiasűrűségű (nagy teljesítménysűrűségű) felületkezelések, melyeknek összetétel-változtatás nélküli vagy összetétel-változtatásos, illetve felületolvasztás nélküli vagy felületolvasztásos változatai egyaránt jól használhatók irányított, azaz csak az arra kijelölt felületrészekre korlátozandó kezelésekhez.

Egyébként a nagy energiasűrűségű megmunkálások (megmunkáló eljárások) családjába sok mindent belefoglalnak, így:

- a felületi rétegfelvitelt biztosító termikus (láng-, elektromos ív-, plazma-, lézer-, robbantásos-) szórást;
- az alakadási (alakítási) célú nagysebességű szerszámos, nyomáshullámos (robbantásos, elektrohidraulikus, mágneses, ultrahangos) megmunkálást; a lézeres termikus hajlítást, egyengetést és forgácsolást, továbbá az integrált lézeres - mechanikus forgácsoló megmunkálást szerszámcserelessel;
- funkcionális (nem csak geometriai) prototípusok gyors előállítására (rapid prototyping) hivatott lézer litográfiát, szelektív lézeres szinterelést és közvetlen lézeres gyártást;
- a felületi réteget átalakító
  - plazmás-, elektronsugaras-, lézeres- szilárdító, edző, átolvasztó, ráolvasztó, ötvöző eljárásokat



- (beleértve a különféle célú megmunkáló hengerek felületéresítését ill. -texturálását is),
- ionimplantációt,
  - indukciós és ellenállásos gyors hőkezelést;
  - az anyagegyesítő ill. anyagszétválasztó (plazma-, elektronsugaras-, lézeres-) hegesztést ill. vágást és a nagysebességű vízsugaras vágást, hozzáértve:
    - olcsó és gyors alakítószerszám-előállítási módszert, mely lézerrel lemezből kivágott szerszám-"szeletek" egymásra építését jelenti;
    - lézeres hegesztés és vágás ill. képlékeny alakítás kombinált alkalmazásával végzett prototípus-gyártást, sőt szériagyártást (pl. összeszabott autókarosszéria-lemezrészecskék gyártása és megmunkálása);
  - továbbá az üvegfémek (fémüvegek) előállítására alkalmas gyorsdermesztő módszereket.

Nagy energiasűrűségről (nagy teljesítménysűrűségről) akkor szokás beszélni, ha a fajlagos teljesítmény- (energia-) bevitel meghaladja a  $10^2 \text{ W/mm}^2 = 10^4 \text{ W/cm}^2 = 10^8 \text{ W/m}^2$ -es értéket. Az említett határérték azonban nem különíti el jól és egyértelműen a hagyományos ill. az általában nagy energiasűrűségűként emlegetett hőforrásokat, eljárásokat. Talán ez indokolhatta, hogy bevezették az ultra (vagy extrém) nagy energiasűrűség fogalmát is, mely már ténylegesen csak a plazmas-, de főképp az elektronsugaras- és a lézeres eljárásokat jellemezheti, ami számszerűsítve a  $10^4 \text{ W/mm}^2 = 10^6 \text{ W/cm}^2 = 10^{10} \text{ W/m}^2$ -es érték - sugárfókuszolás útján történő - megvalósíthatóságát jelenti.

A 4. ábra csak az ún. ultra nagy energiasűrűségű - tehát plazmás, elektronsugaras, lézeres - felületkezeléseket foglalja össze, zárójelben megemlítve az adott eljárások elterjedt angol elnevezéseit is. Az ábrában szereplő szilárdállapotú és olvadékállapotú ill. termikus és termokémiai kezeléseken kívül egyes szerzők megemlítik a gőz állapotú felületkezelő (lézerrel intenzifikált pirolízis és fotolízis CVD, lézeres PVD, ...) és elektrolitikus (lézerrel gyorsított árammentes bevonó, eloxáló, ...) eljárásokat is.

## 6. Következtetések / Összefoglaló

A felületkezelési eljárások rendszerezésében meghatározó szerep jut a jellemző anyagtudományi jelenségeknek és az alkalmazható energiaforrásoknak. Ez utóbbiak között egyre nagyobb teret nyernek a nagy energiasűrűségű hőforrások (lézer, elektronsugár).

alapanyag felületi rétege								
szilárd állapotban marad		olvadék állapotba kerül						
alapanyag felületi rétegében	szerszemet módosulás	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;"> <b>Felületszilárdítás</b> (surface strengthening)             </td> <td style="text-align: center;"> <b>Felületedzés</b> (surface hardening)             </td> <td style="text-align: center;"> <b>Felületi átolvasztás</b> (surface remelting)             </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> <b>elektronsugárral, lézerrel</b>                  → lökéshullámos felületszilárdítás (shock wave treatment)                  → impulzusos keményítés (shock hardening)             </td> <td style="text-align: center;"> <b>elektronsugárral, lézerrel</b>                  → allotrópiát mutató anyagok keményítése (transformation hardening)                  → allotrópiát nem mutató anyagok lágyítása (recrystallization annealing)             </td> <td style="text-align: center;"> <b>elektronsugárral, lézerrel</b>                  → mikroszerkezet-finomítás (microstructure refinement)                  → homogenizálás (homogenisation)                  → sűrűség-növelés (densification)                  → zománcozás, üvegesítés (glazing, vitrification)             </td> </tr> </table>	<b>Felületszilárdítás</b> (surface strengthening)	<b>Felületedzés</b> (surface hardening)	<b>Felületi átolvasztás</b> (surface remelting)	<b>elektronsugárral, lézerrel</b> → lökéshullámos felületszilárdítás (shock wave treatment) → impulzusos keményítés (shock hardening)	<b>elektronsugárral, lézerrel</b> → allotrópiát mutató anyagok keményítése (transformation hardening) → allotrópiát nem mutató anyagok lágyítása (recrystallization annealing)	<b>elektronsugárral, lézerrel</b> → mikroszerkezet-finomítás (microstructure refinement) → homogenizálás (homogenisation) → sűrűség-növelés (densification) → zománcozás, üvegesítés (glazing, vitrification)
	<b>Felületszilárdítás</b> (surface strengthening)	<b>Felületedzés</b> (surface hardening)	<b>Felületi átolvasztás</b> (surface remelting)					
<b>elektronsugárral, lézerrel</b> → lökéshullámos felületszilárdítás (shock wave treatment) → impulzusos keményítés (shock hardening)	<b>elektronsugárral, lézerrel</b> → allotrópiát mutató anyagok keményítése (transformation hardening) → allotrópiát nem mutató anyagok lágyítása (recrystallization annealing)	<b>elektronsugárral, lézerrel</b> → mikroszerkezet-finomítás (microstructure refinement) → homogenizálás (homogenisation) → sűrűség-növelés (densification) → zománcozás, üvegesítés (glazing, vitrification)						
összetétel változás	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;"> <b>Termikus szórás</b> (thermal spraying)             </td> <td style="text-align: center;"> <b>Felületi ráolvasztás</b> (surface cladding)             </td> <td style="text-align: center;"> <b>Felületötvözés</b> (surface alloying)             </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> <b>plazmával, lézerrel</b>                  → plazmaszórás (plasma spraying)                  → lézerszórás (laser spraying)             </td> <td style="text-align: center;"> <b>plazmával, elektronsugárral, lézerrel</b>                  → homogenizálás (homogenisation)                  → sűrűség-növelés (densification)             </td> <td style="text-align: center;"> <b>elektronsugárral, lézerrel</b>                  → ötvözőelemek oldatba vitele (alloying treatment)                  → diszperz részecskék bevitele (particle injection)             </td> </tr> </table>	<b>Termikus szórás</b> (thermal spraying)	<b>Felületi ráolvasztás</b> (surface cladding)	<b>Felületötvözés</b> (surface alloying)	<b>plazmával, lézerrel</b> → plazmaszórás (plasma spraying) → lézerszórás (laser spraying)	<b>plazmával, elektronsugárral, lézerrel</b> → homogenizálás (homogenisation) → sűrűség-növelés (densification)	<b>elektronsugárral, lézerrel</b> → ötvözőelemek oldatba vitele (alloying treatment) → diszperz részecskék bevitele (particle injection)	
<b>Termikus szórás</b> (thermal spraying)	<b>Felületi ráolvasztás</b> (surface cladding)	<b>Felületötvözés</b> (surface alloying)						
<b>plazmával, lézerrel</b> → plazmaszórás (plasma spraying) → lézerszórás (laser spraying)	<b>plazmával, elektronsugárral, lézerrel</b> → homogenizálás (homogenisation) → sűrűség-növelés (densification)	<b>elektronsugárral, lézerrel</b> → ötvözőelemek oldatba vitele (alloying treatment) → diszperz részecskék bevitele (particle injection)						

Előbevonással (azaz 2 lépésben)  
Por-, huzal-, vagy reaktív gáz-adagolással (azaz 1 lépésben)

4. ábra Nagy energiasűrűségű felületkezelések

**Irodalom**

[1] Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: *Bevezetés az anyagtechnológiák informatikájába*. Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár, 2007

[2] M. A. Mihejev: *A hőátadás gyakorlati számításának alapjai* Tankönyvkiadó, Budapest, 1987

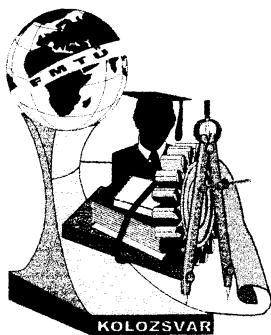
[3] E. A. Metzbower: *Penetration Depth in Laser Beam Welding*. Welding Journal, August 1993, p. 403-407.

[4] Főszerkesztő Szunyogh László: *Hegesztés és rokon technológiák Kézikönyv – 3.2.7.*

- Plazmahegesztés (204-213. oldal), szerző: Bagyinszki Gyula; Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest, 2007 (ISBN 978-963-420-910-2)
- [5] Bagyinszki Gyula: Gyártásismeret és technológia (240 oldal), Budapesti Műszaki Főiskola, Budapest, 2004
- [6] Bagyinszki Gyula – Kovács Tünde – Kálazi Zoltán – Tom Bell: Acélok duplex felületedzése; Gép LII. évfolyam, 2001/9. szám, 16-22. oldal
- [7] Gyula Bagyinszki: Wear Resistance Characterization of Surface Treatment Layers, Eurotrib'93 - 6th International Congress on Tribology, Budapest - Hungary, August 30 - September 2, 1993, Volume 3., pp. 350-353.
- [8] Bagyinszki Gyula - Bitay Enikő: Lézeres anyagtechnológiák energiasűrűségi jellemzői, X. Fialat Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, 2005. március 18-19., 75-80. oldal
- [9] Bagyinszki Gyula - Bitay Enikő - Kovács Tünde: Alakító szerszámacélok károsodásállóságának javítása felületkezeléssel, XI. Fialat Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, 2006. március 24-25., 9-14. oldal
- [10] Sebestyén Anita - Nagyné Halász Erzsébet - Bagyinszki Gyula - Bitay Enikő: Felületmódosítási eljárások hatása acélok kopásállóságára, XII. Fialat Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, 2007. március 16-17.; Műszaki Tudományos Füzetek - Erdélyi Múzeum-Egyesület kiadványa (ISBN 973-8231-67-1, ISBN 978-973-8231-67-2) 161-168. oldal
- [11] Bagyinszki Gyula: Nagy energiasűrűséggel kezelt felületi rétegek tulajdonságbecslése (Kandidátusi értekezés), BME Mechanikai Technológia és Anyagszerkezetani Tanszék, 1997, 99 + 49 oldal

**Dr. Bagyinszki Gyula**, főiskolai tanár  
 BMF, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet,  
 Anyag és Alakítástechnológiai Szakcsoport,  
 1081 Budapest Népszínház u. 8.  
 Tel: (+36-1) 666-5304;  
 Fax: +36-(06)-1-666-5494  
 E-mail: bagyinszki.gyula@bgk.bmf.hu;

**Dr. Bitay Enikő**, egyetemi docens  
 Sapientia – Erdélyi Magyar Tudományegyetem Műszaki és Humántudományok Kar,  
 Marosvásárhely/Koronka (Tîrgu Mureş/Corunca)  
 Segesvári út (Şoseaua Sighişoarei) 1C.  
 Postacím: 540485, Op.9, Postafiók 4.  
 Telefon: +40-265 - 20 81 70  
 Fax: +40-265 - 20 62 11  
 E-mail: ebitay@gmail.com



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## SZEMELVÉNYEK AZ AGRÁR-MŰSZAKI INNOVÁCIÓK TÖRTÉNETÉBŐL

Bak Árpád

### Astract

In this paper some successful technical development of the XIX. century are examined in the aspect of modern innovative theories. The aim is to find those important peculiarities which might be able to give a good edification in the choice of appropriate strategy of innovational processes.

### Összefoglalás

Dolgozatomban a 19. századi Magyarország néhány sikeres műszaki fejlesztési megoldásait vizsgálom a modern innovációs ismeretek tükrében, olyan jellemzők után kutatva, amelyek a múlt üzeneteként tanulságul szolgálhatnak a jelenkori műszaki innovációs folyamatok stratégiájának kiválasztásához.

### 1. Bevezetés

Dolgozatomban a 19. századi Magyarország néhány kiemelkedően sikeres agrár-műszaki fejlesztés/fejlesztő történetén keresztül azt vizsgálom, hogy a modern innovációs ismeretek eszköztárából milyen jellemzőkkel írhatjuk le és foglalhatjuk össze a korszak mezőgazdasági fejlődését. Feltéve, ha léteznek ilyen jellemzők, akkor ezek a **múlt üzeneteként tanulságul szolgálhatnak** a jelenkori gépfejlesztési folyamatok innovációs stratégiájának kiválasztásához.

### 2. A magyar mezőgazdasági gépipar nagyjai

A magyar mezőgazdasági gépipar bemutatásra szánt szereplőit a korszak jellemző nemzetgazdasági és közgazdasági viszonyainak összefüggésében írom le, mivel a mindenkor *társadalmi, politikai és gazdasági környezet (T-P-G hatások)* közvetlen vagy közvetett módon alapvetően meghatározza a műszaki innovációs fejlesztések lehetőségeit, esélyeit.

Magyarországon a hagyományos értelemben vett modern gépipar csak a 19. század utolsó harmadában alakult ki. A hagyományos szerkezetű manufaktúris termelés lassú felbomlása azzal magyarázható, hogy a századelőn a nyugati-európai országoknál jelentősen elmaradottabb gazdasági és társadalmi struktúra jellemezte hazánkat. A versenyképes gyáripár kialakulásához **hiányzott a fejlett gazdasági infrastruktúrális környezet**, mint a kiépített vasúti hálózatok, kereskedelmi és hitelszervezetek pénzügyi rendszere, a műszaki és szervezési szakismereteket oktató iskolarendszer. A mezőgazdasági termelés gépesítésének gyors ütemű fejlesztését követelte az élelmiszer szükségletek dinamikus bővülése. A kiegyezéssel, **1867-ben létrejött új államszervezet** kitűnő belső piacot je-

lentett és megfelelő védelmet biztosított a külső versenytársakkal szemben, az egyébként jó adottsággal rendelkező magyar mezőgazdasági termelésnek. A kereslet-növekedés szükségessé tette mezőgazdasági gép- és eszköz ellátás biztosítását, így lehetővé vált a hazai mezőgépgyártás kialakítása.

A kibontakozó hazai mezőgépgyártás ekkor még nehezen tudott lépést tartani a külföldi konkurenciával. Az 1870 és 1873 évek között a **gépkereskedelmi deficit igen jelentős**, évente átlagosan 14,7 millió a behozatal, míg a kivitel csupán 1 millió forintos értéket ért el. A hazai gyártók és azok gépeinek **sikertelenségét a következő okokkal magyarázhatjuk**: hazai ipar nem alkalmazkodott a mezőgazdaság szükségleteihez, a magyar mezőgépek nehezek voltak, kivitelezésük durva, egy-egy gyár sokféle terméket készített, ezért nehezen tudtak specializálódni.

A versenyt a csak megfelelő tőkével és szaktudással rendelkező gyártók bírták, ezek közül is **Kühne Mezőgazdasági Gépgyár Rt.** emelkedett ki. A nagyhírű gépgyár nem csak a hazai mezőgépgyártás történetéhez szolgál adalékkal, hanem történetén keresztül a kapitalizmus magyarországi elterjedésének szemléltetésére is kiváló modell. Kühne Ede a hazai nagyüzemi mezőgazdasági gépgyártás alapjainak megteremtője volt, aki 1839-ben Hamburgban született gyáriparos családban. Pályáját műszaki rajzolóként kezdte a berlini „Schwarzkopf-féle” gépgyárban, majd tudását 1862-től a Krauss Frigyes által Mosonban létesített mezőgazdasági gépműhelyben kamatoztatta. **Műszaki és kiváló szervezési képességeinek** köszönhetően csakhamar fellendítette a kis üzemet, amely már ekkor meghaladta az átlagos hazai gépgyártók technikai színvonalát. Az 1869-es évtől a gépgyár kizárólagos tulajdonosa lett, amelynek fejlesztéséhez jelentős támogatást kapott apósától, Winter Károly gabonakereskedőtől. Kühnéék kezdetben az angol Garrett sorvető gépet vették gyártási alapul, amelyet **hazai talaj és vonócróviszonyokhoz igazítottak**. Az alaptípust Havas Mihály mérnökkel továbbfejlesztve megalkotta az Európa-szerte híressé vált 13 soros „Hungária Drill” elnevezésű vetőgépet, amely fő gyártmányt képezte az ekék, darálók, cséplőgépek gyártása mellett és a századfordulóig több mint 20 000 darabot gyártottak belőle. Számos hazai és nemzetközi gépkiállításon képviseltette magát a gyár, többek között a 1878-as párizsi világkiállításon a legkiválóbb minősítést kapta. **Kühne gyár sikerének titka** abban rejlett, hogy mindvégig a hazai viszonyokat szem előtt tartva, olyan eszközöket fejlesztett, amelyek megbízható és hosszú élettartammal garantálták a gazdák számára a sikeres mezőgazdasági termelés lehetőségét.

A korszak szintén kiemelkedő vállalata volt a **Ganz gépgyár**. Sikerességében és a malomipari gépek tökéletesítésében elvitathatatlan a szerepe volt a kor kiváló gépészmérnökének, **Mechwart Andrásnak**. Továbbfejlesztette a modernnek számító Sulzberger-féle és a Wegman-féle hengersizéket, ezzel megalkotta a kéregöntésű és speciális eszközökkel, rovátkolt acélhengerekkel ellátott hengersizékét. A gép jelentősen javította a hagyományos őrlés minőségét, olcsóbb és jobb lett a vele készített liszt. Három évtizeden keresztül mintegy 30 000 darab Mechwart-féle hengersizék hagyta el a Ganz gyárat, ezzel is megalapozva a honi malomipar világhírnevét. **Mechwart gyárvezetőként is megállta helyét**. Ganz Ábrahám 1867-es halála után átvette az üzem vezetését, majd részt vett annak

átszervezésében és 1875-től a gyár vezérigazgatója lett. **Zseniális vezetőként felismerte** az elektronika stratégiai fontosságát és a vállalat tevékenységi körét kiterjesztette a villamosági gyár létrehozásával. A Ganz-gyárban 1884-ben szabadalmaztatták a világhírű magyar találmányt, a transzformátort. Mechwart András nevéhez több szabadalom és gépkonstrukció is fűződik, 40 éves szakmai és vezetői tevékenységével pedig a Ganz gyárat világhírűvé tette.

A tőkés világgazdaság fejlődésében a 19. század fordulóján új szakasz kezdődött. A termelés és a tőke koncentrációja óriási méreteket öltött, ekkorra szilárdult meg a világ politikai tagozódása és gazdasági szerkezete: egyik oldalon a fejlett és gyorsan növekvő ipari országok, szűk elit csoportja, a másikon pedig a gyarmati függőségben lemaradó országok széles tábora volt. E kettő között fejlődött egy harmadik típus: a megkésített, de a növekedés és iparosodás útjára lépő országok csoportja. Hazánk is ehhez tartozott.

A századfordulón ilyen viszonyok között jött létre a Monarchia legnagyobb mezőgazdasági gépgyára, a **Hoffher és Schrantz Magyar Gépgyári Művek Részvénytársaság**, amely később magába olvasztotta az angol Clayton-Shuttleworth cég magyar telepeit is. A gyár története jó példázata, hogy a családi tőkével dolgozó kis gyártóműhelyek hogyan váltak tőkés óriás vállalattá. Matthias Hoffer vagy ahogy Magyarországon ismerték, **Hoffher Mátyás** németországi kisparaszti családból származott, a gépgyártás elmélet és gyakorlati ismereteit nagy szorgalommal autodidakta módon sajátította el. Első üzemét 1869-ben alapította. Kezdetben **angol mintára készített** aratógépeket, amelyek minőségét a gépbemutatókon és kiállításokon elért kiváló helyezések is tanúsítják. A gyár életében a következő mérföldkő az 1881-es év, mikor is a Bécsben élő magyar nagytőkés, Schrantz János üzletlátsri belépésével társas céggé alakult. Ekkor kezdetét vette a cséplőgépek és gőzlokomobilok gyártása, amelyek rövid idő alatt meghódították a Monarchia piacát. A honi gépiparra nézve nagy horderejű döntést hoztak, amikor 1898-ban Kispesten hatalmas gyártóbázist hoztak létre. 1908-ra a gyártás szinte valamennyi mezőgazdasági gépre és eszközre kiterjedt, minőségükkel csakhamar meghódították az európai mezőgép piacot. A nagy alapító, Hoffer Mátyás gyakorlati szakemberként és kiváló vezetőként is beírta nevét a technikatörténet nagyjai közé.

### 3. Következtetések, konklúziók

Megvizsgálva a fent említett néhány műszaki innovációs folyamat jellemzőit arra a megállapításra jutottam, hogy a magyar mezőgazdasági gépipar fejlődésében jelentős szerepet játszott a fejlettebb nyugati országokból **importált műszaki eljárások**, üzemszervezési, vállalkozási és finanszírozási formák hazai viszonyok közé **adaptálása és azok továbbfejlesztése**. A fejlődés eredményeként a mezőgép-gyártó vállalatunk a századfordulóra már képesek voltak olyan gyorsan és rugalmasan képesek reagálni a változó viszonyokra, hogy a világban megjelenő új műszaki megoldásokat és gyártmányokat viszonylag hamar bevezették a hazai iparba. A gyors követés képesség megszerzése mellett mezőgépészetünk története igazán gazdag a sikeres **önálló műszaki alkotásokban** és találmányokban, ame-

lyek jelentősen hozzájárultak a magyar ipar hírnevéhez. Rendkívül fontosnak tartom a **humán tényező** kiemelt kezelését. A korabeli sikeres mezőgépgyártó cégek működésében a **vállalkozó** - aki sok esetben maga egy személyben a feltaláló és az innováció fő szervezője volt - **szerepe megkérdőjelezhetetlen**. A külföldről hazánkba jött és itt letelepedett vállalkozó mérnököknek és szakembereknek a friss szellemi áramlata nagymértékben elősegítette az idejét múlt hazai szemlélet a leváltását. Fontos megjegyezni, hogy a kiegyezés idejére **kiépített műszaki iskolarendszer** már magas színvonalon biztosította a honi ipar számára a szükséges mérnöki, technikus és szakmunkás gárdát. Ez alapvetően szükséges volt ahhoz, hogy Magyarország sikeresen be tudja fogadni kor fejlett technológiáit és azt saját igényeihez igazítva üzemeltesse.

**Következtetésként** elmondhatjuk, hogy a korabeli műszaki fejlesztési folyamatok sikerességében döntő szerepe volt három tényező **együttállásának**. A **külföldi hatások** pozitív impulzusai, azok befogadására alkalmas **hazai viszonyok** valamint a **tudás** – mint az innováció katalizátora – **együttessen eredményezték** a hazai mezőgazdasági gépgyártás fellendülését.

#### 4. Összefoglalás

**Párhuzam** a múlt tapasztalatai és a mostani magyarországi viszonyok között megerősíthetik azt a felvetést, hogy esetleg célravezetőbb lenne a **hazai kis- és középméretű mezőgépgyártók** innovációs teljesítményének fokozása során azok **adaptációs képességeinek** fejlesztésére koncentrálni. E képesség megszerzése első lépés lehet a vállalkozások megerősödéséhez vezető úton, ami megalapozhatja a későbbi sikeres **önálló műszaki fejlesztések** széleskörű elterjedését. Ehhez azonban szükséges *az oktatás, a kutatás és szaktanácsadás* rendszerének együttes mennyiségi és minőségi fejlesztése. Magyarország az elkövetkező hét évben mintegy **22,4 milliárd eurós** uniós támogatásban részesül, amely kelő alapot nyújthat a fejlett országokhoz való felzárkózáshoz. „Aki fut az áll, csak az halad előre aki kétszer olyan gyorsan fut” szól a mondás, ami az ágazat - de akár az ország - jelenlegi helyzetét tekintve fokozott tanulsággal szolgál. Nem elegendő csupán neki iramodnunk, ki kell jelölni a helyes irányt is.

#### Irodalom

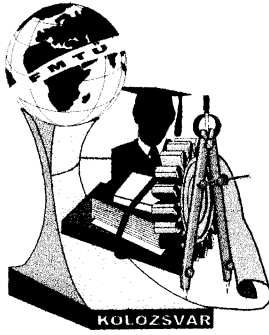
- [1] Birman Erzsébet, Innováció, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987
- [2] Fehér Katalin, Pannon enciklopédia, Magyar ipar- és technikatörténet, Budapest, Pannon, 1993
- [3] Réz Gyula, Egy legendás márkanév nyomában - Hofherr Mátyás (1829-1909), Mezőgazdasági technika, 2005. (46. évf.) 1. sz. 41. old.
- [5] Réz Gyula, 120 éve született Kund Ede, Mezőgazdasági technika, 2004. (45. évf.) 7. sz. 47. old.
- [6] Réz Gyula, Mechwart András (1834-1907), Mezőgazdasági technika, 2003. (44. évf.) 5. sz. 44. old.
- [7] Dr. Sente Márk, Dr. Vass Attila, Mezőgazdasági Traktorok Elmélete és Szerkezete, FVM MGI, Gödöllő, 2004

#### **Bak Árpád** (doktorandus)

Munkahely: Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, REMI,

Cím: 2100, Magyarország, Gödöllő, Páter Károly u.1.

E-mail: bak.arpad@gek.szie.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## ÚJ TENDENCIÁK ÉS LEHETŐSÉGEK A GYORS PROTOTÍPUSGYÁRTÁSBAN

**BAKI-HARI Zoltán-Gábor**

### **Abstract**

Nowadays we often encounter different or even strange applications of the Rapid Prototyping Technologies (RPT). This is due to the today familiar and used realization procedures, and materials used by this, respectively the insured precision.

The present work is presenting shortly these aspects.

### **Összefoglalás**

Napjainkban gyakran találkozunk a gyors prototípusgyártási technológiák különböző, néha egészen furcsa alkalmazásaival. Mindez a ma már ismeretes, valamint használatos kivitelezési eljárásoknak, s ezek által használt anyagoknak, illetve biztosított pontosságnak köszönhető.

Ezen dolgozat pedig ezekre próbál egész röviden rávilágítani.

### **Bevezetés**

Napjainkban minden téren a látványos fejlődéseknek vagyunk a szemtanúi. Ez nem utolsó sorban a minden téren végzett kutatásoknak is köszönhető, mindamelllett, hogy a fejlődés környezetünk alaptulajdonsága.

Mindez nagyon is jól nyomon követhető a csúcstechnológiák esetében, ahol nagyon is látványos, mondhatni forradalmi változásokról, újításokról beszélhetünk. Gondoljunk itt a nanotechnológiákra, számítástechnikára, modern, nagy hatékonyságú kivitelezési eljárásokra.

Így jelentős változásokról, lehetőség kiterjedéséről beszélhetünk a gyors prototípusgyártás (Rapid Prototyping, RP) területén is. Ez nem más mint az eljárások tökéletesedése, úgy mint használható anyagok, kivitelezési pontosság, és nem utolsó sorban ezen eljárások változatossága. Ezen ételemben el kell mondjuk, hogy a gyors prototípusgyártás területén is a kivitelezési minőség napról napra javul a különböző technikák „finomodásának” illetve a felhasználható anyagoknak köszönhetően, valamint az eljárásoknak különböző változatai jelennek meg, a használatos anyagok vagy a ki-mondott kivitelezési technika (például pontonkénti vagy felületenkénti építés) alapján differenciálód-



va. Viszont ez a differenciálódás történhet mindkét, az előbb említett kritérium szerint is.

Azt is meg kell jegyezni, hogy ma már egy-egy gyors prototípusgyártó gép többféle anyag használatát is lehetővé teszi, ezáltal növelve az illető gép valamint eljárás flexibilitását, s így kimondott alkalmazhatóságát.

### Mai tendenciák a gyors prototípusgyártásban

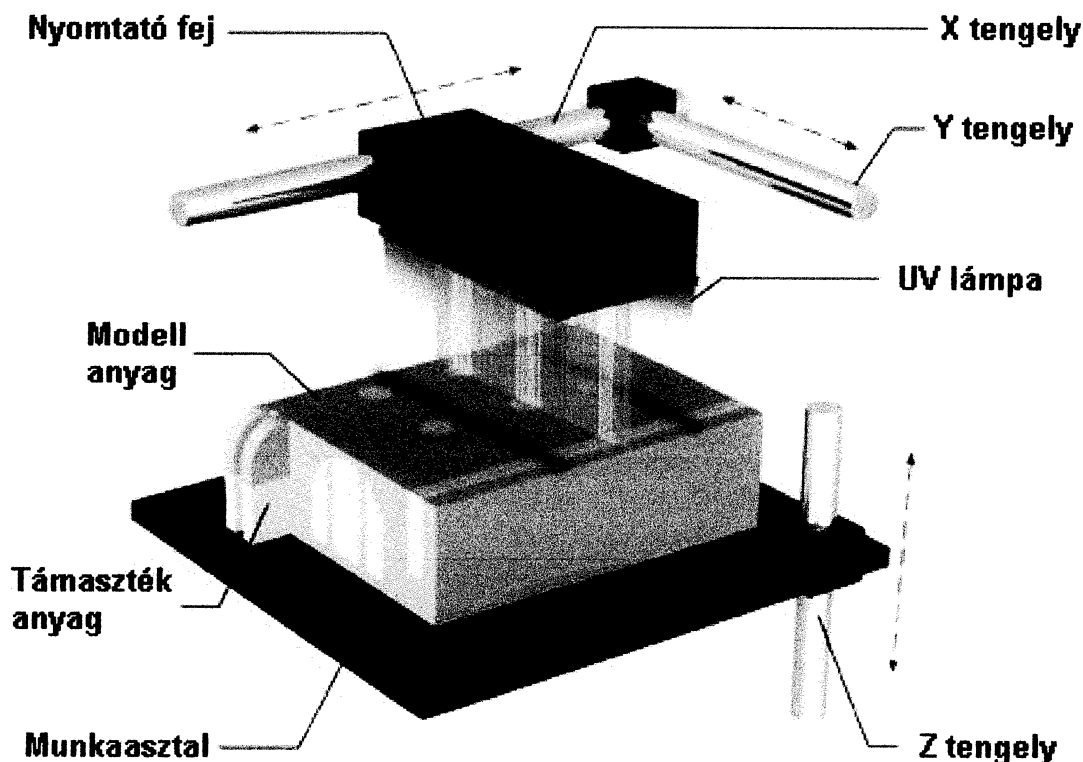
A gyors prototípusgyártásban is mint minden gyártási technológiában, a legjelentősebb tendencia a hatékonyság növelése, vagyis a kivitelezési idő minél nagyobb csökkentése.

Erre a gyors prototípusgyártásban nem túl sok lehetőség adott, ugyanis a pásztázási sebesség nem nagyon növelhető, esetleg csak új, megfelelőbb tulajdonságú anyagok használatával. A rétegenkénti vastagság sem növelhető nagyon, két okból is. Először is, mivel a dőlt illetve a görbe felületek esetében a kivitelezési minőség rovására menne ez, mivel rosszabbodna a felületi minőség. Másodszor, pedig nem minden anyag az adott eljárásnál enged meg nagyobb vastagságot.

Így marad a felületenkénti építés lehetősége a pontonkénti építés helyett.

A hatékonyság még úgy is jelentősen növelhető, hogy abban az esetben, ha többféle anyagot kell használni, akkor olyan eljárást szükséges használni, amely lehetővé teszi ezt, hogy kiiktatható legyen a különböző anyagokból készült modellek összeszerelése, mivel ez időigényes, illetve csökkenti a pontosságot.

Ezen két lehetőséget ötvözi nagyon jól az izraeli *Objet Geometries Ltd.* cég által kifejlesztett *Objet PolyJet* eljárás, amely tulajdonképpen a 3D nyomtatásnak egy továbbfejlesztett változata. Az előbbi-



1. ábra. Az „Objet PolyJet” alapelve

ekben említett cég *Connex500* elnevezésű gépen megvalósítható eljárás alapelve az 1. ábrán látható. Amint az 1. ábrán is látható, az alapanyagot, amely egy fényérzéken polimer, egy nyomtatófej juttatja a megfelelő helyre a megfelelő mennyiségben. Az UV lámpa pedig már a szilárdítást is végzi a pásztázásnál. Ez pedig nagy sebességet biztosít.

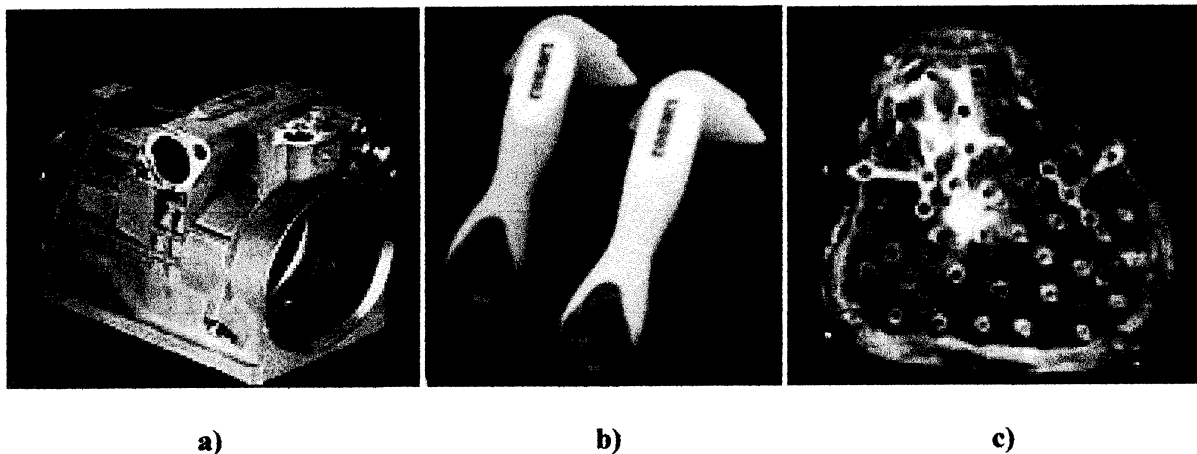
A nyomtatófejjel pedig különböző anyagok is kijuttathatók, sőt az előbbieken említett gép a különböző anyagok keverését is lehetővé teszi, ezzel „digitális anyagválasztékot” hozva létre. S ezáltal még jobban bővítve a gyors prototípusgyártásban használatos anyagok skáláját.

### **Mai lehetőségek a gyors prototípusgyártásban**

Végigtekintve az előzőekben bemutatott tendenciákon, és a valós, mai megvalósítások terén, nyugodtan az a következtetés vonható le, hogy a gyors prototípusgyártásban a lehetőségek majdnem korlátlanok. Így ezen korszerű technológiák már biztost alkalmazást nyertek a különböző tevékenységi területeken, megkezdve a különböző ipari alkalmazásoktól egészen az orvosi alkalmazásokig.

A használatos anyagok, illetve a kivitelezési pontosság jelentős tökéletesedésének köszönhetően ma már funkcionális darabok is készíthetőek, amelyek tökéletesen beilleszkednek a kisszériás gyártásba. Ezzel pedig jelentősen lecsökkentette a kivitelezési időt. Erre szemléltet példát a 2. a) ábra.

A többkomponensű RP modellek megjelenésével pedig a termékfejlesztők régi álma vált valóra, hogy ne kelljen a különböző anyagokból készült termékeket külön-külön darabonként, esetleg különböző el-

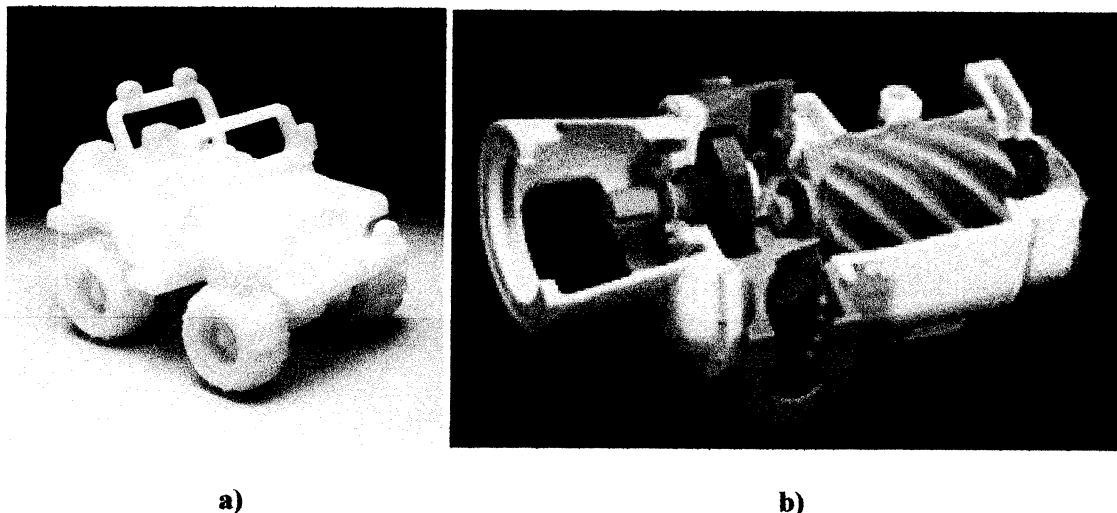


**2. ábra.** Gyors prototípusgyártás alkalmazásai

járásokkal legyártani s utána összeszerelni, mivel ez időigényes, s és negatívan befolyásolja a pontosságot is. Ilyen termékre látható példa a 2. b) ábrán.

A gyors prototípusgyártás orvosi alkalmazásainak is számtalan lehetősége kínálkozik ma már a szakembereknek. A különböző biokompatibilis anyagok megjelenésének köszönhetően ma már direkt beültethető orvosi protézisek gyárthatóak, amelyek életmentők lehetnek. De ezen RP modellek az orvosi protézisek kivitelezéséhez szolgáló egyedi szerszámok, vagy a kezelendő terület tanulmányozására szolgáló egyedi eszközök is lehetnek. Ilyen alkalmazásokra mutat példát a 2. c) ábra.

Figyelembe véve az előzőekben bemutatottakat, nem szabad elfeledkeznünk a gyors prototípusgyártás első alkalmazásairól, és pedig a termékvizualizációról sem. Ezen új lehetőségeknek köszönhetően ma már működő modellek állíthatók elő egyszerű megjelenítési célból (lásd a 3. a) ábrát), illetve komplex vizsgálatok céljából (lásd a 3. b) ábrát).



3. ábra. Termékvizualizáció RP modellekkel

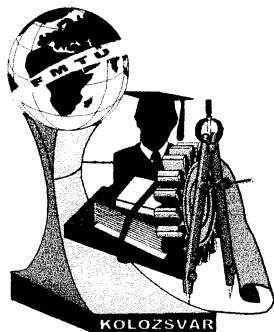
### Összefoglaló

Mint a dolgozatban bemutatottakból kitűnik, a gyors prototípusgyártásban egészen új tendenciák jelentek meg, amelyek ezen technológiák felhasználási lehetőségeit jelentősen kiszélesítik. S ennek következtében a gyors prototípusgyártásnak ma már hatalmas alkalmazási területe van. De azt is meg kell jegyezni, hogy ez ugyanakkor állandó bővülésben is van, mivel az eljárások nap mint nap fejlődnek, tökéletesednek.

### Irodalom

- [1] BAKI-HARI, Z. G., *Gyors prototípusgyártás - a korszerű termékfejlesztés egyik eszköze*, Műszaki Tudományos Füzetek, Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka VIII, Kolozsvár, 2003 március 21 - 22, 103 – 106 old, ISBN 973-8231-20-5
- [2] BĂLC, N., *Tehnologii neconvenționale*, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 2001, ISBN 973-35-1130-7
- [3] BERCE, P., és mások, *Fabricarea rapidă a prototipurilor*, Editura Tehnică, București, 2000, ISBN 973-31-1503-7
- [5] <http://www.2objet.com/>
- [6] <http://www.dmeeu.com/>

**BAKI-HARI Zoltán-Gábor**, okleveles gépészmérnök, doktorandus  
 Cím: 400169, Kolozsvár, Miron Costin utca, 19 szám, ROMANIA  
 Tel: +40-264-434 706 Mobil: +40-723-206 415  
 E-mail: bakihari@eme.ro



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## AZ ÉRZÉKSZERV VIZSGÁLATOK SZEREPE AZ EGÉSZSÉGTUDATOS TÁPLÁLKOZÁSBAN

Balogh E., Boldoczki D., Hegedűs A., Papp J., Sipos B., Stefanovits-Bányai É.

### Abstract

The last decade has witnessed an ever-increasing interest in a healthy diet in Hungary. Our experiments were carried out on the products, like syrup, sauce, jam, processed from berries including strawberry (*Fragaria x ananassa* DUCH.), raspberry (*Rubus idaeus* L.), black currant (*Ribes nigrum* L.), blackberry (*Rubus caesius* L.). The following parameters were determined: total polyphenol and anthocyanin contents, antioxidant capacity. Sensory analysis was also carried out. Our aim was to create new products, that are rich in antioxidants and more healthy. Our results indicate that the higher the proportion of black currant or blackberry, the more valuable antioxidant properties can be measured for the specific product. Regarding sensory evaluation it can be stated that in case of the mixed syrup, the black currant flavour and aroma were not so remarkable in contrast to the intensity of the strawberry flavour and aroma. Comparing the jams there occurred differences in the sweet taste ( $p=0,01$ ). With a relevant and purposeful product range, berries can contribute significantly to the establishment of a health-promoting diet.

### Összefoglaló

Az elmúlt évtizedben Magyarországon is egyre növekvő hangsúlyt kap az egészséges táplálkozás. Kísérleteink során a bogyógyümölcsökön belül a szamóca (*Fragaria x ananassa* DUCH.), a málna (*Rubus idaeus* L.), a fekete ribiszke (*Ribes nigrum* L.), valamint a fekete szeder (*Rubus caesius* L.) fajokból készített termékek, úgymint, szörp, szósz és lekvár jellemző paramétereit vizsgáltuk. Meghatároztuk az összes polifenol- és antocianin-tartalmat, az összantioxidáns kapacitást, a termékek érzékszervi vizsgálata mellett. Célunk új, antioxidánsokban gazdag, egészségesebb termékek létrehozása volt. Az eredmények alapján elmondható, hogy a nagyobb fekete ribiszke, illetve feketeszeder gyümölcshányaddal rendelkező termékeknel kedvezőbben alakultak a vizsgált értékek. Az érzékszervi vizsgálatok tekintetében megállapítható, hogy a vegyes szörp esetében a fekete ribiszke íz és illat nem jelentős, ellenben a szamóca ízzel és illattal. A két lekvár összehasonlításakor a bírálók az édes íz kapcsán 99%-os szignifikanciaszinten különbséget tudtak tenni. Egy helyesen, céltudatosan kialakított termékválaszték növelésével a bogyósok messzemenően hozzájárulhatnak egészségmegőrző táplálkozásunkhoz.

### 1. Bevezetés

A mai modern társadalmunkban a tudatos fogyasztók körében egyre nagyobb hangsúlyt kap az egészséges táplálkozás, egyre többen megnézik az árucikkeken feltüntetett címkét, egyre többen érdeklődnek az élelmiszerek összetétele, ásványi anyag- és vitamin tartalmát illetően. A táplálkozási szokások megváltozásával előtérbe kerülnek azon termékek, amelyek a fogyasztóknak a megújult igényeit igyekeznek kielégíteni (cukormentes, több rost, light, természetes antioxidánsokban gazdag, tartósítószer-mentes stb.). Emellett azonban rendkívül fontos szerepe van az egyes termékek érzékszervi tulajdonságainak, ugyanis a fogyasztók ezt közvetlenül érzékelik, és az így kapott információk nagymértékben hozzájárulnak a készítmények megítéléséhez. A céltudatosabb vásárlással

és fogyasztással a fogyasztók céljává válik, hogy az életminőségüket javítsák, jó egészségi állapotukat fenntartsák, az esetleges betegségeket megelőzzék vagy kezelésüket elősegítsék [1]. Epidemiológiai kísérletek igazolják, hogy a bőséges gyümölcs- és zöldség-főzelék fogyasztás nagymértékben hozzájárul a krónikus betegségek kialakulási kockázatának csökkentéséhez [2, 3, 4]. A gyümölcsökön belül kiemelhetőek a bogyósok, hiszen különösen fontos a szerepük a szabadgyökök káros hatásaival szemben, ugyanis rendkívül magas az antioxidáns hatásuk a bennük előforduló magas vitamin-, flavonoid tartalom miatt [5].

Célunk az volt, hogy azt vizsgáljuk, hogy miként jelennek meg a kedvező tulajdonságok a termékekben, és későbbiekben ez hogyan adoptálható az egyes betegségekben szenvedők (diabetes) igényeként felmerülő (mesterséges aroma-, színezékmentes) termékek esetében.

## 2. Anyag és módszer

Kísérleteink során a bogyósgyümölcsökön belül a szamóca (*Fragaria x ananassa* DUCH.), a málna (*Rubus idaeus* L.), a fekete ribiszke (*Ribes nigrum* L.), valamint a fekete szeder (*Rubus caesius* L.) fajtákból készített termékek, úgymint lekvár, szósz, szörp jellemző paramétereit vizsgáltuk.

Polifenol tartalom meghatározása [6], az antocianin tartalom [7], az összantioxidáns kapacitás meghatározása [8] módszerével történt. A késztermékek érzékszervi vizsgálatát profilanalízis segítségével [9] végeztük el. A kapott adatok kiértékeléséhez egytényezős varianciaanalízist és F-próbát használtunk. Az 1. táblázatban az általunk készített termékek gyümölcshányadát tüntettük fel.

1. táblázat A készített termékek gyümölcshányada

Termék megnevezés	Gyümölcshányad (1 Liter termékre)
vegyes szörp	300 g fekete ribiszke+150 g szamóca
málna lekvár (cukorral)	550 g málna
vegyes lekvár	450 g feketeszeder+320 g málna
feketeszeder szósz	480 g feketeszeder

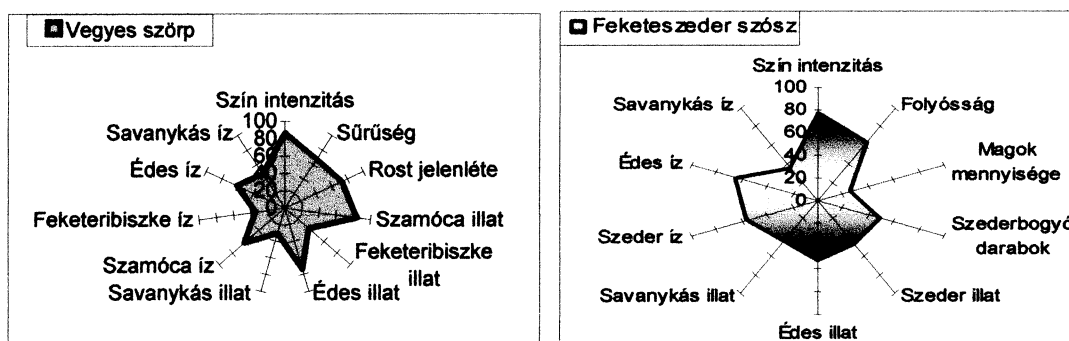
## 3. Eredmények

Eredményeink alapján megállapítható, hogy a magasabb fekete ribiszke, illetve feketeszeder hányaddal rendelkező termékeknel kedvezőbben alakultak az értékek (2. táblázat). A vegyes lekvárnál kaptuk a legnagyobb antioxidáns kapacitást, ami a magas gyümölcshányadának köszönhető. A feketeszeder szósz és a vegyes szörpnél hasonlóan alakultak az értékek. Arról azonban nem szabad megfeledkeznünk, hogy a fogyasztók az egyes termékekből más-más mennyiséget fogyasztanak el egyszerre.

2. táblázat. A termékek vizsgált paramétereit átlagának és szórásának alakulása

	vegyes szörp	málna lekvár (cukorral)	vegyes lekvár (édesítőszerrel)	feketeszeder szósz
Polifenol-tartalom (mg/ml)	1,87 ± 0,42	1,12 ± 0,15	3,34 ± 0,29	2,95 ± 0,28
Antocianin tartalom (mg/L)	155,11 ± 16,21	197,87 ± 17,87	263,45 ± 24,33	189,8 ± 17,54
Antioxidáns kapacitás (mmol As/L)	4,82 ± 0,39	3,82 ± 0,27	6,24 ± 0,49	5,01 ± 0,43

A vegyes szörp esetében a fekete ribiszkével a termékfejlesztés kétoldalú. Egyrészt magas természetes antioxidánsokban gazdag terméket kívántunk kialakítani, amihez nagyobb mértékben a fekete ribiszke járul hozzá - másrészt, ezzel egyidejűleg a fekete ribiszke a szörp színének kialakítása tekintetében a természetes színezék szerepét is betölti. A vegyes szörp profilogramja (1. ábra) alapján megállapítható, hogy az édes és a szamóca íz és illat egyaránt dominál, míg a fekete ribiszke íz és illat gyenge. A fent említett okok miatt nagy színintenzitással rendelkezik.



1. ábra. A vegyes szörp-

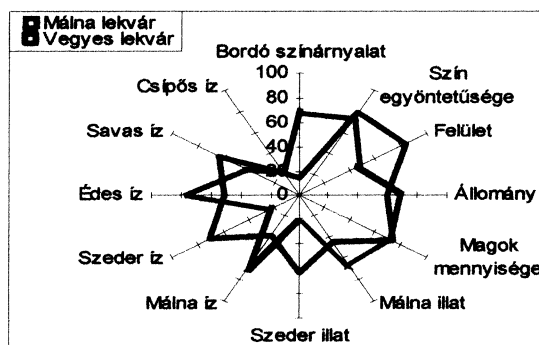
2. ábra a feketeszeder szósz

érzékszervi profildiagramja

A feketeszeder szósszal célunk az volt, hogy egy új terméket alakítsunk ki, amely kimagasló antioxidáns tartalma révén hozzájárul a felhalmozódó szabadgyökök eliminálásához. Ideális sav tartalma és kissé savanykás ízének köszönhetően kitűnően alkalmas vad- illetve egyéb sült, párolt húsokhoz kiegészítőként, mindezzel segíti az erősen sózott-fűszerezett-zsírosabb táplálék emésztését. A 2. ábra alapján megállapítható, hogy az édes íz és édes illat is egyaránt jelen van e terméknél. A kétféle lekvár összehasonlításakor (3. ábra) minden jellemző esetében különbséget kaptunk. A málna illat és a savas íz esetében 95%-os, míg a többi paraméter tekintetében 99%-os szignifikanciaszinten. A vegyes lekvár kapcsán a szeder illat és íz sokkal inkább meghatározó. A bírálók a cukorral készített málna lekvárt jóval édesebbnek érezték. A vegyes lekvár fekete szeder tartalma miatt a savas íz is jelentős.

#### 4. Következtetés

Az érzékszervi vizsgálatok szerepe abban rejlik, hogy a későbbiekben ki lehessen alakítani a gondosan



3. ábra. A málna és a vegyes lekvár érzékszervi profildiagramja

összeválogatott fajtákból egy olyan terméket, amire az adott gyümölcsök tulajdonságai (sza-móca íz, illat) a leginkább jellemzők, hiszen az egészséges táplálkozásra való nevelés során meghatározó szerepe van a hedonikus értékeknek is. A mai céltudatos fogyasztók számára olyan étkezési alternatívákat kell kialakítani, változatos étrendet kell biztosítani, amelyek lé-pést tudnak tartani a fogyasztói társadalom gyorsuló életmódját kísérő változó és növekvő igényekkel.

A kutatásunkat az OTKA TO46622 számú pályázat támogatásával végeztük.

#### Irodalomjegyzék

- [1]Lugasi A., Blázovics A. (2004): Az egészséges táplálkozás tudományos alapjai. 4. Számú útmutató a egészség megőrzéséhez. PXP Nyomda, Budapest.
- [2]Block G., Patteron B., Subar A. (1992): Fruit, vegetables and cancer prevention: a review of the epidemiological evidence. Nutr. Cancer.18:1-29.
- [3]Taylor P.R., Greenwald P. (2005): Nutritional interventions in cancer prevention. J. Clin. Oncol. 23. 333-345.
- [4]Zhang Y., Vareed S.K., Nair M.G., (2005): Human tumor cell growth inhibition by nontoxic antocyanidins, the pigments in fruits and vegetables. Life Sci. 465-1472.
- [5]Adlercreutz H. (1998): Epidemiology of phytoestrogens. Baillieres Clin Endocrinol Metab. 12: 605-623.
- [6]Singleton V.L., Rossi J.A. (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdic-phosphotungstic acid reagents. Am. J. Enol. Viticult. 161. 144-158.
- [7]Füleki T., Francis F.J. (1968): Qantitative methods for anthocyanins 2. J. of Food Science 33. 78.
- [8]Benzie I.I.F., Strain J.J. (1966): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measuring of "antioxidant power": The FRAP assay. Annal. Biochem. 239. 70-76.
- [9]MSZ:ISO 11035:2001 Érzékszervi vizsgálat. A leíró kifejezések azonosítása és kiválasztása érzékszervi profilhoz többdimenziós eljárással (forrásszabványa: ISO 11035:1994)

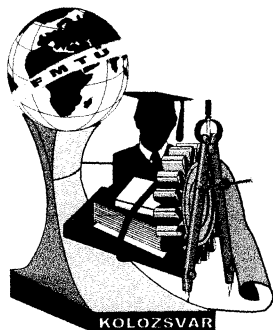
**Balogh Emőke**, doktorandus

Munkahely: BCE, Élelmiszer-tudományi Kar, Alkalmazott Kémia Tanszék

Cím: Magyarország, Budapest, 1118 Villányi út 29-43.

Telefon:+3614826160

E-mail: emoke.balogh@uni-corvinus.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## ANYAGVIZSGÁLATOK RENDSZEREZÉSE A MÉRŐSZÁMOK FELHASZNÁLÁSI TERÜLETÉNEK FIGYELEMBEVÉTELÉVEL

**Bankos Szilvia, Nagyné Halász Erzsébet**

### **Abstract**

Materials engineering is concerned with the application of knowledge relating the composition, structure and processing of materials their properties and uses. Engineers adapt materials to society's needs, that is they design product and systems, produce them, and monitor their usage.

### **Összefoglalás**

Az anyagvizsgálat a fémek és nemfémek anyagok mechanikai, kémiai, fizikai jellemzőinek meghatározásával, az anyag szerkezetének vizsgálatával és a szerkezeti anyagok helyi hibáinak kimutatásával foglalkozik.

A mechanikai vizsgálatok során az anyagok szilárdsági, törésmechanikai, reológiai, kopási és kifáradási tulajdonságait határozzák meg. [5]

### **Bevezetés**

Az anyagvizsgáló eljárások hagyományos felosztása (kémiai, fizikai, mechanikai, technológiai, stb.) ezen belül roncsolásos és roncsolás mentes stb. eljárások.

Az eljárások ismertetése a próbavétel, próbamegmunkálás, a mérés végrehajtása és kiértékelésére szorítkozik. Kevés szó esik azonban arról, hogy az eljárásokkal meghatározott mérőszámok miként használhatók fel a tervezés, gyártás és üzemeltetés során.

Ha az anyagvizsgálatok során meghatározott jellemzőket felhasználásuk szempontjából tekintjük át, más felosztás kínálkozik.

Beszélhetünk:

- tervezési alapokat szolgáló mérőszámokról,
- technológiai alkalmazás megítélésére szolgáló adatokról,
- gyártásközi minőségellenőrzésre kifejlesztett eljárásokról
- üzemeltetés során szükséges ellenőrzésről,

### **1. Tervezési alapokat szolgáló mérőszámok**

A tervezőnek általában szabványos anyagokat kell előírni. Ezek többsége kémiai összetétellel és mechanikai tulajdonságokkal jellemzett. Ha a gyártás során a kémiai összetétel változik (pl. Kérgesi-



tés) illetve szerkezetváltoztató eljárások szerepelnek (pl. hőkezelő vagy hidegalakítás) akkor a tulajdonságokat az alapanyagokra nézve illetve késztermékre nézve ismerni kell.

*Hogyan célszerű értelmezni a kémiai összetételt?*

A kémiai összetétel meghatározása kémiai és fizikai elvű vizsgálattal valósítható meg. Döntő, hogy az összetétel átlagos vagy lokális meghatározással jellemzett. A gyártmány jellegétől függ, hogy melyik eljárást célszerű előnyben részesíteni.

## **2. Hogyan használhatók fel méretezésre a mechanikai tulajdonságok?**

A mechanikai alapigénybevételek mérőszámait statikus terhelésre méretezett szerkezetekre lehet felhasználni.

Legáltalánosabb a szakítóvizsgálat és a folyáshatár felhasználása. Kis szilárdságú anyagokat melyeknél nagy az eltérés az  $R_m$  és  $R_{EH}$  között természetesen folyáshatárra kell méretezni. Nagy szilárdságú anyagoknál melyeknél az eltérés elhanyagolható, az egyszerűbb meghatározhatóságot figyelembe véve a szakítószilárdság lehet a méretezési alap. Természetesen mindkét esetben figyelembe kell venni valamilyen biztonsági tényezőt.

A többi alapigénybevétellel meghatározott jellemzőket speciális esetekben lehet méretezési alapként felhasználni.

Pl. nyomószilárdságra kell méretezni a húzásra illetve nyomásra igen eltérően viselkedő rideg anyagokat, pl. öntöttvas, beton stb.

A nyírószilárdságra méretezhetünk a speciális, ilyen módon igénybevett elemeket (pl. nyíró csapszeg stb.).

A hajlító és csavaró vizsgálatoknál a feszültség keresztmetszetben való eloszlása nem egyenletes. Ezeket akkor érdemes alkalmazni, ha a munkadarab felületi rétegének viselkedése a meghatározó.

Ha az igénybevétel nem statikus (dinamikus, fásztó, stb.) illetve szélsőséges hőmérsékletekről van szó, akkor a mechanikai alapigénybevételeknél meghatározott jellemzők önmagukban nem használhatók.

Egyszerűbb esetekben alkalmazzák ugyan, pl. a folyáshatárt, de kiegészítő jellemzőket követelnek meg.

Dinamikus igénybevétel esetén pl. bizonyos mértékű ütőmunkát vagy átmeneti hőmérsékletet írnak elő.

Fásztó igénybevételek esetén ezen kívül a felületi rétegre meg annak megmunkálására tesznek előírásokat.

Szigorúbb esetekben fásztó igénybevétel esetén kiegészítő jellemzőként szerepelnek a próbatest, modell, illetve szerkezetfásztással meghatározott jellemzők.

Dinamikus igénybevételeknél illetve ridegtörési veszély esetén az ütőmunka és átmeneti hőmérséklet mellett a törés mechanikai vizsgálatok jellemzőit kell figyelembe venni. Kritikus esetben stabil repedéshosszra történő méretezésről lehet szó (pl. törési szívósság előírásával). A megengedhető maximális hiba, melynek stabilitására a méretezés történik, roncsolásmentes vizsgálatokkal határozandó meg.

Nagy hőmérsékleti igénybevételek esetén a kúszáshatár és az időszilárdság lehet méretezési alap.

Természetesen speciális esetekben amikor a korrózióállóság és kopásállóság a primer követelmény, a korrózióállósági és kopásállósági modellvizsgálatok eredményeit is figyelembe veszik.

### **3. Technológiai alkalmasság megítélésére szolgáló mérőszámok**

Természetesen a tervezőnek figyelembe kell venni a gyártástechnológiát is. Melyek azok a vizsgálatok melyek ilyen adatokat szolgáltatnak?

A mechanikai alapigénybevételek modellezésénél számos olyan jellemzőt határoznak meg mely a gyárthatóságra nézve értékes adatokat szolgáltat. Pl. a szakítóvizsgálattal meghatározott szakadó nyúlás és kontrakció az alakíthatóság megítélésére szolgálhat. A lemez próbatestek szélességi és vastagsági irányú kontrakciójának aránya a mélyhúzhatóságra ad támpontot. Az alakíthatósági, edzhetőségi, forgácsolhatósági technológiai próbák a különböző technológiákra való alkalmasságról tájékoztatnak. A tervezőnek természetesen ezeket is figyelembe kell venni.

### **4. Gyártásközi minőségellenőrzésre kifejlesztett eljárások**

Jellemző vizsgálati csoportokat jelentenek:

- alapanyag vizsgálatok
- gyártásközi ellenőrzések
- végtermék minősítés

Az alapanyagvizsgálatoknál arról kell meggyőződni, hogy a tervező által előírt minőségnek megfelel-e az alapanyag. Ezen túlmenően az alkalmazott technológia követelményeinek függvényében szükség lehet, bizonyos mérettoleranciák és felületi minőségi jellemzők vizsgálatára, illetve ellenőrzésére is, melyek a megmunkáló gépek és szerszámok igényeihez kell hogy igazodjanak.

A gyártás ellenőrzésnél a mérettűréseken és felületi minőségek vizsgálatán kívül szükség lehet különböző szerkezetvizsgálatokra. Egyszerű esetekben ezeket keménységvizsgálattal valószínűsítik, de szükség lehet a legkülönbözőbb ellenőrzésekre a szemcsemérettől a maradékausztentit megehatározásáig.

A végtermék minősítés a gyártmányból vett minták, vagy a gyártmánnyal együtt hőkezelt próbák segítségével történik. Arról kell meggyőződni, hogy a végtermék tulajdonságai megfelelnek-e az előírt tulajdonságoknak. Kiegészítésként sor kerülhet a roncsolásmentes vizsgálatok teljes skálájának

alkalmazására is.

### **5. Üzemeltetés során szükséges ellenőrzések**

A gyártmányok üzemeltetés során kopnak, fáradnak, kúsznak, sőt pl. sugárzásos környezetben szerkezet és tulajdonságváltozást is szenvednek.

Kritikus gyártmányoknál, ezeket a változásokat ellenőrizni kell, felületi szemrevételezéssel és méréssel, továbbá a belső hibák esetleges növekedésének nyomonkövetésével időszakos roncsolásmentes vizsgálatok alkalmazásával.

### **Összefoglalás**

A modern tömeggyártásban minden egyes alkatrésze az anyagválasztástól a késztermék ellenőrzéséig, sőt a felhasználás ellenőrzéséig, speciális és optimalizált anyagvizsgálati és ellenőrzési rendszert kell kidolgozni és működtetni. Ezeket a rendszereket nem lehet adaptálni. Ugyanazon igénybevételű és funkciójú alkatrész technológiai manapság oly mértékben eltérőek lehetnek, hogy már az anyagválasztástól kezdve az egész vertikumra kell figyelemmel lenni.

A tömegtermelés esetén azonos funkciójú darab gyártható olcsóbb anyagból, de drágább technológiával és fordítva, ugyanolyan gazdasági eredménnyel és megbízhatósági szinttel, ehhez hozzájárul a konkrét esetre kidolgozott optimalizált vizsgálati és ellenőrzési rendszer.

### **Irodalom:**

- [1] Dr. Kisfaludy A., Dr. Réger M., Dr. Tóth L.: Szerkezeti anyagok I. BMF-BGK-BL-299 Budapest, 2004.
- [2] Kovács T.: Kopásvizsgálatok tervezési szempontjai Kolozsvár Műszaki Tudományos füzetek VIII. p. 99-102. 2003.03.21. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka VIII. Kolozsvár.
- [3] Réti T., Kovács T.: A Phenomenological Method for the prediction of damage Accumulation Process under Varying External Conditions, Materials Science Forum Vols. 414-415 (2003) pp.317-322 Trans Tech Publication, Switzerland.
- [4] Dr. Bagyinszki Gy.: Anyagismeret és minősítés Bánki Donát Műszaki Főiskola Budapest, 1998
- [5] Kovács T., Dévényi L.: Investigation of the Wear Process by Using a Gradient Method Material Science Forum Vols. 473-474 (2004) pp. 213-218 Trans. Tech. Publications Switzerland.
- [6] Dr. Gillemot László: Anyagszerkezet és anyagvizsgálat, Műszaki könyvkiadó Budapest, 1967.

### **Bankos Szilvia**

Grimas Kft.

Anyagvizsgáló műszerek és szoftverek forgalmazása, szakmai tanácsadás

Budapest 1214 Puli sétány 2-4. Hungary

E-mail: bankos.szilvia@chello.hu

### **Nagyné Halász Erzsébet, mestertanár**

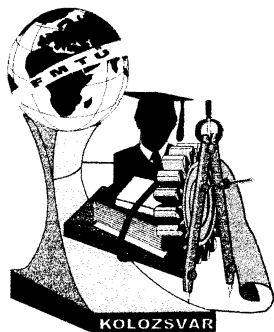
BMF, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Anyag és Alakítástechnológiai Szakcsoport

Budapest 1081 Népszínház u. 8, Hungary

Tel: (+36-1) 666-5315

E-mail: nagyne.halasz@bgk.bmf.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## NÉHÁNY ACÉLTULAJDONSÁG SZERKEZETFÜGGÉSE

Barta István, Borossay Béla, Réger Mihály

### Abstract

Mechanical, formability and wear tests have proved the different formability properties of samples with identical chemical composition and yield strength but with different microstructure. The same conclusion can be drawn concerning the wear properties of samples with identical hardness. The formability and wear properties can be estimated only with considerable error on the basis of traditional mechanical tests.

### Összefoglalás

Ismert szerkezetű próbatesteken végzett mechanikai, alakíthatósági, és kopásállósági vizsgálatok alapján bizonyítottuk, hogy két – azonos összetételű – azonos folyáshatárú anyag más alakíthatósági tulajdonságokkal, két azonos keménységű anyag pedig eltérő kopási tulajdonságokkal rendelkezik, ha szerkezetük különböző. A hagyományos mechanikai vizsgálatok alapján az alakíthatósági és kopási tulajdonságok bizonytalanul becsülhetők.

Adott kémiai összetétel és feszültségállapot esetén az anyagok tulajdonságait a szerkezetük határozza meg. Az egész térfogatukban azonos szerkezetű, fémből készült tárgyakat valamilyen izotermás hőkezeléssel lehet előállítani. Az így gyártott próbatesteket különböző vizsgálatoknak alávetve magának a szövetszerkezetnek a tulajdonságai mérhetők, az eredmények pedig modellezésre alkalmas adatokat szolgáltatnak. [1] Összegyűjtöttünk olyan mérési eredményeket, melyek ismert szerkezetű próbatesteken végzett mechanikai, alakíthatósági, és kopásállósági vizsgálatok során keletkeztek [2, 3, 4], és azt igyekeztünk kideríteni, hogy a hagyományos, legegyszerűbb anyagvizsgáló eljárások (szakítóvizsgálat, keménységmérés) milyen támpontot adhatnak a körülményesebb vizsgálatot igénylő alakíthatósági és kopási tulajdonságok megítélésére.

Az adott szerkezetű, 16CrMo4 jelű betétedzésű acél próbatestek keménység, folyáshatár, alakíthatóság, és kopás vizsgálatának adatait tartalmazza az *1. táblázat*. A hőmérséklet adatok a hűtési izotermát, illetve az edzést követő megeresztés hőmérsékletét jelentik. Az  $n$  és  $c$  értékei a  $k_f = c\lambda^n$  alakú folyásgörbe paraméterei, melyek hengeres próbatest zömítő vizsgálatából származnak,  $W$  pedig a  $\lambda_0 = 0$  és  $\lambda_1 = 0,025$  összehasonlító alakváltozás között végzett fajlagos alakváltozási munka.  $K$  a  $V = KN_c S$  alakú – 20 s időtartamú szárazkopás vizsgálatra vonatkozó –, a tradicionális Archard-féle kopás-kinetikai modell átalakításával nyert összefüggés kopási tényezője, mely a kopásállósággal fordítottan arányos [4].

	Szövet-szerkezet	T [°C]	HV30	n	c [N/mm <sup>2</sup> ]	W [J/cm <sup>3</sup> ] $\lambda_1 = 0,025$	Rp <sub>0,2</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	K 10 <sup>-16</sup> [m <sup>2</sup> /N]
Hűtés hatására kialakuló szerkezetek	ferrit+perlit	700	171	0,184	734	194	350	49,48
	ferrit+perlit	640	182	0,122	735	216	387	54,36
	ferrit+perlit	580	201	0,099	1039	318	584	29,88
	bénit	410	240	0,068	1188	383	803	19,18
	martenzit	20	425	0,008	1406	504	1343	16,28
Hevítés hatására kialakuló szerkezetek	szferoidit	470	348	0,004	954	344	1000	29,41
	szferoidit	580	290	0,015	843	298	796	52,55
	szferoidit	690	240	0,046	732	245	628	77,3

1. táblázat Különböző szerkezetű 16CrMo4 jelű acél tulajdonságai

Összes	T	HV	n	c	W	Rp <sub>0,2</sub>	K
T		0,705	0,316	0,865	0,916	0,809	0,576
HV	0,705		0,715	0,458	0,695	0,949	0,232
n	0,316	0,715		0,219	0,452	0,406	0,055
c	0,865	0,458	0,219		0,932	0,651	0,761
W	0,916	0,695	0,452	0,932		0,863	0,625
Rp <sub>0,2</sub>	0,809	0,949	0,406	0,651	0,863		0,367
K	0,576	0,232	0,055	0,761	0,625	0,367	

2. táblázat Az egyes mennyiségek páronkénti lineáris regressziós együtthatója

Hűtés	T	HV	n	c	W	Rp <sub>0,2</sub>	K
T		0,976	0,863	0,856	0,921	0,99	0,659
HV	0,976		0,775	0,766	0,843	0,956	0,545
n	0,863	0,775		0,876	0,921	0,874	0,727
c	0,856	0,766	0,876		0,987	0,914	0,940
W	0,921	0,843	0,921	0,987		0,96	0,877
Rp <sub>0,2</sub>	0,99	0,956	0,874	0,914	0,96		0,741
K	0,659	0,545	0,727	0,940	0,877	0,741	

3. táblázat Az egyes mennyiségek páronkénti lineáris regressziós együtthatója, külön vizsgálva a hűtés hatására keletkező szerkezetek csoportját

Hevítés	T	HV	n	c	W	Rp <sub>0,2</sub>	K
T		0,924	0,394	1	0,996	0,957	0,766
HV	0,924		0,642	0,925	0,952	0,995	0,948
n	0,394	0,642		0,394	0,454	0,577	0,818
c	1	0,925	0,394		0,996	0,957	0,766
W	0,996	0,952	0,454	0,996		0,977	0,814
Rp <sub>0,2</sub>	0,957	0,995	0,577	0,957	0,977		0,911
K	0,766	0,948	0,818	0,766	0,814	0,911	

4. táblázat Az egyes mennyiségek páronkénti lineáris regressziós együtthatója, külön vizsgálva a hevítés hatására keletkező szerkezetek csoportját

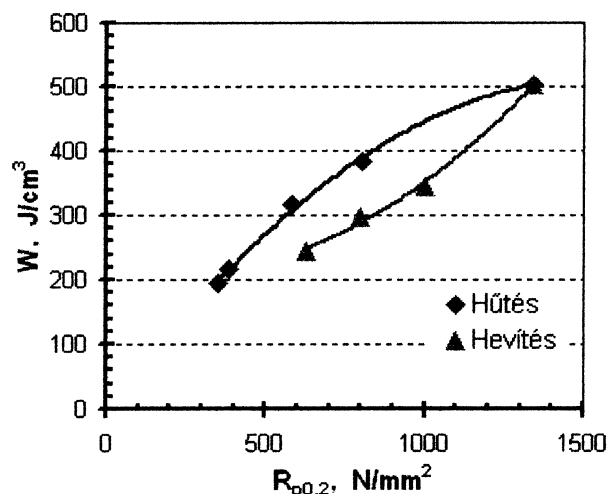
Az egyes tulajdonságok közötti kapcsolat minősítéséhez a legkisebb négyzetek módszerével az 1. táblázatból páronként kiválasztott adatokra egyenest illesztettünk, majd kiszámítottuk az

$$r = (\Sigma(y_{\text{átlag}} - y_i)^2 - \Sigma(Y_i - y_i)^2) / \Sigma(y_{\text{átlag}} - y_i)^2$$

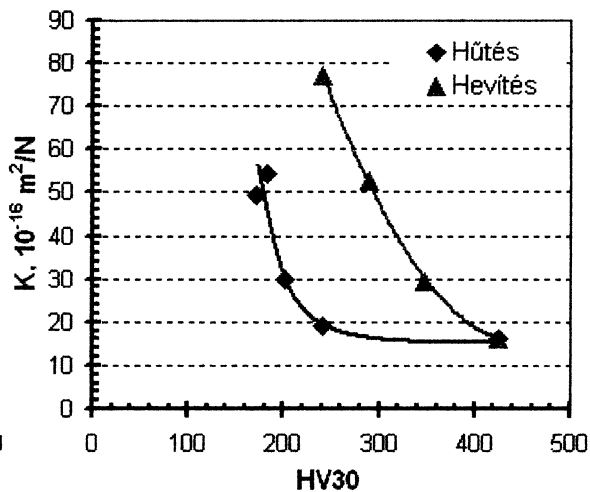
regressziós együtthatót, ahol Y a számított, y pedig a mért értéket jelenti. Ezeket tartalmazza a **2. táblázat**. Az eljárással az volt a célunk, hogy megállapítsuk, létezik-e a vizsgálati eredmények között olyan egyszerű kapcsolatot, melyre támaszkodva a könnyen elvégezhető keménység- és szakítóvizsgálatból az alakíthatósági és kopási tulajdonságokra következtethetünk. A táblázatban szereplő értékek átlaga 0,59. Viszonylag szoros összefüggés látszik a szövet keletkezési hőmérséklete és keménysége, valamint az alakíthatóságát leíró paraméterek között, továbbá a keménység és a folyáshatár között. A kopásállóságot jellemző tényező azonban nem sok összefüggést mutat a többi jellemzővel.

Ezek után a próbadarabokat két csoportra osztottuk. Külön vizsgáltuk a hűtés, és külön a hevítés során kialakuló szerkezetek tulajdonságait. Az így kapott korrelációs együtthatókat a **3. és 4. táblázat** tartalmazza. A 3. táblázatban szereplő értékek átlaga 0,86, a 4. táblázat adatainak átlaga 0,82. Ezek a számok már önmagukban arról tanúskodnak, hogy így már lényegesen szorosabbak az összefüggések az egyes vizsgálatok eredményei között. Ugyanakkor arra hívják fel a figyelmet, hogy a szövetszerkezet sokkal inkább meghatározója a technológiai és kopási tulajdonságoknak, mint önmagában akár a keménység, akár a folyáshatár.

A **1. ábra** a fajlagos alakítási munkát mutatja a folyáshatár függvényében, a **2. ábra** pedig a kopásállóságot a keménység függvényében. Mindkét diagramon élesen különválnak a hűtés és a hevítés közben kialakult szövetszerkezetek különböző tulajdonságai.



**1. ábra:** A fajlagos alakítási munka a folyáshatár függvényében



**2. ábra:** A kopási tényező a keménység függvényében

Bebizonyosodott, hogy két – ugyanabból az anyagból készült – azonos folyáshatárú anyag más alakíthatósági tulajdonságokkal rendelkezik, ha szerkezete ferrit-perlites, vagy szferoidites. Az is látható, hogy két azonos anyagú, azonos keménységű alkatrész is egészen más kopásállóságú a szövetszerkezete függvényében. [5, 6] A gyakorlat számára ez többek között azt jelenti, hogy az alakításra optimalizált féltermékeket célszerű magas hőmérsékleten végzett  $A_1$  alatti lágyítással, illetve izotermás lágyítással alkalmassá tenni a technológiára, a kopásnak kitett alkatrészeket pedig nem szabad magas hőmérsékleten megereszteni. Az adatok hasonló szemléletű feldolgozásával további gyakorlati megállapításokat tehetünk. Kívánatosnak látszik a szövetszerkezet, és más technológiai tulajdonságok, például a forgácsolhatóság hasonló megközelítésű tanulmányozása.

A keménységmérés késztermék esetén elsősorban a kérgesített alkatrészek és a szerszámok, féltermék minősítésénél a forgácsolhatóság megítélésére szolgál. Az említett késztermékeket általában koptatás, vagy hasonló elsőrendű igénybevétel éri. A manapság elsősorban gazdasági okok miatt elterjedt nemesített állapotban történő forgácsolás azt a veszélyt rejtheti magában, hogy a keménysége alapján jónak ítélt alkatrész kopási tulajdonságai nem lesznek megfelelőek. A képlékeny hidegalakításra optimalizált anyagok megmunkálása során is előfordulhat, hogy ha nem állnak rendelkezésre technológiai jellemzők, hibás technológiát tervezünk. A keménységmérés és a szakítóvizsgálat eredményéből csak akkor vonhatók le biztonsággal felhasználható következtetések, ha az anyagok szerkezetét is ismerjük.

#### **Irodalom:**

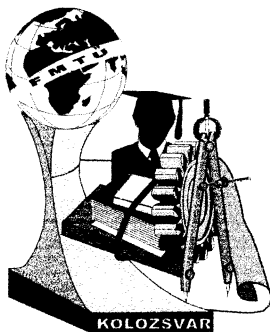
- [1] Barta I., Borossay B.: Adott szerkezetű acél próbatestek előállítás. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka XII, Kolozsvár 2007.
- [2] Veress Gy.: A betétedzésű acélok alakíthatóságának szövetszerkezet függése. TDK, Budapesti Műszaki Főiskola 2007.
- [3] Barta I.: Adott szerkezetű acél próbatestek előállítás és néhány tulajdonsága. Szakdolgozat, Budapesti Műszaki Főiskola 2008.
- [4] Kovács T.: Kopásvizsgálatok tervezési szempontjai. Kolozsvár Műszaki Tudományos füzetek VIII. p. 99-102. 2003.03.21. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka VIII. Kolozsvár
- [5] Réti T., Kovács T.: A Phenomenological Method for the prediction on damage Accumulation Process under Varying External Conditions. Materials Science Forum Vols. 414-415 (2003) pp.317-322 Trans Tech Publication, Switzerland
- [6] Kovács T.-Dévényi L.: Investigation of the Wear Process by Using a Gradient Method. Material Science Forum Vols. 473-474 (2004) pp. 213-218 Trans. Tech. Publications Switzerland

**Barta István**  
gépészmérnök  
barta\_i@freemail.hu

**Borossay Béla**  
kohómérnök  
borossay.bela@bgk.bmf.hu

**Dr. Réger Mihály**  
kohómérnök, főiskolai tanár  
reger.mihaly@bgk.bmf.hu

Budapesti Műszaki Főiskola Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar  
H-1081 Budapest, Népszínház u. 8.



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## *p*-VERZIÓS VÉGESELEM MÓDSZER KIDOLGOZÁSA SODRATSZERKEZETRE

Beleznai Róbert, Dr. Páczelt István

### Abstract

Precise description of mechanical behavior of wire rope strands is very important at the design stage and under operation term, as well. A *p*-version finite element was developed for simple straight wire rope strand structure, which is considered all possible inter-wire motions, and contact situation between the wires. The structure can be subjected with tension, torsion and bending load, and linear elastic material properties were used. The calculated values were compared to the analytical results, *h*-version 3D finite element models and they were in good agreement.

### Összefoglalás

A sodratszerkezet mechanikai viselkedésének ismerete nagyon fontos már a tervezés fázisában és az üzemelés alatt egyaránt. Egy *p*-verziós végeelem model lett kifejlesztve egyszerű, egyenes sodratszerkezetre, amelyben a huzalok közötti relatív elmozdulás és érintkezés figyelembe van véve. A szerkezetet terhelő igénybevételek tetszőlegesek lehetnek (húzás, hajlítás, csavarás). A számítások során lineárisan rugalmas anyag törvényt alkalmazunk. A számított értékeket az irodalomban található analitikus és *h*-verziós végeelemes modellek eredményeivel hasonlítottuk össze, és jó egyezést mutattak.

### 1. Bevezetés

A sodratszerkezeteket igen elterjedten alkalmazzák az ipar több területén, gondoljunk csak az olajtömlők erősítő elemeire, az elektromos vezetéksodronyokra, vagy a felvonóknál alkalmazott drótkötelekre. A sodratok tervezése a legtöbb esetben tapasztalati módon történik, azonban a piaci verseny megköveteli, hogy a termékek minél jobban kielégítsék a vevők igényeit. Többen is foglalkoztak már a sodratok analitikus modellezésével, különböző elméletekre támaszkodva (Love görbült rudak elmélete [1], ortotróp lemezelmélet [2], stb.). Azonban a nem-lineáris hatások (kontakt deformáció, súrlódás, kopás, stb.) figyelembevétele rendkívül bonyolult összefüggéseket eredményez, és minden hatást nem is lehet leírni zárt formulákkal. Az utóbbi években megjelentek 3D-s végeelemes modellek [3], azonban egy egyszerű szerkezet esetében is nagy elemszám szükséges a geometria pontos leírásához, ráadásul a kontaktfeladatok miatt, további hálódinómítás szükséges. A kidolgozott *h*-verziós modellek jó eredményt adtak, azonban nagy számítási időt igényelnek, illetve egy gyakorlati mérnök számára igen távol állnak ezek a számítási eljárások. Éppen ezért egy új módszer kidolgozását kezdtük el, amit egy szoftverbe szerkesztve, bárki könnyedén kezelhet, és végezhet számításokat különböző terhelési esetekre rövid idő alatt.

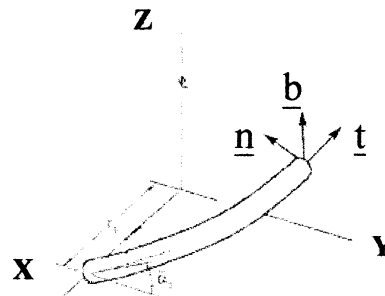
### 2. *p*-Verziós végeelem modell kifejlesztése

Ez a dolgozat egy *p*-verziós végeelem modell kifejlesztését és validálását mutatja be. A *p*-verziós



végelem előnye, hogy a számítás pontosságát a polinomok fokszámával gyorsabban lehet növelni, így kisebb a gépigénye, mint a  $h$ -verziós végeleemes modelleknek, és rövid a számítás ideje. A  $p$ -verziós végeleemre azért esett a választás, mivel az élettartamra jelentős befolyással van a huzalok közötti súrlódásból származó kopás, és ez a módszer többek között kiválóan alkalmas kontaktfeladatok megoldására is. Ezt a módszert eddig még nem alkalmazták sodratszerkezetek analízisében, azonban a módszer alkalmas a feladat elvégzésére megfelelő számítógépi program kimunkálásával. Itt most a 1+6 szerkezetű sodrat modelljének analízisét mutatjuk be axiális és hajlító igénybevétel esetén.

A vizsgálatok során az alakváltozásokat és az elmozdulásokat kicsinek feltételezzük. A terhelések hatására a sodratok viselkedése statikus jellegű. További feltételezés, hogy a huzalok homogén, izotróp, lineárisan rugalmas anyagból készültek. Az alakváltozás leírásához Love görbült rudak elméletét használtuk. A huzalokat térbeli görbe rudakként modelleztük. A középső egyenes huzal, mint  $90^\circ$ -os menetemelkedési szögű spirális huzalként van kezelve. A hélikus huzalok tengelyvonalához helyi hengerkoordináta rendszert  $(r, \varphi, z)$  kötöttünk, amit 3 egység vektor definiál, érintőirányú  $\underline{t}$ , normál irányú  $\underline{n}$ , és binormál irányú  $\underline{b}$ . A helyi koordinátarendszer egy spirális huzal esetében az 1. ábrán látható.



1. ábra. Spirális huzal a helyi koordináta-rendszer egységvektoraival

A helyi koordinátarendszerben egy adott  $e$  elem esetén az elmozdulás  $\underline{u}^L$  és elfordulás  $\underline{\chi}^L$  vektorok a következő kifejezéssel írhatók le:

$$\left[ \underline{u}^T \underline{\chi}^T \right]^{L,T} = V^{LG}(\varphi) \underline{q}_i^G + \underline{\Phi}^L(\varphi) \underline{a} + \hat{\underline{\Phi}}^L \hat{\underline{a}}, \quad \underline{\Phi}^L(\varphi_i) = 0, \quad \hat{\underline{\Phi}}^L(\varphi_i) = \hat{\underline{\Phi}}^L(\varphi_j) = 0 \quad (1)$$

ahol a  $\underline{q}_i^G$  globális koordináta-rendszerbeli csomóponti elmozdulás vektor az első  $i$ -dik csomópontban,  $V^{LG}(\varphi)$  a transzformációs mátrix, amely megadja a rúdelem egy tetszőleges pontjában a merevtestszerű elmozdulás vektort,  $\underline{\Phi}^L(\varphi)$ ,  $\hat{\underline{\Phi}}^L(\varphi)$  az approximációs mátrixok,  $\hat{\underline{a}}$  a pótlólagos állandók vektora. A pótlólagos állandók maximális száma összesen  $4xp=20$  lehet,  $T$  a mátrix és vektor transzponálás jele. Az  $\underline{a}$   $(6,1)$  paramétervektor a következő képletből könnyen kiszámítható:

$$\underline{q}_j^G = \left[ \underline{u}^T \underline{\chi}^T \right]_j^{G,T} = T(\varphi_j) V^{LG}(\varphi_j) \underline{q}_i^G + T(\varphi_j) \underline{\Phi}^L(\varphi_j) \underline{a} \quad (2)$$

Ahol  $T(\varphi_j)$  a transzformációs mátrix a globális és a lokális koordináta-rendszer között a  $j$ -dik csomópontban,  $\underline{q}^T = [\underline{q}_i^G, \underline{q}_j^G]^T$  a rúdelem csomóponti elmozdulás vektora. A görbült rudak

elméletének megfelelően három független elmozdulás mezőt ( $u_1, u_2, u_3$ ) és egy érintő irányú elfordulást ( $\chi_3$ ) közelítünk a következő formában:  $[\mathbf{u}^T \chi_3]^L = \bar{\mathbf{N}}\mathbf{q} + \hat{\mathbf{N}}\hat{\mathbf{a}}$ . A hajlító nyomaték komponenseket ( $M_1, M_2$ ), az  $M_3$  csavaró nyomatékot, és az  $F$  rúderőt a következő formában adhatjuk meg:  $[F M_1 M_2 M_3]^T = \mathbf{D}[\bar{\mathbf{B}}\mathbf{q} + \hat{\mathbf{B}}\hat{\mathbf{a}}]^T$ , ahol a  $\mathbf{D} = \text{diag}(AE, IE, IE, I_pG)$ , az anyagállandók mátrixa,  $A$  a keresztmetszet,  $E$  a rugalmassági-modulus,  $IE$  a hajlító merevség,  $I_pG$  a csavaró merevség,  $\mathbf{B}, \hat{\mathbf{B}}$  az alakváltozásokhoz szükséges approximációs mátrixok. A kontaktfeszültség számításához a Hertz-elméletet használtuk [4], melynek segítségével meghatározható a kontakt deformáció nagysága is. Ez a későbbiek folyamán a kopási folyamatok vizsgálatánál lesz fontos. A kifejlesztett  $p$ -verziós végelem szoftverben a felhasználó megadhatja a sodrat geometriai és anyagparamétereit, valamint a kontakt deformáció számításához szükséges rugóállandót. Tetszőleges típusú befogás definiálható, tehát rögzített és szabadvégű sodratok is modellezhetők, az üzemi körülményektől függően. A sodrat végén lévő csomópontok a mag keresztmetszetének közepén lévő ún. főcsomópontba vannak bekötve merev elemek segítségével, így a terhelés ezen a csomóponton keresztül történik.

### 3. $p$ -verziós végelem modell validálása

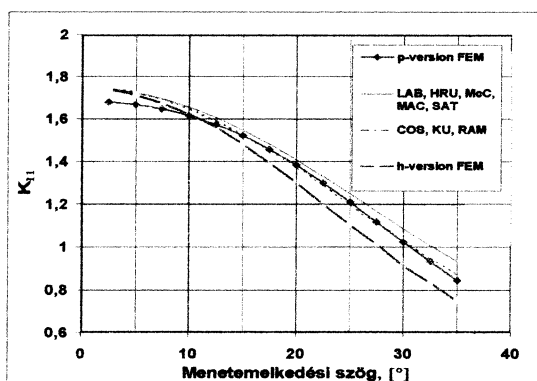
Az [5] irodalomban található adatok alapján elvégeztük a hét huzalból álló sodrat mechanikai analízisét húzó igénybevétel esetére. A geometriai és anyagparaméterek az alábbiak: rugalmassági-modulus  $E=197.9 \text{ GPa}$ , Poisson-tényező  $\nu=0.3$ , a maghuzal sugara  $R_1=1.97 \text{ mm}$ , a külső, spirális huzal sugara  $R_2=1.865 \text{ mm}$ , a külső huzalok száma  $m_2=6 \text{ db}$ , a huzalok menetemelkedése  $\alpha=2.5^\circ-35^\circ$ , a tengelyirányú terhelőerő  $F=40000 \text{ N}$ . A (3) egyenlet alapján, meghatároztuk a merevségi mátrix elemeit különböző menetemelkedési szögek esetére, és összehasonlítottuk az [5]-ben található diagramokkal. Mint az a 2-5. ábrán is látható, az eredmények jó egyezést mutatnak egymással. A merevségi mátrix elemei dimenzióatlanított mennyiségek. A  $p$ -verziós modell esetén szimmetrikus merevségi mátrixot kapunk, azonban néhány analitikus elmélet nem-szimmetrikus mátrixot eredményez, a különbség a 4. ábrán látható. A (3) egyenletben szereplő jelölések a következők:  $F_z$  a rúderő,  $M_z$  a csavarónyomaték,  $K_{11}, K_{12}, K_{21}, K_{22}$  a merevségi mátrix elemei,  $u_{zz} = \partial u_z / \partial z$ ,  $\Theta_{zz} = \partial \Theta_z / \partial z$  a tengelyirányú fajlagos nyúlás és szögelfordulás.

$$\begin{bmatrix} F_z \\ M_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{zz} \\ \Theta_{zz} \end{bmatrix} \quad (3)$$

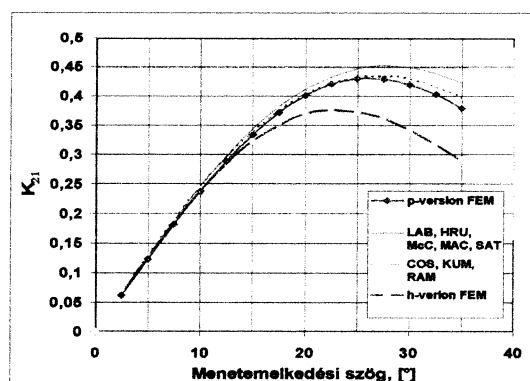
### 4. Következtetések

$p$ -verziós végelem modell lett kifejlesztve sodratok vizsgálatára tetszőleges igénybevétel esetére. A huzalok érintkezését figyelembe vettük, a feszültséget és az összenyomódást a Hertz-elmélet alapján számítottuk. Az [5] irodalomban található számítási eredményeket összehasonlítva a  $p$ -verziós modell eredményeivel, azok jó egyezést mutattak. A modell előnyei a  $h$ -verziós végeelemes modellekhez képest a kisebb gépigény, és a rövid számítási idő. További feladatok között szerepel a súrlódás

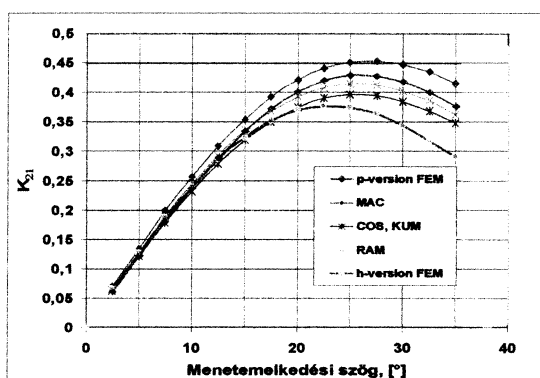
figyelembevétele, amely alapvető fontosságú lesz az élettartam számítás során.



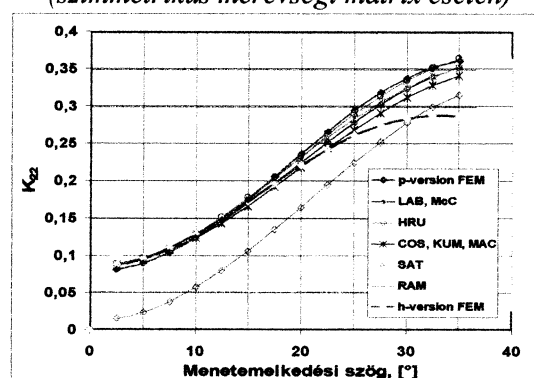
2. ábra.  $K_{11}$  merevségi mátrix komponens a menetemelkedési szög függvényében



3. ábra.  $K_{21}=K_{12}$  merevségi mátrix komponens a menetemelkedési szög függvényében (szimmetrikus merevségi mátrix esetén)



4. ábra.  $K_{21}$  merevségi mátrix komponens a menetemelkedési szög függvényében (nem-szimmetrikus merevségi mátrix esetén)



5. ábra.  $K_{22}$  merevségi mátrix komponens a menetemelkedési szög függvényében

## 5. Köszönetnyilvánítás

Jelen kutatás a Magyar Tudományos Akadémia OTKA K67825, és a GVOP-3.1.1.-2004.05-0171/3.0 projekt támogatásával jött létre.

## 6. Irodalom

- [1] G. A. Costello: **Theory of Wire Rope**, 2nd edition, Springer, New York, 1997
- [2] Mohammed Raouf, Ivana Kraincanic: **Determination of wire recovery length in steel in steel cables and its practical applications**, Computer&Structures, Vol. 68, pp. 445-459., 1998.
- [3] R. Beleznai, Sz. Szávai, L. Sárközi, P. Rózsahegy: **Analytical and FEM Analysis of the Seven-wire Strand Under Axial Load**, Pollack Periodica, Vol. 2. No. 2, pp. 93-101, Pécs, 2007.
- [4] Sz. D. Ponomarjov, V. L. Bidermann, K. K. Liharjev, V. M. Makusin, N. N. Malinyin, V. I. Feodoszjev: **Szilárdsági számítások a gépészetben, 3. kötet: Lemezek, héjak, vastagfalú csövek. Érintkezési feszültség**, Budapest, Műszaki Könyvkiadó, pp. 369-469, 1965. (in Hungarian)
- [5] S. R. Ghoreishi, T. Messenger, P. Cartraud and P. Davies: **Validity and limitations of linear analytical models for steel wire strands under axial loading, using a 3D FE model**, Int. J. of Mechanical Sciences, Vol. 49, pp.1251-1261, 2007.

**Beleznai Róbert**, doktorandusz

Munkahely: Bay Zoltán Közalapítvány

Cím: H-3519, Hungary, Miskolc-Tapolca, Iglói út. 2.

Tel.: +36-46-560-120/158

E-mail: beleznai@bzlogi.hu

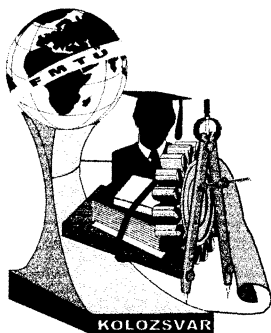
**Dr. Páczelt István**, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja

Munkahely: Miskolci Egyetem, Mechanikai Tanszék

Cím: H-3515, Hungary, Miskolc, Egyetemváros

Tel.: +36-46-565-162

E-mail: mechpacz@uni-miskolc.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## HELIKOPTER ÁLTAL LESUGÁRZOTT ZAJ VIZSGÁLATA

Bera József

### Abstract

Using present-days noise evaluation methods, noise resulting from helicopters is characterized by only one datum. The aircraft's noise nuisance can be determined by field monitoring. Results of field measurement should be compared results other ones. Because of the helicopters are complicated and difficult noise source, the characteristics (directions of emissions, partial noise sources etc.) determine fundamentally their noise emissions. My work and paper shows and vindicates that helicopter's sound-field have to be described narrowly, not characterized by only one datum. The paper will be organized as follows: Section 1 shows actual questions of transportation noise. Section 2 words the helicopter as a noise source. Section 3 presents noise resulting from helicopters. Section 4 shows the conclusions.

### Összefoglalás

A helikopteres repüléstől származó zaj értékelésénél a jelenleg alkalmazott eljárás szerint egy-egy adattal adják meg a leszállási-, felszállási- és átrepülési zajszinteket. A légi járműtől származó környezeti zajterhelést helyszíni zajmérések alapján határozhatjuk meg, a követelményekkel való összevetéshez, vagy más zajokkal történő összehasonlításhoz a ténylegesen mért értékek használata szokásos. Azonban a helikopter, mint összetett zajforrás környezetében kialakuló hangtér jellegét a lesugárzott zaj mértéke mellett a lesugárzás irányítottága, és a rész-zajforrások eltérő üzemi viszonyokból eredő zajkibocsátása alapvetően meghatározza. Az általunk elvégzett zajmérések alapján igazolható, hogy a helikopterek zajszempontú minősítéséhez elengedhetetlen a hangtér alaposabb feltárása és a lesugárzott zaj - egy számadat megadása helyett - pontosabb leírása, a zajjellemzők összevetése a hangtér különböző pontjain kimutatott hangnyomásszintek alapján.

### 1. Bevezetés

A XXI. században a társadalom, a gazdasági élet szereplői és korunk embere számára már létfontosságú a közlekedési rendszerek működtetése, a nyersanyagok és az előállított termékek szállítása, valamint az emberek napi utazásához szükséges feltételek biztosítása. Ez együtt jár a közlekedéstől származó környezetterhelés, ezen belül a zaj- és rezgés folyamatos növekedésével, így megfogalmazódott az igény a járművek használatától származó zaj vizsgálatára. Ilyen jellegű kutatást végzett többek között Barbara Griefahn, Anke Marks, Sibylle Robens, és vizsgálati eredmények alapján közölt tanulmányban [1] értékelik a zaj hatásait, a növekvő zajszintekből eredő, az emberi reakciókban bekövetkezett változásokat. Rámutatnak többek között arra is, hogy a legtöbb ország az egyéb zajokhoz képest magasabb zajterhelési határértéket határoz meg a közlekedési létesítmények, így a repülőterek környezetében. Ez felveti azt a kérdést, hogy mekkora lehet a magasabb határérték, valamint a zavaró hatást mérlegelve mekkora és milyen jellegű zajkibocsátás lép fel az adott közlekedési eszköz környezetében. A kérdésre helikopter leszállóhelyek működtetésénél, légi járművektől származó zaj és a zajkibocsátás vizsgálata során kerestünk választ.

## 2. Helikopter, mint környezeti zajforrás

Helikopteres repülésre és a lakóterületek felett végzett repülési műveletekre a növekvő igények miatt egyre gyakrabban kerül sor, ezzel együtt a beépített területeken helikopter leszállóhelyek létesítését és működtetését - kisebb városi repülőterek, gazdasági társaságok leszállóhelyei, mentő helikopter leszállóhely - is meg kell oldani. A leszállóhelyek működtetését azonban erőteljesen korlátozza, ha a létesítményt olyan települési környezetben kívánjuk elhelyezni, ahol a szomszédos építmények zaj elleni védelmét is biztosítani kell. Előfordul, hogy egy-egy területen a repülési műveletszám korlátozása szükséges, vagy a leszállási és kirepülési útvonalak pontos kijelölése jelenti a zajvédelmi követelmények teljesítésének egyik lényeges feltételét. A határértékek előírása és a követelmények teljesítése miatt elkerülhetetlen a repüléstől származó zajterhelés pontos meghatározása [2].

A követelmények előírása, és a helikoptertől származó zaj értékelése a következő tényezők alapján történik [2]:

- helikopterre vonatkozó leszállási-, átrepülési- és felszállási zajszint. Vagy a légi jármű zajbizonyítványában szereplő adat, vagy egyedi vizsgálattal meghatározott érték;
- repülési műveletek száma az adott időegységre vonatkoztatva;
- légi jármű és a terhelési pontok közötti távolság.

A helikopterre vonatkozó zajszintek határozzák meg elsődlegesen a környezetben okozott zajterhelést. A légi jármű, mint sugárzó hangforrás hangteret létesít maga körül, ennek jellemzésére használjuk a hangtér adott pontjában kimutatott és méréssel pontosan meghatározható hangnyomás ( $L_p$ ) értékeket. A zajforrásra a továbbiakban a hangnyomásszintekből megállapított hangteljesítményszint lesz ( $L_w$ ) a jellemző. A lesugárzott hangteljesítmény és a hangtér közötti kapcsolatot ezért annak figyelembe vételével kell vizsgálnunk, hogy a helikopter összetett zajforrás, ezért a rész-zajforrások jellemzőinek és a lesugárzás irányítottságának függvényében is változik a környezeti zajkibocsátás.

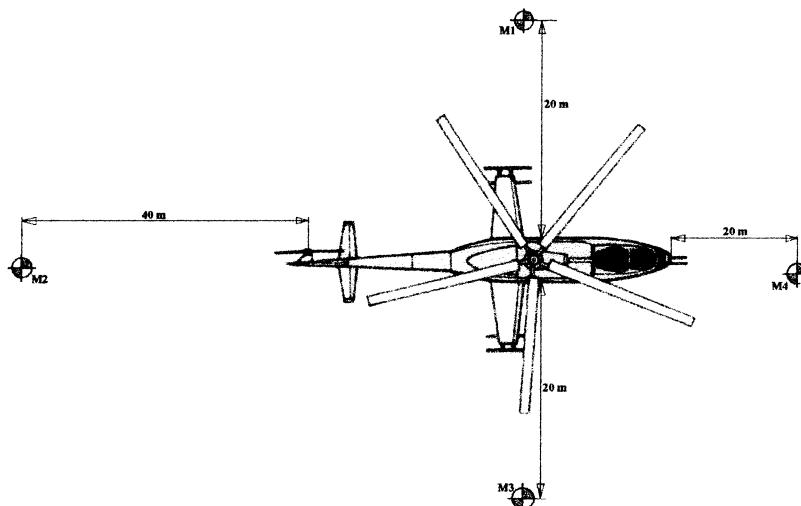
## 3. Helikoptertől származó zaj

Az elvégzett vizsgálatok során a helikoptertől származó zajt az irányított sugárzás miatt több ponton mértük. A zajszintek megállapítása és a lesugárzott zaj jellegének elemzése céljából *MI-24 Hind* típusú helikopter közeltéri mérését végeztük el. A helikopter környezetében 4 db mérési pontot jelöltünk ki a következő szempontok figyelembe vételével:

- a közeltéri mérések a vizsgált részegység mellett a szomszédos részegység közelében is történnek, ezért a meghatározó rész-zajforrásokat igyekeztünk elhatárolni;

- a különböző irányok kijelölése a zajlesugárzás mértékének és jellegének függvényében történt, ami összehasonlításra is lehetőséget ad;
- a mért zajszintek jellemzőek legyenek a kialakuló hangtérre.

Méréseinket alapjárati és felszálló üzemmódban (függeszkedés 15 m-en) végeztük az 1. számú ábrán szemléltetett vizsgálati pontokban, a mérési pontok magassága 1,5 m volt.



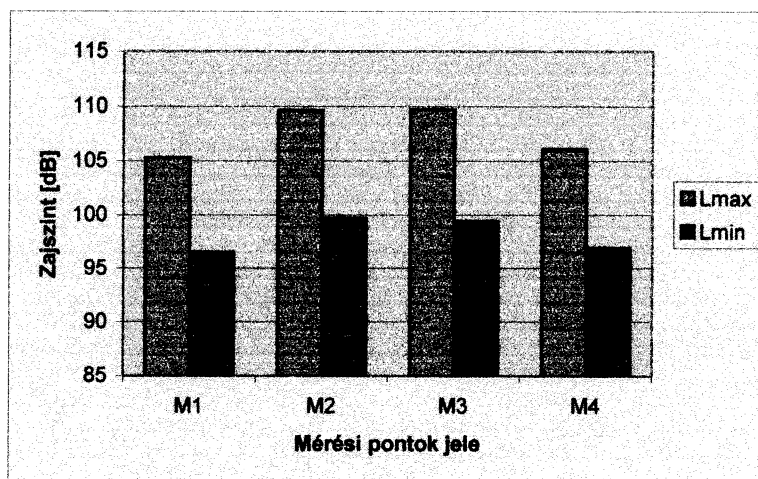
1. ábra Vizsgált helikopter és a zajmérési pontok elrendezése

Álló helyzet							
M1		M2		M3		M4	
$L_{max}$	$L_{min}$	$L_{max}$	$L_{min}$	$L_{max}$	$L_{min}$	$L_{max}$	$L_{min}$
100,5 dB	92,4 dB	105,7 dB	99,9 dB	104,2 dB	95,7 dB	105,8 dB	95,9 dB
Függeszkedés 15 m-en							
M1		M2		M3		M4	
$L_{max}$	$L_{min}$	$L_{max}$	$L_{min}$	$L_{max}$	$L_{min}$	$L_{max}$	$L_{min}$
105,3 dB	96,5 dB	109,6 dB	99,7 dB	109,7 dB	99,4 dB	106,1 dB	96,9 dB

1. táblázat Legnagyobb és legkisebb zajszintek a mérési pontokban

Az 1. táblázatban feltüntetett, mért zajszint értékek alapján megállapítható, hogy mind álló helyzetben a kisebb hajtómű teljesítménynél, mind függeszkedésnél a nagyobb hajtómű teljesítménynél a hangtér fő irányában egyaránt jelentős eltérések mutatkoznak a kimutatott legnagyobb és legkisebb hangnyomásszintekben. A helikopter hátsó és jobb oldalán észlelt magasabb értékekben például a hajtómű és a főrotor működése mellett jelentős szerepe van a fark légcsavarnak, ami a baloldali elhelyezésemből, illetve ebből adódóan a szívó-nyomó irányból adódik. Emellett a helikopter bal- és jobb oldalán a minimum értékek változása alapján következtethetünk arra, hogy az indulás időszakában megnövekszik a hajtóművektől származó zaj szerepe az összes zajkibocsátásban, míg álló helyzetben elsősorban a rotorlapátok zaja dominál. A rész-zajforrások működési jellemzői miatt a kialakuló hangtér baloldalán és első részén, illetve a hangtér hátsó részén és jobb oldalán mutatható ki közel

azonos mértékű és jellegű zajszint. Álló helyzet üzemmódban a helikopter mögött kisebb értékeket mértünk, ami a farok légsavár működéséből eredő zaj változását mutatja. A zajszintek összevetését függeszkeedésnél a 2. számú ábra szemlélteti.



2. ábra Legnagyobb és legkisebb zajszintek összevetése függeszkeedésnél

#### 4. Következtetések

A helikopter környezetében különböző irányokban egyidejűleg mért zajszintek alapján jutottunk azokra a megállapításokra, melyek a további vizsgálatokat alapvetően meghatározzák. A kimutatott hangnyomásszintek figyelembe vételével levont következtetések:

- a légi jármű, mint összetett zajforrás működik, a környezetében kialakuló hangtér jellemzői a különböző irányokban eltérőek, a rész-zajforrások kialakítása és működése függvényében jelentős eltérések adódnak a hangtér különböző pontjain;
- a helikoptertől származó zaj csak több mérési adattal írható le pontosan, a zajszintek értékelésénél minden esetben figyelembe kell venni a lesugárzási irányokat.

A vizsgálati eredmények rámutatnak arra is, hogy a különböző közlekedési eszközök működésétől származó zajterhelés összehasonlításánál, illetve az együttes vagy eltérő követelmények meghatározásánál az elemzést ki kell terjeszteni a rész-zajforrásokra és a hangtér jellemzőire.

#### Irodalom

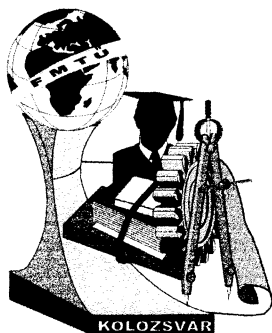
- [1] Barbara Griefahn, Anke Marks, Sibylle Robens: Noise emitted from road, rail and air traffic and their effects on sleep, Journal of Sound and Vibration 295, 2006., p. 129-140.
- [2] Bera József, Helikopter leszállóhely zajvédelmi tervezése, Repüléstudományi Közlemények különszám, 2007. április 20., Szolnok.

**Bera József** műszaki szakértő

Munkahely: Közép-Duna-völgyi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség

Cím: 1072 Budapest, Nagydíófa utca 10-12.

Telefon: +36-1-478-44-00, E-mail: berajo05@t-online.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## MÉRŐRENDSZEREK A FORGÁCSOLÁSKUTATÁSBAN

**Biró Szabolcs**

### **Abstract**

Machining by cutting has greatly been advanced during the last decade. Not only more productive cutting tools have appeared in the market, but also the measuring/recording systems of cutting process have become more complicated and professional. In the fields of cutting research very expensive measuring devices provide data of cardinal importance to the scientists. The several measured data get directly (online) or by implication to the central computer, after this we can draw a deep-going examination by a data processing and analysing.

### **Összefoglalás**

A forgácsolás az elmúlt évtizedben óriási fejlődésen ment keresztül. Nemcsak egyre nagyobb produktivitású forgácsolószerszámok jelentek meg a piacon, hanem a forgácsolási folyamatot regisztráló mérőrendszerek is professzionálisabbá váltak. A forgácsoláskutatás nagy értékű mérőberendezései kulcsfontosságú adatokat szolgáltatnak a kutatók számára. A mérési adatok közvetlenül -on-line- vagy közvetve jutnak el a központi számítógépre, ahol feldolgozásuk utáni kiértékelésekből mélyreható következtetéseket tudunk levonni.

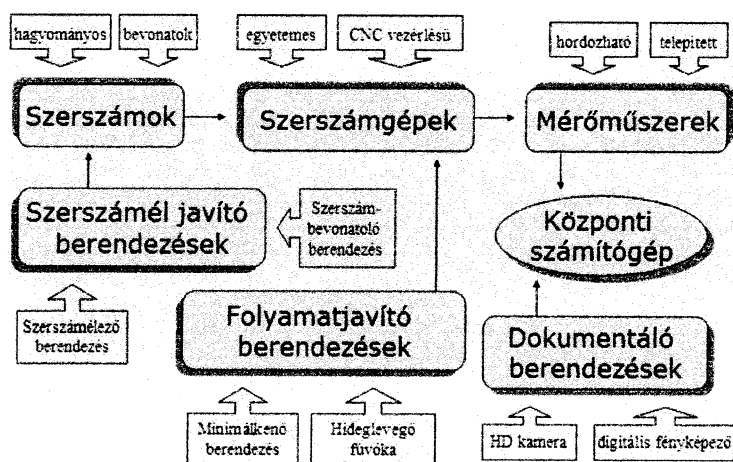
### **1. A forgácsoláskutatás a BMF Bányai Gépezeti Karán**

A Budapesti Műszaki Főiskola Bányai Gépezeti Karán a Gépgyártástechnológiai Szakcsoport évtizedek óta nagy hangsúlyt fektet a forgácsolástechnológiai kutatásokra. Az ellenőrzött körülmények között vizsgált forgácsolási folyamatok több tudományos diákköri munka, szakdolgozat és kutatási jelentés alapját képezik. Az elmúlt években az olyan neves szerszámgyártó cégek, mint a Böhlerit, DeBeers Ltd., Dormer Ltd., Gühring&Co, Horn GmbH., Kennametal Inc., Korloy Ltd., Platit AG., Robb&Jack Inc., Sandvik Coromant, SecoTools, TaeguTec, Tivoly SA, Tungaloy Ltd. szerszámait minősítettük, forgácsoló képességüket kutattuk [1]. Az utóbbi öt évben közel ötven szakdolgozat és TDK munka valamint legalább ennyi kutatási jelentés született. A szerszámvizsgálatokhoz nélkülözhetetlen mérőrendszerek kiépítése és bővítése kulcsfontosságú a forgácsoláskutatásban, ugyanis egyre nagyobb produktivitású forgácsolószerszámok jelennek meg a piacon, így a forgácsoláskutatás nagy értékű mérőberendezései is egyre több adatot szolgáltatnak a kutatók számára. A mérési adatok központi számítógépen történő tárolása és feldolgozása után átfogó következtetéseket tudunk levonni a teljes forgácsolási folyamatról.

### **2. A forgácsoló mérőrendszer felépítése**

A forgácsoló mérőrendszer legfőbb ismérve, hogy a mérés összes adata egy központi számítógépen gyűlik össze. Az 1. ábrán látható mérési környezet lehetővé teszi a forgácsolási folyamat alapos nyomon követését. Az összegyűjtött adatok rendszerezés és feldolgozás után kiértékelésre kerülnek, a ka-





1. ábra. A forgácsoláskutatási mérőrendszer általános felépítése

pott eredményekből pedig a forgácsolási folyamat változásaira következtethetünk.

A mérőrendszer valamennyi forgácsolási kísérletben alkalmazható, jellemzően az esztergálási, marási és fűrési folyamatok megfigyelésére szolgál. Azt, hogy hány elemből épül fel a rendszer a kutatási feladat

összetettsége és a rendelkezésre álló időtartam határozza meg.

### 3. A forgácsoló mérőrendszer elemei

A mérőrendszer felépítéséből is látszik, hogy a benne található elemek a forgácsolószerszámok, a szerszámgépek, a mérőműszerek, valamint a folyamat- és szerszáméljavító berendezések köré csoportosíthatók. Szakcsoportunk az alábbi eszközökből és berendezésekből álló mérőrendszert használja a kutatáshoz [2]:

#### Szerszámgépek:

- SU50/1500 egyetemes esztergagép fokozatmentes hajtással
- MSN 500 CNC marógép
- NCT EuroTURN 12B CNC esztergagép
- EEN 320 CNC esztergagép

#### Hordozható mérőműszerek:

- MARSURF PS1 hordozható érdességmérő berendezés
- Wilson-Wolpert dyna TESTER®10 keménységmérő berendezés

#### Telepített mérőműszerek:

- KISTLER 5019 típusú 3 komponenses erőmérőrendszer az esztergakísérletekhez

- KISTLER 9257A típusú nyomatékmerő a maró és fűrőszerszámok vizsgálatához
- DynoWare szoftver az erő és nyomatékadatok kiértékeléséhez
- HITEC sztereómikroszkóp CCD kamerával
- Mahr/Perthen felületvizsgáló berendezés (3D)

#### Dokumentáló berendezések:

- NIKON COOLPIX 5400 digitális fényképezőgép fotóállvánnyal
- SONY HD digitális kamera állvánnyal

#### Folyamatjavító berendezések:

- HCS250 TKM minimálkenő berendezés
- Cold Air Gun hideglevegő fúvó berendezés

#### Szerszáméljavító berendezés:

- DAREX V391 szerszámélező gép

### 4. Egy forgácsolószerszám vizsgálatának általános lépései

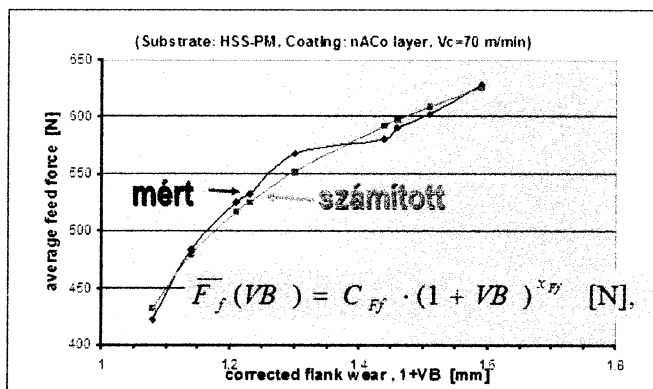
A forgácsolási kísérletek legfőbb célja, hogy kiderítsük, és tudományos igényességű mérésekkel alátámasszuk az új fejlesztésű szerszámok, bevonatok és berendezések milyen mértékben képesek a forgácsolási folyamat javítására. A kísérletek megkezdése előtt minden esetben előzetes vizsgálatokat végzünk, elsőként a forgácsolószerszám mikroszkópos szemrevételezése történik. A mérőműszer

forótdokumentálásra is képes, így az esetleges gyártási hibákból és szállítási sérülésekből adódó reklamációk kivédhetők. Ha a kutatás feladat megkívánja minden esetben elvégezzük az éllekerekedés és az élérdeesség mérését, így további hasznos adatokat gyűjtünk a szerszámról.

Az előzetes szerszámvizsgálatokkal párhuzamosan előkészítjük a munkadarabokat, felműszerezzük a szerszámgépet, összeállítjuk az on-line mérőrendszert. A technológiai adatok szakszerű megválasztása a kísérlettervezés módszerével történik, ezután elvégezzük a kísérleti forgácsolásokat. A vizsgált folyamatról a lehető legtöbb információt gyűjtjük be, így például a fellépő erőket, nyomatókat; a felületi mikrogeometria paramétereit; a keletkezett forgácsokból tablót készítünk, és meghatározzuk a szerszámkopás pillanatnyi állapotát. Az így összegyűjtött adatokat rendszerezzük,

feldolgozzuk és kiértékeljük.

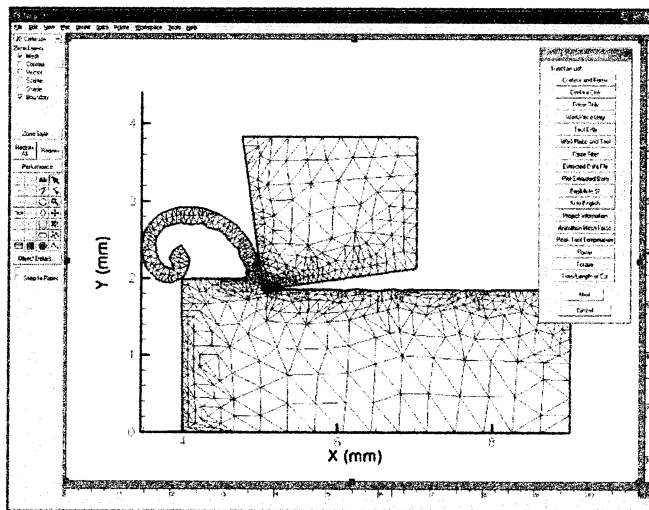
A további kísérleti beállítások a választott matematikai modell segítségével elkerülhetők. A matematikai modellek megalkotásával olyan empirikus összefüggések prognosztizálhatók, melyeket csak hossz- és nagy költségeket felemészítő kísérletekkel tudnánk alátámasztani [3].



2. ábra. Matematikai modell a forgácsoláskutatásban

A végeelem-analízis szintén lehetőséget nyújt a forgácsolási folyamat jobb megértésére [4]. A miskolci valamint a kassai Műszaki Egyetemmel közösen végzett kutatási projektek alkalmat teremtenek a mérési adatok számítógépes feldolgozására és modellezésére. Az intézményekben folyó kutatómunka hatékonyságát a nemzetközi konferenciákon való közös részvételek száma is jól mutatja: 2007. évben 10 szakkikk született és 14 előadás hangzott el.

A jól felépített mérőrendszer, a modern műszerek, berendezések mit sem érnek a kiváló szakemberek részvétele nélkül. A forgácsolószerszámok kutatását olyan szakmai gárda tudja hatékonyan elvégezni, melyben részt vesznek a TDK tevékenységet folytató, vagy szakdolgozatukat készítő hallgatók, a mérnökök, valamint a tudományos fokozattal rendelkező oktatók is. Tapasztalatunk szerint a tényleges kutatási feladatokba bevont hallgatók komoly elhivatottságúak, az elkészült TDK, vagy szakdolgozati munkájuk pedig magas színvonalú.



3. ábra. Végeelem-analízis alkalmazása



4. ábra. TDK-s hallgatók a forgácsoláskutatásban

dek óta tartó kutatásokat.

#### Összefoglalás, további tervek

Tapasztalataink szerint az on-line mérési környezet kialakítása a forgácsoláskutatásban minden szempontból hasznos. A mérőeszközök és berendezések nagy segítséget nyújtanak, alkalmazásuk hatékonyabbá és sokkal rugalmasabbá teszi a kutatást. Az egyre nagyobb számú hallgatói érdeklődés a forgácsolószerzők vizsgálata iránt számunkra azt jelenti, hogy továbbra is érdemes folytatni az évtize-

#### Irodalomjegyzék:

- [1] dr. Sipos, S. -dr. Palásti-Kovács, B.: A forgácsoláskutatás néhány eredménye a szerszámminőség területén, Nemzetközi Gépész és Biztonságtechnikai Szimpózium 2007.11.14., BGK.
- [2] Biró, Sz. – Horvát, R.: On-line mérőrendszerek a forgácsoláskutatásban, Multimédia az oktatásban konferencia, BMF, Budapest, 2007. augusztus.
- [3] R. Horváth – Sz. Biró – S. Sipos dr.: New results on wear mechanisms of PCBN inserts in hard turning DMC Conf. 2007. 15-16. Nov. 2007. Kosice, p. 85- 90.
- [4] S. Sipos dr. – Sz. Biró – R. Horváth: Tool development in turning of hardened steels Research Reports for Advanced Machining Technology in Automotive Production (AMTAP-2007) Cracow, April 2007. p. 91-95.

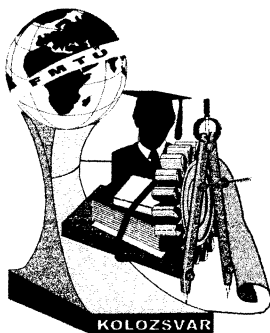
**Biró Szabolcs**, intézeti mérnök

Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Kar, Anyagtudományi és Gyártástechnológia Intézet, Gépgyártástechnológiai Szakcsoport

1081 Budapest, Népszínház u. 8.

Tel: +3616665470

E-mail: biro.szabolcs@bgk.bmf.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## NUMERIKUS MÓDSZEREK ÉS SZAKÉRTŐI RENDSZEREK ALKALMAZHATÓSÁGA A MŰSZAKI GYAKORLATBAN

Bitay Enikő, Bagyinszki Gyula

### Abstract

Numerical methods have proved to be important techniques in engineering practice, and have been successfully applied in several fields of engineering, especially in the property prediction of materials and in the computerized planning of components and of technologies. During the last three decades, a new numerical tool has been developed: the knowledge based expert systems which were elaborated by researchers in artificial intelligence during the 1970s.

### Összefoglalás

A numerikus módszerek alatt általában számítógépes megoldásokat értünk, célszerűen kiválasztott matematikai eljárások alkalmazásával. Ezek a módszerek fontos szerepet kapnak a mérnöki gyakorlatban, így a tervezésben is. Egy korszerű, de sajátos területe az empirikus tartalmú tulajdonságbecslésnek ill. a technológiatervezésnek a mesterséges intelligenciát "megtestesítő" szakértői rendszerek alkalmazása.

### 1. Bevezető

A numerikus módszerek azok a számítási technikák (szabályok, eljárások, algoritmusok), amelyek révén az analitikus matematikából ismert megoldási módszerek analitikusan problémás (bonyolult, nem kezelhető) esetekben, illetve számítógépen (esetleg számológépen) is alkalmazhatók számszerű eredmények előállítására céljából. Számítógépi numerikus módszerek segítségével egyidejűleg nagyszámú változó és paraméter hatása vehető figyelembe, és azok kölcsönhatása is nagyon bonyolult lehet.

### 2. A numerikus módszerek rendszerező áttekintése

Numerikus módszerekre vonatkozó néhány általános megállapítás:

1. A matematika analitikus megoldási módszerei ritkán alkalmasak numerikus algoritmus előállítására.
2. Egy numerikus módszer csak akkor alkalmazható számítógépen, ha minden részében egyértelműen rögzítve van, hogy mi a következő lépés, azaz a kiválasztott módszert át kell alakítani programozható algoritmussá.
3. A numerikus algoritmus csak olyan műveleteket tartalmazhat, amelyek a számolást végző

berendezésen végrehajthatók.

4. A számolás végrehajtásához tudni kell: milyenek a kiinduló adatok, milyen pontossággal kell a kimenő adatokat megkapni, mekkora a műveletek végrehajtásának lehetséges pontossága, és ezzel összefüggésben milyen algoritmust kell alkalmazni.

5. Előnyös, ha az algoritmus rekurzív felépítésű, kevés lépésből áll, amelyeken a program a különböző értékrendszerekkel többször végigfut.

6. A numerikus algoritmusnak mindig végesnek kell lennie, vagyis véges számú lépésben eredményre kell vezetnie. Ennek megfelelően a végtelen matematikai formulákat (sorozatokat, sorokat) véges alakra kell hozni.

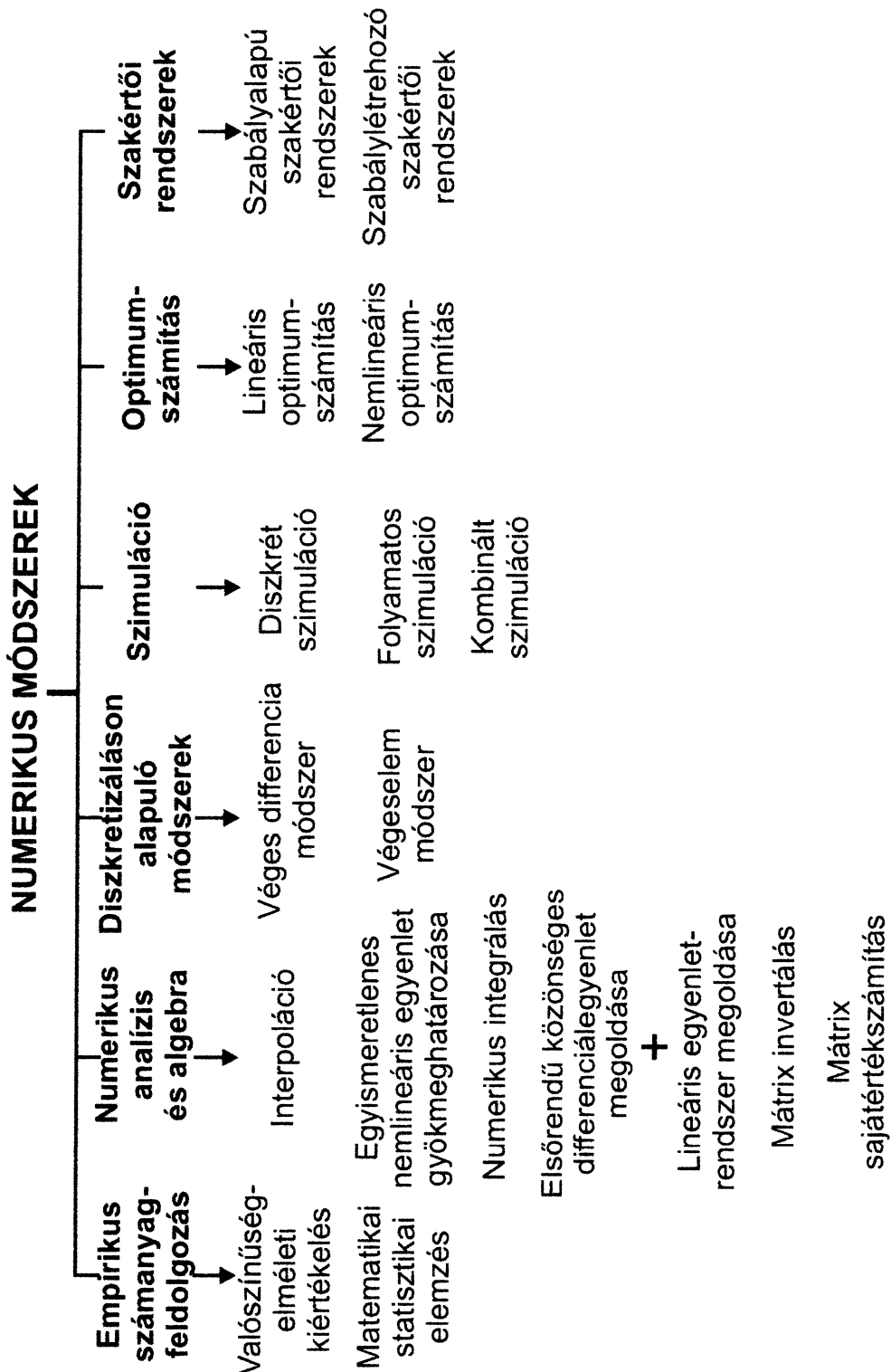
7. A fizikai mennyiségeket vagy a valós számokat numerikusan állítjuk elő (vagyis véges p-adikus tört segítségével), így csak közelítőleg, bizonyos hibával realizáljuk. A numerikus algoritmus alkalmazása során keletkező hibáknak három forrása lehet:

- a bemenő adatok hibája;
- a módszer (csonkítás) hibája;
- a kerekítési hiba (gépi hiba).

8. A nagyszámú numerikus feladatmegoldási lehetőség mellett azonban vannak gyakorlatilag „nem számítógépesíthető” feladatmegoldások is, mint például:

- a modellalkotás, a megoldás elvi algoritmusának kiválasztása, meghatározása;
- a heurisztikus gondolatok kiötlése, empirikus tapasztalatok felhasználása;
- egy-egy eljárás érvényességi körének, alkalmazhatóságának mérlegelése, hibabecslés;
- eredmények megítélése.

Az 1. ábra a teljesség igénye nélkül mutatja a főbb numerikus módszerek egy lehetséges felosztását alkalmazási terület szerint. Ebből a felosztásból kicsit kilógnak a szakértői rendszerek, ugyanis általában nem számítási képleten alapuló algoritmusokat alkalmaznak, hanem logikai úton, szabályok révén adnak a felhasználónak segítséget. A továbbiakban tehát ezeket nézzük meg részletesebben.



1. ábra A numerikus módszerek egy lehetséges felosztása

### 3. Szakértői rendszerek

#### 3.1. Bevezető

A „gondolkodó” gép eszméje nem új. Céltudatos és intelligens viselkedésű robotok már a görög mitológiában, a héber mítoszokban és másutt is előfordultak, de gyakorlati megvalósításuk csak a számítógépek korában vált lehetségessé.

A mesterséges intelligencia elmélete a legkülönbözőbb tevékenységekkel (pl. játék, bizonyítás, alakfelismerés) foglalkozik, de fő feladata olyan tevékenységek elvégzése, amilyenekre egy szakértő (ember) képes. Az ilyen szolgáltatásokat nyújtó számítógépi szoftvereket nevezik szakértői rendszereknek.

#### 3.2. A szakértői rendszer definíciója

Szakértői jártasságból (szakértő személyek szakértelméből) összetevődő tudásbázist alkalmazó, a felhasználónak valós helyzetben segítséget vagy tanácsot adó (intelligens döntést hozó vagy intelligens választ ajánló) számítógépi rendszer.

#### 3.3. Szakértői rendszerek típusai

⇒ Szabályalapú szakértői rendszer:

a tudásbázis előre meghatározott szabályait használó rendszer;

⇒ Szabálylétrehozó szakértői rendszer:

a tudásbázisban tényként tárolt példakészletből szabályokat kidolgozó rendszer.

#### 3.4. Szakértői rendszerek elemzése

A fenti definíció mellett vannak más meghatározásai is a szakértői rendszernek, mint például:

- a szakértői rendszer ismeretek és következtetések rendszere;
- a szakértői rendszer az emberi szakértői tevékenység szimulálására szolgáló számítógépes rendszer, mely a logikai következtetés szabályai szerint végez műveleteket adott információkkal;
- szakértői rendszer  $\equiv$  szakértői rendszerváz (shell) + szakértői tudás.

Ez utóbbi definícióban szereplő shell egy általános célú, magas szintű programozási nyelvű tudáskezelő program, melynek két fő feladata van: szakértői tudásinput logikai feldolgozása, tárolása, melynek eredménye:

tárolt szabály = szabálycímke + feltétel + esemény + magyarázat;

- a szabálycímke a tudásbázisban tárolásra kerülő szabály egyértelmű azonosítására szolgál;
- a feltétel általában ha... (if...) kezdetű megfogalmazás, melyben több információ is összekapcsolható az és, illetve a vagy szavakkal, valamint az =,  $\diamond$ , <, >,  $\leq$ ,  $\geq$  jelekkel, illetve logikai függvényekkel;
- az esemény általában akkor... (then...) kezdetű állítás, művelet, utasítás (ami lehet egy újabb szabály aktiválása is), melyhez az esetleges bizonytalanságot kifejező valószínűséget is hozzá kell rendelni;
- a magyarázat mivel... kezdetű kiegészítő információ, melyet indokolt esetekben (az egyértelműség érdekében) célszerű megadni.

tárolt tudás gyakorlati problémák megoldására való alkalmazása, reprezentációja, mely történhet:

- előreláncoló logikával, azaz a rendszer ismert feltételekből, tényekből jut el a megfelelő következtetésig vagy eredményig;
- visszafelé láncoló logikával, azaz a rendszer egy lehetséges következtetésből vagy eredményből kiindulva ellenőrzi, hogy teljesülnek-e azok a feltételek, tények, amelyek az adott következtetéshez vagy eredményhez vezethetnek.

A klasszikus számítógépi program és a szakértői rendszer közötti fő különbségek a következők:

<i>Program</i>	<i>Szakértői rendszer</i>
– adatbázis(ok)ra épül;	– tudásbázis(ok)ra épül;
– adatot kezel;	– tudást kezel;
– algoritmus(oka)t alkalmaz;	– szabályokat alkalmaz;
– ismétlődő eljárásokon halad keresztül.	– következtetett eljárásokon halad keresztül.

### 3.5. A szakértői rendszer felépítése

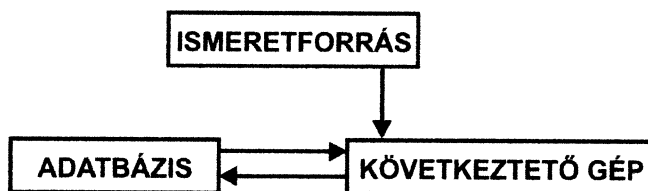
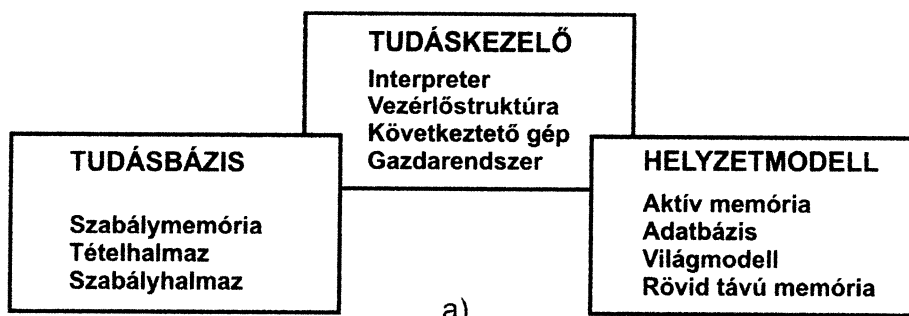
A szakértői rendszer felépítése többféleképpen is megadható (**2. ábra**). Legismertebb alakjában egy szakértői rendszert három fő eleme jellemez: a tudáskezelő, a tudásbázis és a helyzetmodell (ezeket szemlélteti a **2.a. ábra** az irodalomban használatos más elnevezésekkel együtt). Az egyes speciális témakörök szakértői tudásbázisában tárolt információt alkalmazva a tudáskezelő (shell) elemzi a helyzetmodellben lévő aktuális adatokat.

A **2.a. ábrán** azonban nem sok jel utal arra, hogy egy szakértői rendszer a külvilággal is kapcsolatban lenne. A gyakorlatban a tudáskezelő feladata a tudás megszerzése és bővítése is.

A **2.b. ábra** azt fejezi ki, hogy szükség van ismeretforrásra, de nem érzékelhető, hogy ennek kezelése során output is keletkezne.

A **2.c. ábra** szemlélteti egy teljes szakértői rendszer alkotóelemeit, a köztük fennálló összefüggéseket és a megoldások, illetve magyarázatok előállításának menetét. Egy ilyen szakértői rendszer nem önálló zárt világ, hanem – ideális esetben – működése során a megoldások előállításával egyidejűleg fejlődik, képessé válik újabb és újabb igények kielégítésére, s egy megfelelő kapcsolattartó rendszer segítségével kétirányú információáramlás folyik a rendszer és a külvilág között.





2. ábra Szakértői rendszer felépítése

3.6. Szakértői rendszerek műszaki alkalmazási területei

Tervezés (bizonytalansági tényezők figyelembevételével):

- konstrukciós és rendszer(hálózat)-tervezés;
- technológia- és folyamattervezés.

Műszaki diagnosztika:

- hardver- és szoftverhibák keresése;
- hibaanalízis.

**Folyamatszabályozás:**

- szenzorokkal ellátott, felügyeletsszegény gyártást megvalósító technológiai robotok irányítása;
- beavatkozási döntésmínőség-javítás tanuló algoritmusokkal.

**Matematika:**

- nem számszerűsíthető problémák kezelése;
- paraméteres ( $\pi$ ,  $e$ , stb), kerekítési hibacsökkentő algebrai és numerikus számítások.

**Kémia:**

- ismeretlen szerves vegyületek molekulaszervezetének azonosítása;
- szerves vegyületek szintéziséhez vezető reakciók sorozatának megtervezése.

**Geológia:**

- ásványvagyon-kutatás felszíni kőzettípusok alapján;
- olajmezők elemzése.

**Oktatás:**

- órarendkészítés, tesztkiértékelés, oktatóprogramok irányítása.

**Távközlés:**

- elektronikus posta tervezése, üzemszervezése, hibafeltárása.

**Honvédelem:**

- repülési útvonaltervezés, taktikai légitüzelés, hadgyakorlat-optimalizálás.

**3.7. Példa szakértői rendszer műszaki tervezésben való alkalmazására**

A szerszámok tönkremenetelét számos olyan tényező befolyásolja, melyek nehezen számszerűsíthetők, legtöbbször csupán a tapasztalat segít a hibaokok előrejelzésében és megkeresésében. Lemezmegmunkáló szerszámok hibái elemezhetők szakértői rendszer segítségével. Ilyen feladatok megoldására célszerű például szakértői rendszert használni. A rendszer felépítésének folyamata a következő:

1. A meghibásodások okainak és következményeinek összesítése.
2. A várható darabszám előrejelzése: determinisztikus és sztochasztikus tényezők számbavétele.
3. A szerszámok meghibásodásával kapcsolatos tapasztalatok összegyűjtése a szakirodalomból és nagy tapasztalattal rendelkező mérnökök esettanulmányaiból.
4. A szakértői rendszer főbb jellemzőinek rögzítése, analógiák felállítása, adatbázis és tudásbázis feltöltése (kapcsolat a számítógépes szimuláció, a CIM-környezet és a szakértői rendszer között).
5. A modell részleteinek tisztázása (szerszám kiinduló állapotától és a használatától függő tényezők, az állapot számszerű jellemzése, kölcsönhatások felderítése stb.).
6. A szakértői rendszer használata során szerzett tapasztalatok, a bővülő tudás beépítése a rendszerbe.

#### 4. Következtetések / Összefoglaló

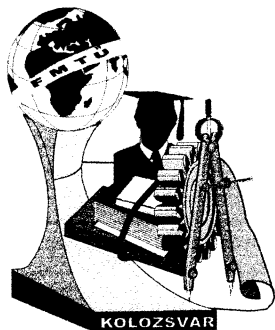
Mivel szaktudást igénylő feladat több is van egy adott technológia alkalmazásánál, így sok szakértői rendszert készítettek ill. készíthetnek. A szakirodalom több szoftverről számol be, azonban az adott program esetében sokszor maguk a szerzők sem tudják egyértelműen eldönteni, hogy hagyományos vagy a szakértői csoportba sorolják-e be programjukat. Például a hegesztési és a felületkezelési technológiák tervezése komplex feladat. Fizikai, kémiai, mechanikai és termomechanikai ismereteket feltételez, hozzáértve az anyagok metallurgiai jellemzőit, hegeszthetőségi, felületkezelhetőségi szempontjait, az eljárás sajátosságait, a minőségi, ergonómiai és ökológiai követelményeket, a termelékenységet, a költségvonzatokat, az üzemi adottságokat, stb.

#### Irodalom

- [1] Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: *Bevezetés az anyagtechnológiák informatikájába*. Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár, 2007
- [2] Kemény Sándor - Deák András: *Mérések tervezése és eredményeik kiértékelése*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1990
- [3] Főszerkesztő: Szabó Imre: *Gépészeti rendszertechnika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986
- [4] Bagyinszki Gyula: *Gyártásismeret és technológia*, BMF, Budapest, 2004
- [5] Bagyinszki Gyula - Bitay Enikő: *Anyagtulajdonosság- és technológiai paraméter-meghatározó módszerek értékelése*, XII. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülészaka, Kolozsvár, 2007. március 16-17.; Műszaki Tudományos Füzetek - EME kiadványa 5-10. oldal
- [6] Bagyinszki Gyula - Artinger István: *Felületkezelési rétegek törésmechanikai jellemezhetősége*, IV. Országos Törésmechanikai Szeminárium, Miskolc-Lillafüred, 1991., 97-108. o.
- [7] Bagyinszki Gyula: *Nagy energiasűrűséggel kezelt felületi rétegek tulajdonásbecslése* (Kandidátusi értekezés), BME Mechanikai Technológia és Anyagszerkeztetani Tanszék, 1997
- [8] Palótás Béla – Borhy István: *Hegesztési folyamatok matematikai modellezése*, Hegesztéstechnika, VII. évfolyam, 1996/2
- [9] Várady Károly: *A CAD numerikus módszerei*, BME Mérnöktoábbképző Intézet, Budapest, 1989
- [10] Erwin Kreyszig: *Advanced Engineering Mathematics*, John Wiley & Sons, Inc., 1993
- [11] Miser, H. J. – Quade, E. S.: *A rendszerelemzés kézikönyve*, OMFB – SKV, Budapest, 1986
- [12] Gyombolai Márton – Kindler József: *Döntésmódszertan*, GATE KVA, Budapest, 1993.

**Dr. Bitay Enikő**, egyetemi docens  
Sapientia – Erdélyi Magyar Tudományegyetem  
Műszaki és Humántudományok Kar,  
Marosvásárhely/Koronka (Tîrgu  
Mureş/Corunca)  
Segesvári út (Șoseaua Sighișoarei) 1C.  
Postacím: 540485, Op.9, Postafiók 4.  
Telefon: +40-265-208170  
Fax: +40-265-206211  
E-mail: ebitay@gmail.com

**Dr. Bagyinszki Gyula**, főiskolai tanár  
BMF, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai  
Mérnöki Kar, Anyagtudományi és  
Gyártástechnológiai Intézet,  
Anyag és Alakítástechnológiai Szakcsoport,  
1081 Budapest Népszínház u. 8.  
Tel: (+36-1) 666-5304;  
Fax: +36-(06)-1-666-5494  
E-mail: bagyinszki.gyula@bgk.bmf.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## KIS ÉS KÖZÉPVÁLLALATOK BESZÁLLÍTÓI TEVÉKENYSÉGÉNEK TÁMOGATÁSA VIRTUÁLIS LOGISZTIKAI KÖZPONT SEGÍTSÉGÉVEL

Buczko Katalin; Prof. Dr. Illés Béla

### Abstract

Nowadays both manufacturing and assembly companies have dealt with reducing costs while continuously overseeing the improvement of the quality so that they require accuracy, reliability and high standard quality from their suppliers. With a properly formed logistics network this reliability and accuracy can be provided. Besides this, however, an online computer-aided network should be built up to provide the fluent communication between the members of the logistics network. Due to the not properly organized material supply whole manufacturing lines can stop causing high costs and overstepping of the deadline. The lack of material can originate in the lack of information. This information and capacity problems can be solved by establishing a logistics network and computer network between the members in order to provide the principles of the cooperation. This online connection comes into being through a central database. The other problem is to join the assembly companies and the companies manufacturing raw materials, semi-finished goods or parts. So in this paper I give a theoretical solution to this problem, I have worked out an optimization process which can take into consideration several decision influential factors like price, quality, capacity and cost to select the best manufacturing company for a given task.

### Összefoglalás

A termelés globalizációja következtében a beszerzési és elosztási folyamatokban nagyméretű hálózatok és elosztási láncok jönnek létre, melyeknek meghatározó elemei a logisztikai szolgáltató központok, ipari parkokban létesült logisztikai központok valamint logisztikai klaszterek. Az igények folyamatos változása és bővülése miatt egy-egy vállalat nem képes naprakészen reagálni a változásokra. Éppen ezért szükséges kooperáció a vállalatok között hogy az intenzíven változó igényeket maximálisan kielehessen elégíteni a legjobb feltételek mellett. Azonban ahhoz hogy a kooperáció megvalósulhasson szükséges a folyamatos információáramlás, amely megelőzi illetve követi az anyagáramlási folyamatokat. Ezt biztosítja egy virtuális logisztikai központ létrehozása, mely egyben információs központként is szolgál. A kialakításának célja, hogy a kapacitás-problémákkal küzdő kis- és középvállalatokat versenyképessé tegye a beszállítói piacon. Ebben a cikkben bemutatásra kerül egy olyan matematikai modell, melynek segítségével egy adott megrendelés kielégítésére kiválasztható az a vállalat vagy vállalat csoport, amely a legjobb feltételek mellett tudja biztosítani a megrendelés teljesítését.

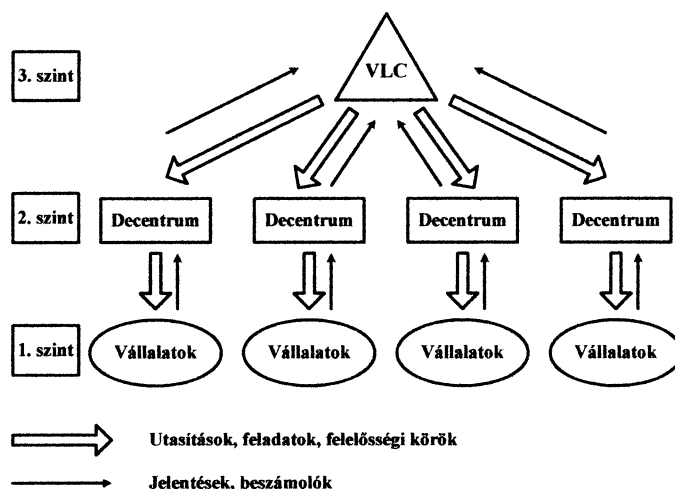
### 1. Bevezetés

A virtuális logisztikai központ az a szervezet, ami mint egy központi irányító hálózatba kapcsolja, koordinálja, ütemezi, szervezi és felügyeli a logisztikai szolgáltató folyamatok résztvevőinek tevékenységét, feladatait, igényeit. A hálózat méretétől és jellemzőitől függően a központ mellett decentrumok kiépítése is szükséges lehet. Mivel a költségekkel való ésszerű gazdálkodás egyre jelentősebbé válik, így a logisztikának is egyre meghatározóbb szerep jut, hiszen a logisztikai rendszer

teszi a vállalat gazdasági, értékalkotó tevékenységét zárt rendszerré, azáltal, hogy az alapanyagok, félkész-termékek, alkatrészek, segédanyagok beszerzési, a késztermékek, elosztási, hulladék-kezelési, újrahasznosítási folyamatát és az ezekhez kapcsolódó beszállítókat, vevőket és hulladékkezelőket – újrahasznosítókat egy gazdasági láncba integrálja.

## 2. A virtuális logisztikai központ és a beszállítói vállalatok kapcsolata

A virtuális logisztikai központ és a beszállító vállalatok között hierarchikus a kapcsolat, amellyel együtt hálózatban működnek együtt. A területi korlátok leküzdése érdekében a modellt úgy alakítottam ki, hogy a központ mellé decentrumokat vettem fel, melyek a hozzá tartozó beszállító vállalatok erőforrásait, kapacitásait és igényeit ismerve nagyobb biztonsággal tudnak döntést hozni az adott vállalatok közelében. Mindehhez azonban kulcsfontosságú, hogy a szükséges információk, mindig naprakészen, pontosan és megbízhatóan álljanak rendelkezésre a döntéshozók számára. Az információáramlásokat az 1. ábra szemlélteti



1. ábra. A virtuális logisztikai központ, a decentrumok és a beszállító vállalatok hierarchikus kapcsolata

Ezen együttműködés előnyei már közismertek úgymint erőforrás többszörözés, költség-megosztás, jobb kommunikáció, teljesebb körű szolgáltatás, olcsóbb beszerzés, stb., így ezekre a dolgokra nem tér ki. Sokkal inkább arra, hogy a központ illetve a decentrumok, hogyan válasszák ki a beszállítókat egy adott feladatra.

## 3. A Beszállító kiválasztás folyamata

A beszállító kiválasztásánál mindenek előtt tisztában kell lennünk azzal, hogy milyen feltételeket követel meg az adott megrendelés kielégítése. Ezek után meg kell határoznunk a befolyásoló tényezőket, illetve hogy az egyes tényezőket milyen súllyal kívánjuk figyelembe venni az összehasonlítás során. Mindenek előtt le kell szűrni azokat a vállalatokat amelyek gyártják a kívánt terméket, ezek után azt meg kell nézni az egyes vállalatok kapacitásait is, hogy a kívánt mennyiséget

tudják-e biztosítani. Mivel kis- és középvállalatokról van szó, nem csak azokat a vállalatokat vizsgáljuk, amelyek a teljes mennyiséget tudják szállítani, hanem vállalat-csoportokat (2,3,...stb. vállalatból álló csoportokat) is, amelyek egymás kapacitásait kiegészítve teljesítik a megrendeléseket. Azonban minden esetben a döntés az alábbi tényezők összehasonlítása alapján születik meg:

- A kívánt termék ára (Euro/db)

$$P_{tx} \rightarrow \min; \quad P_{tx} \rightarrow p_{tx}$$

- A termék minősége (ppm szám)

$$Q_{tx} \rightarrow \min; \quad Q_{tx} \rightarrow q_{tx}$$

- A beszállító vállalatok és a megrendelő vállalatok közti távolságok

$$D_t \rightarrow \min; \quad D_t \rightarrow d_t$$

$p_{tx}, q_{tx}, d_t$  - dimenzió nélküli mutatók, melyek alapján sorba állíthatók a lehetséges beszállítói vállalatok. Ezek után elő kell állítanunk egy összehasonlító mátrixot, mely alapján kiválasztható az adott igényt legjobban kielégítő vállalat.

$$A'_x = [a_{xi}] \tag{1}$$

Mely számítása a következő:

$$a_{xi} = k_{xi} * (p_{xi} + q_{xi}) \tag{2}$$

Ahol

$i=1, \dots, k$ ; - elegendő kapacitással rendelkező vállalatok;

$a_{xi}$  – az x. termékből elegendő kapacitással rendelkező i. vállalat összműtatószáma

$p_{xi}$  – az i-dik termelő vállalat által kínált termék-ár súlyértéke x. termékre vonatkoztatva;

$q_{xi}$  – az i-dik termelő vállalat által kínált termékminőség súlyértéke x. termékre vonatkoztatva;

$k_{xi}$  – az i-dik vállalattól a vevő közti szállítás költsége az x-dik termék esetén. (a szállítási költség a szállítási távolságokkal arányos)

Ezeket a számításokat minden vállalat-csoport esetén el kell végezni, és a választást az alábbiak szerint kell megtenni.

*1. táblázat. A beszállító vállalat illetve vállalat-csoport kiválasztása*

Megrendelés teljesítésének módja	A legjobb megoldások
Egy vállalat teljesíti a megrendelést	$\min_{1 \leq i < k} \{a_{xi}\}$
Két vállalat teljesíti a megrendelést	$\min_{1 \leq \delta < s} \{a_{x\delta}\}$
Három vállalat teljesíti a megrendelést	$\min_{1 \leq e < r} \{a_{xe}\}$
...	...

#### 4. Összegzés

A kidolgozott modellről elmondható, hogy jó eredménnyel határozza meg a legjobb termelő vállalatot adott megrendelés teljesítésére. A kiválasztási folyamat során figyelembe vesz több tényezőt, ami befolyásolhatja a döntést, úgymint ár, minőség, szállítási kapacitás, távolság. A megoldási folyamat során felállít egy sorrendet a vállalatok között, annak megfelelően, hogy a fent említett kritériumokat milyen mértékben elégíti ki. Arra nem ad választ, hogy egyik vállalat a másiktól mennyivel jobb illetve mennyivel rosszabb. Ezenkívül nem veszi figyelembe a vállalatok igényeinek specifikusságát, feltételezi, hogy minden feladatra azt a vállalatot illetve vállalat csoportot kell kiválasztani, amelyik a minden tényező szerint a legjobb eredményt adja. Az optimalizálási folyamat során korlátokat lehet felállítani az egyes tényezőkre (pl. minőség meghatározott korlátok között változhat) amellyel tovább szűkül a vizsgálandó vállalatok köre.

#### Irodalom

- [1] Dr. Cselényi József, Kerepeszki István: A kis- és középvállalkozások támogatására szolgáló virtuális logisztikai hálózat kialakítását célzó modell és módszer koncepciója és megvalósításának lépései, MIBE, 2003
- [2] Mike P. Clarke, (1998) "Virtual logistics: An introduction and overview of the concepts" International Journal of Physical Distribution 1998/28/7 ISSN:0960-0035, pp.486-507.
- [3] de Boer L.; Labro E.; Morlacchi P. European Journal of Purchasing and Supply Management, Volume 7, Number 2, June 2001 , pp. 75-89(15)
- [4] A.GUNASEKARANandE.W.T.NGAI (2004) "Virtual supply-chain management" Production Planning & Control, Vol. 15, No. 6, September 2004, ISSN 0953-7287, pp.584-595

**Buczko Katalin;** Ph.D. hallgató

Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék

3515 Magyarország Miskolc Egyetemváros

Tel: +36/565-111 10-03

E-mail: altbkati@uni-miskolc.hu

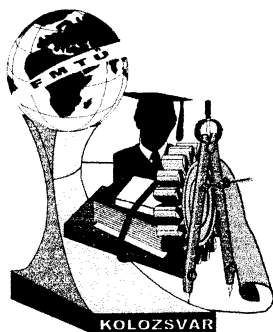
**Prof. Dr. Illés Béla;** tanszékvezető, egyetemi tanár

Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék

3515 Magyarország Miskolc Egyetemváros

Tel: +36/565-111 17-37

E-mail: altilles@uni-miskolc.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## FORGÁCSOLÁSI KÍSÉRLETEK, MINIMÁLKENÉS ALKALMAZÁSA MELLETT

Csuka Sándor

### Abstract

The growing demands for high productivity of steel machining need the use of high cutting velocity and feed rates, and they generate inherently high temperature in the cutting zone. Such a high temperature causes dimensional deviation of the workpiece and reduces the tool life of milling tools. This paper briefly summarizes the advantages of dry, semi-dry and minimal quantity of lubrication (MQL), arisen in milling process. The main objective of the present work is to experimentally investigate the end milling process of dry milling, MQL by environment-friendly oil-based cutting fluid. The encouraging results include significant improvements in tool life and surface roughness, mainly through reduction of temperature in the cutting zone, which is connected by the favourable change in the chip-tool-workpiece interaction.

### Összefoglalás

Az acél megmunkálásakor a növekvő termelékenységre jelentkező igény nagy forgácsolósebesség és növelt előtolás beállítását igényli [1], amely együtt jár a forgácsolás zónájának növekvő hőmérsékletével. A nagy hőmérséklet a munkadarab méreteltérését és a szerszám élettartamának csökkenését okozza.

A forgácsolás termelékenységének növelésekor egyik módszere a művelet közben alkalmazott hűtő-kenő folyadék (HKF). Ez azonban több gonddal is jár: növeli költséget, szennyezi a környezetet és ártalmas a gépmunkások egészségére. A HKF-ra vonatkozó valamennyi probléma arra ösztönzi a kutatókat, hogy lényegesen csökkentsék, vagy elkerüljék a műveleteknél az alkalmazását. Erre megoldás lehet a minimálkenés.

A minimális mennyiségű kenés (MQL) kifejezés arra utal, hogy csak igen kis mennyiségben (tipikusan 5-50 ml/h mértékben) alkalmazunk HKF-ot, amely így a hagyományosnál három-négy nagyságrenddel kisebb értékű, és maximum 10 liter/min mennyiséget ér el [2].

### 1. Bevezetés

Az általunk használt minimálkenő rendszer (amely a német TKM cég gyártmánya, típusa pedig HCS250) a kenőanyagot külső fúvókákon keresztül juttatja a szerszámra. Az alkalmazott módszer főbb előnyei a következők [3]:

- A kenő hatású filmréteg kizárólagosan a főélen jelenik meg. Ez a tény a súrlódási tényező csökkenésével jár együtt, ami mérsékli a kopásintenzitást;

- A kenőanyag mennyisége 60-90%-kal csökken. A munkadarab és a forgács egyaránt száraz



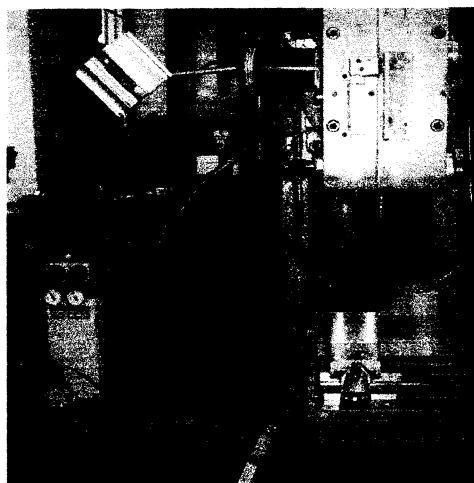
marad, ráadásul a munkadarab korróziója nem következik be, a dolgozó szem és bőr irritációja megszűnik;

- A munkadarab felületi kezelésének és zsírtalanításának költségei jelentősen csökkennek, a tárolással, kezeléssel és megsemmisítéssel (esetlegesen újrahasznosítással) kapcsolatos költségekkel egyetemben.

## 2. A kísérlet céljai és lefolyása

Az irodalomban található eredmények azt sugallják, hogy a minimálkenés a kopási folyamatok csökkentésében forgácsoláskor megoldását jelent, amennyiben a forgácsolóerő, a teljesítményigény és a megmunkált felület érdessége elfogadható szinten lehet tartható. A szóba jöhető műveletek közül a marást választottuk ki, hogy megállapíthassuk a szárazon és a minimálkenés jelenlétében végzett forgácsolás különbségeit. A korrekt összehasonlítás érdekében lépcsőmarási tesztsorozat elvégzésére volt szükség. A kísérletek körülményei a következők:

- Gép: MSN 500 CNC szerszámmarógép, (P=10KW, n=24-3150 1/min), vezérlés: NCT2000M
- Munkadarab: C55 ötvöztelen szerkezeti acél (DIN C55, W. Nr. 1.0535), normalizált, HB185±5
- Mérőberendezések: 9257A típusú, 3 komponenses erőmérő (KISTLER AG), Svájc
- Forgácsolási körülmények:
  - Forgácsolósebesség:  $v_c = 31,4$  m/min (konstans)
  - Fogásmélység:  $a_e = 2$  mm (konstans)
  - Fogásszélesség:  $a_p = 10 - 12,5 - 16$  mm
  - Fogankénti előtolás:  $f_z = 0,025 - 0,032 - 0,04$  mm

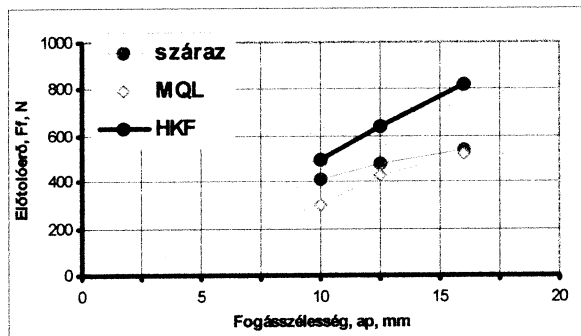


1. ábra Minimál kenőrendszer

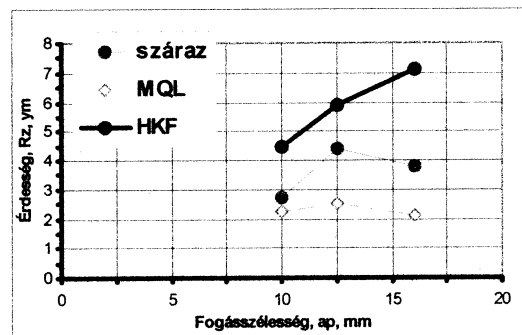
A vizsgált hűtés-kenés módszerek hatékonyságának megállapítása a forgácsolóerő és érdességmérési eredmények alapján történt.

## 3. Lépcsőmarási kísérletek különböző hűtés-kenés mellett

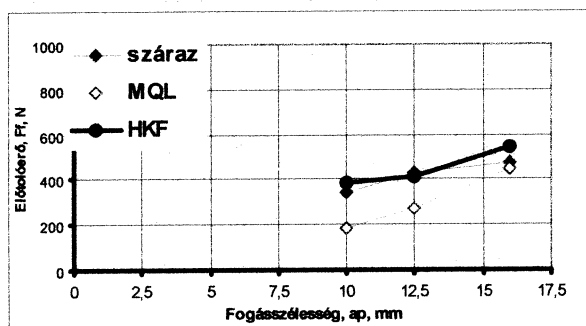
A tesztekhez kétféle szerszámot használtunk. A T1 kódjelű hagyományos kialakítású, központi vágóélű, hengeresszárú simítómaró volt, amelyet 60110450, 10/10×72/22 Ø10/4/λ=40°, HSS-Co8/TiAlN kóddal jelölt a Fraisa AG (Svájc) cég. A másik hengeresszárú, ún. *rougher* maró (T2), amely szintén központi vágóéllal készült, amelyiknek négy palástélen finomemelkedésű forgácsosztót képeztek ki. A forgácsosztó a leváló forgács feldarabolására szolgál. Ez a szerszám 124518P.100-NR-P Ø10/4/λ=30°, DIN844NR HSS-Co8/TiAlN jelű volt, és a cseh ZPS cég gyártmánya.



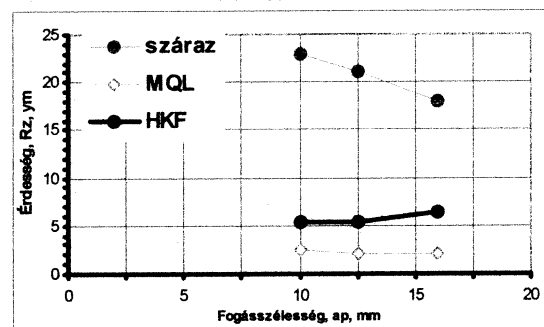
a.) hagyományos élkialakítás (T1)



a.) hagyományos élkialakítás (T1)



b.) forgácsosztóval tagolt élű maró (T2)



b.) forgácsosztóval tagolt élű maró (T2)

2. ábra. Az átlagos előtolóerő alakulása

Forgácsolási adatok:  $a_e = 2 \text{ mm}$ ;  $f_z = 0,032 \text{ mm}$

3. ábra. A felületi érdesség alakulása

Forgácsolás adatok:  $a_e = 2 \text{ mm}$ ;  $f_z = 0,032 \text{ mm}$

A 2. ábrából kitűnik, hogy a fogásszélesség növelésekor az előtolóerő növekszik, szárazforgácsolás esetén egészen nagy erők mérhetők. Bár a hagyományos, emulziósugaras hűtés közepes erők kialakulásával jár, a legkedvezőbb eredményt a minimálkenő rendszerrel érték el. A legnagyobb és a legkisebb erők 100%-kal különböznek egymástól. A közölt ábra alkalmas a kétféle szerszámgeometria összehasonlítására is. A hagyományos élű maró (T1) például körülbelül 50%-kal nagyobb erővel dolgozik, mint a forgácsosztós (T2) változat.

A maró felületek egyenetlenség magassága ( $R_z, \mu\text{m}$ ) és a forgácsolási adatok összefüggése a 3. ábrán látható. A diagram 3-3 mért érték átlagát tartalmazza. Az emulzióval megoldott kenés szokatlanul érdes felületet állított elő, ami a forgácsterelés elégtelenségével és az újraforgácsolással volt kapcsolatos. Szárazon dolgozva a hagyományos élű maró elfogadható érdességet produkált, azonban rougher nem volt képes erre.

#### 4. Következtetések, további feladatok

Eredményeinket elemezve megállapítottuk azt, hogy

1.) a minimálkenés forgácsolási hatékonysága felülmúlja a szárazmegmunkálását, mert a forgácsolási hőmérséklet csökkenése előnyösen javítja a forgács-szerszám kapcsolatát, sőt a szerszámélek élesen tartásában is közreműködnek,

2.) a minimálkenő sugár csökkenti a szerszám kopását, és acél forgácsolásakor kedvezőbb felületi érdesség kapható a szárazhoz képest,

3.) a növényi olaj tartalmú kenőanyag minimálkenéskor 5-30%-kal csökkenti a forgácsolóerőt, a passzív erőkomponenst pedig még ennél is nagyobb mértékben. A forgácsolási zóna hőmérsékletének csökkenésén túlmenően a forgácsolóerő mérséklődésének másik fő okát a Rebinder-effektus kialakulásával és tartós hatásával magyarázzuk.

#### 5. Irodalomjegyzék

- [1] S. SIPOS dr. – Sz. BIRÓ – J. BIRÓ: Increasing of the cutting performance and the quality of machined surface at the same time 5<sup>th</sup> International Scientific Conference DEVELOPMENT OF METAL CUTTING DMC-2005, Kosice, 12.-13. 09. 2005.
- [2] dr. Sipos, S – Dr. Palásti-Kovács, B: A forgácsoláskutatás néhány eredménye a szerszámminősítés területén Nemzetközi Gépész és Biztonságtechnikai Szimpózium, 2007. november 14., BGK, Budapest
- [3] Angyal, B. dr. – és mások: A forgácsolás elmélete és szerszámjai Tankönyvkiadó, Budapest, 1988. p. 124-125.

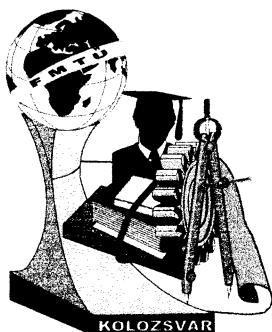
**Csuka Sándor**, Intézeti mérnök

Munkahely: Budapesti Műszaki Főiskola Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Anyagtudományi és Gépgyártástechnológiai Intézet

Cím: 1081 Magyarország, Budapest, Népszínház utca 8.

E-mail: csuka.sandor@bmf.bgk.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## BADACSONYI SZŐLŐFAJTÁK (*Vitis Vinifera* L.) ÉS BORAIK ÁSVÁNYIELEM TARTALMÁNAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Deák Edit, Stefanovits-Bányai Éva, Farkas Jenő, Jahnke Gizella

### Abstract

Nowadays, in our constantly changing life, the task of grape growers and wineries is to make hedonistic wines of excellent quality. The quality of vintage depends on several factors from which one of the most important element is the variety. Grape belongs to the most valuable fruits from a nutritional point of view since its essential vitamins and mineral content contribute to the optimal recommended daily intake. The samples were taken from FVM Research Institute For Viticulture And Aenology, Badacsony.

The mineral content was determined by ICP-OES. Our results clarify that the highest levels of Ca, Mg uptake could be detected in the cultivar 'Chardonnay'. Comparing the wines made from different cultivars, it is observed that there were significant differences between their cultivars in the iron and copper contents.

### Összefoglalás

Manapság, szüntelenül változó, fejlődő, igényes világunkban, a szőlőtermesztés és borászat egyre hangsúlyosabb feladata: kitűnő élvezeti értékű borok készítése. A fejlett szőlő- és bortermelő országok gyakorlata igazolja, hogy a minőségi bortermelés záloga a szőlészet-borászat kapcsolatrendszerének erőssége.

A termés minőségét meghatározó számos tényező közül az egyik legfontosabb a fajta, mert tulajdonságai genetikailag kódoltak és képesek a termesztés során kialakult negatív hatások pl. stresszhatások, évjárat, éghajlati különbségek, stb. kivédésére. A szőlő az egyik legértékesebb gyümölcsünk közé tartozik beltartalmi értékeit tekintve, mivel alapvető vitaminokat és ásványi anyagokat tartalmaz, ezzel hozzájárulva a napi ajánlott bevitelhez. A vizsgálatba vont minták az FVM Szőlészeti és Borászati Kutatóintézetéből származnak. A vizsgálatot ICP-OES készülékkel végeztük. Eredményeink alapján látható, hogy a Chardonnay fajta rendelkezett a legmagasabb Ca és Mg tartalommal. Összehasonlítva a különböző fajta szőlőből készült borokat szignifikáns különbségek adódtak réz és vas tekintetében.

### 1. Bevezetés

A szőlő táplálkozástani szempontból az egyik legértékesebb gyümölcsünk. létfontosságú vitaminokat és ásványi anyagokat tartalmaz, melyek hozzájárulnak napi optimális tápanyagszükségletünk fedezéséhez (Bíró és Lindner, 1999). Ásványi anyagát tekintve a szőlő kiemelkedő táplálkozás-élettani értékét az igen magas K tartalmának köszönheti, emellett jelentős B<sub>1</sub>- és B<sub>2</sub>-vitamin tartalommal is rendelkezik. A leghíresebb borok egy-egy híres termőtájhoz kapcsolódóan váltak világhírűvé. Igen jelentős beltartalmi értékei, kimagasló szénhidrátartalma mellett említést érdemel B-vitamin, valamint folsavtartalma és az igen gazdag ásványi-összetétele (Bíró és Lindner, 1999).

A termés minőségét meghatározó számos tényező közül az egyik legfontosabb a fajta, mert tulajdon-

sági genetikailag kódoltak és képesek a termesztés során kialakult negatív hatások pl. stresszhatások, évjárat, éghajlati különbözőségek, stb. kivédésére. Egy jó fajta ugyanis gyenge évjáratban is képes lehet jó minőséget teremni más, kedvezőtlenebb adottságokkal rendelkező fajtákhoz viszonyítva.

1. táblázat A szőlő ásványi elem tartalma (Bíró és Lindner, 1999)

	Na	K	Ca	Mg	Fe	P	Cu	Zn	Mn	Hamu (g/100g)	Hamu-alkalinitás
	mg/100g										
<b>Szőlő</b>	2,3 mg	195 mg	28,2 mg	14 mg	0,7 mg	75 mg	0,042 mg	0,136 mg	0,035 mg	0,5 g	4,4

A bornak jelentős szerepe van a szabadgyökök káros hatásainak csökkentésében, valamint a keringési- és a rákos megbetegedések kialakulása elleni védelemben (Kinsella és mtsai., 1993). Whitehead és munkatársai (1995) összehasonlították a vörösbor, a fehérbor és a C-vitamin hatását *in vivo* kísérletekben, és megállapították, hogy a C-vitamin 22-29 %-kal, a vörösbor átlagosan 18 %-kal, a fehérbor 4-7 %-kal növelte a vérszérum antioxidáns kapacitását. A szőlőben és a borban, különösen a kékszőlőkben és a vörösborokban a másodlagos növényi anyagcsere-termékként kialakuló fenolos vegyületeknek nagy választéka /mennyisége fordul elő.

A fenolos vegyületek, a flavonoidok (katechinek, antocianinok, flavonolok, tanninok) és a nem flavonoid, fenolos hidroxil csoportot tartalmazó vegyületek (hidroxifahéjsavak, benzoosavak, stilbénok pl. a rezveratrol) komoly egészségvédő hatással rendelkeznek, melyek összes mennyisége elérheti a 4-5 g/l-t is (Esterbauer és mtsai., 1992; Frankel és mtsai., 1993; 1995; Waterhouse és mtsai., 1995; Királyné-Véghely és mtsai., 1996).

## 2. Anyag és módszer

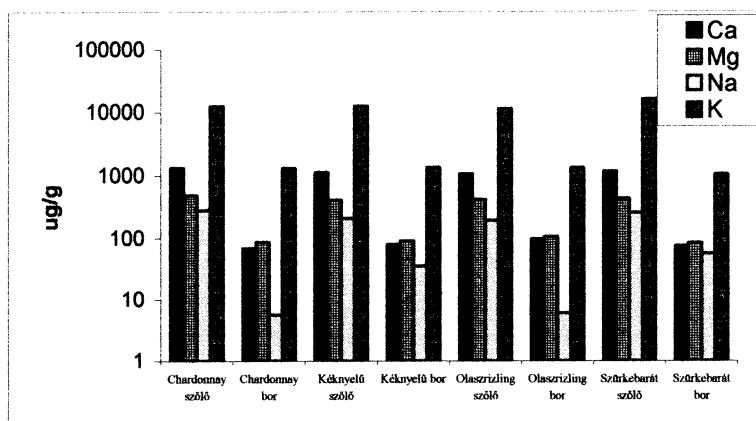
A szőlő és bor minták ásványi elem tartalmának vizsgálatát a Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Karának Alkalmazott Kémia Tanszékén végeztem ICP-OES Thermo Jarrel készülékkel. A vizsgálatban a badacsonyi borvidékre jellemző fajták, a Chardonnay, Olasz rizling, Szürke barát és Kéknyelű fajták vizsgálatát végeztük el, melyek az FVM SzBKI fajtagyűjteményéből, illetve borászatából származnak.

## 3. Eredmények

A szőlő ugyan nem tartozik a kifejezetten tápanyagigényes növények közé (Bényei és Lőrincz, 2005), de a harmonikus tápanyagellátást meghálálja. Közismert, hogy alultápláltsági állapotban is képes tűrhető mennyiségű termést adni, amennyiben más termesztéstechnológiai műveleteket rendben elvégzünk (Bényei és Lőrincz, 2005).

A szervezet ionháztartásának kialakításában/fenntartásában kiemelkedő szerepet játszik a Ca, Na, K

és a Mg, ezért ezek az elemek közös ábrán szerepelnek. Az eredmények a könnyebb áttekinthetőség miatt logaritmikus ábrán, µg/g szárazanyagra vonatkoztatva kerülnek bemutatásra.



1. ábra Szőlőfajták és borok Ca, Mg, Na és K tartalma

Mérési eredményeink alapján látható, hogy az erjedés minden esetben csökkentette az adott elem koncentrációját, kiemelkedik a fajták közül a Chardonnay, amely Ca, Mg és Na tartalom tekintetében is a legmagasabb értékkel rendelkezett.

Elvégeztük a minták K tartalmának elemzését is, amellyel esetleg a napi szükséglet kiszámításánál számolni kell, különösen egyes betegségeknél, (pl. vese) szenvedőknél. Eredményeink alapján megállapítható, hogy a K mennyisége az erjedés során tizedére csökkent.

2. táblázat Szőlőfajták és borok Cu és Fe tartalma

	Chardonnay szőlő	Chardonnay bor	Kéknyelű szőlő	Kéknyelű bor	Olaszrizling szőlő	Olaszrizling bor	Szürkebarát szőlő	Szürkebarát bor
	ug/g							
<b>Cu</b>	5,741	0,078	11,060	0,112	6,472	0,107	8,559	1,958
<b>Fe</b>	13,590	1,284	17,200	1,100	13,590	1,869	21,480	1,973

A szervezet ásványi elemekkel való kellő ellátottságánál fontos szerepet töltenek be a réz és a vas. Alacsony réz tartalom jellemzi a Chardonnay szőlőfajtát és ennek megfelelően a belőle készült bor is alacsonyabb értékkel rendelkezik a többihez képest.

### Következtetés

Összehasonlítva a különböző szőlőfajták mérési eredményeit látható, hogy a Chardonnay szőlő Ca, Mg és Na tartalom tekintetében a legmagasabb értékkel rendelkezett, azonban számba kell venni, hogy a szőlőfogyasztással bevitt ásványi elem mennyisége nem okoz-e problémát, különösen egyes betegségeknél szenvedők esetében. Borok tekintetében azt tapasztaltuk, hogy vas és réz tartalom tekintetében jelentős különbségek mutatkoztak az egyes fajták között. A borfogyasztáskor, még a mér-

sékelt borfogyasztás esetében se feledkezzünk meg a szervezetbe került ásványi elemek mennyiségéről, ezekkel számolni kell.

### Irodalomjegyzék

- [1] Bényei Ferenc, Lőrincz András (2005): Borszőlőfajták, csemegezőlő-fajták és alanyok, 107-146
- [2] Bíró György, Lindner Károly (1999): Tápanyagtáblázat, 141.
- [3] Esterbauer, H., Gebicki, J., Puhl, H., Jurgens, G. (1992): The role of lipid peroxidation and antioxidants in oxidative modification of low density lipoproteins. *Free Rad. Biol. Med.*, 13. 341-390.
- [4] Frankel, E.N., Kanner, J., German, J.B. (1993): Inhibition of oxidation of human low-density lipoprotein by phenolic substances in red wine. *Lancet*, 341. 454-457.
- [5] Frankel, E.N., Waterhouse, A.L., Teisseidre, P.L. (1995): Principal phenolic phytochemicals in selected California wines and their antioxidant activity in inhibiting oxidation of human low-density lipoproteins. *J. Agric. Food Chem.*, 43. 890-894.
- [6] Kinsella, J.E., Frankel, E.N., German, J.B., Kanner, J. (1993): Possible mechanism for the protective role of antioxidants in wine and plant foods. *Food Technol.*, 47. 78-83.
- [7] Királyné-Véghely, Zs., Kerényi, Z., Tyihák E. (1996): A rezveratrol, mint egészségvédő fenoloid vegyület a magyar borokban. *Magyar Szőlő- és Borgazdaság*, 6. 2. 19-23.
- [8] Pais I., (1999): A mikroelemek jelentősége az életben
- [9] Waterhouse, A.L. (1995): The phenolic antioxidants in wine: Levels and effects. *Intervitis-Interfructa Conf. Stuttgart. May 20-25.*, 240-243.

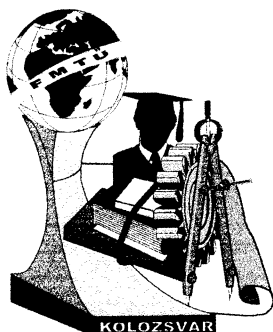
**Deák Edit**, PhD hallgató

Munkahely: BCE, Élelmiszertudományi Kar, Alkalmazott Kémia Tanszék

Cím: Magyarország, Budapest, 1118 Villányi út 29-43.

Telefon:+3614826006

E-mail:edit.deak@uni-corvinus.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## KONTAKT PROBLÉMA MODELLEZÉSE CSIGAHAJTÁS KVÁZISZTATIKUS MŰKÖDÉSE SORÁN

Dezső Gergely, Dudás Illés

### Abstract

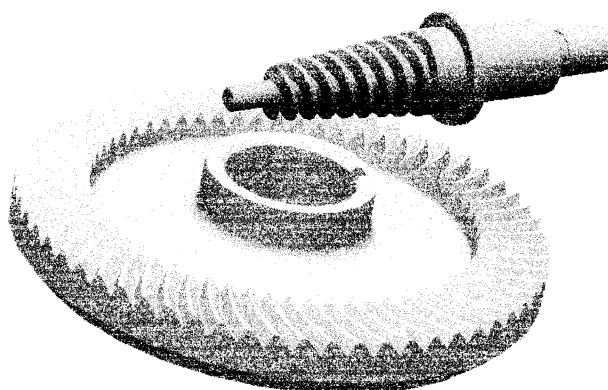
A spiroid worm gear drive is investigated by physical modeling. The contact problem of one tooth pair is studied by finite element method, the stress state is calculated and discussed.

### Összefoglalás

Spiroid csigahajtás elemeinek kapcsolódását vizsgáljuk fizikai modellezéssel. Célunk a feszültségállapot számítása közelítő módszerrel. Azt feltételezzük, hogy a hajtópár kölcsönhatása kvázisztatikusan közelíthető. Végelem módszert használunk a numerikus számításokban.

### 1. Bevezetés: a geometriai modell felépítése, előzetes megfontolások

A korábbi kutatások eredményeként kifejlesztett spiroid csiga [1] és ellenkerék három dimenziós reprezentációja rendelkezésre állt a fizikai modellezéshez. Ez alkalmas volt arra, hogy szemléltesse az elrendezést, és elkezdjük segítségével számításainkat.



1. ábra A vizsgált hajtópár 3D reprezentációja

A csiga 3D modellje a rendelkezésünkre álló műszaki rajz alapján közvetlenül és pontosan generálható. Ez azt jelenti, hogy a modellező szoftver utasításaival egzaktul le lehet írni a csiga alakját. A hajtott tag esetében nem ez a helyzet. Az ellenkerék fogfelületét számított pontokra illesztett felülettel közelítettük. [2,3]

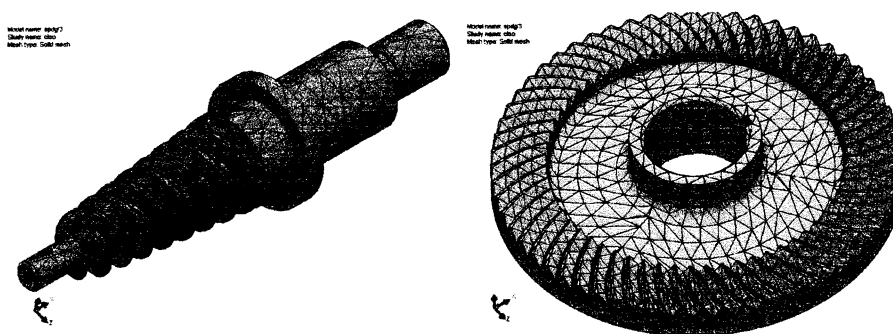


## 2. A végeelem modell, a terhelések és befogások

A csiga anyagi tulajdonságait az acél, a tányérkerék tulajdonságait pedig a bronz jellemzőivel tettük egyenlővé.

Egy-egy fog érintkezését vizsgáltuk. A hajtópár egymáshoz viszonyított helyzetét az üzemi körülményeknek megfelelően állítottuk be.

A csiga mindkét végén egy-egy hengeres felületre alkalmaztunk „befogást”. Ez pontosan azt jelenti, hogy a felületek radiális elmozdulását tiltottuk meg, illetve az egyik felület axiális elmozdulását is.



2. ábra A csiga és a tányérkerék végeelem felosztása

A tányérkerék esetén a középső furat hengeres felületén minden pont szabadsági fokát nullára választottuk, azaz teljesen rögzítettük a hengert e felületnél fogva.

A terhelés, amit alkalmaztunk geometriai előírás volt. A csiga hajtott végére a csiga tengelye körüli elfordulást írtunk elő. Ennek eredménye, hogy a csiga és a tányérkerék fogai egymásnak feszülnek, és kis mértékben deformálódnak.

A végeelem modell felépítése során kitüntetett figyelmet fordítottunk az érintkezési probléma kezelésére. A csiga dolgozó felülete és a hajtott tag fogfelülete között kontakt elemeket használtunk, amelyek nem engedik meg, hogy interferencia lépjen fel, de lehetővé teszik, hogy a felületek eltávolodjanak egymástól.

Az érintkező felületek között súrlódást tételeztünk fel, a súrlódási együtthatót a kenés nélküli állapotnak megfelelően 0.2-nek vettük.

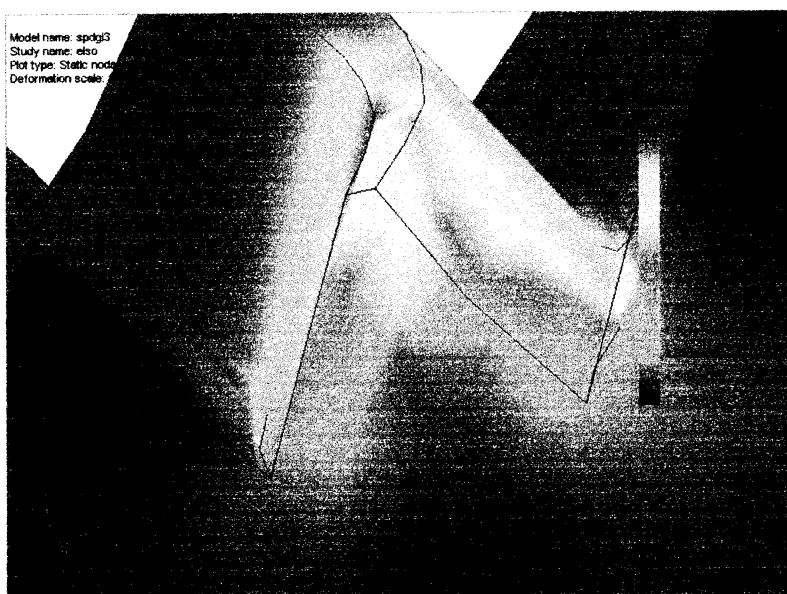
A csiga hajtópár érintkező felületeinek jelentős elmozdulása van tangenciális irányban. A nagy elmozdulások konvergencia problémákat vetnek fel, ezért a számításaink során használt szoftver által felkínált speciális algoritmust alkalmaztuk ennek kezelésére. Ez a módszer a számítás kezdetén nem alkalmazza azonnal a teljes terhelést a modellre, hanem annak csak töredékét, majd a részeredmények megtartásával fokozatosan növeli a terhelést az általunk definiált mértékig. Ezzel lecsökkenti annak veszélyét, hogy a konfigurációs térben túl nagyot lépve eltávolodjon a célfüggvény keresett minimumhelyétől, és így divergenssé váljon az iteráció.

### 3. A feszültségállapot vizsgálata

A feszültségállapotot olyan helyzetben vizsgáltuk, amelyben egy-egy fog érintkezik. A valóságban legalább 4 fog kapcsolódik egyidejűleg. A geometriai kényszer a csiga hajtott végének 0.1 radiánnal való elforgatása volt. Az érintkező felületek környezetében kialakuló feszültségállapotot külön-külön vizsgáljuk a két testben.

A tányérkerék megterhelt fogában a Miseses szerinti feszültséget (3. ábra) egy síkmetszetekben ábrázoltuk. Ez a sík párhuzamos a csiga tengelyével, és a tányérkerék tengelyével is.

Az elsősorban a súrlódás miatt ébredő z irányú csúsztató feszültség (4. ábra a következő oldalon, a z irány az ábrázolt fog esetén a tányérkerék sugarával esik egybe) az érintkezési vonal mentén előjelet vált, amint azt várhatjuk is.



3. ábra A Miseses szerinti feszültség a tányérkerék egy fogának metszetében

### 4. Összefoglalás

A spiroid csigahajtás két tagjának geometriai modelljét elkészítettük.

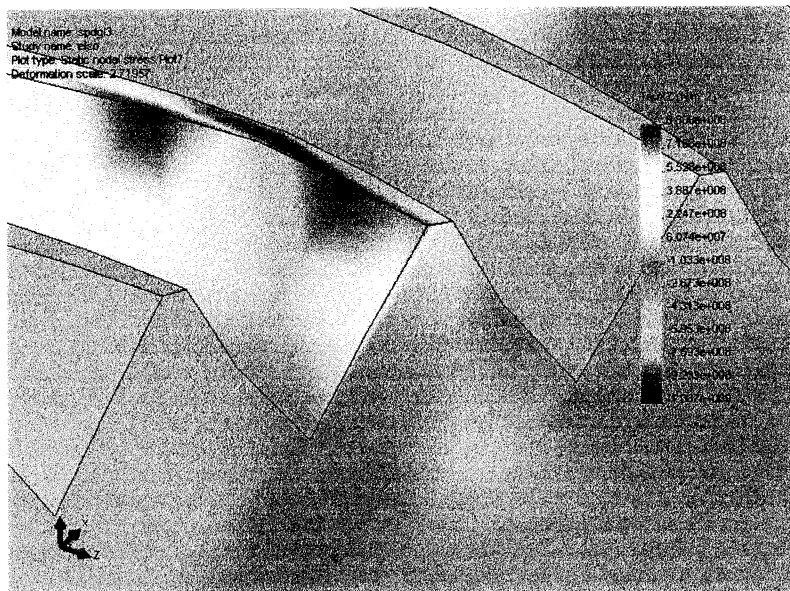
Felépítettük a hajtópár végelem modelljét, különös tekintettel a kontakt problémára.

Kiszámítottuk a hajtópár feszültségállapotát egy egyszerű elrendezésben.

Szükségessé vált pontosabb geometriai modell elkészítése, ami folyamatban van.

### 5. Köszönetnyilvánítás

Munkánk támogatást kapott a Magyar Tudományos Akadémiától az „A gyártásgeometria és a kapcsolódás jellemzőinek komplex vizsgálata korszerű csigahajtások esetében” (OTKA K 63377, témavezető: Prof. Dudás Illés) című pályázat keretében.



4. ábra Csúsztatófeszültség az yz síkon z irányban

### Irodalom

- [1] BÁNYAI K., FELHŐ CS., DUDÁS I.: Spiroid hajtások geometriai méretezése és végelelemes analízise *Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka*, Kolozsvár, 2004 pp 112-119.
- [2] DUDÁS, I.: *The theory and practice of worm gear drives*, London, Penton Press, 2000 pp 124-148.
- [3] DUDÁS, I.: *Csigahajtások elmélete és gyártása*, Budapest, Műszaki Kiadó, 2007 pp 34-76.

**Prof. Dr. Dudás Illés, dr. dr. h.c.**

Munkahely: Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Gépgyártástechnológiai Tanszék

Cím: H-3515, Magyarország, Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, C épület, földszint

Telefon: +36-42-565159

Fax: +36-42-364941

E-mail: ggytdi@gold.uni-miskolc.hu

**Dr. Dezső Gergely PhD**

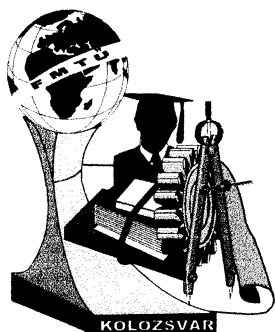
Munkahely: Nyíregyházi Főiskola, Műszaki és Mezőgazdasági Kar, Gépgyártástechnológiai Tanszék

Cím: H-4401, Magyarország, Nyíregyháza, Sóstói út 31/b

Telefon: +36-42-599500/2442m

Fax: +36-42-402485

E-mail: dezsog@nyf.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## TÁVOLSÁGMÉRTÉKEK A FUZZY SZABÁLY-INTERPOLÁCIÓBAN

Drenyovszki Rajmund

### Abstract

Contrary to the traditional compositional fuzzy reasoning methods (Zadeh [8], Mamdani [6], stb.) the inference techniques based on Fuzzy Rule Interpolation (FRI) are able to produce a proper result even in cases when the observation does not intersect or overlap any of the antecedents of the known rules.

Fuzzy reasoning methods using FRI determine the conclusion supposing regularity between the known rules of the rule base. They use similarity/distance of the fuzzy sets in course of the calculations. The applied distance measure is an important characteristic of the methods. This paper presents three fuzzy distance measures emphasizing their key features and the FRI methods that use them.

### Összefoglalás

A kompozíciós (Zadeh [8], Mamdani [6], stb.) fuzzy következtetési eljárásokkal ellentétben a fuzzy szabály-interpoláción alapuló módszerek olyan esetekben is képesek eredmény előállítására, amikor a rendszer bemenetén jelentkező megfigyelés egyetlen szabály antecedens (feltétel) részét sem metszi vagy lapolja át.

A fuzzy szabály-interpolációs eljárások az ismert szabályok között kapcsolatot feltételezve az antecedens- és az azonos dimenzióbeli megfigyelés halmazok közötti hasonlóságot/távolságot felhasználva határozzák meg a következményt. Ezen módszerek egyik fontos jellemzője és működésük kulcsa egyben az általuk alkalmazott fuzzy halmaz-távolság mérték. Cikkünkben három gyakran alkalmazott távolságmérési módot mutatunk be kiemelve fontos tulajdonságaikat és az őket felhasználó fuzzy szabály-interpolációs módszereket.

### 1. Bevezetés

A fuzzy szabályozók szabályok felhasználásával működnek. Két csoportba sorolhatók, az alapján, hogy a szabályok feltétel részében szereplő nyelvi értékek teljesen fedik-e az alaphalmazukat. Ez alapján beszélhetünk sűrű és ritka szabálybázisokról. A szabálybázis sűrű abban az esetben, ha az összes megfigyeléshez találunk legalább egy szabályt, amelynek feltétel része illeszkedik a bemenő adatokhoz. Ellenkező esetben beszélünk ritka szabálybázisról.

Ritka szabálybázisra épülő rendszerben a hagyományos kompozíciós következtetési módszerek (Zadeh [8], Mamdani [6], stb.) segítségével nem tudunk helyes eredményeket előállítani minden lehetséges bemenő érték esetén [1][3][4][5]. Ilyenkor általában fuzzy szabály-interpoláción alapuló eljárásokat alkalmaznak, ahol a fuzzy halmazok hasonlóságának és sorrendjének vizsgálata is szükséges. A hasonlóságot és sorrendet a legtöbb esetben a halmazok távolságának felhasználásával tudjuk meghatározni [2].

## 2. Távolság mértékek, használatuk feltételei

A fuzzy halmazok távolsága csak olyan alaphalmazok esetén értelmezhető, ahol az univerzum elemein teljes rendezés és metrika értelmezhető. Egy távolságfüggvényt az alábbi négy feltétel teljesülése esetén tekinthetünk metrikának [2]:

- a távolság nem lehet negatív;
- ha a távolság nulla, akkor a két halmaz egyenlő;
- a távolság nem függhet a halmazok sorrendjétől;
- a távolságokra érvényes kell legyen a háromszög egyenlőtlenség.

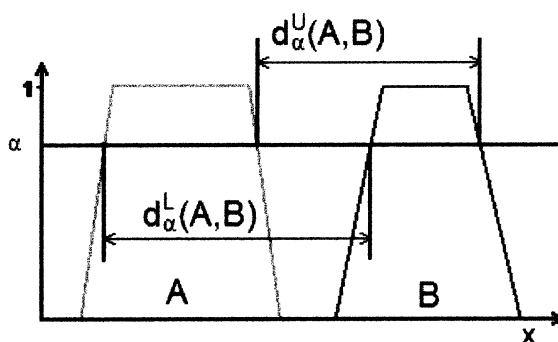
## 3. KH fuzzy távolság

A Kóczy és Hirota által kidolgozott következtetés (KH módszer) szabályok lineáris interpolációján alapul. Használatának előfeltétele, hogy találjunk legalább két szabályt, amelyek közrefogják a megfigyelést. Az eljárás két normalizált és konvex fuzzy halmaz távolságát  $\alpha$ -vágataik végpontjait felhasználva  $\alpha$  szintenként két értékkel jellemzi (ld. 1. ábra). Ezeket ( $d_\alpha^L(A, B)$  és  $d_\alpha^U(A, B)$ ) alsó (1) illetve felső (2) távolságoknak nevezzük, és értéküket a következőképpen számítjuk

$$d_\alpha^L(A, B) = \left| \inf \{B\}_\alpha - \inf \{A\}_\alpha \right|, \quad (1)$$

$$d_\alpha^U(A, B) = \left| \sup \{B\}_\alpha - \sup \{A\}_\alpha \right|, \quad (2)$$

ahol *inf* az  $\alpha$ -vágat alsó, *sup* pedig felső végpontját jelöli. Ennek a távolság meghatározásnak a hátránya a nagy számításigény mellett az, hogy csak részleges rendezést biztosít a halmazok között [3], a halmazok sorrendje csak abban az esetben határozható meg, amikor az egyik halmaz összes  $\alpha$ -vágata esetén mind alsó mind felső végpont megelőzi a másik halmaz megfelelő végpontját.



1. ábra. A és B fuzzy halmazok KH távolsága  $\alpha$  szinten

## 4. VKK fuzzy távolság

Vass, Kalmár és Kóczy [7] a fuzzy halmazok távolságára hasonló módon az előzőhöz,  $\alpha$ -vágat alapú megoldást javasoltak. Ebben az esetben az  $\alpha$ -vágatokat nem végpontjaik segítségével írjuk le, hanem a vágat középpontjával (3) és szélességével (4).

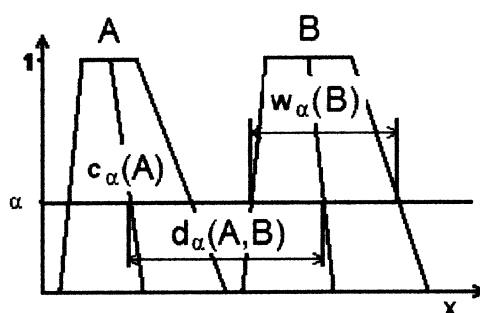
$$c_{\alpha}(A) = \frac{\inf\{[A]_{\alpha}\} + \sup\{[A]_{\alpha}\}}{2} \quad (3)$$

$$w_{\alpha}(A) = \sup\{[A]_{\alpha}\} - \inf\{[A]_{\alpha}\} \quad (4)$$

A VKK fuzzy távolság  $\alpha$ -vágatonként a középpontok euklideszi távolságát méri (6), ami kisebb számításigényű, mint a KH távolság meghatározása. Az  $\alpha$ -vágat középpontja, szélessége és a VKK távolság figyelhető meg a 2. ábrán.

$$d_{\alpha}(A, B) = |c_{\alpha}(A) - c_{\alpha}(B)| \quad (5)$$

Az eljárás bevezetése egyszerűsítette a számításokat, azonban itt is könnyen előfordulhat olyan eset, amikor a két középvonal metszi egymást, lehetetlenné téve a sorrend meghatározást [3].



2. ábra. VKK távolság

### 5. Referencia pont alapú fuzzy távolság

A fuzzy szabály-interpoláción alapuló következtetési módszerek többsége egy referencia pont segítségével definiálja a halmazok helyzetét. E feladatot legtöbbször a mag középpontja látja el (pl. [4]), de léteznek a tömegközéppontot vagy éppen a tartó középpontját alkalmazó módszerek is [3].

Referencia pont (RP) definiálása esetén az A és B halmazok közötti távolságot ( $d(A, B)$ ) az alábbiak szerint számítjuk

$$d(A, B) = |RP(A) - RP(B)|. \quad (6)$$

A referencia pont alapú távolságmérés széles körű elterjedése annak köszönhető, hogy alacsony számításigény mellett biztosítható a halmazok teljes rendezése [3].

### 6. Összefoglaló

A ritka szabálybázisokhoz kidolgozott szabály-interpoláción alapuló fuzzy következtetési módszerek egyik kulcslépése a nyelvi értékek közötti távolság meghatározása. A dolgozatban három távolság mérési módot vizsgáltunk meg ismertetve számításuk módját és kiemelve fontosabb tulajdonságaikat.

Míg az első két megoldás  $\alpha$ -vágat alapú megközelítésének köszönhetően csak konvex és azonos magasságú halmazok esetén alkalmazható, addig a referencia pont alapú megközelítés jelentős számításigény csökkenés mellett mindig biztosítja a sorrend meghatározását.

**Irodalom**

- [1]Baranyi, P., Kóczy, L. T. and Gedeon, T. D.: A Generalized Concept for Fuzzy Rule Interpolation, in IEEE Transaction on Fuzzy Systems, Vol. 12, No. 6, 2004. pp 820-837.
- [2]Johanyák, Zs. Cs., Kovács, Sz.: Distance based similarity measures of fuzzy sets, SAMI 2005, Slovakian-Hungarian Joint Symposium on Applied Machine Intelligence, Herl'any, Slovakia, January 21-22 2005, pp. 265-276.
- [3]Johanyák Zs. Cs.: Fuzzy szabály-interpolációs módszerek és mintaadatok alapján történő automatikus rendszergenerálás, PhD disszertáció, Hatvany József Informatikai Tudományok Doktori Iskola, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2007.
- [4]Johanyák, Zs. Cs. and Kovács, Sz.: Fuzzy Rule Interpolation Based on Polar Cuts, in Computational Intelligence, Theory and Applications, Springer Berlin Heidelberg, 2006, pp. 499-511.
- [5]Kóczy, L. T. and Hirota, K.: Approximate reasoning by linear rule interpolation and general approximation, in International Journal of Approximative Reasoning, Vol. 9, 1993, pp. 197–225.
- [6]Mamdani, E. H. and Assilian, S.: An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller, in International Journal of Man Machine Studies, Vol. 7, 1975, pp. 1-13.
- [7]Vass, G., Kalmár, L. and Kóczy, L. T.: Extension of the fuzzy rule interpolation method, in Proceedings of the International Conference on Fuzzy Sets Theory Applications (FSTA '92), Liptovsky Mikulas, Czechoslovakia, 1992, pp. 1-6.
- [8]Zadeh, L. A.: Fuzzy Sets, Information and Control, Vol. 8, 1965, pp. 338-353.

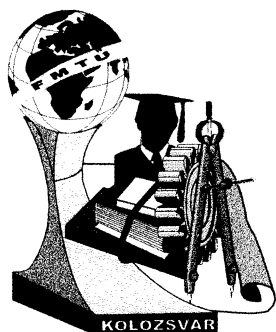
**Drenyovszki Rajmund** (tanszéki mérnök)

Munkahely: Kecskeméti Főiskola GAMF Kar, Kalmár Sándor Informatikai Intézet

Cím: 6000, Magyarország, Kecskemét, Izsáki út 10.

Telefon / Fax: +36-76/516-448

E-mail: drenyovszki.rajmund@gamf.kefo.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## HORDKÉP ELEMZÉSE ÚJ MATEMATIKAI MODELLBEN

Prof. Dr. Dudás Illés, Dr. Balajti Zsuzsanna

### Abstract

The aim of the paper to show the localising the bearing pattern and exploring the relations between the geometrical parameters of the worm in the new model.

### Összefoglalás

A cikk célja ez esetben egy új modellben a hordkép lokalizálás és a csiga geometriai paramétere közötti kapcsolatok feltárásának bemutatása.

### 1. Általános matematikai modell

A hengeres csavarfelületek és szerszámaik, valamint kúpos csavarfelületek és szerszámaik kapcsolódásának vizsgálatára egy összevont általános kinematikai modellt fejlesztettünk ki, amely alkalmas az említettek egy matematikai modellben való kezelésére. Ezen modell felfogás egy új CNC gép létezését feltételezi, amellyel változó tengelytávolság esetén a geometriailag helyes gyártás lehetséges [2]. A koordináta-rendszerek kapcsolata térbeli hajtások csavarfelületek és szerszámaik gyártásméletténeke általános vizsgálatához a [2]-es irodalom 3.10. ábráján látható.

### 2. A modell alkalmazhatósága

Az érintkezési viszonyok javításának és a teherbírás növelésének egyik módja a terhelés alatti érintkező felület hidrodinamikai szempontból kedvező tartományra való korlátozása, a hordkép lokalizálása [7, 11]. A hordkép alapvetően meghatározza a hordképes kenőfilm kialakulását és a hajtópár teherbírását, élettartamát, valamint a többi üzemi jellemzőit.

Bár a hajtópár típusa (geometriai kialakítása) ezeket a tulajdonságokat bizonyos határok között determinálja, de a hajtás típusára jellemző paraméterek célszerű megválasztásával az adott cél szerinti maximum, *a lehetséges intervallumon belül helyes tervezéssel elérhető, illetve több cél esetében van optimalizálásra lehetőség* [3, 5, 9, 10].

A hajtástípusok sokfélesége megkívánja, hogy az értékelési szempontok, illetve az egyes jellemzők meghatározása azonos elvek szerint történjen [2]. A hajtópár két tagja a viszonylagos mozgásban burkolja egymást, kapcsolódásuk az érintkezési vonal mentén történik.

*A cikk készült az MTA-ME Gépgyártástechnológia Kutatócsoport keretén belül.  
Paper was made in the frame of research work of Production Engineering research group of HAS.*



Ennek meghatározása az alábbi összefüggésekkel történik.

Adott az egyik tag felülete az  $S_{1F}$  forgó koordináta-rendszerben:

$$\mathbf{r}_{1F} = x_{1F}(\eta, \vartheta)\mathbf{e}_x + y_{1F}(\eta, \vartheta)\mathbf{e}_y + z_{1F}(\eta, \vartheta)\mathbf{e}_z \quad (1)$$

Ennek normálvektora:

$$\mathbf{n}_{1F} = \frac{\partial \mathbf{r}_{1F}}{\partial \eta} \times \frac{\partial \mathbf{r}_{1F}}{\partial \vartheta} \quad (2)$$

A két tag közötti relatív sebességvektor meghatározható:

$$\mathbf{v}_{1F}^{(12)} = \mathbf{M}_{1F,2F} \cdot \frac{d}{dt} \mathbf{M}_{2F,1F} \cdot \mathbf{r}_{1F} \quad (3)$$

ahol  $\mathbf{M}_{1F,2F}$  és  $\mathbf{M}_{2F,1F}$  a koordináta-rendszerek közötti transzformációs mátrixok, és

$$\mathbf{P}_{1a} = \mathbf{M}_{1F,2F} \cdot \frac{d}{dt} \mathbf{M}_{2F,1F} \quad (4)$$

ahol  $\mathbf{P}_{1a}$  a kinematikai leképzés mátrixa.

A felület  $(\eta, \vartheta)$  értékpárja legyen egy  $u$  paraméter függvénye.

Az érintkezési vonal egyenletét a kapcsolódás I. törvénye szerint a következő függvénykapcsolat írja le:

$$f(\eta(u), \vartheta(u), \varphi_1) = f(u, \varphi_1) = \mathbf{n}_{1F} \cdot \mathbf{v}_{1F} = 0 \quad (5)$$

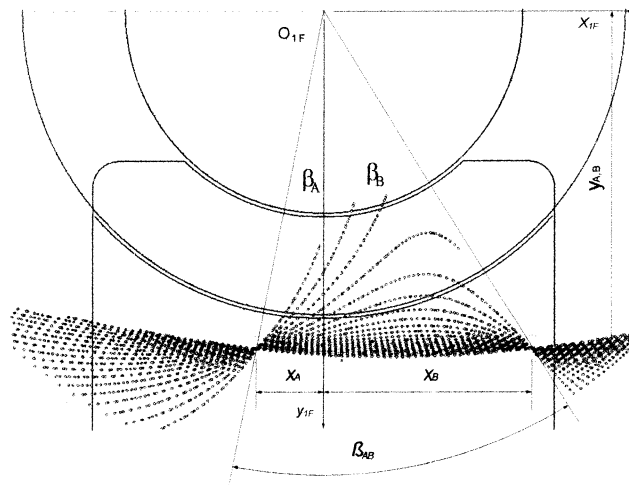
Rögzített  $\varphi_1$  mozgásparaméter értékek mellett meghatározhatók a felületnek azok az összetartozó  $\eta(u), \vartheta(u)$  paraméter értékpárjai, amelyek kielégítik az (5) összefüggést.

A továbbiakban konkretizáljuk a problémát a tengelymetszetben körív-alkotóval rendelkező csiga profilú felületre.

Az új modellben kidolgozott matematikai összefüggések felhasználásával egy C nyelvű számítógépes program készült, melynek futtatásával ábrázolásra kerültek a kapcsolódást jellemző érintkezési vonalak, melyek más-más geometriai paraméterek mellett más-más képet, jelleget mutatnak. Az 1. ábrán egy konkrét eset került bemutatásra a Miskolci Egyetem Gépgyártástechnológiai Tanszékének Kutatócsoportja által tervezett, tengelymetszetben körív profilú csiga hajtása során fellépő érintkezési vonalak esetén más-más rögzített mozgásparaméter esetén. A program bemenő adatai:

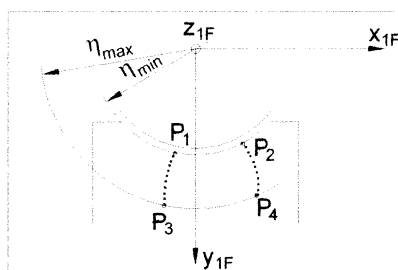
$\beta_{AB} = 38,999957^\circ$   
 $X_A = -19,67 \text{ mm}$   
 $X_B = 38,24 \text{ mm}$   
 $i_{21} = 0,0857142$   
 $K = 69,5 \text{ mm}$   
 $a = 285 \text{ mm}$   
 $x_2 = 1$

$p = 18,75 \text{ mm}$   
 $z_{ax} = 0 \text{ mm}$   
 $\rho = 45 \text{ mm}$   
 $\varphi_1 = -30 - 200^\circ$   
 $\eta = 38,75 - 58,75 \text{ mm}$   
 $\vartheta = -60 - 60^\circ$   
 $nv \leq 0,001$



**1. ábra** Az érintkezési vonalak az általunk kifejlesztett számítógépes program alapján az  $[(x_2), (y_2)]$  síkban

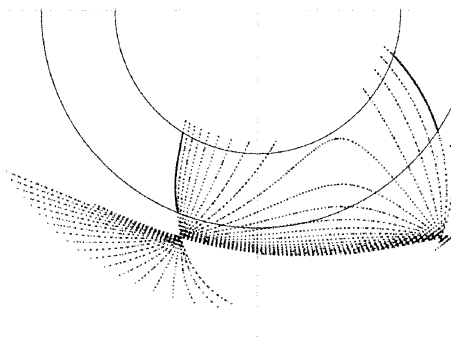
A csomópontok szögei  $\beta_A$  és  $\beta_B$ , a  $\rho_{ax}$  körív profil sugara, p csavarparaméter és a  $K$  profil körív sugár középpontjának távolsága a csiga tengelyétől.



**2. ábra** A hordkép legszélső pontjai

A 2. ábrán a csigakerék működő fogfelületén lévő, érintkező pontok legszélső pontjainak halmazát, azok értelmezését illusztrálja, azaz a jobb és bal szélső pontjait adják a hordképnek.

A pontokhoz az  $u_i$  húrhossz szerinti paraméterezést rendeltük. Egy interpolációs Bézier-görbét határoztunk meg, mely illeszkedik az adott  $H_{bal}$  és  $H_{jobb}$  pontokra.



**3. ábra** A hordkép legszélső pontjaira illesztett Bézier-görbék

### 3. Következtetések

Az új modell mind a hengeres, kúpos, de a globoid hajtások vizsgálatára egyaránt alkalmas. Alkalmazhatósági területe a kapcsolódáselemélet [3, 5,10], gyártásgeometria és szerszámozás kérdései [7, 8, 9]. A [2] PhD disszertáció részletesen tartalmaz egységes modellben megoldásra felvetett tématerületeket és analitikus megoldásokat is. A kifejlesztett C nyelvű számítógépes program a hordkép elemzésre, illetve lokalizálásra alkalmas különböző csigahajtások tervezésekor.

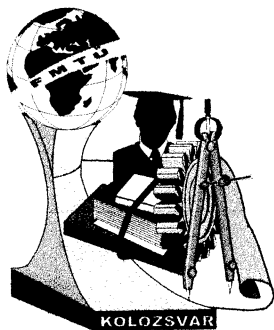
### Irodalom

- [1] **Balajti Zs.:** *Térbeli hajtások hordképének elemzése, meghatározása*, GÉP című folyóirat 2005/5, LVI. Évfolyam, 57-67. old.
- [2] **Balajti Zs.:** *Kinematikai hajtópárok gyártásgeometriájának fejlesztése*. PhD dolgozat. 2006.
- [3] **Bercsey T.:** *Globoid csiga és sík fogfelületű hengeres kerék kapcsolódási viszonyainak vizsgálata*, Egyetemi doktori értekezés, Budapest, 1971.
- [4] **Bercsey, T., Groma, I., Horák, P.:** *Modelling Errors in Worm Gear Manufacturing with Random Variables*, Dresdener Maschinenelemente Kolloquium. 5. und 6. Dezember 2007, Dresden.
- [5] **Horák P.:** *Körívprofilú csigahajtópárok tribológiai vizsgálata*, PhD értekezés Bp., 2003.
- [6] **I. Dudás, Zs. Balajti:** *Modelling and development for describing the bearing pattern of spiroid drives*, Proceedings of the Sixth IASTED International Conference on "Robotics and Applications, 2005. October 31. – November 02. 2005., Cambridge, USA, pp. 203-208., ISBN 0-88986-521-3
- [7] **Dudás, I.:** *The Theory and Practice of Worm Gear Drives*. Prenton Press, London, 2000.
- [8] **Dudás I.:** *Csavarfelületek gyártásának elmélete*. Akadémiai doktori disszertáció, Miskolc, 1991.
- [9] **Dudás L.:** *Kapcsolódó felületpárok gyártásgeometriai feladatainak megoldása az elérés modell alapján*, Kandidátusi értekezés, Budapest, TMB, 1991.P.144. 2005. 06. 29.
- [10] **Lévai I.:** *Fogazatok kapcsolódásának kinematikai elmélete és alkalmazása hipoid-hajtások tervezésére*, Akadémiai doktori értekezés, Miskolc, 1980. 1/153.
- [11] **Pálffy K., Prezenszky T., Csibi V., Antal B., Gyenge Cs., Balogh F.:** *Fogazott alkatrészek tervezése, szerszámai és gyártása*, Gloria Kiadó, Kolozsvár, 1999.

### Köszönetnyilvánítás:

Készült a K63377 sz., „A gyártásgeometria és a kapcsolódás jellemzőinek komplex vizsgálata korszerű csigahajtások esetében” című OTKA , valamint az MTA-ME Gépgyártástechnológiai Tanszéki Kutatócsoport támogatásával (témavezető: Dr. Dudás Illés)

**Prof. Dr. Dr.hc. Dudás Illés D.Sc<sup>1</sup>, Dr. Balajti Zsuzsanna<sup>2</sup>**, egyetemi tanár<sup>1</sup>, egyetemi adjunktus<sup>2</sup>  
 Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Gépgyártástechnológiai Tanszék<sup>1</sup>, Ábrázoló Geometriai Tanszék<sup>2</sup>  
 3515 Miskolc-Egyetemváros  
 Tel.: +36-46-565-160  
 E-mail: ggytdi@gold.uni-miskolc.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## KOMPOZIT MINTÁK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA

Faur-Csukat Gabriella

### Abstract

The article referring to the raw material selection of composite products treats the comparative investigation of the composite samples with different matrix structure and with different reinforced structure. The investigation conducted on the Ashland Company's authority covered tensile strength test on polyester, vinylester and epoxy-matrix samples and carbon, aramid and glass-reinforced samples. The composite samples were laminated by hand.

### Összefoglalás

A cikk a kompozit termékek alapanyag választásához kapcsolódóan tárgyalja különböző mátrixú és különböző típusú erősítő struktúrát tartalmazó kompozit minták összehasonlító vizsgálatát. Az Ashland cég megbízásából végzett vizsgálatok során poliészter, vinilészter és epoxi mátrixú, szén, aramid és üveg szövetrel erősített, kézi laminálással előállított kompozit mintákon végeztek szakítóvizsgálatokat.

A jó minőségű kompozit termékek gyártásának egyik alapfeltétele a termék felhasználási céljának megfelelő alapanyag választás. A kompozit iparban, a gyártók körében a mátrix anyag választás tekintetében elterjedt az a nézet, miszerint a minőségi sorrend az általános célú gyanták körében a következő: poliészter, vinilészter, epoxi, illetve hogy szén és aramid szálakhoz nem célszerű poliésztergyanta mátrixot alkalmazni. Azonban ez a sorrend elsősorban a gyanták árán alapszik és nem minden esetben helyes. Az Ashland cég megbízásából végzett mérési sorozat célja az volt, hogy információt nyújtson a különböző szálak és mátrix anyagok között kialakuló adhézió mértékéről, támpontot nyújtva a gyártók számára az alapanyag választáshoz.

### 1. Vizsgált anyagok

A kompozit minták előállítása során 3 különböző típusú poliészter, egy fajta epoxi és egy fajta vinilészter gyantát használtak, erősítő struktúraként üveg, szén és aramid szövetet alkalmaztak. A

kompozit minták 6 réteg erősítőszövetből épültek fel. Az így kapott mintákat és jelölésüket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Mátrix	Erősítő szövet		
	Szén 200g/m <sup>2</sup>	Aramid 170 g/m <sup>2</sup>	Üveg 290 g/m <sup>2</sup>
G300 ortoftál alapú telítetlen poliészter gyanta	C-UP1	K-UP1	Ü-UP1
S581TE izoftál alapú telítetlen poliészter gyanta	C-UP2	K-UP2	Ü-UP2
K592TE izoftál alapú telítetlen poliészter gyanta	C-UP3	K-UP3	Ü-UP3
SP110 epoxi gyanta	C-E	K-E	Ü-E
Derakane 411-45, vinilészter gyanta	C-V	K-V	Ü-V
Minták jelölése			

*1. táblázat A kompozit minták jelölése és jellemzői*

A telítetlen poliészter gyanták a Nestle Polyestertől, az epoxi gyanta a Struct. Pol. Systemstől, a vinilészter gyanta a Dow Chemicalstól származik. Az üvegszövet Ahström, a szénszövet Toray, az aramid szövet Kevlar Du Pont gyártmányú.

A minták készítésekor utóhőkezelést alkalmaztak, 24 h szobahőmérsékleten, aztán 8h 50°C-on, végül 16h 80°C-on. A laminátumokból szabványos próbatesteket készítettek az erősítő szálakkal párhuzamos, illetve azzal 45°-os szöget bezáró irányban, az ISO 3268 szabvány szerint.

## 2. Vizsgálati módszerek

A szakítóvizsgálatot az ISO 3268 szabvány szerint végezték, 2mm/perc vizsgálati sebességgel. A nyúlást extensometerrel mérték. A szakítódiagramok kiértékelésekor a szakítószilárdságot és a szakadási nyúlást számolták. A rugalmassági modulus számításához a szakítószilárdság 5 és 15%-os értékéhez tartozó görbe meredekségét használták fel. A 45°-os irányban vizsgált próbatestek szakítószilárdság értékei jelentősen eltértek az erősítőszálakkal párhuzamos irányban vizsgált próbatestek szakítószilárdság értékeitől, ezért ezeknek a próbatesteknek a teherviselő képességét a 0,4%-os nyúláshoz tartozó feszültség értékekkel is jellemezték.

## 3. Vizsgálati eredmények, következtetések

A kompozitok teherviselő képességét jelentősen befolyásolja az erősítő száltartalom, ezért a mintákat elsőként a száltartalommal jellemezték. A 2. táblázat tartalmazza a minták száltartalom értékeit

térfogatszázalékban:

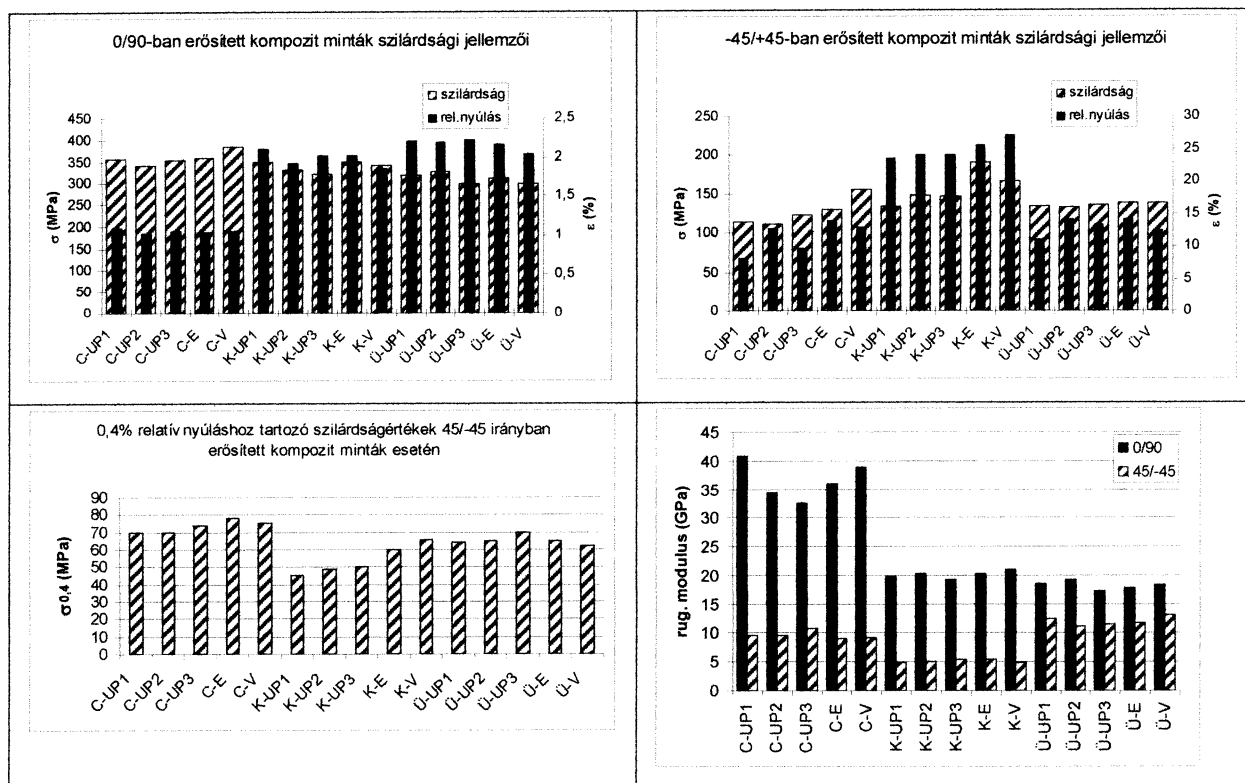
Minták	$\phi$	Minták	$\phi$	Minták	$\phi$
C-UP1	32,9	K-UP1	35,5	Ü-UP1	38,5
C-UP2	32,6	K-UP2	39,3	Ü-UP2	39
C-UP3	32,1	K-UP3	37,2	Ü-UP3	38,2
C-E	29,9	K-E	29,4	Ü-E	37,5
C-V	29,2	K-V	34,8	Ü-V	38,7

ahol:  $\phi$  - a kompozit száltartalma térfogatszázalékban (%)

1. táblázat A kompozit minták száltartalma térfogatszázalékban

Látható, hogy a minták száltartalma egy szűk tartományon belül szór, tehát a mechanikai tulajdonságaik összehasonlíthatóak.

A szakítóvizsgálatokból származó eredményeket mutatják be az alábbi ábrák:



1. ábra Kompozit minták szakítóvizsgálat eredményei

#### 4. Összefoglalás

A vizsgálati eredmények azt mutatták, hogy a szálerősítéssel párhuzamosan vizsgált, különböző mátrixú és különböző szálerősítésű minták esetében a tönkremenetelhez tartozó szakítószilárdság nem mutat lényeges különbséget. A szakítószilárdság értéke a poliészter, vinilészter és az epoxi mátrixú, szén-, aramid-, üvegszövet erősítésű minták esetében 300-380 MPa között mozog. Azonban a rugalmassági modulus értékek jelentős különbséget mutatnak. A szénszál erősítésű minták esetében a mátrixtól függően a rugalmassági modulus 3,3-4,2 GPa között mozog. Az aramid és üvegszál erősítésű minták esetében ez az érték 1,7-2,1 GPa.

A 45°-os irányba vizsgált minták a szakítóvizsgálat során lényegesen eltérően viselkedtek a 0/90°-os irányba erősített mintákhoz képest, a tönkremenetelhez tartozó szakítószilárdság nem volt alkalmas mutató az összehasonlításra. Ezért a 0,4%-os relatív nyúláshoz tartozó szilárdságértéket ( $\sigma_{0,4}$ ) használták a minták szilárdságának összehasonlító elemzésére. Az üveg- és szénszövet erősítés esetén a különböző mátrixú kompozit minták nem mutattak lényeges különbséget. Az aramid szövet erősítésű minták esetében a poliészter mátrixú minták  $\sigma_{0,4}$  értéke lényegesen alacsonyabb volt, mint az epoxi és vinilészter mátrixú mintáké. Az aramid erősítésű minták rugalmassági modulusa minden vizsgált mátrix esetében közel fele az üveg és szénszövet erősítésű mintákhoz képest.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a vizsgált poliészter gyanták kiválthatják a szénszál erősítésű kompozitokban az epoxi gyantát a szerkezet gyengülése nélkül. Az aramid erősítésű minták alacsony rugalmassági modulusa valószínűleg a gyenge szál-mátrix adhézióval magyarázható.

**Faurné Csukat Gabriella**

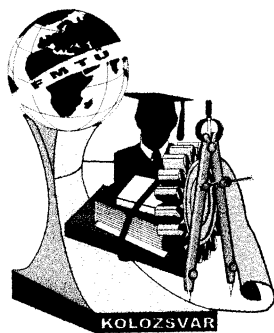
Novia Kft.

H-1149 Budapest, Nagy Lajos kir. útja 108.

Tel: (+36 1) 222 1112

Fax: (+36 1) 222 1105

E-mail: csukat@novia.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## HIDROGÉN CSAPDÁK A KIS C TARTALMÚ ACÉLOKBAN

Fábián Enikő Réka

### Abstract

The tendency for fish-scale formation of the enamelled products is characterized by the hydrogen permeability. The permeation rate is established by the diffusivity and the solubility of hydrogen in the steel. The dissolved hydrogen is contained as atomic hydrogen in the interstices of the metal lattice. But in steel exist various traps for hydrogen atoms. Trapping enhances the solubility of hydrogen but decrease the diffusivity. The hydrogen diffusion was examined by electrochemical hydrogen permeation method. The studied hot rolled coil of S235JR grade steel had homogenous microstructure, constituted from ferrite, pearlite and inclusions non-metallic. The hydrogen permeation times were short at each sample ( $T_H = 0.45 - 0.7$ ). At Al-killed low carbon steel with high coiling temperatures the microstructure of the hot rolled sheets are composed from ferrite and massive carbide ( $T_{H\text{ gen}} = 0.6$ ). The hydrogen permeation times were short. During of the cold rolling the massive carbides tend to be broken in fragments, between the carbides were observed micro-cavities. Increasing the dislocation density, with cold rolling the  $T_H$  values increased. The shear bands are other representative traps at low carbon rimmed steels. After annealing where the massive carbides average areas were  $4-7 \mu\text{m}^2$ , the hydrogen permeation times were long (at the same samples  $T_H$  values were higher than 40). The small rounded carbides, smaller than  $1 \mu\text{m}^2$ , have no effect on hydrogen permeability. The ferrite grains sizes have no characteristic effect on hydrogen permeability.

### Összefoglalás

A zománczott lemezek hidrogén áthatolási idővel jellemezzük. Az acél hidrogénátbocsátó képessége függ a hidrogénnek az acélban való oldhatóságától és diffúziós tényezőjétől. A hidrogén az acélban intersticiósan oldódik, ám reális szerkezetekben a hidrogénatomok úgynevezett csapda helyekhez is kötődnek. A hidrogén áthatolási idejét elektrokémiai módszerrel mértük. A S235JR minőségű, melegen hengerelt acél szövetszerkezetét ferrit és ~3% perlit alkotta, zárványossága, nem volt jelentős, a mért hidrogén áthatolási idő rövid volt ( $T_H = 0.45 - 0.7$ ). A nagy hőmérsékleten csévélt, Al-al csillapított, kis C tartalmú melegen hengerelt lemez szövetszerkezetét ferritszemcsék és masszív karbidok alkották. A hidrogén diffúziója a lemezek vastagságán keresztül rövid ideig tartott ( $T_H = 0.6$ ). Hideg hengerlés hatására a masszív karbidok összetöredeznek, a karbidok közt mikroüregek képződnek. A hideghengerlés hatására diszlokáció sűrűség nőtt, és ezzel egyidejűleg a hidrogén áthatolási idő is nőtt. Az erőteljes alakítás hatására létrejövő nyíróvárosi vonalak szintén erőteljes csapdáknak bizonyultak. Lágyítás után a folyamatosan öntött, kis C tartalmú, Al-al csillapított, ferrit+ karbidos szövetszerkezetű acélnál, ahol a karbidok mérete meghaladta a  $4 \mu\text{m}^2$ -ert a  $T_H$  érték nagy volt (néhány helyen  $T_H > 40$ ), míg az  $1 \mu\text{m}^2$  alatti karbidok nem befolyásolják a hidrogén áthatolási időt. Tekercsben való lágyítás hatására a mikroüregek nem mindenütt tűntek el, és ezek is jelentős csapdáknak minősültek. A ferrit szemcsék mérete nem befolyásolja a  $T_H$  értéket.

### Bevezetés

Mivel a zománczott késztermék gyártástechnológiája adott lépésekből áll, a hidrogén bejut az acélba. A zománczott lemezek pikkelyesedését a lemez –zománc határfelületen megjelenő és rekombináladott hidrogén váltja ki. A zománczott termék pikkelyesedésének elkerüléséért arra kell törekedni, hogy az anyagban levő hidrogén ne tudjon gyorsan eltávozni. Az MSZ EN 10209 szerint a pikkelyállóság érdekében a hagyományos, alumíniummal csillapított, hidegen hengerelt, zománcozható, lágy acélnál



hidrogénáthatolási idő mérőszáma:  $T_H = \frac{t_0}{d^2} \geq 6,7$ , ahol  $t_0$  hidrogén átlépési idő [perc],  $d$  lemezvastagság.[mm].Tehát, ahhoz hogy ne pikkelyesedjen a zománcozott acéltermék szükséges, hogy a zománcozandó anyag kellő koncentrációban tartalmazzon csapdahelyeket [1, 2, 3]. A hidrogén az acélban intersticiósan oldódik és intersticiális mechanizmussal diffundál. Reális szerkezetekben a hidrogénatomok úgynevezett csapda helyekhez is kötődnek. Ilyen csapdák a vakanciák, diszlokációk, szemcse- és fázishatárok és a mikroüregek. A csapdák számával a hidrogén oldhatósága és a diffúziója módosul. A csapdák természetük szerint lehetnek reverzibilisek és irreverzibilisek. Például a diszlokációk telíthetőek és reverzibilisek hidrogénre nézve, míg a mikroüregek, mikro-repedések nem telíthető reverzibilis csapdák. A csapdákat csoportosíthatjuk kölcsönhatási energiája szerint, de csoportosíthatjuk a szerint is, hogy azok megszüntethetőek-e hőkezeléssel (pl. a diszlokációk), vagy nem (pl. mikroüregek). Néhány csapda kölcsönhatási energiái: intersticiális helyek a vasban (<0,1 eV), diszlokáció a vasban ( 0,28 eV), szemcsehatárok a vasban ( 0,28 eV), tiszta belső határfelület a vasban (0,87 eV) [4]. Az ultra kis C tartalmú acélokat Ti-Al mikroötvözik, amelyek Ti(C,N); Ti<sub>4</sub>C<sub>2</sub>S<sub>2</sub> jellegű csapdákat, kiválásokat hoznak létre az acélban [5]

### Kísérleti anyag

Az 1. táblázatban látható vegyi összetételű minőségű acélokat a Dunafer Rt-nél LD konverterben állították elő, majd folyamatos öntéssel brammákat öntöttek, amelyeket 6 állványos meleghengerson hengerelték.

Minőség	Azonosító jel	Kémiai összetétel [%]								
		C	Mn	Si	S	P	Cu	Cr	Ni	Al
S235JRG 2	J	0,06 5	0,37 9	0,01	0,009	0,00 8	0,0 3	0,03 6	0,02 7	0,04 8
EK4	MH	0,05	0,21	0,008	0,012	0,01 6	0,0 5	0,03 7	0,02 6	0,03 8
DC01 EK	A	0,04 3	0,21 7	0,007	0,009	0,01 1	0,0 2	0,03 7	0,02 4	0,03 1
DC01 EK	B	0,03 7	0,20 1	0,009	0,001 1	0,01 2	0,0 2	0,04 5	0,03 3	0,03 9
DC04 EK	C	0,03 7	0,17 2	0,001 0	0,001 1	0,01 0	0,0 2	0,03 3	0,02 9	0,04 7

1. táblázat. A vizsgált acélok vegyi összetétele

A lemezek csévélési hőmérséklete technológiai adatai a 2 táblázatban láthatóak.

Az S235JRG2 minőségű acéllemezt a Dunafer- Voest Alpine Hideghengermű Kft-nél (továbbá DWA) a lemezt pácolták, dresszírozták, majd kikészítették. A hagyományos zománcozásra alkalmas finomlemezeket (DC01EK illetve DC04EK) a DWA-ban pácolták, hidegen hengerelték, gáztüzelésű harangkemencében lágyították, majd dresszírozták. Az EK 4 anyagot vizsgáltuk szállítási állapotban illetve belőle mintákat vettünk ki és azokat laboratóriumi körülmények közt hidegen hengereltük.

Azonosító jel	Késztermék minősége	Csévélési hőmérséklet [°C]	Melegtekercs méret [mm]	Hidegtekercs méret [mm]	Lágyítás		Dresszírozás fogyás [%]
					Hőmérséklet [°C]	Hőntartási idő [h]	
J	S235JRG2	690	2,2x 1100	-	-	-	0,15-0,47
MH	EK4	730	2,2x1100	-	-	-	-
A	DC01EK	738	3,00x 1035	0,70x 1000	670	16	0,8-1,0
B	DC01EK	746	3,20x 1325	0,80x 1300	670	16	0,65
C	DC04EK	740	3,50x 1055	1,0x521	670	16	0,4-0,6

2.táblázat. A vizsgált acéllemezek technológiai adatai

Metallográfiai vizsgálatra a mintadarabok a próbalemezek közepén levő keresztcsíkból származnak (vizsgáltuk a lemezeket széltől középig). Hidrogénátbocsátó képesség vizsgálatára a lemezek széléből és közepéből voltak a minták kivágva, a metallográfiai vizsgálatra kerülő mintadarabok mellől.

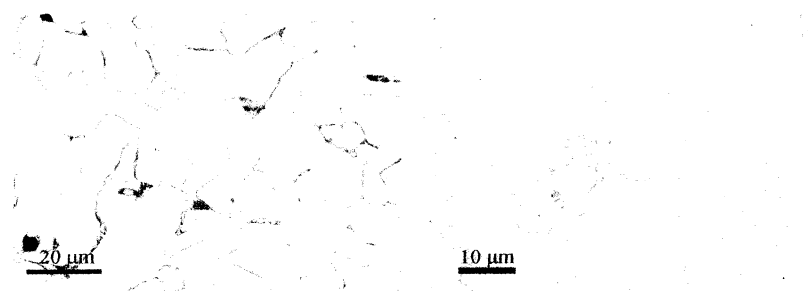
### Kísérleti technika

A minták hidrogén áthatolási idejét DIPERMET –H berendezéssel mértük.

A vizsgálati minták szövetszerkezetét Leica MEF 4 típusú fénymikroszkóppal, vizsgáltuk.

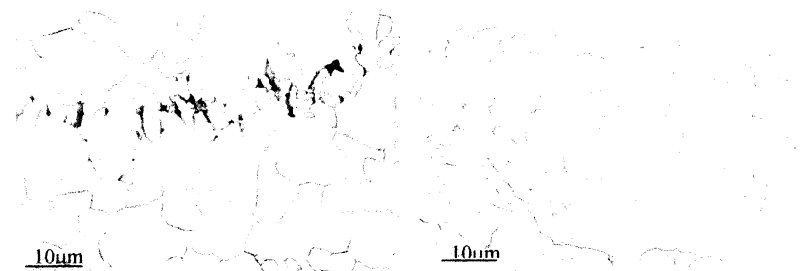
A tekercs közepéről, lemez közepéről, a lemezvastagság közepéből előkészített vékony fóliás mintákat, illetve a C- lenyomatokat JEOL 200A típusú transzmissziós elektronmikroszkóppal vizsgáltuk.

### Vizsgálati eredmények



1. ábra Az S235JRG lemez szövetszerkezete

2. ábra Az EK4 lemez szövetszerkezete



3. ábra DC01 EK lemez  $T_H=33,5$  min/mm<sup>2</sup>;  $a_{karbid}$  átlag=3.03 µm<sup>2</sup>; Karbid /mm<sup>2</sup>=6384

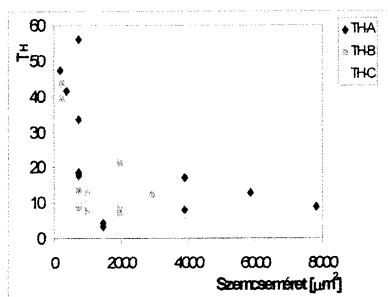
4. ábra A jelű lemez eleje középen  $T_H=4.3$  min/mm<sup>2</sup>;  $a_{karbid}$ =0.79 µm<sup>2</sup>; Karbid /mm<sup>2</sup>=3584

A S235JRG melegen hengerelt lemez szövetszerkezete viszonylag homogén, ferrit perlités (1. ábra). A szemcseméret fokozatszám Az acél szövetszerkezetében mikroüregek jelenlétét nem tapasztaltuk. 40x70 mm-es lemezeken mértük az első hidrogénátlépési időt. A S235JRG minőségű, melegen hengerelt lemez hidrogénáthatolási idő mérőszámai nagyon kis értékeket adtak ( $T_H=0,5-0,7$  perc/mm<sup>2</sup>). A nagy hőmérsékleten csévélt, Al-al csilapított, kis C tartalmú melegen hengerelt lemez szövetszerkezetét

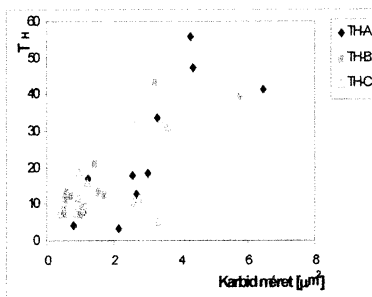
ferrit-szemcsék és masszív karbidok alkották. A ferritszemcsék átlagos mérete  $d_{\text{átlag}}=26,6\mu\text{m}$ .(2. ábra) A

az 1mm vastagságra át-számított hidrogénáthatolási idő rövid volt ( $T_H = 0.6$ ). Ezt a lemezt hidegen hengerelve nőtt a diszlokáció sűrűség. Erőteljes alakítás hatására a karbidok összetöredeznek, és köztük mikroüregek képződnek. Az alakítás mértékével a hidrogén áthatolási idő mértéke nő. A [6] publikációban nyomon követhető, hogy bizonyos alakítottság fölött a diszlokációk jelentős csapdashatást gyakorolnak. A mikroüregek megjelenése jelentősen növelte  $T_H$  értékeket, tehát fontos csapdashatást fejtenek ki a hidrogénre nézve.

A hagyományos zománcozásra alkalmas finomlemezek (DC01EK illetve DC04EK) nem voltak homogének, és a hidrogén áthatolási időben is jelentős különbségek adódtak. A tekercsek közepén, a lemezszélesség közepén, ahol a  $T_H$  értékek jellemzően nagyok voltak, a szövetszerkezetet egyenlőtengelyű, kis méretű (az MSZ 2657-1985 szerint átlagosan  $244 \mu\text{m}^2$ -es) ferrit szemcsék valamint masszív-, töredezett karbidcsoportok alkotják. Ezekon a helyeken a szomszédos karbidok között



5. ábra A ferritszemcsék méretének hatása a lemezek hidrogénátbocsátó képességére



6. ábra A karbidok méretének hatása a lemezek hidrogénátbocsátó képességére

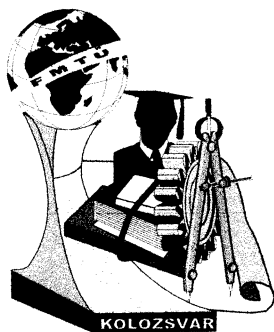
mikroüregeket láthatunk (3. ábra). Voltak olyan helyek-főleg a lemezek elején, végén illetve a szélén, ahol a karbidok aprók, gömbölyűek-, a ferrit szemcsék nagyok voltak és a szövetben kevés mikroüreget találtunk ott a  $T_H$  érték alacsony volt. (4. ábra). A szemcseméret hatása a

hidrogén áthatolási időre az 5. ábrán látható. A karbidok méretének hatása a  $T_H$  értékre a 6. ábrán látható.  $4 \mu\text{m}^2$  nél nagyobb karbidos szövetszerkezetű minikák esetében hidrogén diffúziója hosszú. A [7] cikkben látható, a nagyméretű karbidok jelentős csapda hatást gyakorolnak a hidrogénre, ám a  $1 \mu\text{m}^2$ -nél kisebb karbidok, még ha nagy számban vannak is jelen, azaz a karbid-ferrit határvonal nagy, nem befolyásolják a hidrogén áthatolási időt.

## Irodalom

- [1] Newly, J.R.: "Steel Sheet for Poreclain Enameling" *ASM Metals Handbook Vol 1*, p. 177-80.
- [2] Major, J.K.: "Enamel Defects Caused by Hydrogen," U.S. Steel Corporation, pp. 129-33. G.P.K
- [3] Chu, G. P. K.; Keeler, I. H.; and Davis, H. M. "A Study of Gases in Porcelain Enameling;" *J. Am. Ceram. Soc.* 36 /2 48-59 (1953).
- [4] Tren, J. K. -Thomson, A. W.-Berstein, I. M. -Richards, R.: *Met. Trans.* 7A. 821; 1976
- [5] Xiaomin Yuan: Precipitates and Hydrogen Permeation Behavior in Ultra-low Carbon Steel; *Materials Science and Engeneering A* 452-453 (2007) p. 119
- [6] Fábrián E. R; Dévényi L Hydrogen in plastic deformed steel *Materials Science, Forum* 2005 ISSN02555476, P33-40
- [7] Fábrián E. R; Dévényi L The Carbides Effects on the Hydrogen Permeation Time of the Steels, *Gépészet* 2006

Fábrián Enikő Réka / PhD hallgató  
 Bay Zoltán Anyagtudományi és Technológiai Intézet  
 Magyarország, 1116 Budapest, Fehérvári út 130,  
 Telefon: 00-36-1-463 0557 /Fax :00-36-1-463 0529 / e-mail: reka@bzaka.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## MSC.ADAMS PROGRAMRENDSZER FELHASZNÁLÁSA A BIOMECHANIKAI MODELLEZÉSBEN

Fekete Gusztáv, Dr. Kátai László

### Abstract

In this paper, a new computational kinematical-kinetical model is introduced which was created in the MSC.ADAMS program system. To make the knee model more realistic, the geometry was mapped from MRI images. The aim of the model development is to analyze the motions of the inner joint (*sliding and rolling properties*) during the flexion of the knee.

### Összefoglalás

Ebben a tanulmányban egy új számítógépes biomechanikai modellt mutatunk be, amely az MSC.ADAMS programrendszerben készült. A modell valósághűsége érdekében a geometriát MRI képek alapján hoztuk létre. A modellalkotás célja az volt, hogy a térdizület lokális mozgását (csúszás-gördülés) vizsgáljuk a térd behajlítása közben.

### 1. Bevezetés, célkitűzés

A gödöllői Szent István Egyetem Biomechanikai Kutatócsoportja a térdizület globális vizsgálatát igen széleskörűen végzi. A különböző kísérleti modellek kialakítása mellett az eredmények igazolása érdekében a modelltörvények felállítását numerikus modellek eredményeivel kívánjuk alátámasztani. A szakirodalomban többek közt J. Heegaard [1] ESB díjjal kitüntetett tanulmánya foglalkozik numerikus számítások alkalmazásával az íz-felület érintkezési feszültség- ill. alakváltozási állapotának megállapításához. Emellett F. Jourdan [2] síkbeli térdizület modellt dolgozott ki kopási jellemzők vizsgálatához, aki alapvetően V.E.M módszert alkalmazott. A szakirodalom a lokális mozgásjellemzők vizsgálatával csak igen kevés esetben foglalkozik, jó példa azonban M. Kassai [3], MSC.NASTRAN programrendszer segítségével végzett tanulmánya, amelyben klasszikus mozgástani egyenletek numerikus megoldásával vizsgálta a térd csúszó-súrlódó mozgását. Jelen dolgozat egy újszerű és kevésbé használt programrendszert használ fel a térdbehajlás során az ízületben lejátszódó lokális mozgások vizsgálatára.

Az MSC.ADAMS programrendszer előnye MSC.NASTRAN programmal szemben, hogy míg a második egy V.E.M rendszer, amely tud dinamikai feladatokat is kezelni, addig az ADAMS-et speciálisan mechanikai rendszerek dinamikai analízisére fejlesztették ki. Ez magába foglalja a prototípus fejlesztést (például egy biomechanikai rendszer), illetve annak optimalizálását.

Dolgozatom célja annak vizsgálata, hogyan lehet egy térdmodellt létrehozni, a geometriai, statikai, dinamikai jellemzőket úgy meghatározni, hogy az megfelelő modellje legyen a térdmozgás lokális viszonyainak.

## 2. A térdizület lokális mozgásai

Az ízület lokális mozgása csúszásból és görbülésből áll. A mozgás közbeni változásuk, viszonyuk jelenleg ismeretlen. Röntgenfelvételek alapján kutatóorvosok, köztük elsőként Zupinger, azt állította, hogy térdbehajlításnál a femur és tibia kapcsolata során mintegy  $20^\circ$ -ig görbülés van, majd ennél nagyobb behajlítási szög esetén csúszás és görbülés vegyesen lép fel a felületek között. Pusztán képek alapján eldönteni ezen mozgások arányát, és hogy milyen helyzetben zajlanak le ezen jelenségek, egyszerűen lehetetlen.

Ha a femur és tibia érintkezési pontjait egy abszolút koordináta-rendszerben meghatározzuk, akkor értelmezhetünk egy-egy pályagörbét. Ha mozgás során a két pályagörbe ívhossza megegyezik, akkor állíthatjuk, hogy a két test tisztán gördül, míg értelemszerűen, ha nem egyenlők, akkor már csúszás is fellép.

## 3. A modell

### 3.1. A modellalkotással kapcsolatos problémák

A modellt meghatározó jellemzők:

- Geometriai viszonyok: jelenleg síkbeli modellel végzünk számításokat, de már látható hogy az igen fontos kérdések, például a szögekkel kapcsolatos modelltörvények kialakítása, kizárólag a térbeli modellel vizsgálható.
- Kényszerkapcsolatok: Ezek jelentik a rendszer peremfeltételeit, így általánosításuk roppant fontos. Például irányadó tételek lefektetése az alkalmazható kényszerek típusairól, valamint a szalagbekötések pontos helyeiről.
- Súrlódási viszonyok: Csúszás és súrlódás pontos viszonyainak feltárása a kopási felületek prognosztizálhatósága érdekében. Valamint ezen eredményekből következtetéseket lehessen levonni a kopás nagyságáról.
- Izomerő létrehozás: Mivel a tanszéken már igazolt eredményeket értünk el quadriceps-ben ébredő eredő erő meghatározásában, a korábbi kísérleti eredményeket kívánjuk felhasználni a modellen peremfeltételként.
- Terhelés: Az önsúly modellezése illetve külső terhelés hatása a modellre még nem feltérképezett, így ennek hatását is vizsgálni kell.

### 3.2. A modell létrehozása

Mivel a valódi három dimenziós térdizület meglehetősen bonyolult, célravezetőbb volt egy egyszerű modellt kialakítani, így haladva a bonyolultabb felé.

A csontok geometriai leképezése az MRI képek alapján felvett pontok segítségével az MSC. ADAMS program-rendszerben alapvető CAD műveletekkel (*spline-illesztések, kihúzás*) történt.

A modell tulajdonságai a következők:

- Síkbeli (*a síkra merőleges, véges kiterjedéssel*);
- Önsúllyal rendelkező homogén kontinuum.

A térdmodell esetében olyan kényszerkapcsolatot kellett definiálni, amivel valóban hasonlóan fog viselkedni a valósághoz.

A modell kinematikai kényszerei a következők:

- A femur összes szabadságfoka lekötött (*Fixed Joint*);
- A tibia csak síkbeli mozgást végezhet (*Planar Joint*);
- A patella csak síkbeli mozgást végezhet (*Planar Joint*);
- A femur-tibia és a femur-patella között érintkezési kapcsolat van (*Contact*).

Az egyes elemeket rugókkal erősítettük egymáshoz, ahol a rugókkal modellezett szalagok bekötési helyeit a funkcionális anatómia szerint vettük fel (1. ábra).



1. ábra. A számítógépes modell

Terhelésként a gravitáció mellett egy koncentrált erővektor is hatott ( $\vec{F}^T = [0 \quad -4 \quad 0]$  [N]) a tibia végpontjára, a testek között pedig súrlódás volt értelmezve. A mozgásbeli súrlódási tényezőt Wang [4] alapján  $\mu = 0.07 - 0.08$  között választottam.

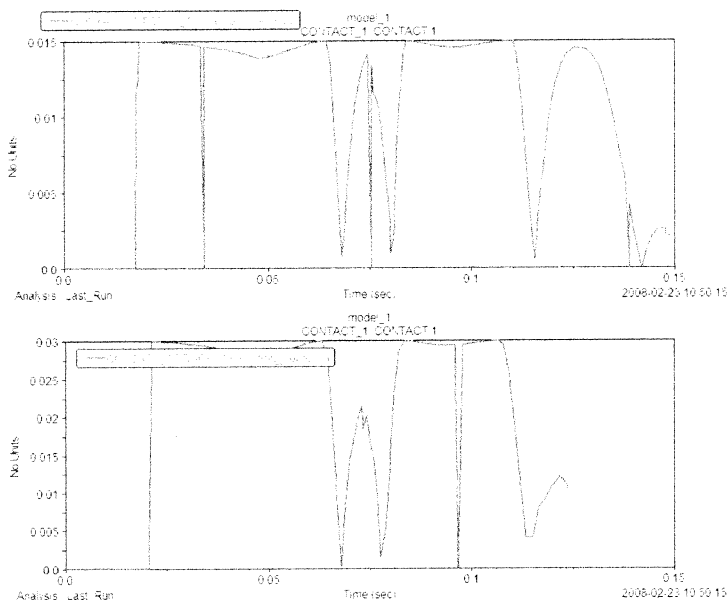
A rugók merevségéhez különböző értékeket rendeltem. A tibiát és a patellát összekötő szalag, a ligamentum patellae, a valóságban sem nyúlik meg, ezért itt a rugómerevséget végtelen nagynak vettem fel, mintha egy merev testtel lennének összekötve. A quadriceps-et modellező rugó merevségét 0.5 [N/mm] vettem fel.

#### 4. Eredmények, következtetések

A modellt lefuttatva a következő eredményeket közölhetem:

- Valóság-hű mozgás létrehozása.
- A súrlódási tényező nagysága minőségben nem befolyásolja a csúszási-súrlódási viszonyokat

(2. ábra);



2. ábra. Súrlódási tényező az idő függvényében

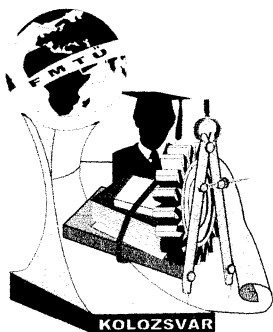
További feladatként a következőket tűztem ki:

- A térd modell-törvényeinek felállítás, amellyel 3D-s ízületi modell kezelhető;
- Modellparaméterek pontos megállapítása;
- Mennyiségi következtetések levonása a csúszási-súrlódási jelenségről (*milyen szakaszon, mekkora arányban, stb*).
- Különböző mozgások vizsgálata, ezen belül is izomerő változása és a  $\mu$  hatásának kutatása.

#### Irodalom

- [1] J.Heegaard, P.F.Leyvraz, A. Curnier, L.Rakotomanana, R.Huiskes: The Biomechanics of Human Patella during passive knee flexion, Journal of Biomechanics Vol 28, Great Britain, 1995, 1272-1273 p.
- [2] F.Jourdan: Numerical wear modelling in dynamics and large strains, Wear 261, 2006, 283-284 p.
- [3] M.Kassai: Térdizület számítógépes mechanikai modellje (TDK dolgozat), Szent István Egyetem, Gödöllő, Magyarország, 2005, 12-14 és 18 o.
- [4] A. Wang: A unified theory of wear for ultra-high molecular weight polyethylene in multi-directional sliding, Wear 248, 2001, 38-47 p.

**Fekete Gusztáv** (doktorandus) – **Dr. Kátai László** (egyetemi docens)  
 Munkahely: Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, MEGI,  
 Cím: 2100, Magyarország, Gödöllő, Páter Károly u.1.  
 E-mail: feketegusztav@gek.szie.hu – katali.laszlo@fek.szie.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## NAGY TERHELÉSŰ AXIÁLIS VENTILÁTOR TERVEZÉSE SUGÁR MENTÉN NÖVEKVŐ CIRKULÁCIÓ MÓDSZERÉVEL

Fenyvesi Dániel, Dr. Szlivka Ferenc

### Abstract

The lecture is about the increasing vortex along the radius (Non-free vortex design NFV). It is shown the properties of the mainly usual vortex functions and the advantages of NFV in construct to constant vortex design method (free vortex design: FV). We are dealing with the empirical formulas commonly used in practice, and the restrictions of it. The showed design method is able to design axial flow fans with high efficiency and high flow and pressure parameters. The impeller designed by this method is a good basic for the optimization of the impeller with the help of CFD (dihedral and blade sweep and the work point accurate fitting)

### Összefoglalás

Előadás a sugár mentén növekvő cirkulációra (non-free vortex design: NFV) történő tervezést ismerteti. Tárgyaljuk a gyakorlatban leginkább elterjedt perdület függvények tulajdonságait, ismertetjük a tervezés előnyeit az állandó cirkulációval (FV) szemben. Bemutatjuk a tervezői gyakorlatban leginkább elterjedt empirikus összefüggéseket, és a tervezés korlátozó feltételeit. Az ismertetésre kerülő tervezési módszer alkalmas jó hatásfokú nagy áramlási teljesítményű lapátrács tervezésére. A módszerrel számolt referencia járókerék biztos alapot szolgáltat CFD megoldáson nyugvó járókerék optimalizálásra (v-állás és nyílazás, munkapont precízebb feladathoz illesztése).

### 1. Bevezetés

Tervezési feladat megoldása során azt a perdület  $(r \cdot v_{3u})$  eloszlást – sebességi háromszögeket – keressük, amely kielégíti a felvett  $(Q, \Delta P_t)$  számpárost. Az Euler turbina-egyenlet értelmében, az adott sugáron a járókerék által keltett perdület (~cirkuláció) arányos az össznyomáskülönbséggel.

$$\Delta P_t(r) = \rho u v_{3u} \quad (1)$$

#### A lapátrács tervezés lépései

Sebességi háromszögek számítása:

- állandó cirkuláció módszere;
- változó cirkuláció módszere.

Lapátrács számítása:

- járókerék lapátok mint izolált szárnyak  $((s/c) \gg 0.5)$ ;
- sík szárnyrácsmérések eredményei.

#### Az NFV tervezés jellemzői:

- A perdület függvény monoton nő:  $(r \cdot v_{3u})_{NFV} = f(r) \Rightarrow \{\Gamma(r) \uparrow \Rightarrow \Delta P_t(r) \uparrow\}$ .



2. Agynál az elterelés – általában - kisebb, így töben a leválási veszély csökkenthető. Nagyobb sugarakon elhelyezkedő lapátmetszetek a teljesítmény növeléséhez jobban hozzájárulnak, ami a meg növekedett szállítósebesség (u) miatt előnyös.
3. Egy fokozatban megvalósítható  $\bar{\psi}$  növelhető, axiális ventilátor alkalmazhatóság kiterjesztését jelenti.
4. Adott  $(\bar{\psi}, \bar{\varphi})$  mellett az agy szabadabban választható.
5. Adott munkapont alacsonyabb kerületi sebességgel valósítható meg.
6. Technológiailag egyszerűbb (elcsavaratlan vagy állandó szélességű) lapátozás tervezhető.
7. Lapátcsatornában a radiális közegátrendeződés („szekunder veszteség”) nagyobb.
8. Különlegesen nagy térfogatáramok érhetőek el kis agyviszony mellett.

## 2. Perdület függvény felvétele, meridián sebesség egyenlet származtatása

A perdület függvény felvételével elsődleges célunk a többeli metszetek tehermentesítése, és ezáltal a nagyobb sugarakon elhelyezkedő metszeten a terhelés fokozása. Járókerék mögötti tangenciális sebesség eloszlást célszerű hatványfüggvényként felvenni [2]:

$$v_{3u} = k \cdot r^n \tag{2}$$

Az n perdületkitevő értékétől függően:

	n = -1	n = 0	n = 1
$v_{3u}$	hiperbolikus	állandó	lineáris
$r \cdot v_{3u}$	állandó	lineáris	parabolikus

n = -1 felvétele „speciális” esetet, FV tervezést jelent. Számítás során az a (k, n) számpáros keresendő, amely a következő két mellékfeltételt is kielégíti:

a) Kontinuitás;

$$Q = 2\pi \int_{r_i}^{r_a} v_{3m}(r) \cdot r dr \tag{3}$$

b) Teljesítmény egyenlet.

$$\overline{\Delta P_t} = \frac{2\pi}{Q} \int_{r_i}^{r_a} v_{3m}(r) \Delta P_t(r) \cdot r dr \tag{4}$$

A rácsáramlás differenciál egyenlete a össznyomás-különbség egyenlet sugár menti deriváltja. A rácsáramlás differenciál egyenlete az össznyomás-különbség egyenlet sugár menti deriváltja:

$$\frac{d(Y_t)}{dr} = \frac{1}{\rho} \frac{dp_3}{dr} - \frac{1}{\rho} \frac{dp_0}{dr} + \frac{1}{2} \frac{d(v_3^2)}{dr} - \frac{1}{2} \frac{d(v_0^2)}{dr} \text{ ahol } Y_t = uv_{3u} \tag{5}$$

Az egyenletet integrálva a kilépő meridián sebesség:

$$v_{3m}^2(r) = \frac{n+1}{n} k^2 [r_a^{2n} - r^{2n}] - 2k\omega [r_a^{n+1} - r^{n+1}] + v_{3ma}^2 \quad (6)$$

Lapátsúcson a kilépő meridián sebesség ( $v_{3ma}$ ) ismeretlen, értékének meghatározása a kontinuitásból történik iterációval. Számításnál törekedni célszerű a szilárdsági és a gyártástechnológiai követelményeket jobban kielégítő állandó húr hossz ( $l$ ) létrejöttére.

### 3. Lapátrács számítása

Cél: sebességi háromszökeket (elaterelést) realizálni tudó lapátrács számítása, minimális hidraulikai veszteség mellett. Rácssűrűség az elaterelés függvényében, Howell szerint [1]:

$$\tan \alpha_0 - \tan \alpha_3 = \frac{1.55}{1 + 1.5(s/c)} \quad (7)$$

Howell a szárnyrác mérésnél nem vette figyelembe a csatornafali határréteg vastagodást, ezért a kilépési szög számítására McKenzie a következő összefüggést [4] javasolta:

$$\delta = (1.1 + 0.31\theta)(s/c)^{1/3} \approx \delta_{Howell} + 2^\circ \quad (8)$$

Ez összhangban van Cumpsty tapasztalataival [3].

### 4. NFV tervezés korlátozó feltételei

Feltétel a lokális mennyiségi számra

$$[\varphi(r)]_{\min} \geq (0.7 \dots 0.8) \bar{\varphi} \quad (9)$$

Betartása általában kis agyviszonyú, nagy szállítást megvalósító ventilátoroknál lehet gond.

Feltétel a közegelaterelésre [2]

$$\left( \frac{v_{3u}(r_i)}{v_m(r_a)} \right)_{NFV} < \left( \frac{v_{3u}(r_i)}{v_0} \right)_{FV} \quad (10)$$

Lieblein diffúzió szám [3]

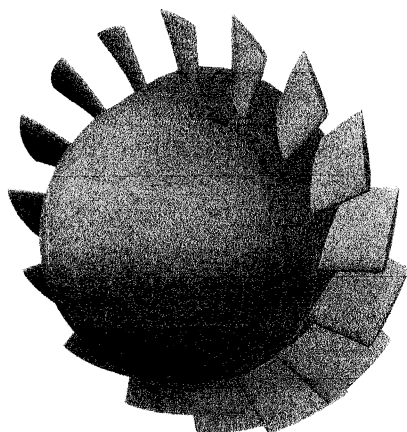
$$DF = \left( 1 - \frac{w_2}{w_1} \right) + \frac{v_{3u}}{2(c/s)w_1} \quad (11)$$

Optimális rácsgéometria szükséges feltétele [3]:  $0.35 \leq DF \leq 0.6$ . (11) alapján belátható, hogy sűrű rác esetén, DF „kisebbré” adódik, azaz a  $C_p$  eloszlás a szívott oldal mentén egyenletesebb lesz, ez összhangban van Pfeil [2] megállapításával is.

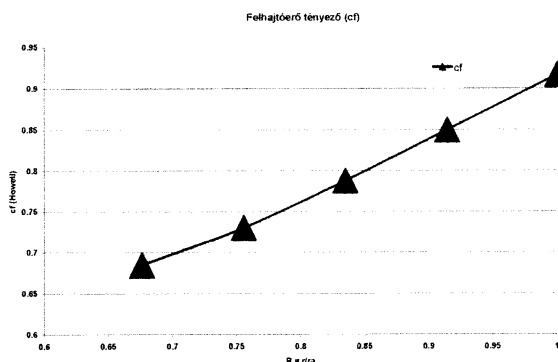
### 5. Járókerék számítási példa

Számítás NFV módszerrel állandó húr hosszra.

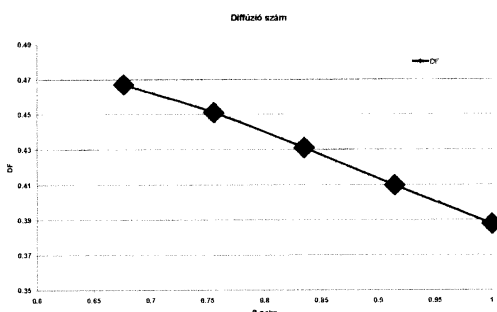
Járókerék jellemzői (1. ábra):  $\overline{\Delta P t} = 588 Pa$ ,  $Q = 3.36 [m^3/s]$ ,  $r_a = 315 [mm]$ ,  $r_i = 213 [mm]$ ,  $n_f = 1200 [1/min]$ ,  $N = 16$  db (lapátszám, felvett),  $Re = 3,06 \cdot 10^5$  (középérték),  $n = -0.4$  (iterált). Sebességi háromszögek és a lapátrács számítását, Fortan90 nyelven írt programmal végeztük el. Lapátmetszeteket brit C4-el profiloztuk.



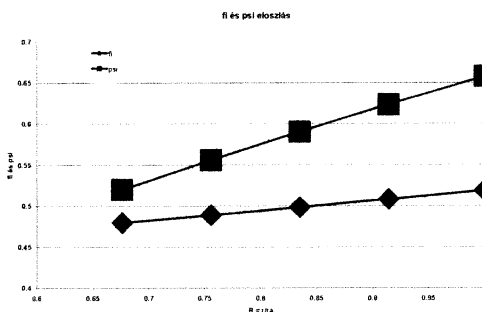
Járókerék axonometrikus ábra



Felhajtóerő-tényező ábra



Diffúzió szám ábra



Lokális fi és psi ábra

1. ábra. GEK-26 járókerék jellemzői

## 6. Irodalmi hivatkozás

- [1] Wallis, R. A.: Axial flow fan, George Newnes Limited, London, 1983.
- [2] Somlyódy L.: Axiálventilátorok tervezése és jelleggörbeszámítása, Műszaki doktori értekezés, BME, 1971
- [3] Cumpsty, N. A.: Compressor aerodynamics, Longman Scientific & Technical, NY, 1998.
- [4] McKenzie A. B.: The selection of fan blade geometry for optimum efficiency, Proc. Instn. Mech. Engrs., IMechE., London, 1988.

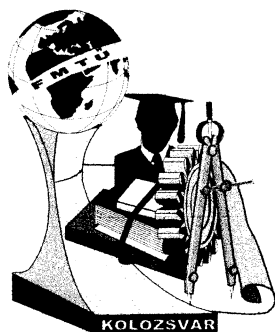
Fenyvesi Dániel, doktorandus

Dr. Szlivka Ferenc, egy. docens

SZIE, GÉK, KÖRI

Cím: 2103, Magyarország, Gödöllő, Páter K. u., 1.

E-mail: hdri.szie@gmail.com



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## A KOCKÁZATALAPÚ FELÜLVIZSGÁLATI ÉS KARBANTARTÁSI STRATÉGIA FŐBB ELEMEI

Fótos Réka, Dr. Tóth László

### Abstract

Risk-based inspection (RBI) concept is based on the application of risk analysis principles. RBI has been implemented in refineries and petrochemical plants for some time. By the application of RBI a cost-effective inspection program can be developed, and with the help of it, high reliability of the plants can be assured. The value of the risk is the multiplication of the consequence and the probability of the failure. The standard of the risk-based inspection and maintenance has been developed by the result of the effort of three organizations: the API, the ASME and the EPRI.

### Összefoglalás

A kockázatalapú felülvizsgálat a kockázatelemzés elveinek alkalmazásán alapul. Olajfinomítóknak és a petrokémiai üzemekben már alkalmazzák bizonyos ideje, de egyre több iparágban kezd elterjedni. Használatával egy gazdaságos felülvizsgálati program alakítható ki, emellett magas megbízhatóság érhető el az üzemekben. Mivel a kockázat a károsodás valószínűségnek és következményének szorzata, ezért először ezek meghatározására van szükség. A kockázatalapú felülvizsgálat és karbantartás szabványai három szervezet erőfeszítésének eredményeképpen jöttek létre.

### 1. Bevezetés

A kockázatalapú karbantartás bevezetésének oka a műszaki és a gazdasági élet összefonódásának felismerése, azaz azon kérdések felvetése és megválaszolása, hogy a gazdasági hatékonyság milyen módon kapcsolható össze a magasabb fokú műszaki megbízhatósággal. A technika és a technológiák folyamatos fejlődése a karbantartási filozófiák megújulását követelte. Továbbá nem szabad elmennünk azon tény mellett sem, hogy napjainkban a gazdasági kérdések az élet minden területén meghatározó tényezőként jelentkeznek. Nincs ez másképpen az üzleti életben résztvevő, műszaki területen dolgozó vállalatok esetén sem. A cégek tulajdonosait és vezetőit egyetlen cél vezérli: a legjobb teljesítménnyel üzemelni, a legkisebb költségek mellett. Ez az érdek azonban gyakran olyan fontos szempontokkal ütközik, mint a biztonság, a környezetvédelem vagy akár az egészség. És hogy mi a fontosabb? Az előbb felsorolt tényezők vagy a gazdaságosság? Ennek eldöntése igen szubjektív dolog. De szükséges-e választanunk? A kockázatalapú karbantartás bevezetésével lehetővé válik az üzleti életben való sikeres részvétel a környezet károsítása, az emberi élet veszélyeztetése nélkül.

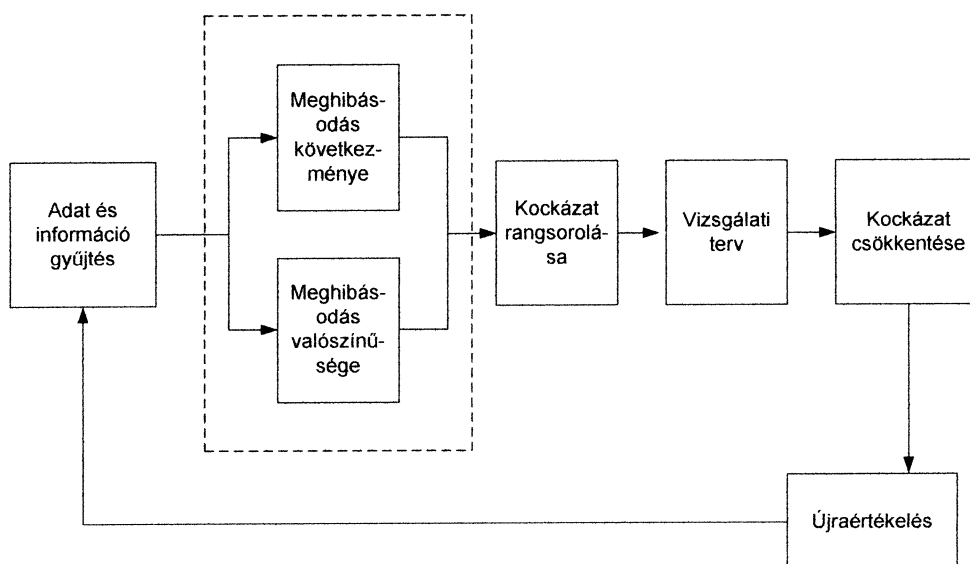
## 2. A kockázatalapú karbantartás alapelve

A kockázatkezelés alapvető célja az, hogy a hatékonyságot minden szinten fenntartsa, a gépek, berendezések állapotát megóvja és csökkentse a kiesések által okozott veszteségeket. A kockázatalapú felülvizsgálati és karbantartási stratégia nemcsak a kockázat minimalizálása, hanem a költségek szempontjából is optimális. Azonban e rendszer bevezetése olyan széleskörű, minden részletre kiterjedő munkát igényel, mely a vállalatok részéről viszonylag nagy befektetést igényel mind az idő, mind az anyagiak szempontjából.

A kockázatalapú karbantartás legfőbb jellemzője, hogy a rendszerek és berendezések elemzésénél és karbantartási stratégiájának kidolgozásánál figyelembe veszi a meghibásodásával járó kockázatot. Ennek segítségével meghatározható, hogy melyik az az elem, amelynek üzemeltetése a rendszerben a legnagyobb, illetve a legkisebb kockázattal jár. Miután ez meghatározásra került, tudjuk, hogy melyek azok a részek melyek nagyobb odafigyelést, biztonságosabb üzemeltetést kívánnak, és melyek azok, melyeknek meghibásodása nem okozza az egész rendszer leállását, és nem vezet katasztrofális következményekhez. Másik fontos előnye az, hogy a kockázat megközelítően pontos ismeretében könnyebb kidolgozni egy hatékony kockázatsökkentési stratégiát.

## 3. A kockázatkezelés [1] [3]

A legkönnyebben a 1. ábra segítségével érthetjük meg a kockázatok kezelésének folyamatát.

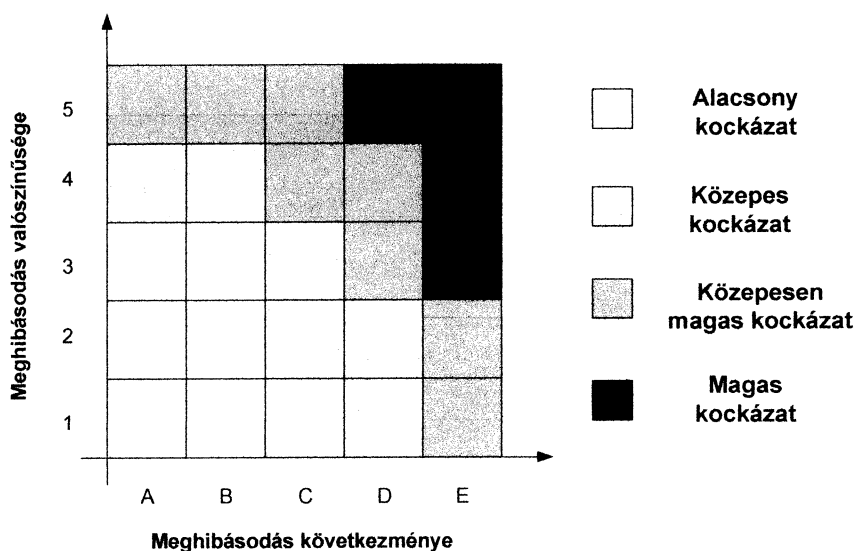


1. ábra. A kockázatkezelés folyamata

Mint láthatjuk, az első és talán az egyik legfontosabb lépés az adat- és információgyűjtés. Fontos minden olyan rendelkezésre álló adat összegyűjtése, amely befolyásolhatja a számított eredményeket, még akkor is, ha azok hatása nem túl jelentős. Fontos, hogy az információk, melyeket a későbbi vizsgálatkor felhasználunk pontosak és naprakészek legyenek, hiszen ezek az adatok fogják

meghatározni a számítás eredményét, a kockázatot. Miután megtörtént az adatok összegyűjtése és a megfelelő módon való csoportosítása, sor kerülhet a meghibásodás valószínűségének, valamint a következményeinek kiszámítására. Mint azt már az előbbieken láthattuk, a meghibásodás bekövetkezésének valószínűségéből és azok következményeiből számítható a kockázat, mely a kockázatalapú felülvizsgálat és karbantartás központi eleme.

A következmények súlyossága és a bekövetkezés valószínűsége alapján létrehozhatunk egy kockázati mátrixot, mely nagy segítséget nyújthat számunkra a későbbi döntések helyes meghozatalában. [2]



2. ábra. Kockázati mátrix

A 2. ábra a kockázati mátrixot mutatja be. Mint látható, a kockázatokat 4 csoportra osztja, alacsony, közepes, közepesen magas valamint magas kockázatokra. Miután kiszámítottuk a rendszer egyes elemeinek kockázatát, és elhelyeztük őket a kockázati mátrixban, azok rangsorolása a következő feladatunk. Amennyiben a kockázat mértéke az elfogadható határon belül van, nem szükséges kockázatsökkentő műveletekhez folyamodnunk. Azonban ha a kockázat mértéke átlépi az elfogadhatóság határát, tehát nagyobb az elfogadhatónál, cselekednünk kell. Felülvizsgálati terveket és kockázatsökkentő stratégiákat kell kidolgoznunk, melyek bevezetése után fontos a folyamatos megfigyelés, hogy amennyiben a stratégia nem hozza meg a várt eredményt, azonnal beavatkozhassunk, és újraértékelhessük döntésünket.

A kockázatkezelés lényege az, hogy minden elemet az elfogadható kockázati tartomány felé kell irányítani. Ennek oka, hogy az elfogadható kockázati tartomány alá eső elemek vizsgálata során szükségtelen költségek jelennek meg, mivel elegendő lenne azokat ritkábban, hosszabb időközönként vizsgálni. Ezzel szemben az elfogadható kockázati tartomány felé eső elemek esetén azok biztonságosabbá, megbízhatóbbá tétele a központi feladat, hiszen ezek meghibásodása kedvezőtlen következményeket von maga után.

#### 4. A stratégia előnyei

- az üzemek biztonságának fenntartása vagy fejlesztése;
- hatékony működés az öregedő berendezésekkel és felszerelésekkel;
- biztonságos, megbízható működés fenntartása a működési idő növelésével és a leállási idők csökkentésével;
- a működés pontosságának növelési lehetőségei;
- az üzem erőforrásainak optimalizálása az iparban fennálló nagy verseny miatt, stb.

#### 5. Összefoglalás

A mérnöki szerkezetek karbantartási stratégiái időben a rendelkezésre álló technikai háttérre alapozva folyamatosan fejlődtek. Napjaink mikroelektronikai háttere lehetővé teszi az állapotellenőrzés folyamatos megvalósítását, a szerkezetekben kialakuló mezők (feszültségi, alakváltozási, hőmérsékleti, stb.) szimulálását, a beépített anyagok károsodási folyamatának monitorozását, következésképpen a mindenkori biztonság szintjének érzékelését. Természetesen ennek megbízhatósága attól függ, hogy mindezekre mennyit költünk, azaz milyen összegeket fektetünk be a bizonytalanságok csökkentésére. Ezzel kell szembeállítani a felvállalható kockázatot, ami a meghibásodás valószínűségének és pénzben kifejezhető összegének szorzata.

#### 6. Irodalom

- [1] API 581 Base Resource Document-Risk-Based Inspection, First Edition, May 2000
- [2] Dr. Tóth László – Lenkeyné dr. Bíró Gyöngyvér: Kockázatalapú karbantartás- és felülvizsgálat-tervezési rendszer (Anyagvizsgálók lapja, 15.évf., 2. szám, 2005. február)
- [3] API 580 Recommended Practice, Risk-Based Inspection, First Edition, May 2002

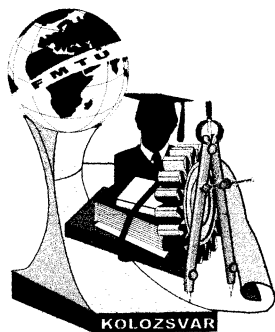
**Fótos Réka**, doktorandus

Munkahely: Bay Zoltán Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet

Cím: H-3519, Magyarország, Miskolc-Tapolca, Iglói út 2.

Telefon: +36-46-560-120/164

E-mail: fotos.reka@freemail.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## ELEKTRONIKUS JÁRMŰRENDSZEREK KVALITATÍV MEGBÍZHATÓSÁGI MEGKÖZELÍTÉSE

Fülep Tímea

### Abstract

The development of safety critical systems is mainly driven by that social demand that the societies want to see safer, more reliable vehicles on the roads, which can also handle more complex situations than the human driver can. In order to provide these features the development of these systems and subsystems concerning their reliability analyses are indispensable.

### Összefoglalás

A biztonságkritikus rendszerek fejlesztése a jövő járműveivel kapcsolatban főleg arra a társadalmi követelményre épül, miszerint az emberek biztonságosabb, megbízhatóbb járműveket akarnak látni az utakon, amelyek képesek a vezetőnél összetettebb feladatok kezelésére. Az említett elvárások biztosításának a járművet felépítő rendszerek és alrendszerek fejlesztése során az ezzel kapcsolatos megbízhatósági vizsgálatok szerves részét képezik.

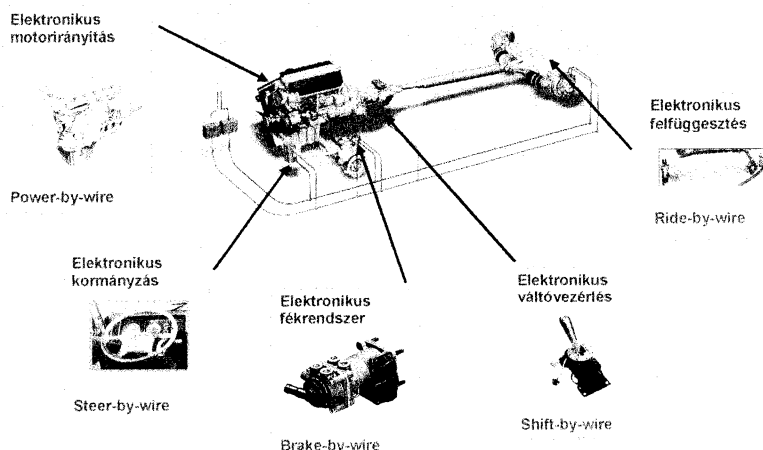
### 1. Bevezetés

Az esetek legnagyobb részében vezetési hiba miatt következik be baleset. [2] A gépkocsi vezetője nincs tisztában saját képességeivel és a fizika törvényeivel. Ez különösen olyankor szembetűnő, amikor a kanyart túlzottan nagy sebességgel veszi, és elveszíti uralmát a jármű fölött. Összehasonlítva a személygépkocsikkal a haszongépjárművek, majdnem kétszer annyi testi sérülést, több mint háromszor annyi halálesetet és a vagyontárgyakban kétszer annyi kárt okoznak. [1]

Az ismert biztonsági rendszerek, úgymint ABS (blokkolásgátló fékrendszer), ESP (elektronikus menetstabilizáló program) aktív rendszerek és a passzív rendszerbe sorolt légszák egyedülálló rendszerek, elkülönített funkciókat töltenek be a járművekben és egyelőre alacsony integráltsági szinten kommunikálnak csak egymással, továbbá a fék- és kormányrendszerek még nem elektronikusan vezéreltek. Ezért fontos alapjában véve fejleszteni a közlekedés biztonságát és hatékonyságát intelligens technológiák integrálásával egy intelligens, teljesen elektronikusan vezérelt hajtásláncba.

Az intelligens járműrendszerek alkalmazásával bizonyos mértékben növelhető a közlekedési sűrűség úgy, hogy a közlekedési balesetek száma nem feltétlenül növekszik. A by-wire technológiák (1. ábra) mind működési, mind konstrukciós előnyökkel bírnak, de alkalmazásuk biztonságkritikus rendszerekben különleges kezelést igényel a tervezési és fejlesztési folyamatok során. [3]





1. ábra. Az intelligens járműirányítás alapját képező rendszerek

### Tervezés és megbízhatóság

A koncepció fázisban végrehajtott megbízhatósági vizsgálat alapvetően befolyásolja a megfelelő rendszerarchitektúra kiválasztását figyelembe véve a különböző forrásból érkező követelményeket, legyen az törvényi, ill. jogszabályi, vevői vagy a cég által meghatározott, ún. belső előírás. A rendszertervezés mindig a követelmények meghatározásával kezdődik, majd a specifikáció folyamán ezek lefordításra kerülnek a rendszer paramétereinek szempontjából. Minden potenciális és ismert hibamód, azok okai és következményei azonosíthatók a hibamód- és hatáselemzés (FMEA - Failure Mode and Effects Analysis) módszerének alkalmazásakor.

### Kvalitatív megbízhatósági elemzési megközelítés

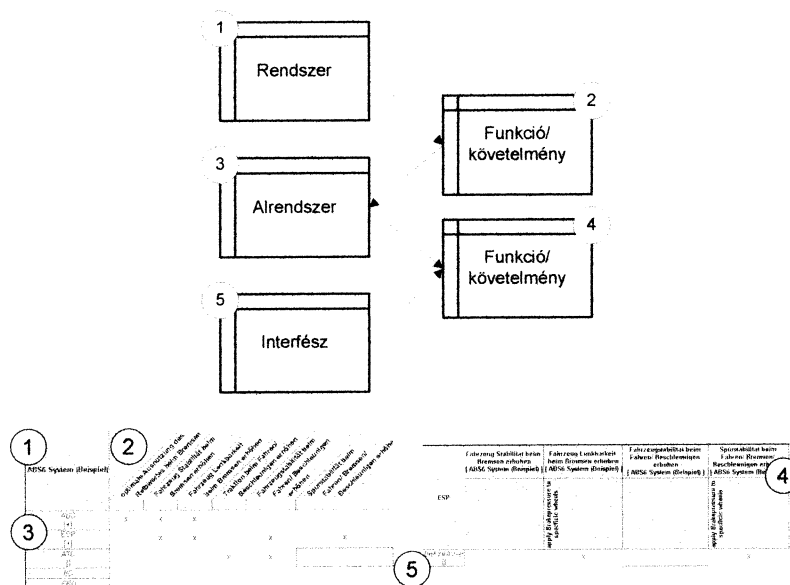
Az eljárás előzetes gondolkodás által megelőző módon biztosítja a lehetséges gyenge pontok megtalálását, azok jelentőségének felmérését, kiértékelését és megfelelő időben megfelelő intézkedések bevezetését azok elkerülését, illetve felismerését segítő céllal. A gyenge pontok szisztematikus elemzése és a kiváltó okok megszüntetése a kockázat minimalizálásához vezet, amely által csökken a hiba által okozott költség, valamint megnő a megbízhatóság. A módszer sajátossága, hogy mindig csak egy pillanatnyi hibát elemez, nem hibakombinációkat, amelyek kezelése a kvantitatív megközelítésű hibafa elemzéssel lehetséges.

Az elemzés, mintegy mellékhatásaként, segíti a rendszert, a folyamatokat leírni és általa jobban megérteni, miközben egy dokumentumot eredményez mindarról, amivel foglalkoztunk, arról, ahogy a rendszer vagy folyamat működik (tudásbázis felépítése).

### A funkció- és rendszerstruktúra felépítése

Ahhoz, hogy az adott architektúra elemzése szisztematikus és strukturált legyen, szükséges mind a funkciók, mind a rendszert felépítő alrendszerek és komponensek megfelelő felbontása, amely

támogatja a rendszer teljes körű vizsgálatát, anélkül hogy bármelyik alkotóelem kimaradna. Egy úgynevezett mátrix FMEA felépítésének előnye, túl azon, hogy a rendszert, mint faszerkezetet mutatja be, hogy lehetséges a funkció- és a rendszerstruktúra párhuzamos kibontása, amely magában a mátrixban kapcsolódik utána össze.



2. ábra Rendszerszintű funkciófelosztás (részlet)

A legfelső szinten (2. ábra) csak a rendszerrel szemben támasztott törvényi, vevői, belső követelmények rendszerezése szerepel, amelyek a későbbiekben kapcsolódnak az alrendszerekhez. Komponensek nem szerepelnek a rendszerszintű funkció-összeköttetésekben.

A mátrix rendszerének felépítése a következő három kérdésem alapszik:

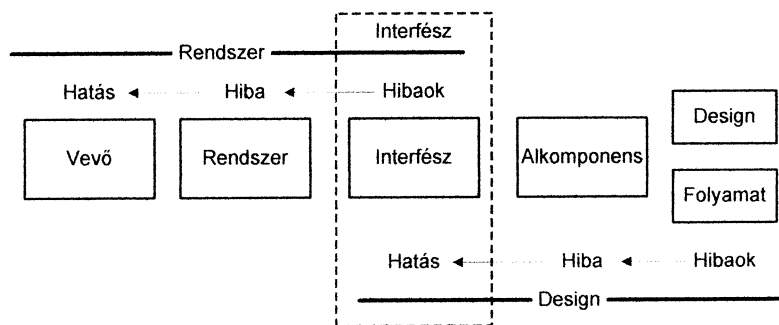
- Mi az elemzendő rendszer vagy termék?
- Milyen előírásoknak, szabványoknak, vevői elvárásoknak kell a rendszernek megfelelnie (funkciók és/vagy követelmények)
- Melyek a rendszert vagy terméket felépítő alrendszerek és ezekhez milyen funkciók rendelhetőek hozzá (közvetlenül vagy közvetetten)?

Ezt a megközelítést használva az elsődleges követelmények és a rendszert felépítő alrendszerek kapcsolatait X jelöli, amelyek a funkciók esetén közvetlen, a hibák szempontjából közvetett hozzárendelést jelentenek.

A komponensek alkotják azt a felületet, ahol a System FMEA és a Design FMEA a képen (3. ábra) látható módon összekapcsolódnak. Ez egyben jelenti a két elemzés szétválasztását és összekapcsolását is. A hibalánc a hibaok - hiba(mód) - hibahatás sorozatát szemlélteti.

Terméktervezés (Design) FMEA során a lehetséges hibákat, amelyek a rendszer egyes komponenseinél léphetnek fel, a D-FMEA segítségével lehet szemügyre venni és előrelátó módon elkerülni. A hibaokokat itt elsődlegesen a konstrukció okozhatja, de a gyártás milyenségétől is függhetnek azok.

Ilyen módon tehát lehetséges a különböző FMEA-k párhuzamos lefutása a fejlesztési folyamat bizonyos fázisában, amely a koncepció FMEA (a komponensek rendszerre gyakorolt hatásának vizsgálata) kivitelezését teszi lehetővé.



3. ábra. A System és Design FMEA kapcsolódása

### Összefoglalás

A már említett előnyökön kívül további haszonnal számolhatunk egy ilyen elemzés elvégzésekor, beleértve egy szisztematikus megközelítést a hardverhibák csoportosítására, a fejlesztési idő, költség és tervváltozatok csökkenését, könnyen érthetőséget, hatékonyabb tesztervezést, a biztonságra való nagyfokú odafigyelést, illetve a növelt vevői elégedettséget. Hatékony eszköz kis, nagy és komplex rendszerek elemzésére is, hasznos módszer költséghatékony megelőző karbantartó rendszerek fejlesztésekor, biztosíték a jövőben újra felbukkanó hibák ellen, összehasonlíthatóak általa elemzett rendszerek, megjelenítése segítség a vezetőknek, továbbá a részletezett szinttől felfelé halad és fejleszti a kommunikációt a design elemzés területével. [3]

### Irodalomjegyzék

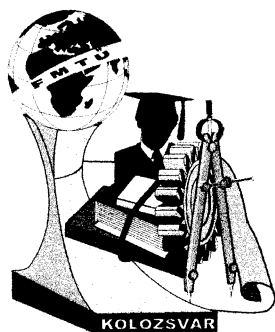
- [1] Fülep, T., Palkovics, L.: *Reliability analysis of redundant electronic brake system for heavy goods vehicle*, VSDIA 2004 Mini Conference, Budapest, Hungary
- [2] Palkovics, L.: *Intelligens járműrendszerek*, Mindentudás Egyeteme előadás, 2005.
- [3] Fülep, T., Óberling, J., Palkovics, L.: *Design of redundant brake-by-wire architecture for commercial vehicles based on qualitative reliability approach*, BRAKING 2006 Conference, York, United Kingdom

**Fülep Tímea** egyetemi tanársegéd

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar, Gépjárművek tanszék  
Magyarország, 1111 Budapest, Stoczek u. 6.

Telefon / Fax: +36-1-463-2490

E-mail: fulep.timea@auto.bme.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## EGY KÜLÖNLEGES PAPÍRIPARI BERENDEZÉS ÜZEMBIZTONSÁGÁNAK NÖVELÉSE A KOCKÁZATALAPÚ KARBANTARTÁSI MÓDSZER ALKALMAZÁSÁVAL

Fülöp István, Gyenge Csaba, Costea Ancuța

### Abstract

The paper presents the main aspects for application of Risk Based Maintenance concept, at S.C. SOMES Dej Company for special fan exhauster used in paper industry. The constructive and technological aspects regarding the maintenance of this unit are presented using this case study, proving the real advantages of this concept as compared to the classical concept of maintenance.

### Összefoglaló

A dolgozat bemutatja a kockázat alapú karbantartás alkalmazásával kapcsolatos alapproblémákat egy a S.C. SOMES Dej vállalat keretén belül használt különleges papíripari szívóventillátorral kapcsolatos gondokat. Ebben az esettanulmányban ennek a berendezésnek a karbantartásával kapcsolatos szerkezeti és technikai szempontok kerülnek bemutatásra. A tanulmány célja bebizonyítani a kockázat alapú karbantartás alkalmazásának előnyeit a hagyományos karbantartás fogalommal szemben.

**Kulcsszó:** karbantartás

### 1. Bevezetés

A szívóventilátor (exhauszter) (1. ábra) a szódás sókat újrahasznosító kazán épületének a tetején a 34 méteres magassági ponton helyezkedik el. A ventilátor szerepe, hogy kiszívja az égési folyamat során képződő gázokat. A ventilátort egy 250 kW villamosmotor hajtja meg, amelynek fordulatszáma eléri a percnkénti 750-öt. A szívóventilátort egy csapszeges tengelykapcsoló segítségével hozza forgómozgásba. A ventilátor két golyós talpcsapágyra van erősítve, amelyet egy-egy önbeálló gyűrűs görgős-csapággal láttak el. A forgórész (rotor) átmérője 2200 mm.



1. ábra Az égés során keletkező gázokat exhausztáló ventilátor

Az exhauszáló ventilátor a tervezett paraméterek szerinti működése létfontosságú a szódás sókat égető kazán, illetve az üzem egésszének a működése szempontjából.

A ventilátor bármilyen nemű meghibásodása hosszú ideig tartó alkalmi megállásokhoz, valamint hatalmas termelésbeli, és ezzel együtt anyagi veszteségekhez vezet, ugyanis a hibásodással együtt jár az egész üzem szüneteltetése. Ennek következtében az exhauszáló ventilátor egy létfontosságú egység az üzem termelési folyamatában, és normál működésének érdekében állandó megfigyelést igényel.

## 2. A berendezés működésének felügyelete az utóbbi 5 évben

A 2003-2005 közötti időszakban a *véletlen alkalmi leállások* időtartama az exhauszáló ventilátor esetében az évenkénti 180 és 240 óra között volt. Ezek a megállások magas termelési veszteségeket okoztak.

*A nem kívánt leállások főbb okai:*

- a csapágyak blokkolása
- a rotorlapát letörése
- a ventilátort alaphoz rögzítő csapszegek törése
- az villamos motor kiégése
- a ventilátor tartórészének megrepedése a rezgés következtében
- a csapágyak kopása

Ezek a meghibásodásokat főleg a következő tényezők váltották ki: nagy rezgések, (jóval a megengedett fölött); nagyfokú kopás a ventilátor forgórészében és a csapágyakban; a csapágyak szétroncsolódása; a nem megfelelő kenés vagy a kenés hiánya a csapágyakban.

## 3. Megoldások az üzembiztonság növelésére

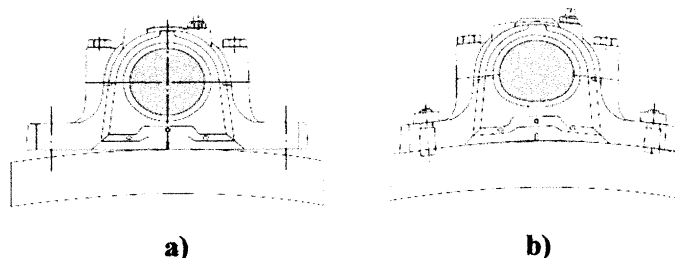
Tekintettel arra, hogy a legtöbb meghibásodás a berendezés csapágyrendszere miatt következett be, az első lépésben a csapágyak gyártási sajátosságait tanulmányoztuk.

A gyártó a két csapágyazási megoldást alkalmazott. Ezek közül az egyikben ferde hatásvonalú gyűrűs görgős csapágy, a másikban pedig önbeálló gyűrűs hordóalakú görgős csapágyat alkalmaztak.

Az alkalmazott technikai megoldás széleskörű használati lehetőségeket biztosít ezen ventilátorok esetében, természetesen figyelembe véve a ventilátorok működési körülményeit, azt hogy milyen mértékben képes a ventilátor ellenállni a fellépő egyenlőtlenlégeknek, amelyek első sorban a működtetési tőrésathár figyelmen kívül hagyása, a szerelési munkák alkalmával elkövetett hibák, illetve a nagy súly alatt bekövetkező elhajlások miatt következnek be. Működtetés közben a csapágyaknak engedniük kell a ventilátortengely axiális elmozdulását, amely a csapfészekben fellépő hőmérsékletemelkedés miatt következik be. Mindegyik ventilátorcsapágy külső csapágygyűrűje attól függetlenül, hogy szabadonfutó vagy tengelycsapágy lehetővé kell tegye ezt a mozgást.

Annak érdekében, hogy ez a mozgás lehetséges legyen a csapágyfészek belsejében tágran futó illesztést alkalmaznak, amelynek mozgási aránya jóval nagyobb, mint a csapágyé. Ez a tényező tulajdonképpen a csapágyfészkeknél létező nem megfelelő tervezési hibákra vezethető vissza, ugyanis amikor a ventilátor működtetése alkalmával a terhelés nem túl nagy a fellépő egyensúlyhibák nem okoznak különösebb problémát, azonban nagyobb terhelés esetén helyénvalóbb lenne egy szoros illesztés alkalmazása, hogy megelőzzük a csapágyfészek belsejében található csapágy külső csapágygyűrűjének forgását. Ez nagyobb rezgést okozhat, a csapágyfészek belsejében hőmérséklet növekedéshez, illetve kopáshoz vezethet, ezeket pedig amennyiben lehetséges el kell kerülni.

Egy laza illesztés még nem biztosítja a csapágyak könnyed csúszását, mert a csapágy külső gyűrűje és a csapágyfészek közötti súrlódás következtében a csapágyban fellép egy radiális és egy axiális erő, amely rezgést és hőmérsékletnövekedést okoz, megrövidítve a csapágy működőképességét. Ha üzemeltetés közben olyan külső tényezők is fellépnek, mint a korrózió, kopás, elhajlás, gyártási illetve szerelési hibák, akkor a csapágy külső gyűrűje nem tud kellőképpen csúszni a csapfészkekben, ez pedig jelentősen megnöveli a csapágy és a csapfészek között fellépő súrlódást, ennek pedig súlyos következményei lehetnek csapfészkekre és csapágyra egyaránt (2. ábra).



**2. ábra** A helytelen csapfészek alátámasztás okozta deformálások :

*a) statikus állapotban; b) terhelés alatt*

A kedvezőtlen jelenségek megelőzése érdekében javasoltuk: a radiális csapfészkekben található csapágy helyettesítését egy toroidális görgőscsapággal.

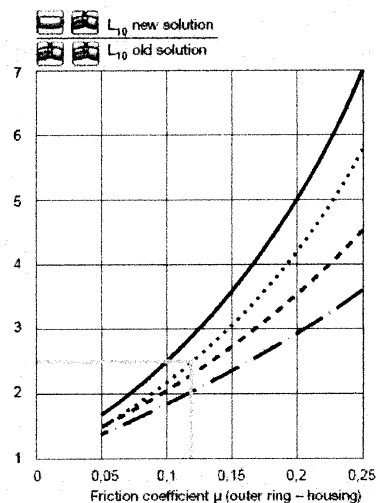
Az axiális csapfészek változatlan marad, de egy kétsoros önbeálló gyűrűs görgőscsapággal láttuk el, mivel a toroidális görgőscsapágy egy radiális csapágy, tehát nem tud axiális terhelést átvenni.

Ez a csapágy különösen jól alkalmazkodik a csapágy belsejében végbemenő axiális elmozdulásokhoz, és a jelentéktelen súrlódásokhoz, de ugyanakkor átveszi azokat az egyenlőtlenégeket, amelyek elkerülhetetlenek a működtetés során.

A toroidális görgőscsapágy használata segít elkerülni a ventilátor működtetése során a nagyfokú rezgést, a túl magas hőmérsékletet a csapfészkekben, és meghosszabbítja a csapágy működési idejét.

A toroidális görgőscsapágy alkalmazható anélkül, hogy változtatni kelljen azon a csapfészken, amelyet az önbeálló csapágy alkalmával használtunk. A új megoldás további előnye az, hogy a csapágy és csapfészek között létrehozható a szoros illesztés, ezáltal pedig kiküszöbölhető a csapfészkekben

bekövetkező nagy kopás, és csökkenthető a magas rezgésszint. A 3. ábrán látható a csapágyak élettartalma a két megoldás esetében : a hagyományos és a javasolt, annak függvényében, hogy milyen magas a súrlódási együttható a csapágyakban.



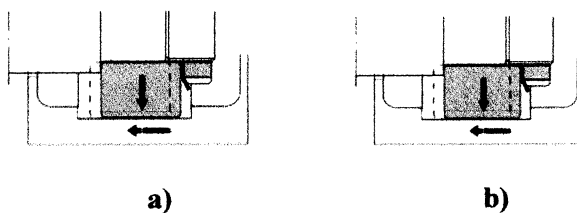
3. ábra A csapágyak élettartamának összehasonlítása

A ventilátornál használt csapágyak tartóssági összehasonlítása során feltételeztük, hogy nem létezik egy külső többletterhelés a csapágyfészkeken, és a csapágy belsejében található  $\mu$  súrlódási együttható állandó.

A súrlódási együttható optimális értéke a csapágyban működés közben:  $\mu=0,1-0,15$ . Azonban, a gyakorlati kísérletek közben ennek az értéknek több értékét is megfigyelhetjük. Akkor észleltünk nagyobb értéket a, amikor nem voltak biztosítva az előirt feltételek. Például, abban az esetben, ha a csapágy leblokkol, a csapágy surlási arányszáma nagyon magas értékeket is elérhet:  $\mu > 1$ .

Egy toriodális görgőscsapággal készült csapágyazás tartóssága mindig sokkal nagyobb, mint amikor önbeálló gyűrűs görgőscsapágyat használunk, mivel a csapfészek belsejében nem lép fel az axiális terhelés.

A terhelés mértéke a két csapfészek esetében jól látható a 4. ábrán. Ennek alapján megállapítható, hogy a toriodális görgőscsapágy alkalmazása esetén nem lép fel az axiális erő.

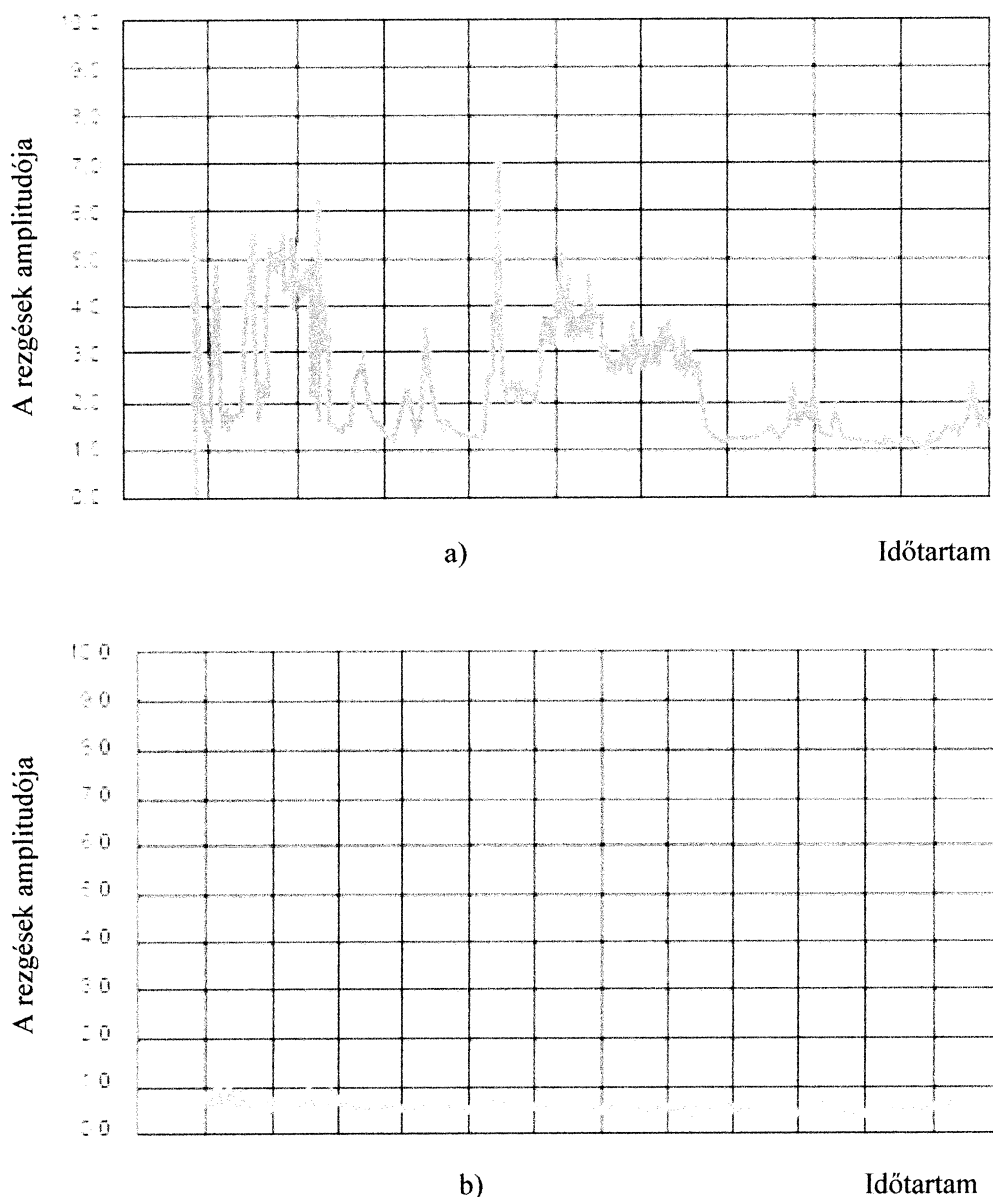


4. ábra A terhelés mértéke a két csapfészek esetében:

a) önbeálló görgős gyűrűscsapággal ellátott csapfészek; b) toriodális görgőscsapággal ellátott csapágyfészek

Abban az esetben, ha kétsoros önbeálló görgős gyűrűscsapágyat használunk a kettő között létező laza illesztés lehetővé teszi, hogy a csapágyfészken belül a szabadonfutó csapágy axiálisan elmozdulhasson.

A rezgésellenőrzések menetének a diagramja a két variáns esetén az 5. ábrán látható. A 5. ábra a rezgésmérések diagramjait szemlélteti a radiális csapfészek régi használatában, ahol önbeálló görgős gyűrűscsapágyat alkalmaztunk, valamint az új megoldás esetében, amikor toroidális görgőscsapágyat alkalmaztunk. Az 5. ábra világosan rámutat arra, hogy a javasolt új variáns esetében a csapfészekben mért rezgésszint egy negyedére csökkent az előző variánshoz képest.



**5. ábra** .A rezgésint összehasonlítása a klasszikus és új megoldás esetében

a) a rezgési amplitudók változása az önbeálló görgős gyűrűscsapággal ellátott csapfészek esetében ;

b) a rezgési amplitudók változása toroidális görgőscsapággal ellátott csapágyfészek esetében



#### 4. Következtetések

A javasolt megoldás előnyei a következők:

- a. Az axiális terhelések megszűnése a csapfészekben;
- b. A toroidális görgőscsapágy szabad axiális mozgáslehetősége lehetővé teszi azt, hogy elkerüljük azokat a meghibásodásokat, amelyek a csapfészekben következnek be, és amelyeknek oka a csapágy külső gyűrűje, és a csapágyház között fellépő súrlódás ez pedig a gyűrű és a csapágyfészkek érintkezési felületén lévő egyenlőtlenlégek miatt van;
- c. A ventilátor belsejében fellépő zaj és rezgésszint csökkentése;
- d. A pillanatnyi terheléssel járó feladatok során eltávolított gázok hőmérséklete nem vezet a csapházakban axiális rezgésszint növekedéséhez, mivel megszűnt a radiális és axiális csapágyak közötti kölcsönhatás;
- e. A ventilátor simább működése terhelés esetén;
- f. Kisebb hőmérséklet a csapfészekben a ventilátor működtetésekor;
- g. A toroidális görgőscsapágy élettartama sokkal nagyobb, mint az önbeálló görgős gyűrűscsapágnál;
- h. Kisebb arányú egyensúlytalanság a ventilátor működtetése közben;
- i. A toroidális görgőscsapágy beszerelhető a csapfészekbe egy kisebb arányú feszítés által, így nagymértékben elkerülhető a csapfészek kopása;

#### 5. Irodalomjegyzék

- [1] Gyenge, Cs., Ros, O., Costea, A.: *Researches regarding the risk based maintenance of equipments for paper and pulp industry*, MSE 2007, International Conference on Manufacturing Science and Education, July 12-14, Sibiu, Publ. Universitatii "Lucian Blaga", p.245-246, 2007.
- [2] *Ref. case: CARB™ in paper mill hot gas fan*, Publication no. 4689, Sweden, 1998.
- [3] Gramescu, T., Chirila, V.: *Calitatea și fiabilitatea produselor*, Chișinău, 2001, Editura Tehnica-Info.
- [4] Ionut, B., Rus, I., Ionut, V., Stirbei, I., Moldovanu, G.: *Mentenanță, Mentenabilitate, Tribologie și Fiabilitate*, Cluj-Napoca, 2003, Editura Sincron.

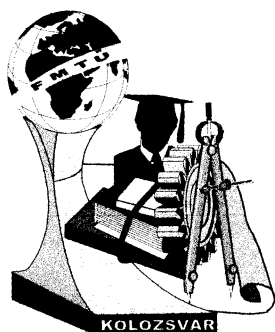
#### Fülöp István

SC. Someș SA. Dézs, str.Bistriței nr.63

Tel: 0740 115336

Fax: 0264 220434

E-mail: istvan\_fulop@somes.ro



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## GALAMB JÓZSEF ÉS A FORD T-MODELL

Dr. Gáti József, Kuti János

### Abstract

József Galamb, the world famous mechanical engineer, graduated 106 years ago from the predecessor of present-day Budapest Polytechnic along with 28 of his classmates. His talent, however, quickly raised him above his companions and made him a significant technical expert of his age. This report attempts to review the life of József Galamb from Makó to Detroit.

This report lets insight into Budapest Polytechnic's extensive process of nursing its traditions, such as seeking out those notable individuals who played part in the past of the institute. The memory of József Galamb is preserved in the name of an auditorium at the Bánki Donát Faculty of Mechanical Engineering; as well as by "Tradition-Preserving Cups" which are organized each semester by the Student Council, and by national and international conferences where teachers and students of the Polytechnic recount the professional and personal activities of the chief designer including the latest research results.

### Összefoglalás

106 évvel ezelőtt a főiskola első jogelődjében, a Budapesti Magyar Királyi Felső Állami Ipariskolában 28 társával együtt vehette át végbizonyítványát Galamb József, a világhírű gépkonstruktor. Tehetsége azonban hamar kiemelte társai köréből, s tette korának meghatározó műszaki alkotójává. Az összeállítás Galamb József életútjának áttekintésére tesz kísérletet **Makótól Detroit-ig**.

A dolgozat betekintést enged abba a széleskörű tevékenységbe, melynek során a Budapesti Műszaki Főiskola ápolja hagyományait, felkutatja történelme jelentős személyiségeit. Galamb József emlékét őrzi a Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Karon a nevét viselő **előadóterem**, a Hallgatói Önkormányzat közreműködésével szemeszterenként megrendezésre kerülő **Hagyományörző kupák**, s azok a hazai és nemzetközi **konferenciák**, melyeken a főiskola oktatói és hallgatói ismertetik a főkonstruktor szakmai és emberi tevékenységét, az újabb kutatási eredményeket.

### Galamb József és Ford T-modell

A dolgozat bevezetője a makói születésű Galamb József gyerekkorát, a család többi tagjának életpályáját mutatja be röviden. Galamb József szorgalommal, kitartással és tehetséggel elérte azt, amire vágyott. Az alföld közepéről indulva, - gépet is csak ritkán látva - lett a világ egyik legnagyobb autógyárának a műszaki vezetője.

A T-modell tervezése 1907-ben kezdődött és 1908. október 1-jére készült el az autó. Az egyszerűen kezelhető és megbízható konstrukció, illetve a kedvező ár annyira megnyerte a vevők tetszését, hogy a típust 1927-ig gyártották. A megrendeléseket csak szalagszerű szereléssel és gyártással lehetett teljesíteni.

Galamb 1952-ben a Ford Múzeum számára hangszalagra mondott visszaemlékezései már egy sikeres autótípusról szólnak: "1907 elején Mr. Ford így szólt hozzám: Joe, van egy ötletem. Tervezzünk egy új

kocsit. Vigye a rajztábláját egy külön szobába, hozzákezdünk egy új modell tervezéséhez. Nem kell róla tudni senkinek. Az első dolog, hogy új sebességváltó kell, mert az eddigiekkel elégedetlen vagyok, nem elég praktikus. Akkor persze nem tudtuk, hogy ez lesz a T modell! Vagy fél évet dolgoztam a sebességváltó megtervezésén. Utána 15 millió T modellhez való sebességváltót gyártottak változtatás nélkül. Ez bolygómű volt. Elejétől végéig én terveztem. Több lehetséges változatot dolgoztam ki, és abból választottuk ki a legjobbba. De közben megterveztük a T modell többi részét is, például az alvázat és tartozékait. Én voltam a felelős mindenért. Mr. Ford nagyon könnyű kocsit akart, amely nem kerül többre 500 dollárnál. Mindenki örültnek tartotta Mr. Fordot. Tudniillik, addig a legolcsóbb egy- és kéthengeres bokszermotoros gépkocsi 850 dollárba került.”



*1. kép: Felújított Ford T-modell a BMF Galamb József emlékkiállításán*

Galamb által tervezett, a világ első szériaautójának motorja Otto-rendszerű négyhengeres, négyütemű, termoszfion vízhűtésű. A lökettérfogata  $2990 \text{ cm}^3$ , a kompresszió-viszony 4,01. A legnagyobb teljesítménye 15 kW, ezt 1450 ford/min fordulatszámmal érte el, az elérhető legnagyobb sebesség 65 km/óra, a fogyasztás 100 km-enként 13,5 liter benzin. Nem véletlen, hogy a „Tin-Lizzy”. Bádóg Böske – ahogy akkor becézték a kocsit - évtizedekig uralta a gépkocsi piacot és elnyűhetetlen szerkezete, megbízhatósága a maga idejében fogalomnak számított.

Az olcsó T modell Ford lényegesen hozzájárult a világ gépkocsi iparának, gépjármű-forgalmának kifejlesztéséhez, sőt új életforma kialakításához; az ugyancsak a Galamb József terveinek felhasználásával készült olcsó Fordson traktorral pedig a mezőgazdaság gépesítését alapozta meg. Ebből is több milliót gyártottak és az egész világon elterjedt.

Galamb József még sok más konstrukciót is tervezett, részt vett többek között más Ford gépkocsi modellek tökéletesítésében, fejlesztésében, tervezett versenyautót, teherautókat, pályamunkás kocsikat, és ugyanakkor a prototípusok kísérletein, új gyárrészlegek tervezésén és fejlesztésén is

dolgozott. Az első világháborúban tervezett tengeralattjáró-keresőt és könnyű harckocsit, azt követően pedig karosszériát különböző gépkocsikhoz.

Galamb József sohasem feledte el szülőföldjét, 1911 - 1932-ig rendszeresen járt vissza szülőföldjére, Makóra. Hazalátogatásaikor nemcsak rokonait látogatta meg, hanem előadásokat is tartott a Magyar Mérnök és Építész Egyletben és a Műszaki Akadémián. Filmeket hozott magával, amelyeket levetítve a szakemberek megismerkedhettek a sorozatgyártás Ford gyárbeli megvalósításával és a termékek műszaki jellemzőivel. Szívesen beszélt szakmai gondjairól, munkásságáról, a világ gépkocsigyártásának helyzetéről és a Ford gépkocsik üzemben tartására vonatkozó kérdésekről. Szerteágazó ismeretekkel rendelkezett, előadása közben érdekes, gondolatokat ébresztő vitákat kezdeményezett.



*2. kép: A Galamb testvérek Makón: Sándor, József, János, Ferenc*

1921-ben 100.000 koronás **ösztöndíjat** alapított, a tehetséges fiatalok továbbtanulás támogatására. Az Alapító okirat szerint: "Galamb József makói születésű, jelenleg ditroiti (Észak-amerikai Egyesült Államok, Michigan) lakos arra való emlékezéssel, hogy a felső ipariskolai tanulmányait ösztöndíjak élvezetével végezte el; a felső ipariskola gépészeti osztályának szegénysorú, de jól tanuló növendékei részére, tanulmányaik könnyebb végzése céljából 100 ezer korona ösztöndíj alapítványt tesz, s ezen összeget Makó város közpénztárába be is fizette."

Galamb József 1944-ben egy szívrohamból felépülve kérte nyugdíjazását. Négy évtizedes munkássága az amerikai csoda és érvényesülés példája. 1905-ben a Ford cég még egy 300 főt foglalkoztató kisüzem volt, s 1944-re az USA óriásvállalatainak egyik legnagyobbika lett. Az 1910-es évek közepén napi 250 autót gyártottak, húsz évvel később a termelés napi 10 000 kocsi-ra emelkedett. E rendkívüli fejlődésben és sikerekben oroszánrésze volt Galamb József zseniális terveinek. 1955. december 4-én, 74 éves korában a világ egyik legnagyobb autógyártó konszernjének nyugdíjas főmérnökeként hunyt el.

Elődeink, értékeink felkutatása, megőrzése, s bemutatása a jövő nemzedékének nemes feladat. Akik e munkában tevékenyen részt vállalnak maguk is jobbra, nemesebbé válnak.

Szerencsés, ha a közösség, a szélesebb közvélemény értékeli ezen munkálatokat, s a főiskola oktatói és munkatársai mellett a hallgatóság is kiveszi részét a hagyományok ápolásában. E célt igyekezett megvalósítani a „Galamb József és a Ford T-modell” című dolgozatom, melyben arra törekedtem, hogy eredeti illusztrációkkal hűen mutassam be Galamb József életpályáját, munkásságát, s szerepét a világ legnagyobb autógyárai közé emelkedett Ford Művekben.

### Irodalom

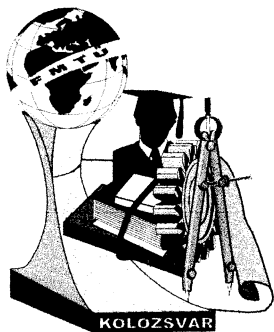
- [1] Dr. Halmányi Pál: Egy világra szóló karrier, Galamb József életútja  
Makói História, József Attila Múzeum Kulturális Lapja, 2006. szám, 1-4. oldal
- [2] Hajdú Ferenc: Galamb József szülőháza Makói História, József Attila Múzeum Kulturális Lapja,  
2006. szám, 5-6. oldal
- [3] Dr. Gáti József: Makótól Detroitig - 120 éve született Galamb József Mérnök újság, VIII.  
évfolyam, 4. szám, 2001. április, 24. oldal
- [4] Tóth Ferenc: Egy elfelejtett Galamb testvér, Galamb Sándor Makói História, József Attila  
Múzeum Kulturális Lapja, 2006. szám, 6-8. oldal
- [5] Horváth Sándor, Legeza László: 99 éves a Ford T-modell, Nemzetközi Gépész és  
Biztonságtechnikai Szimpózium, Budapest Műszaki Főiskola, 2007. november 14. ISBN 978-963-  
7154-68-3
- [6] Horváth Sándor, Legeza László: 100 éve született Galamb József rajztabláján a Ford T-modell,  
Újabb eredmények a hazai tudomány-, technika- és orvostörténet köréből XXIV.

**Dr. Gáti József**  
Okleveles Gépészmérnök  
Főiskolai Docens  
gati@bmf.hu

**Kuti János**  
Gépészmérnök

kuti.janos@hok.banki.hu

Budapesti Műszaki Főiskola  
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar  
Budapest, 1081 Népszínház utca 8.



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## A JÁRMŰVEZETŐI AGRESSZIVITÁS MEGHATÁROZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

Gubovits Attila

### Abstract

The object of the project was to monitor the vehicle drivers at a level at which it is possible to classify them by monitoring their behaviour on the roads, to filter the aggressive drivers. The finished algorithm has proved in practice its ability to differentiate the deviate manoeuvres and to value drivers' activities by imposing penalty marks evaluated either in real-time, or later. By the adoption of sufficient measurements we were able to set the transitional values between different driving behaviours, the system, placed into controllers, is ready to be set into action in the common traffic, to increase security.

### Összefoglalás

A projekt célja volt a járművezetők azon szempontok alapján történő monitorozása, mellyel kategorizálni lehet őket az utakon tanúsított magatartásuk alapján, kiszűrve ezzel az agresszív vezetőket. A gyakorlati alkalmazás során az elkészült algoritmus bebizonyította, hogy képes megkülönböztetni a normálistól eltérő manővereket, és a büntetőpontok segítségével értékelni a vezetők munkáját akár real-time módon, akár utólag visszatekintve. Megfelelő számú méréssel sikerült pontosan beállítani a különböző vezetési stílusok közötti átmeneti értékeket, a rendszer arra vár, hogy részt vehessen a mindennapi forgalomban, növelve ezzel a biztonságot.

### 1. Bevezetés

Hiába a korszerű technikák egyre szélesebb körű elterjedése az utakon, a közlekedéspolitikai koncepció, miszerint 2010-re 30 százalékkal fognak csökkenni a közúti balesetek, nem látszik megvalósulni sem Magyarországon, sem pedig a közép-kelet-európai régiókban.

Az ezredforduló után 20 százalékkal nőttek a baleseti adatok, amin belül a halálos kimenetelűek csaknem 5 százalékkal emelkedtek.

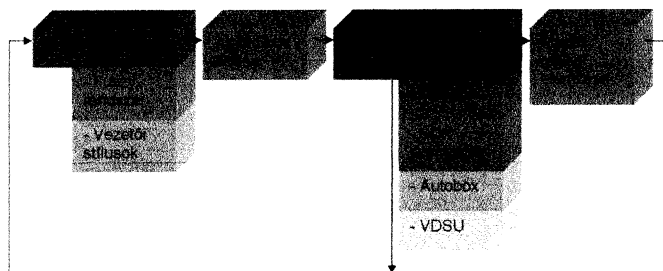
A közlekedési balesetek több mint 88 százaléka a sofőrök mulasztása miatt következik be, éppen emiatt kell nagy hangsúlyt fektetni a vezetők monitorozására. Elsődleges cél, hogy a járművezetői stílusbecslést ne a személygépkocsik sofőrjeivel kezdjük, hanem a kamionvezetőkkel, ugyanis az ő felelősségük és részvételük az utakon sokkal jelentősebb, amit a viselkedésüknek is tükröznie kell!

A vezetők monitorozása - vagyis a vezetői stílusbecslés - az alábbi két szempont alapján értékelendő tényező:

- a vezető viselkedése kihat a közlekedés biztonságára;
- a vezetési morál befolyásolja a szállítási költség - mind a tüzelőanyag mennyiségének, mind

pedig a többi alkatrész elhasználódásának – nagyságát.

Amennyiben a stílus alapján felismerjük, hogy a sofőr az átlagostól eltérően, agresszívebben vezet, időben figyelmeztetve őt elkerülhetőek a balesetek.



*1. ábra. A vezetői stílusbecslés logikai felépítése az elméleti alapoktól az implementálható, kész modellig*

Az 1. ábra illusztrálja a vezetői stílusbecslés logikai felépítését, amit a következő fejezetekben szeretnék kifejteni.

## 2. Elméleti alapok

### 2.1. A vezető elemzése vezetési biztonság szempontjából

A járművezetőket az alábbiakban vezetési stílusuk alapján két csoportba soroltuk, és célunk olyan elemző algoritmus kialakítása, mely a monitorozott paraméterek, jellemzők alapján a vizsgált vezetőt valamely kategóriába sorolja, azaz minősíti:

- Normál vezető: Legfontosabb jellemzője, hogy a lehető legnagyobb mértékben alkalmazkodik a körülötte zajló forgalomhoz, annak ritmusához. Jól, gyorsan felismeri a pillanatnyi közlekedési szituációkat, és úgy reagál, hogy manővereivel a körülötte közlekedőket a legkevésbé kényszerítse sebességük ill. haladási irányuk hirtelen megváltoztatására.

- Agresszív vezető: Nem megfelelően alkalmazkodik a forgalom ritmusához: az átlagosnál nagyobb gyorsulásokkal elindulva nyilvánvalóan nagyobb lassításokkal kell csökkentenie sebességét. Kormánymozdulatai nyersebbek, a kanyarodási sebessége, így az oldalgyorsulás mértéke is nagyobb. Az algoritmus közvetlen, legfontosabb bemenő paraméterei a hossz- és keresztirányú gyorsulások, azonban vizsgáljuk a vezetőre jellemző „gyorsulás-változásokat”, azaz a fékezések és gyorsítások alkalmával a hosszirányú gyorsulás érték gradiensét [1].

### 2.2. Fuzzy szakértői rendszer

Elemző algoritmusunkat egy úgynevezett Fuzzy szakértő rendszerrel valósítjuk meg, mivel a modellezett probléma lehetséges bemeneti értékei - vagy ami a bizonytalanságot jobban kifejezi: tulajdonságai - között nincsenek éles határok, ahol egy tulajdonság megléte vagy hiánya között az átmenet szükségszerűen folytonos [1].

Szakértő rendszerünk bemenő (gyorsulási) paraméterei:

- a jármű hosszirányú gyorsulás(-gradiens) értékének maximuma adott időintervallumban;
- a jármű hosszirányú lassulás(-gradiens) értékének maximuma adott időintervallumban;

- a jármű oldalgyorsulás(-gradiens) értékének maximuma adott vezetési manőverben.

### 2.3. A vezetői vezetési biztonság szempontjából elemző algoritmus működésének leírása

A jármű haladása során folyamatosan mérjük a jármű hossz-, illetve keresztirányú gyorsulásait. A mért jelek mérési tapasztalatok alapján nagymértékben zajosak, ezért ezeket Bézier-approximációs ívek alkalmazásával simítjuk. Bizonyos időközönként – alkalmasan megválasztott időintervallum – meghatározzuk az eltárolt adatok alapján az előző időintervallumban elért maximális hosszirányú gyorsulás értéket, maximális, fékezés során elért hosszirányú lassulást valamint az oldalgyorsulás maximális értékét.

A gyorsulásértékek mellett a pontosabb jelfeldolgozás/kiértékelés miatt egyéb jeleket is felhasználunk a CAN-buszról (jármű sebessége; kipörgésgátló fék-, és motoroldali jele; fékpedál/gázpedál pozíciója; pillanatnyi tüzelőanyag fogyasztás; motorfordulatszám). Fontos, hogy a kapott algoritmus megfelelő redundanciát biztosítson a kapott minősítéseknél, a vezető számára könnyen értelmezhető, egyszerű visszajelzést adjunk, valamint az adott sofőrre vonatkozó értékelés eredménye konvertálható legyen más típusú vezetői jellemzésre [2].

## 3. Algoritmusépítés

A minősítő algoritmust Matlab Simulink környezetben készítettük, melynek a jelentősége abban rejlik, hogy mind a tesztek, mind pedig a későbbi felhasználás során könnyen kapcsolható a hardware-környezethez.

Maga az algoritmus alapvetően két részből, egy biztonsági szempontok, valamint egy gazdaságossági szempontok szerint elemző rendszerből áll. A bemeneteket jelentik a gyorsulás- és a CAN-ról érkező jelek, kimenetként pedig egy büntetőpont jelenik meg valamelykor tagsági értékkel.

A bemenetek előállításakor a hosszirányú gyorsulás előjel szerint szétválogatásra kerül, viszont a lassítás értékeket egy negatív szorzóval a gyorsítás értékekhez adjuk. A szorzótényező értékét a gyorsítás és a lassításminősítésre vonatkozó hatásának aránya szerint határozzuk meg.

A gazdasági jelek feldolgozása után az információk egyrészt a biztonsági rész adataiként, másrészt a járművön található jeladók adataiként kerülnek a vezetési stílus megfigyelő algoritmusba. Ebben a részben történik a vezető által szolgáltatott információk elemzése, és a vezető viselkedésére utaló szám kialakulása [2].

## 4. Mérés

### 4.1. Járműszimuláció

A járműszimulációt egy SDK nevű komplett, animációval támogatott rendszer segítségével végeztük, mely többek között CAN interface-en keresztül képes más rendszerek számára akár egy valós jármű CAN-jén fellelhető információkat, akár a jármű bármilyen dinamikai változóját továbbítani.

Ez az eszköz alkalmas arra, hogy a gazdaságossági szempontok szerint értékelő részt vizsgáljuk,



hiszen a valóságban csak tesztpályán van lehetőség gyakori sebesség, fordulatszám és kormányzógtúllépések megvalósítására, valamint a biztonsági rendszerek aktiválására.

#### 4.2. Referenciamérés alapú, járműves mérés

A mérés alkalmával felszereltünk két DAF FT CF85-ös 4x2-es vontatót GPS nyomkövető rendszerrel, illetve a gyorsulás- és a CAN-ről érkező jelek fogadására, valamint feldolgozására szolgáló készülékekkel (VDSU - hossz-, keresztirányú gyorsulás, illetve Yaw-rate mérő készülék; AutoBox - egységes, bővített számítógép, mely a beérkező kódolt jeleket a laptop számára értelmezhető adatokká konvertálja, és a befördített programok segítségével fel is tudja azokat dolgozni.). A mérés során feldolgoztuk a bejövő jeleket, amit videó, valamint audioval támogatott rendszer segítségével értékeltünk ki.

### 5. Modell logikai elemzése

A validáció során a vizsgálat tárgya az algoritmus logikájának vizsgálata volt. Nagyszámú, változatos input segítségével ellenőriztük, hogy az adott input-változásra az elvárt kimeneti eredményt kapjuk-e. Mindezek segítségével sikerült pontosan beállítani a rendszer belső paramétereit, finomhangolni a rendszert.

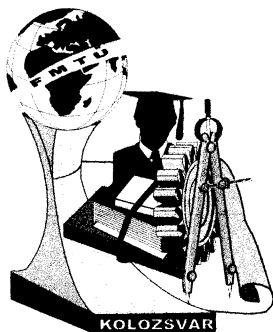
### 6. Következtetések

Kifejlesztettünk egy olyan algoritmust, ami képes különbséget tenni vezető és vezető között a közúton tanúsított viselkedése alapján, amivel mind a balesetmentes közlekedésre, mind pedig a gazdaságos üzemeltetésre is hatást tud gyakorolni. A rendszer meg tudja mutatni a sofőr sajátos vezetési stílusát, agresszivitását, a vezetés közben okozott hibáit.

### 7. Irodalom

- [1] Benyó Zoltán, Kovács Levente, Török László, Reiss Attila, Benyó Balázs, Szilágyi László, Kulcsár Balázs, Bécsi Tamás, Bauer Péter, Károlyi Imre, Vajta László, Helybéli Ádám, Balogh Levente, Kádár Lehel: *Járművezetők viselkedése irányított járműrendszerekben*, BME-IIT1, BME KAT, BME-IIT, BME-GJT, 2005, 7-60; 68-136 oldal
- [2] Gubovits Attila, Dr. Szalay Zsolt, Balogh Levente: *Practical experiences of driver behavior monitoring system*, BME-GJT, 2008, 1-40 oldal

**Gubovits Attila**, Ph.D. hallgató  
 BME, Közlekedésmérnöki Kar, Gépjárművek Tanszék  
 Magyarország, 1111 Budapest, Stoczek u. 6  
 Telefon / Fax: +36-1-463-2381  
 E-mail: attila.gubovits@auto.bme.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## A *VITIS VINIFERA* L. PONTUSZI FAJTÁKRA JELLEMZŐ ÚJ SAVAS FOSZFATÁZ IZOENZIM MINTÁZAT

Jahnke Gizella, Deák Edit, Györffyné Molnár Júlia, Kocsis László, Lakatos Anita,  
Májner János, Stefanovits-Bányai Éva, Varga Zsuzsanna

### Abstract

The range of grapevine cultivars traditionally grown in Hungary differs from the western European assortments, as they mostly belong to the Pontican cultivars. During the last years 20 grapevine cultivars were investigated to determine their isoenzyme patterns. We used vertical polyacrylamide gel system for the separation of the soluble isoenzymes of acid phosphatase (AcP). Comparing the banding patterns of the tested genotypes four cultivars showed a characteristic banding pattern of acid phosphatase in the woody stems which had not been mentioned in the literature yet. Analysis of the leaf extracts showed that 4 cultivars have one additional band in their zymogram as well. It may mean, that this additional form of acid phosphatase in these cultivars is controlled by an additional locus. As all these 4 cultivars are of Pontican origin, we extended the range of cultivars to 48 to clarify if this phenotype appears only in the range of Pontican cultivars, or can be encountered in other groups of *Vitis vinifera*.

### Összefoglalás

A Magyarországon hagyományosan termesztett szőlőfajták köre eltér a Nyugat-Európában termesztett fajtáktól, minthogy ezek többsége a pontuszi fajtákhoz tartozik. Az elmúlt két évben 20 szőlőfajtát vizsgáltunk izoenzim analízissel. Három részből álló vertikális poliakrilamid gél rendszert használtunk a savas foszfatáz izoenzimjeinek elkülönítésére. A fás rész savas foszfatáz mintázatait összehasonlítva egy olyan speciális izoenzim mintázatot figyeltünk meg 4 fajta esetében, amelyet az irodalomban nem találtunk. Ennél a 4 fajtánál a gyorsabban vándorló régióban 4 sávot találtunk, míg a többinél csak hármat. A levélkivonatok vizsgálatánál, ezeknél a fajtáknál a zimogrammon egy plusz sávot találtunk. Ez valószínűleg azt jelenti, hogy ez a további savas foszfatáz forma ezeknél a fajtáknál egy további lokusz által szabályozott. Ezekre az eredményekre alapozva elkezdtük további hagyományos magyar szőlőfajta vizsgálatát, hogy megállapítsuk, hogy ez a fenotípus csak a pontuszi fajták körében jelenik meg, vagy a *Vitis vinifera* más csoportjainál is előfordul.

### Bevezetés

Kevés olyan termesztett növényfajunk van, amelynél a fajta neve az előállított termék nevében hangsúlyozottan szerepel. Mindez csak aláhúzza azt a tényt, hogy a fajta a szőlőtermesztés meghatározó eleme. A fajták rendszerezésére több próbálkozás történt, a legelterjedtebb rendszerek a szőlőfajták származását veszik alapul. Közülük a legismertebb Negrul [4] rendszere, melyet Mémeth Márton átdolgozott és továbbfejlesztett [5]. A morfológiai bélyegeket a környezeti hatások kisebb-nagyobb mértékben módosítják, ami rontja az ezekre támaszkodó fajtaazonosítás megbízhatóságát. Az elmúlt mintegy harminc évben alkalmazott molekuláris markerek különböző típusai ugyanakkor nem, vagy csak minimális mértékben függenek a környezeti hatásoktól, ezért a fajtaazonosítás megbízhatóbb módszerét adják [2].

Az FVM badacsonyi Szőlészeti és Borászati Kutatóintézetében vizsgáltunk néhány badacsonyi vonatkozású szőlőfajtát izoenzimes markerekkel. A kapott eredmények értékelésénél feltűnt, hogy néhány fajta esetében olyan savas foszfatáz mintázatot kaptunk, ahol a gél középső részénél négy sáv volt megfigyelhető, míg a többi fajtánál csak három [3]. Szőlőfajták jellemzésére korábban is használták a savas foszfatáz rendszert [8], de az irodalmi hivatkozásokban csak a három sávós mintázatot találtuk [6,7]. Mivel az említett munkákban a vizsgált fajták közül egyik sem tartozott a pontuszi fajtakörbe, és az általunk vizsgált fajták közül csak a pontuszi fajtáknál fordult elő a négysávós mintázat, feltételeztük, hogy az említett mintázat csak a convar. pontica fajták között fordul elő. A feltételezés igazolására kísérletet állítottunk be, melynek során 48 fajta savas foszfatáz izoenzim mintázatát vizsgáltuk.

### Anyag és módszer

A vizsgálatokhoz a növényanyagot (vessző) az FVM SZBKI, Badacsony, illetve Pécs fajtagyűjteményeiből szedtük. Néhány fajta esetében Badacsonyból és Pécsről is gyűjtöttünk mintákat annak eldöntésére, hogy a környezeti tényezők milyen mértékben befolyásolják az izoenzimintázatot. 20 fajta esetén a vegetációs periódusban virágzás előtt is gyűjtöttünk fiatal leveleket, hogy megállapítsuk, hogy a hánccs és a levél izoenzimintázata között van-e hasonlóság.

A begyűjtött vesszők élő hánccs szöveiteiből, illetve a fiatal levelekből aktív enzimeket izoláltunk az alábbiak szerint: A hánccs, illetve levelek 1,5 g-jához 750 mg policlar AT-t adtunk és 5 ml 4°C-os kivonó pufferrel [1] homogenizáltuk az anyagot, majd 1 400 rpm-en 3 percig centrifugáltuk, és a felülúszót használtuk a vizsgálatokhoz, illetve -70 °C-on tároltuk a későbbi vizsgálatokhoz.

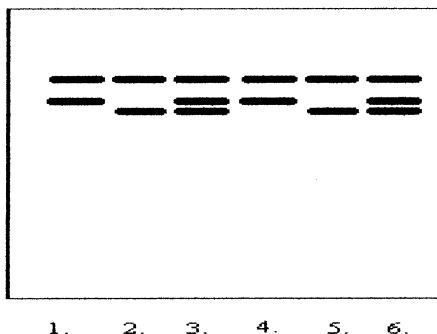
Vertikális poliakrilamid gél elektroforézist (PAGE) használtunk a savas foszfatáz izoenzimjeinek elkülönítésére. Három részből álló gél-rendszert alkalmaztunk [7]. A kivonatok elektroforézise 4 °C-on zsebenként 2 mA áramerősség mellett 3 óráig tartott. Az elektroforézis után a géleket savas foszfatázra festettük [1]. A kapott izoenzim mintázatokat vizuálisan értékeltük.

### Eredmények

A minták használhatóságának vizsgálata során megállapítottuk, hogy a nyugalmi időszakban gyűjtött vessző, illetve a vegetációban virágzás előtt gyűjtött levélmintákban a savas foszfatáz enzim jó aktivitást mutatott, és hogy a nyugalmi periódus alatt gyűjtött minták izoenzimintázata nem függött a mintaszedés helyétől és idejétől. A hánccs minták elektroforézise során a vizsgált 48 fajta esetén 6 féle izoenzimintázatot azonosítottunk (**1. ábra**). A 4-6-os mintázatoknál a gél alsó részében a 1-3-as mintázatoktól eltérően három sáv helyett négy sáv található. Míg a pontuszi fajtáknál a vizsgált fajták közel 70%-ánál megtalálható az említett negyedik sáv, addig a nem pontuszi származású (orientalis vagy occidentalis) fajták közül egyedül a Cirfandli-nál találtunk ilyen mintázatot (**1. táblázat**).

A hánccs és a levél savas foszfatáz izoenzimintázatainak összehasonlításánál (**2. ábra**) megállapítható, hogy azoknál a fajtáknál, ahol a hánccs kivonatok esetén három helyett négy sávot detektáltunk, ott

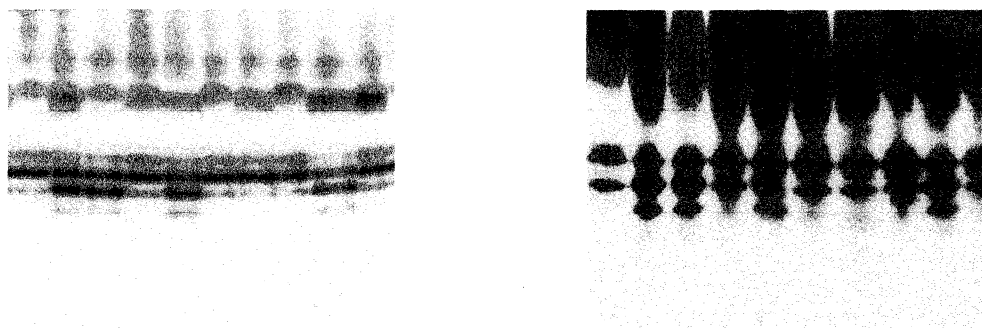
a levél kivonatok elektroforézise során is egyel több sávot találtunk. Ez a tény arra enged következtetni, hogy ezekben a fajtákban működik egy olyan gén (vagy gének), melynek terméke a savas foszfatáz enzim egy másik izoenzimje. Ez a gén a hánicsban és a fiatal levélben is kifejeződik, és az említett fajták eltérő genotípusára utal.



1. ábra A szőlő hánics szöveteinek savas foszfatáz izoenzim zimogrammjának típusai. A 4-6. típusú mintázat a pontuszi fajtákra jellemző.

ssz.	Fajtanév	AcP mint. típusa	ssz.	Fajtanév	AcP mint. típusa	ssz.	Fajtanév	AcP mint. típusa
1	Cabernet franc	3	17	Pintes	4	33	Kövidinka	4
2	Cabernet sauvignon	3	18	Leányka	2	34	Királyleányka	1
3	Cirfandli	6	19	Medoc noir	3	35	Kövérsvölgy	6
4	Olasz rizling	1	20	Oportó	2	36	Kékfrankos	3
5	Pinot blanc	1	21	Sárga muskotály	3	37	Picolit	5
6	Pinot gris	1	22	Ottonel muskotály	1	38	Pozsonyi fehér	3
7	Pinot noir	3	23	Arany sárfehér	6	39	Rajnai rizling	3
8	Sauvignon	3	24	Bakator	4	40	Chardonnay	1
9	Semillon	3	25	Budai	3	41	Zenit	1
10	Tramini	1	26	Csomorika	1	42	Zengő	3
11	Zöld veltelini	1	27	Ezerjő	2	43	Zefir	1
12	Zöldszilváni	3	28	Fehér góhér	1	44	Zeus	3
13	Bouvier	1	29	Furmint	5	45	B-15	1
14	Zéta	5	30	Hárslevelű	4	46	Rózsakő	3
15	Chasselas	3	31	Kadarka	3	47	Vulcanus	1
16	Juhfark	1	32	Kéknyelű	1	48	B-43	2

1. táblázat A vizsgált fajták savas foszfatáz izoenzim mintázat típusai az 1. ábra alapján



2. ábra Hánics (balra) és levél (jobbra) savas foszfatáz izoenzim mintázatok 10 fajta esetében

### Összefoglalás

Az FVM badacsonyi Szőlészeti és Borászati Kutatóintézetében 48 szőlőfajtát vizsgáltunk savas foszfatáz izoenzim markerre. Vizsgálataink alapján az alábbi megállapításokat tehetjük:

A nyugalmi időszakban hánicsból készített kivonatok esetén a savas foszfatáz enzim izoenzimintázata nem függött a mintavétel idejétől és a környezettől, ezért ez a módszer ismételhető,

és szőlőfajták összehasonlítására, elkülönítésére felhasználható. A nyugalmi időszakban vett hánccsminták és a vegetációban virágzás előtt fiatal levélből nyert kivonatok savas foszfatáz izoenzimintázata hasonló, amely arra utal, hogy néhány azonos gén a hánccsban, és a levélben egyaránt működik. Szoros összefüggést találtunk a fajták származása (pontuszi fajták esetén) és savas foszfatáz izoenzimintázata között.

## Irodalom

- [1] Arulsecar S., D.E. Parfitt. *Isozyme analysis procedures for stone fruits, almond, grape, walnut, pistachio, and fig*. HortScience. 1986: 21(4): 928.-933.
- [2] Bretting P. K., M. P. Widrechner. *Genetic Markers and Horticultural Germplasm Management*. HortScience 1995: 30(7) 1349-1356
- [3] Györffyné Jahnke G, Korbuly J., Májer J. *Isoenzymatic Characterisation of some Grapevine Cultivars Bred in Badacsony*. Acta Horticulturae 2003: No. 603: 593-599 pp.
- [4] Negrul A., M. *Семейство Vitaceae LINDLEY (Ampelidae KUNTH)*. In: Ампе́лография СССР 1946: I:45-432
- [5] Németh M.: *Ampelográfiai album I-III*. Budapest 1967, 1970, 1975
- [6] Royo J. B., Cabello F., Miranda S., Gogorcena Y., Gonzalez J., Moreno S., Itoiz R., Ortiz J. M.: *The use of isoenzymes in characterisation of grapevines (Vitis vinifera L.). Influence of the environment and time of sampling*. Scientia Horticulturae 1997:69: 145-155.
- [7] Sánchez-Escribano E., J. M. Ortiz, J. L. Cenis. *Identification of table grape cultivars (Vitis vinifera L.) by the isozymes from the woody stems*. Genetic Resources and Crop Evolution 1998: 45: 173-179.
- [8] Stefanovits-Bányai É, S. Lakatos, M. Hajós-Novák, E. Hajdu, I. Balogh *Recent developments in biochemical characterisation of Vitis vinifera L. varieties in Hungary*. Int. J. Hort. Sci. 2002: 8(2): 57-61.

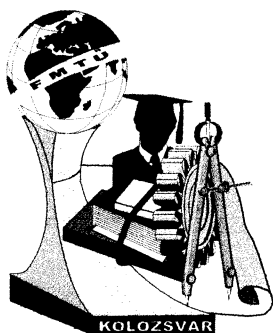
<sup>1</sup>Jahnke Gizella, PhD., <sup>1,2</sup> Deák Edit PhD. hallgató, <sup>1</sup>Györffyné Molnár Júlia, PhD., <sup>3</sup>Kocsis László, CSc., <sup>1</sup>Lakatos Anita, MSc., <sup>1</sup>Májer János, PhD., <sup>2</sup>Stefanovits-Bányai Éva, PhD. <sup>4</sup>Varga Zsuzsanna PhD. hallgató

<sup>1</sup>FVM Szőlészeti és Borászati Kutatóintézete, Badacsony H-8261 Badacsonytomaj, Római út 165.  
Tel: 36.87-532-200  
E-mail: vitihill@mail.iif.hu;

<sup>2</sup>BCE, Élelmiszertudományi Kar, Alkalmazott Kémia Tanszék, H-1114 Budapest, Villányi út 41-43.

<sup>3</sup>PE, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Kertészeti Tanszék, H-8360 Keszthely, Deák F. u. 16.

<sup>4</sup>BCE, Kertészettudományi Kar, Szőlészeti Tanszék, H-1114 Budapest, Villányi út 41-43.



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## SZÉLERŐMŰ-HIDROGÉN HIBRID RENDSZER PEM ÜZEMANYAGCELLÁVAL TÖRÉNŐ MEGVALÓSÍTÁSA

Hornos Ádám

### Abstract

In this paper I describe a dynamic model of a small wind-fuel cell hybrid energy system especially the working mechanism of the fuel cell. The whole system contains a wind turbine, a proton exchange membrane (PEM) fuel cell, an electrolyzer, an ultra capacitor and the power electronics. This system produces clean hydrogen and oxygen from the rest energy – which is not used by the customers – generated by the wind turbine with the help of electrolyzer. These are stored in tanks until this energy generated by the wind turbine is able to supply the customer's demands. In this case the PEM fuel cell converts hydrogen and oxygen into electric energy. In a short term the ultra capacitor is proposed to minimize the voltage fluctuations. A completely new model is come into existence with the reconsideration of the models of the technical literature. The modeling of the PEM fuel cell with the help of Matlab SIMULINK and the analyzing of the sub models are the parts of this paper, too. This system can be used in off – and on – grid power generation, too. If this system is on – grid it needs fast and exact power converter.

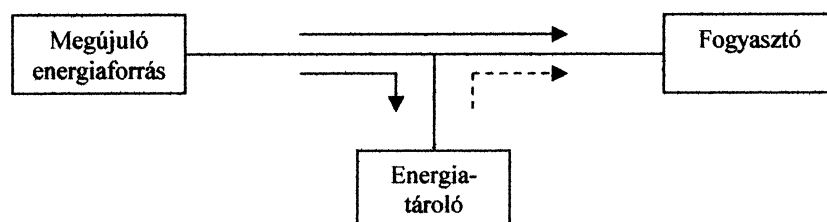
### Összefoglalás

Dolgozatomban bemutatom egy kisteljesítményű szélturbina – üzemanyagcella hibrid rendszer dinamikus modelljét, különös tekintettel az üzemanyagcella működésére. A teljes rendszer tartalmaz egy szélturbinát, egy proton cserélő membrános (PEM) üzemanyagcellát, egy elektrolízát, egy ultrakapacitást és a teljesítményelektronikát. A szélturbina által megtermelt, de a fogyasztó által el nem fogyasztott energiából az elektrolízáló berendezés segítségével tiszta hidrogént és oxigént állít elő a rendszer. Ezeket tartályokban tárolja mindaddig, amíg a szélturbina által megtermelt energia már nem képes fedezni a fogyasztói igényeket. Ekkor a PEM üzemanyagcella visszaalakítja elektromos energiává a hidrogént és oxigént. Rövidtávon a feszültségingadozás kiküszöbölése az ultrakapacitás feladata. Egy teljesen új modell jött létre a szakirodalomban megtalálható modellek újragondolásával. A PEM üzemanyagcella Matlab SIMULINK segítségével történő modellezése, az egyes almodellek részletes vizsgálata és bemutatása is részét képezi a dolgozatnak. A rendszer használható szigetüzemben és hálózatra kapcsolva is, utóbbi esetben azonban pontos és gyors teljesítményelektronikára van szükség.

### Bevezetés

A megújuló energiák jövőbeni felhasználásának elterjedését komoly gazdasági és rendszerillesztési problémák korlátozzák. Elsősorban az óriási ütemben fejlődő szélerőmű ipar növekedése torpanhat meg a szél sztochasztikus rendelkezésre állásának következtében. Hiszen a természet a fogyasztói igények jelentős ingadozását egyáltalán nem veszi figyelembe. A szélerőművek által termelt energia kiszámíthatóvá tételére maximális kihasználás mellett már rengeteg ötlet született. Azonban legtöbb lehetőséggel az energia - közép és hosszú távon - hidrogénben történő tárolása, majd a szükséges csúcsidezőszakokban villamos energiává történő visszaalakítása kecsegtet. A technológiák fejlődésével a hid-

rogénermelés és visszaalakítás egyre hatékonyabbá, ezáltal egyre gazdaságosabbá válik. Mégis hogyan kell egy ilyen rendszert elképzelni? A választ az 1. ábra adja meg erre a kérdésre. Jelen dolgozat célja a komplett rendszer legbonyolultabb elemének - az üzemanyagcellának – az újragondolt modelljének bemutatása.



1. ábra. Energiatárolás szakaszos üzemű energiaforrásoknál

### A PEM üzemanyagcella

Proton cserélő membránon keresztül jutnak át a hidrogén ionok az anódtól a katódhoz, míg a levált elektronok a terhelésen keresztül haladva egyesülnek a hidrogénnel és az oxigénnel, végtermékként vizet alkotva. Átlagos működési hőmérsékletet kb.: 60-80 °C között állapíthatjuk meg. Az alacsony üzemi hőmérséklet és a mindössze néhány perces indítási ideje miatt a legelterjedtebb üzemanyagcellák közé tartozik. Hatásfokát tekintve nem a legjobb típus, hiszen az elméleti maximum ~65% -hoz képest, jelenleg mindössze ~50%- os hatásfokra képes. Nagy hátránya még, hogy kizárólag tiszta hidrogénnel üzemel, ami egyértelműen az elektrolízises hidrogénermeléssel kapcsolható össze. Az egyes cellák kimenő feszültségét a Nernst – egyenlet segítségével határozhatjuk meg:

$$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{P_{H_2} P_{O_2}^{0.5}}{P_{H_2O}} \quad (1)$$

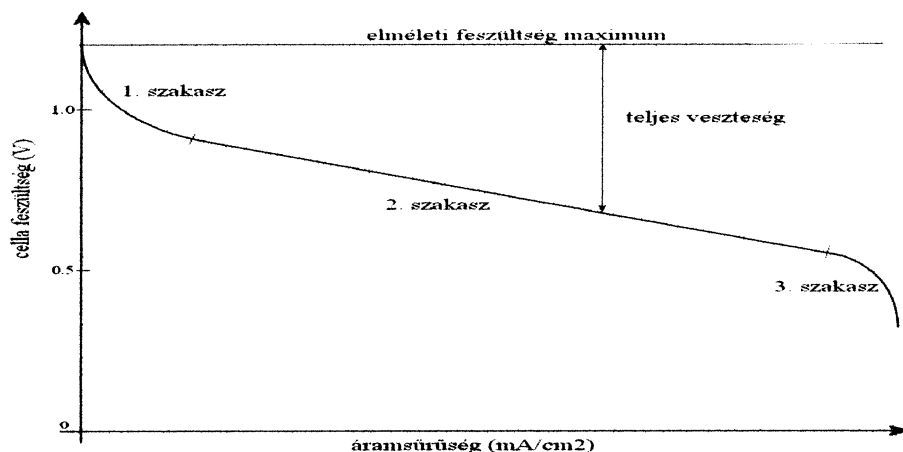
$E_0$  a standard elektródpotenciál értéket jelöli, ami az anód és a katód anyagából következő potenciál érték. A PEM cellákra ez az érték jellemzően 1,23 V. A kimenő feszültséget, állandó hőmérsékleten vizsgálva a rendszert, a katódon és az anódon átáramló üzemanyag nyomása határozza meg.

Állandó bemenő áramlási sebességű hidrogén és oxigén mellett a kimenő feszültség és a cella áramsűrűsége egy cellára jellemző jelleggörbét ad, melyet három fő szakaszra lehet osztani:

- az első az úgynevezett aktivációs szakasz, amikor viszonylag kis áram (sűrűség) változás hatására jelentős feszültségváltozás következik be. Szabályozás szempontjából ez a szakasz egy nehezen szabályozható része a jelleggörbének. Nagyon gyors és pontos szabályozást igényel;
- a második szakasz a mérnökök számára jól használható hasznos szakasz, amikor a feszültség jó közelítéssel egyenesen arányos az áramsűrűséggel;
- a harmadik szakasz a koncentrációs veszteségek miatt az áram (sűrűség) függvényében egy jelentős feszültség csökkenéssel járó szakasz.

A 2. ábrán jól látható, hogy az üresjárási 1,23V-hoz képest jelentős feszültségesés következik be a megnövekvő terhelő áram hatására. Magas hőmérsékletű üzemanyagcelláknál (pl.: SOFC) az üres-

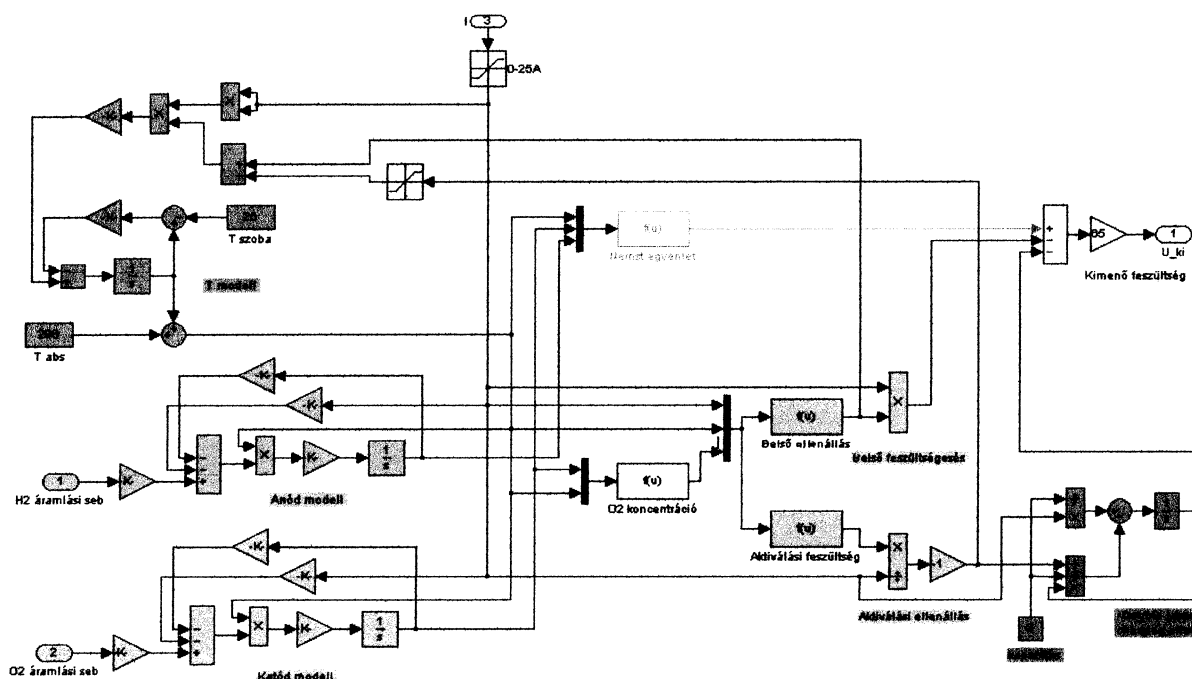
járási feszültség alacsonyabb, ezáltal a működési feszültség is az.



2. ábra. PEM üzemanyagcella U – J karakterisztikája

### A modell

A modellben nem vettem figyelembe a koncentrációs veszteségeket, mert az a része a jelleggörbének a működés és a felhasználás szempontjából már elhagyható. A teljes üzemanyagcella modell a 3. ábrán látható.



3. ábra. A Matlab SIMULINK modell

A modell egyes alrendszeit a hely szűke miatt csak pár sorban mutatom be. Az anód modell és katód modell is egytárolós tagot valósít meg. Közös bemenetként a cella hőmérsékletét és a terhelő áramot adtam meg. Az anód bemenetén a hidrogén áramlási sebessége, a katód bemenetén az előzőnél közel kétszer nagyobb oxigén áramlási sebessége található. A kimeneteken a Nernst - egyenlethez szükséges parciális hidrogén és oxigén nyomás jelenik meg. A termikus modell az előzőekhez hasonlóan szintén



egytárolós tagot valósít meg, melynek bemenetén a terhelő áram és a cella ellenállása együttesen határozza meg a veszteségeket. Ezek a veszteségek disszipált hő formájában távoznak a rendszerből. A veszteség modellben egy kétrétegű töltési hatás jelenik meg, mely az anód és a katód kapacitív jellegéből adódik. Tranziensek esetén fejt ki hatását.

Végezetül a teljes rendszer kimenő feszültségét az egyes cellák sorba kapcsolásával (jelen esetben 65 db) kapjuk meg, miután minden veszteséget levontunk. Így az ideális 1.23V – hoz képest jelentősen csökken a kimenő feszültség a már bemutatott paraméterek ismeretében.

## Összefoglaló

A téma komplexitásának köszönhetően az üzemanyagcellák kutatása még meglehetősen gyerekcipőben jár. Az újragondolt modell az eddig bemutatottaknak minden olyan tulajdonságát magába foglalja mely a teljes rendszer működése és átláthatósága szempontjából fontos a villamosmérnökök számára. A modell csak 1D - ós működést mutat be. A továbbiakban a modell helyességét igazolandó szimulációk lefuttatása lesz szükséges, mind tranziens mind állandósult állapotban.

## Irodalom

- [1] Caisheng Wang, M. Hashem Nehrir, Steven R. Shaw: Dynamic models and model validation for PEM fuel cells using electrical circuits, IEEE Transactions on energy conversion, June 2005, 442-450.
- [2] Sandip Pasricha, Steven R. Shaw: A Dynamic PEM fuel cell model, IEEE Transactions on energy conversion, June 2006, 484-490.

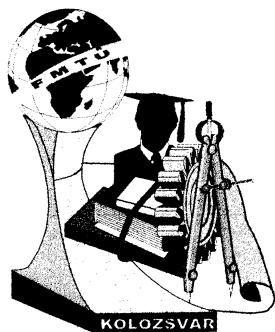
**Hornos Ádám**, hallgató

Munkahely: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Energia – átalakító rendszerek szakirány

Cím: 2642, Magyarország, Nógrád, Béke utca 12.

Telefon: +36 – 20 – 8246387

E-mail: honros.adam@eszk.org



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## WiFi-ESZKÖZÖK METEOROLÓGIAI RADAROKRA GYAKOROLT HATÁSÁNAK ELEMZÉSE

Horváth Zoltán

### Abstract

First, in this article are shown how can be disturbed the meteorological radars by WiFi devices, what is the result of these noises, and what can be caused by these unwanted effect. Secondly, this work exposes the background and suggests some steps to eliminate the problem or reduce its impact.

### Összefoglalás

E cikkben bemutatásra kerül, hogy a meteorológiai radarokat adott WiFi eszközök miként képesek zavarni, hogyan befolyásolják ezek a radarképeket, s ennek milyen következményei lehetnek. A dolgozat kitér a jelenség pontos okára, s megvizsgálja, hol és milyen lépésekkel lehet a problémát megszüntetni, hatását csökkenteni.

### A probléma rövid bemutatása

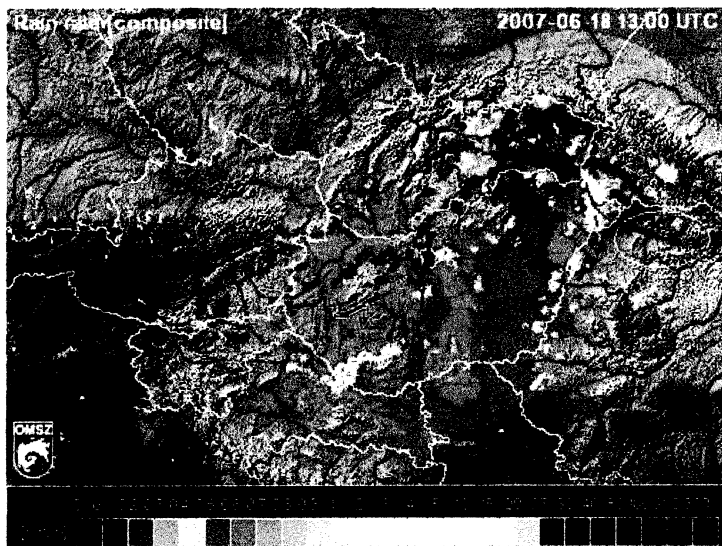
A nemzetközi frekvenciaszabályozás lehetővé teszi, hogy nyilvános WiFi vezeték nélküli hozzáférést lehessen megvalósítani 5250-5350 MHz-es és 5470-5725 MHz-es sávokban, ahol számos európai meteorológia szolgálat üzemeltet meteorológiai radarokat. A gyakorlatban is fennálló probléma miatt az érintett sávokban üzemelő WiFi hozzáférési pontok és felhasználói állomások jelentős mértékben zavarják a meteorológiai méréseket a valós információt elfedve vagy azt meghamisítva. A probléma megoldására a WiFi-eszközökben DFS (Dynamic Frequency Selection) mechanizmus alkalmazzák, mely sajnos csak elméletileg ad megoldást a zavartatás elkerülésére.

### A zavar megjelenési formája

Ma Magyarországon az európai időjárásjelző rendszer részeként az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) felügyelete alatt három meteorológiai radar működik. (Budapest, Napkor, Pogányvár). E radarok az ország és környezete légterében található légköri csapadékszint mérésére szolgálnak.

Először egy nyers radarkép készül. (1. ábra) Az ezen látható radiális sávok a zavaró adók által sugárzott jelek következtében jelennek meg. A képen az egyes színek a különböző dBZ szinteket jelölik, melyek a visszavert jel erősségét mutatják. Ez alapján becsülhető a várható csapadékmennyiség. A zavaró sávok esetén a színek már jelentős eső mennyiségre utalnak, így hatásuk meglehetősen zavaró. Az is veszélyes, amikor a valódi felhőkből származó értékek szuperponálódnak a zavarból származókkal (1. ábra), és így hamis konklúziót vonhatunk le a várható csapadék mértékét illetően. Ez jelentős problémát okozhat az előrejelzéseknél és becsléseknél. Jelenleg ezek szűrése félig automatizált módon történik, automatikusan kivághatók a képről előre meghatározott irányokból a zavaró sávok. Az így





2. ábra Kompozit „szűrt” radarkép zavarral

ezek a WiFi-eszközök a földfelszín közelében helyezkednek el, a zavar tipikusan  $0^{\circ}$ - $1^{\circ}$ -on jelent-kezik, melyhez a horizonton látszódó légkör - kb. 240km-es távolság - vizsgálata tartozik. A radar-antenna főnyalábjának keskenysége miatt többnyire csak  $1^{\circ}$ - $2^{\circ}$  szélességben jelentkezik a zavar. Ennek megfelelően a radarképen egy ilyen keskeny, közel folytonos sáv, nagyon vékony körcikk jelenik meg. A csapadéktól eltérően ennek intenzitása a radartól távolodva folyamatosan nő. Ennek oka, hogy a WiFi-eszköz állandó teljesítménnyel ad, de ezt szinte folytonosan teszi, így a radar szinte mindig veszi a jelét. Mivel a radar működéséből adódóan a beérkezési időhöz egy távolságot is rendel, ez okozza a radiális irányú cikket. A távolsággal együtt viszont az említett módon kompenzációt is végez, s így az időben később jövő - „távolibb” - ugyanolyan teljesítményű jelekhez nagyobb intenzitást rendel. A képen ez okozza a sugárirányú elszíneződést. A keletkező rajzolat ezért jellemzően a WiFi vett teljesítményétől függően a radartól néhány 10km-es távolságban kezdődik (itt van a kompenzációval együtt az érzékenységi szint) és 240km-es távolságig folyamatosan erősödik. Azonban radiálisan nem lesz folytonos, mivel a WiFi-eszköz adása maximális átviteli sebesség mellett sem 100%-os kitöltési tényezőjű.

### A zavar oka frekvenciatartományban

A meteorológiai radarok számára Magyarországon 5600-5650 MHz-es sáv áll rendelkezésre. Ebből ténylegesen a radarok által használt frekvencia 5610 és 5625 MHz. [3] A fő spektrum szélessége (3dB) körülbelül 1,25MHz 0,8 $\mu$ s-os impulzus hossz esetén. Ezzel egyidejűleg a magyarországi szabályozások [3] lehetővé teszik az 5470 - 5725 MHz közötti frekvenciatartományban RLAN- és WMAN-eszközök használatát, azzal a feltétellel, hogy semmilyen módon nem zavarhatják a meteorológiai radarok működését. Az ajánlás [3] szerint a radarok 30 km-es körzetében nem kívánatos a szélessávú eszközöket az adott 50 MHz-es sávban használni. Az 5 GHz-es sávban működő WiFi-eszközök általános csatornakiosztásának a 802.11a szabványban rögzített mellett létezik egy kiegészítése is, amely alapján a meteorológiai radarok működésére két 802.11a csatorna veszélyes: a 120-as (5590-5610 MHz) és a 124-es (5610-5630 MHz), hiszen ezek átfedésben vannak a radarok által használt frekvencia sávval. Ha tehát az eszközök nem vagy korlátozottan rendelkeznek DFS-képességgel, úgy zavarják a radarméréseket.

Segítségét jelenthet, ha a két WiFi-csatorna határán (5610 MHz) lévő (napkori és pogányvári)

radarokat olyan frekvenciára hangoljuk, hogy a teljes spektrumuk egy WiFi-sávba kerüljön. Ezzel a zavarás mértéke kevés zavaró adó esetében statisztikailag közel a felére csökkenthető.

### Megoldási javaslatok

A megoldásokat az alábbi négy fő csoportba sorolhatjuk:

1. Piacszabályozás és prevenció: Jogi és kommunikációs lehetőségek segítségével megelőzhető vagy csökkenthető a zavar kialakulásának valószínűsége. E megoldások bevezetése viszonylag lassú, költséges, s széleskörű együttműködésben valósítható csak meg.

2. A zavarok detektálása és szűrése: Az előbbiekkal a probléma teljesen nem oldható meg, ezért fel kell készülnünk arra is, hogy hogyan tudunk a problémával együtt élni. Ekkor a zavarok felismerése a legfontosabb, így a hamis adatokat figyelmen kívül hagyhatjuk. Még jobb, ha a zavarokat ki is tudjuk szűrni. Vigyáznunk kell azonban, hogy csak hibák kerüljenek kiszűrésre.

3. A zavarforrások aktív befolyásolása: Amennyiben lehetőség van rá, meg kell próbálni a zavaró forrásokat azok felderítése nélkül tömegesen távolról rákényszeríteni arra, hogy a radarok által használt sávot ne vegyék igénybe. E megoldás nem univerzális, de alkalmazása hatékony, hiszen ezzel a zavarforrások tömegesen kiiktathatók különösebb ráfordítás nélkül.

4. A zavarforrások felderítése: Az előbbi módszerek eredménytelensége esetén a zavarforrásokat fel kell deríteni, meg kell szüntetni. Ez nehéz, időigényes és költséges, hiszen minden esetet egyenként kell kezelni.

5. A WiFi-eszközök szabványos zavarelkerülése (DFS): A WiFi-eszközök is elvileg rendelkezhetnek az ún. DFS megoldással, mely a problémát megszünteti. Sok esetben ezt viszont nem vagy rosszul implementálták, és a DFS szabvány sem tökéletesen kezeli a problémát. Megoldást jelenthet a DFS szabvány javítása és szigorúbb betartatása.

### Következtetések

Megállapítható, hogy a 120-as és 124-es csatornán működő 802.11a szabványú eszközök a meteorológia radarokat zavarják, ezzel jelentős problémát okozva. A javasolt megoldásokkal a hiba jelenség megelőzhető, hatása csökkenthető.

### Irodalom

- [1] Országos Meteorológiai Szolgálat - Radarfelvételek – <http://www.met.hu>
- [2] IEEE Std 802.11a-1999(R2003) - Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications – High-speed Physical Layer in the 5 GHz Band
- [3] Nemzeti Hírközlési Hatóság: Szélessávú Adatátvitel Rádiós Hozzáférési Eszközökkel. Budapest, 2005. július 1. – [http://www.nhh.hu/menu4/m4\\_2/szeles\\_tajek\\_20050705.pdf](http://www.nhh.hu/menu4/m4_2/szeles_tajek_20050705.pdf)

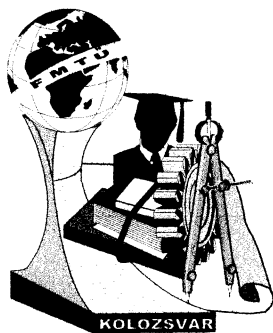
**Horváth Zoltán**, doktorandusz

Munkahely: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, VIK, Híradástechnika Tanszék

Cím: 1117, Magyarország, Budapest, Magyar tudósok körútja 2.

Telefon / Fax: +36-1-463-3261

E-mail: [horvathz@jedlik.hu](mailto:horvathz@jedlik.hu); [horvath.zoltan@mszk.bme.hu](mailto:horvath.zoltan@mszk.bme.hu)



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## SZERSZÁM FESZÜLTÉGÁLLAPOTÁNAK ÉS HŐMÉRSÉKLETELOSZTLÁSÁNAK VIZSGÁLATA ADAPTÍV VÉGESELEM MODELLEZÉSEL

Hulyok Tamás, Szigeti Ferenc, Dezső Gergely

### Abstract

In our experiments we have been measured corner and flank wear and forces when drilling with minimal volume of coolants and lubricants of grey cast iron. We have built a physical model for the working part of the twist drill where the wear is the largest. We used finite element method for our calculations. Stress and temperature distribution resulted are in good qualitative agreement with experimental observations.

### Összefoglalás

Szürkeöntvény minimálkenéssel történő megmunkálásakor más mennyiségek mellett kísérletekkel vizsgáltuk a csigafúró sarok- és hátkopását, és az erőhatásokat. Olyan fizikai modell elkészítését tűztük ki célul, amely számot ad a megfigyelt legnagyobb mértékű kopás helyeiről. A számításokban végeelem módszert használtunk. Az eredményül kapott feszültség és hőmérséklet eloszlás összhangban áll a kísérleti megfigyelésekkel.

### 1. Bevezetés

Napjainkban intenzíven kutatott problémakör a száraz vagy minimálkenéssel megvalósított forgácsoló megmunkálás. Ennek részben környezetvédelmi, részben gazdaságossági okai vannak [1]. A hűtőkenő folyadék mennyiségének csökkentésének az ára a fokozott szerszámkopás lehet. Ezért a vizsgálatok célja a megmunkálás optimális paramétereinek meghatározása [2].

A Nyíregyházi Főiskola Műszaki Alapozó és Gépgyártástechnológiai tanszékén fúrási kísérletekkel szürkeöntvény megmunkálását vizsgáltuk minimálkenés mellett. Mértük a csigafúró szerszámra ható előtoló erőt, forgatónyomatékat, valamint a szerszám sarok- és hátkopását.

A jelen tanulmányban a fizikai modellszámítások leírását közöljük. A fizikai modellezés első célkitűzése az, hogy a lényeges jelenségek figyelembevételével a tapasztalatokkal összhangban álló kvalitatív képet adjon a fúrási során fellépő igénybevételekről, kopásról. Ezért a modellezéssel kapott eredményeinket összevetettük a kísérletekben mért kopási adatokkal, illetve képekkel.

## 2. A terhelések és a befogások

A kísérletek során mért erő és forgatónyomaték adatokból származtattuk a modellben figyelembe vett mechanikai és hőterheléseket [3,4].

A fúrási művelet során bekövetkező hőtermelő folyamatok, és a hőelvonás részletes tárgyalása egyaránt igen bonyolult tribológiai tanulmányokat igényel, de ez nem témája a jelen dolgozatnak. Ezért célkitűzésünk egy olyan kvalitatíve helyes modell felépítése volt, amely számot ad a fúrószerszám kísérletileg megfigyelhető legnagyobb igénybevételi helyeinek megjelenéséről. Számításainkat tehát összevetettük a mért értékekkel. A szerszám kopása a mechanikai és a hőterhelések összegződő hatására következik be. Az anyagi tulajdonságok hőmérsékletfüggését nem vettük figyelembe.

A hőtermelést a súrlódásból származtattuk. A mért erőhatások segítségével becsültük a súrlódási erők teljesítményét. Az egyes éleken megoszló fő forgácsoló erőt az előtoló erő felével megegyezőnek vettük fel. Az élek mögötti súrlódási erőt pedig az előtoló erő és a súrlódási együttható felhasználásával becsültük. A hőelvonás döntő része a hűtő-kenő folyadék és a fúró felületének érintkezésénél következik be, a hőátadási együtthatót  $1000 \text{ W/m}^2\text{K}$  értékkel vettük figyelembe. Az anyagi tulajdonságokat a K20 keményfém adataival megegyezőnek vettük fel. A modellben a fúrószerszám anyaga homogén és izotróp.

Számításainkat munkaéles és részben kopott állapotban is elvégeztük. A kopott állapotot az élek  $0.1 \text{ mm}$  sugarú lekerekítésével modelleztük.

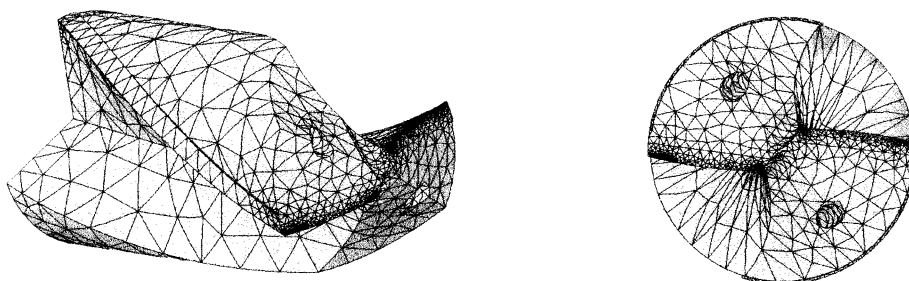
## 3. A végeelem modell felépítése

A fúrási kísérletekhez  $10,2 \text{ mm}$  átmérőjű K20 keményfém-ből készült Gühring DIN 6537 jelű szerszámot használtunk, amelynek háromdimenziós modelljét elkészítettük. A modellbe a szilárdságtani és hőtani anyagi tulajdonságokat ennek megfelelően építettük be.

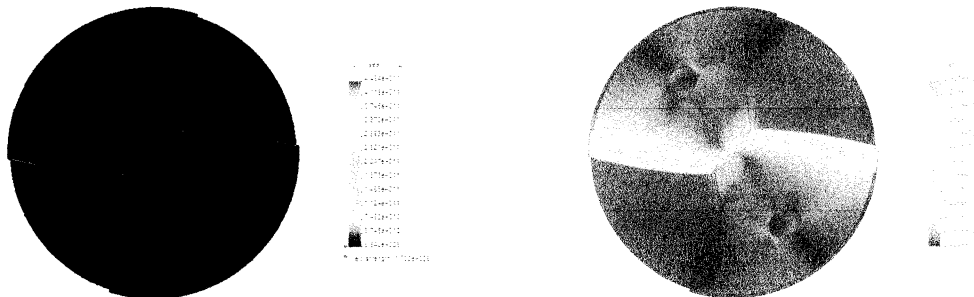
A végeelem modellezés során a számításiigényt alapvetően meghatározza a modell szabadsági fokainak a száma, ezért arra törekedtünk, hogy minél kisebb legyen a csomópontok száma. Ugyanakkor a számítás pontosságát viszont a csomópontok, illetve szabadsági fokok számának növelésével lehet elérni. Ezért előkészítő számításokat végeztünk, amelyekből kiderült, hogy a feszültség és a hőmérséklet a fúró élei környékén változik gyorsan, a fúró szárában, az élektől elegendően távol mindkét mennyiség jó közelítéssel konstans. Ezért a fúrónak csak  $20 \text{ mm}$  hosszúságú munkarészét vizsgáltuk (1. ábra). Így ugyanakkora szabadsági fokú modellel lényegesen pontosabb számításokat tudunk végezni.

Két lépésben végeztük el a számításokat. Az első lépésben az elemméretet csökkentettük azokon a helyeken, ahol a leggyorsabban változott a keresett függvény (a fúró élei környékén). A második lépésben, megtartva az így kapott végeelem hálót, a bázisfüggvények (polinomok) fokszámát növeltük a-

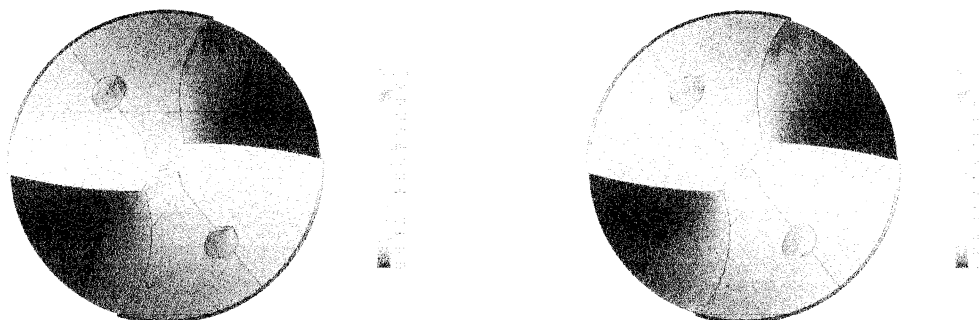
zokon a helyeken, ahol a számítás hibája a legnagyobb volt (2. és 3. ábra). A munkaéles állapotban a sarkok és a keresztél kis területeire koncentrálódó kiemelkedő feszültségmaximumokat találtunk (kevésbé látható), míg kopott állapotban az él teljes hosszában oszlik el a nagyobb feszültségű tartomány (2. ábra). A termikus állapot számításakor a feszültségeloszláshoz hasonló tendenciát figyelhetünk meg: munkaéles állapotban a sarkok és a keresztél környékén vannak nagyobb hőmérsékleti maximumok, kopott állapotban az él mentén egyenletesebb a hőmérsékleteloszlás (3. ábra).



1. ábra A fűrészszerszám vizsgált részének végelem felosztása sűrítéssel



2. ábra A fűrészszerszám élein számított Miseses szerinti feszültség munkaéles és kopott állapotban.



3. ábra A hőmérsékleteloszlás munkaéles és kopott állapotban.



#### 4. Összefoglalás

A számítási eredmények értékelésekor figyelembe vettük azt, hogy a kopás mértéke a feszültséggel és a hőmérséklettel egyaránt növekszik. A szerszámkopás szempontjából a furatmegmunkálás két szakaszát különböztetjük meg. Az első szakaszban, a munkaéles állapotban a sarkok és a keresztél kopik erőteljesen. A második szakaszban (kopott állapot) a hőmérséklet és a feszültségeloszlás más lesz, és egyre erőteljesebbé válik a hátkopás. Olyan modellt sikerült felállítanunk, amely jó kvalitatív egyezést mutat a megfigyelt sarok- és hátkopás értékekkel, valamint a kopás egyes típusainak megfigyelt időbeli kialakulásával.

#### Irodalom

- [1] Varga, G., Dudas, I.: Modelling and Examinations of Environmentally Friendly Machining Processes, Proceedings of the 9th International Research/Expert Conference on Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, TMT 2005, Antalya, Turkey, 26-30 September, 2005. pp.: 121-124. ISBN: 9958-617-28-5
- [2] Dudás I.: Gépgyártástechnológia I., A gépgyártástechnológia alapjai, Műszaki Kiadó, 2004. p.583. ISBN 963 16 4030 2
- [3] Szigeti, F., Varga, Gy., Péter, L., Százvai, A. : Examination of Outer and Inner Lubrication with Minimum Volume of Lubricants when Drilling of Grey Cast Iron, Proceedings of the 7th International Multidisciplinary Conference, Baia Mare, Romania, May 17-185, 2007. pp.: 687-693. ISSN-1224 -3264
- [4] F. Szigeti, Gy. Varga, G. Dezső, L. Péter: Dynamic examination of drilling with minimal volume of coolants and lubricants, 8th International Conference on Modern Technologies in Manufacturing, 2007. October 4-5. Cluj-Napoca (Kolozsvár), proceedings pp 425-429.

#### **Hulyok Tamás** főiskolai hallgató

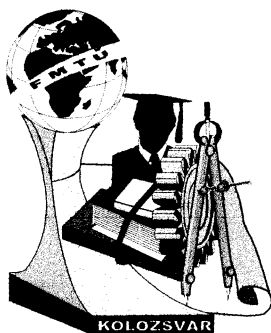
Munkahely: Nyíregyházi Főiskola, Műszaki és Mezőgazdasági Kar, Gépgyártástechnológiai Tanszék  
 Cím: H-4401, Magyarország, Nyíregyháza, Sóstói út 31/b  
 Telefon: +36-70-3004122  
 E-mail: hulyok@freemail.hu

#### **Dr. Szigeti Ferenc** CSc

Munkahely: Nyíregyházi Főiskola, Műszaki és Mezőgazdasági Kar, Gépgyártástechnológiai Tanszék  
 Cím: H-4401, Magyarország, Nyíregyháza, Sóstói út 31/b  
 Telefon: +36-42-599500/2436m  
 Fax: +36-42-402485  
 E-mail: szigetif@nyf.hu

#### **Dr. Dezső Gergely** PhD

Munkahely: Nyíregyházi Főiskola, Műszaki és Mezőgazdasági Kar, Gépgyártástechnológiai Tanszék  
 Cím: H-4401, Magyarország, Nyíregyháza, Sóstói út 31/b  
 Telefon: +36-42-599500/2442m  
 Fax: +36-42-402485  
 E-mail: dezsog@nyf.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## MICROSOFT VISUAL PROGRAMMING LANGUAGE A SZOFTVERFEJLESZTÉS OKTATÁSBAN

Illés Attila

### Abstract

Nowadays we found some relevant problem in the education. Most of the student don't study and don't programming in any programming languages. There is not enough motivation to get success. Few visual programming language are good for education, but we need a global and useful visual programming language, which is solve our student's programming problem.

The Microsoft made a visual language, which name is MS Visual Programming Language (VPL). This language make algorithm with graphical objects such as LabView. The VPL is consist of Microsoft Robotics Studio, which made for simulation enviroment of robotics model.

The VPL easy to use programming language.

### Összefoglalás

Napjainkban, a felsőoktatásban szignifikáns szintkülönbségeket figyelhetünk meg a hallgatók programozási képességeiben. Jelentős mértékben csökkent a hallgatók motivációja és érdeklődése az algoritmikus gondolkodás programozási nyelven történő megvalósítására. Néhol megfigyelhető a matematikai ismeretek hiányossága, hézagossága, de a legfőbb probléma mégis az önálló probléma megoldás. A kiadott feladat feldolgozása, osztályozása programozás-technikai szempontok alapján nehezen, sőt sokszor egyáltalán nem vezet eredményre. A helyes algoritmus megtalálása lenne az első lépés, ehhez a kreatív gondolkodáson kívül szükség lehet némi lexikális ismeretre is. A programozás oktatására számos megoldási mód létezik kisebb-nagyobb eredményességgel, de a lényeg bármely módszer használatakor az érdeklődés felkeltése. Ha ez sikerült, akkor már megnyertük a hallgató figyelmét, és eredményes lesz a programozási feladatok megoldása során.

Egy módszert kínál a vizuális programozás is. Számos ilyen nyelv és környezet készült a programozási feladatok egyszerű megvalósíthatóságára, gondoljunk csak a LabView lehetőségeire. A most bemutatni kívánt módszer egy a fiatalok által kedvelt készségfejlesztő játék, a Technic Lego vezérlésére kialakított környezet használata. Ezt a Microsoft fejlesztette ki és adta neki a Visual Programming Language nevet.

### 1. Bevezetés

A mérnök-informatikus hallgatók jelentős része gyengén szerepel a szoftverfejlesztéssel kapcsolatos tárgyakból, nem ritka, hogy egy-egy tantárgyat háromszor is kénytelenek felvenni. Bár e lazaság kialakulására kétségtelenül hatással volt a kreditrendszer által nyújtott szabadság, de a probléma mélyebben gyökerezik. A jelenség okait számos szerző vizsgálta, illetve próbált megoldást találni a módszertan és a tananyagot érintő újítások, módosítások bevezetésével.

Tóth és Johanyák [3] a versenyszféra igényeiből és a közismert szoftverfejlesztési hibákból kiindulva a hangsúlyt a szoftvertechnológiai alapokra és a csoportmunkára helyezve kereste a kiutat. Johanyák és Szabolcsi [1] a gyors alkalmazásfejlesztési technikák és a Visual Studio – C# eszközpáros által

nyújtott vizuális programozás-támogatás oktatásba történő bevezetéséről számolt be. Egy későbbi felmérés kiértékelése [2] kimutatta, hogy bár az új megoldások javulást eredményeztek és bizonyos programozási hibák eltűnéséhez vezettek, azonban összességében hatásuk elmaradt a várakozásoktól. További lehetőségek után kutatva olyan eszközöket, módszereket kerestünk, amelyek segítségével két „fronton” is eredményekre számíthatunk. Egyrészt a hallgatók érdeklődésének felkeltésére, másrészt a rendszerezett gondolkodásra kívántunk összpontosítani.

A jelen dolgozatban röviden áttekintjük a Microsoft Robotics Studio által támogatott Visual Programming Language által nyújtott szolgáltatásokat.

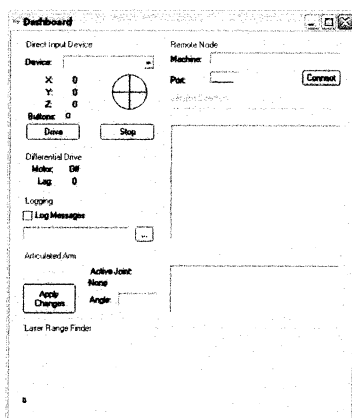
## 2. Visual Programming Language

Sokan még tanultunk folyamatábrás tervezést az általános iskolás évek alatt, ám a mai főiskolás hallgatók, mintha elfelejtették volna a használatát. Talán igazolja a mai szoftverek bonyolultsága azt, hogy nem lehet folyamatra segítségével tervezni, de egy alap algoritmus felépítésének megértése elvárt képesség egy informatikus hallgatótól.



1. ábra Pioneer 3DX szimuláció

A Visual Programming Language, továbbiakban VPL képes egyszerű eszközkészlet segítségével megvalósítani bonyolult algoritmusokat. Eszközkészlete jóval túlnyúlik az egyszerűségeen. Számos Lego robot alkatrészhez kínál interfészt, amely segítségével a VPL-en keresztül megtervezhetjük a robot működését leíró programot. Lehetőségünk van hálózaton keresztül vezérelni mobil robotunkat, amelytől akár adatot is fogadhatunk. Így módunkban áll szenzorokat, különféle szkennereket elhelyezni a robot vázán. A teljes interaktivitás elérése érdekében a szenzorok mellett megtalálható a motorok vezérléséhez szükséges eszközkészlet is.



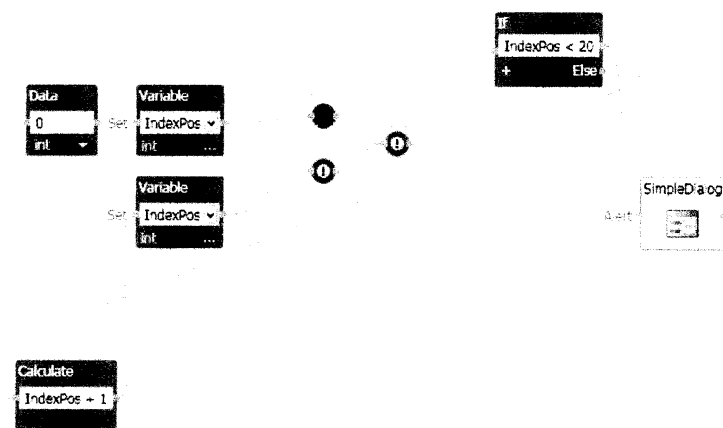
2. ábra Vezérlőpanel

Mielőtt arra gondolnánk, hogy mennyibe is kerül nekünk ez a kis fejlesztés, figyeljük meg, hogy mit kínál még számunkra a VPL. A lehetőségek között szerepel egy virtuális szimulációs környezet, amely segítségével virtuálisan tesztelhetjük szoftverünket egy robotmodell segítségével. Ezt a modellt éppúgy felszerelhetjük különféle szenzorokkal, mint a való világban. A Microsoft Robotics Studio lehetővé teszi ennek a szimulációs környezetnek (1. ábra) a felépítését. A VPL eszközkészletében lévő elemeket összekapcsoljuk a szimulációs térben lévő objektumokkal, és már indíthatjuk is a szimulációnkat. Ha

szeretnénk interaktívvá tenni, akkor készíthetünk egy panelt, amelyen elhelyezhetünk dinamikus paraméterek, és azokat futási időben változtathatjuk meg. Ezzel a technikával távolról avatkozhatunk be robotunk életébe, vagy ha a szimulációt választjuk, akkor a virtuális robotunk életébe.

De térjünk vissza a VPL-hez, amelyet módszerként tekinthetünk az egyszerűbb algoritmusok kódolására. Az eszköztár elemei között van változó definiálására alkalmas elem is 'Variable', illetve vezérlési szerkezetek közül 'if' és 'switch' elágazás is. Változó értékadását lehetővé tevő 'Data' elem és a futásidejű megváltoztatását lehetővé tevő 'Calculate' elem. Lehetőségünk van lista készítésére is, amely megfelel a tömb fogalmának is.

A vezérlési szerkezeteknél még az is jelentősen elősegíti munkánkat, hogy több feltelt tudunk megadni, illetve a 'switch'-nél is több alternatívát lehet felsorolni. Ha egy bonyolult felépítést szeretnénk megjeleníteni, akkor célszerű a részegységeket modulokká alakítani. Erre a feladatra használható az



3. ábra: Változó értékadása

'activity', amely segítségével kis dobozokat hozhatunk létre az egyes kiemelt részegységekből. Például, ha egy minimumkereső egységet szeretnénk létrehozni, akkor meg kell adni bemenő paraméternek a tömböt, és a kimenethez hozzácsatolni egy értéket. Ez egy tipikusan sorozathoz érték rendelése feladat. Ezt a megalkotott modult a későbbi fejlesztésben már, mint egy modult használhatjuk. Jelentősen megnöveli a program átláthatóságát, illetve esztétikailag is jobban mutat.

A 3. ábrán látható egy egyszerű ciklus, amelyben definiálunk egy változót, ez lesz az Indexpos változó, és hozzárendelünk egy 0 értéket. Behelyezünk egy if feltételt is, amely a változónk 19-es értékéig növeli annak értékét egy visszatérő ágban. Mindeközben a SimpleDialog elemmel kiírathatjuk a képernyőre a változó értékét. E néhány elemet felhasználva készíthetünk egyszerűen algoritmusokat, amelyeket hozzákapcsolhatunk a Microsoft Robotics Studio szimulációs környezetéhez, és irányíthatunk objektumokat, illetve lekérdezhethetjük az objektumok paramétereit. Ez a módszer kísérleti stádiumban van, számos területén kell még finomításokat eszközölni, de reményeink szerint lesz olyan terület, ahol nélkülözhetetlen lesz a programozás oktatásában.

A Microsoft Robotics Studio és ezen belül a Visual Programming Language használatában kiaknázatlan lehetőséget rejlenek.

### 3. Összefoglaló

A mérnök-informatikus hallgatók körében tapasztalható egyre lanyguló programozás iránti érdeklődés és a gyenge tanulmányi eredmények újabb módszertani és tananyagfejlesztési megközelítések keresésére ösztönöznek.

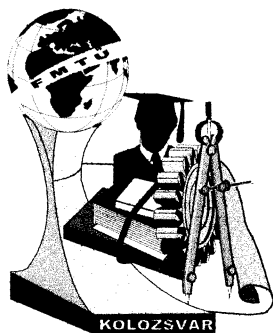
A Robotics Studio és a VPL alkalmazásától két téren remélünk javulást. Egyrészt a vizuális eszközök és a szimulációs környezet a hallgatók érdeklődésének erősödését eredményezhetik, másrészt a tervezett, rendszerezett megközelítés javulására számítunk.

### Irodalom

- [1] Johanyák, Zs. Cs., Szabolcsi, J.: Experiences of teaching visual programming with C# and Visual Studio 2005, Pollack Periodica, Vol. 2, Suppl., 2007, pp.97-105.
- [2] Johanyák, Zs. Cs., Tóth, Gy. F.: Vizuális módszerek oktatásának hatása a hallgatók programozási hibáira, Matematika-, fizika- és számítástechnika oktatók XXXI. konferenciája, Dunaújváros, 2007. augusztus 23-25., pp. 126-131.
- [3] Tóth, Gy. F., Johanyák, Zs. Cs.: Teaching software engineering - Experiences and new Approaches, XIX Didmattech 2006, September 6-7, Komarno, Slovakia , pp. 261-265.
- [4] Segédlet a VPL megismeréséhez, fejezetekre bontva  
[http://msdn2.microsoft.com/hu-hu/library/bb483087\(en-us\).aspx](http://msdn2.microsoft.com/hu-hu/library/bb483087(en-us).aspx)
- [5] Általánosságban a VPL-ről.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Visual\\_programming\\_language](http://en.wikipedia.org/wiki/Visual_programming_language)
- [6] Online video anyag a VPL elsajátításához  
<http://msdn2.microsoft.com/en-us/robotics/bb383569.aspx>

### Illés Attila

Munkahely: Kecskeméti Főiskola GAMF Kar,  
Kalmár Sándor Informatikai Intézet, Elektrotechnika és Kibernetika Szakcsoport  
Cím: 6000, Magyarország, Kecskemét, Izsáki út 10.  
Telefon / Fax: +36-76-516447  
E-mail: [illes.attila@gamf.kefo.hu](mailto:illes.attila@gamf.kefo.hu)



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## EGYFALÚ SZÉN NANOCSSÖVEK ELŐÁLLÍTÁSA ÉS TANULMÁNYOZÁSA

**Jenei István Zoltán, Nemes-Incze Péter, Daróczy Norbert Sándor, Járai-Szabó Ferenc,  
Sárközi Zsuzsa, Darabont Sándor, Biró László Péter**

### Abstract

In this paper we present a synthesis method of single wall carbon nanotubes (SWCNT) and the investigation of the product. Alcohols and xylene isomers were used as carbon source, ferrocene as catalyst. The quality of the produced CNTs was analyzed with TEM. A particular result of our experiments is that we obtained single-walled CNTs outside of the reactor when the temperature was in the range of 1000 °C. In case of the xylene isomers we present a computer simulation of the growth.

### Összefoglalás

A dolgozat az egyfalú szén nanocsövek előállításával és vizsgálatával foglalkozik. Szénforrásként alkoholokat és xilol izomereket, katalizátorként pedig ferrocént használtunk. Az előállított szén nanocsövek minőségét TEM-mel vizsgáltuk. A dolgozat sajátos eredménye, hogy az egyfalú szén nanocsövek a reaktoron kívül keletkeznek, mikor a reaktor hőmérséklete az 1000 °C körüli tartományban van. A xilol izomerek esetén egy számítógépes szimulációt is bemutatunk a nanocsövek növekedésére.

### 1. Bevezetés

A szén nanocsövek felfedezése óta [1], úgy az egyfalú, mint a többfalú nanocsövek előállítására és tulajdonságaik tanulmányozására használt módszerek sokat fejlődtek. Amíg az egyfalú szén nanocsövek tulajdonságait átmérőjük és királis szögük, addig a többfalúakét falaik száma és a grafitrétegek elhelyeződése határozza meg. Úgy az egyfalú-, mint a többfalú szén nanocsövek sajátos mechanikai és elektromos tulajdonságokkal rendelkeznek, melyek széles alkalmazási lehetőségeket biztosítanak a számukra, mint például: kompozit anyagok erősítői, tranzistorok a logikai áramkörökben, téremissziós források, stb. A szén nanocsövek az alábbi sajátos módszerekkel állíthatók elő: 1. Szénelektrodák közötti ív-kisülés, 2. grafit-fém céltárgyak lézersugaras ablációja, 3. szerves anyagok katalitikus kémiai bomlása fémkatalizátorokon (CCVD). A kísérleteink során mi is ezen eljárás egyik változatát a porlasztásos pirolízist alkalmaztuk.

### 2. Kísérleti berendezés és eljárás

Az egyfalú szén nanocsövek szintéziséhez használt kísérleti berendezés részletes leírása megtalálható az irodalomban [2]. A használt kísérleti eljárás, a porlasztásos pirolízis lényege a következő: meghatározott koncentrációjú folyékony szénforrás és szilárd katalizátor oldatát porlasztó segítségével argon hordozógáz alkalmazásával egy adott hőmérsékletű reaktorba porlasztjuk. Itt a szénforrás a katalizátor jelenlétében felbomlik és különböző szénatomszámú,  $n$ . klaszterek jönnek létre, amelyek kombiná-

ciójából alakulnak ki a szén nanocsövek. Szénforrásként különböző alkoholokat és a xilol származékokat használtunk. Katalizátorként pedig ferrocént alkalmaztunk, a ferrocén koncentrációt, alkoholok esetén a legtöbb esetben úgy választottuk meg, hogy 100 ml szénforrás (oldószer) 1,2 g ferrocént tartalmazzon. Az oldat reaktorba való táplálásának a hozama minden esetben 1 ml/perc volt. Az egyfalú nanocsövek vizsgálatánál a kemence hőmérséklete ~1000 °C volt, de ha csak a többfalú nanocsövek keletkezését követtük, akkor a reaktor hőmérsékletét ~875 °C-ra állítottuk. A reaktorban keletkezett végtermék mennyiségét meghatároztuk, ennek minőségét pedig TEM (Transzmissziós Elektron Mikroszkóp) vizsgálatokkal végeztük. A kísérleteink során megvizsgáltuk az oxigén gáz jelenlétének hatását a végtermék mennyiségére és minőségére.

### 3. Kísérleti eredmények és tárgyalásuk

A különböző használt alkoholokra kapott eredményeinket az *1. táblázat*, míg a xilol származékokra vonatkozókat a *3. táblázat* tartalmazza.

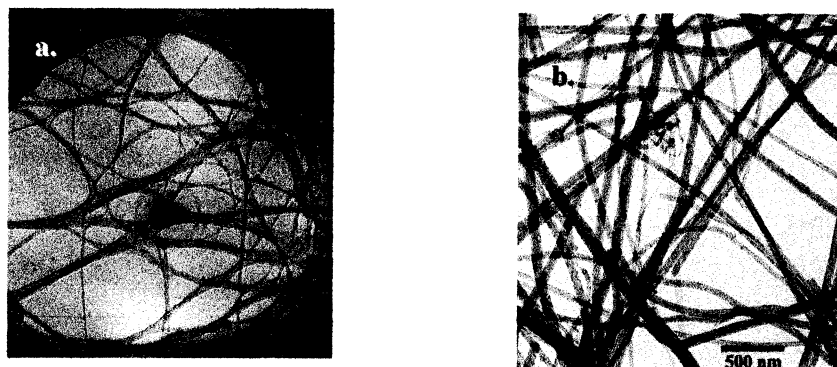
Szénforrás	Minta neve	Ar hozam (l/h)	A kemencében keletkezett anyag (g)	A kemencén kívül keletkezett anyag (g)
metil alkohol	S143	500	0,0417	0,0290
etil alkohol	S144	500	0,2800	0,0215
n-propil alkohol	S146	500	0,2900	0,0110
izopropil alkohol	S147	500	0,3158	0,0034
n-butil alkohol	S148	500	0,4041	0,0032

*1. táblázat*

Az *1. táblázat* adatait vizsgálva, azt mondhatjuk, hogy ahogy növekedik az alkoholokbeli szénatomszám, úgy növekszik a kemencén belüli végtermék mennyisége és csökken a kemencén (reaktoron) kívüli végterméké, amelyben jelen vannak az egyfalú nanocsövek. Ez azzal magyarázható, hogy az egyfalú nanocsövek 1000 °C hőmérsékleten a kemencében a gázfázisban keletkeznek. Ezeket az Ar áram a kemencén kívülre szállítja. Az alkohol szénatomszámának növekedésével növekedik a gázfázisban levő szénatomok koncentrációja és így növekszik a többfalú szén nanocsövek keletkezésének a valószínűsége. Az egyfalú szén nanocsövek keletkezésében fontos szerepet játszanak az alkoholokban jelen levő OH csoportok.

Felvetődhet az a gondolat is az egyfalú nanocsövek mennyiségének csökkenésére a szénatomszám valamint a hidrogén atomszám növekedésével, hogy itt lényeges szerepe lenne a hidrogén és oxigén atomok arányának. Kísérleteket végeztünk olyan feltételek mellett, hogy a reakcióterbe külön molekuláris oxigént vittünk be, hogy a nagyobb szénatomszámú alkoholok esetén a hidrogén-oxigén atomok aránya ugyanaz legyen, mint a metil alkoholban (4:1). Az így kapott kísérleti eredményeinket a *2. táblázatban* foglaltuk össze.

Ezen kísérletek adatai habár azt igazolják, hogy a reaktoron kívül levő végtermékek mennyisége növekszik ezekben az esetekben, a TEM képek azt tanúsítják, hogy a végtermék mennyisége nem az egy-



1. ábra. a) S144 minta TEM képe b) meta-xilolból előállított többfalú nanocsövek TEM képe

Szénforrás	A minta neve	Ar hozam (l/h)	H:O arány	A kemencében keletkezett anyag (g)	A kemencén kívül keletkezett anyag (g)
etil alkohol	S153	500	4:1	0,0767	0,0284
n-propil alkohol	S150, S152	500	4:1	0,1052	0,0417
n-butil alkohol	S154	500	4:1	0,1241	0,0511
metil alkohol	S155	500	2:1	0,0440	0,0353

2. táblázat

falú szén nanocsövek jelenléte miatt növekszik, hanem más szennyező szén-származékok miatt. Az elmondottakból legalább arra a következtetésre juthatunk, hogy ha az oxigén atomok jelenlétének van szerepe az egyfalú szén nanocsövek keletkezésében, akkor ez az oxigén atom inkább kötött állapotú, a molekulában már jelen lévő, és nem pedig szabad oxigén atom kell legyen.

Külön végeztünk olyan kísérletet a metil alkohollal, amelyben a hidrogén-oxigén atomok arányát 2:1-re növeltük. Ezen kísérlet adatait tartalmazza a 2. táblázat utolsó sora. Ezek az adatok arról tanúskodnak, hogy az oxigén mennyiségének ez a növelése még gyengébb eredményekre vezet a szén nanocsövek keletkezéséről.

Számos olyan kísérletet végeztünk szén nanocsövek előállítására céljából, amikor szénforrásként xilol izomereket (orto, meta, para) használtunk. A 3. táblázat második oszlopa 6 ilyen kísérletsorozat átlagos eredményét tartalmazza. A táblázat eredményei azt mutatják, hogy a para izomér szolgáltatja a legjobb eredményeket a szén nanocsövek előállítására. Ez több mint valószínű, kapcsolatban áll azzal a ténnyel, hogy ezen izomér rendelkezik a legmagasabb szimmetriával az izomerek közül. Ezt a tényt figyelembe véve egy modellt dolgoztunk ki, annak igazolására, hogy ez valóban lehetséges.

Számítógépes szimuláció segítségével próbáltuk igazolni a kísérletekből kapott eredményeket. Feltételeztük, hogy a szén nanocsövek keletkezése során legalább részlegesen részt vesznek a katalizátor által dehidrogénezett széngyűrűk [3]. A szimuláció lényege a következő: egy háromszögrácsra szorosan egymás mellé xilolmolekulákat helyezünk el véletlenszerű orientációval (az orientáció 6 diszkrét értéket vehet fel). Bizonyos számú molekula elhelyezése után ellenőrizzük, hogy a kialakult szénrács tökéletes-e. Megemlítjük, hogy 8 %-os toleranciával dolgoztunk. A szimuláció segítségével valószínű-



Szénforrás	Keletkezett anyag (g) T~875 °C	A kemencében keletkezett anyag (g) T~1000 °C	A kemencén kívül keletkezett anyag (g) T~1000 °C
para-xilol	0,9920	0,6034	0,1116
orto-xilol	0,6314	0,5743	0,0960
meta-xilol	0,5862	0,4852	0,0118

### 3. táblázat

ségeket tudunk meghatározni. Előre látható volt, hogy ezek a valószínűségek hatványfüggvény-szerűen tartanak a nullához. A következő összefüggéseket kaptuk a szénrács kialakulásának valószínűségére: para-xilol:  $p(x)=14,9 \cdot \exp(-0.0244 \cdot x)$ , orto-xilol:  $p(x)=1118,2 \cdot \exp(-0.1676 \cdot x)$ , meta-xilol:  $p(x)=36,1 \cdot \exp(-0.0707 \cdot x)$ , ahol  $x$  az elhelyezett xilol molekulák számát jelenti. Sikertelenül tehát kimutatni azt, hogy adott számú xilol molekula elhelyezése után a para izomérből alakul ki a legnagyobb valószínűséggel tökéletes grafitrács.

### 3. Következtetések

Kísérleteink azt igazolják, hogy a porlasztásos pirolízis módszere alkalmas nemcsak többfalú, hanem egyfalú nanocsövek előállítására is, amennyiben a reaktor hőmérséklete eléri az ~ 1000 °C-ot. Az egyfalú nanocsöveket a kemencén kívüli hőmérsékleti tartományban összegyűlt végtermékben azonosítottuk. Ez igazolni látszik azt a tényt, hogy az egyfalú nanocsövek a reaktorban a gőzfázisban keletkeznek, amelyet az Ar áram kisodor a kemencén kívülre. Az egyfalú szén nanocsövek mennyisége valószínűleg függ az egységnyi térfogatra eső szénatomok számától a reaktorban. A magasabb szénatomszámú alkoholok esetén csökkent annak a végterméknek a mennyisége, amelyben az egyfalú szén nanocsövek vannak. Megpróbáltuk követni az oxigén jelenlétének a szerepét a pirolízis során. Ha az oxigén atomok jelenlétének van is szerepe az egyfalú szén nanocsövek keletkezésénél, ez olyan oxigénatomokra vonatkozik, amelyek már kötöttek a molekulában (OH csoportok), nem pedig szabad oxigénre. Az előállított szén nanocsövek mennyisége függ úgy a szénforrások minőségétől, mint a használt katalizátorok mennyiségétől. A katalizátor koncentráció növekedésével nő a kapott szén nanocsövek mennyisége is. Esetünkben is beigazolódott az a tény, hogy a magasabb hőmérsékletek esetén inkább egyfalú, az alacsonyabb hőmérsékleteken többfalú nanocsövek keletkeznek.

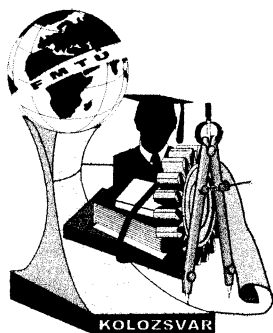
### Irodalom

- [1] Iijima S., Nature **354**, 56 (1991)
- [2] LP Biró, ZE Horváth, AA Koós, Z Osváth, Z Vértesy, AI Darabont, K Kertész, C. Neamtu, Zs Sárközi, L Tapasztó, Direct synthesis of multi-walled and single-walled carbon nanotubes by spray-pyrolysis, J Opt Adv Mat, 5(3), 2003, 661-666
- [3] Yajun Tian et al., In Situ TA-MS Study of the Six-Membered-Ring-Based Growth of Carbon Nanotubes with Benzene Precursor, J. Am. Chem Soc. **126**, 1180-1183 (2004)

**Jenei István Zoltán** egyetemi hallgató,

Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Fizika kar

Cím: 400084, Románia, Kolozsvár, Kogălniceanu 1; Telefon: +40744495634, E-mail: jencsi85@yahoo.com



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## HIDRAULIKUS ÉS ELEKTROMOS KÖRÖK, MECHANIKAI RENDSZEREK ANALÓGIÁJA

Kakucs András

### Abstract

Using the analogies existing between hydraulic and electric circuits and mechanical systems we can work out some algorithms in modeling and analyzing hydraulic circuits. In this analysis the procedures and numerical methods of structural mechanics can be adopted with no or only small modifications.

### Összefoglalás

A hidraulikus és az elektromos körök, valamint a mechanikai rendszerek analógiájának felhasználásával egy új, a hidraulikus körök számítására alkalmas eljárást lehet felépíteni. Ennek során a szerkezetek számításában elterjedt numerikus módszereket használhatjuk fel.

### 1. Bevezetés

A hidraulikus rendszerek vezetékkel összekötött diszkrét elemekből állanak. Közismert, hogy ezek az elemek és az összekötő vezetékek bizonyos ellenállást fejtenek ki az áramlással szemben. A gyakorlatban inkább előforduló turbulens áramlás esetében a létrejövő nyomásesést a hozam (térfogatáram) négyzetével arányosnak tekintjük:

$$\Delta p(t) = R_h \cdot Q^2(t), \quad (1)$$

ahol  $R_h$  az illető elem hidraulikus ellenállása, amely az áramlási sebességtől függő mennyiség.

A kört felépítő elem belsejében bizonyos folyadékmennyiség található. Ez a mennyiség a folyadék nyomásától (a folyadék kompresszibilitásától és az elem belső térfogatának megnövekedésétől) függ, egy infinitezimális folyamat alatt, lineáris összefüggést feltételezve  $dV = C_h \cdot dp$ , ahol  $C_h$  az illető elem hidraulikus kapacitása. Mivel  $dV = Q(t) \cdot dt$ , zérus kezdeti feltételekkel

$$\Delta p(t) = \frac{1}{C_h} \cdot \int_0^t Q(t) dt. \quad (2)$$

Az elem belsejében levő folyadék, tömeggel rendelkezvén, bizonyos tehetetlenséget mutat az áramlási sebesség megváltozása esetén:

$$\Delta p(t) = L_h \cdot \frac{dQ(t)}{dt}, \quad (3)$$

ahol  $L_h$  az illető elem hidraulikus induktivitása.

Általános esetben az említett jelenségek együttesen lépnek fel, ekkor a nyomásesés:

$$\Delta p(t) = L_h \cdot \frac{dQ(t)}{dt} + R_h \cdot Q^2(t) + \frac{1}{C_h} \cdot \int_0^t Q(t) dt . \quad (4)$$

Ez utóbbi egyenlet az RLC soros áramkörre felírt Ohm-törvényhez igen hasonló:

$$u(t) = L \cdot \frac{di(t)}{dt} + R \cdot i(t) + \frac{1}{C} \cdot \int_0^t i(t) dt , \quad (5)$$

az egyedüli lényeges különbség a hozam második hatványa lenne. Ez az észrevétel a hidraulikus-elektromos analógia alapja, azzal a megjegyzéssel, hogy az irodalom általában a nyomásesést a hozammal (és nem annak négyzetével) tekinti arányosnak.

Ha a (4) egyenletet deriváljuk, feltételezvéen együtthatóinak állandóságát, a következő összefüggéshez jutunk:

$$\frac{d}{dt} \Delta p(t) = L_h \cdot \frac{d^2 Q(t)}{dt^2} + 2 \cdot R_h \cdot Q(t) \cdot \frac{dQ(t)}{dt} + \frac{1}{C_h} \cdot Q(t) . \quad (6)$$

Észrevehetjük, hogy ez az egyenlet az egy dinamikai szabadságfokkal rendelkező rendszer mozgásegyenletéhez hasonlít:

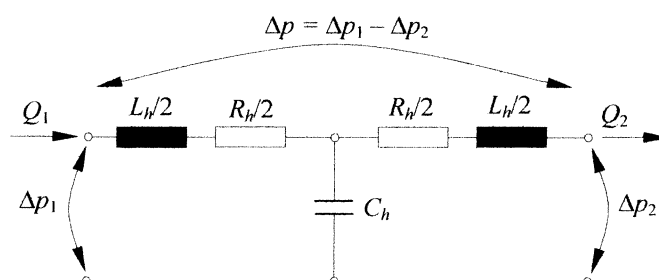
$$F(t) = m \cdot \frac{d^2 D(t)}{dt^2} + c \cdot \frac{dD(t)}{dt} + k \cdot D(t) . \quad (7)$$

Amennyiben egy hozamtól (áramlási sebességtől) függő  $R_h^* = 2 \cdot R_h \cdot Q(t)$  ellenállást vezetünk be, akkor ez az egyenlet a nemlineáris csillapítású rendszerek mozgásegyenletével lesz analóg.

Ezen hármas analógiára alapozva a szerkezetek számításából ismert merevségi mátrix módszerét kiterjeszthetjük a hidraulikus körökre is.

## 2. Az ekvivalens elektromos kör

Az elektromos körök legtöbbször koncentrált paraméterűek, azaz ellenállásukat stb. pontszerűnek tekintett elemek jelentik, amelyeket ideális, ellenállás nélküli vezetékek kötnek össze. A hidraulikus körök esetében azonban ez a fajta megközelítés nem alkalmazható, mivel az összekötő vezetékek ellenállása, kapacitása és induktivitása nem hanyagolható el, így más megoldás után kell néznünk. Egy lehetőség a távvezetékek modellezésében használt, az 1. ábrán látható „T” négy-pólus alkalmazása lenne.



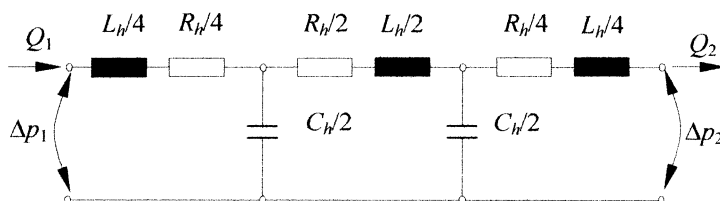
1. ábra. A „T” négy-pólus, mint vezetéket helyettesítő elem

Az ábrán  $\Delta p_1$  és  $\Delta p_2$  a csomóponti relatív (légkörihez viszonyított) nyomások,  $\Delta p$  pedig a modellezett szakaszon fellépő nyomásesés.

A számítás és a modellezés pontossága függ a fenti kapcsolással helyettesített vezeték  $l$  hosszától. Mivel a nyomásváltozás hullámok formájában terjed a vezetékek mentén, a számítások pontosságát e hullámok  $\lambda$  hosszával hozzák kapcsolatba: a modell akkor alkalmazható, ha

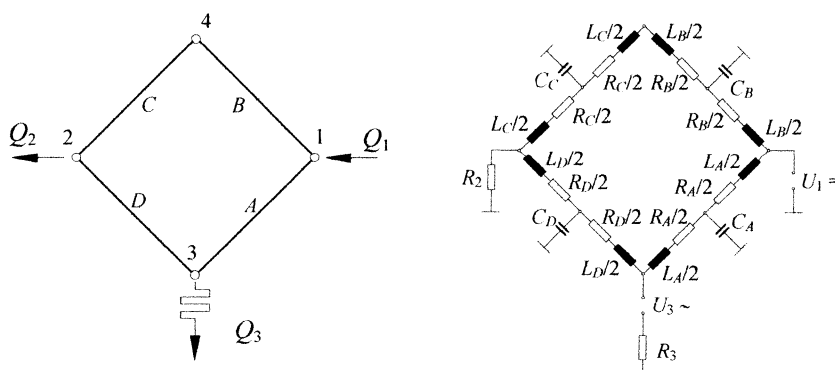
$$l < \frac{\lambda}{16}. \tag{8}$$

Amennyiben ez a feltétel nem teljesül, úgy a vezetéket rövidebb szakaszokra kell feldarabolni; így jutunk például a 2. ábrán látható „II” modellhez.



2. ábra. Egy vezeték „II” modellje

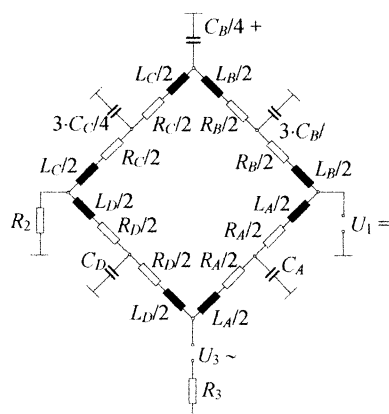
Ilyen módon a hidraulikus körünket egy koncentrált paraméterű (áram-) körrel tudjuk modellezni, illetve ezen modell segítségével tudjuk a számításainkat elvégezni. A 3. ábrán egy egyszerű, folyadékelosztó kör látható: az 1. pont a hálózat betáplálási pontja, a 2. és 3. pontokban a folyadék távozik a rendszerből, ráadásul a 3. pontban egy rezgéseket keltő berendezés működik. Az egyszerű „T” négypólusokkal megvalósított koncentrált paraméterű helyettesítő kör az ábra jobb oldalán látható.



3. ábra. Egy egyszerű példa

Láthatjuk, hogy ez több hurokból áll. A számítások elvégzésére a legalkalmasabb eljárás a hurokáramok módszere lenne, amely bizonyos algoritmizálást is lehetővé tesz, pl. észrevehetjük, hogy a 4. csomóponttól eltekintve (ahol nincs letestelő elem) minden vezetékszakasz két-két hurokra bomlik fel. Ahhoz, hogy ez a 4. pont ne okozzon külön kezelendő esetet, az ott csatlakozó vezetékek kapacitásának egy részét (pl. 1/4-ét) oda költöztetjük és akkor a 4. ábrán látható, minden vezetéket két

hurokra felosztó kapcsoláshoz jutunk.



4. ábra. Módosított „T” modell alkalmazása

### 3. A számítások elvégzése, következtetések

A számítások elvégzésére a hurokáramok módszere alkalmazható. Bebizonyítható ([5]), hogy a 4. ábrán megjelölt hurkokat diszkrét elemeknek (elemi soros RLC köröknek) tekintvén, egy egyszerű algoritmus alkalmazásával a megoldandó egyenletrendszer

$$[L_h] \cdot \{\ddot{Q}\} + [R_h^*] \cdot \{\dot{Q}\} + [1/C_h] \cdot \{Q\} = \{\Delta p\}, \quad (9)$$

formában kapjuk, amely a több dinamikai szabadságfokkal rendelkező (nemlineáris) rendszerek mozgásegyenletével analóg:

$$[M] \cdot \{\ddot{D}\} + [C] \cdot \{\dot{D}\} + [K] \cdot \{D\} = \{F\}, \quad (10)$$

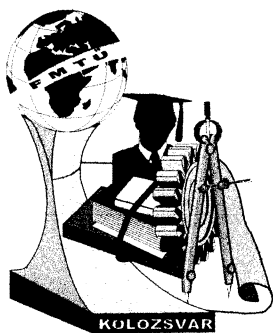
tehát megoldására a szerkezetek számításában alkalmazott eljárások (pl. a merevségi mátrix módszere) alkalmazhatók lesznek.

Ugyanezen analógia alapján, a (9) egyenlet jobb oldalát zéróval egyenlővé tévén a szabadrezgések egyenletéhez jutunk, tehát meg tudjuk határozni a tanulmányozott hidraulikus kör rezonáns frekvenciáit is.

### Irodalom

- [1] BATHE, K. J. **Finite Element Procedures**. Prentice - Hall Inc, USA, 1996.
- [2] FLOREA, J., PANAITESCU, V. **Mecanica fluidelor**. Bukarest, Ed. Didactică și Pedagogică, 1979.
- [3] LÁTRÁNYI J., ZALKA A. **Válogatott fejezetek hidraulikus körfolyamatok tervezéséből**. Budapest, Műszaki Egyetem, 1982.
- [4] SINGIRESU S. RAO **Mechanical Vibrations**. Addison-Wesley Publishing Co, USA, 1995.
- [5] KAKUCS. A. **Modelarea circuitelor hidraulice prin analogia cu sistemele electrice și mecanice**. Ed. Univ. Transilvania, Braşov, 2007.

**Kakucs András**, ph.d, Sapientia Egyetem, Marosvásárhely, Gépészmérnöki Tanszék  
 Marosvásárhely, Segesvári u. 1/c, Tel.: +40-265-208172, fax: +40-265-206211  
 E-mail: kakucs@ms.sapientia.ro



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## FOLYÁSGÖRBE FELVÉTELE MELEGALAKÍTÁSHOZ WATTS - FORD MÓDSZERREL

Kecskés Bertalan

### Abstract

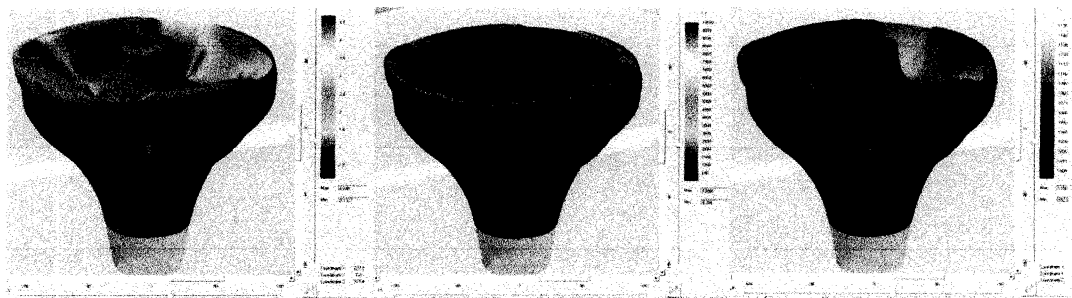
Nowadays, due to the rapid development of the computer sciences, has increased the importance of the development of virtual manufacturing processes. This can ensure the monitoring of tool-, equipment-, and material behaviour during processing and allow the comparison of different possible technologies. By simulation we can detect the improper tool design, the unsuitable machine selection, therefore we can save time and money. In order to carry out a real-like simulation there is need for an adequate number of input data in a database. One of the important parameters of hot forming technologies is the flow stress curve of the deformed material.

### Összefoglalás

Napjainkban a számítástechnika rohamos fejlődésének köszönhetően egyre nagyobb a jelentősége a virtuális gyártástechnológia készítésének. A virtuális gyártástechnológia készítésével még a technológia bevezetése előtt lehetőségünk van a szerszámok, berendezések, anyagok gyártás közbeni viselkedésének megfigyelésére. Segítségével megvizsgálhatjuk és összehasonlíthatjuk a különböző technológiai paraméterek alakításra gyakorolt hatását. A szimuláció segítségével elvethetők a hibás konstrukciójú szerszámialakítások, a helytelen gépkiválasztások és ennek köszönhetően pénzt és időt tudunk megtakarítani. A szimulációk valósághű elvégzéséhez elengedhetetlen, hogy megfelelő mennyiségű bemenő adattal, adatbázissal rendelkezünk. A melegalakítási technológiák szimulációjának egyik fontos paramétere az alakított anyag folyásgörbéje.

### 1. Bevezetés

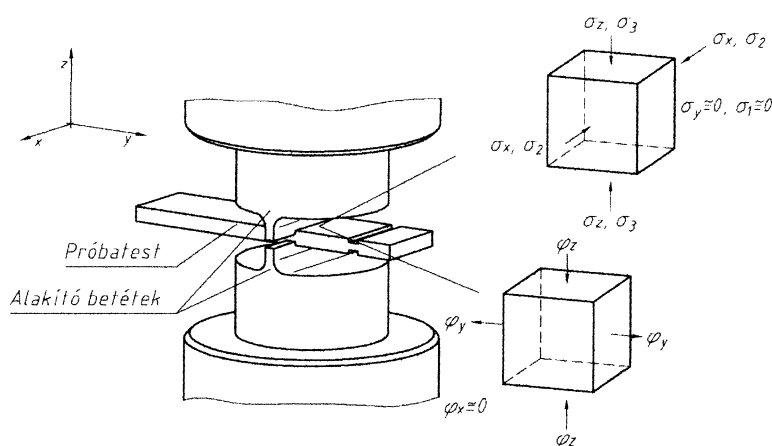
A melegalakítás során lejátszódó folyamatok igen összetettek. Az alakított darab egyes pontjai között a hőmérséklet nagymértékben eltérhet, az alakváltozási sebesség időben állandóan változik és az egyes részek különböző mértékű alakváltozást szenvednek (1. ábra). A képlékenyalakítás legfontosabb paramétere az alakított anyag alakítási szilárdsága, amely szintén változhat a fenti tényezők függvényében. Ezért a melegalakítási technológiákhoz a folyásgörbéket különböző hőmérsékleteken és alakváltozási sebességeknél kell ismerni.



1. ábra Kovácsolás során az alakváltozás, az alakváltozási sebesség és a hőmérséklet a hely függvényében adott idő pillanatban

## 2. Watts - Ford módszerrel történő folyásgörbe felvétel [1]

A vizsgálat során a szerszám és a próbatetest méreteinek megfelelő megválasztása esetén síkbeli alakváltozási állapothoz közeli körülményt tudunk létrehozni. Ezen körülmény eléréséhez olyan nyomóbetéteket és próbatestet kell alkalmazunk, amely esetén a próbatetest szélesedése az alakítás helyén elhanyagolható lesz. A próbatestet lemez alakúra munkáljuk ki, amelynek az alakítás utáni szélesség lemezvastagság viszonyának nagyobb, mint 6-nak kell lennie ( $b/h > 6$ ). A nyomóbetét szélessége változtatható vizsgálat során a lemezvastagság függvényében. A megfelelő nagyságú képlékenyalakítás elérésének érdekében a nyomókúpoknak záródniuk kell, amit az  $a/h \leq 1$  értéknél érünk el.



2. ábra A vizsgálat során a feszültségi és alakváltozási állapot

A szélesség irányú alakváltozás elhanyagolása a térfogat-állandóságból  $\varphi_x \cong 0$  következik, hogy a magasság és hosszirányú alakváltozás értékei azonos nagyságúak és ellentétes előjelűek  $\varphi_y = -\varphi_z$ .

Ezek ismeretében az összehasonlító alakváltozás értéke:

$$\varphi_0 = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \varphi_y \equiv \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot |\varphi_z| \quad (1)$$

Az alakító betétek és próbatetest érintkezésénél kenőanyag hatására y irányban az ébredő feszültség értéke jó közelítéssel nulla. Melegalakítással végzett kísérletek esetén kenőanyagot általában nem szokás használni.

Ennek ismeretében a összehasonlító feszültség értéke:

Huber-Mises-Hencky-féle folyási feltétel alapján síkbeli alakváltozási állapotra:

$$\sigma_0 = \sigma_1 - \sigma_3 \geq \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot k_f \quad (2)$$

Tresca-Guest-Mohr-féle folyási feltétel:

$$\sigma_0 = \sigma_1 - \sigma_3 \geq k_f \quad (3)$$

A folyásgörbe  $k_f(\varphi_0, \dot{\varphi}_0, \vartheta)$  az alakítási szilárdság változását mutatja a befolyásoló tényezők függvényében.

A *Huber-Mises-Hencky*-féle folyási feltételből meghatározott alakítási szilárdság értéke síkbeli alakváltozási esetre:

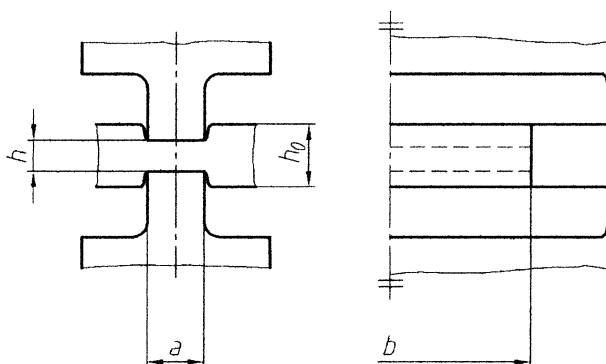
$$k_f = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sigma_3 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sigma_z \quad (4)$$

A *Tresca-Guest-Mohr* -féle folyási feltételből meghatározott alakítási szilárdság értéke a következő:

$$k_f = \sigma_3 = \sigma_z \quad (5)$$

A magasság irányú nyomó feszültség értéke meghatározható a fellépő erő és a nyomott felület hányadosából. A nyomott felület nagysága a szélesség irányú alakváltozás elhanyagolásával meghatározható a nyomóbetét szélességéből (a) és a próbatest szélességéből (b):

$$\sigma_3 = \frac{F}{a \cdot b} \quad (6)$$



3. ábra A vizsgálat kiértékeléséhez szükséges főbb méreti

Az összehasonlító alakváltozás értékét síkbeli alakváltozási esetre a magasság irányú alakváltozásból határozzuk meg, mert a vastagság mérése könnyebben megvalósítható:

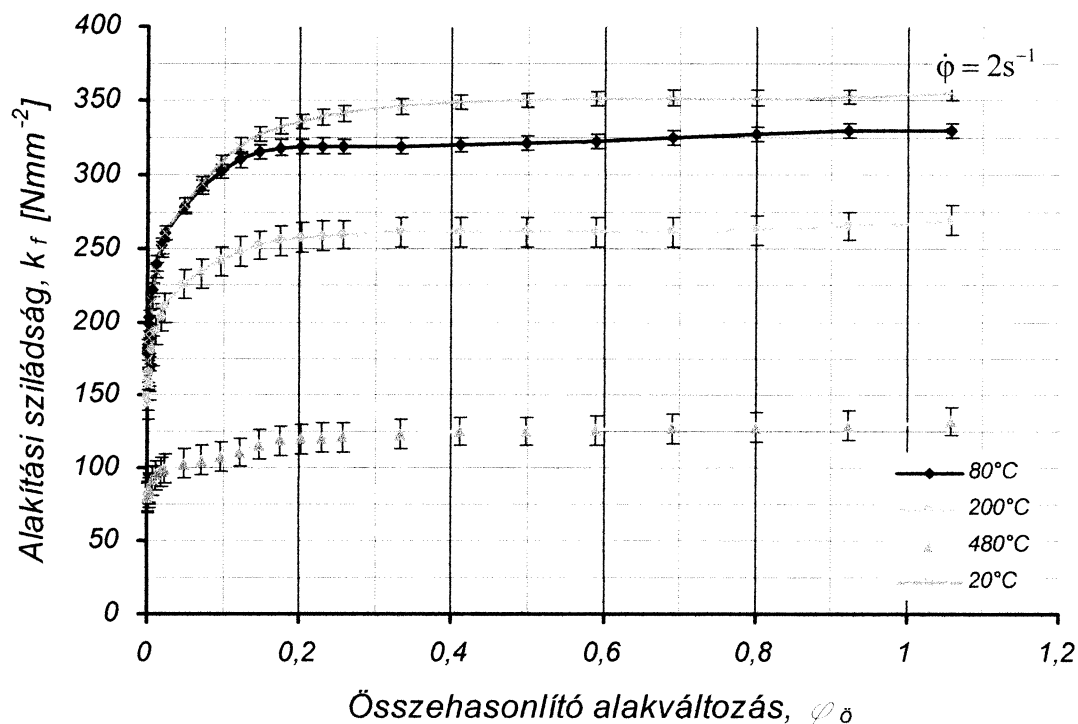
$$\varphi_0 = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot |\varphi_z| = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \ln \frac{h_0}{h} \quad (7)$$

### 3. Kísérlet leírása

A vizsgált anyagminőség AlMg3 alumínium ötvözet volt, amelyet melegen hengerléssel, sajtolással, illetve kovácsolással alakítható. A próbatesteket hidegen hengerelt állapotú lemezből lettek kimunkálva 5x18mm téglalap keresztmetszettel. A kísérleteket egy INSTRON 4482-es típusú univerzális anyagvizsgáló gépen végeztem. A gép elektomechanikus működtetésének és a próbatest kis vastagságának köszönhetően közel állandó alakváltozási sebesség mellett tudtam a folyásgörbék felvenni. A próbatesteket különböző hőmérsékleteken (4. ábra) és alakváltozási sebesség mellett vizsgáltam. A próbatest- szerszám érintkezésénél a hőelvonás csökkentése érdekében a nyomóbetétek szabályzót fűtéssel 250°C –ra lettek előmelegítve. A gép számítógépes adatgyűjtő rendszerének



segítségével felvettem az erő változását a magasságsökkenés függvényében. A kettes pontban ismertetett összefüggések alapján megszerkesztetem a folyásgörbéket *Huber-Minses-Hencky*-féle folyási feltétel alkalmazásával (4).



4. ábra Alakítási szilárdság változása az alakváltozás függvényében különböző hőmérsékleten

#### 4. Összefoglalás

A kísérletek végzése során a legnagyobb problémát a próbatest hőmérsékletének állandó értéken való tartása volt. A nagyobb hőmérsékleten az egyes mérések között 10%-os eltérés adódott. A további kísérleteim során ezen mérési eltérések mértékét csökkenteni szeretném az által, hogy a nyomóbetéteket a próbatestével azonos hőmérsékletre hevíttem. A végleges célkitűzésem különböző alumínium ötvözetek folyásgörbe függvényeinek felvétele.

#### Irodalom

- [1] DOEGE MEYER –NOLKEMPER SAEED: *Fließkurvenatlas metallischer Werkstoffe*, Hansel Verlag München, Wien, 1986. 25 -27. oldal  
 [2] DR. VOITH MÁRTON: *A képlékenyalakítás elmélete*, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 1998. 81. oldal

**Kecskés Bertalan**, tanszéki mérnök

Munkahely: Kecskeméti Főiskola GAMF Kar, Fém és Műanyagfeldolgozó Technológiai Intézet  
 Mechanikai Technológiai Szakcsoport

Cím: 6000, Magyarország, Kecskemét, Izsáki út 10.

Telefon: +36-76-516374

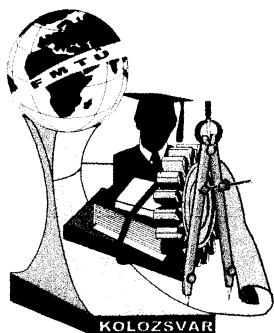
E-mail: kecskes.bertalan@gamf.kefo.hu

- Az általunk kifejlesztett felmágnesező berendezés előállítási és üzemeltetési költségei alacsonyak.

### Irodalom

- [1] T. Habisreuther, M. Zeisberger, D. Litzkendorf, O. Surzhenko, S. Kracunovska, J. Bierlich, J. Kosa, I. Vajda, W. Gawalek: Processing and Characterisation of Bulk Melt-Textured YBCO Monoliths and Function Elements, in Progress in Superconductivity Vol. 6 No1 pp 1-6, 2004.
- [2] Kohari Z., Tihanyi V., Vajda I.: Loss Evaluation and Simulation of Superconducting Magnetic Bearings IEEE Transactions on Applied Superconductivity 15 (2): 2328–2331 Part 2 Jun. 2005
- [3] János Kodácsy: Apparatus for cleaning, deburring and polishing parts in magnetic field. 7th International Conference on Deburring and Surface Finishing, UC Berkeley (USA), pp. 351–354. 2004
- [4] János Kodácsy, József Danyi, András Szabó, György Fülöp: Magnetic aided roller burnishing metal parts. 7th International Conference on Deburring and Surface Finishing, UC Berkeley (USA), pp. 375–378. 2004

**Kósa János** főiskolai adjunktus  
**Dugár Zsolt** főiskolai hallgató  
Munkahely: Kecskeméti Főiskola GAMF Kar  
Cím: H-6000 Kecskemét, Izsáki út 10.  
Telefon / Fax: +36 76 516 300  
E-mail: kosa.janos@gamf.kefo.hu  
dugarzsolt@freemail.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## FELMÁGNESEZŐGÉP ÉS ALKALMAZÁSA YBCO TÖMBI SZUPRAVEZETŐ FELMÁGNESEZÉSÉRE

Kósa János, Dugár Zsolt

### Abstract

We have made two magnetizers that enable fast and low cost magnetization of YBCO superconductor bulks with FC method. We have tested both magnetizers. One is a permanent magnetic circuit with moveable magnetic poles and hybrid magnetizer. The hybrid magnetizer where we applied permanent magnets and current excitation. With this equipment it is possible to trap flux over 0.9 Tesla.

### Összefoglalás

Az YBCO szupravezető tömbök felmágnesezésére több módszer létezik. [1]. A fejlesztés során megterveztünk, megépítettünk majd teszteltünk két felmágnesezőt, melyek a hagyományos felmágnesezőkkel szemben olcsóbb kivitelűek. Alkalmazásuk FC üzemmódban lehetséges.

Az egyik változat egy mozgatható pólusfejeket tartalmazó felmágnesező. A másik egy hibrid felmágnesező, melyben a mágneses teret állandó mágnesek és villamos gerjesztés együttes használatával állítjuk elő. Ebben az esetben egy 20 mm-es légrés közepén a pólusoktól egyenlő távolságban 1 Teslánál nagyobb indukció mérhető. Mindkét felmágnesező gyors tesztelési lehetőséget biztosít.

### 1. Bevezetés

Már több mint 22 év telt el az oxid-szupravezetők felfedezése óta, amelyek a folyékony nitrogén forráspontjának környékén szupravezetőkre jellemző hatást mutatnak. Egy ilyen nemideális II-es típusú szupravezető felett egy permanens mágnes minden további nélkül lebeg. A lebegést gyakran a Meissner-Ochsenfeld effektus következményeként értelmezik, de tudni kell, hogy ez nem egy pontos magyarázat, mivel a fluxusszálak tudnak kötődni a szupravezető szigetelő fázisaihoz, melyet más szóval pinning centrumoknak nevezünk. Ez a hatás csak kisebb mágneses térben az alsó kritikus indukció értékéig igaz. Ennél nagyobb mágneses tereknél az úgynevezett kevert állapot jön létre, azaz a mágneses tér behatol a szupravezetőbe. Ez az úgynevezett felső kritikus indukció értékéig tart. E fölött az anyag visszabillen normál állapotba. A nemideális II-es típusú szupravezetők szupravezető állapotban meg tudják tartani a fluxust, és ennek mértéke jellemzi az anyagot.

A fejlesztést abból a célból végeztük, hogy egy 15 – 25 mm-es magasságú és 40 mm szélességű munkatér fogatban hogyan lehetséges létrehozni a hagyományos megoldásoktól eltérő, olcsóbb megoldást az 1T körüli indukció létrehozására az YBCO szupravezető tömb felmágnesezésére.

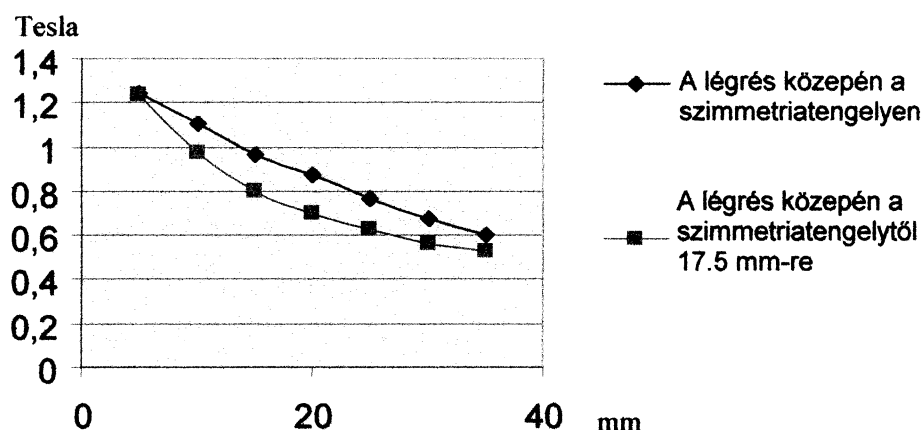
Az 1 Tesla körüli befogott indukció a mágneses lebegtetés, szeparátor, lendkerekes energiatárolás, szupravezető csapágyak területén lehet jelentős. [2]

Természetesen a berendezés a gépgyártás folyamán anyagmegmunkálási munkáknál szintén alkalmazható. [3], [4].

## 2. Az állandó mágneses felmágnesező és mérési eredményei

A mágneses pólusokat 5 – 5 darab 50 x 50 x 25 mm méretű mágnesek (neodímium tartalmú) képezik. Mindegyik póluson 1 – 1db 40 mm átmérőjű 5 mm magas mágnes helyezhető el a mágneses tér fókuszálása és térformálása céljából. A mért indukció értéke 20 mm-es pólustávolság esetén a pólus felületén 0,937 Teslára adódott, míg a légrés közepén a középvonalban 0,862 Tesla volt.

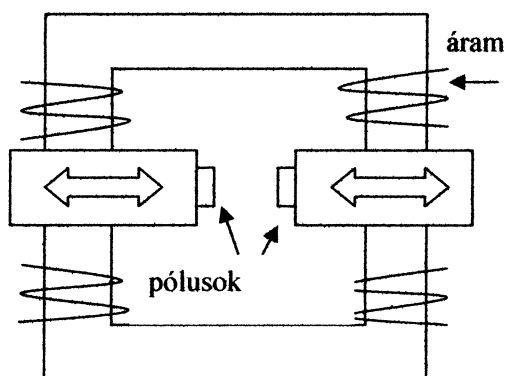
A berendezésnél a pólusfejek távolsága változtatható. Ezt a felmágnesezőt célszerű akkor alkalmazni a drágább hagyományos felmágnesezőkhöz szemben, ha a szupravezetőbe befogható fluxus várható sűrűsége nem éri el a 0,8 Teslát. A mágnesező karakterisztikája az 1. ábrán látható.



1. ábra. Az indukció a légrés közepén

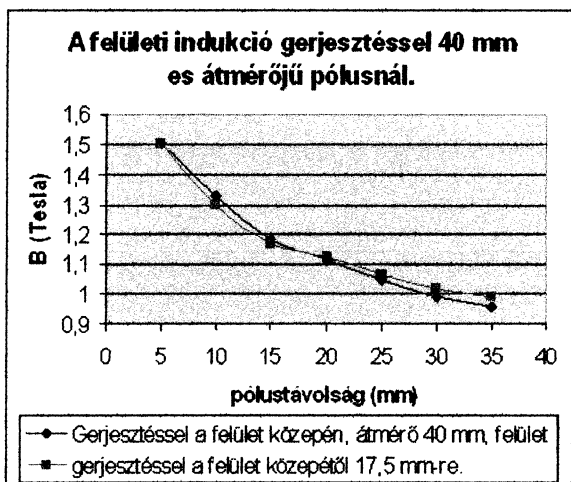
## 3. Hibrid felmágnesező

Ez a megoldás állandó mágneseket és villamos gerjesztést tartalmaz. A maximális gerjesztés 68 000 A volt. Felépítését a 2. ábrán láthatjuk. Ez kevesebb permanens mágneset tartalmaz, mint az előző megoldás, ezért gerjesztés nélkül kisebb az indukció értéke azonos pólustávolság esetén, mint az előző megoldásnak. Gerjesztés nélkül a mért indukcióértékek 20 mm-es légrés esetén a pólus felületén a szimmetria tengelyen 0,893 Tesla, a légrés közepén a szimmetria tengelyen 0,798 Tesla értéket adnak.

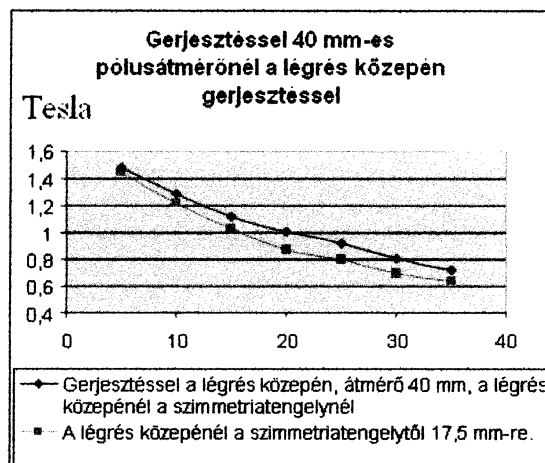


2. ábra. Hibrid felmágnesező vázlat

Villamos gerjesztést is alkalmazva a mért értékeket a 3. és 4. ábrán láthatjuk.



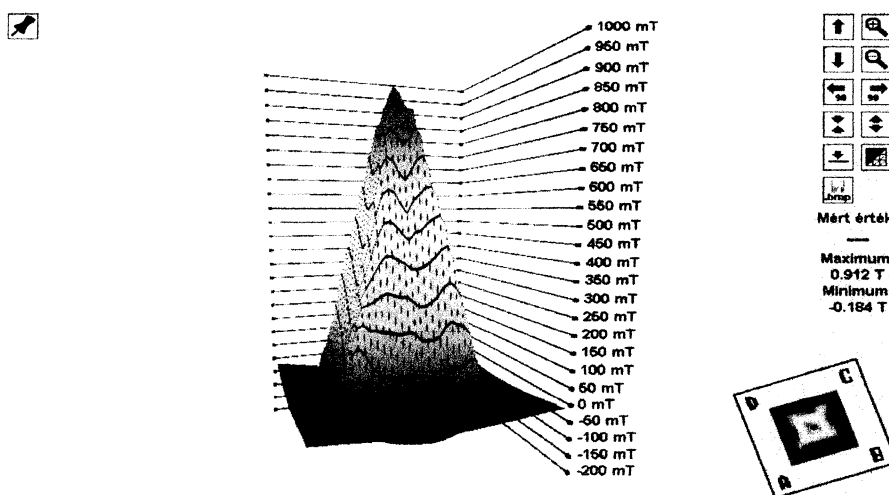
3. ábra. Felületi indukció eloszlása gerjesztéssel



4. ábra. Felületi indukció eloszlása gerjesztéssel

Láthatjuk, hogy elég kedvező indukcióértékek alakulnak ki a 15 – 25 mm-es légrés esetén.

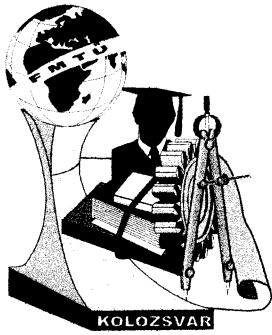
Az 5. ábra egy 39x39 mm-es 8 mm magas YBCO tömb felmágnesezési eredményét mutatja a hibrid felmágnesezővel.



5. ábra. YBCO tömb befogott fluxusa

#### 4. Következtetések

- A berendezéssel egy 30 mm átmérőjű és 15 mm magasságú YBCO tömböt 77 K hőmérsékleten maximálisan felmágnesezhetünk.
- A felmágnesezés a 20 mm-es légrésben gazdaságosan megvalósítható, nincs szükség hélium vagy nitrogén hűtésű szupravezetős vagy rezisztív tekercsek alkalmazására.
- Az YBCO tömb méretétől függően 10 mm-től 25 mm-es légrés távolságig a berendezés előnyösebben használható, mint a hagyományos társai.



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## HŰTÉS-KENÉS ALKALMAZÁSA KÖRNYEZETBARÁT FORGÁCSOLÁS ESETÉN

Kovács Attila, Dr. Varga Gyula

### Abstract

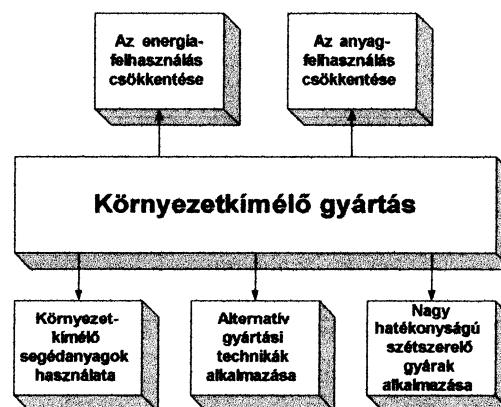
This paper emphasizes the use of environmentally friendly metal cutting technologies, dealing with the application of minimal volume of coolants and lubricants. When using bio-oils the use of mineral oils can be avoided.

### Összefoglalás

A dolgozat a környezetbarát megmunkálási technológiák használatát hangsúlyozza. Foglalkozik a minimális kenés alkalmazásával és az ásványi olajok használatának csökkentési kérdésével és a növényi olajok felhasználásával.

### 1. Bevezetés

Korunkban a környezet terhelése egyre nagyobb, ami arra ösztönzi mérnökeinket, hogy tervező tevékenységüket környezettudatosan, végezzék. A termékek megvalósítási, előállítási folyamatában is csökkenteni kell a környezetet szennyező anyagok használatát, illetve az azt szennyező anyagokat meg kell semmisíteni. A gépipari forgácsoló megmunkálások során régebben az olaj



1. ábra A környezetkímélő gyártás modellje [5]

alapú emulziók használata jelentős volt. A hűtő-kenőanyagok használatából adódó környeztkárosító hatások egyik lehetséges módja, ha a felhasznált emulzióban a kenőolaj mennyiségét csökkentjük.

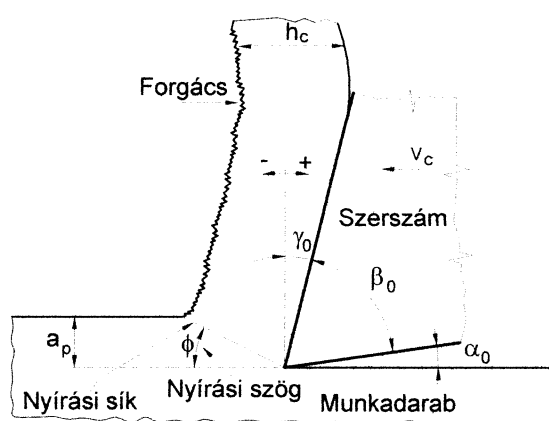
A művelet hátránya, hogy a szerszám élettartama csökkenni fog, jelentősebb lesz a forgácsoló szerszám kopása, a súrlódás megnő, ennek következtében nagyobb lesz a munkatér hőmérséklete. Az eljárás hátrányai mellett előny, hogy a megmunkálási költségek csökkennek, hiszen a minimális

mennyiségű hűtő-kenő folyadék előállításához kevesebb olaj kell, melynek önköltsége kevesebb. További csökkentő tényező, hogy a kisebb mennyiségű olajból sokkal kevesebb maradhat a forgácson. Ennek eltávolítási költsége is kisebb, jelentős a megtakarítás ha a hűtő-kenő ellátó rendszert megtakaríthatjuk a minimális kenés vagy száraz megmunkálás bevezetésével.

## 2. A fémgácsolás mechanizmusa

A forgácsolási folyamatoknál a kenés fontos tényező, mivel a szerszám kapcsolatban van a munkadarabbal, az anyagleválasztás forgácsképződéssel valósul meg. A forgács egy nyírási folyamat közben keletkezik, melynek jellemzői:

- a nyírási sík, mely ( $\phi$ ) szöggel van jellemezve
- a homloklap, mely helyzetét a ( $\gamma_0$ ) homlokszög adja meg.



2. ábra Határozott élű forgácsolószerszámokkal végzett forgácsolási folyamat [5]

Ha a homlokszög értéke növekszik, a nyírási szög értéke is növekszik és így a forgács vékonyabb lesz. Miután a forgács a nyírási síkban létrejött, az a homloklapfelületen végigcsúszik egy bizonyos hosszon, majd meggömbül és elhagyja azt. Mindez nagy súrlódás mellett megy végbe, így a szerszám oldali részén további nagy képlékeny alakításon megy keresztül, ezt a második nyírási zónának tekintjük.

A fémgácsolás során több energiát felhasználó részt különböztetünk meg:

- elsődlegesen a nyírási zóna, ahol a képlékeny alakváltozás megy végbe
- másodlagosan a szerszám-forgács érintkező felülete, ahol súrlódási munka emészti fel az energiát
- további növelik a felhasznált erőt például ha nagy a szerszám csúcssugara, vagy ha kopott a szerszám

Nagyobb súrlódás esetén sokkal nehezebb a forgácsnak a szerszám felületén felfelé haladnia, így a forgács vastagabb lesz. Következésképpen a nyírási szög szintén kisebb lesz. Egy hatékony forgácsolási segédanyag csökkenti a súrlódást, vékonyabb forgácsot eredményez kisebb erő és energia felhasználás mellett.





#### 4. A hűtő-kenő folyadék környezetbarát felhasználásának módjai

Nagyon fontos megállapítanunk, hogy a hűtő-kenő folyadék környezetkárosító hatása ellene intézkednünk kell. Elég arra utalnunk, hogy a nem megfelelő HKF a fentiekben túlmenően súlyos egészségkárosító hatással bír, ami légzőszervi és bőr betegséget okozhat. Amerikai kutatóintézetek több megoldást fejlesztettek ki a probléma megoldására, mint az alkohol bázisú hűtő anyagok illetve a növényi eredetű olajok használatát.

##### 4.1. A növényi olajok használata

Európában fokozott figyelem alakult ki a növényi olaj alapú termékek iránt, ahol a magasabb környezeti aggodalmak, szabályozások, illetve az újrahasznosítási és megsemmisítési költségek miatt a gyártóktól megkövetelik, hogy használjanak környezetet kevésbé károsító hűtő-kenő anyagokat, amelyek klór nélkül készülnek. Ha a hűtő-kenő felhasználók vásárolnak adalékokat a klór tartalmú hűtőolajok semlegesítésére, akkor a költségek drámai módon megnőnek. Ha növényi olajok használatára térnek át, amelyek drágább, mint az ásványi olaj és származékai, viszont újrahasznosítási költségei kevesebbek, tehát használata során meg lehet takarítani adalékanyagot, így az összes költséget figyelembe véve nincs szükség többletkiadásra.

Az ásványi olajok egészségkárosító problémájára is megoldást nyújt a növényi olajok használata, hiszen a bőrrel való kompatibilitása sokkal jobb, mint ásványi társának.

#### Összefoglalás

A cikk bemutatta a környezetbarát megmunkálási technológiák lehetőségét, kitérve a minimális kenés alkalmazásának lehetőségeire, továbbá az ásványi olajok használatának mellőzésére és a növényi olajok felhasználására.

#### Irodalomjegyzék

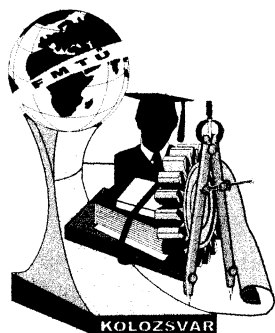
- [1] William R Scott: Environmentally Friendly Cutting Fluids, Gear technology. 2005 March/April, p. 16-18
- [2] Frisby, K.: In Search of Environmentally Friendly Cutting Oil, Currents, Winter 2006, p.48-50
- [3] Dudás I.: Gépgyártástechnológia I., A gépgyártástechnológia alapjai, Műszaki Kiadó, 2004. p.583. ISBN 963 16 4030 2
- [4] Dudás I.: Gépgyártástechnológia II., Forgácsolásmélet, technológiai tervezés alapjai, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2002. p.314. ISBN 963 661 478 4
- [5] Dudás I. – Lierath F. – Varga Gy.: Gépgyártástechnológia V. – Kézirat p. 314
- [6] Ernst H. – Merchant M.E.: Surface Friction of Clean Metals – A Basic Factor in the Metal Cutting Process, Proc. of Special Summer Conference on Friction and Surface Finish, Cambridge, Massachusetts, Massachusetts Institute of Technology, 1940
- [7] Bayard O. Investigation of the verification techniques for modelling turning processes Licentiate Thesis Nr. g35. Royal Institute of Technology, Dept of Materials Processing Stockholm, 2000

#### Köszönetnyilvánítás

A szerzők megköszönik a T 42843 számú OTKA támogatását.

#### Kovács Attila, Dr. Varga Gyula

Miskolci Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszék  
E-mail: kovacs.attila@uni-miskolc.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## A SZÖVETSZERKEZET ÉS A KOPÁSÁLLÓSÁG KAPCSOLATA ACÉLOK ESETÉN

Kovács Tünde, Solecki Levente

### Abstract

It is known that the friction and wear properties of metals and alloys show a strong correlation with the chemical composition, hardness and microstructure.

The aim of this publication work was to analyse the possible correlations between the microstructure and the wear properties of low alloyed, hypoeutectoid structural steels during dry friction.

### Összefoglalás

Mint ismeretes, a fémötvözetek súrlódási és kopási tulajdonságai szoros összefüggést (korrelációt) mutatnak a kémiai összetétellel és keménységgel, ugyanakkor jelentős mértékben függenek az anyag mikroszerkezetétől is.

A publikációban ismertetett kutatómunka célja szerkezeti acélok – elsődlegesen az ötvöztelen és a gyengén ötvözött hipoeutektoidos acélok – eltérő szövetszerkezetű és a *száraz-súrlódási* folyamatokban mutatott kopásállóság közötti összefüggések feltárása, elemzése volt.

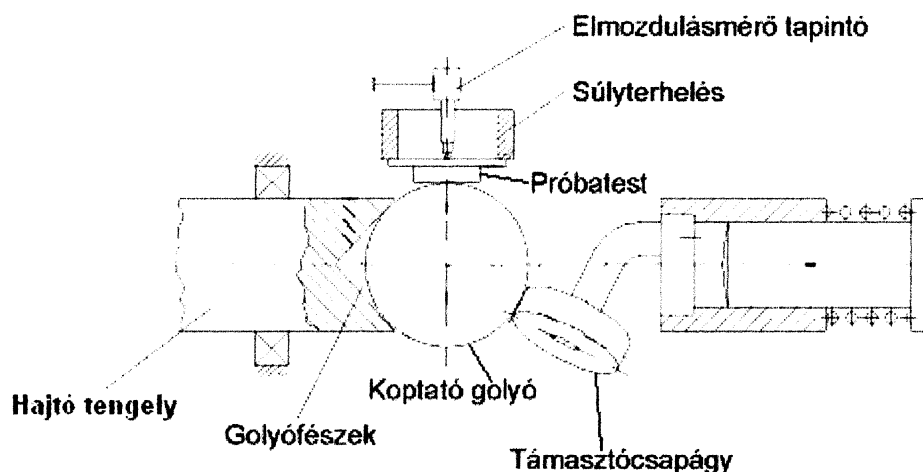
### Bevezetés

A munka célkitűzése a szövetszerkezet kopásállóságra gyakorolt hatásának összehasonlító vizsgálata különböző kémiai összetételű acélok esetén. A kísérletek elvégzéséhez az intézetben fejlesztett berendezést alkalmaztam [1]. A próbatestek szövetszerkezetét célszerű hőkezelési technológiával hoztuk létre [1, 2]. A kopásállóságot a K kopási tényezővel jellemeztük. A kopási tényezőt a kikopott kráter mélységéből és a beállított vizsgálati paraméterek felhasználásával határoztuk meg [3].

### Kísérletek:

A kísérleteknél alkalmazott berendezés esetében a koptatást egy edzett acélgolyó végzi, melynek átmérője 20mm.

A koptatógolyót egy belső kúppal rendelkező tengely hajtja meg kényszerkapcsolat nélkül. A golyó pozícióját csapágy támasz biztosítja. A próbatestet rugócsuklós felfogás egyensúlyozza ki, melyre a súlyterhelést és az elmozdulásmérő tapintóját rögzítettem. A rugócsukló miatt így csak függőleges irányú terhelés (normál erő,  $N_c=0,86$  N) érvényesül, járulékos nyomatékok nélkül. A koptatógolyó ezeknek a hatásoknak az eredményeként változó tengelyű forgó mozgást végez. Ennek köszönhetően a golyó nem egy adott főkörével koptatja a próbatestet. A kopásnyom szabályos gömbsüveg geometriájú lesz, melynek mélységét  $h$  az elmozdulásmérővel on-line regisztráltuk.



1. ábra Koptatóberendezés

Ahol: S kopási út [m], t koptatási idő [s], h kopásmélység [ $\mu\text{m}$ ] valamint a fordulatszám  $f=1481$  [1/min]

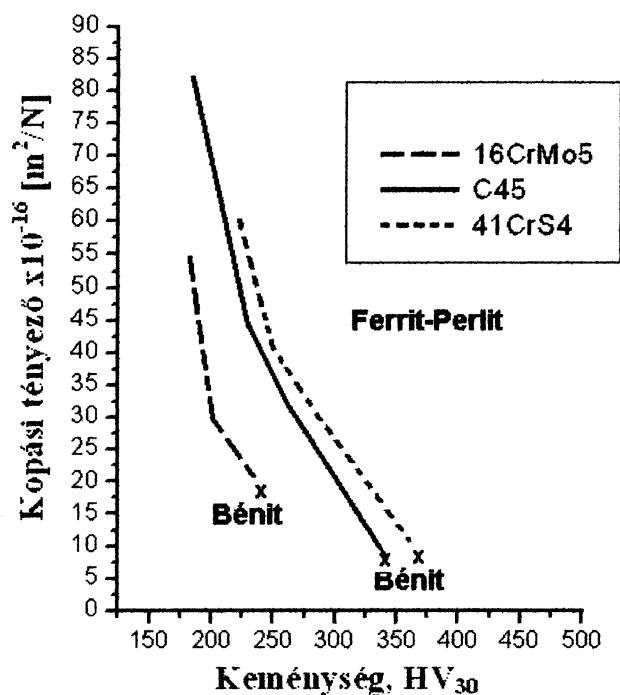
Ezekből [1] alapján a kopási tényező:  $K = \frac{C_K^2}{2 \cdot N_c \cdot f}$  [ $\text{m}^2/\text{N}$ ]

1. táblázat A próbatestek kémiai összetétele [4]

Anyagjel	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	Mo%	Ni%
41CrS	0,42	0,26	0,75	0,012	0,029	1,12	-	-
C45	0,43	0,23	0,53	0,012	0,012	0,28	0,07	0,14
16CrMo5	0,16	0,2	0,95	0,015	0,016	1,15	0,25	0,2

A próbatestek hőkezelése a [2] szakirodalom szerint történt. A kísérletek eredményeit a 2. és 3. ábra mutatja be, tehát a vizsgált szövetszerkezeteket a kopási tényező és a keménység függvényében. A 2. ábra az ausztenitesítést követő izotermás hűtés eredményeként létrehozott szövetszerkezetű, vagyis a ferrit-perlites és bénites szövetszerkezetű próbatesteket mutatja. Ezen jól látható, hogy a bénites szövetszerkezet jobb kopásállóságot mutat, a K kopási tényezőt tekintve a kopásállóság kritériumául, azonos kémiai összetétel esetében, mint a ferrit-perlites. Megállapítható az is, hogy a közel azonos karbon tartalmú ötvözött és ötvözetlen acélok (41CrS, C45) egymáshoz közeli eredményt adtak, míg a kis karbon tartalmú gyengén ötvözött (16CrMo5) kopásállósága ezektől elmaradt. Feltételezhető, hogy a széntartalom hatása ezeknél a szövetszerkezeteknél kopásállósági szempontból jelentős.

A 3. ábrán az edzett, tehát martenzites valamint a nemesített (edzett és különböző hőmérsékleteken megeresztett) szövetszerkezetű próbatestek kopási tényezőjét mutatja a keménység függvényében. Ezen az ábrán jól látható, hogy a martenzites szövetszerkezet mutatta a legjobb kopásállóságot, míg ettől a szferoidites szövetszerkezet elmaradt. A diagramból az is felismerhető, hogy míg a 2. ábrán a



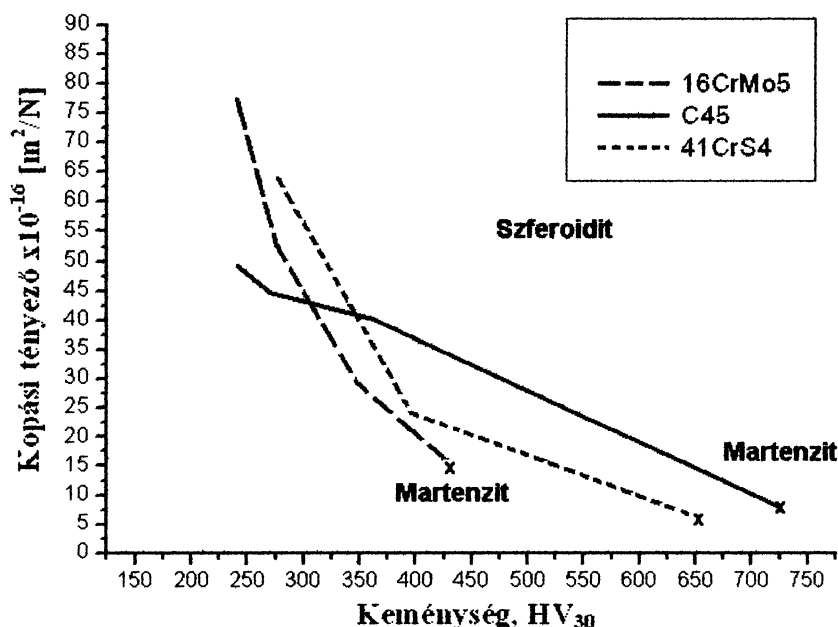
2. ábra Ferrit-perlites és bénites szövetszerkezetek kopási tényezője a keménység függvényében

két közel azonos széntartalmú acél azonos kopásállósági tendenciát mutatott a keménység függvényében, addig a nemesített sferoidites szövetszerkezetek esetében a két ötvözött, széntartalmában igen különböző acél (41CrS, 16CrMo5) mutat közel azonos kopásállóságot, míg az ötvözetlen (C45) ezektől elmarad. Feltételezhető tehát, hogy ezeknél az acéltípusoknál a nemesíthető acélok esetében kopásállósági szempontból az ötvözők hatása jelentős.

### Összefoglalás

Az alkalmazott kísérleti anyagok és hőkezelési eljárások, valamint az alkalmazott berendezés beállításai mellett megállapítható, hogy leginkább kopásálló az acél akkor, ha szövetszerkezetét egyetlen, nagy keménységű fázis, azaz kizárólag martenzit alkotja (eltekintve a kis mennyiségű maradék ausztenittől). Mindhárom vizsgált acélra egyértelműen a martenzites mikroszerkezet mutatta a legjobb kopásállóságot (a K kopási tényezőt tekintve a kopásállóság kritériumául). A martenzites szövet kopásállóságától némileg elmarad a bénites szövet kopásállósága, de a kettő között szignifikáns különbség nem mutatható ki. Megállapítható, hogy közel azonos keménység mellett a sferoiditos szövet kopási tényezője mintegy 2-3 –szor nagyobb, mint a bénites szövet kopási tényezője, azaz azonos keménység mellett a bénites szerkezet lényegesen jobb kopásállósággal jellemezhető, mint a sferoidites szövetszerkezet.

A vizsgálati eredményekből azt a megállapítás vonható le, hogy az azonos keménységű kétfázisú szövetelemek (bénites, ferrit-perlites és sferoiditos) közül csökkenő kopásállóság sorrendje szerint: a bénites szövetszerkezet, majd a hőkezelési paramétereiktől függően (izotermás átalakulás hőmérséklet,



3. ábra Martenzites és szferoidites szövetszerkezetek kopási tényezője a keménység függvényében

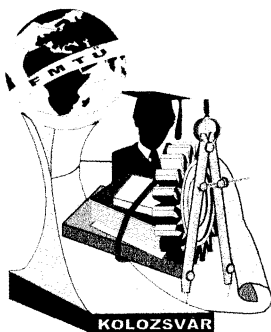
megeresztési hőmérséklet) a ferrit-perlites, végül a szferoidites szerkezet következik. Nagy gyakorlati jelentősége van az eredményeknek, mert azoknál az alkatrészeknél, melyeknél elsődleges szempont a kopásállóság és emellett a szívósság is követelmény. Az alkatrész tulajdonságait nem tudjuk nemesítéssel a követelményeknek megfelelően kialakítani, mert bár a szívóssága megfelelő a kopásállósága elmarad a martenzitestől, ami viszont rideg. Ezért a megfelelő technológia kiválasztásához figyelembe véve az eredményeket a bénites hőkezelés adhat megfelelő eredményt, mivel megfelelő szívósság mellett a kopásállósága csak csekély mértékben marad el a martenzitestől.

#### Irodalom jegyzék

- [1] Kovács T.: Acélok szövetszerkezetének hatása a lokális kopásra, PhD értekezés 2007.
- [2] Barta István, Borossay Béla, Kovács Tünde: Adott szerkezetű próbatestek előállítás, XII. FMTU Kolozsvár 2007. ISBN 973 8232 67-1 / 978 973 8231 67 2 p. 27-30
- [3] M. Schmitt; A. Eleöd: Tribological behaviour of diamond coatings sliding against steel: An experimental and numerical approach, Surface and Coatings Technology, Volume 201, Issues 3-4, 5 October 2006, Pages 1215-1223
- [4] Kovács Tünde, Solecki Levente, Barta István, Borossay Béla: Lokális kopás és a szövetszerkezet kapcsolata különböző szerkezeti acélok esetén XII. FMTU Kolozsvár 2007. ISBN 973 8232 67-1 / 978 973 8231 67 2 p. 125-132

**Dr. Kovács Tünde PhD**, főiskolai adjunktus  
 BMF, Bánki Donát Gépész és Biztonságttechnikai  
 Mérnöki Kar  
 Anyag és Alakítástechnológiai Szakcsoport  
 Budapest 1081 Népszínház u. 8, Hungary  
 Tel: (+36-1) 666-5327  
 E-mail: kovacs.tunde@bkgk.bmf.hu

**Dr. Solecki Levente PhD**, főiskolai docens  
 Széchenyi István Egyetem  
 Jedlik Ányos Gépész-, Informatikai és  
 Villamosmérnöki Intézet  
 9026 Győr, Egyetem tér 1, Hungary  
 Tel: (+36-96) 503-400/3324  
 E-mail: solecki@sze.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## DÍZELMOTOROS KISREPÜLŐGÉP KARBANTARTÁSA

Lefánti Rajmund

### Abstract

This study deals with a Diesel-engine 172 Type Cessna, which is so far unique in Hungary. Its main technical parameters are introduced in this study. You can get acquainted with the FADEC engine-controlling and diagnosing system (shown by a concrete example) as well as with the general maintenance instruction and documentation of the small airplane.

### Összefoglalás

A tanulmány egy Magyarországon ez eddig egyedülálló dízelmotoros Cessna 172-es típusú repülőgéppel foglalkozik. Bemutatásra kerülnek a repülőgép főbb műszaki paraméterei. Részletesen kerül ismertetésre (egy példán keresztül bemutatva) a FADEC motorellenőrző, diagnosztizáló rendszer, valamint a kisrepülőgép általános karbantartási utasítása, dokumentálása.

### 1. Bevezetés

A repülőgép és az ezzel kapcsolatos utazás szervesen kitölti mindennapjainkat. Nagy utasszállító, teherszállító repülőgépek karbantartására a repülőtereken az adott repülőgép típusára szakosodott karbantartó bázisok létesültek, ahol a kisebb napi karbantartásokat, illetve a nagyobb javításokat végzik el. A köztudatban információhiány merül fel a kisebb repülőgépek (2-6 személyes gépek) karbantartásával kapcsolatban. Ezek fenntartására is lényegében ugyanazok az elvek érvényesek, mint a nagyrepülőkre. Csak esetleg nem egy nagyváros nemzetközi repülőterén hajtják végre a karbantartási feladatokat, hanem egy kis vidéki reptéren kialakított bázison.

### 2. Dízelmotoros Cessna 172-es típusú repülőgép (HA-SLY) Magyarországon

Általánosságban elmondható, hogy a kisrepülőgépek belsőégésű motorjai benzinüzeműek. A repülőgépipar és az azt kiszolgáló iparágak a második világháború után robbanásszerűen fejlődtek és fejlődnek ma is. Az erőforrások élettartamát üzemórában határozták meg. Az engedélyezett üzemóra letelte után a repülőgép motorjával nem lehet többet repülni. A motort nagyjavításnak kell alávetni.

Egy társaság tulajdonában lévő Cessna 172-es (HA-SLY lajstromjelű) repülőgépnél az-az eset állt elő, hogy a repülőgép benzinüzemű motorja elérte azt az üzemeltetett órát, amely után a motort nagyjavításnak kellett volna alávetni. A benzinmotor egy hathengeres boxer elrendezésű szívó motor. Számos gazdasági és technikai kérdést figyelembe véve a nagyjavítás helyett egy új dízelmotor megvásárlása mellett döntöttek. A motor specifikusan repülőgépbe építhető motor.

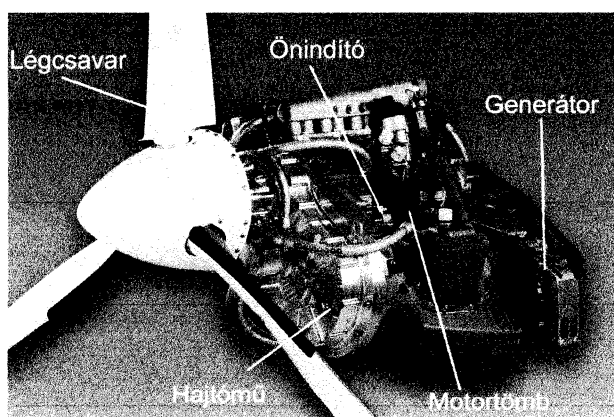
### 3. A beépítésre került dízelmotor sajátosságai

A beépített dízelmotor 1,7 l hengerűrtartalmú, 135 Le teljesítményű négyütemű, négyhengeres dízelmotor. A motort vezérlő elektronika FADEC (Full Authority Digital Engine Control; teljes digitális motorellenőrző rendszer). A motor sajátosságai az alábbiak: [3]

- Típus megnevezése: Centurion 1.7 Motor kód: TAE 125;
- Hengerek száma: 4; Hengerűrtartalom: 1689 cm<sup>3</sup>;
- Szelepvezérlés: DOHC (láncos); Szelepek száma: 16;
- Teljesítmény (felszállási, illetve 2000 m-ig) : 99kW (132,8 Le);
- Fordulatszám ( $P_{max}$  -hoz): 2300 f/min; Maximális fordulatszám: 2500 f/min;
- Légcsavaron mért nyomaték a megforgatás pillanatában: 410 Nm; Légcsavar átmérő: 1,87 m;
- Szívó oldal: Turbófeltöltés, töltőlevegő hűtéssel; Motor hűtése: Folyadék hűtés;
- Üzemanyag ellátó rendszer: Common-Rail; közös vezetékes befecskendező rendszer;
- Üzemanyag fogyasztás: 15-20 l/h;
- Tömege: 134 kg; Befoglaló mérete (Sz x H x M): 796 x 805 x 636 mm.

A komplett erőforrás felépítése a 1. ábrán látható. A motor felépítése hasonló egy gépjármű motorjához. Az ábrán látható, hogy ugyanúgy megtalálhatóak rajta a segédberendezések, mint egy jármű motoron. Így a generátor és az önindító. A motortömbhöz kapcsolódik a hajtómű amelyben lassító áttétel található. A hajtómű kimeneti tengelyén található a légcsavar három darab tollal.

Megjegyezendő, hogy az ábrán nem láthatók a motor egyéb szerelvényei, így a kipufogó rendszer, folyadékűtő, légbemlő rendszer stb.



1. ábra Centurion 1.7 dízelmotor [2]

### 4. Cessna 172-es típusú repülőgép karbantartása

A gyakorlati életben számos karbantartási filozófia terjedt el, attól függően, hogy milyen tevékenységű géphez, berendezéshez kell alkalmazni, illetve milyen követelményeket támasztanak a berendezéssel szemben. [1]

Reaktív (meghibásodás szerinti karbantartás) gépfenntartás: hibaelhárító gépfenntartás.

Proaktív (megelőző karbantartás) gépfenntartás: készenléti állapot szerinti gépfenntartás; tevékenység szerinti gépfenntartás: üzemóra; elfogyasztott hajtóanyag; lefutott km-; megmozgatott anyagmennyiség; műszaki állapot szerinti gépfenntartás; megbízhatóság alapú gépfenntartás; kockázatalapú gépfenntartás; távkarbantartás.

A repüléstechnikában az üzemóra és a naptári nap szerinti karbantartási ciklusok szerint járnak el a

karbantartási egységek. A karbantartási tevékenységek 50, 100, 200, 300, 600 üzemóránként történnek meg. A légsavart naptári nap szerint kell bevizsgálatni, cserélni. Az alábbiakban csoportosításra kerülnek azok a főbb részegységek, amely szerint megtörténik a repülőgép karbantartása. [5]

- *Légsavar; Motortér; Üzemanyag rendszer; Futómű; Sárkány; Vezérlések;*

### 5. Karbantartás dokumentálása

Karbantartás folyamán fontos az előírások szerinti műveletek végrehajtása, valamint ezek dokumentálása. Ennek nyomon követése végett a karbantartási műveleteknek megfelelő sorrendet munkalapon rögzítik (lásd 1. ábra). Ezen a munkalapon fel van tüntetve, hogy mit melyik ápolásnál kell végrehajtani, és milyen metódus szerint. A végrehajtott műveletet a szerelő kézjeggyével igazolja, majd egy másik szakember is ellenőrzi a végrehajtott munkát és azt ismét leigazolja. Az 2. ábra egy munkalap részletet mutat be az előbbieken tárgyalt elemek találhatóak meg az ábrán.

#### CESNA 172 (Centurion 1.7 motorral)

##### Munkalap

*CESNA 172 (with Centurion 1.7 engine) Jobsheet*

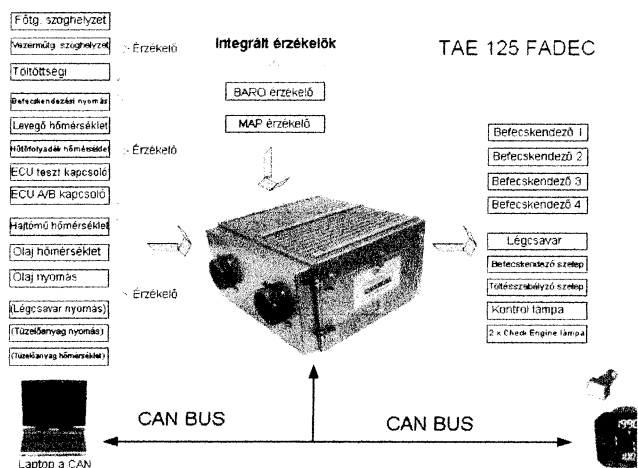
Légsavar  
*Propeller*

	50 hrs	100 hrs	200 hrs	Spec msp	Végezte Performed	Ellen- orizte Inspected
1. Légsavarkúp <i>Spinner</i>	●					
2. Légsavarkúp táányér <i>Spinner bulkhead</i>			●			
3. Légsavartollak	●					

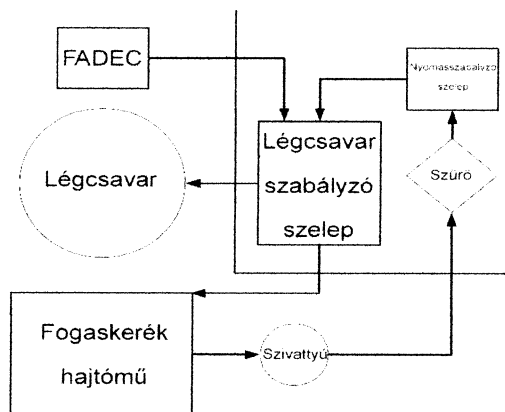
2. ábra Karbantartási munkalap részlete [7]

### 6. FADEC rendszer

A FADEC (Full Authority Digital Engine Control; teljes digitális motorellenőrző rendszer) a repülés-technikában alkalmazott motorellenőrző rendszer. A rendszert sugárhajtóművel ellátott repülőgépekhez, valamint a tárgyalt dízelüzemű motorhoz használják. Azonban benzinüzemű motorokban is



3. ábra. A FADEC rendszer [3]



4. ábra Légsavar állandó fordulatszámának szabályozása FADEC rendszerrel [2]



kezdik alkalmazni, utólagos átalakítás révén. [4]

A FADEC rendszer teljes kommunikációra képes az alkalmazott erőforrással és a végrehajtó, beavatkozó elemekkel (3. ábra). Vagyis az erőforráson elhelyezett érzékelők által szolgáltatott jeleket fogadja és a jelek összességét figyelembe véve a beavatkozó, végrehajtó elemeket utasítja a programjának megfelelően bizonyos beavatkozásra, pozícióra. Összességében megfogalmazható, hogy a FADEC rendszer biztosítja a motor optimális működését az adott körülményekhez igazítva.

### 6.1 FADEC rendszer gyakorlati beavatkozása

Konkrét példaként bemutatom a légcsavartoll állásszög változtatás (lásd 4. ábra). A légcsavartoll állásszög változtatásának oka az, hogy ennek segítségével érik el az állandó légcsvavar fordulatszámot, és egyenletes vonóerőt. A fogaskerék hajtómű kenése szóró-olajozással történik. Az olajat egy szivattyú keringeti, és így jut el a szűrőhöz majd a nyomásszabályzó szelephez. A kenőolaj nyomása 20 bar. Ezután az olaj útja a légcsvavar szabályzó szelepen át vezet. Abban az esetben, ha szükséges a légcsavartollak szögállásának változtatása, hogy az állandó légcsvavar fordulatszáma biztosítva legyen (amely eldöntésére és irányítására a FADEC rendszer szolgál), a szabályzó szelep a szögállás-változtató mechanikához irányítja a nagynyomású olajat és létrejön a szöghelyzet változás. Amennyiben befejeződött az állítás, vagyis a légcsvavar fordulatszáma állandó értékre állt vissza, úgy a légcsvavar szabályzó szelep a FADEC rendszer beavatkozása révén az olaj útját a fogaskerék hajtómű felé engedi. A hajtóműházban lecsökken az olaj nyomása és ellátja a kenési feladatát. [2]

## 7. Összefoglalás

A cikkben röviden bemutatam egy Cessna 172-es típusba alkalmazható dízelmotort. Kitértem röviden a karbantartási specifikációjára, illetve dokumentációjára. A cikk második felében a FADEC rendszerrel foglalkoztam, valamint egy példán keresztül bemutatam működését.

## 8. Irodalomjegyzék

- [1] Lefánti R. (2006): Kockázat alapú gépfenntartás jelentősége és helye a gépfenntartási filozófiák tükrében. OKAMBIK GTE, Országos Karbantartási és Munkabiztonsági Konferencia Nyíregyháza, CD kiadvány.
- [2] <http://www.africaair.com/tad/pdf/CENTURION%201.7%20Mechanical%20System%20051123.pdf>
- [3] [www.centurion-engines.com](http://www.centurion-engines.com)
- [4] [http://www.fadec.com/pdfs/Ken\\_Barto\\_experience.pdf](http://www.fadec.com/pdfs/Ken_Barto_experience.pdf)
- [5] Avicraft Kft. Cegléd

A kutatási projekt az OTKA NI 62729 számú pályázat segítségével jött létre.

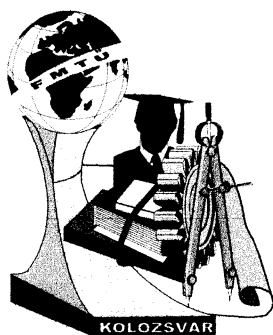
**Lefánti Rajmund**, doktorandus

Munkahely: Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar, Gépipari Technológiai Intézet

Cím: 2103 Magyarország, Gödöllő, Páter Károly u.

Telefon / Fax: +36-28-522949

E-mail: [lefanti.rajmund@gek.szie.hu](mailto:lefanti.rajmund@gek.szie.hu)



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## TÖBBTÁRCSÁS SÚRLÓDÓ HAJTÁSNÁL AZ ELTÉRŐ TÁRCSAÁTMÉRŐK HATÁSA A HÚZÓERŐ ALAKULÁSÁRA

Malik András, Németh János

### Abstract

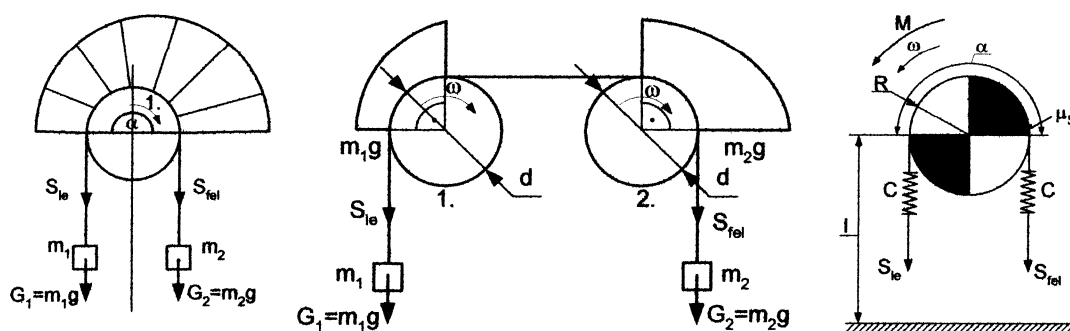
Sometimes unexpected overloads start up in many sheaves cable systems by synchrodrive. These overloads can not be seen before and cause the breakage of the rope(s). There are many parts what have to be analyzed, but the most important is the wear of the sheaves, because it is depending from the transferred force. These forces are other and other by the sheaves, so in the system the wear of the sheaves and their diameter will be not equal. The influence of variable diameters in the system has to be analyzed. The first way for the further result is a theoretical analysis of this effect and the second is the force measuring.

### Összefoglalás

Többtárcsás kötérendszerben szinkronhajtásnál túlerők lépnek fel. A túlerőket nem lehet előre látni, viszont a köté szakadását is okozhatják. A hajtás sok része vizsgálható a probléma okát kutatva, de a legfontosabb paraméter a tárcsák kopása, amely az átvitt erőtlől függ. Minden tárcsa más erőt továbbít a terhelésektől függően, tehát a kopásuk is más lesz. Ez a jelenség változó tárcsaátmérőket eredményez. A változó, de nem egyforma tárcsaátmérők hatását vizsgálni kell. A további eredményekhez először egy elméleti vizsgálat, analízis szükséges, amelyeket később mérésekkel lehet alátámasztani.

### 1. Bevezetés [1]

A többtárcsás súrlódó hajtásnál az erőviszonyokat az Euler-féle összefüggés határozza meg, amely



1. ábra Az erőátvitel eloszlása 1 ill. 2 tárcsán a maximális erőátvitelnél és a rendszer dinamikai modellje

egy tárcsa által átvihető maximális erőt adja meg úgy, hogy közben a köté a megcsúszás határán mozog. A jobb szemléltetés érdekében az 1. ábra jelöléseit használjuk. Az ábrán az  $S_{fel}$  és  $S_e$  a fel- és a lefutó-ági erőt jelentik. A  $G_1$  és a  $G_2$  a terhelés, az 1. irány pedig a forgási irányt. Az erőátvitel az 1.-

es irányban az  $S_{fel} > S_{le}$  esetben a tárcsára rajzolt „csigaház” szerű exponenciális függvény szerint alakul. Az ábra jelöléseivel tehát az Euler összefüggés:

$$S_{le} = S_{fel} \cdot e^{\mu\alpha} \quad (1)$$

Ahol a  $\mu$  a súrlódási tényező (a megcsúszás határán), az  $\alpha$  pedig az átfogási szög, amely jelen esetben  $180^\circ$ . Ha ugyanekkora átfogási szöget két tárcsán valósítunk meg - amelyek egyforma átmérőjűek és szinkronban hajtottak -, akkor az 1. ábra középső vázolata szerint vizsgálhatjuk az erőátvitelt. Az ábra jelölései megegyeznek a már korábban tárgyaltakkal. A második tárcsa több erőt visz át, azaz jobban kopik, mint az első, ha a tárcsák közötti erőelosztás a „tisztá” Euler-féle törvényt követi. Vizsgálatainknak az a célja, hogy kiszűrjük azt az esetet, amikor az nem igaz, és a húzóerők eloszlása jelentősen eltér a feltételezett-től. A változó tárcsaátmérők hatását kell vizsgálni, hogy a túlerők miként keletkeznek és melyek a legfontosabb paraméterek, amelyek befolyásolják hatásukat.

## 2. Egy tárcsán az erőátvitel elemzése

A rendszer modellje az 1. jobboldali ábrán látható, ahol az  $S_{fel}$  és az  $S_{le}$  a fel- és lefutó-ági erőket mutatják, a  $c$  – a vonóelem rugóállandója,  $R$  – a tárcsa sugara,  $l$  – a tárcsa tengelyének magassága a talajtól számítva,  $M$  – a nyomaték, amelyet a tárcsára adunk és  $\omega$  – a szögsebesség, amelyet a  $\mu_s$  – súrlódási tényezővel együtt állandónak tekintünk. Az erőátvitelt két esetben vizsgáljuk. Az egyik a megcsúszás nélküli eset, a másik a megcsúszásos eset.

### 2.1. A megcsúszás mentes eset:

Ha nem csúszik meg a kötél, akkor az  $M_0$  – alapnyomaték a következő összefüggéssel írható fel:

$$M_0 \cong F_{ker} \cdot R = S_{le} (e^{\mu_s \alpha} - 1) \cdot R \quad (2)$$

Ahol: az  $F_{ker}$  – a kerületi erő, a többi mennyiség a 1. ábra értelmezése alapján ugyanaz.

### 2.2. A megcsúszásos eset:

A rendszer akkor csúszik meg, ha a tárcsa által felvett nyomaték nagyobb, mint az  $M_0$  nyomaték (3). Az összefüggés jelölései megegyeznek az eddig tárgyaltakkal.

$$M > S_{le} (e^{\mu_s \alpha} - 1) \cdot R = M_0 \quad (3)$$

Ekkor a  $\Delta S$  - kötélterő változás a következő formában értelmezhető:

$$\Delta S = \frac{\Delta M}{R} = \frac{M}{R} - S_{le} (e^{\mu_s \alpha} - 1) = S_{le}^* (e^{\mu_s \alpha} - 1) \quad (4)$$

Azaz, az egységnyi nyomatékváltozás és a tárcsasugár hányadosaként. A húzóerő növekedést a kerületi erő változására vonatkoztatjuk

## 3. A megcsúszással kombinált folyamat elemzése

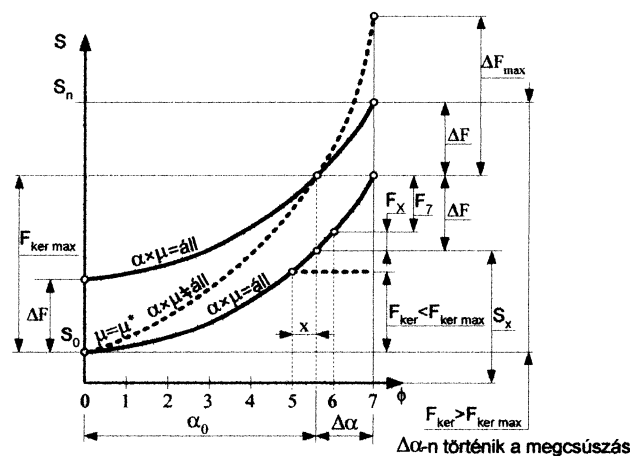
A továbbiakban azt vizsgáljuk, hogy a megcsúszás miként következhet több tárcsánál. Első lépésként

$$F_{ker\ n} = S_0 \cdot (e^{\mu\alpha} - 1) \cdot [1 + e^{\mu\alpha} + \dots + e^{(n-1)\mu\alpha}] \quad (5)$$

az (5) összefüggést kell bevezetni, amely a maximális erőátvitelnél megmutatja az n-edik tárcsa által átvitt erő nagyságát:

Ahol n a tárcsák száma, az  $S_0$  a felmenőági erőt jelenti, többi jelölést az 1. ábránál már használtuk. A következő összefüggés a rendszer által átvihető maximális kerületi erőt adja meg:

$$F_{ker\ max} = \sum_{i=1}^n F_i = \sum_{i=1}^n \left[ S_0 e^{\left(\sum_{j=1}^i \mu_j \alpha_j\right)} \cdot (e^{\mu_i \alpha_i} - 1) \right] \quad (6)$$



2. ábra A megcsúszás folyamatának elemzése

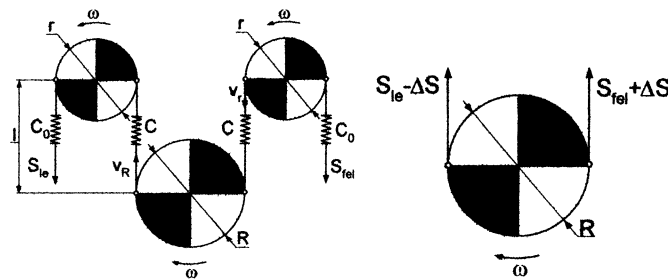
A megcsúszást követően a súrlódási tényező a tapadó súrlódási tényező értékéig növekszik. Ha a mozgásbeli súrlódási tényezővel maximálisan átvihető nyomatéktól nagyobb a hajtónyomaték, akkor lesz megcsúszás. A folyamatot a 2. ábra mutatja be. A függőleges tengelyen a kötélterő, a vízszintesen a tárcsák átfogási szögeinek összege van feltüntetve. Látható, hogy egy  $\Delta F$  erő hatására egy  $\alpha_0$  helyen történik a megcsúszás. A szaggatott vonal mutatja a  $\mu$  feltételezett változását a megcsúszási folyamatra. Az  $\alpha_0$ -t a (7) összefüggés alapján számíthatjuk, ahol az  $S_n$  – a maximális súrlódási

$$\frac{1}{\mu} \cdot \ln \left( \frac{S_n - S_0}{S_0 + \Delta F} + 1 \right) = \alpha_0 \quad (7)$$

tényezőnél kialakuló kötélterő. A többi jelölés a korábban használtakkal megegyezik. A  $\mu^*$

$$\mu^* = \frac{1}{\alpha_0} \cdot \ln \left( \frac{S_n - S_0 + S_0}{S_0} \right) = \frac{1}{\alpha_0} \cdot \ln \left( \frac{S_n}{S_0} \right) \quad (8)$$

meghatározása a 8. összefüggéssel. A megválaszolatlan kérdés, hogy mi okozza  $\mu^* > \mu$  jelenséget. Az belátható, hogy megcsúszás után  $\mu^* = \mu_0$  lesz. Majd folyamatosan áll vissza a  $\mu^* = \mu$  értékre. A vonóelem két okból csúszhat meg: a kellelettől nagyobb nyomaték lép fel a hajtásnál, vagy a longitudinális lengések, gerjesztések és eltérő tárcsaméreték miatt. Ezt a folyamatot elemezzük 3 tárcsás rendszerénél, ahol az  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_i = \pi$  és  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_i = \mu$  és a hajtás egy tengelyre történik, amelynek jelöléseit a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra A három tárcsás rendszer kinematikai vázlata és a középső tárcsa erőjátéka

Az eltérő tárcsaméretekből adódó relatív útkülönbség:

$$\Delta s = s_R - s_r = s_r \cdot \left( \frac{R}{r} - 1 \right) \quad (9)$$

Ahol az  $s_R$  – a középső tárcsához tartozó átvitt ívhossz, az  $s_r$  – a szélső tárcsákhoz tartozó átvitt ívhossz. Így értelmezhetünk egy új  $S_{le}'$  és  $S_{fe}'$  a következő módon:

$$S_{le}' = S_{le} - \Delta S; \quad S_{fe}' = S_{fe} + \Delta S \quad (10)$$

Ha a 3. ábrán látható középső tárcsa nagyobb, mint a többi ( $R > r$ ):

$$F_{ker}' = S_{fe}' - S_{le}' = S_{fe} + \Delta S - S_{le} + \Delta S = F_{ker} + 2\Delta S \quad (11)$$

Ha a 3. ábrán látható középső tárcsa kisebb, mint a többi ( $R < r$ ):

$$F_{ker}'' = S_{fe}'' - S_{le}'' = S_{fe} - \Delta S - S_{le} - \Delta S = F_{ker} - 2\Delta S \quad (12)$$

Az összefüggésekből látható, hogy az a veszélyesebb, ha a középső tárcsa nagyobb. Ekkor lépnek fel túlerők, amelyek a megcsúszásokat és nem utolsósorban az esetleges kötélszakadásokat okozzák!

#### 4. Konklúzió

A hajtási rendszer alternatív mozgásai miatt a nagyobb terhelésű tárcsák kopnak gyorsabban, ami szinkronhajtás esetén egyrészt kilazulásokat, másrészt pedig megfeszüléseket, illetve nemkívánatos megcsúszásokat és gerjesztett lengéseket idéznek elő. A megcsúszással intenzív erőkiegyenlítődés és hőfejlődés jár, ami mind a vonóelem, mind a hajtóelem károsodását okozza. Megállapításaink igazolására egy laboratóriumi mérőrendszert fejlesztettünk ki.

#### Irodalom

[1] E., Czitary: *Seilschwebbahnen*, Wien, 1962.

Malik András, Ph.D hallgató

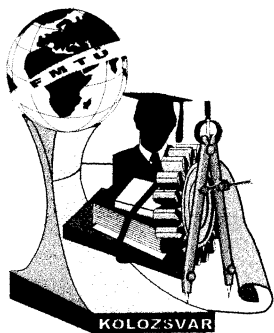
Dr. Németh János, egyetemi docens

Munkahely: Miskolci Egyetem, Anyagmozgatás és Logisztika Tanszék

Cím: H-3515, Magyarország, Miskolc, Egyetemváros, Anyagmozg. és Log. Tansz.

Telefon: +36-70-943-9865; +36-46-565-111 mellék: 10-03

E-mail: malikandras@vipmail.hu; altnemet@uni-miskolc.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## AZ ÚJRAKRISTÁLYOSÍTÓ HŐKEZELÉS MATEMATIKAI MODELLEZÉSE

Mucsi András, Borossay Béla

### Abstract

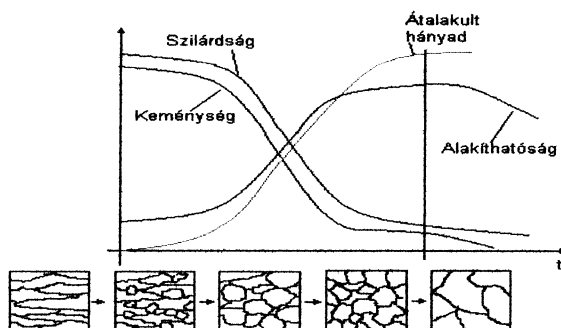
This paper deals with the specific features and applications of recrystallisation heat treatment. On the basis of experimental results we try to find the proper mathematical description of the process. The effect of changes of heat treating parameters on the kinetic of the process and on the material properties after the treatment is also discussed.

### Összefoglalás

A dolgozat részletezi az újrakristályosító hőkezelés sajátosságait, alkalmazásait. Kísérleti eredmények alapján keres megoldást a folyamat matematikai formulákkal történő leírására. Elemzi a paraméterek változtatásának hatását a folyamat kinematikájára és az anyag hőkezelés utáni állapotára.

### 1. Bevezetés, célkitűzés

A fémek hidegalakítása során a keménységük, szilárdságuk megnő, további alakíthatóságuk pedig csökken. A lágyítás nélküli maximális hidegalakíthatóság azt az alakítási mértéket jelenti, amelynél a munkadarab bármely pontjában az összehasonlító alakváltozás értéke még éppen megegyezik. Ahhoz, hogy ennél az értéknél nagyobb alakváltozást lehessen létrehozni, a munkadarabot ki kell lágyítani. A kilágyulás az újrakristályosodás hatására jön létre, melyet termikus aktiválással (hevítéssel) idézhetünk elő [5]. Az előzetes hidegalakítás mértékétől, a hevítés hőmérsékletétől, és ahogy a dolgozat mé-



1. ábra A mechanikai tulajdonságok és a szemcseszerkezet változása újrakristályosodás során

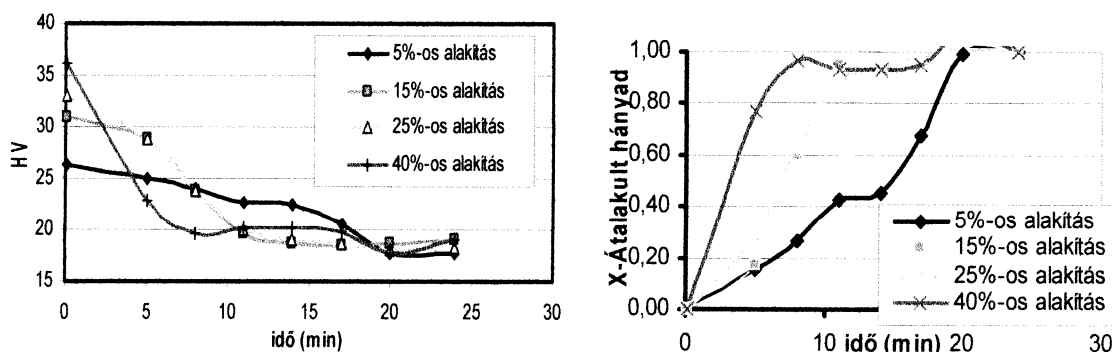
rései bebizonyították, a kiinduló szemcsemérettől is függ az újrakristályosodás sebessége, az újrakristályosodott szövetszerkezet, és ezzel a további alakíthatóság. Amennyiben a hőkezelés szükséges időtartamát túllépjük, megindul egy ún. szekunder újrakristályosodás, melynek eredménye

az, hogy az anyag szemcséi durvulnak, ezáltal a további alakíthatóság illetve mind a szilárdsági, mind a szívóssági jellemzők leromlanak. A rekrisztallizáció folyamatát, és a tulajdonságok változását az 1. ábra szemlélteti.

A cél tehát az, hogy adott újrakristályosítási paraméterek mellett matematikai formulák segítségével megadjuk a hőkezelés szükséges időtartamát, vagy az adott idő alatt létrehozható átalakult hányadot. A matematikai formulák felállításához és a bennük szereplő konstansok meghatározásához az 1. ábrát vegyük alapul. Az ábrán látható, hogy az átalakult hányad növekedésével a szilárdság és a keménység szinte azonos ütemben csökken. Azt is megállapíthatjuk, hogy 0% átalakult hányadhoz a hidegalakítás utáni keménység (amely annál nagyobb, minél nagyobb volt az előzetes hidegalakítás, és minél kisebb a szemcseméret), közel 100% átalakult hányadhoz pedig a kilágyult állapotot jellemző keménység tartozik. A modellkészítés során feltételeztük, hogy a keménység az átalakult hányad lineárisan csökkenő függvénye.

## 2. Az elvégzett kísérletek, a matematikai modell

A kísérleti anyag 99,5% tisztaságú, 20x1 mm méretű alumínium szalag volt, lágyított állapotban 20 HV keménységgel és 70 MPa szilárdsággal. Az újrakristályosodás, és annak sebessége a kiinduló szemcseméret, a hevítés hőmérséklete, és az előzetes hidegalakítás mértékének függvénye. A kísérleti programban kétféle szemcseméret (0,08 mm, 0,2 mm), négyféle, húzó igénybevétellel létrehozott alakítási mérték (5%, 15%, 25%, 40%), és három hevítési hőmérséklet (240°C, 430°C, 580°C) alkalmazására került sor. A hőkezelést különböző időpontokban megszakítva mértük a próbatestek keménységét, erre mutat példát a 2. ábra.



2. ábra Az 580 °C-os hevítés hatása a 0,08 mm átlagos szemcseátmérőjű próbatestekre

Ha ismerjük a keménységértékeket az idő függvényében, az adott próbatesthez tartozó átalakult hányad a következő képlettel számítható [6,7]:

$$X = \frac{HV(t) - HV_{\max}}{HV_{\min} - HV_{\max}} \quad (1)$$

A kapott átalakult hányad-idő értékeket a 2. ábrán láthatjuk. A többi kísérlet idő-átalakult hányad görbéire a folyamatot elméletben leíró Johnson-Mehl-Avrami-Kolmogorov (JMAK) egyenletet kell ráfektetnünk, melynek általános alakja:

$$x = 1 - e^{-k \cdot t^n} \quad (2)$$

Az egyenletben  $x$  jelöli az átalakult hányadot ( $0 \leq x < 1$ ),  $n$  anyagi állandó,  $t$  az időt (s),  $k$  pedig a folyamat sebességét jellemző függvény melyet Arrhenius-egyenletként ismerünk:

$$k = A(\varepsilon, d) \cdot e^{-\frac{Q}{R \cdot T}} \quad (3)$$

A függvényben  $Q$  az aktiválási energia, mely anyagjellemző;  $R$  az univerzális gázállandó,  $T$  a hőmérséklet (K), az  $A(\varepsilon, d)$  pedig az ún. frekvencia faktor, ebben kerestük a szemcseméret és az alakítás mértékének hatását a folyamat sebességére.

A meglévő, mérésből származó adatok felhasználásával megállapíthatjuk az Avrami-egyenlet  $n$  kitevőjét, és a kísérletekhez tartozó  $k$  értékeket. Ehhez a következő alakra kell hoznunk az Avrami-egyenletet:

$$\ln \ln \frac{1}{1-x} = \ln k + n \cdot \ln t \quad (4)$$

Ha ábrázoljuk az  $\ln \ln 1/(1-x)$  értékeket az  $\ln t$  függvényében, olyan egyenest kapunk, melynek meredeksége  $n$ ,  $y$  tengelymetszete pedig  $\ln k$ . A kísérletek adataiból az  $n$  kitevő értéke  $n=1,874$ -nek adódott, a  $k$  értékek pedig kísérletenként különböznek. Ha két kísérlet kiinduló szemcsemérete és alakítási mértéke ugyanaz volt, akkor a két kísérlet  $k$  értékeivel meghatározhatjuk az Arrhenius-egyenlet  $Q$  aktiválási energiáját:

$$Q = \frac{-R \cdot \ln \frac{k_1}{k_2}}{\left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)} \quad (5)$$

Az aktiválási energia  $\sim 73$  kJ/mól értékűnek adódott, melyből továbbszámolva megállapíthatjuk a különböző kísérletekhez tartozó  $A$  értékeket. Feltételeztük, hogy az  $A$  frekvencia faktor valójában azt fejezi ki, hogyan függ a folyamat sebessége az alakítás mértékétől, és a kiinduló szemcsemérettől. Az kísérleti adatokból - a már meghatározott aktiválási energiával - számított  $A$  értékeket a (6), (7), és (8) összefüggések segítségével sikerül jó közelítéssel leírni.

$$A = a \cdot (1 + \varepsilon)^b \quad (6)$$

Az egyenletben  $\varepsilon$  a relatív alakváltozás mértéke, a szemcseméret hatását pedig az  $a$  és  $b$  paraméterek fejezik ki, melyek szemcseméret függése a (7) és (8) összefüggésekkel írható le.

$$a = 0,07127 \cdot d^{-0,08629} \quad (7)$$

$$b = 2,96329 \cdot d^{-0,34758} \quad (8)$$

A (7) és (8) egyenletekben  $d$  a mm-ben mért átlagos kiinduló szemcseméret.



### 3. A modellezés eredménye

A modellezés során nyert függvények segítségével megállapíthatjuk a kívánt átalakult hányadhoz tartozó hőkezelési időtartamot bármilyen kiinduló szemcseméret, alakítási mérték és hőkezelési hőmérséklet esetén. Természetesen a négy paraméter közül bármelyik meghatározható a másik három ismeretében. A modell alkalmazásával a gyakorlatban az újrakristályosító lágyítás műveletének energiaszükséglete optimalizálható, a nem kívánatos szekunder újrakristályosodás pedig elkerülhető.

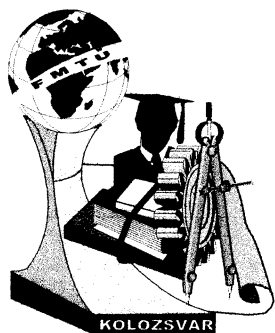
### 4. Felhasznált irodalom:

1. <http://aluminium.matter.org.uk/content/html/GER/default.asp?catid=68&pageid=879734023>
2. <http://aluminium.matter.org.uk/content/html/GER/default.asp?catid=68&pageid=1020802148>
3. <http://www.physik.uni-augsburg.de/~ferdi/materialpraktikum/anleitungen/Rekristallisation.pdf>
4. <http://aluminium.matter.org.uk/content/html/GER/default.asp?catid=68&pageid=370347413>
5. Dr. Köves Elemér: Alumínium kézikönyv, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1984.
6. Erik Woldt: New Kinetic Model for Primary Recrystallization of Pure Metals, Metallurgical and Materials Transactions, Oktober 2001.
7. M. Réger – S. Takács – T. Réti: Modellierung der Rekristallisationskinetik von Weichstahl, IV. Konferenz „Metallkundliche Probleme der Werkstoffentwicklung” , Freiberg, 13. bis 15. September 1989.

**Mucsi András**, hallgató  
e-mail: [mucsi.andras@freemail.hu](mailto:mucsi.andras@freemail.hu)

Munkahely: Budapesti Műszaki Főiskola Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar  
Cím: 1081, Hungary, Budapest, Népszínház u. 8.

**Borossay Béla**, intézeti mérnök  
e-mail: [borossay.bela@bgk.bmf.hu](mailto:borossay.bela@bgk.bmf.hu)



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## A FÜGEKAKTUSZ TERMÉSÉNEK ANTIOXIDÁNS KAPACITÁSA

Nagy Ádám, Hegedűs Attila, Engel Rita, Tillyné Mándy Andrea, Szabó Krisztina,  
Stefanovitsné Bányai Éva

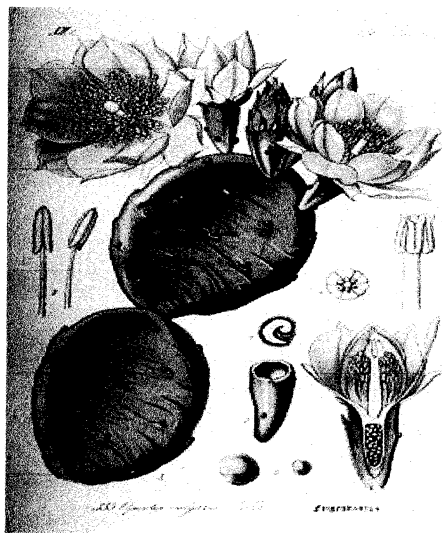
### Abstract

In our days because of our running lifestyle antioxidant characterization of fruits contribute more and more making our nutrition healthier. Recently this field of scientific investigations has experienced most dynamic development. The prickly pear is a member of the *Cactaceae* family, which has a significant role in the field of innovation within the food and medical industries. It is widely distributed throughout the world: especially in Mexico, Latin America, South Africa, and the Mediterranean area, but some species could be cultivated even in Hungary. The aim of our experiments was to analyse and compare these cacti's components: contents of vitamins, antioxidants, phenols, anthocyanines, and mineral elements. Our results might help to diversify our diet by introducing new products which are healthy and delicious.

### Összefoglalás

Napjainkban a rohanó életmódunk miatt egyre nagyobb szerepet kapnak azon kutatások, melyek a táplálkozásunk egészségesebbé tételével foglalkoznak. Manapság a legdinamikusabban fejlődő ágazat az antioxidánsok és a vitaminok kutatása gyümölcsökben és zöldségekben. A fügekaktusz a *Cactaceae* családjába tartozó növény, amelynek jelentős szerepe van globális szinten a táplálkozás és gyógyászat fejlesztésében. A világ számos vidékén előfordul: főleg Mexikóban, Latin-Amerikában, Dél-Afrikában és a Mediterrán térségben, de néhány fajuk Magyarországon is nevelhető. Kutatásaink célja, hogy megvizsgáljuk és összehasonlítsuk e növények beltartalmi összetevőit: vitamin, antioxidáns, fenol, antocián, ásványianyag tartalom. Hosszútávú célunk, hogy e gyümölcsök felhasználásával változatosabbá tegyük ételünket, italainkat mind élvezeti, mind egészségi szempontból.

### Bevezetés



1.ábra Fügekaktusz (*Opuntia vulgaris*)

A fügekaktusz a kaktuszok (*Cactaceae*) családjába tartozik és a világ számos vidékén előfordul: főleg az amerikai kontinensen, de Afrikában és a Mediterráneumban is. A kaktusz termése egy húsos gyümölcs, mely különféle alakú, méretű, színű lehet és rengeteg kemény magot tartalmaz. Íze édes, és nagy cukortartalma valamint kis savtartalma miatt rendkívül finom. Az amerikai indiánok már évezredek óta hasznosítják sokoldalúsága miatt: levelét salátának nyersen, főzve vagy grillezve is fogyasztják, termését gyümölcsként eszik vagy italt készítenek belőle (alkoholtartamút is), illetve alkalmazzák gyógyászati célokra is. Az elmúlt évtizedek kutatásai kiderítették, hogy a fügekaktusz rengeteg hasznos

anyagot tartalmaz: betalaint, taurint, kalciumot, magnéziumot, fontos fehérjéket és nagyon sok antioxidánst és vitamint (főleg a gyümölcsé). A kutatások statisztikailag bebizonyították, hogy fogyasztói között sokkal kevesebb a cukorbeteg és a túlsúlyos ember. Rendszeres fogyasztása csökkenti a vércukor- és a koleszterin-szintet, javítja a vese, a máj és a tápcsatorna funkcióit. Bőrregeneráló és öregedéscsökkentő hatása miatt a kozmetikai ipar is előszeretettel alkalmazza.

### Anyag és módszer

A kísérletet a Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Karának Alkalmazott kémiai laboratóriumában végeztük, a Fővárosi Állatkertből származó 6 fügekatusz (*Opuntia engelmannii* var. *discata*, *Opuntia phaeacantha*, *Opuntia phaeacantha longispina*, *Opuntia phaeacantha major*, *Opuntia tortispina*, *Opuntia tortispina stehodyta*) gyümölcsének vizsgálatával.

A mintákat egyenként felvágtuk és a magok körüli színes gyümölcshúst kicanalaztuk, lemértük a tömegüket, majd a tömeg értékével megegyező mennyiségű  $\text{cm}^3$  vizet vagy 20%-os etanolt adtunk az antioxidánsok extrahálása céljából, majd homogenizáltuk, végül lecentrifugáltuk a mintákat.

Az aszkorbinsavra vonatkoztatott *összantioxidáns kapacitást*, a FRAP-értéket (Ferric Reducing Ability of Plasma)  $\lambda = 593$  nm-en spektrofotometriás úton határoztuk meg (BENZIE ÉS STRAINS, 1996).

A galluszsavra vonatkoztatott *összfenoltartalmat* Folin-Ciocalteu reagenssel  $\lambda = 760$  nm-en (SINGLETON ÉS ROSSI, 1965) spektrofotometriásan mértük.

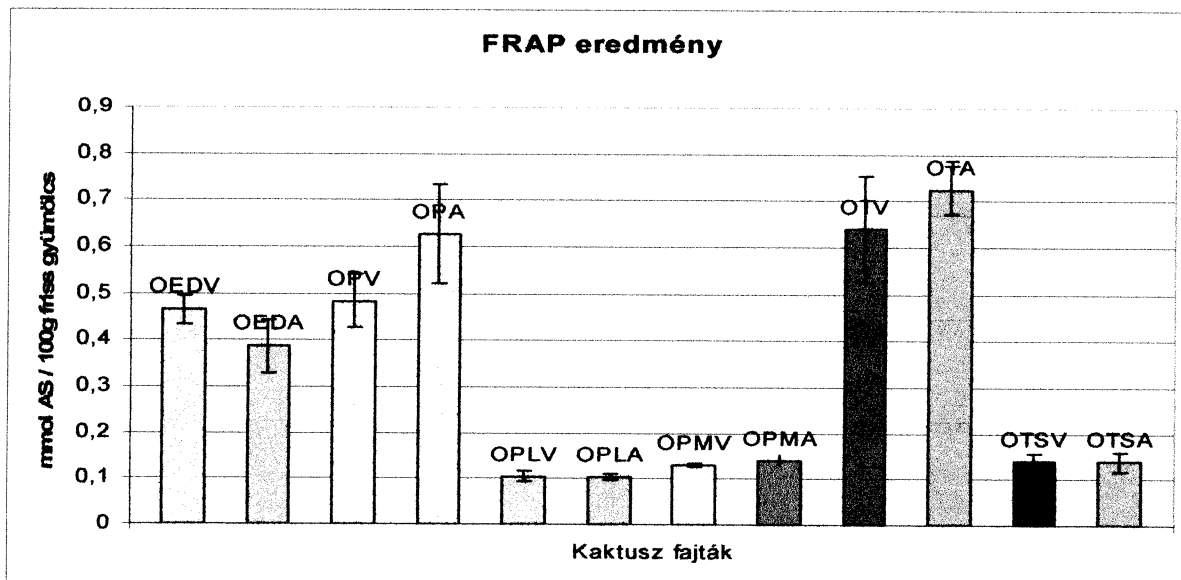
Külön-külön a vizes és az etanolos extraktumra elvégeztük a vizsgálatokat.

#### Jelmagyarázat:

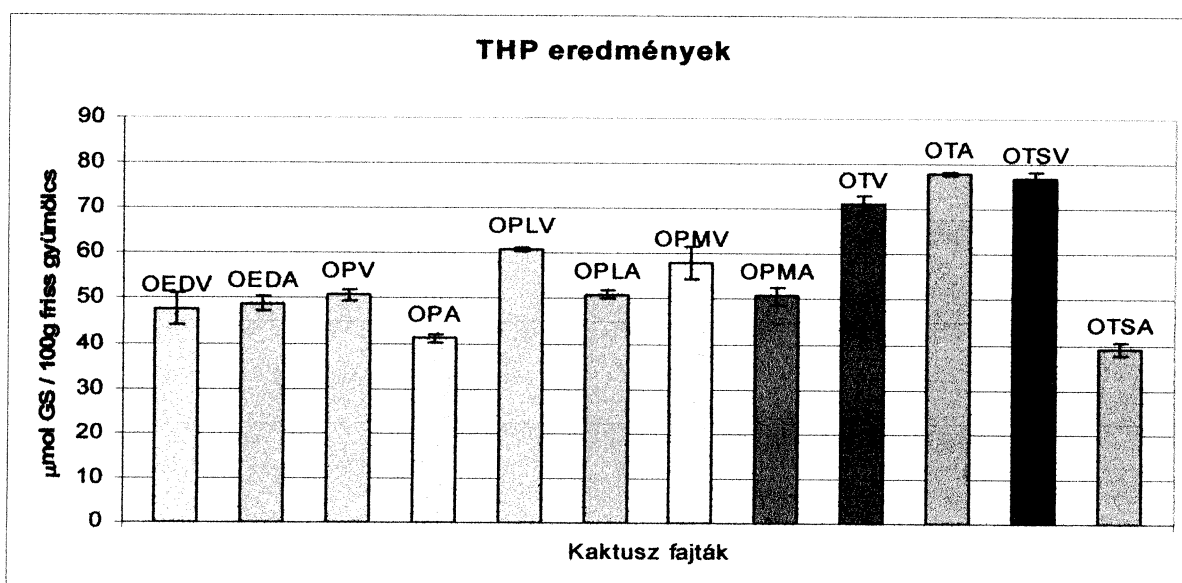
- OEDV: *Opuntia engelmannii* var. *discata* vizes extrakt
- OEDA: *Opuntia engelmannii* var. *discata* alkoholos extrakt
- OPV: *Opuntia phaeacantha* vizes extrakt
- OPA: *Opuntia phaeacantha* alkoholos extrakt
- OPLV: *Opuntia phaeacantha longispina* vizes extrakt
- OPLA: *Opuntia phaeacantha longispina* alkoholos extrakt
- OPMV: *Opuntia phaeacantha major* vizes extrakt
- OPMA: *Opuntia phaeacantha major* alkoholos extrakt
- OTV: *Opuntia tortispina* vizes extrakt
- OTA: *Opuntia tortispina* alkoholos extrakt
- OTSV: *Opuntia tortispina stehodyta* vizes extrakt
- OTSA: *Opuntia tortispina stehodyta* alkoholos extrakt

#### Eredmények:

Az *összantioxidáns kapacitás* vizsgálata során kiderült, hogy a különböző fügekatusz mintákban az egyes fajták közötti antioxidáns tartalom nagyon eltérő. A legnagyobb értéket a leginkább lila gyümölcshússzínű *Opuntia tortispina* mutatta. A fenoltartalomban a fajták között csak kis mértékű eltérés volt, de nagyobb értékeket mutattak. Ennél a mérésnél is az *Opuntia tortispina* adta a legkiemelkedőbb értéket. Korreláció a két mérés között nem mondható ki, mert nagyon eltérnek az adatok. Mindez arra utal, hogy a fügekatusz termésének antioxidáns kapacitása a fenolos vegyületeken kívül más komponensek is jelentősen hozzájárulnak.



2. ábra A fügekaktusz fajták gyümölcsének összantioxidáns kapacitása aszkorbinsavra vonatkoztatva



3. ábra A fügekaktusz fajták gyümölcsének polifenol tartalma galluszsavra vonatkoztatva

**Következtetések:**

A hazánkban is nevelhető fügekaktusz fajok antioxidáns kapacitásnak összehasonlításából kiderült, hogy általánosságban kiemelkedő értéket mutatnak, főleg az *Opuntia tortispina* faj esetében. Ennek a fajnak a felhasználása a leginkább javasolt az élelmiszereink beltartalmi értékének növelésére illetve étrendünk egészségesebbé tételéhez.

**Irodalom**

[1] Jeong-Chae Lee, Hak-Ryul Kim, Ju Kim, And Yong-Suk Jang: Antioxidant Property of an Ethanol Extract of the Stem of *Opuntia ficus-indica* var. *Saboten*, *J. Agric. Food Chem.* 2002

Elérhető: <http://immune.chonbuk.ac.kr/PDF%20files/2002-10.pdf>

[2] Antonio Piga: Cactus Pear a Fruit of Nutraceutical and Functional Importance, *J. PACD-2004*.

Elérhető: [http://jpacd.org/V6/Piga\\_PF2fnl.pdf](http://jpacd.org/V6/Piga_PF2fnl.pdf)

[3] 1. ábra az alábbi linkről lett beillesztve:

[http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Illustration\\_Opuntia\\_vulgaris0.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Illustration_Opuntia_vulgaris0.jpg)

[4] Wikipédia: Fügekaktusz,

Elérhetősége: <http://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%BCgekaktusz>

[5] Benzie és Strains, 1996

[6] Singleton és Rossi, 1965

**Nagy Ádám**, hallgató

Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Kar

H-1125 Budapest, Istenhegyi út 74

Tel.: +36-70-3157906, E-mail: [adam-nagy@t-online.hu](mailto:adam-nagy@t-online.hu)

**Dr. Hegedűs Attila**, PhD.

Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Kar, Alkalmazott Kémia Tanszék

H-1118 Budapest, Villányi út 23-49.

Tel.: +36-1-482-6160, E-mail: [hegedus.attila@uni-corvinus.hu](mailto:hegedus.attila@uni-corvinus.hu)

**Engel Rita**, PhD hallgató

Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Kar, Alkalmazott Kémia Tanszék

H-1118 Budapest, Villányi út 23-49.

Tel.: +36-1-482-6160, E-mail: [rita.engel@uni-corvinus.hu](mailto:rita.engel@uni-corvinus.hu)

**Stefanovitsné Dr. Bányai Éva**, PhD.

Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Kar, Alkalmazott Kémia Tanszék

H-1118 Budapest, Villányi út 23-49.

Tel.: +36-1-482-6160, E-mail: [eva.banyai@uni-corvinus.hu](mailto:eva.banyai@uni-corvinus.hu)

**Tillyné Dr. Mándy Andrea**, kandidátus

Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kar, Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék

H-1118 Budapest, Villányi út 23-49.

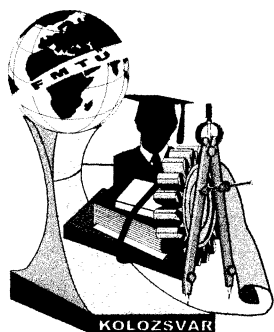
Tel.: +36-1-482-6461, E-mail: [andrea.mandy@uni-corvinus.hu](mailto:andrea.mandy@uni-corvinus.hu)

**Szabó Krisztina**,

Fővárosi Állat- és Növénykert

H-1146 Budapest, Állatkerti krt. 6-12.

Telefon: +36-1-273-49-00



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## DIGITÁLIS VÁROSMODELLEK JELENTŐSÉGE

ifj. ORBÁN György

### Abstract

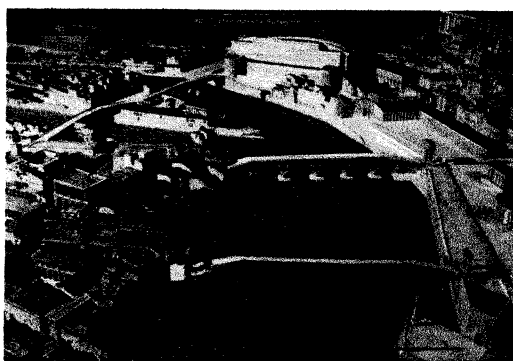
Scope of the paper is to present the importance of the digital city models from viewpoint of using and design. Give a short description about the types of city models. Discuss the rule of creator and user. Show that it is a good medium to discuss complex interdisciplinary problems, and have the capability to visualize the before abstract questions.

### Összefoglalás

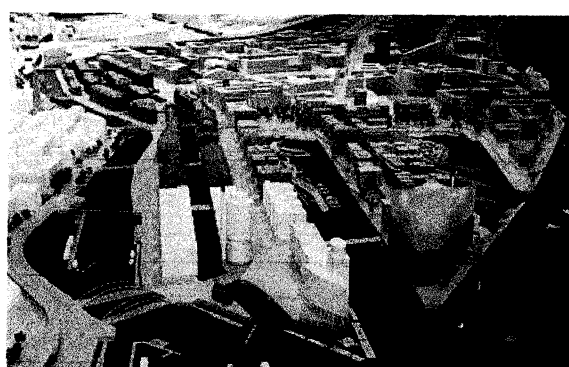
A dolgozat célja a digitális városmodellek jelentőségének bemutatása a tervezés és felhasználás szempontjából. Rövid összefoglalást nyújt a városmodellek fajtáiról. Tárgyalja az alkotó és felhasználó szerepét. Rámutat arra, hogy a komplex interdiszciplináris problémák pontos tárgyalására alkalmas virtuális eszköz, mely szemléletessé teszi az addig elvont kérdéseket, összefüggéseket.

### 1. Bevezetés

A városmodellek célja a valóság minél élethűbb és sokrétűbb visszaadása. A valóságot kis léptékben reprodukáló makett alkalmat nyújt úgy a jelenlegi helyzetet bemutatván az elemzésre, mint lehetséges jövő vagy múltbeli szituációk megjelenítésére, bemutatására. A folyamatos háromdimenziós megjelenítés áthidalja a térbeli elképzelés szükségességét és maradéktalanul lehetőséget nyújt az adott területre való koncentrációhoz, felismerhetővé teszi a geometriai reprodukció által a valós helyet, kiváltva az azonnali asszociációt. A városmodellek az elmúlt 10 évet nem tekintve, szinte kizárólag hagyományosan készültek: fa, gipsz, vagy egyéb anyagok felhasználásával. Jellemző a tematikus makett, ami egy adott céllal készült egy adott szituációról. Változtatása nehézkes vagy egyszerűen új makettet kell helyette készíteni. Ilyenek lehetnek például az ókori Rómát bemutató gipszmodellek, avagy egy várostervezési elemzéshez illetve fejlesztéshez készített modellek.



1.ábra. Antik Róma



2.ábra. HafenCity –Hamburg

A számítástechnika bekövetkezett nagyléptékű fejlődésének köszönhetően lehetővé vált a geoinformatika nyitása a vizuális háromdimenziós városmodellek irányába. A grafikus teljesítmény

immár lehetővé tette, hogy az elmúlt évek során élvezhető-értékelhető digitális geometriai modell szülessen számos városról. A nagy lépés a 2 dimenziós térképektől a 3 dimenziós virtuális valóság irányába nagy jövővel kecsegtet, mivel így élethűben, sokrétűbben és nem utolsósorban időbelileg nyílik lehetőség a geometria valóság (épületek formája) és egyéb területhez tartozó információk megjelenítésére. Jelenleg közkeletű digitális város illetve területmodellekre jó példák a Widemann cég által létrehozott városmodellek (Berlin, Potsdam, München, stb.), az interneten elérhető Google Earth csomag, avagy városi kezdeményezések (pl. Hamburg város digitális modellje).

## 2. A Digitális Városmodell

A digitális városmodell a geometriai információkon túl - mivel a digitális kataszter irányából származik – egyéb adatokat is tartalmaz. Úgy is értelmezhető mint egy adatbázis. Az adatok térbeni elhelyezése és megfelelő tematikus megjelenítése jelenti a digitális városmodellt.

Két nagy csoportba osztható: azok a modellek amelyek pusztán a geometriai valóság visszaadására törekednek és a geometriai információ és egyéb adatok kombinálásából származó modellek, ahol a térbeli információhoz egyéb adatok is hozzá vannak rendelve.

A városmodellek egyik meghatározó alkotóeleme a digitális domborzatmodell. Ezek az adatok földmérésből származnak. Egyik elterjedt adatgyűjtési technika a repülő-lézeres domborzatfelmérés, ami egy pontfelhőt eredményez, majd ebből származik a domborzatmodell.[1] Ezekre a domborzatmodellekre épül különböző kívánt részletességgel, pontossággal a városmodell.

Még nem létezik egységesen elfogadott kategorizálás, de széles körben elfogadott a megjelenítési részletességének 5 csoportba sorolása. A geometriai részletesség szempontjából tehát használatos [2]:

- LOD 0 - (Level of detail) – részletességi szint: a digitális terepmodellre fektetett légifelvétel
- LOD 1 – Téglatestmodell 1:10000 felett
- LOD 2 – Tetőformák, úthálózat, növényzet 1:500 – 1:10000
- LOD 3 – Külső építészeti modell 1:200 – 1:500
- LOD 4 – Részletes Beltéri modell 1:50 – 1:200

A különböző geometriai objektumokhoz, melyek a modellt alkotják, információ rendelhető, például a digitális kataszterből, majd ennek függvényében, avagy alapján tetszés szerint parametrizálható a modell, ami egyértelmű előnyt jelent a hagyományos modellekkal szemben. Az adatbázis interaktív és azonnal aktualizálható. Az adatbázist több irányból kiépíthető. A direkt felhasználók egyben alkotók is. Direkt felhasználónak tekinthetők azok akik a modell geometriai részét alakítják. (Topográfia, Várostervezés, Építészet, Út és Infrastruktúra tervezés, stb. Szakterületekről) Indirekt felhasználónak azok akik a hozzárendelt adatokat alakítják (Várostervezés, Statisztikai, Polgármesteri, Adó, stb. Hivatal). Egyszerű felhasználónak azok akik nem befolyásolják, csak szemlélőleg használják a modellt. Visszafele kompatibilis, tehát a geometriai rész megfelelő elkészítése után bármikor

visszanyerhető az egyszerű, csak geometriai információkat tartalmazó modell, ami pedig háromdimenziós nyomtatási módszerekkel hagyományos modellé alakítható.

### 3. Felhasználási lehetőségek

Az adatbázis gazdagításával és megfelelő rendezésével a digitális városmodell nagyon sokrétűen felhasználható. Direkt felhasználás a tervezésben, illetve kataszteri nyilvántartás, indirekt felhasználás, elemzés, ismeretterjesztés, kockázatelemzés, turizmus, és egyéb területek.

Maga a kialakítása is már nagy jelentőséggel bír. Egy **digitális közös felületet** hoz létre, melyen egyszerre kommunikálni tudnak a teret alakító szakágak: építészet, várostervezés, topográfia, infrastruktúra és közlekedéstervezés, távközlés, stb. A létrehozás folyamata során szükséges a szolgáltatott adatok közötti teljes kompatibilitás. Ennek érdekében jelenleg is zajlik a terület standardizálása (Open Geospatial Consortium). Jelentősége, hogy az adatok egy közös adatbázisba kerülnek, melyet egyszerre valamennyi szakág elérhet így minden résztvevő megfelelő és aktuális adatokkal dolgozhat. Megvalósulhat az interoperabilitás. A folyamatot, megfelelő informatikai támasszal, a várostervezés szempontjából lehet koordinálni. A részletesség szempontjából a különböző szinteknek megfelelnek bizonyos szakági területek: (pl. LOD 4 – építészet- kivitelezési fázisa. LOD 3 – építészet engedélyezési fázisa, urbanisztikai részletterv, kis tájépítészeti terv, stb. ) a megfelelő léptékkövetelménytől függően. Az infrastruktúra tervezésben naprakész topológiai adatok használhatók fel a közlekedéstervezésben. A tervezés alternatíváit a modellbe helyettesítve megtalálhatók a megfelelő megoldások, például zajszennyezési szempontból melyet a rendelkezésre álló digitális geometriai blokkmodell (LOD 1) segítségével lehet meghatározni. Könnyebben és áttekinthetőbben kezelhetővé válik a városi infrastruktúrák menedzselése, vezetékfelújítás, útfelújítás összhangba hozása, illetve az ebből fakadó következmények mérlegelése például turisztikai szempontból, hogyan befolyásolja a belváros arculatát a nyári főszezonban történő teljes vezeték illetve útburkolatcsere a történelmi központban, ami a város fő attrakciója és aminek összképét a munkálatok idejére élvezhetetlenné teszi. (LOD3), illetve milyen lesz az új összkép utána.

A geometria információkhoz rendelt statisztikai adatok alapján urbanisztikai szempontból elemezhetővé válik a kívánt terület. Az elemzés tárgyát képező információ a térbeli modellen párhuzamosan megjeleníthető. Így megkönnyíti a különböző problémák, illetve jelenségek közötti kapcsolatok felismerését, ezek alapján a tervezési lehetőségek mérlegelését, a várostervezésben. Ilyen lehet például egy városrész beépítettségi hányadosának a meghatározása szempontjából végzett összehasonlítás hogy a magasabb beépítettség milyen árnyéktanulmányt eredményez (LOD 1), avagy parkolási sűrűséget, illetve hol találhatók elavult épületek (kategorizálás) vagy műemlékek. Az ingatlanfejlesztés szempontjából vizualizálhatók a potenciális területek, illetve elemezhetők a különböző beépítések, valamint az ezzel járó döntések és stratégiák, különböző forgatókönyvek felállítása.



A digitális városmodell egy **gyors döntéshozatali eszköz**. A problémák és összefüggések, ok-okozati illetve kihatási kapcsolatai alapján látványosan és célravezetően bemutathatók egy-egy témakör tekintetében. Így például a fentiekén kívül lehetőséget biztosít a politikum számára hogy megalapozott és konszenzuson alapuló döntést hozzon olyan ügyekben, melynek megértése a szükséges szakmai ismeretek nélkül nagyon nehéz. Közérthetővé válik egy addig csak a szakág számára érthető kérdés, ami politikai döntést kíván. Ilyen lehet különböző nagy befektetések hatástanulmánya, amelyek megvalósítása után hátrányok és előnyök jelentkeznek, ezek mérlegelése és a változatok közötti megfelelő válogatás (pl. Bevásárlóközpont telepítése a belvárosba, avagy felhőkarcolók építésének engedélyezése, amennyiben nem szerepel a beépítési tervben).

Az adatbázishoz internetes felhasználófelület csatolható így bizonyos témakörökben megvalósulhat a polgárok közérdekű tájékoztatása a város fejlődését illetően. Ilyen lehet az új építkezések engedélyezése, ahol az építészeti modell a város sziluettjébe illeszthető (LOD3). Turisztikai tájékoztató készítése program formájába a város nevezetességeiről, tömegközlekedéssel, stb. Mindezt egy játékszerű interaktív felületen: pl. Widemann Potsdam városmodell.



*3.ábra Widemann Potsdam*

#### **4. Következtetések**

A digitális városmodell egyértelmű előnnyel bír a hagyományosokhoz viszonyítva. A minél szorosabb együttműködésre ösztönöz a várostervező szakágak között, feltételezi az interoperabilitás megvalósítását. Gyors és érdembeli döntéshozó eszköz úgy a szakmai mint politikai téren, közérthetővé és vizuálissá téve a problémákat. A válóság nem csak fizikai hanem tartalmi részét is tükrözi így jobban megfelel a vele szembe támasztható követelményeknek. Racionalizálja, a fejlesztés folyamatát ezáltal egy magassabb minőséget biztosít a költségek csökkentése mellett.

#### **Irodalom**

- [1] ZIPF Alexander (Hrsg.), COORS Volkers :3D-Geoinformationssysteme:Grundlagen und Anwendungen, Heidelberg, Wichmann, 2005
- [2] Gröger and Kolbe: Interoperabilitaet einer 3d-Geodateninfrastruktur In: Bernhard, Sliwinski, Senkler:Geodaten- und Geodienste- Infrastrukturen - von der Forschung zur Praktischen Anwendung, Beitrage zu den Muensteraner Gi-Tagen, Muenster, 2003

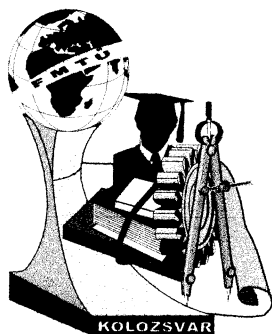
**Orbán György**, hallgató

Munkahely: Kolozsvári Műszaki Egyetem, Műépítészeti Kar

Cím: Str. Racovita nr. 51, 400165 Cluj - Napoca, Romania

Telefon / Fax: +40 – (0) – 730 106847

E-mail: orban.gyorgy@gmail.com



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## FOSSZILIS VAGY BIOÜZEMANYAG - JELENLEGI HELYZET, VESZÉLYEK ÉS LEHETŐSÉGEK

Pézsza Nikolett

### Abstract

Climate change is one of the biggest challenges nowadays. There is evidence that global warming is strongly related to human activity. CO<sub>2</sub> emission is one of the major factors determining climate change. The transport sector contributes to CO<sub>2</sub> emission with a great extent. Taking into consideration that other energy consuming sectors are unable to compensate for transport related emissions therefore the transport sector has to contribute to its emissions abatement itself. The aim of this paper is to give an overview about alternatives (in particular biofuels), which might help the transportation sector to mitigate CO<sub>2</sub> emissions.

### Összefoglalás

Napjaink egyik legnagyobb kihívása a klímaváltozás kérdése. Bizonyított tény, hogy a globális felmelegedés az emberi tevékenységgel szoros összefüggésben áll. A CO<sub>2</sub> kibocsátás a klímaváltozás egyik meghatározó tényezője. A CO<sub>2</sub> kibocsátáshoz jelentős mértékben hozzájárul a közlekedési szektor, és tekintve, hogy az energiát felhasználó többi szektor nem tudja kompenzálni a közlekedésből származó CO<sub>2</sub> emissziót, ezért magának a közlekedési szektornak is hozzá kell járulnia az emisszió csökkentéséhez. Jelen cikk célja, hogy összefoglalja azokat az alternatívákat (különös tekintettel a bioüzemanyagokra), amelyek a közlekedési szektor CO<sub>2</sub> kibocsátásának csökkentését hivatottak szolgálni.

### 1. Bevezetés

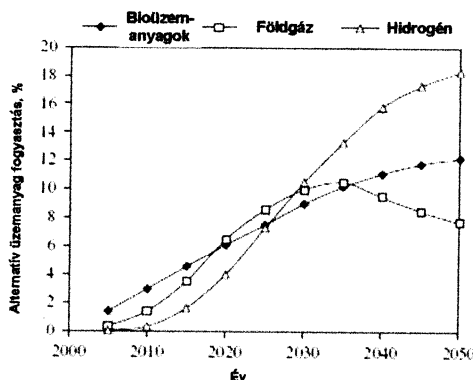
Napjainkban a klímaváltozás kérdése a társadalom széles spektrumát foglalkoztatja. A klímaváltozásban jelentős szerepet játszik a CO<sub>2</sub> gáz keletkezése, mely főként fosszilis üzemanyagok elégetéséből származik. A világ CO<sub>2</sub> kibocsátásának kétharmadáért a hő-és elektromosság előállító szektor valamint a közlekedési szektor felelősek. A CO<sub>2</sub> kibocsátás mérséklésére nemzetközi egyezmények születtek, melyek közül a legátfogóbb a Kyotói Egyezmény. A közlekedési szektorból származó CO<sub>2</sub> kibocsátás mérséklésének egy módja a jelenleg domináns fosszilis üzemanyagok kiváltása alternatív üzemanyagokkal. [1][2]

### 2. Az üzemanyagforrások jelenlegi helyzetének értékelése

A fosszilis energiahordozók évmilliók alatt a biomasszából keletkeztek kémiai és biológiai folyamatok eredményeképpen. A jelenlegi motorhajtóanyag-ellátás szinte kizárólag egyetlen ilyen fosszilis energiahordozó, a kőolaj felhasználásán alapszik. [3] Az olcsón kitermelhető készletek azonban kimerülőben vannak, és ezzel egyidejűleg 2030-ra a közlekedés 58%-os növekedését prognosztizálják.[1] A kőolaj mint üzemanyag felhasználásán alapuló közlekedés mindemellett jelentős mértékben hozzájárul a légkör CO<sub>2</sub> szintjének növekedéséhez, 2004-ben az összes CO<sub>2</sub>

kibocsátás 24%-a származott a közlekedésből. A légköri CO<sub>2</sub> koncentráció az iparosodás kezdete óta 35%-kal növekedett. A legnagyobb mértékű (1,8 ppm/év) növekedést az utóbbi években figyelték meg. 2100-ra 540-970 ppm-es tartományba eső CO<sub>2</sub> koncentrációt jósolnak.[1] Az energiát felhasználó többi szektor nem tudja kompenzálni a közlekedésből származó CO<sub>2</sub> emissziót, ezért magának a közlekedési szektornak is hozzá kell járulnia az emisszió csökkentéséhez. [2] Ezek a jelenségek már önmagukban is elegendő okot adnak arra, hogy az alternatív energiaforrások kérdésével komolyan foglalkozzunk. Komoly problémát okoz továbbá, hogy a Föld asványolajkészletének 61,5%-a közel-keleti országokban található. Ezen országok 10 éven belül 50%-ra növelhetik világszerte részesedésüket, ami az ipari országok növekvő kőolaj-függőségét eredményezheti. [3] [4]

Az 1. ábra szemlélteti az alternatív üzemanyagok részesedésének jövőbeli alakulását.



1. ábra. Az alternatív üzemanyagok részesedése a közlekedésben alkalmazott összes üzemanyaghoz képest. Forrás: [5]

Középtávon a földgáz a legrealisabb lehetőség, hosszú távon azonban kizárólag a megújuló energiaforrások jöhetnek számításba. A szakemberek véleménye megegyezik abban, hogy a jövőben az általános tüzelőanyag feladatát a hidrogén tölti majd be, arról azonban megoszlanak a vélemények, hogy a megfelelő hidrogén-infrastruktúra hogyan és mikorra alakulhat ki.

Egyes vélemények szerint a bioüzemanyagoknak van a legnagyobb esélye az energiapiacra a kőolaj alapú motorhajtóanyagok részleges helyettesítésére. [3]

### 3. A bioüzemanyagok térhódítása

A bioüzemanyagok alkalmazásának 3 fő szempontja a következő:

- **Csökkenő energiafüggőség:** A legtöbb ország kőolaj –és földgázbehozatalra szorul. A kőolajimport egy részének etanollal történő kiváltása csökkentheti az adott ország olajpiaci függőségét, és így minden liter felhasznált bioetanol a külkereskedelmi mérleg egyenlegét javíthatja. [3] [5]

- **Szociális-gazdasági előny a mezőgazdaság számára:** A bioüzemanyagok alapanyagának termelése munkahelyeket teremt a mezőgazdaságban, ill. gátolhatja a munkaerő átáramlását más

szektorokba. Egyes tanulmányok 1 millió liter bioetanolra vetítve a mezőgazdaságban 34 főre becsülik a létrejövő új munkahelyek számát. Meg kell azonban említeni, hogy éppen a mezőgazdasági szektorban jelentkezik a bioüzemanyagok alkalmazásának legnagyobb kerékkötője: felmerül ugyanis a kérdés, hogy szabad-e energianövényeket termesztetni élelmiszernövények helyett. [3][5]

▪ Környezetvédelmi szempontok: A növényi eredetű hajtóanyagok alkalmazásának létjogosultságát zárt CO<sub>2</sub> ciklusuk miatt leginkább a környezet jelenlegi állapota indokolja. Alapvető különbség ugyanis a fosszilis energiahordozókhoz képest az, hogy mivel nem juttatnak többlet CO<sub>2</sub>-ot a levegőbe, ezért csökkentik az üvegházhatást. Környezetvédelemmel kapcsolatos előny az is, hogy bioüzemanyagok alkalmazása egy eszközt jelenthet a nemzetközi egyezményekben vállalt CO<sub>2</sub> kibocsátás csökkentésére. [3]

Jelenleg a bioüzemanyagok elterjedésének akadályai között 3 tényezőt kell megemlíteni:

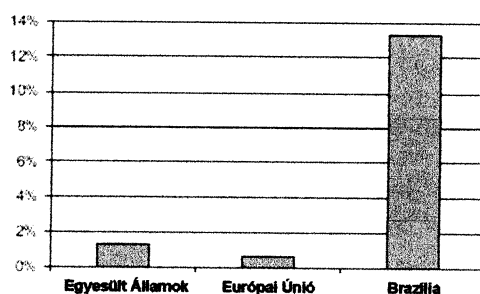
▪ Etikai kérdések felmerülése az élelmiszer-ellátással kapcsolatban. Léteznek azonban kezdeményezések a cellulóz alapú bioetanol gyártásra. Ezen technológia nyersanyagaiént leginkább a mezőgazdasági, erdészeti, fa és papír hulladékok jönnek szóba, ezáltal nem jelentenek konkurenciát az élelmiszernövények számára. [1][3]

▪ A bioüzemanyagok jelenleg csak jelentős állami támogatással versenyképesek. A bioüzemanyagok piaci áttörése akkor lehetséges, ha előállítási költségeik versenyképesé válnak a benzin és a dízelolaj előállításánál felmerülő költségekkel.[6]

▪ Számos tanulmány számol be arról, hogy a bioüzemanyagok alkalmazásával összefüggő CO<sub>2</sub> emisszió csökkenésének mértéke nagyban függ attól, hogy milyen módon állították elő az adott bioüzemanyagot. Braziliában a cukornádból előállított bioetanol alkalmazása 90%-kal csökkenti a CO<sub>2</sub> kibocsátást a hagyományos benzinhoz képest. Az olajosmagvakból előállított biodízel pedig 40-60%-kal csökkentette az üvegházhatású gázok keletkezését a dízelolajhoz képest. A bioüzemanyagok jövője tehát nagyban függ attól, hogy mennyire sikerül olyan gazdaságosan működtethető technológiákat megvalósítani, amelyek során nem, vagy csak kis arányban alkalmaznak fosszilis tüzelőanyagokat. [1]

#### 4. A bioüzemanyagok jelenlegi elterjedtsége

Az 2. ábra szemlélteti a bioüzemanyagok arányát a közlekedésben.



2. ábra. A közúti közlekedésben alkalmazott bioüzemanyagok százalékos aránya. Forrás[1]

Brazília a világ legnagyobb bioetanol előállító és fogyasztó országa. Brazíliában az újonnan vásárolt autók 70%-a képes 100%-os etanol üzemre vagy benzin-etanol üzemre. A bioüzemanyagok kereskedelmi életképessége tükrözi a gazdaságos és nagymértékű cukornádból történő bioetanol-előállítást, valamint a brazil kormány intervenciójának sikerességét. [6]

Jelentős szerephez jutottak a bioüzemanyagok az Európai Únióban, valamint az Egyesült Államokban is. Az Egyesült Államokban szinte csak takarmánykukoricából készítenek etanolt, míg Európában a cukorrépa, a búza és a kukorica a fő nyersanyagforrások. [3][7]

Mind az Európai Únióban, mind az Egyesült Államokban intézkedéseket vezettek be a bioüzemanyagok részarányának növelésére. Az USA kötelező szabványokat alkalmaz, az EU-ban pedig az előírásoknak megfelelően 2010-re 5,75%-ra kell növelni a bioüzemanyagok bekeverési arányát. [6]

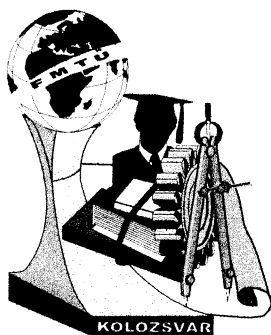
## 5. Következtetések

A CO<sub>2</sub> kibocsátás mérséklésének kérdésével komolyan kell foglalkozni, és bár a szakemberek hosszútávon nem a bioüzemanyagok elterjedését jósolják, egyelőre ez az egyetlen olyan alternatív megoldás, amely már alkalmazható, és amelynek bevezetésére már több kontinensen (Európa, Amerika) is történtek kezdeményezések.

## 6. Irodalom

- [1] Quadrielli, R., Peterson, S.: *The energy-climate challenge: Recent trends in CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion*, Energy Policy 35,2007, 5938-5952 oldalak
- [2] Meyer, I., Leimbach, M., Jaeger, C.C.: *International passenger transport and climate change: A sector analysis in car demand and associated CO<sub>2</sub> emissions from 2000 to 2050*, Energy Policy 35, 2007, 6332-6345 oldalak
- [3] Emőd, I., Tölgyesi, Z., Zöldy, M. : *Alternatív Járműhajtások*, Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft., Budapest, 2006, 33-83 oldalak
- [4] BP Statistical Review of World Energy June 2007, 7. oldal
- [5] Demirbas, A., *Progress and recent trends in biofuels*, Progress in Energy and Combustion Science 33, 2007, 1-18 oldalak
- [6] Bomb, C., McCormick, K., Dearwaaerder, E., Kaberger, T.: *Biofuels for the transport in Europe: Lessons from Germany and UK*, Energy Policy 35, 2007, 2256-2267 oldalak
- [7] McKibben B.: *Ketyeg az óra* , National Geographic Magyarország, 2007 oct, 55-82 oldalak

**Pézsza Nikolett**, Ph.D. hallgató  
 BME, Közlekedésmérnöki Kar, Gépjárművek Tanszék  
 Magyarország, 1111 Budapest, Stoczek u. 6  
 Telefon / Fax: +36-1-463-2388  
 E-mail: pezsza.nikolett@auto.bme.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## CMSX-3 JELÖLÉSŰ NIKKEL ALAPÚ ÖTVÖZET SZÖVET- SZERKEZETÉNEK VÁLTOZÁSA HŐKEZELÉS SORÁN

Dr. Pinke Péter

### Abstract

The microstructure of nickel based superalloys prepared by directional solidification is dendritic. This paper depicts the influence of the heat treatment process on the microstructure of CMSX-3 nickel based superalloy. As a result of applied heat treatment the initial heterogenous structure can be changed and uniform distribution of  $\gamma'$  precipitates can be achieved by high volume.

### Összefoglalás

Az irányított kristályosítással előállított nikkell alapú szuperötvözetek szövetszerkezete dendrites. A dolgozat egy hőkezelési eljárás szövetszerkezetre gyakorolt hatását mutatja be CMSX-3 nikkell alapú ötvözet esetében. Az alkalmazott hőkezelés eredményeként a kiinduló heterogén szerkezet megváltoztatható és egyenletes eloszlású  $\gamma'$  precipitátumok érhetők el magas térfogatarányban.

### 1. Bevezetés

Nikkell alapú szuperötvözetek a leggyakrabban alkalmazott anyagok a gázturbinák és sugárhajtóművek nagyfokú igénybevételnek kitett alkatrészeinek (az égéstér egyes alkatrészei, tárcsa, turbina terelőlapátok, forgólapátok) gyártására. A turbinalapátok anyagát illetően a magas hőmérsékleti mechanikai jellemzők (kúszásállóság, hőfaradással szembeni ellenállóképesség) az egyértelműen elvárt anyagtulajdonságok. A turbinalapátok károsodásállóságát tekintve minőségi ugrás akkor következett be, amikor irányított kristályosítással készített egykristály lapátokat kezdtek alkalmazni, amelyek a gyártástechnológiából következően nem tartalmaztak szemcsehatárokat [1]. A szokványos technológiai paraméterek mellett kristályosított egykristály turbinalapátok oszlopszerű dendritkristályból épülnek fel [2]. A dendrites szerkezetből adódó szegregációs jelenségek megszüntetése és a szilárdságnövelő precipitátumok megfelelő kiválása érdekében a nikkell alapú egykristályokat hőkezelni kell.

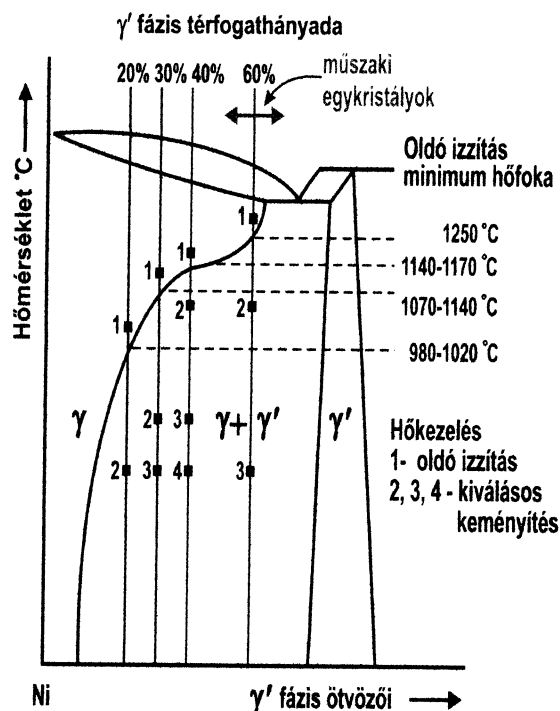
### 2. A nikkell alapú ötvözetek hőkezelésének elméleti alapjai

A hőálló nikkell alapú ötvözetek komplex ötvözésűek. Az alapfázis nikkell különböző ötvözőkkel, pl. Cr, Co, Mo, W, Ta, Ti, Al alkotott szilárd oldata ( $\gamma$  fázis), amelyben  $\text{Ni}_3(\text{Ti}, \text{Al})$  szilárdságnövelő vegyületfázis kiválások ( $\gamma'$  fázis) található magas térfogatarányban. A szövetszerkezetben  $\gamma/\gamma'$  eutektikum is előfordulhat valamint az ötvözet vegyi összetételéből következően karbidok. A magas kúszásállóság elérése érdekében az ötvözetek hőkezelése oldó izzításból és kiválásos keményítésből áll [3]. Oldó izzítás során a nikkell ötvözetet a homogén  $\gamma$  fázis tartományába kell hevíteni. Gyors hűtés után két vagy háromszoros kiválásos keményítést szoktak beiktatni a  $\gamma'$  precipitátumok magas térfogatará-

nyú, megfelelő méretű és alakú elérése valamint egyenletes eloszlása érdekében. A hőkezelés alapelveit a  $\gamma'$  fázisképző elemek mennyiségére tekintettel és az irányadó hőmérsékletek feltüntetésével, szemléltető jelleggel, az 1. ábra mutatja.

### 3. Kísérleti anyag és technika

Hőkezelésre irányított kristályosítás (IK) technológiájával előállított [4,5] CMSX-3 jelölésű nikkell alapú szuperötvözetet alkalmaztunk. Az ötvözet irányadó vegyi összetétele (tömeg %): 8% Cr, 4% Co, 0,5% Mo, 9% Mo, 5,7% Al, 0,7% Ti, 5,7% Ta, 0,1 % Hf a fennmaradó rész Ni. A próbadarabokon oldó izzítást végeztünk 1240 – 1325 °C hőmérséklet-tartományban 4 vagy 6 órás hőntartással és 40 °C/min lehülési sebességgel. Oldó izzítás után kétfokozatú kiválásos keményítést iktattunk be 1000 °C /4h + 870 °C /18h vagy 1100 °C/4h + 870 °C/18h paraméterek mellett. A hőkezelést PZ 810 típusú vákuum kemencében folytattuk le. A szövetszerkezetet Neophot 30 fényes JSM 35 CF pásztázó elektron-mikroszkópon vizsgáltuk. Az eutektikum és a  $\gamma'$  fázis kvantitatív értékeinek meghatározására Mini BVS képelemző berendezést alkalmaztunk.



1. ábra. Nikkel -  $\gamma'$  fázisképző ötvözők kvázi-binér egyensúlyi diagramja

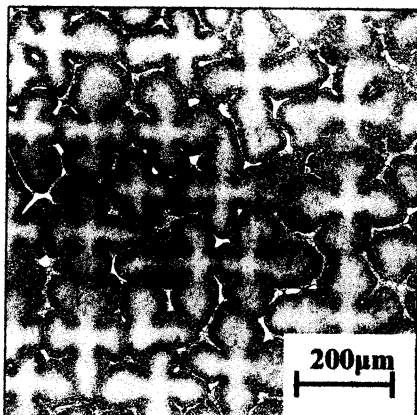
### 4. Vizsgálati eredmények

Az IK technológiával készült egykristályok szövete képe a 2. ábrán látható, a dendritek közti térben  $\gamma/\gamma'$  eutektikum "szigetek" képződtek. A  $\gamma'$  precipitátumok alakja és mérete a dendrites szerkezetben elfoglalt elhelyezkedésükből következően változó (3. és 4. ábra).

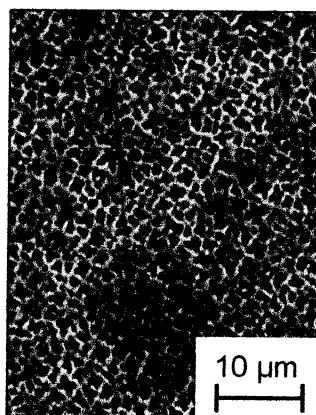
Megfelelő paraméterű oldó izzítással a dendrites szerkezet eltávolítható, javul az ötvözők eloszlása a  $\gamma$  mátrixban és lehülés során finom  $\gamma'$  precipitátumok egyenletes kiválása érhető el. Az oldó izzítás választott kezdeti hőmérséklete (1240 °C) csak kis méretű változást okozott a szövetszerkezetben, a dendritek belsejében finomodott a  $\gamma'$  fázis kiválása, a dendritek közti térben viszont nem történt számottevő változás (5. ábra). A  $\gamma/\gamma'$  eutektikum oldódása 1300 °C-on végrehajtott izzítás során már megfigyelhető volt, az eutektikum szomszédságában még kis mértékben előfordultak fel nem oldódott (öntés utáni)  $\gamma'$  precipitátumok (6. ábra). Homogén szövetállapotot minimális mennyiségű eutektikummal az 1310 °C/6h paraméterű izzítás eredményezett, a hőkezelt ötvözet szövete képe a 7. ábrán látható. Az 1310 °C/6h paraméterű oldó izzítás után a  $\gamma'$  vegyületfázis gömb és kocka alakú volt (8. ábra) 0,35  $\mu\text{m}$  átlagmérettel, míg a hőkezelés előtti állapotot tekintve ezen fázisok nagysága 0,85  $\mu\text{m}$  (a

dendrit belsejében), illetve 1,1  $\mu\text{m}$  (a dendritek közti térben) volt. Az alkalmazott kiválásos keményítés szövetállapotra gyakorolt hatását a 9. a) és b) ábra szemlélteti.

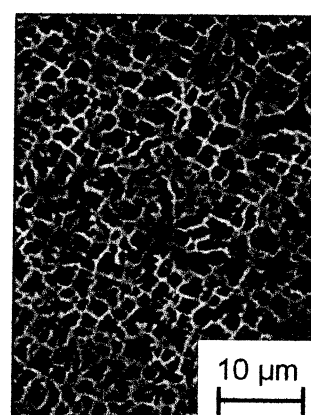
A magasabb hőfok (1100  $^{\circ}\text{C}$ ) közel kocka alakú (kuboid)  $\gamma'$  precipitátumok képződéséhez vezetett 0,7  $\mu\text{m}$  átlagmérettel, míg alacsonyabb hőfok esetében szabálytalanabb gömb és kocka alakú  $\gamma'$  fázisok jöttek létre 0,5  $\mu\text{m}$  nagysággal. A  $\gamma/\gamma'$  eutektikum térfogatarányának változását a végrehajtott oldó izzítások függvényében a 10. ábra mutatja. Az alkalmazott hőkezelési eljárások hatását a  $\gamma'$  fázis térfogatarányára és méretére az 1. táblázat összegzi.



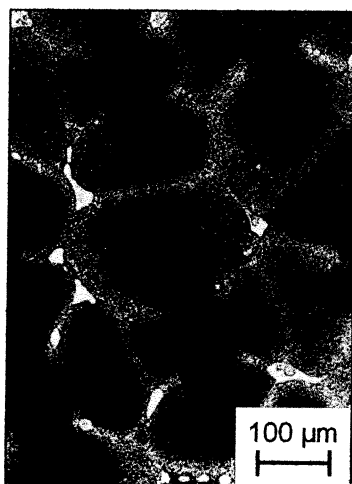
2. ábra. CMSX-3 ötvözet dendrites szerkezete



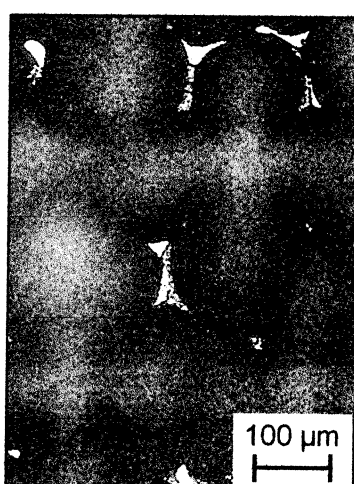
3. ábra.  $\gamma'$  precipitátumok a dendrit belsejében



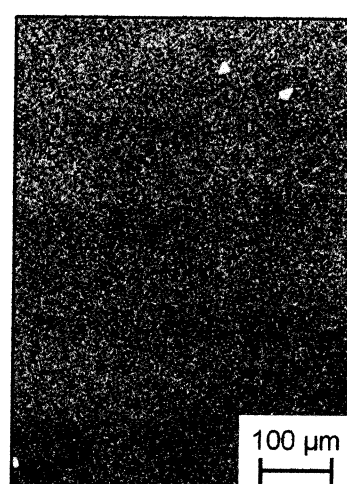
4. ábra.  $\gamma'$  precipitátumok a dendritek közti térben



5. ábra. Szövetkép 1240  $^{\circ}\text{C}/4\text{h}$  oldó izzítás után



6. ábra. Szövetkép 1300  $^{\circ}\text{C}/6\text{h}$  oldó izzítás után

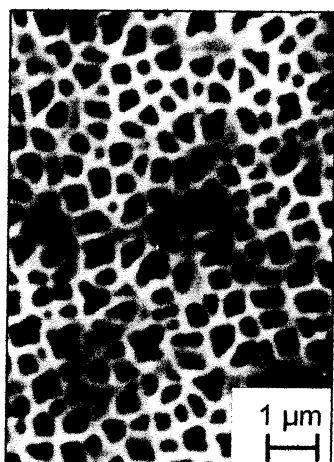


7. ábra. Szövetkép 1310  $^{\circ}\text{C}/6\text{h}$  oldó izzítás után

## 5. Összefoglaló

Az irányított kristályosítás technológiájával feldolgozott CMSX-3 jelölésű nikkelt alapú ötvözet dendrites szerkezetű, amelyben a szilárdság- és kúszásállóságnövelő  $\gamma'$  precipitátumok alakja és mérete eltérő, valamint  $\gamma/\gamma'$  eutektikum is jelen van. Optimális paraméterű oldó izzítással (1310  $^{\circ}\text{C}/6\text{h}$ ) a den-

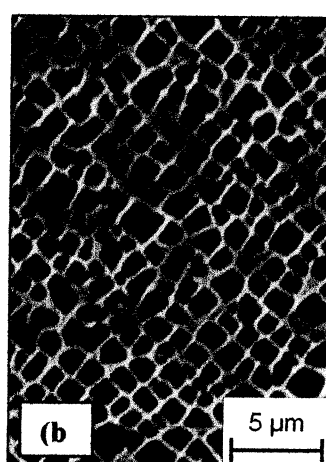




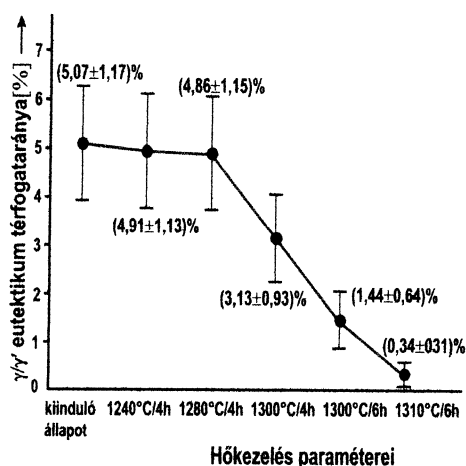
8. ábra.  $\gamma'$  precipitátumok 1310 °C/6h oldó izzítás után



9. ábra. CMSX-3 ötvözet szövete képe teljes hőkezelés után  
a) 1310 °C/6h + 1000 °C/4h + 870 °C/18h  
b) 1310 °C/6h + 1100 °C/4h + 870 °C/18h



drites szövetszerkezet eltávolítható és egyenletes eloszlású finom (0,35 µm átlagméretű)  $\gamma'$  fázisok hozhatók létre. A kiváló keményítéssel alapuló további hőkezelés paramétereitől beállítható a  $\gamma'$  precipitátumok végső mérete, alakja és magas térfogataránya.



10. ábra. A  $\gamma/\gamma'$  eutektikum térfogatarányának változása oldó izzítás során

1. táblázat. Az alkalmazott hőkezelés hatása a CMSX-3 ötvözet  $\gamma'$  fázisának néhány paraméterére

CMSX-3 nikkelt bázisú ötvözet állapota	$\gamma'$ fázis térfogataránya $V_{\gamma'}$ [%]	$\gamma'$ fázis mérete $\bar{a}$ [µm]
Kristályosítás után:		
dendritben	(42,7 ± 2,8) %	0,85 µm
dendritek között	(46,5 ± 2,9) %	1,1 µm
Oldó izzítás 1310 °C/6h	(49,6 ± 2,9) %	0,35 µm
Teljes hőkezelés 1310 °C/6h + 1000 °C/4h + 870 °C/18h	(53,3 ± 2,9) %	0,5 µm
Teljes hőkezelés 1310 °C/6h + 1100 °C/4h + 870 °C/18h	(55,4 ± 2,9) %	0,7 µm

### Köszönetnyilvánítás

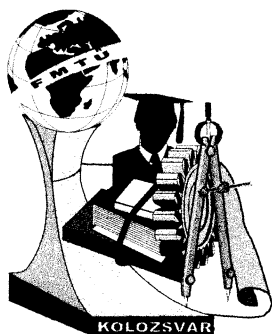
Köszönetemet fejezem ki Žitňanský professzornak és Maroš Martinkovič docensnek az irányított kristályosítással összefüggő projektek során megvalósult sikeres együttműködésért.

### Irodalomjegyzék

- [1] M. McLean: *Philosophical Transactions of Royal Society*, Vol. 351, 1995, pp. 419-433.
- [2] H. Fu – X. Geng: *Sci. Technol. Adv. Mater.*, 2, 2001, pp. 197-204.
- [3] G.K. Bouse – J.R. Mihalisin, In: J.K. Tien – T. Caulfield (eds.), *Superalloys, Supercomposites and Superceramics*, Academic Press, New York, 1989, pp. 99-148.
- [4] M. Žitňanský – M. Hazlinger – P. Pinke – J. Zrník: *Irányított kristályosítással előállított anyagok*, Kutatási jelentés 1/990 376/93, MTF STU Trnava, 1991.
- [5] Pinke P.: *Műszaki Tudományos Füzetek XII.*, FMTÜ 2007, EME, Kolozsvár, 149-152. old.

Dr. Pinke Péter, egyetemi adjunktus

Szlovák Műszaki Egyetem Pozsony, Anyagtechnológiai Kar Nagyszombat  
Paulínska 16, 917 24 Trnava, Slovenská republika, Tel: 00421/33 552 1007, E-mail: peter.pinke@stuba.sk



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## A KÖZÉPVONALI DÚSULÁS EREDETE FOLYAMATOSAN ÖNTÖTT TERMÉKEKBEN

Réger Mihály, Heli Kytönen, Verő Balázs, Szélig Árpád

### Abstract

Industrial data set with 400 CC steel slabs were analysed by statistical method for revealing the real connections between the technological parameters, heat transfer model's results and the precisely determined centerline segregation index.

### Összefoglalás

A középilonali dúsulás és a technológiai paraméterek kapcsolatának tisztázásához 400 folyamatosan öntött lemezbugára vonatkozó ipari adathalmaz statisztikai elemzésére és a folyamatok matematikai modellezésére került sor. Ezek alapján a dúsulási index becsülhető.

### 1. Bevezetés

A lemezbugák középilonali dúsulásnak jelensége egyidős a folyamatos öntés technológiájával. Ennek megfelelően számtalan cikk, tanulmány jelent meg az elmúlt évtizedekben a témáról és az ipari fejlesztések egyik fő célja is a középilonali dúsulás csökkentése volt. Tapasztalatunk szerint a szakirodalomban sokféle és gyakorta nem teljesen precíz definíció olvasható a dúsulások fogalmáról [1-4], dolgozatunk utolsó szakaszában ezeket a definíciókat is pontosítani igyekszünk.

### 2. A középilonali dúsulás az ipari adatok tükrében

Külföldi partnerintézményekkel való együttműködés keretében az elmúlt évben egy olyan ipari, 400 lemezbuga öntésére vonatkozó mérési adathalmaz elemzésére került sor, mely az előzetes várakozásoknak megfelelően lehetőséget adhat az üzemi paraméterek és a középilonali dúsulás közötti kapcsolat feltárására, vagy legalábbis a főbb befolyásoló tényezők azonosítására. Az adatsor ívelt öntőgépre vonatkozik és felöleli a – dúsulási szempontból jelentőséggel bíró – üzemi körülmények között mérhető paramétereket.

A partner intézmény munkatársai mind a 400 lemezbuga állandósult állapotú öntési esetére vonatkozóan matematikai modellezést végeztek (IDS – termofizikai jellemzők, TEMPSIMU – hőtani modell, BOS – kihajlási modell). A statisztikai elemzés célját szolgáló adathalmaz az állandósult állapotú öntésre vonatkozó matematikai modellezés eredményeivel bővült.

Külön figyelmet érdemel a középilonali dúsulási index kérdése. Minden adagra, illetve bugára

vonatkozóan két érték szerepel az adatbázisban, az egyiket üzemi körülmények között, a másikat laboratóriumban határozták meg. Az üzemben és a laboratóriumban mért dúsulási jellemző között meghatározható korrelációs koefficiens 0,83 körüli, önmagában ez az érték is rávilágít arra, hogy a középvonali dúsulás becslése milyen bizonytalanságokkal jár még egy ilyen, körültekintően elvégzett mintavételezés és értékelés esetében is.

Az azonos adagra, lemezbugára meghatározott dúsulási indexek eltérését (vagyis a mérési bizonytalanságot) egyrészt az okozza, hogy az egy adaghoz tartozó öntött termék hossza a 100 m-es tartományba esik, a teljes szál egy-egy kb. 20 cm-es metszettel történő jellemzése nyilván hibákat tartalmaz. Másrészt a középvonali dúsulás számértéke érzékeny az előkészítési és a kiértékelési technikákra és a mérés információtartalma sem teljesen egyértelmű (pl. ötvözőkben, szennyezőkben dúsult rész maródik-e, vagy a zárványok). Harmadsorban a teljes öntési folyamatra az állandósult öntési viszonyok érvényességét feltételezzük, de nyilvánvalóan voltak olyan öntési szakaszok, melyekben tranziens viszonyok valósultak meg.

Az adathalmaz statisztikai módszerekkel történő kiértékelésének célja a középvonali dúsulást befolyásoló főbb paraméterek azonosítása volt. Úgy ítéltük meg, hogy bár komoly mérési bizonytalanságok terhelik az adatokat, ennek ellenére a statisztikai megközelítés reményteljesen alkalmazható az alapvető kapcsolatok tisztázására. Ezért volt meglepő az az eredmény, amelyre a külföldi és hazai kutatócsoport egymástól függetlenül jutott: a teljes adathalmaz elemeinek kombinációi a középvonali dúsulás változását maximum kb. 20 %-ban magyarázza ( $R^2$ ).

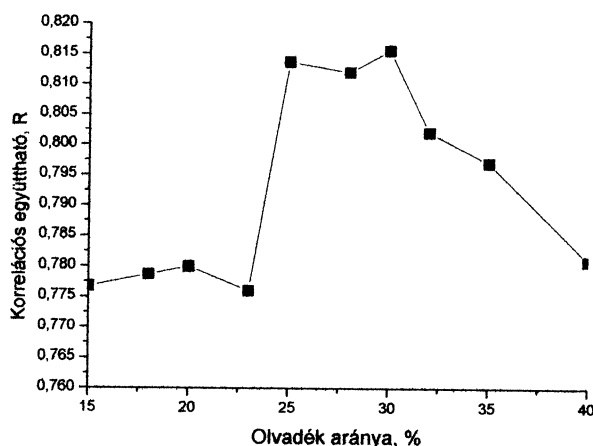
### 3. Az LMI modell és alkalmazása

Felmerül a kérdés, milyen típusú technológiai adat szolgáltatathat további magyarázatot a középvonali dúsulás változásaira? A bevezetésben elmondottak alapján egyértelműnek tűnik, hogy a kristályosodási folyamatot kísérő olvadékáramlás, az ebből adódó makrodúsulási folyamatok, illetve a zsugorodást kompenzáló olvadék utánpótlás feltételrendszerének paraméterei jöhetnek számításba. A probléma az, hogy a „mushy” zónában kialakuló olvadékáramlás, a dúsulás, valamint a szilárd kéreg alakváltozásának nyomon követése egy valós üzemi esetre igen bonyolult, ezek komplex matematikai modellezése jelenleg nem megoldott.

A kérdéskör megközelítésére egy korábban kidolgozott [5], fél-empirikus modell alkalmazását kíséreltük meg. A modell lényege, hogy a szilárd kéreg zsugorodásából, és a különböző okokból (metalloztatikus nyomás, támgörgők, kihajlás) létrejövő kényszer alakváltozásokból következtet a szál belsejében kialakuló olvadékáramlásra (LMI – Liquid Motion Intensity modell). Az olvadékáramlás intenzitásából, illetve a ciklikus olvadékáramlások halmozódásából olyan paramétereket generálunk, melyeket már az öntési folyamat jellemzőjeként figyelembe lehet venni.

Az új (LMI\_7) paraméter bevezetésével és a statisztikai feldolgozásba való bevonásával a becsült és mért középvonali dúsulás közötti korrelációs kapcsolat lényegesen javult. Az LMI modell szerinti -

meglehetősen időigényes - számítási sorozatot három acélcsoporton belül összesen 38 esetben végeztük el. A próbaszámítások során világossá vált, hogy a modell alapján becsült és a mért középvonali dúsulás közötti korrelációs együttható erőteljesen függ az LMI\_7 paraméter értelmezési tartományától. Az 1. ábra a korrelációs együtthatót az LMI\_7 paraméter értelmezési tartományának függvényében mutatja.



*1. ábra. A becsült és mért dúsulási index közötti korrelációs tényező az olvadékmennyiség függvényében*

A görbe maximumos jellegű, a maximum 25 és 30 % közötti olvadék tartalomnál van, ami jó egyezést mutat a szakirodalmi adatokkal. A három acélcsoportra meghatározott LMI\_7 paraméter önmagában 69,7 %-ban magyarázza a középvonali dúsulási index változását, ami igen jó érték a korábbi számítási eredmények és a dúsulási index meghatározási bizonytalanságának tükrében. A kéntartalmat is figyelembe véve a magyarázó képesség 71 %-ra nő.

#### 4. Összefoglalás, értelmezés

A tanulmányban bemutatott matematikai modell és az eredmények statisztikai feldolgozása alapján körvonalazható a középvonali dúsulás kialakulásának alapvető mechanizmusa. A számítási eredményeket természetesen a szakirodalmi információk, az üzemi tapasztalatok és az anyagvizsgálati, metallográfiai vizsgálatok tükrében célszerű áttekinteni.

Az eredmények alapján pontosabban lehet megfogalmazni a makrodúsulás és a középvonali dúsulás közötti különbséget. A kettő sok vonatkozásban összekapcsolódik, de alapvető különbség, hogy a makrodúsulás az oldott elemek (pl. Mn), illetve a kiválások (pl. NbC) és a zárványok (pl. MnS) bizonyos térrészekben való felszaporodásával jár és ez a térrész természetesen lehet a lemezbuga középvonala is. Az éles középvonali dúsulás kialakulásához a makrodúsulás jelenléte véleményünk szerint csak az egyik feltétel. Ebben az esetben a számítási eredmények és a metallográfiai vizsgálatok alapján feltételezhető, hogy az olvadék utánpótlás lehetőségének a megszűnése következtében

kialakuló mikroüregek képződése is fontos szerepet játszik. Az eddigi tapasztalatokra és vizsgálatokra támaszkodó feltételezésünk szerint akkor jön létre éles középvonali dúsulás, ha a makrodúsulás mellett mikroüregek képződésére is sor kerül. Megjegyzendő, hogy a fentiek szerint értelmezett makrodúsulás és középvonali dúsulás között folyamatos átmenet tételezhető fel a mikroüregek szaporodásának függvényében.

Az egyik alapvető metallográfiai megfigyelésünk - melynek tisztázására jelenleg is folynak vizsgálatok – hogy a képződött mikroüregek egy része a lemezbuga hengerlése során nem tűnik el, vagyis nem történik meg az összehegedés. A középvonalban általában mindig több a zárvány, ez természetes és nem is okoz gondot, mivel nem szűnik meg a fémes alapanyag mátrix folytonossága. Ha azonban elnyújtott vékony folytonossági hiány hálózat jön létre az össze nem hegedő mikroüregek miatt, akkor az egyrészt a hengerelt lemezen ultrahanggal kimutatható hibát okoz, másrészt erőteljesen akadályozza a feldúsult oldott elemek diffúzióval történő kiegyenlítését.

A középvonali dúsulás drasztikus mértékben, irreverzibilisen tudja rontani az öntött termék, illetve a belőle hengerelt termékek felhasználhatóságát (elsősorban a durvalemezek vastagsági tartományában). A fentiek szerint a jelenség kialakulásában az acél típusán, minőségén kívül igen lényeges szerepet játszik a támgörgők állapota, az öntőgép beállítása, illetve a beállítás és az adott technológia összhangja. Ez utóbbi kijelentés azt is igazolja, hogy a folyamatos öntés összetett viszonyait csak a maguk komplexitásában, az acéltípus, a technológia és az öntőgép egységeként lehet kezelni.

## Irodalom

- [1] A. Barber, P.A. Emtage, S.A. Moir: Prediction in As-Cast Semis, Proceedings of ECCO 2005 - 5th European Continuous Casting Conference, 20-22. June 2005.
- [2] A. Ghosh: Segregation in cast products, Sadhana, Vol. 26, Parts 1 & 2, February-April 2001, pp. 5-24
- [3] G. Lesoult: Macrosegregation in steel strands and ingots: Characterisation, formation and consequences, Materials Science and Engineering A 413-414 (2005), pp. 19-29
- [4] H.F. Jacobi: Investigation of Centreline Segregation and Centreline Porosity in CC-Slabs, Steel Research 74 (2003) No. 11/12, pp. 667-678
- [5] M. Réger, B. Verő, Zs. Csepeli, Á. Szélig: Macrosegregation of CC Slabs, Fourth Int. Conf. on Solidification and Gravity, 6-10 Sept. 2004

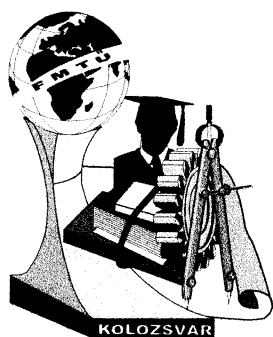
**dr. Réger Mihály**, főiskolai tanár

Munkahely: BMF BGK Anyag és Gyártástechnológiai Intézet

Cím: 1081 Budapest, Népszínház u. 8.

Telefon / Fax: 36-16665430/36-16665423

E-mail: reger.mihaly@bgk.bmf.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## FULLERÉN KOMBINATORIKUS SZERKEZETÉNEK JELLEMZÉSE SPIRÁLKÓD FELHASZNÁLÁSÁVAL

Réti Tamás, Bitay Enikő

### Abstract

Combinatorial properties of fullerenes are investigated. Starting with the traditional spiral code, novel topological shape indices are introduced for the structural characterization of fullerenes. It is demonstrated that using appropriately defined shape indices, the stability of fullerenes can be successfully predicted.

### Összefoglalás

Fullerének kombinatorikus tulajdonságait vizsgáltuk. A hagyományos spirális kódot felhasználva, új topológiai alaktényezőket származtattunk fullerének topológiai szerkezetének jellemzésére. Demonstráltuk, hogy alkalmasan definiált topológiai alaktényezők segítségével a fullerének stabilitása előre becsülhető, predikálható.

### 1. Bevezetés

Mint ismeretes a fullerének 5- és 6-szögekből álló poliédereknek tekinthetők. Közös jellemzőjük, hogy egy  $n$  csúcsszámú  $C_n$  fullerént, (ahol  $n \geq 20$ , és  $n \neq 22$ ) pontosan  $F_5=12$  számú ötszög és  $F_6=(n/2)-10$  számú hatszög alkot. Fullerének topológiai szerkezetének jellemzésére számos ún. topológiai alaktényezőt javasoltak és alkalmaztak az elmúlt évtizedben. Ezek részben a fullerén élgráfjának spektrális jellemzői, részben az 5- és 6-szögek egymáshoz kapcsolódását számszerűen jellemző lokális vagy globális topológiai mennyiségek [1-11].

A következőkben olyan új típusú topológiai alaktényezőket definiálunk, amelyek közös sajátossága, hogy egyszerű módon származtathatók, közvetlenül generálhatók a fullerének kódolásához elterjedten alkalmazott spirális kódok felhasználásával. Példákon demonstráljuk, hogy az újonnan bevezetett alaktényezők sikerrel alkalmazhatók különféle fullerén-izomerek stabilitásának előre jelzésére, azaz predikciójára.

## 2. Fullerének spirális kódja

Fulleréneknek kétféle spirális kódját szokás megkülönböztetni, az ún. teljes és az ún. redukált spirális kódot. Az előbbit az egymással szomszédos 5 és 6-szögek sorozata, az utóbbit kizárólag 12 ötszög pozícióját feltüntető pozitív egész számok sorozata alkotja. A spirális kód definiálásakor mindig 5-szögből szokás kiindulni, azaz definíció szerint az első elem a kódban mindig 5-szöget jelöl [1].

Egy  $n$  csúcscsú számú fullerén teljes spirális kódjának hossza, azaz elemeinek száma megegyezik a poliéderrel reprezentált fullerén lapjainak  $F$  lapszámával, azaz  $F=2+2/n$ . Következésképpen a  $C_n$  fullerén teljes spirális kódját az  $F$  komponensű

$$\mathbf{k} = [K_1, K_2, \dots, K_i, \dots, K_F] \quad (1)$$

vektor egyértelműen jellemezi. Például a  $C_{60}$  Buckminster fullerén teljes spirális kódját az alábbi,  $F=32$  elemszámú számsorozat reprezentálja [1]:

$$[\underline{5}, 6, 6, 6, 6, 6, \underline{5}, 6, \underline{5}, 6, \underline{5}, 6, \underline{5}, 6, \underline{5}, 6, \underline{5}, 6, \underline{5}, 6, \underline{5}, 6, \underline{5}, 6, \underline{5}, 6, 6, 6, 6, \underline{5}] \quad (2)$$

Mivel az ötszögek száma mindig 12, ezért bármely fullerén topológiai szerkezetének kódolásához elégséges csupán az ötszögek előfordulási pozícióját (sorszámát) a teljes spirális kódban megadni. Ezen egyszerűsítés eredményeként származtatjuk a redukált spirális kódot, amely a 12 elemű

$$\mathbf{p} = [P_1, P_2, \dots, P_j, \dots, P_{12}] \quad (3)$$

vektorral azonosítható. Ennek első eleme mindig 1, a többi elem pozitív egész számok szigorúan monoton növekedő sorozata. Nyilván az utolsó  $P_{12}$  elem értéke  $F$ -nél nagyobb szám nem lehet. A fentiek értelmében a hatvan karbon atomot tartalmazó Buckminster-fullerén redukált spirális kódja:  $[1, 7, 9, 11, 13, 15, 18, 20, 22, 24, 26, 32]$ .

## 3. Spirális kód alapján származtatott topológiai alaktényezők

A spirális kód két változatának felhasználásával különféle topológiai alaktényezők származtathatók, amennyiben feltételezzük, hogy a vizsgált fullerének egy véges halmazára vonatkozóan a spirális kód egyértelműen definiált.

A) Ha teljes spirális kódból indulunk ki, célszerű mindenek előtt megvizsgálni a kódban a két szomszédos szám (egymást követő sokszög-oldalszám) különbségét, nevezetesen a  $\Delta K_i = K_{i+1} - K_i$  ( $i=1, 2, \dots, 11$ ) mennyiségeket. Ezek lehetséges értékei  $-1, 0$  és  $+1$ , attól függően, hogy a kódban az 5 és 6 számok milyen sorrendben követik egymást. Definiáljuk  $P_T$  topológiai alaktényezőt a

$$P_T = \sum_{\{\Delta K_i=1\}} \Delta K_i - \sum_{\{\Delta K_i=-1\}} \Delta K_i \quad (4)$$

összefüggéssel. Az ily módon értelmezett  $P_T$  alaktényező, amelyet átmenet-paraméternek (transition parameter) nevezünk, megadja a kódban előforduló (5,6) és (6,5) átmenetek teljes számát, és közvetve információt nyújt a fullerén topológiai szerkezetéről. Amint a későbbiekben demonstrálni fogjuk, egy fullerén annál inkább stabilnak tekinthető, minél nagyobb a  $P_T$  egész szám értéke. Amint a (2) kódból megállapítható, a Buckminster-fullerénre vonatkozóan  $P_T = 22$ . (Ez egyébként a maximális

nagyságú alaktényező, amennyiben valamennyi C 60 izomerre kiszámítjuk  $P_T$  értékét.)

B) A (3) formulával reprezentált redukált spirális kód ugyancsak alkalmas topológiai alaktényezők származtatásához. E célból első lépésben a redukált spirális kód elemeiből generálunk egy ún. differenciális spirál-kódot. A differenciális spirál-kód egy 11 elemű  $\mathbf{d}$  vektorral reprezentálható, ennek  $D_j$  elemeit a  $D_j = P_{j+1} - P_j$  ( $j=1,2,..11$ ) képlettel határozhatjuk meg. A definícióból adódóan  $D_j$  értékei egy vagy egynél nagyobb pozitív egész számok. A Buckminster-fullerénre vonatkozóan a differenciális spirális kód: [6,2,2,2,2,3,2,2,2,2,6]. A differenciális spirális kódot felhasználva az alábbi két topológiai alaktényezőt értelmeztük:

$$S_P = \sqrt{X_{P,2} - X_{P,1} * X_{P,1}} \quad (5)$$

valamint

$$S_{PR} = 100 \frac{S_P}{X_{P,1}} \quad (6)$$

A fenti képletekben  $X_{P,1}$  és  $X_{P,2}$  a differenciális spirál-kód komponenseinek első és második momentuma, nevezetesen

$$X_{P,k} = \frac{\sum_{j=1}^{11} D_j^k}{11} \quad (7)$$

ahol  $k= 1$  és  $2$ . A két topológiai alaktényező közül (5) a spirál-kód komponenseinek szórását, (6) pedig százalékos relatív szórását definiálja. Mint látni fogjuk, a fentebb bevezetett topológiai alaktényezők alkalmasak a fullerén-stabilitás előrejelzésére. Későbbi vizsgálatainkból arra következtettünk, hogy egy fullerén annál inkább tekinthető stabilnak, minél kisebb  $S_P$  illetve  $S_{PR}$  értéke.



#### 4. Duális pentagon-távolság mátrix alapján származtatott topológiai alaktényezők

Abból a célból, hogy az imént bevezetett új topológiai alaktényezők diszkriminációs képességét átfogóan minősíteni lehessen, az összehasonlító elemzésekhez felhasználtuk a szakirodalomból már korábban ismert és alkalmazott alaktényezőket is. Ezek közé tartozik a pentagon-index,  $N_p$ , a rezisztencia távolság,  $R_T$ , az izolációs index, IS [1,4,5,9,10,11], valamint még két további speciális alaktényező ( $S_V$  és  $S_{VR}$ ), amelyek főleg nagy méretű (60-nél nagyobb számú karbon atomot tartalmazó) fullerének strukturális jellemzésekor bizonyulnak hatékonyak. Az utóbbi két topológiai alaktényező értelmezéséhez az ún. duális pentagon-távolság mátrix elemei, pontosabban a márixelemek nagyság szerinti eloszlása szolgál kiindulási alapul.

A duális pentagon-távolság mátrix  $M_D$  egy  $[12] \times [12]$  méretű kvadratikus és szimmetrikus mátrix, amelynek főátlójában zérus elemek vannak. A mátrix származtatásához első lépésben a vizsgált fullerén duálisát (azaz a megfelelő duális poliédert) kell előállítani. E duális poliéder pontosan  $V_5 = 12$  darab ötfokú csúcsot és  $V_6 = (n/2) - 10$  darab hatfokú csúcsot tartalmaz. Második lépésben a 12 darab sorszámozott  $X_i$  ( $i=1,2,\dots,12$ ) ötfokú csúcs egymástól való távolságát határozzuk meg. Ezen  $d(X_i, X_j)$  távolságok – amely a gráfban a csúcsok közötti legrövidebb út hosszával azonos -, képezik majd az  $M_D$  duális pentagon-távolság mátrix nem-negatív  $m_D(i,j)$  elemeit. Az  $m_D(i,j)$  elemek értéke 1 vagy ennél nagyobb pozitív szám. Nyilván  $m_D(i,j)$  nagyobb egynél, ha mind a 12 ötszög izolált, azaz két ötszögnek nincs közös éle. Legyen  $f_r$  azon mátrix-elemek száma, amelyek értéke éppen  $r$ , ahol  $r \geq 1$  pozitív egész szám. Ekkor

$$\sum_{r \geq 1} f_r = 2 \binom{12}{2} = 2 * 66 = 132 \quad (8)$$

Az  $(r, f_r)$  adatpárok egy diszkrét valószínűség eloszlást határoznak meg, ennek statisztikai jellemzői felhasználhatók fullerének topológiai szerkezetének jellemzésére. Felhasználva az  $(r, f_r)$  adatpárokat, az alábbi két topológiai alaktényezőt értelmeztük:

$$S_V = \sqrt{X_{V,2} - X_{V,1} * X_{V,1}} \quad (9)$$

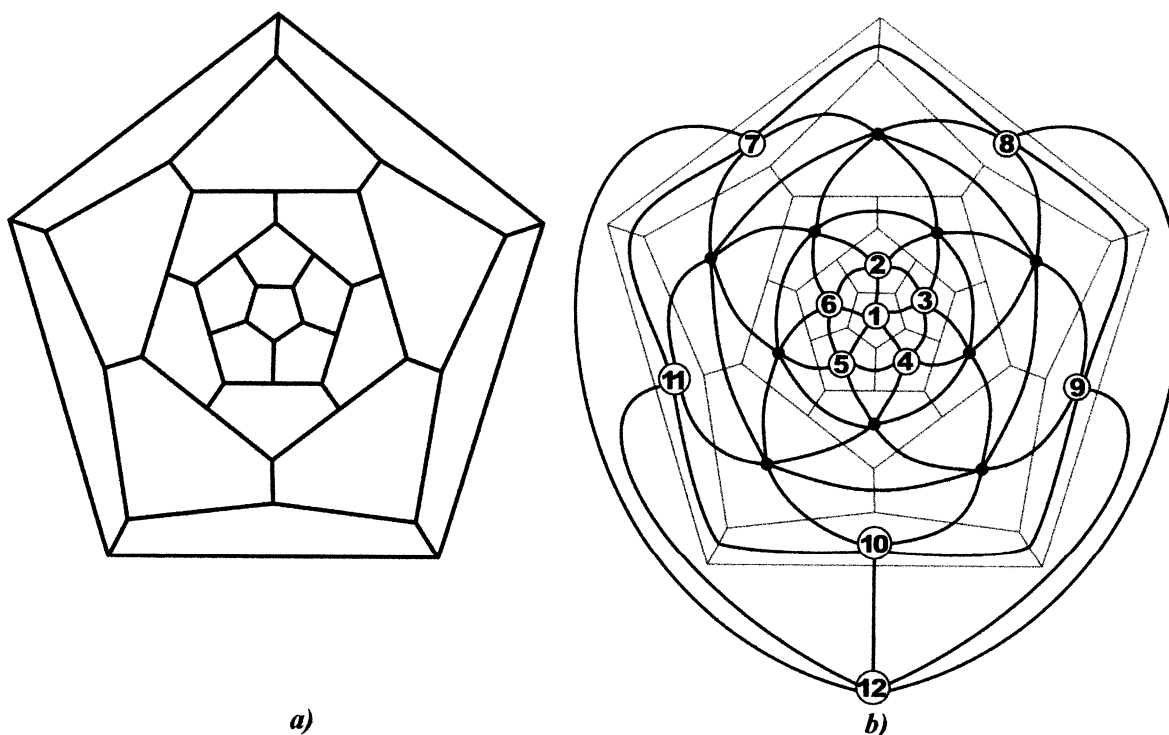
és

$$S_{VR} = 100 \frac{S_V}{X_{V,1}} \quad (10)$$

A fenti képletekben  $X_{v,1}$  és  $X_{v,2}$  a valószínűség eloszlás első és második momentuma, nevezetesen

$$X_{v,k} = \frac{\sum_{r \geq 1} r^k f_r}{132} \quad (11)$$

ahol  $k=1$  és  $2$ . A két topológiai alaktényező közül (9) az  $r$  valószínűségi változó szórását, (10) pedig százalékos relatív szórását reprezentálja. A fenti képletekkel definiált topológiai alaktényezők alkalmasak arra, hogy az ötszöglapok egymáshoz viszonyított „távolságának” egyenletességét (illetve a távolságok fluktuációját) számszerűen is jellemezzük. Nem alaptalan az a feltételezés, hogy minél kisebb a  $d(X_i, X_j)$  távolságok szórása, annál inkább stabilnak tekinthető egy fullerén. Az 1. ábra példaként a C 40 :1 fullerén izomer, valamint duálisának Schlegel diagramját illusztrálja. A C 40 :1 fullerén izomerre vonatkozóan az  $M_D$  mátrix elemeinek valószínűség-eloszlását az  $f_1=40$ ,  $f_2=20$ ,  $f_3=40$ ,  $f_4=30$  és  $f_5=2$  adatok reprezentálják, ezek függvényeként számított topológiai alaktényezők:  $S_v = 1,181$  és  $S_{vR} = 47,35 \%$ .



1. ábra. C40 :1 fullerén-izomer (a) és duálisának (b) Schlegel diagramja

A hagyományos valamint az újonnan bevezetett topológiai alaktényezők gyakorlati alkalmazhatóságnak tesztelése és értékelése végett vizsgálatinkat kiterjesztettük konkrét fullerén-izomerek geometriai szerkezetének jellemzésére. E vizsgálatokat alapvetően C40, C84 és C78 típusú fullerén-izomerek stabilitásának predikciójára koncentráltuk.

### 5. A C40 fullerén izomerek kombinatorikus szerkezetének minősítése

A C40 fullerénnek pontosan 20 izomerje létezik, ezek stabilitását hagyományos alaktényezők ( $N_p$ ,  $R_T$ ,  $IS$ ) felhasználásával többen is elemezték [1-11]. A vizsgálatok arra a következtésekre vezettek, hogy C 40: 1 izomer a legkevésbé stabil, míg leginkább stabil a C 40: 38 izomer. Jelen vizsgálataink eredményeként ugyanezen megállapítás nyert megerősítést. Az **1. táblázat** a hagyományos ( $N_p$ ,  $R_T$ ,  $IS$ ) és újonnan bevezetett topológiai alaktényezők ( $P_T$ ,  $S_p$ ,  $S_{PR}$ ,  $S_V$ ,  $S_{VR}$ ) számított értékeit tartalmazza néhány C 40 izomerre vonatkozóan. Ez utóbbiak, mint megállapítható, extrémális (minimum illetve maximum) értékeiket egyértelműen a leginkább stabilnak tekintett C 40: 38 izomerre valamint a legkevésbé stabil C 40: 1 izomerre veszik fel. Egyúttal az is kitűnik, hogy a tradicionális alaktényezők ( $N_p$ ,  $R_T$ ,  $IS$ ) szelektivitása meglehetősen korlátozott.

*1. táblázat Néhány C40 izomerre meghatározott topológiai alaktényező*

Fullerén izomer	Topológiai alaktényezők							
	$N_p$	$R_T$	$S_V$	$S_{VR}$ [%]	$S_P$	$S_{PR}$ [%]	$P_T$	$IS$
C40 : 1	20	955,2	1,1844	47,35	2,875	150,6	2	3,64
C40 : 2	16	936,9	1,0321	42,30	2,275	119,1	6	2,91
C40 : 24	11	922,7	0,859	36,80	1,192	65,6	11	2,00
C40 : 26	11	922,1	0,838	36,14	1,083	56,7	14	2,00
C40 : 28	12	924,1	0,862	36,68	1,240	64,9	10	2,18
C40 : 31	11	921,4	0,841	36,04	1,164	61,0	12	2,00
C40 : 38	10	920,3	0,800	34,54	0,514	26,9	18	1,82
C40 : 39	10	921,3	0,841	36,04	0,668	35,0	16	1,82
C40 : 40	12	921,5	0,886	36,99	0,900	47,1	14	2,18

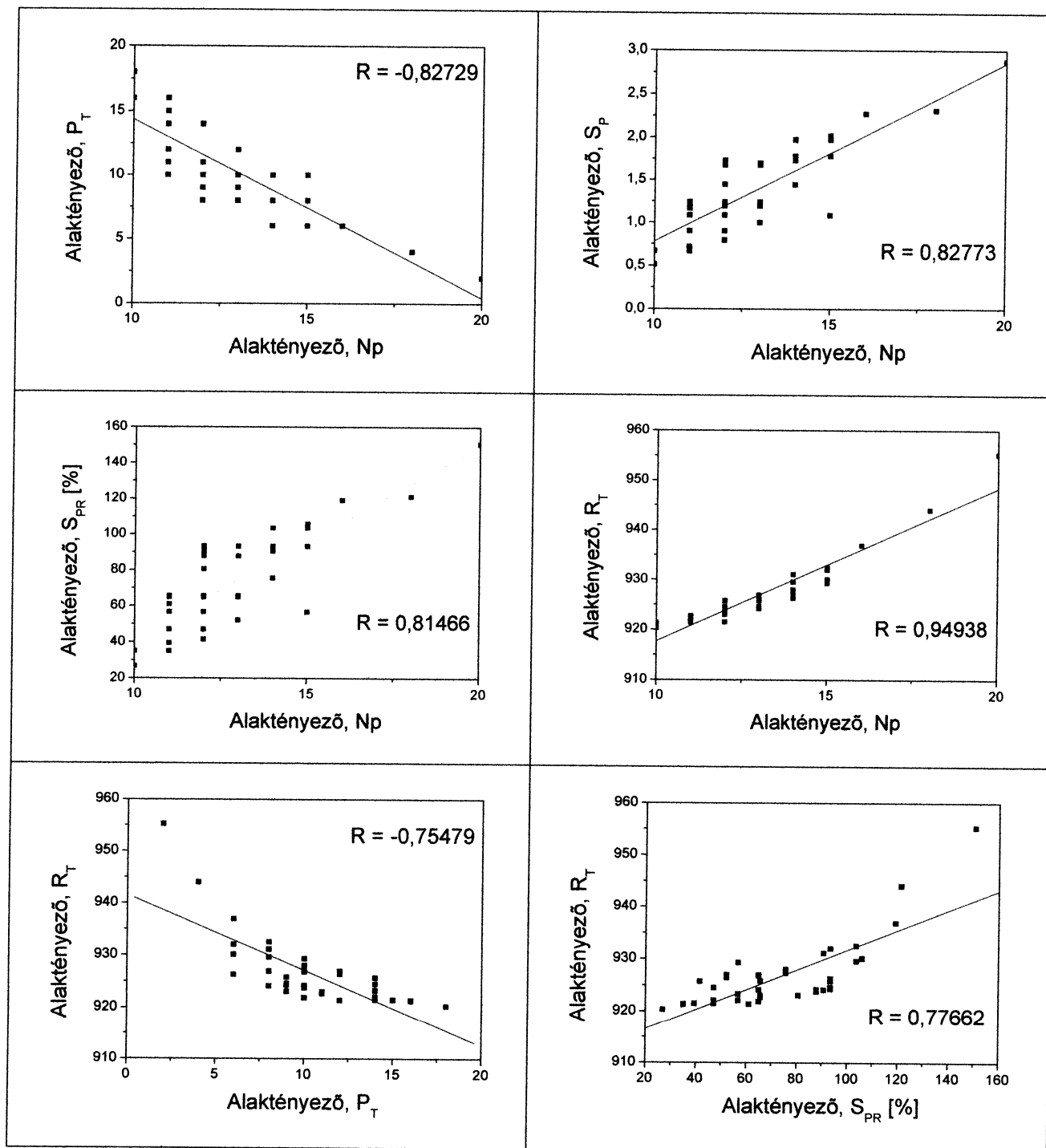
A **2. táblázat** az összes, szám szerint negyven C40 izomerre vonatkozóan hat topológiai alaktényező ( $N_p$ ,  $R_T$ ,  $IS$  illetve  $P_T$ ,  $S_p$ ,  $S_{PR}$ ) számított értékeit tartalmazza.

A táblázat adatai, valamint ez utóbbiak alapján szerkesztett diagramok (**2. ábra**) az előző megállapításokat meggyőzően támasztják alá.

A diagramokból kitűnik, hogy az  $R_T$ ,  $P_T$ ,  $S_p$ ,  $S_{PR}$  alaktényezők diszkriminációs képessége minden esetben jobb az legelterjedtebben alkalmazott  $N_p$  pentagon indexénél, melyet a szakirodalomban úgy tartanak számon, mint a fullerén-stabilitás legfontosabb kvantitatív mérőszámát.

2. táblázat Topológiai alaktényezők a negyven C40 izomerre vonatkozóan

Fullerén Izomer	Topológiai alaktényezők					
	Np	RT	PT	SP	SPR [%]	IS
C40 : 1	20	955,2	2	2,875	150,6	3,64
C40 : 2	16	936,9	6	2,275	119,1	2,91
C40 : 3	18	944,0	4	2,314	121,2	3,27
C40 : 4	15	932,0	6	1,781	93,3	2,72
C40 : 5	14	931,1	8	1,730	90,6	2,55
C40 : 6	14	929,6	8	1,975	103,5	2,55
C40 : 7	15	930,1	6	2,021	105,8	2,72
C40 : 8	15	932,5	8	1,975	103,5	2,72
C40 : 9	13	926,9	8	1,240	64,9	2,36
C40 : 10	13	926,9	12	0,996	52,2	2,36
C40 : 11	15	929,3	10	1,083	56,7	2,72
C40 : 12	13	925,8	9	1,192	65,6	2,36
C40 : 13	13	926,8	10	1,240	64,9	2,36
C40 : 14	12	924,1	8	1,730	90,6	2,18
C40 : 15	12	923,8	10	1,676	87,8	2,18
C40 : 16	13	924,6	9	1,696	93,3	2,36
C40 : 17	13	924,2	10	1,676	87,8	2,36
C40 : 18	14	926,3	6	1,781	93,3	2,55
C40 : 19	13	924,3	9	1,696	93,3	2,36
C40 : 20	12	925,8	9	1,696	93,3	2,18
C40 : 21	12	925,7	14	0,793	41,5	2,18
C40 : 22	12	924,5	14	0,900	47,1	2,18
C40 : 23	13	926,4	12	0,996	52,2	2,36
C40 : 24	11	922,7	11	1,192	65,6	2,00
C40 : 25	12	924,1	10	1,240	64,9	2,18
C40 : 26	11	922,1	14	1,083	56,7	2,00
C40 : 27	12	923,3	14	1,083	56,7	2,18
C40 : 28	12	924,1	10	1,240	64,9	2,18
C40 : 29	11	921,9	10	1,240	64,9	2,00
C40 : 30	12	923,0	11	1,192	65,6	2,18
C40 : 31	11	921,4	12	1,164	61,0	2,00
C40 : 32	14	927,3	10	1,443	75,6	2,54
C40 : 33	14	928,0	10	1,443	75,6	2,54
C40 : 34	12	923,1	9	1,446	80,6	2,18
C40 : 35	11	922,1	14	0,900	47,1	2,00
C40 : 36	11	921,4	16	0,668	35,0	2,00
C40 : 37	11	921,5	15	0,716	39,4	2,00
C40 : 38	10	920,3	18	0,514	26,9	1,82
C40 : 39	10	921,3	16	0,668	35,0	1,82
C40 : 40	12	921,5	14	0,900	47,1	2,18



2. ábra. Korrelációs összefüggések C 40 fullerén-izomerekre érvényes topológiai alaktényezők között

## 6. A C84 és C78 fullerén izomerek kombinatorikus szerkezetének minősítése

A nagy méretű, azaz 60-nál több karbon atomot tartalmazó fullerén izomerek-kombinatorikus jellemzése problematikusabb, jóval bonyolultabb feladat, mint a kis méretű fulleréneké. Ez szorosan összefügg azzal a körülménnyel, hogy a kis méretű fullerének nem tartalmaznak izolált ötszöget, viszont ezzel szemben a nagy méretű fullerének között stabilitás szempontjából épp azok a kedvezők, amelyekben minden ötszög izolált. Kézenfekvő felismerés, hogy a nagy méretű fullerének közül elég

azok vizsgálatára szorítkozni, amelyekben valamennyi ötszög izolált (ezek az ún. IPR fullerének). Sajnos a topológiai alaktényezők többsége (ezek közé tartozik az  $N_p$  pentagon index is) eleve alkalmatlan arra, hogy az IPR fullerének kombinatorikus szerkezetét kellő megbízhatósággal jellemezzük, minősíthessük.

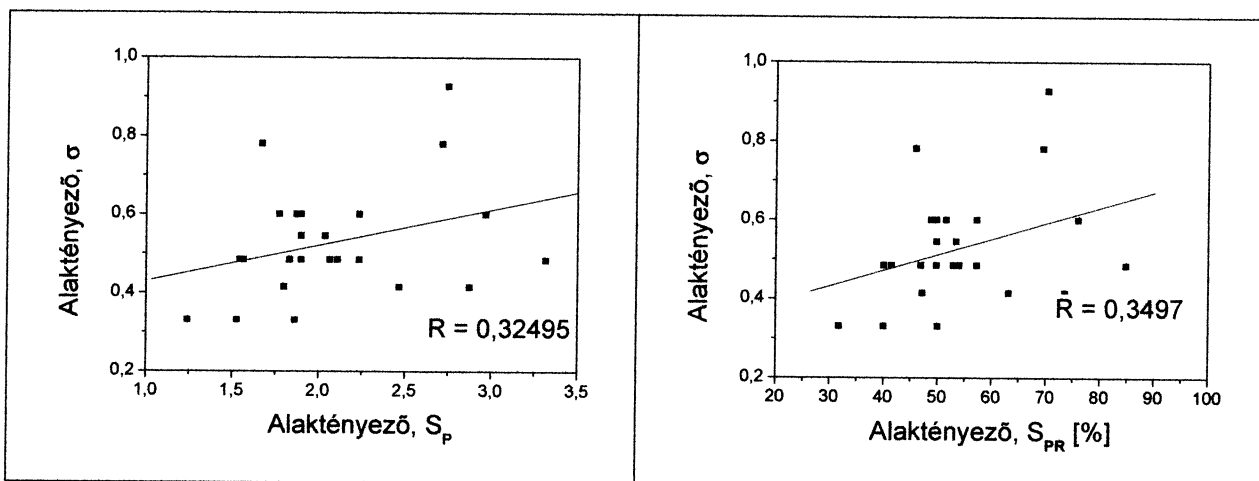
A vázolt megfontolásokból kiindulva, vizsgálatainkat C84 és C78 típusú fullerénekre koncentráltuk, ezek közül is csak az IPR izomerekre. A C84 és C78 izomerek stabilitásának előrejelzésével többen is foglalkoztak [1,6,7,9]. Az egyik legfontosabb és leginkább használatos topológiai alaktényezőként tartják számon a  $\sigma_h$  paramétert, amelyre hexagon szomszédossági index eloszlás szórása (the standard deviation of the hexagon neighbor index distribution) néven szokás hivatkozni [1]. Ez egy statisztikai mennyiség, amely egy fullerénben az ötszögekkel szomszédos hatszögek számát, pontosabban fogalmazva ennek szórását reprezentálja.

A C84 fullerénnek 24 kombinatorikusan különböző változata létezik [1]. Közülük legstabilabbnak a C84: 22 izomert tekintik, ezt követi stabilitás szempontjából a C84: 23 izomer [7,9].

3. táblázat C84 IPR izomerekre meghatározott topológiai alaktényezők

Fullerén Izomer	Topológiai alaktényezők		
	$\sigma_h$	SP	SPR [%]
C84 : 1	0,927	2,745	70,23
C84 : 2	0,781	2,712	69,38
C84 : 3	0,545	2,037	53,35
C84 : 4	0,600	1,898	49,71
C84 : 5	0,600	2,234	57,15
C84 : 6	0,600	2,968	75,93
C84 : 7	0,484	3,315	84,81
C84 : 8	0,484	1,543	41,39
C84 : 9	0,484	1,898	49,71
C84 : 10	0,415	1,800	47,14
C84 : 11	0,484	2,234	57,15
C84 : 12	0,415	2,466	63,09
C84 : 13	0,484	2,065	52,83
C84 : 14	0,600	1,872	51,48
C84 : 15	0,415	2,875	73,54
C84 : 16	0,484	1,832	46,86
C84 : 17	0,545	1,898	49,71
C84 : 18	0,600	1,772	48,73
C84 : 19	0,484	2,109	53,94
C84 : 20	0,781	1,667	45,83
C84 : 21	0,331	1,863	49,99
C84 : 22	0,331	1,240	31,72
C84 : 23	0,331	1,527	39,98
C84 : 24	0,484	1,564	40,01

A **3. táblázat** a  $\sigma_h$  paramétert valamint az újonnan bevezetett  $S_p$  és  $S_{PR}$  topológiai alaktényezők számított értékeit tartalmazza a 24 darab C84 izomerre vonatkozóan. E topológiai jellemzők közötti sztochasztikus kapcsolatot a **3. ábra** diagramjai demonstrálják.



**3. ábra.** A C84 fullerén-izomerekre meghatározott topológiai alaktényezők közötti korrelációs összefüggések

Mint megállapítható, a stabilitás valószínűségét tekintve, az a kedvező, ha mindhárom topológiai alaktényező értéke kicsi. A  $\sigma_h$  paraméter diszkriminációs képessége korlátozott abban a tekintetben, hogy minimális értéke három izomerhez is (C84: 21, C84: 22 és C84: 23 izomerekhez) hozzárendelhető. Ezzel szemben az  $S_p$  és  $S_{PR}$  topológiai alaktényezők minimuma kizárólag a C84: 22 izomerhez tartozik, tökéletes egyezésben a fizikai modelleken alapuló stabilitási számítások eredményével [1,7,9].

A C78 fullerénnek öt IPR izomerje létezik [1]. Az öt közül hármat sikerült kísérletileg ténylegesen is előállítani, nevezetesen a C78: 1, C78: 2 és C78: 3 izomereket [7,9]. A C78 izomerek stabilitásának előrejelzésére több kísérlet is történt, a kapott eredmények azonban nem meggyőzőek, sőt meglehetősen ellentmondásosak [7,9]. Vizsgálataink is ezt a tapasztalatot látszanak igazolni. A **4. táblázat** az öt IPR izomerre vonatkozóan a  $\sigma_h$  paraméter, valamint az újonnan bevezetett  $S_p$ ,  $S_{PR}$ ,  $S_V$  és  $S_{VR}$  topológiai alaktényezők számított értékeit tartalmazza. A  $\sigma_h$  és  $S_{PR}$  paraméterek alapján arra következtethetünk, hogy a C78: 5 izomer a legstabilabb. Az  $S_{PR}$  és  $S_{VR}$  alaktényezők szerint végezve a rangsorolást viszont azt kapjuk eredményül, hogy a C78: 1 izomer tekinthető leginkább stabilnak. Ezzel szemben a C78: 1 és C78: 5 izomerek stabilitása egyformán a legjobbnak ítéltető, amennyiben az értékelés alapjául az  $S_p$  alaktényezőt választjuk.

4. táblázat C78 IPR izomerekre meghatározott topológiai alaktényezők

Fullerén izomer	Topológiai alaktényezők				
	$\sigma_h$	SP	SPR [%]	SV	SVR [%]
C78 : 1	0,6914	1,772	52,68	1,048	32,77
C78 : 2	0,6396	2,641	74,49	1,062	33,22
C78 : 3	0,4496	1,920	52,80	1,084	33,60
C78 : 4	0,8276	1,823	50,12	1,072	33,69
C78 : 5	0,2534	1,772	48,73	1,084	33,60

Úgy tűnik, hogy a stabilitás megbízható predikciója a C78 fullerén-izomerek estében még további intenzív kutatómunkát igényel.

## 8. Összefoglalás, következtetések

Fullerén kombinatorikus szerkezetének jellemzésére új típusú topológiai alaktényezőket definiáltunk. Ezek diszkriminációs képességét C40, C84 és C78 fullerén-izomerek egy véges halmazán teszteltük, hatékonyságukat és szelektivitásukat összehasonlítottuk a szakirodalomból már ismert, tradicionális alaktényezőkkel. Vizsgálataink alapján bebizonyosodott, hogy az újonnan bevezetett topológiai alaktényezők ( $P_T$ ,  $S_P$ ,  $S_{PR}$ ,  $S_V$  és  $S_{VR}$ ) szelektivitása meglehetősen nagy, és sikerrel alkalmazhatók egyes fullerén-izomerek stabilitásának előrejelzésére. A C36 fullerén tizenöt izomerjének kombinatorikus szerkezetét elemezve sikerült igazolni, hogy a legstabilabbnak a C36:14 izomer tekinthető, amelyhez az újonnan bevezetett topológiai alaktényezők minimuma (nevezetesen  $P_T=14$ ,  $S_P=0,617$  és  $S_{PR}=35,7\%$ ) tartozik [12].

## Irodalom

- [1] P. W. Fowler and D. E. Manolopoulos: An Atlas of Fullerenes, Clarendon Press, Oxford, 1995.
- [2] P.W. Fowler and F. Zerbetto: Charging and equilibrium of fullerene isomers, Chemical Physics Letters, Vol. 243 (1995) p. 36-41.
- [3] E.E.B. Campbell, P.W. Fowler et al.: Decreasing cost of pentagon adjacency for larger fullerenes, Chemical Physics Letters, Vol. 250 (1996) p. 544-548.
- [4] E. Albertazzi, C. Domene et al: Pentagon adjacency as a determinant of fullerene stability, Phys. Chem. Chem. Phys., Vol. 1, (1999) p. 2913-2918.
- [5] P. W. Fowler: Resistance Distances in Fullerene Graphs, Croat. Chem. Acta, Vol. 75 (2002) p. 401-408.
- [6] F. Torrens: Computing the Permanent of the Adjacency Matrix for Fullerenes, Internet Electronic Journal of Molecular Design, Vol. 1 (2002) p. 351-359.



[7] S. Fajtlowitz and C.E. Larson: Graph-theoretical independence as a predictor of fullerene stability, *Chemical Physics Letters*, Vol. 377 (2003) p. 485-490.

[8] M. F. Dinca, S. Ciger et al.: Stability Prediction of  $C_{40}$  Fullerenes, *Carpathian J. Math.* Vol. 20 (2004) No.2, p. 211-221.

[9] T. Doslic: Bipartivity of fullerene graphs and fullerene stability, *Chemical Physics Letters*, Vol. 412 (2005) p. 336-340.

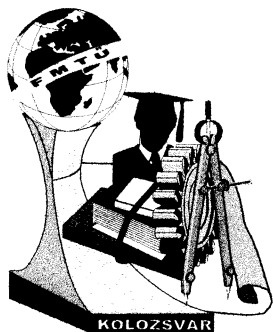
[10] T. Reti and K. Böröczky: Topological Characterization of Cellular Structures, *Acta Polytechnica Hungarica*, Vol.1 (2004) p. 59-85.

[11] T. Reti and I. Zsoldos: A Possible Extension of the Aboav-Weaire Law, *Materials Science Forum*, (2005), Vol. 473-474, pp. 389-398.

[12] T. Reti and E. Bitay: Publikálás alatt

**Dr. Réti Tamás**  
Budapest Polytechnic, Budapest  
H-1081 Budapest, Népszínház u. 8, Hungary  
E-mail: Reti.tamas@bgk.bmf.hu

**Dr. Bitay Enikő**  
Sapientia – Erdélyi Magyar Tudományegyetem  
Műszaki és Humántudományok Kar, Marosvásárhely  
E-mail: ebitay@gmail.com



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## FESZÍTŐFA OPTIMALIZÁLÁSI PROBLÉMÁK A HAMILTON UTAK ÁLTALÁNOSÍTÁSÁRA

Salamon Gábor

### Abstract

The design process of telecommunication networks often uses graph theory as an efficient modeling paradigm. The nodes and possible links of the network are represented by a graph  $G$ . When a connected network is to be designed, the aim is to find a spanning tree  $T$  of input graph  $G$ . Many of these problems have an objective function based on the node-degrees of  $T$ . This model is extremely useful while designing networks where the cost of devices to install depends highly on the needed routing functionality (ending, forwarding, or routing a connection). In this paper we consider three closely related problems of this kind: Minimum Leaf Spanning Tree problem, Maximum Internal Spanning Tree problem, and Minimum Branching Spanning Tree problem. All of these problems are generalizations of the Hamiltonian path problem as a Hamiltonian path of the input graph  $G$  (if exists) provides an optimal solution for all of them. As a result all three problems are NP-hard and so it is very unlikely that exact polynomial time algorithms can be developed for them. Research activity on this topic focuses on creating approximation algorithms which provide „good enough” solutions in polynomial time. In this paper we survey the known approximability results on the above problems. The approximation algorithms can be used in network design either to directly solve problems or to build up efficient solution heuristics.

### Összefoglalás

A távközlési hálózatok tervezésekor az egyik leggyakrabban használt modellezési paradigma a gráfelmélet. A megtervezendő hálózat csomópontjait és lehetséges összeköttetéseit egy  $G$  gráf írja le. Amennyiben a célunk egy összefüggő hálózat kialakítása, tulajdonképpen ebben a  $G$  input gráfban kell egy  $T$  feszítőfát találnunk. Sok konkrét hálózatvezetési feladat esetében a  $T$  megoldás jóságát leíró célfüggvény a  $T$  feszítőfa fokszámaitól függ. Ez a modell igen hasznos például abban az esetben, amikor a hálózati csomópontokba elhelyezendő eszközök költségét a tőlük megkövetelt funkcionalitás (kapcsolat végződtetés, adat továbbítás, útvonalválasztás) határozza meg. A jelen dolgozatban három olyan problémát ismertetünk, melyek a fokszám-alapú feszítőfa optimalizálás témakörébe tartoznak: a MINIMÁLIS LEVÉLSZÁMÚ FESZÍTŐFA, a MAXIMÁLIS BELSŐPONT-SZÁMÚ FESZÍTŐFA és a MINIMÁLIS ELÁGAZÁSSZÁMÚ FESZÍTŐFA problémákat. Ezen problémák mindegyike a Hamilton-út keresés általánosítása (tehát NP-nehez), ezért nagyon valószínűtlen, hogy a közeljövőben egyszerre egzakt és hatékony algoritmust találjunk megoldásukra. A témában folyó kutatások egyik fő iránya épp ezért gyors és „elég pontos” közelítő algoritmusok megalkotása. A jelen dolgozatban összefoglaljuk a fenti három problémára jelenleg ismert közelítéset. A hivatkozott algoritmusok közvetlen hasznukon túl ahhoz is hozzájárulnak, hogy a hálózatvezetési problémáinak megoldására a jövőben hatékony heurisztikákat találjunk.

### Problémafelvetés: optikai hálózatok és feszítőfák

Az optikai alapú telekommunikációs hálózatokban igen elterjedt az úgynevezett hullámhosszosztásos multiplexálás (Wavelength Division Multiplexing – WDM) használata. A technológia lényege, hogy a különböző továbbítandó adatcsomagokat egyazon optikai szálon, de különböző hullámhosszú jellel továbbítják. Ezáltal jelentős sávzélesség növekedés érhető el, azonban az egyes hálózati csomópontokba kerülő eszközöknek képeseknek kell lenniük a különböző hullámhosszok kezelésére,

adatsomagok hozzáadására, illetve lecsatlakoztatására. Ezek a forgalomirányítás szempontjából fontos funkciók tisztán optikai eszközökkel egyáltalán nem vagy csak igen drágán valósíthatók meg. A kapcsolódó hálózattervezési feladat a következő: adottak a csomópontok és a köztük lévő lehetséges linkek (például a már meglévő optikai szálak). Úgy kell elhelyezni a különböző eszközöket és megtervezni a forgalomirányítást, hogy a lehető legkevesebb helyen legyen szükség drága eszközökre (amelyek képesek az adatsomagok lecsatlakoztatására és hozzáadására) [1]. Célunk a probléma minél precízebb matematikai kezelése. Ehhez a következő modellt használjuk: adott egy  $G$  input gráf, ennek csúcsai reprezentálják a hálózat csomópontjait, míg élei a lehetséges linkeket. A feladat megadni  $G$  egy olyan  $T$  feszítőfáját, amely a lehető legkevesebb nagyfokú csúcsot tartalmazza. Egy csúcs nagyfokú (vagy más néven elágazás), ha fokszáma  $T$ -ben legalább három. Vegyük észre, hogy a megtalált  $T$  feszítőfa éppen a végül megvalósított minimális összefüggő hálózat modellje, és ebben éppen a nagyfokú csúcsokban van szükség drága, forgalomirányításra is képes eszközök használatára. A jelen dolgozat célja összefoglalni az erről a feladatról és néhány rokon feszítőfa optimalizálási problémáról ismert eredményeket.

A dolgozatban említett feszítőfa optimalizálási feladatok közös jellemzői az alábbiak. A probléma bemenete valamennyi esetben egy összefüggő  $G$  gráf, a lehetséges megoldások pedig  $G$  feszítőfái. Egy konkrét  $T$  feszítőfa jóságát a feladatra jellemző célfüggvény határozza meg. Esetünkben ez a célfüggvény kizárólag  $T$  pontjainak fokszám-eloszlásától függ. Három ilyen problémát tekintünk át részletesebben. A MINIMÁLIS ELÁGAZÁSSZÁMÚ FESZÍTŐFA probléma [2,3] esetében minimalizálandó a feszítőfa elágazásainak (legalább harmadfokú csúcsainak) száma. A MINIMÁLIS LEVÉLSZÁMÚ FESZÍTŐFA probléma esetében minimalizálandó a feszítőfa leveleinek (pontosan elsőfokú csúcsainak) száma. A MAXIMÁLIS BELSŐPONT-SZÁMÚ FESZÍTŐFA probléma [4] esetén maximalizálandó a feszítőfa belső pontjainak (legalább másodfokú csúcsainak) száma. Könnyű észrevenni, hogy az utóbbi két probléma ugyanannak a feladatnak két megfogalmazása. Ezen megfogalmazások az optimalizálás szempontjából ekvivalensek. Amikor a levelek helyett a belső (levelektől különböző) pontokat számoljuk, akkor valójában a célfüggvény komplementerét képezzük. Ez a két rokon probléma nemcsak formailag különböző, de közelíthetőségi szempontból is igen eltérően viselkedik. Valamennyi fenti probléma közös jellemzője, hogy az optimális megoldása (amennyiben létezik ilyen a  $G$  gráfban) egy olyan speciális feszítőfa, amely egyetlen útból áll (azaz két elsőfokú pontját kivéve minden pontja másodfokú). Az ilyen speciális feszítőfa neve Hamilton-út. Annak eldöntése, hogy az adott  $G$  gráf tartalmaz-e egyáltalán Hamilton-utat, a kombinatorikus optimalizálás egyik legismertebb NP-teljes problémája [5]. Jelenlegi ismereteink szerint igen valószínűtlen, hogy hatékony algoritmus adható a feladat megoldására. Ebből következik, hogy a jelen dolgozatban tárgyalt problémák is NP-nehezkek. Épp ezért nem várhatunk olyan algoritmust, amely *hatékonyan és egyszersmind optimálisan* oldja meg őket. A gyakorlati felhasználhatóság miatt a hatékonyságból nem engedhetünk, így az

optimalitást kell felváltuk egy matematikailag kezelhető és behatárolható pontatlansággal. Amint az ilyen esetekben szokás, közelítő algoritmusokat adunk a feladatok megoldására. Ezáltal hatékony és az optimálishoz elegendően közeli megoldásokat nyerünk.

### **Ismert közelítések a feszítőfa optimalizálási problémákra**

Mielőtt ismertetjük a fent definiált problémák megoldására jelenleg ismert közelítéseket, emlékeztetjük az olvasót a közelítő algoritmusok jóságának mérésére használatos approximációs faktor fogalmára. Legyen adva egy  $P$  optimalizálási probléma, illetve egy ennek megoldására szolgáló  $A$  közelítő algoritmus. Azt mondjuk, hogy  $A$  egy  $f$ -közelítő algoritmus a  $P$  problémára, ha  $P$  tetszőleges  $I$  inputjára az algoritmus az optimális megoldásnál legfeljebb  $f$ -szer rosszabb megoldást szolgáltat. Ekkor az approximációs faktor  $f$ .

Elsőként tekintsük a MINIMÁLIS ELÁGAZÁSSZÁMÚ FESZÍTŐFA problémát. Ez a probléma közelíthetőség szempontjából is nehéznek bizonyult. A bonyolultságelmélet jelen állása szerint ugyanis nem létezik rá olyan közelítő algoritmus, melynek approximációs faktora jobb, mint  $\log n$ , ahol  $n$  az input gráf pontjainak száma [3]. Egyelőre nyitott probléma, hogy ez az approximációs faktor elérhető-e egyáltalán minden esetben. Ismert egy olyan közelítő algoritmus [3], amely  $\log n$  nagyságrendű approximációs faktort garantál az olyan input gráfok esetében, amelyekben minden pont fok legalább  $cn$  (ahol  $c$  konstans). Az algoritmus mohó stratégiát követ, mindig a lokálisan legnagyobb fokszámú pontban építi tovább az aktuálisan meglévő feszítőfát. Gargano és társai [2] szintén az egyenletesen sűrű gráfokban alkalmazható algoritmust adták az elágazásszám csökkentésére.

Mivel az elsőfokú pontok (levelek) száma felülről korlátozza a nagyfokú pontok számát, ezért ez utóbbi mennyiség csökkentése elérhető úgy is, hogy a feszítőfa megkonstruálása során a levelek számát igyekszünk minimalizálni. Sajnos azonban a MINIMÁLIS LEVÉLSZÁMÚ FESZÍTŐFA probléma is nehezen közelíthető. Lu és Ravi belátták [6], hogy jelen bonyolultságelméleti tudásunk szerint nagyon valószínűtlen egy olyan közelítő algoritmus létezése, amely ezt a problémát konstans approximációs faktoral oldja meg.

A MAXIMÁLIS BELSŐPONT-SZÁMÚ FESZÍTŐFA probléma optimalizációs szempontból ekvivalens a MINIMÁLIS LEVÉLSZÁMÚ FESZÍTŐFA problémával, azaz ugyanazon feszítőfák alkotják az optimális megoldások halmazát. Érdekes, hogy míg az utóbbi probléma nehezen közelíthető, addig az előbbire léteznek hatékony közelítő algoritmusok. Salamon és Wiener [4] egy mélységi bejárás alapuló hatékony közelítő algoritmust adott a MAXIMÁLIS BELSŐPONT-SZÁMÚ FESZÍTŐFA problémára, melynek approximációs faktora 2, azaz az algoritmus által megtalált feszítőfának legalább fele annyi belső pontja van, mint az optimálisnak. A jelenleg ismert legjobb approximációs faktor  $7/4$  [7]. Azt

ezt elérő algoritmus egy kezdeti feszítőfából kiindulva folytatólagosan alkalmaz néhány egyszerű lokális javítólépést. Minden lépés hozzájárul a levelek számának csökkentéséhez, azaz a belső pontok számának növeléséhez. Ugyanezen algoritmus alkalmazható a MINIMÁLIS ELÁGAZÁSSZÁMÚ FESZÍTŐFA problémára is. Bár ezt a problémát tekintve nem ismerünk matematikai korlátot a közelítés jóságára, futási tesztek alapján az algoritmus hatékony heurisztikának bizonyult.

### Irodalomjegyzék

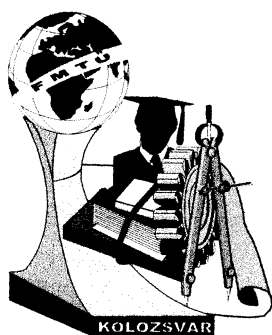
- [1] G. Salamon, S. Györi, T. Cinkler, J. Harmatos: Dimensioning Multi-Layer Transport Networks with Grooming by Genetic Algorithm. *Proceedings of 5th European Conference on Networks and Optical Communications (NOC2002)*, pp 44–51, 2002
- [2] L. Gargano, P. Hell, L. Stacho, U. Vaccaro: Spanning trees with bounded number of branch vertices. *LNCS 2380 (Proceedings of ICALP02)*, pp 355–365, 2002
- [3] G. Salamon: Spanning tree optimization problems with degree-based objective functions. *Proceedings of 4th Japanese-Hungarian Symposium on Discrete Mathematics and Its Applications*, pp 309–315, 2005
- [4] G. Salamon, G. Wiener: On finding spanning trees with few leaves. *Information Processing Letters* 105, pp 164–169, 2008
- [5] M. Garey, D. Johnson: *Computers and Intractability*. WHFreeman and co., 1979
- [6] H.-I. Lu, R. Ravi: Approximation for maximum leaf spanning trees in almost linear time. *Journal of Algorithms* 29 (1), pp 132–141, 1998
- [7] G. Salamon: Approximation Algorithms for the Maximum Internal Spanning Tree Problem. *LNCS 4708 (Proceedings of MFCS2007)*, pp 90–102, 2007

---

A kutatáshoz az OTKA-NKTH nyújtott támogatást (OTKA 67651).

### Salamon Gábor

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Számítástudományi és Információelméleti Tanszék  
1117 Budapest, Magyar tudósok körútja 2  
Tel: +36 1 463 2585  
E-mail: gsala@cs.bme.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## VASÚTI JÁRMŰVEK FUTÁSTULAJDONSÁGAINAK, VIZSGÁLATA, VASÚTI KERÉKPÁROK GYÁRTÁSA

Sebők Gergely

### Abstract

The tracking system is a very important part of the rail cars, it ensures the safety run. The components of the tracking system are: a pair of wheels rigidly mounted on an axle. The first wheels were made of gray cast iron, then appeared the filled section wheels, the wheels with wooden rim, treaded wheels, and later the double-block wheel systems. The running surface of the wheels which ensure the translation of it, has different types of profiles in different countries. The running mode of the wheels on straight runway depends on the double-cone shaped wheel profile, the result is a sinuous or tortuous running. The wheel flange is important on curved runways, and switch-zones. The important design considerations of the wheels are related to the material selection, manufacturing technology and after using, the renewing and maintenance.

### Összefoglalás

A vasúti jármű biztonságos haladása szempontjából legfontosabb szerkezeti rész a futómű. A futóművön a kerékpárt, a tengelyt, és a rá szilárd kötéssel rögzített két kereket értjük. Az első kerekeket egyszerű szürkeöntvényből készítették, majd kialakultak a tömbkerekek, fatárcsás kerekek, abroncsos kerekek végül a duoblokk kerékszerkezetek. A járműkerekek sínen való haladást biztosító szerkezeti eleme a futófelület, mely országonként eltérő profillal rendelkezik. Ezen profilok kialakítása nagyban befolyásolja a járművek kötött pályán való haladását. A kerekek futása az egyenes pályán a kettős kúpos kerékprofil kialakítástól függ, melynek következménye a kígyózó futás, vagy sinusfutás. Ívekben váltóközvetekben van jelentősége a nyomkarimának. A kialakítások szempontjából fontos kérdés a kerékpárok gyártása, az anyagmegválasztás, és az elhasználódás után a kerékabroncsok javítása, felújítása.

### 1. Bevezetés

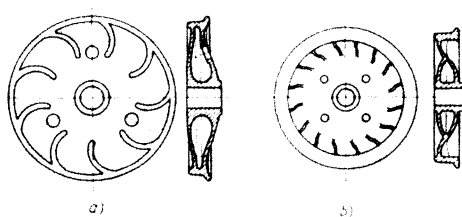
A vasúti járművek közlekedésének fő jellemzője a pályához kötöttség (vaspálya). Ezért lényeges szempont ismerni a kerekek futófelületének kialakítását, a kerékpárok futását, gyártását. Bemutatom időben és térben a kerékpárok fejlődését, miért is tud a vasúti kocsi a pályán maradni, továbbá milyen módszerrel, és milyen feltételek mellett lehet a gyártást véghezvinni.

A kerékpárok több feladatot töltenek be, többek között lehetővé teszik a jármű gördülését, többé-kevésbé csúszástól mentes haladását, ugyanakkor biztosítja a vágány által meghatározott kényszerpályán való haladást. Ezt elősegíti a futófelület kettős kúpos kialakítása és a nyomkarima. Dr. Robert Hanker osztrák szakíró állítása szerint „A vasúti járműveket az egész világon a kerekek belső oldalán kiképzett és nagyjából egymáshoz nagyon hasonló nyomkarimák vezetik. Azt, hogy egy ilyen járműméretekhez képest oly jelentéktelennek tűnő szerkezeti részecske mely a járófelület alá érő 20-30 mm-es átfedéssel kapcsolásával - amivel a soktonnás járműveket gyakran az egyik sínzálattól a másikhoz és vissza téríti - a szükséges kisiklás elleni biztonságot nyújtja, csak a gyakorlatban való sok

ezerszeres beválása alapján lehet elhinni. Határozottan állítható, hogy - ha a vasutat most találnák fel - nem akadna egyetlen hatóság sem amely felelőséget vállalna azért, hogy a nyomkarimás vezetés kellő biztonságot nyújt.”

## 2. Vasúti kerékpárok fejlődése

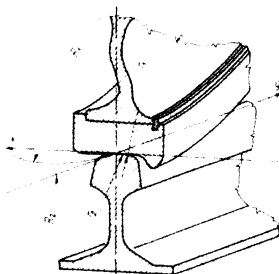
A vasúti kerekeknek kezdettől fogva jellemzőjük a karimás futófelület, viszont általánosan alkalmazott gyártási megoldásaként zsuporkötéssel, hidegsajtolással rögzítik a tengelyre. Ezek változatlansága mellett azonban a kerékszerkezeteknek sokféle változata alakult ki, annak megfelelően, hogy a technika és az egyre növekvő utazási sebesség milyen követelményeket állított a tervezőmérnökök elé. Az első kerekek szürkeöntvényből készültek, amelyek egy darabból álltak, abroncs nélküli tömbkerekek voltak. A tömbkerekek gyorsan koptak, javításuk nem volt megoldható, ezért kifejlesztették a kéregöntésű kerekeket, melyeknek futófelületét gyorsabb hűtéssel kopásállóbbá tudták tenni.



1. ábra. Kéregöntésű kerekek a múlt század hatvanas éveiből

a) Ganz-féle; b) amerikai

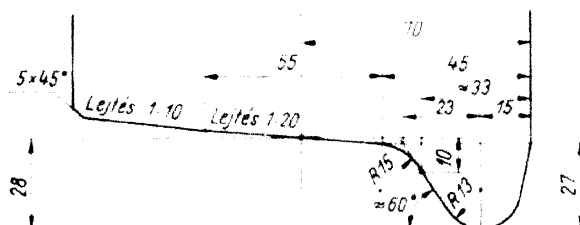
Az ellenőrizhetetlen belső feszültségek és a fékezés hőhatásaival szembeni fokozott érzékenysége miatt nem terjedt el igazán. Az 1870-es évektől már számos különálló abronccsal rendelkező küllős és tárcsás keréktípust alkalmaztak. A lyukasztott acéltárcsából hengerelt kerékabroncs, melyet melegen húznak fel a kerékvázra és az elmozdulás ellen pedig feszítőgyűrűvel biztosítanak. Ezek a kerékpárok hosszú évtizedekig megfeleltek azoknak a követelményeknek, amelyeket a vasútüzem javíthatóság, biztonság és gazdaságosság terén támasztott. (A mai napig ez a kerékpártípust alkalmazzák a világ legtöbb vasúttársaságánál.) A zaj-és rezgéscsillapítás megoldására kifejlesztették az ún. duoblokk kereket, ahol is a kerékváz és az abroncs között gumiköpeny található. Ez a megoldás komoly előrelépést tett a színvonalas utazás tekintetében.



2. ábra. A kerékváz, az abroncs és a sín metszete, biztosítógyűrű elhelyezkedése

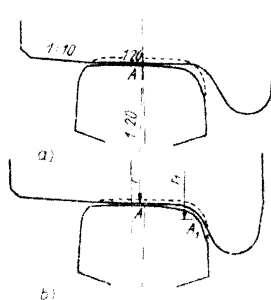
### 3. A futófelület kialakítása, futásjellemzők

A jelenleg használt abroncsok futófelületét kettős kúpos futófelületnek nevezzük. A múlt század végén vált általánossá az 1:10...1:20 kúposágú és 60 %-os nyomkarima oldalszögű kerékfelület. Hazánkban a legutóbbi évekig a legtöbb vasúti jármű kerekét ilyen profilúra esztergálták. Hasonló kerékprofil található más országokban is. A kisebb sebességű teherkocsikhoz nagyobb kúposágú 1:5...1:10 kerekeket alkalmaztak. A nagyobb sebességre tervezett személykocsik futási tulajdonságainak javítása, a kigyózás hullámhosszának növelése végett csökkentették a futófelület kúposágát.



4. ábra A MÁV P20 kerékprofilja

A további kutatások során több a kopással összefüggő jelenségre derült fény. A kerékpár futása közben előfordulhat és a futófelület csekély kúposága miatt - gyakran elő is fordul, amikor is a kerék két ponton érintkezik a sínnel. A profilok hiányos illeszkedése miatt az érintkezési pontokon nagy lesz a felületi nyomás. A sínfej először ezen a két helyen koptatja az abroncsot, a kopott helyek között pedig ép profilrész marad. A további üzem során a két különálló kopási felület egyre inkább közeledik egymáshoz, végül is összeér. Ez az illeszkedési eset új kerék új sínen, ez az eset pedig elég ritkán valósul meg.



5. ábra P20 profilú új kerék kopott sínen

Gyakoribb eset mikor új kerék kopott sínen illeszkedik. A kerékpárnak a vágányközéphez szimmetrikus helyzetében (5. ábra; a) kerék egyetlen ponton, az A pontban érintkezik a sínnel. Ebben a pontban a kerék és a sín közötti csúszás elhanyagolható lényegében gördül a kerék. A kerékpárnak a vágánytengelyhez viszonyított oldalirányú elmozdulása vagy kigyózó mozgása következtében a nyomkarima kúpos oldalfelülete is érintkezésbe kerül a sínfejjel (5. ábra, b). A kerék két a forgástengelytől különböző távolságra ( $r$  és  $r_1$ ) lévő pontokon (A és  $A_1$ ) érintkezik a sínnel. Nyilvánvaló, hogy az ilyen kétpontos érintkezés esetében nem lehetséges mindkét érintkezési pontban a csúszásmentes gördülés. Mivel a felületeken átadódó erő az A pontban általában nagyobb, mint az



A<sub>1</sub> ez utóbbi helyen nagymértékű a csúszás. A csúszással együtt jár a felületek gyorsabb kopásával is. Az 5/b ábrán vázolt kétpontos érintkezés nemcsak a kerék és a sín élettartama szempontjából, hanem a jármű futása szempontjából is hátrányos. Tapasztalat útján megállapították a budapesti földalatti első új szakaszának üzembe helyezése után, amikor is minden jármű új kerékekkel új síneken futott, hogy ijesztően gyors kerék és sínkopást észleltek. A további üzem során azonban amikor az érintkező kerék- és sínfelületek egymáshoz koptak, a kopás sebessége is a szokásos értékre csökkent. Vizsgálatok, megfigyelések arra utaltak, hogy vizsgált kerékprofilok lényegesen eltérnek attól az alaktól, amelyet a vasút számára mind a futásbiztonság, mind az élettartam szempontjából ideálisnak tekinthetnének.

#### 4. Kerékpárok javítása

A kerékpár leggyakrabban elhasználódó alkatrésze az abroncs. Az abroncsot kopás miatt esztergálással újítják fel, miközben vastagsága állandóan csökken. Amikor a vastagsága eléri a megengedhető legkisebb értéket az abroncsot ki kell cserélni. A kerékpárt nagyméretű csúcsesztergán, vagy padló alatti kerékesztergán fogják fel. Abroncs csere a biztosítógyűrű kiesztergálásával kezdődik, majd az abroncsot lánggal átvágják, illetve felmelegítés után lehúzzák.

#### 5. Összefoglalás

A kerékprofilal végzett kopásvizsgálatok eredményiből, az a következtetés vonható le, hogy a kerék – sín rendszer vizsgált üzemi viszonyai között a kopási profil vagy ahhoz hasonló profil felel meg legjobban a kerék „természetes” állapotának. A további kutatások célja a kopási profillal megegyező, de a biztonsági és futásjósági követelményeknek a nagyobb sebességtartományokba is eleget tevő profil kialakítása.

A világon szinte mindenütt találkozunk kötöttpályás közlekedéssel, legyen az vasút, metró vagy akár villamos. Érdekesége ennek a műszaki ágazatnak, hogy hatalmas tömegeket mozgatnak meg egy olyan pályán, ahol a fém a fémmel érintkezve gördül. A kerékpárok korszerűsítése az utazás kényelme és biztonság érdekében napjainkban is folynak. Jelenleg talán legnagyobb térhódítása a duoblokk kerékpárnak van a jó futási tulajdonságai miatt alkalmazzák nem csak vasúton, hanem a kötöttpályás városi közlekedésben is.

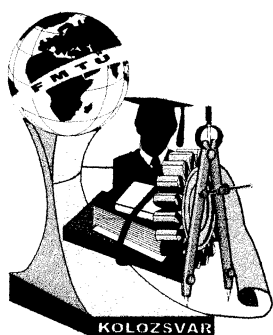
#### Felhasznált irodalom

- [1] Dr. Győri J., Hernádi F., Dr. Horváth T.: Vasúti járművek kerékpárjai, Műszaki könyvkiadó, Budapest 1990
- [2] Hegenbarth, F.: Betriebsversuche mit verschiedenen Radreifenstahlsorten Nemzetközi kerékpárkongresszus, München, 1966
- [3] Keszler Gyula: Vasúti járművek fenntartása-javítása, Tankönyvkiadó, Budapest, 1960

**Sebők Gergely** főiskolai hallgató

Munkahely: Kecskeméti Főiskola GAMF Kar  
Telefon: 06/70 541-77-76

Cím: 6729 Szeged, Sínpár u. 4  
E-mail: stukker@freemail.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## FUZZY LOGIKA ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA AZ AUTOMATIZÁLT RAKTÁRAK IRÁNYÍTÁSÁBAN

Szabados Gábor, Dr. Németh János

### Abstract

The paper introduced the ideas of the possibility of fuzzy controlled control systems of car park systems.

### Összefoglalás

A cikk bemutatja az automatikus parkolóházak vezérlésének fuzzy alapú irányítási lehetőségeit.

### 1. Bevezetés

Napjainkban egyre több gondot jelentenek a túlszűfolt városi parkolási rendszerek. Az egyre terjedő automatikus parkolóházak jó alternatívát kínálnak előnyeikkel, mint például a jobb térfogat kihasználás, és a kisebb emisszió, a parkolóhely felkeresése és a parkolás ideje alatt. Ezek a rendszerek azonban a viszonylag szűk áteresztő képesség miatt csak hatékony irányítási stratégiák mellett lehetnek versenyképesek, amik biztosítják a minimális várakozási időt a felhasználóknak a gépjármű átadásakor (betároláskor) és átvételekor (kitároláskor), valamint a minimális energiafelhasználást a kedvezőbb működési költségek eléréséhez. A dolgozat célja, hogy új irányítási stratégiákat keressen és választ adjon, hogy melyik irányítási stratégiával lehet kedvezőbb működési feltételeket létrehozni, azaz nagyobb teljesítményt kisebb ráfordítással elérni. Az összehasonlítások és az optimális stratégiák megkeresése mindig függ a géprendszer paramétereitől és az igények alakulásától.

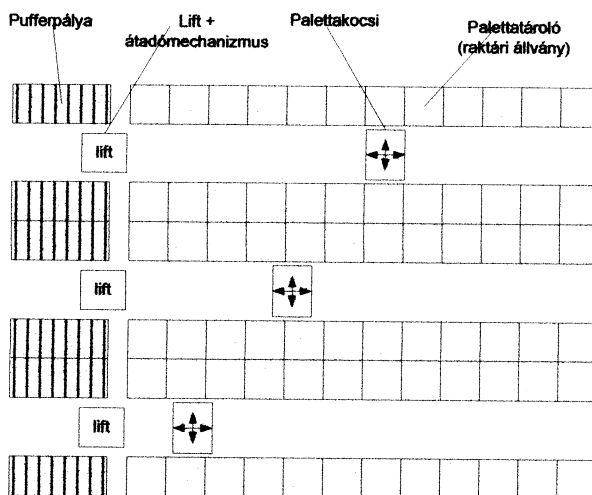
### 2. A vizsgált automatikus parkolóház változat

Az automatikus parkolók a raktárak egy olyan speciális csoportjába tartoznak, ahol a termékstruktúra homogén, de a termékek egyediek, és minden terméknél becsülhető a kitárolási várható ideje, hiszen a jármű átadásakor ezt az információt meg kell adni.

A palettakocsi rendszerben minden folyosóhoz tartozik egy lift és minden folyosó minden szintjéhez egy-egy palettakocsi. A palettakocsi a paletták vízszintes irányú, a liftek a függőleges irányú

mozgatását biztosítják. A liftekhez csatlakoznak a be/kimeneti várakozó sorok, amik a folyosók és a környezetük között teremtik meg a kapcsolatot.

Betárolás esetén az ügyfél átadja a gépjárművet, amit a bementi várakozó sor a lifthez szállít. A lift átveszi a palettát és a kívánt emeletre szállítja, majd ott a palettakocsinak átadja, ami a kijelölt pozícióba betárolja. A kitárolás menete fordított.



1. ábra. Palettakocsival kiszolgált gépkocsiparkoló

### 3. Fuzzy logika

A fuzzy logika az elmosódott halmazok logikája, azaz a többértékű logikák egyike. Azon esetekben használható jól, amikor nem lehet egyértelmű igaz-hamis besorolást tenni. A fuzzy logika, szemben a szokványos rendszerekkel, nem csak az igen és nem (1 és 0) értékekkel dolgozik, hanem közbülső valóságértékekkel is, mint például 0.5. Ezáltal a fuzzy meghatározások matematikailag kezelhetővé válnak.

A tudományokban általában egzakt matematikai modelleket építenek fel a tapasztalati jelenségek megfigyelésére alapozva, majd ezeket a modelleket használják fel a valós dolgok jövőbeni viselkedésének meghatározására. A valóság többnyire valamilyen bizonytalan pontatlansággal rendelkezik, ezért a fizikai jelenségek bináris megközelítése nem minden esetben alkalmas a valóság modellezésére.

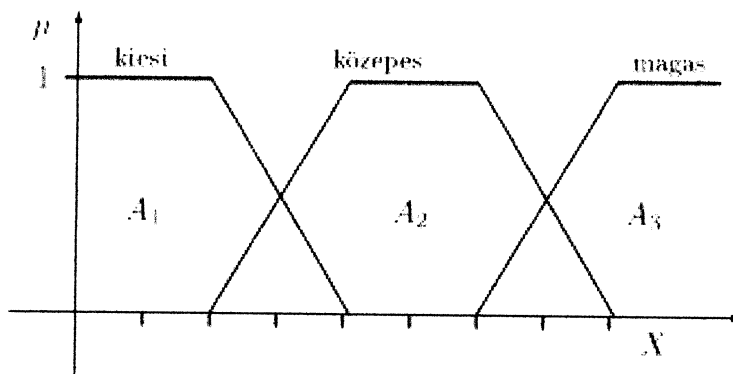
A fuzzy logika alapja a fuzzy halmazok. A hagyományos halmazokkal szemben (a fuzzy logika szemszögéből éles halmazok), amelyekben egy elem vagy a halmazhoz tartozik vagy nem, egy fuzzy halmaznál az elem részben is tartozhat a halmazhoz, és egy elem több halmazhoz is tartozhat különböző mértékben. A hozzátartozás mértékét a hozzátartozási függvény (fuzzy függvény) határozza meg, amely a fuzzy halmaz elemeihez egy nulla és egy közötti valós számot rendel hozzá.

A fuzzy halmazoknál is értelmezett az operátorok használata, mint például a metszet.

#### 4. Fuzzy szabályozás

A fuzzy szabályozók egyszerű felépítésűek. Egy bemeneti, egy kimeneti és egy köztük lévő kiértékelő szakaszból állnak. A bemeneti rész beolvassa a szenzorok állapotát és leképezi őket a megfelelő tagsági függvényekre valamint azok igazság értékekre. A kiértékelő szakasz kiértékeli a szabályokat és képezi azok kombinációit. A kimeneti szakasz visszaalakítja az értékeket a megfelelő kimeneti szabályzó értékére.

A legelterjedtebb hozzárendelő (tagsági) függvényforma a háromszög, de trapéz és harang görbék is használatosak. A függvény formáján túl fontos az elhelyezett függvények száma és helyzete. Háromtól hét függvényig általában elegendő a bemenetet szükséges tartományának lefedéséhez. Lehetővé kell tenni, hogy a változók fokozatosan változzanak az egyik állapotból a másikba. Azaz a változó állapota nem ugrik hirtelen az egyik állapotból a másikba, hanem értéke fokozatosan csökken az egyik, míg nő a másik tagságában.



2. ábra. Fuzzy tagsági függvények

A tagsági függvények módosíthatók az úgynevezett hedge-vel, melyek korlátozó-fokozó módosításra használhatók, például: nagyon, kissé, erősen, stb. Ezek megvalósítása például az „erősen” esetén a tagsági függvény négyzetre emelésével lehetséges, vagy „extrém” esetén köbre emelésével ami már erőteljes szűkítéshez vezet. A „kissé” esetén a négyzetgyök szélesíti a függvényt.

A kiértékelő szakasz egy logikai szabály gyűjteményen alapszik, melynek elemei a szokásos „ha-akkor” típusú mondatokból állnak.

#### 5. A raktárirányítás kérdései

Fuzzy alapú raktár irányítás esetén, a raktár irányítási rendszerét, mint komplex rendszert részrendszerekre kell bontani. A dekompozícióval nyert részrendszerekre külön-külön megfogalmazható egy-egy saját célfüggvény, amire illeszthető egy-egy irányítási stratégia. A részrendszerre bontással a globális optimum helyett a részrendszerek lokális optimumának elérése lesz a cél. A globális optimumot a lokális optimumok együttesen közelítik meg.

A globális optimummal ellentétben a lokális optimumok kritériumai precízebben leírhatók, mert a dekompozícióval nyert részrendszerek feladata egyszerűbb és könnyebben megfogalmazható. Ezen részrendszerek irányítása a fuzzy logika alkalmazásával megvalósítható.

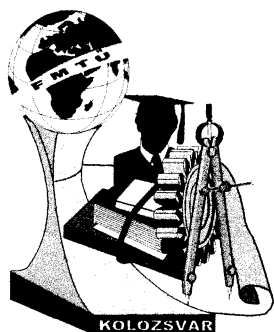
## 6. Összefoglaló

A dolgozat ismertette a többfolyosós fejraktáros felvonóval illetve palettakocsival kiszolgált, automatikus, számítógépes irányítású parkolóházak (raktárak) irányítási feladataihoz a stratégiák meghatározásának fuzzy alapú megközelítését. Összefoglalóan megállapítható, hogy a hagyományos irányítási stratégiák mellett, az intelligens irányítási rendszerek egyre nagyobb térhódítása várható. Ennek oka, hogy a nagyobb számítási teljesítményszükséglet manapság már könnyen kielégíthető és így kompromisszum nélkül elérhető az intelligens rendszerek számos előnye.

## Irodalom

- [1] J. Cselényi, J. Németh, G. Szabados: The comparative test of automatized multi-storey car parks served by elevator, palettacar or warehouse mashine, Proceedings of RAAD 2002, Budapest 2002, ISBN 963 7154 108, pp.: 443-448
- [2] Cselényi J.: Some problems of strategy for high frame automated storage system by operation of divided working, The 11th international DAAAM Symposium, 19-21st Oktober 2000.
- [3] L. Rádai, J. Cselényi: Control strategies of elevators in multi-level car parking systems served by elevators. MicroCAD 2004, Miskolci Egyetem, 2004.
- [4] G. Szabados, Prof. Dr. J. Cselényi, Dr. J. Németh: Outloading strategies of warehouse served by warehouse machine at head arrangement. MOLS 2005.
- [5] Dudás L: Mesterséges Intelligencia alapok, elektronikus jegyzet, p550, <http://ait.iit.uni-miskolc.hu/~dudas>
- [6] Aradi P.: A fuzzy logika nyújtotta lehetőségek az energiagazdálkodás optimalizálásában. In: Energiagazdálkodás, ISSN 0021-0757 , 1997. (38. évf.) 10. sz. 464-469. old.
- [7] Retter Gy.: Kombinált fuzzy, neurális, genetikus rendszerek, ISBN 978 963 87401 0 6
- [8] Szabados G: Állványkiszolgálógéppel kiszolgált fej elrendezésű automatikus parkolóházak szimulációs vizsgálata, Diplomaterv, 2006. Miskolci Egyetem, Informatikai Intézet

**Szabados Gábor**, doktorandusz; **Dr. Németh János**, egyetemi docens  
 Miskolci Egyetem, Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék  
 Cím: H3515 Miskolc Egyetemváros  
 Telefon / Fax: +36-46-565-111  
 E-mail: [altszg@uni-miskolc.hu](mailto:altszg@uni-miskolc.hu)



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## JÁRMŰ- ÉS KERÉKMODELL TERVEZÉSE PARKOLÁSI MANŐVER SZIMULÁCIÓJÁHOZ

Szabó Bálint

### *Abstract*

This article is about vehicle model development for a special case of vehicle manoeuvres, the parking. The vehicle model development started in two directions: kinematical and dynamical model design. To increase the simulation accuracy the model is extended with a so-called “brush” tire model. With these models different type of simulation can be made.

### *Összefoglalás*

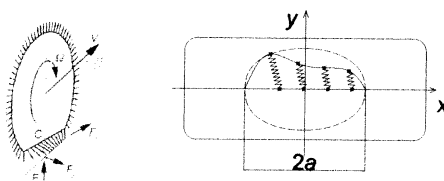
Ez a cikk egy járműmodell fejlesztésével foglalkozik, mégpedig egy speciális manőver szimulációjához: a parkoláshoz. A modell tervezése két irányban indult el: elkészült egy kinematikai és egy dinamikai modell. A pontosság növelése érdekében egy úgynevezett „kefe” kerékmodellel is kibővült a jármű. Így együttesen számtalan különböző szimulációt lehet megvalósítani ezekkel a modellekkel.

### **1. Járműmodell parkolási manőver szimulálásához**

A parkolási manőver szimulálásához egy járműdinamikai modellre van szükség, amely szimulálni képes a jármű mozgását parkolás közben. Figyelembe véve a parkolási manőver sajátosságait, a modell megalkotása során a következő egyszerűsítéseket végezhetjük el. A jármű alacsony sebességének következtében a kocsitestet érő dinamikai hatások – mint például a felépítmény dőlése és bólintása – elhanyagolhatóak. A modell egy felülnézetben ábrázolt kétkerekű bicikli-, vagy egy négykerekű jármű lehet. A jármű mozgását a kocsitestre adott erővel, vagy előírt sebességfüggvénnyel lehet szimulálni, a mozgás irányát pedig a kormányzott kerekek elforgatásával lehet befolyásolni. A meghatározott jármű mozgását leíró matematikai egyenleteket megoldva kapjuk a jármű trajektóriáját. Az egyenletek megoldását numerikus számítások segítségével végezzük el. A parkolási manőver pontos szimulálásához szükség van kerékmodellre is. Ezzel a gumiabroncs rugalmasságát, és a gumi súrlódási viszonyait is figyelembe tudjuk venni. A modelleket sokféle szempont szerint lehet csoportosítani. Az egyik legjelentősebb szempont az alkalmazott mechanikai összefüggések szerinti csoportosítás, vagyis lehet kinematikai vagy dinamikai modell. A járművet le lehet egyszerűen kétkerekű biciklimodellel is modellezni, de a bonyolultabb szimulációkhoz négykerekű modellre van szükség. A gumiabroncsot is különbözőképpen lehet modellezni. Általában a modell a gumiabroncs alaptulajdonságát, azaz a rugalmasságát modellezi, de ezt tovább lehet fejleszteni újabb tulajdonságokkal, mint például a megcsúszás, vagy a relaxáció.

## 2. Kerékmodell

A gyakran alkalmazott statikus modellnek a lényege, hogy amennyiben ismerjük a hossz- és keresztirányú szlipgörbéit, akkor a jármű mozgása során számítani lehet a kerekek hossz- és keresztirányú megcsúszásainak, illetve a kerékterhelés segítségével számítható a keréktalpponti erő longitudinális és laterális komponense. Ezt a kerékmodellt többnyire dinamikus járműszimulációknál alkalmazzák, ahol számít a szimulációs idő. Ez a modell ugyanis elegendően gyors ahhoz, hogy közel valós-idejű számításokat végezzünk. Azonban nem elég pontos ahhoz, hogy a parkolás-szimuláció során ezzel a modellel dolgozzunk, ehelyett célszerűbb dinamikus modellel dolgozni. A dinamikus modellek rugóelemek, rugalmas húr, vagy rugalmas anyagmodell segítségével közelíti a gumiabroncs viselkedését. Az egyik legegyszerűbb ilyen modell az úgynevezett „kefemodell”.

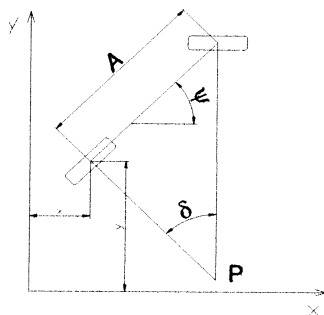


1. ábra Kerékmodellek. A térbeli „kefemodell”, és a síkba redukált változata [1]

A síkba redukált keréktárcsa területére radiális irányban rugóelemeket helyezünk el, amelyeknek egyik vége a keréktárcsához van rögzítve, a másik vége pedig szabadon van mindaddig, amíg a talajjal kapcsolatba kerülve deformálódik, és a rugódeformációból hossz és keresztirányú erők keletkeznek. A parkolás során a függőleges elmozdulások nem érdekesek, ezért a kerék vertikális deformációját elhanyagoljuk, azaz a keréktárcsát a talajra vetítve, a rugóelemeknek csak a kereszt- és hosszirányú deformációját vesszük figyelembe. A rugók statikus helyzetben zérus hosszúságúak, a keréktárcsa elmozdulásának hatására pedig longitudinális és laterális irányban megnyúlnak. A rugómerevséget egyszerűbb esetekben választhatjuk konstansnak, ekkor lineáris karakterisztikát kapunk, de a gumiabroncsok valós viselkedését jobban közelíti a progresszív rugókarakterisztika. A fent leírt rendszer szolgáltatja az alapmodellt, de ezt még további funkciókkal fejleszteni lehet, hogy minél reálisabb kerékmodellünk legyen. Az egyik ilyen funkció a megcsúszás. A teljes megcsúszás, azaz a 100%-os kerékszlip modellezéséhez a talajvégi rugóelemek tapadását kell figyelni. A kerékterhelés, és a tapadási tényező maximumának függvényében számítható a maximális súrlódási erő. Ha a rugóerő meghaladja maximális súrlódó erőt, akkor a rugóelem megcsúszik, és a deformációja egészen addig csökken, míg a fenti egyenlőtlenség érvényes. Egy másik funkció a gumideformáció kiterjesztése a tapadási felületen kívülre. Egy bonyolultabb gumimodellnek, mint például a húrmodellnek már az alaptulajdonságai között szerepel. A kefemodellnél a rugóelemek egymástól függetlenül deformálódnak, ezáltal a tapadási felületen kívül a deformáció nullára csökken, hiszen itt a tapadási tényező zérus. A valóságban a gumiabroncsnál a deformáció a tapadási felületen kívül is létrejön, és ezt a tapadás felületen belüli deformáció extrapolálásával közelíteni.

### 3. Kinematikai járműmodell

A parkolási manőver sajátosságai közé tartozik, hogy a jármű sebessége alacsony, ezért a dinamikai hatások elhanyagolhatók. Legegyszerűbb esetben elegendő egy kinematikai modell is. A járművet a kocsitestre kényszerített sebességfüggvénnyel hozhatjuk mozgásba. A sebességvektor a jármű hossztengegyével párhuzamos, a jármű irányítását a kormányzott kerekek elforgatásával valósíthatjuk meg. A jármű állapotát, azaz a jármű helyzetét három változó írja le: az  $x$  és  $y$  helykoordináták, valamint a  $\psi$  orientációs szög.



2. ábra Kétkerekű járműmodell helyzetét meghatározó változók

Minden időlépésben meg kell határozni a jármű új állapotát, helyzetét. Először a sebességnek megfelelően kimozdítjuk a járművet egy meghatározott irányba, majd a gumiabroncsok deformációjából kiszámítjuk a potenciális energiát. A jármű adott időlépésbeli végleges helyzetét azok a koordináták fogják jelteni, amelyek mellett a potenciális energia minimális. Vagyis ennél a modellenél, mivel a mozgást kinematikai egyenletek írják le, a kerékmodellek nem erőt, hanem potenciális energiát adnak eredményül. Ez a modellt ki lehet egészíteni megcsúszással, illetve a kerekek szögelfordulásának számításával.

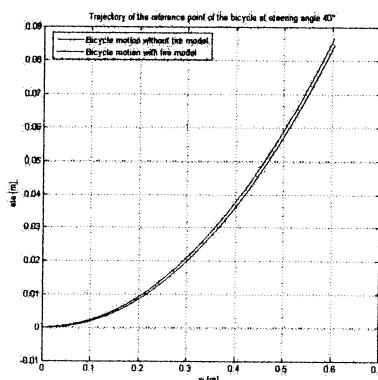
### 4. Dinamikai járműmodell

Ebben az esetben ugyan a jármű mozgását dinamikai egyenletek írjuk le, de a dinamikai hatásokat továbbra is elhanyagoljuk. A járművet két megoldással lehet mozgásba hozni. Az egyszerűbbik szerint egy erőt működtetünk a kocsitesten (például a súlyponton), a másik lehetőség pedig a hajtott kereken működtetett forgatónyomatékkal. A jármű helyzetét az előbbi esetben ismertetett három változó írja le. A jármű mozgását viszont egy differenciál-egyenletrendszer megoldásával kapjuk meg. A numerikus számítás minden időlépésében meg kell határozni a járműre ható erőket, majd ezeket felhasználva megoldható a fenti egyenletrendszer. Megoldásként pedig a jármű új pozícióját kapjuk. Ebben az esetben a kerékmodell a keréktalpponti elmozdulások, és a szögelfordulás ismeretében számítja ki a hossz- és keresztirányú erőket, továbbá a függőleges tengely körüli forgatónyomatékokat. Ez a modell szintén alkalmas a megcsúszás, a deformáció kiterjesztésének, illetve a kerekek forgásának modellezésére.



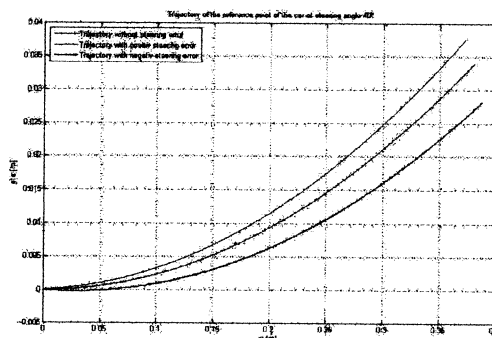
## 5. Szimulációs eredmények

A korábban leírt módon készített algoritmusokkal különféle vizsgálatokat, szimulációkat lehet elvégezni, vagyis definiáljuk a bemeneti paramétereket, vagyis a kormányszöveget, a sebességet, vagy az erőt. A szimulációt lefuttatva pedig ki lehet értékelni az eredményeket. A különféle tesztek közül a legegyszerűbb a konstans körpályás teszt, amelynek eredménye a következő ábrán látható. Mint kitűnik, a kerékmodell hatására a jármű „letér” a pályáról.



3. ábra Konstans sugarú pálya teszt

Négykerekű modellt használva lehetőségünk nyílik az úgynevezett kormányhiba szimulációjára. A négykerekű jármű ugyanis kanyarodáskor kinematikailag túlhatározott. Ebből adódik a járművek kormányhibája, amelynek hatását az alábbi ábra szemlélteti.



4. ábra: Kormányhiba hatása

Azonban nem csak a jármű trajektóriáját lehet elemezni ezen modellek segítségével, hanem a gumiabroncsok deformációját is. Minden időpillanatban kirajzolható a gumiabroncs, illetve az azt szimbolizáló rugóelemek deformációja.

## Irodalom

[1] Pacejka, Hans B.: Tyre and Vehicle Dynamics. Elsevier Butterworth-Heinemann 2002 (p. 93-134.)

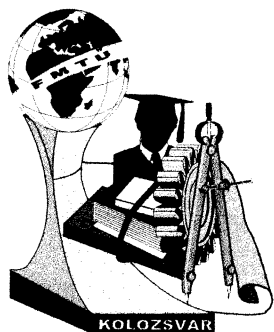
### Szabó Bálint, PhD hallgató

BME, Közlekedésmérnöki Kar, Gépjárművek Tanszék

Cím: H-1111, Magyarország, Budapest, Stoczek u. 6.

Telefon: +36-1-4632380

E-mail: balint.szabo@auto.bme.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## ELJÁRÁSOK KOMBINÁLÁSA KEMÉNYFELÜLETEK MEGMUNKÁLÁSÁRA

Szabó Gergely

### Abstract

To increase the wear resistance of parts it is needed to increase their surface hardness and the number of their hard surfaces. For a long time hard surfaces were machined by abrasive, grinding processes. Today the conditions are given for machining by tools with definite edges superhard tools. This paper focuses on what is characteristic of the combination of the two procedures as well as what advantages that may bring.

### Összefoglalás

Az alkatrészek kopásállóságának növeléséhez a felületek keménységét és a keményfelületek számát is növelni kell. A keményfelületeket hosszú időn keresztül abrazív –köszörülő- eljárással munkálták meg. Ma már adottak a feltételek határozott élű, szuperkemény szerszámokkal végzett megmunkálásra is. Az előadás arra hívja fel a figyelmet, hogy a két eljárás kombinálását mi jellemzi, illetve milyen előnyöket hozhat.

### 1. Bevezetés

A gépipari termékektől elvárt funkciók, magas élettartam, megbízhatóság, minőségi követelmények növekedése egyre pontosabb és termelékenyebb megmunkáló eljárások alkalmazását követelik meg. Ezek közül különösen a befejező megmunkálások kapnak hangsúlyt, mivel ezek a gyártmány végleges minőségi előírásainak megvalósításához nélkülözhetetlenek. Az élettartam növelés elsősorban hőkezeléssel létrehozott kemény felületek létrehozását jelenti, amelyek megfelelő befejező megmunkálásával az alkatrész jobban terhelhető, kopásállóbb és hosszabb élettartamú lesz. Tehát az alkatrészek funkcionális viselkedését döntően befolyásolja az alkalmazott készremunkáló eljárás, amely egyaránt végezhető köszörüléssel és keményesztergálással. Az alapvető pontossági követelmény  $< IT5$ . Hosszú ideig az edzett felületek megmunkálására a köszörülési eljárások voltak meghatározók, mivel a kívánt pontosságot csak köszörülési technológiával tudták gazdaságosan elvégezni. Forgácsolás szempontjából azokat nevezzük nagykeménységű anyagnak, amelyeknek  $HRC > 45$  a keménysége. A szuperkemény szerszámanyagok egyre gyorsabb térhódítása, valamint az egyre szigorodó környezetvédelmi előírások arra készítetik a gépipart, hogy ahol lehet, ott az abrazív eljárások helyett határozott élű szerszámmal végzett megmunkálást alkalmazzanak.

### 2. Edzett felületek befejező megmunkálásának lehetőségei

A határozatlan élű (abrazív) készremunkáló eljárások mellett lehetőség van az edzett felületek befejező megmunkálását határozott élű szerszámmal, valamint kombinált eljárással is elvégezni.

Kombinált eljárásoknak nevezzük, azokat, amelyeknél a határozott élű megmunkálás mellett a felület megmunkálására határozatlan élű (abrazív) szerszámmal végzett eljárások is jelen vannak a felület megmunkálásánál. Ez akár egy koncentrált műveletben is megvalósulhat, mert létrehozták azokat a szerszámgepeket, amelyeken mind a két típusú eljárás elvégezhető. A köszörülés, mint abrazív megmunkálás viszonylag drága, kis termelékenyséű és környezetszennyező művelet, ezért törekednek a teljes vagy részleges kiváltására. Erre legalkalmasabb eljárás a keményesztergálás, amely kiiktatja a köszörülés hátrányait, emellett biztosítja az előírt pontossági, érdességi és felületminőségi előírásokat. Előnyei mellett van azonban néhány hátránya is, amely korlátozza alkalmazását, vagy abrazív kiegészítő műveletek (szuperfinis, honolás, köszörülés) alkalmazását teszik szükségessé. Az összehasonlítást az 1. táblázatban foglaltam össze [1].

1. táblázat A két külön eljárás összehasonlítása [1]

	<b>Abrazív</b>	<b>Határozott élű szerszám</b>
<b>Előnyei</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ pontos eljárás;</li> <li>▪ jól kidolgozott technológia;</li> <li>▪ nem kell élezni a szerszámot (önélezés);</li> <li>▪ sok eljárásváltozata van (pl. szalag-köszörülés, leppelés, stb.).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ pontos eljárás;</li> <li>▪ ismert élgeometria, így jól definiálható a megmunkált felület geometriája is;</li> <li>▪ nyomó maradó feszültségek keletkeznek a felületen (ezáltal felkeményedik az anyag);</li> <li>▪ nem kell hűtő-kenő folyadékot alkalmazni;</li> <li>▪ nagyobb termelékenyséű a forgácsleválasztás.</li> </ul>
<b>Hátrányai</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ a megmunkálási beégés veszélye;</li> <li>▪ sok hűtő-kenő folyadékot igényel;</li> <li>▪ a keletkező köszörűiszap általában nem újrahasznosítható, kezelése költséges és környezetszennyező;</li> <li>▪ a megmunkálás során tépett topológiájú felületet állítunk elő;</li> <li>▪ a megmunkált felületen nem egyenletes a kenőanyag eloszlása.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ a megmunkálandó felület növekedésével a folyamat stabilitását nehéz biztosítani;</li> <li>▪ felületen mikromenet képződik (szerelési problémát okoz két keményesztergált darab illesztése).</li> </ul>

Ha a két eljárást egyesítjük, akkor a kombinált eljárást az alábbiak jellemzik:

- a két eljárás előnyös tulajdonságait egyesítjük;
- nagyolás esztergálással;
- simítás köszörüléssel (így a mikromenetet megszüntetjük, de a nyomó maradó feszültségek megmaradnak);
- minimális mennyiségű hűtő- kenő folyadék kerül alkalmazásra;

- a megmunkált felületen a kenőanyag eloszlása kielégítő.

### 3. Az eljárások összehasonlítása

Az abrazív és a forgácsoló megmunkálások összehasonlítása nehéz azok folyamatjellemzőiben meglévő jelentős különbségek miatt. Az összehasonlításhoz Koch vizsgálatai adnak útmutatást. Koch a kísérleteit tárcsaszerű alkatrészekre végezte, amelyek során a gazdaságossági, rugalmassági, ökológiai és minőségi szempontokat vette figyelembe. A kapott eredmények az 2.táblázatban vannak összefoglalva [2].

*2.táblázat Szempontok a keményesztergálás és a köszörülés összehasonlításához [2]*

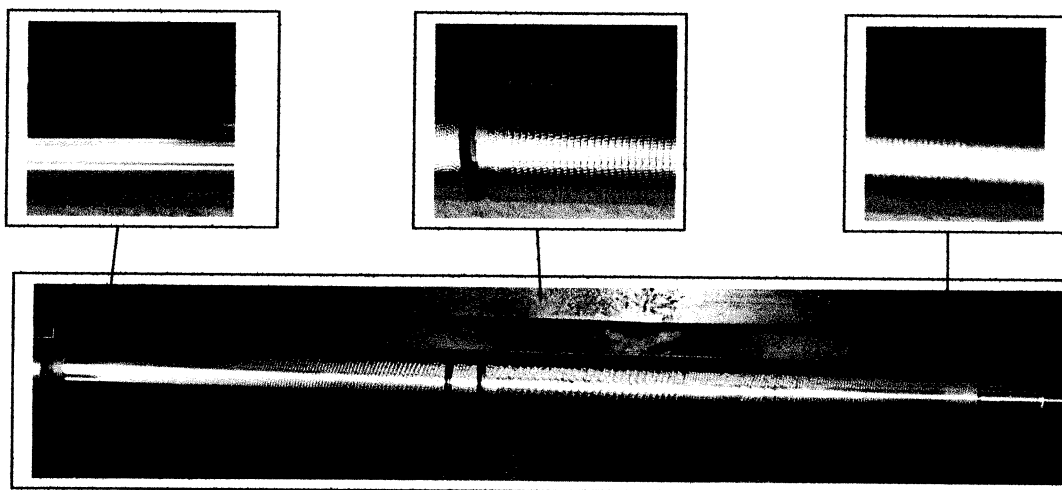
Az összehasonlítás szempontjai		Keményesztergálás	Köszörülés
Gazdaságosság	Megmunkálási idő	+ / -	+ / -
	Anyagválasztási	+	-
	Beszerezési költség (gép)	o / +	o / -
	Szerszámköltség	-	+
Rugalmasság	Műveletek koncentrációja	+	-
	Kapcsolódó felületek	+	- / o
Ökológia	Teljesítményszükséglet	+	-
	Hűtő-kenő folyadék	+	-
	Forgács újrahasznosítás	+	-
Minőség	Felületminőség	?	+
	Az eljárás	?	+
	Felületi integritás	?	+
Jelölések: + pozitív, - negatív, o semleges, ? további vizsgálat szükséges			

### 4. Tengelyszerű alkatrészek megmunkálásának lehetősége

A kemény, illetve a kombinált eljárás tárcsaszerű alkatrészek megmunkálása esetén jól kidolgozott és alkalmazott technológia. Ugyanez viszont tengelyszerű alkatrészek esetén nem érvényes. Elméletileg alkalmazható és eredményes lehet, mint tárcsaszerű alkatrészek esetén. A külső hengeres felületek megmunkálásakor több szempontból is előnyösebb helyzetben vagyunk, köszörülésnél merevebbek lehetnek a szerszámok, könnyebb a munkadarabhoz hozzáférni, míg esztergálásnál jobb a hűtés-kenés, stb. A tárcsaszerű alkatrészeknél az esztergálásnál a felsorolt korlátok mellett még további problémák tengelyek megmunkálása esetén:

- növekszik a felület nagysága, így a forgácsolási út is, tehát hosszabb ideig kell biztosítani a folyamat stabilitását;

- a tengely az  $l/d$  viszony emelkedésével kevésbé merev lehet, mint a tárcsaszzerű alkatrész;
- a sugárirányú erőkomponens miatt esztergálásnál nagyobb a lehajlás és a kihajlás veszélye, így felületminőségben jelentős eltérések léphetnek fel (1. ábra);
- mivel az utolsó fogás a készméret, ezért a szerszám bármilyen tönkremenetele esetén újabb fogásvételre nincs lehetőség.



*1. ábra. Felületminőségi eltérések nagy  $l/d$  viszonyú tengelyek keményesztergálása során [3]*

#### 4. Következtetések

Mindkét eljárásnak vannak olyan előnyös tulajdonságai, amelyek a két eljárás kombinálásakor is jól hasznosíthatóak. Így például, ha jelentős anyagmennyiséget kell eltávolítani, akkor a nagyobb anyagleválasztási sebesség és/vagy felületképzési sebességgel rendelkező keményesztergálással végezzük a megmunkálás első lépését. Ezt követően a befejező lépésnél köszörülést alkalmazhatunk. Minden egyes munkadarab technológiai folyamatának tervezése körültekintő munkát és a befejező lépésnél egyedi elbírálást igényel.

#### Irodalom

- [1] Kundrák J, Mamalis AG, Markopoulos A: Finishing of hardened boreholes: Grinding or hard cutting? MATERIALS AND MANUFACTURING PROCESSES 19 (6): 979-993 2004
- [2] Toenshoff-Ben-Anor-Arendt: Cutting of Hardened Steel, Annals of the CIRP Vol.2/2000. 523-541. p.
- [3]Kundrák J.:Grundlegende Untersuchungen zum Feindreihen von langen, schlanken Wellen aus gehärtetem Stahl, Bonn, 2004, 49 p. (Tanulmány)

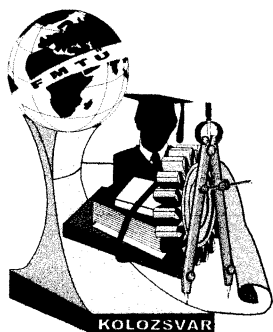
**Szabó Gergely**, doktorandus

Munkahely: Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Gépgyártástechnológiai Tanszék

Cím: 3515, Magyarország, Miskolc, Egyetemváros

Telefon: 00 36/46 565-160, 15-18 mellék, Mobil: 06 30/387-81-39

E-mail: gergely.szabo@uni-miskolc.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## KÉNYSZEREGYENLETEK

Szilágyi Arnold

### Abstract

The subject of this paper is the presentation of a unusual method and its usability designing a machine, which gives the opportunity for specialists to have an insight upon the behaviour of a mechanism which is being designed under a dynamic load. Furthermore, an optimized form of constraint equations will be presented as well as the dual quaternionic method developed by the author.

### Összefoglalás

A dolgozat témája egy új módszer ismertetése és annak alkalmazhatósága a géptervezésben, amely lehetőséget ad a szakember számára, hogy képet kapjon a gép viselkedéséről, annak dinamikus igénybevétele folytán. A dolgozat további részeiben bemutatásra kerül a szerző által optimalizált alakja, majd a kényszeregyenletek duál kvaterniós módszere, amelyet szintén ezen dolgozat szerzője dolgozott ki.

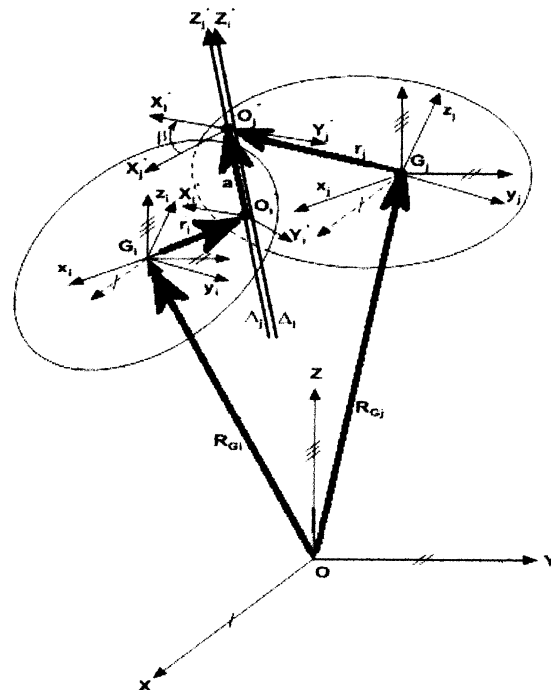
### 1. Bevezetés

A dolgozat egy világszerte ismeretlen matematikai módszert mutat be, amely segítségével akár dinamikus vizsgálatot végezhetünk egy mechanizmuson. Az első részben az eredeti módszer kerül bemutatásra, majd a szerző által optimalizált, módosított módszer leírása olvasható el. A kutató munka következtében a szerző egy újabb egyszerűsítést fedezett fel a duál kvaterniók felhasználásával. A matematikai apparátus bár nehézkes de könnyen algoritmizálható. Ezt bizonyítja egy olyan számítógépes alkalmazás is, amely szimbólikusan generálja a kényszeregyenleteket a mechanizmus 3D-s modelljéből kiindulva.

### 2. A „klasszikus” kényszeregyenletek módszere

Két, csuklóval összekötött test (kinematikai pár) helyzete tizenkét koordinátával határozható meg, egyenként hat-hat koordinátával, ám ezek a koordináták bizonyos feltételek mellett összefüggésben vannak. Ezen összefüggések matematikai leírására ad egy lehetőséget a kényszeregyenletek módszere. Az *1. ábrán* egy térbeli mechanizmus csuklóval összekötött, *i*-edik és *j*-edik tagja van feltüntetve. Látható az OXYZ rögzített rendszer, az *i*-edik tag tehetetlenségi főtengelei  $(X_i, Y_i, Z_i)$ , amelyet az  $R_{Gi}$  helyzetvektor, és az irányítottságot jellemző  $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$  szögek határoznak meg, valamint a *j*-edik tag főtengelei  $(X_j, Y_j, Z_j)$ , azok szögeivel  $\alpha_j, \beta_j, \gamma_j$  és az  $R_{Gj}$  helyzetvektorral meghatározva. Van két csillaggal jelölt segéd, vagy más néven geometriai rendszer  $(O_i^* X_i^* Y_i^* Z_i^*; O_j^* X_j^* Y_j^* Z_j^*)$ , A

segédrendszerek  $O_i^*$  és  $O_j^*$  origói, a  $\Delta_i$  és  $\Delta_j$  tengelyeken helyezkednek el, amelyek relatív mozgást végeznek hengeres, csúszó és csavarmenetes kötések esetén. A segédrendszerek  $\vec{r}_i(x_{ij}, y_{ij}, z_{ij})$ , illetve  $\vec{r}_j(x_{ji}, y_{ji}, z_{ji})$  helyzetvektorral rendelkeznek a  $G_i x_i y_i z_i$  és  $G_j x_j y_j z_j$  rendszerekhez viszonyítva. A csuklók által bevitt kötöttségek analitikus meghatározása a segédrendszerek megengedett, egymáshoz viszonyított mozgásaiból adódik, amelyet a csukló típusa határoz meg. Ezeket a csillag rendszerek irányszögei között fellépő feltételekkel írhatjuk le:



1. ábra. Egy térbeli csuklós mechanizmus két, általános tagja.

$$\begin{aligned} \alpha_i^* &= \alpha_j^* \\ \beta_i^* &= \beta_j^* \\ \gamma_i^* &= \gamma_j^* \end{aligned} \quad (1)$$

Az 1. ábrán feltüntetett körbejárási irány szerint felírható a következő vektoriális egyenlet:

$$\vec{R}_{G_i} + \vec{r}_i + \vec{a} - \vec{R}_{G_j} - \vec{r}_j = 0 \quad (2)$$

Ez tulajdonképpen a két tag közötti tetszőleges mozgást leíró egyenlet. De ha ezt kiegészítjük a csuklónak megfelelő kötöttségek egyenleteivel a kinematikai pár matematikai modelljét kapjuk. Ugyanígy eljárva felírhatjuk a többi kinematikai pár egyenletrendszerét, így megkapván a mechanizmus matematikai modelljét.

Továbbá, az egyenletrendszer idő szerinti deriválása után kiszámíthatjuk az eredő szögsebességet:

$$\begin{bmatrix} \omega_{xi} \\ \omega_{yi} \\ \omega_{zi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \beta_i \cdot \cos \gamma_i & \sin \gamma_i & 0 \\ -\cos \beta_i \cdot \sin \gamma_i & \cos \gamma_i & 0 \\ \sin \beta_i & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{\alpha}_i \\ \dot{\beta}_i \\ \dot{\gamma}_i \end{bmatrix} \quad [PAPP, MÁTÉ (8.) képlet]$$

Újraderiválva az egyenletrendszert eljutunk a lineáris gyorsulásokig, illetve szöggyorsulásokig (a megfelelő tag tehetetlenségi rendszerében). Ezekután kiszámíthatók a tagok eredő szöggyorsulásai is:

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{xi} \\ \varepsilon_{yi} \\ \varepsilon_{zi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\dot{\beta}_i \cdot \sin \beta_i \cdot \cos \gamma_i - \dot{\gamma}_i \cdot \cos \beta_i \cdot \sin \gamma_i & \dot{\gamma}_i \cdot \sin \gamma_i & 0 \\ \dot{\beta}_i \cdot \sin \beta_i \cdot \sin \gamma_i - \dot{\gamma}_i \cdot \cos \beta_i \cdot \cos \gamma_i & -\dot{\gamma}_i \cdot \cos \gamma_i & 0 \\ \dot{\beta}_i \cdot \sin \beta_i & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{\alpha}_i \\ \dot{\beta}_i \\ \dot{\gamma}_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \beta_i \cdot \cos \gamma_i & \sin \gamma_i & 0 \\ -\cos \beta_i \cdot \sin \gamma_i & \cos \gamma_i & 0 \\ \sin \beta_i & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \ddot{\alpha}_i \\ \ddot{\beta}_i \\ \ddot{\gamma}_i \end{bmatrix} \quad [PAPP, MÁTÉ (9) képlet]$$

A tagok tehetetlenségi erői felírhatóak:

$$\begin{bmatrix} F_{xi} \\ F_{yi} \\ F_{zi} \end{bmatrix} = -m_i \cdot \begin{bmatrix} \ddot{X}_{Gi} \\ \ddot{Y}_{Gi} \\ \ddot{Z}_{Gi} \end{bmatrix} \quad (3)$$

valamint a tehetlenségi nyomatékai:

$$[M_i]^{(i)} = \begin{bmatrix} M_{xi} \\ M_{yi} \\ M_{zi} \end{bmatrix}^{(i)} = - \begin{bmatrix} J_{xi} & 0 & 0 \\ 0 & J_{yi} & 0 \\ 0 & 0 & J_{zi} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \varepsilon_{xi} \\ \varepsilon_{yi} \\ \varepsilon_{zi} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & -\omega_{zi} & \omega_{yi} \\ \omega_{zi} & 0 & -\omega_{xi} \\ -\omega_{yi} & \omega_{xi} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} J_{xi} & 0 & 0 \\ 0 & J_{yi} & 0 \\ 0 & 0 & J_{zi} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \omega_{xi} \\ \omega_{yi} \\ \omega_{zi} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Végezetül minden tagra felírhatjuk az erők és a nyomatékok egyensúlyát, aminek következtében meghatározhatók a csuklóokban fellépő erők is, amelyek fontosak a gép további vizsgálatának szempontjából.

### 3. Egyszerűsített modell

Ha kihagyjuk a vektorkontúrból a súlyponti tehetlenségi rendszert és helyette tekintjük az előző taggal kapcsolatban álló koordináta-rendszer és a következő taggal kapcsolatban álló koordináta-rendszer közötti vektort, a számítások során eggyel kevesebb koordinátatranszformációt kell elvégezni és eggyel kevesebb tag marad a vektoregyenletben is. Tehát a 3. ábra alapján feltüntetett körbejárási iránynak megfelelően a vektorkontúr a következő alakot ölti:

$$\vec{R}_{mi} + \vec{A} - \vec{R}_j - \vec{R}_{nj} = 0 \quad (5)$$

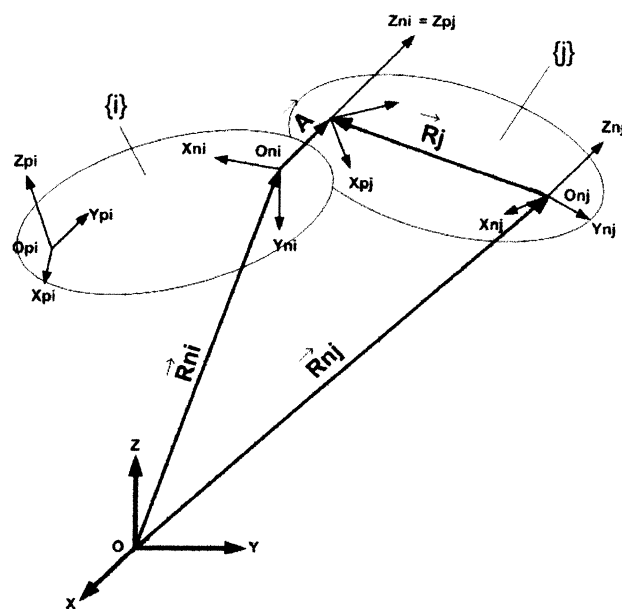
A vektoregyenletnek megfelelő mátrixegyenlet a következőképpen alakul az OXYZ rendszerben:

$$\vec{R}_{mi} + {}^0[T]_i \cdot \vec{A} - {}^0[T]_j \cdot \vec{R}_j - \vec{R}_{nj} = 0 \quad (6)$$

miközben a "klasszikus" módszerrel ugyanez a mátrixegyenlet:

$$\vec{R}_{Gi} + {}^0[T]_G \cdot \vec{r}_i + {}^0[T]_G^G \cdot [T] \cdot \vec{a} - {}^0[T]_j \cdot \vec{R}_{Gj} - \vec{r}_j = 0 \quad (7)$$

A számítások egyszerűsége szembevetendő. A további lépések ugyanúgy történnek, ahogy azt fentebb láthattuk, annyi különbséggel, hogy egy keveset egyszerűsödnek az egyenletek és a nyomatékegyenletben a tehetlenségi nyomatékok tenzora nem lesz átlós.

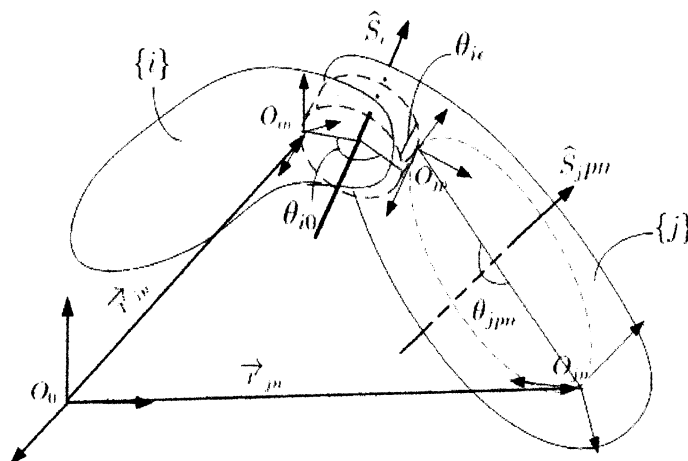


2. ábra. Egyszerűsített modell



#### 4. Duál kvaterniók modell

Mivel egy duális kvaternió a csavarmozgással szoros kapcsolatban van, és a csavarmozgásból a vizsgált csuklók bármely mozgását le lehet vezetni, a dolgozat szerzője azon fáradozott hogy szervesen beépítse a duál kvaterniókat a kényszer egyenletek módszerébe, hisz így egyszerűbb kényszereket vihe-



5. ábra. A duális kvaternió modell

tünk be a mechanizmus matematikai modelljébe. Az elmélet alapja ugyancsak egy egyenlőség az  $O_{jp}$  pontban, amelyet a következő egyenlettel fejezhetünk ki, ha a transzformációkat a duál kvaterniókkal írjuk le:

$$\hat{r}_{jn}^{(0)} = q_{jpn}^{(0)} \cdot q_i^{(0)} \cdot \hat{r}_{in}^{(0)} \cdot q_i^{(0)*} \cdot q_{jpn}^{(0)*} \tag{8}$$

, ahol  $q_{jnp}^{(0)} = q_{jpn}^{(0)-1}$ ,  $q_{jpn}^{(0)} = q_{jp}^{(0)} \cdot q_{jpn}^{(jp)}$  és  $q_i^{(0)} = q_{in}^{(0)} \cdot q_i^{(in)}$ , és a \* a duális kvaternió konjugáltját jelöli.

A bonyolultnak tűnő matematikai háttér valójában egyszerűbb lehetőséget nyújt a transzformációk leírására. Például ha optimálisan válasszuk meg egy hengeres csuklós kinematikai pár segédrendszereit, csak a következő alakú kvaterniókat kell összeszoroznunk:

$$\hat{q}_i^{in} = \begin{pmatrix} \sin \frac{\theta_0}{2} s_{0x} \\ \sin \frac{\theta_0}{2} s_{0y} \\ \sin \frac{\theta_0}{2} s_{0z} \\ \cos \frac{\theta_0}{2} \end{pmatrix} \tag{9}$$

#### Irodalom

[1] Papp István, Máte Márton: *Transformarea generală a două sisteme ortogonale*. CDM2005, a IV.-a Conferință de dinamica mașinilor. Vol. II, pag. 319-326. ISBN 973-635-511-X.

[2] eucladianspace.com

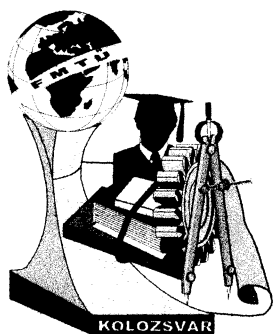
Szilágyi Arnold, hallgató

Munkahely: Sapienia EMTE, Műszaki és Humántudományok Kar - Marosvásárhely, Gépészmérnöki Tanszék

Cím: 540453, Románia, Marosvásárhely, Gloriei 8/6

Telefon : +40-744-358710

E-mail: arnold\_sz\_noel@yahoo.com



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## NYOMÁSESÉS MÉRÉS SPIRÁLCSATORNÁS FRÖCCSÖNTŐ SZERSZÁMBAN

Szűcs András

### Abstract

Injection moulding is one of the most widely used techniques producing complex final product in one manufacturing step. Maintaining and improving of the quality of the plastic product requires detailed knowledge of the cavity filling process. Polymer melts are non Newtonian fluids therefore their viscosities, addition to temperature, pressure and molecular weight, depend on the deformation rate. The main object of this research is to develop a special injection mould that is suitable for the determination of the viscosity of the polymer melts. The injection speed and the measured pressure difference between two flow lengths are used in the calculation. The flow curves were also determined by MFI instrument. It was found that the spiral mould is a suitable method for determination of the viscosity of the polymer melts. The rheological characterisation of the materials was successful by this method in the shear rate range between  $100 \text{ s}^{-1}$  and  $20.000 \text{ s}^{-1}$ .

### Összefoglalás

A fröccsöntés az egyik legelterjedtebb műanyagfeldolgozó eljárás, amellyel összetett termékeket egy lépésben tudunk gyártani. A műanyag gyártmányok minőségének fenntartásához szükséges tudni az üreg kitöltésének folyamatát. A műanyag ömledékek nem newtoni folyadékok, azaz viszkozitásuk a hőmérsékleten, nyomáson és a molekulatömegén kívül a deformációsebességtől is függ. A kutatásnak a célja egy olyan speciális fröccsöntő szerszám fejlesztése volt, amely alkalmas műanyagok viszkozitásának meghatározására. A fröccssebességet és a mért nyomáskülönbségeket használtuk fel a számításhoz. A folyásgörbét MFI mérőberendezéssel is meghatároztuk. A vizsgálatok során azt találtuk, hogy a spirálszerszám alkalmas műanyagok viszkozitásának meghatározására. Az anyagok reológiai jellemzését  $100 \text{ s}^{-1}$  és  $20000 \text{ s}^{-1}$  között végeztük el.

### 1. Bevezetés

A műanyagok áramlásának modellezése igen összetett feladat, ugyanis folyóképességük függ a hőmérséklettől, nyomástól, molekula tömegtől, molekulatömeg eloszlástól és nem utolsó sorban a deformációsebességtől. Az igen összetett áramlási folyamat nehézkessé teszi a polimerek feldolgozását. Gyakorlatban a folyóképesség jellemzésére a viszkozitás görbéket és a folyásgörbéket használjuk. Fröccsöntés során az üreg kitöltése néhány másodperces nagyságrendbe esik, így az áramlás során gyakran több mint  $10.000 \text{ s}^{-1}$  deformáció sebesség ébred. Számos CAE rendszer képes arra, hogy a fröccsöntő szerszám kitöltésének folyamatát szimulálja. Ez lehetőséget ad arra, hogy a szerszám elkészülte előtt az esetleges tervezési hibákat észrevegyék és kijavítsák. A szimulációs programoknak adatbázisának egyik legfontosabb része az alapanyagok viszkozitás görbéje. A szimuláció pontossága múlik alapvetően ezektől a folyási jellemzőket tartalmazó görbétől. A feldolgozás során számos problémát okozhat az alapanyag folyási jellemzőinek megváltozása [1, 2]. A fröccsöntéshez használt műanyagok folyási jellemzőit leggyakrabban kapilláris viszkoziméterrel

határozzák meg. Ehhez a méréshez az alapanyagot egy hengerben, palást fűtőtestekkel melegítjük fel. Ez a megömléstartási folyamat nagyban eltér a fröccsöntés plasztikálásától. A hagyományos mérőrendszerek megközelítőleg  $2.000 \text{ s}^{-1}$  nyírósebességig tudják meghatározni a folyásgörbét. A nagyobb deformációsebességekhez tartozó nyírófeszültséget extrapolációval tudjuk közelíteni, ami viszonylag nagy hibát tartalmazhat [3]. A műanyagok folyóképességének meghatározására az ipari gyakorlatban leggyakrabban használt eljárás a folyási mutatószám (MFI) mérése. Ez egy nagyon egyszerű eljárás és nem ad részletes információt az anyag folyási jellemzőiről, és a folyásgörbe nem határozható meg ezzel az eljárással. A vizsgálat során a terhelő erő változtatásával néhány pont meghatározható a folyásgörbén, de ezek a Bagley korrekció nélkül nem pontosak. Az elérhető maximális nyírósebesség tipikusan kisebb, mint  $100 \text{ s}^{-1}$  [4]. Célunk egy olyan mérőrendszer kifejlesztése volt, ami ipari körülmények között működik. Szabványos MFI mérőberendezéssel, különböző terhelésekkel és spirál szerszámmal határoztuk meg polietilén alapanyag viszkozitását. Közleményünkben ezzel a két eljárással meghatározott viszkozitás mérési eredményeket mutatjuk be.

## 2. Kísérleti rész

A mérésekhez Tipelin FA-381 (TVK ZRT) polietilén (PE) alapanyagot használtunk. A folyási mutatószámot CEAST 6542/000 MFI mérőműszerrel, hat terhelő súllyal (10 kg - 18 kg) határoztuk meg. A vizsgálati hőmérséklet:  $210^{\circ}\text{C}$  és  $230^{\circ}\text{C}$  volt. A kapilláris átmérője  $2,095 \text{ mm}$  hossza  $8 \text{ mm}$ . A nyírósebességet és a nyírófeszültséget a következő összefüggésekből határoztuk meg:

$$\dot{\gamma} = \frac{4 \cdot Q}{R^3 \cdot \pi} \quad (1)$$

$$\tau = \frac{\Delta p}{2 \cdot l} \cdot R \quad (2)$$

Az egyenletekben  $\dot{\gamma}$  a nyíró sebességet,  $\tau$  a nyírófeszültséget,  $R$  a kapilláris sugarát,  $L$  a kapilláris hosszát,  $Q$  az anyag térfogatáramát,  $\Delta p$  a nyomásesést jelenti [5].

A számítások során a viszkozitást a nyírófeszültség és a nyírósebesség hányadosaként határoztuk meg [6]. Ezzel a módszerrel a látszólagos viszkozitást határoztuk meg az adott pontban:

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad (3)$$

A berendezés egy mérés során 10 mintát vesz. Az eredmények szórása minden esetben kisebb volt 5%-nál. A méréseket egy fúvóka hosszal végeztük, ezért nem tudunk Bagley korrekciót alkalmazni.

A kísérletekhez egy nyitott spirálszernél fröccsöntő szerszámmal készítettünk. A spirál alakú üreg a mozgóoldali formalapban volt kimunkálva. A rés szélessége ( $b$ )  $5 \text{ mm}$  a mélysége ( $h$ )  $3 \text{ mm}$ . Az álló oldali formalap sík. Ebbe építettünk be a két nagyérzékenységű nyomásérzékelő szenzort. A formalapokban 4 hűtőcsatorna található, a temperáló közeg hőmérséklete  $90^{\circ}\text{C}$  volt. A szerszám

formaadó felületének átlagos hőmérséklete 76°C volt. A beömlőpersely hossza 30mm. A fröccsöntést Arburg Allrounder 270U 350-70 típusú fröccsöntő géppel végeztük.

Az adagnagyság 1 cm<sup>3</sup>, 2 cm<sup>3</sup> és 3 cm<sup>3</sup> volt, így a kitöltött spirálhossz 66,7 mm, 138,4mm és 200 mm volt. A fröccssebességet 1 cm<sup>3</sup>/s és 100 cm<sup>3</sup>/s között 7 lépcsőben változtattuk. A felépülő fröccsnyomást minden beállításkor regisztráltuk. A paraméterváltások után az első három darabot figyelmen kívül hagytuk, majd a következő öt darabot mértük. A próbatestek tömegének a szórása kevesebb volt, mint 1%. A nyírófeszültség és a nyírósebesség kapcsolatban van a feldolgozás paramétereivel, úgymint a fröccssebességgel, térfogatárammal és a szerszám geometriájával. Négyzetes keresztmetszetben a következő összefüggésekkel lehet meghatározni a nyírófeszültséget (4) és a nyírósebességet (5):

$$\tau = h \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}, \quad (4)$$

ahol  $\Delta P$  a nyomásesés a  $\Delta L$  réshosszon.

$$\dot{\gamma} = \frac{12 \cdot Q}{h^2 \cdot b}, \quad (5)$$

ahol Q a fröccsöntés térfogatárama (m<sup>3</sup>/s); h = 0,003 m a csatorna mélysége; b = 0,005 m a csatorna szélessége [6].

Az anyag viszkozitása a (4) és (5) egyenletekből:

$$\eta = \frac{\Delta P \cdot h^3 \cdot b}{12 \cdot Q \cdot \Delta L} \quad (6)$$

A (6) összefüggés határozza meg a kapcsolatot a szerszámgeometria és a feldolgozási paraméterek között [4].

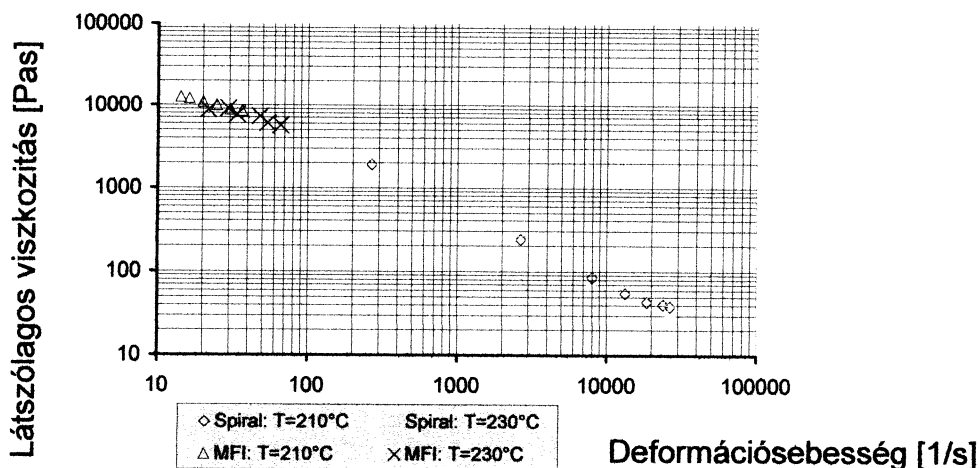
### 3. Eredmények és kiértékelés

A viszkozitás görbék az 1. ábrán láthatók. Az anyaghőmérséklet és a deformációsebesség növelésével az anyag viszkozitása csökken. Ez pszeudoplasztikus viselkedést jelent. A deformációsebesség mérési tartománya 10s<sup>-1</sup>-70s<sup>-1</sup> volt az MFI mérő berendezésben, míg a spirálszerszámban a mérési tartomány 266 s<sup>-1</sup> és 26.666 s<sup>-1</sup> közé esett.

Az ábrából egyértelműen látszik, hogy a mért értékek jó közelítéssel egy görbén fekszenek. Nagy valószínűséggel a mért értékek nem a valós viszkozitását mutatják az anyagnak, de az eredmények alapján azt mondhatjuk, hogy kísérlet elrendezésünk alkalmas reológiai vizsgálatokra.

### 4. Összefoglalás

Kutatásunk során polietilén alapanyag folyási jellemzőit határoztuk meg MFI berendezéssel és spirálcatornás fröccsöntő szerszámmal. Több mint 300-szor nagyobb deformációsebességet értünk el a spirál szerszámban.



1. ábra. A különböző hőmérsékleten mért látszólagos viszkozitásgörbék

Kimutattuk, hogy a vizsgált polimer pseudoplasztikus viselkedést mutat. A berendezés nagy deformáció sebesség tartományban alkalmasnak mutatkozik reológiai vizsgálatokra.

### Irodalom

1. Szűcs András, Belina Károly: *Polimerek folyásának tanulmányozása spirál szerszámban*, 38. Műszaki szemle 364-367. 2007.
2. Jehuda Green, Reinhold Wimberger-Fried: *Precision Injection Moulding*, Hanser Gardner Publications Inc., Munich, 2006
3. P.F. Bariani, M. Salvador, G. Lucchetta: *Development of a test method for the rheological characterization of polymers under the injection molding process conditions*, Journal of Materials Processing Technology 191. (2007) 119–122
4. I. Clavería , C. Javierre, L. Ponz: *Method for generation of rheological model to characterize non-conventional injection molding by means of spiral mold*, Journal of Materials Processing Technology 162–163. (2005) 477–483
5. S.C Chen, R.I. Tsai, R.D. Chein, T.K. Lin: *Preliminary study of polymer melt rheology behaviour flowing through micro-channels*, International Communications in Heat and Mass Transfer 32 (2005) 501-510

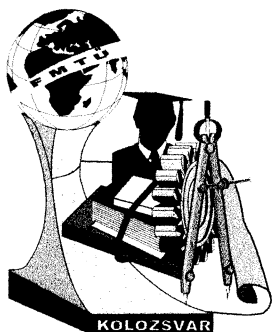
A kutatást a Kutatás és Technológiai Innovációs Alap forrásából a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal (NKTH) Baross Gábor pályázata, valamint a KF GAMF Kar normatív kutatástámogatási pályázata támogatta.



A projekt a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal támogatásával valósult meg.

### Szűcs András

Kecskeméti Főiskola GAMF Kar FMTI, Műanyag- és Gumitechnológiai Szakcsoport  
 Cím: H-6000 Magyarország, Kecskemét, Izsáki út  
 Telefon / Fax: +36-30-313-86-75  
 E-mail: szucs.andras@gmail.com



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## A DIREKT MÓDSZER INTEGRÁLEGYENLETEI SAJÁT SÍKJÁBAN TERHELT LEMEZRE

Szűcs Nóra

### Abstract

The main objective of the present paper is to establish the fundamental solutions for a thin plate assuming a constant in plane stress state due to the loads applied in the middle plane of the plate.

### Összefoglalás

A jelen cikk célja az alapmegoldások, és a lehajlás számítására alkalmas integrálegyenletek előállítása, ha olyan terhelés működik a lemez saját síkjában, amelynek hatására konstans feszültségi állapot alakul ki a lemezben.

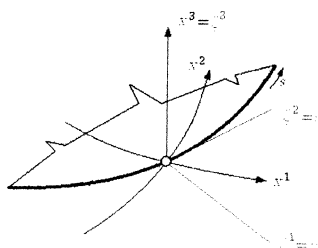
### 1. Bevezetés

Peremelemes megoldásokat lemezstabilitási problémákra különböző feltevések mellett több szerző publikált [1, 2, 3, 4, 5]. A felsorolt tanulmányok közös jellemzője, hogy a lemez síkjában működő és a stabilitásvesztést okozó terhelés tartományi integrálban jelenik meg a peremelemes formalizmusban. Ez az integrál kétféleképpen kezelhető, (a) tartományi elemek felett végzett numerikus integrálással (b) a tartományi integrál alkalmas transzformációval peremre történő kivitelével. A jelen cikk fő célja az alapmegoldások, és a lehajlás számítására alkalmas integrálegyenletek előállítása (két ilyen egyenletre van szükség), ha olyan terhelés működik a lemez saját síkjában, amelynek hatására konstans feszültségi állapot alakul ki a lemezben.

### 2. A feladat egyenletei

A tanulmány kartéziuszi  $(x, y, z)$  és görbevonallú koordinátarendszert  $(x^1, x^2, x^3=z)$  és  $(\xi^1=s, \xi^2=n, \xi^3=z)$  alkalmaz:  $s$  az ívkoordináta a peremgörbe mentén,  $n$  a peremgörbére merőlegesen mért normális.

Az  $x^3 = \xi^3 = z = 0$  koordináta felület egybeesik a lemez középsíkjával.



1. ábra. Koordináta rendszerek a középsíkján és a peremen

Kartézusi KR-ben  $e_x, e_y$  és  $e_z$  a bázisvektorok. Ha síkbeli görbevonalú KRt használunk, akkor egy akkor a görög indexek 1 és 2 értékűek,  $g^{ab}$  a metrikus tenzor. A z irányú elmozdulást  $w$  jelöli a középfelület  $P_0$  pontjában. A lemez  $S^+$  tartománya az  $x, y$  koordináta síkban az  $L$  görbével határolt. Ez utóbbi sima a véges számú  $K$  sarokpontokon kívül. A feladat differenciálegyenlete

$$I_1 E_1 \Delta \Delta w - f \Delta w = p_z, \tag{2.1}$$

ahol

$$I_1 = b^3/12, \quad E_1 = E/(1-\nu^2), \quad \Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \tag{2.2}$$

Itt  $b$  a lemezvastagság,  $E$  a rugalmassági modulus,  $\nu$  a Poisson szám,  $f$  a terhelési paraméter,  $p_z$  a középfelületre merőleges terhelés. Az  $M_n$  hajlítónyomaték, a  $V_n$  nyíróerő és a csavarónyomaték a

$$M_n = -I_1 E_1 \left( \frac{\partial^2 w}{\partial n^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial s^2} \right) \quad \text{és} \quad V_n = I_1 E_1 \frac{\partial}{\partial n} \Delta_H w. \tag{2.3}$$

$$M_{nt} = -I_1 E_1 (1-\nu) \frac{\partial^2 w}{\partial n \partial s} \tag{2.4}$$

képletekkel számítható. Következésképp a peremfeltételek a sima peremíven

$$M_n = 0 \quad \text{vagy} \quad -\frac{\partial w}{\partial n} = \varphi(s) \tag{2.5a}$$

és

$$V_n - f \frac{\partial w}{\partial n} = 0 \quad \text{vagy} \quad w = \hat{w}(s). \tag{2.5b}$$

alakúak, ahol  $\hat{w}(s)$  és  $\varphi(s)$  az elmozdulás és szögelfordulás előírt értékei a perem mentén.

### 3. Somigliana identitás

A (2.1) egyenlet a

$$M^{\alpha\beta}{}_{||\alpha\beta} + b_{\alpha\beta} N^{\alpha\beta} + b^3 = 0 \tag{3.1}$$

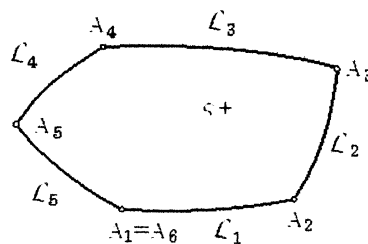
egyenlet speciális esete, ha abban elvégezzük az alábbi helyettesítéseket

$$N^{\alpha\beta} = -f g^{\alpha\beta}, \quad b_{\alpha\beta} = w_{||\alpha\beta}, \quad b^3 = p_z \tag{3.2}$$

$$w^\alpha = \varepsilon^{\alpha\beta\gamma} w_{||\beta\gamma}, \quad \partial_\alpha = w_{3||\alpha}, \quad \kappa_{\alpha\gamma} = -\partial_\alpha ||_\gamma, \tag{3.3}$$

$$M^{\alpha\beta} = I_1 E_1 \underbrace{\left[ \nu g^{\alpha\lambda} g^{\mu\gamma} + \frac{1-\nu}{2} (g^{\alpha\mu} g^{\lambda\gamma} + g^{\alpha\gamma} g^{\lambda\mu}) \right]}_{-g^{\alpha\lambda\mu\gamma}} \kappa_{\mu\gamma} \tag{3.4}$$

és egyenesvonalú KR-re térünk át. Itt  $p_z = b^3$  a középfelületre merőleges terhelés sűrűsége,  $w = w^3$  z irányú elmozdulás a középfelületen,  $b_{\alpha\beta}$  a görbületi tenzor,  $M_{\alpha\beta}$  az élnyomatékok tenzora,  $N^{\alpha\beta}$  a síkbeli élerők tenzora, a kovariáns a két párhuzamos vonalkát követő görög index jelöli.



2. ábra. Az  $S^+$  tartomány és az  $L$  peremgörbéje töréspontokkal

Legyen  $u$  kétfőn sokszor differenciálható skalármező. Kimutatható, hogy

$$\int_{S^+} (M^{\alpha\beta}_{\parallel\beta}(w) + b_{\alpha\beta}M^{\alpha\beta}(w)) u \, dS = I_1 E_1 \int_{S^+} u_{\parallel\alpha} g^{\alpha\beta} w_{\parallel\beta} \, dS + f \int_{S^+} g^{\alpha\beta} u_{\parallel\alpha} w_{\parallel\beta} \, dS + \\ + \oint_{\mathcal{L}} \left[ n_\alpha M^{\alpha\beta}_{\parallel\beta} + \frac{d}{ds} (n_\alpha M^{\alpha\beta} t_\beta) - f n_\alpha g^{\alpha\beta} w_{\parallel\beta} \right] u \, ds - \oint_{\mathcal{L}} n_\alpha M^{\alpha\beta}(w) n_\beta \frac{du}{dn} \, ds - \sum_{i=1}^n n_\alpha M^{\alpha\beta}(w) t_\beta u \Big|_i^{i+1} \quad (3.5)$$

A  $w$  és  $u$   $w$  betűcseréket követő különbségképzéssel adódik a Somigliana identitás:

$$\int_{S^+} (M^{\alpha\beta}_{\parallel\beta}(w) + f g^{\alpha\beta} w_{\parallel\beta}) u \, dS - \int_{S^+} (M^{\alpha\beta}_{\parallel\beta}(u) + f g^{\alpha\beta} u_{\parallel\beta}) w \, dS = \\ = \oint_{\mathcal{L}} \left[ n_\alpha M^{\alpha\beta}_{\parallel\beta}(w) + \frac{d}{ds} (n_\alpha M^{\alpha\beta}(w) t_\beta) - f n_\alpha g^{\alpha\beta} w_{\parallel\beta} \right] u \, ds - \oint_{\mathcal{L}} \left[ n_\alpha M^{\alpha\beta}_{\parallel\beta}(u) + \frac{d}{ds} (n_\alpha M^{\alpha\beta}(u) t_\beta) - f n_\alpha g^{\alpha\beta} u_{\parallel\beta} \right] w \, ds - \\ - \oint_{\mathcal{L}} n_\alpha M^{\alpha\beta}(w) n_\beta \frac{du}{dn} \, ds + \oint_{\mathcal{L}} n_\alpha M^{\alpha\beta}(u) n_\beta \frac{dw}{dn} \, ds - \sum_{i=1}^n n_\alpha M^{\alpha\beta}(w) t_\beta u \Big|_i^{i+1} + \sum_{i=1}^n n_\alpha M^{\alpha\beta}(u) t_\beta w \Big|_i^{i+1} \quad (3.6)$$

#### 4. Elsőrendű alapmegoldás

Legyen  $Q(\xi, \eta)$  és  $M(x, y)$  a középfelület két pontja: forráspont és hatáspont. A két pont távolságát  $R$ , az  $M$  pont  $Q$  pontra vonatkoztatott helyvektorát  $\mathbf{r} = r_x \mathbf{e}_x + r_y \mathbf{e}_y$  jelöli.  $\delta(M-Q)$  a Dirac függvény. A

$$\Delta(\Delta w - k^2 w) = \delta(M - Q) / D, \quad D = I_1 E_1, \quad k^2 = f / D > 0 \quad (4.1)$$

DE megoldását - itt a deriválás az  $M$  pontra vonatkozik,  $U(M, Q)$ -val fogjuk jelölni, és elsőrendű alapmegoldásnak fogjuk nevezni. Igazolható, elhagyva a részleteket, hogy az alapmegoldás

$$U(M, Q) = U(R) = \frac{1}{Dk^2} \left( \frac{1}{2\pi} \ln R - \frac{1}{4} \right). \quad (4.2)$$

alakú. Ennek normálirányú deriváltját szintén alapmegoldásnak nevezzük:

$$G(M, Q) = \frac{\partial U(R)}{\partial n} = \frac{1}{Dk^2} \left( \frac{1}{2\pi R} - \frac{k}{4} Y_1(kR) \right) \frac{n_x r_x}{R}. \quad (4.3)$$

#### 5. Somigliana képletek

Tegyük fel hogy alkalmazzuk a Somigliana identitást az  $S^+$  tartományra, feltéve hogy (a)  $Q$  belső pont, (b) helyettesítjük  $U(M, Q)$ -t  $u(M)$ -val. Megjegyezzük, hogy egy  $Q$  középpontú  $R_\epsilon$  sugarú kört kizárunk az  $S^+$  tartományból és az identitás határértékét kell venni ha  $R_\epsilon$  tart zérushoz. Elhagyva a hosszadalmas részletszámításokat, kapjuk :

$$w(Q) = \oint_{\mathcal{L}} \left\{ n_\alpha M^{\alpha\beta}_{\parallel\beta}(w(M_o)) + \frac{d}{ds} \left[ n_\alpha M^{\alpha\beta}(w(M_o)) t_\beta \right] - f n_\alpha g^{\alpha\beta} w_{\parallel\beta}(M_o) \right\} U(M_o, Q) \, ds_{M_o} - \\ - \oint_{\mathcal{L}} \left[ n_\alpha M^{\alpha\beta}_{\parallel\beta}(U(M_o, Q)) + \frac{d}{ds} \left( n_\alpha M^{\alpha\beta}(U(M_o, Q)) t_\beta \right) - f n_\alpha g^{\alpha\beta} U_{\parallel\beta}(M_o, Q) \right] w(M_o) \, ds_{M_o} - \\ - \oint_{\mathcal{L}} n_\alpha M^{\alpha\beta}(w(M_o)) n_\beta \frac{\partial U(M_o, Q)}{\partial n} \, ds + \oint_{\mathcal{L}} n_\alpha M^{\alpha\beta}(U(M_o, Q)) n_\beta \frac{\partial w(M_o)}{\partial n} \, ds_{M_o} - \\ - \sum_{i=1}^n n_\alpha M^{\alpha\beta}(w) t_\beta U(M_o, Q) \Big|_i^{i+1} + \sum_{i=1}^n n_\alpha M^{\alpha\beta}(U(M_o, Q)) t_\beta w \Big|_i^{i+1} + \int_{S^+} U(M, Q) p_z(M) \, dS_M \quad Q \in S^+ \quad (5.1)$$

Ez az egyenlet valójában egy reprezentációs tétel. Ha ismerjük a  $w(M_o)$  elmozdulásmezőt, valamint a  $d w(M_o)/dn$  szögelfordulásmezőt, a

$$M_n = n_\alpha M^{\alpha\beta}(w(M_o)) n_\beta$$

hajlítónyomatékokat és a

$$V_n = n_\alpha M^{\alpha\beta}_{\parallel\beta}(w(M_o)) + \frac{d}{ds} \left[ n_\alpha M^{\alpha\beta}(w(M_o)) t_\beta \right] - f n_\alpha g^{\alpha\beta} w_{\parallel\beta}(M_o)$$



nyíróerőt akkor az elmozdulás  $w(Q)$  értéke az (5.1) képlettel számítható. Ha a  $Q=Q_0$  a peremen van, akkor az (5.1)re vezető gondolatmenettel adódik, hogy

$$\begin{aligned}
 w(Q_0)c_u(Q_0) = & \int_{\mathcal{L}} \left\{ n_\alpha M^{\alpha\beta}(w(M_o)) + \frac{d}{ds} \left[ n_\alpha M^{\alpha\beta}(w(M_o)) t_\beta \right] - f n_\alpha g^{\alpha\beta} w_{||\beta}(M_o) \right\} U(M_o, Q_o) ds_{M_o} - \\
 & - \int_{\mathcal{L}} \left[ n_\alpha M^{\alpha\beta}(U(M_o, Q_o)) + \frac{d}{ds} \left( n_\alpha M^{\alpha\beta}(U(M_o, Q_o)) t_\beta \right) - f n_\alpha g^{\alpha\beta} U_{||\beta}(M_o, Q_o) \right] w(M_o) ds_{M_o} - \\
 & - \int_{\mathcal{L}} n_\alpha M^{\alpha\beta}(w(M_o)) n_\beta \frac{\partial U(M_o, Q_o)}{\partial n} ds + \int_{\mathcal{L}} n_\alpha M^{\alpha\beta}(U(M_o, Q_o)) n_\beta \frac{\partial w(M_o)}{\partial n} ds_{M_o} - \\
 & - \sum_{i=1}^n n_\alpha M^{\alpha\beta}(w) t_\beta U(M_o, Q_o) \Big|_i^{i+1} + \sum_{i=1}^n n_\alpha M^{\alpha\beta}(U(M_o, Q_o)) t_\beta w \Big|_i^{i+1} + \int_{S^+} U(M, Q_o) p_z(M) dS_M \quad Q_o \in \mathcal{L} \quad (5.2)
 \end{aligned}$$

ahol  $c_u(Q_0) 0.5$ , ha a görbe sima, ellenkező esetben függ a  $Q_0$  pontban levő két érintő által bezárt szögtől. Mivel ismerünk két peremértéket a görbén, további egyenletre van szükség. Ez az egyenlet az (5.2) alatti gondolatmenet ismétlésével kapható meg, ha az  $U(M,Q)$ -t helyére  $G(M,Q)$ -t gondolunk..

## 6. Következtetések

A fő célkitűzésünkkel összhangban meghatároztuk az alapmegoldást vékony a saját síkjában terhelt vékony lemezre. Az alapmegoldás ismeretében mód nyílik (a) a kritikus terhelés meghatározására, és (b) a terhelés rezgésekre gyakorolt hatásának vizsgálatára.

### Irodalom

- [1] S. Syngellakis, A. Elzein: *Plate buckling loads by the boundary element method*, International Journal for Numerical Methods in Engineering, 1994, 37:1763-1778
- [2] M. S. Nerantzaki, J. T. Katsikadelis: *Buckling of plates with variable thickness – an analog solution*, Engineering Analysis with Boundary elements, 1996, 18:149-154
- [3] J. Lin, R. C. Duffield, H. Shih: *Buckling analysis of elastic plates by boundary element method*, Engineering Analysis with Boundary elements, 1999, 23:131-137
- [4] P. H. Wen, M. H. Aliabadi, A. Young: *Bapplication of dual reciprocity method to plates and shells*, Engineering Analysis with Boundary elements, 2000, 24:583-590
- [5] J. Purbolaksono, M. H. Aliabadi: *Buckling analysis of shear deformable plates by boundary element method*, International Journal for Numerical Methods in Engineering, 2005, 62:537-563

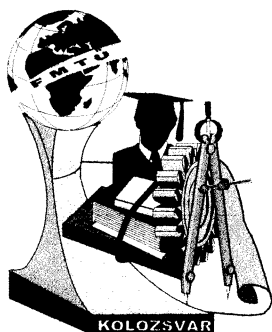
**Szűcs Nóra**, doktorandusz

Munkahely: Bay Zoltán Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet

Cím: 3519, Magyarország, Miskolc-Tapolca, Iglói út 2.

Telefon: +36-46-560-110

E-mail: noraszucs@vipmail.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## KÁLMÁN SZŰRŐ A JELFÚZIÓS TECHNIKÁK ALKALMAZÁSÁBAN

TAMÁS Levente, LAZEA Gheroghe

### Abstract

The presented topic deals with measurement used in navigation systems such as odometric, infrared or ultrasonic. The first part of the paper presents these measurement systems such as the odometric, ultrasonic and infrared ones, while in the second part there are proposed algorithms for estimation such as Kalman filter and for fusion of the multisensor information.

### Összefoglalás

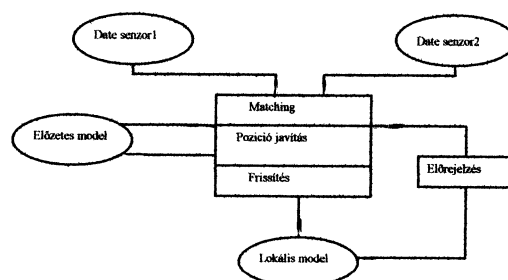
A dolgozatban témája egy a navigációban használatos pozicionáló rendszer szereplő amely különböző típusú szenzorokra épül, valamint a több féle információt hordozó mérések együttes használatára, fúziójára. A dolgozat első felében az odometrikus szenzorokkal tárgyalja, majd a nem mérendő felülettel nem érintkező, ultrahangos valamint infravörös szenzorokkal történő mérési módszereket. A különböző típusú jelek alap szintű fúziójára a Kálmán szűrő módszerét ismerteti.

### 1. Bevezetés

A címben megjelölt fúzió mint terminológia a különböző típusú információs forrásokból bejövő adatok egyesítését jelenti azon cél érdekében, hogy az így kapott összesített információ tartalma több legyen mint az egyenként hordozott források információ tartalma. A jelen pillanatban a fúziós folyamatról elmondható, hogy egy komplex folyamat amely több részre bontható.

Amint az 1-es ábrán is látható, több mérési eszköztől begyűjtött információra alapozva végzi a becslést a következő mérési időpontig. A becslés horizontja változhat, egyes algoritmusok esetében ez csak egy e előrejelzett érték (one step ahead predictor), míg komplexebb algoritmusok megengedik több állapot előrejelzését is a jövőben.[4]

A jelenlegi (2008) szakirodalom szerint [1, 2], három alaptípusú fúziós algoritmus különböztethető meg a működési elvük alapján: kiegészítő, versengő valamint kooperatív. A nevük magukba foglalja azt a módszert amint a különböző forrásból származó információt kezelik, i.e. kiegészítésként, kizárásként vagy kooperatív alapokon.



1. ábra. A környezet modellezésére illetve állapot becslésére használt rendszer architektúrája

## 2. Navigációs rendszerek

A navigációs rendszerek segítségével történik a mobilis jármű vezérlése a térben. Első fázisban a navigáció csak a pozíció meghatározására valamint a korrekciós algoritmusokra volt visszavezetve. A mobilis járművek esetében a navigációs fogalom tovább bővült magába foglalva a mozgás megtervezését, megértését, valamint a környezet felismerését. Ennek értelmében a navigációs folyamatban három fő rész különíthető el: 1) a navigátor, amely a tervezés valamint a vezérlés feladatát látja el; 2) a végrehajtó rendszer; 3) a szenzor rendszer.

### Nehézségek

A navigációs feladat akadályokkal teli feladatnak számít. Néhány esetben a korlátozott számítási kapacitás, az akadályok felismerésének illetve kikerülésének a nehézségei valamint a környezetből származó információk feldolgozásában felmerülő nehézségek említendők.[1]

### Hibák és bizonytalansági tényezők

Egy általános nehézségi tényező a zavar a mérések folyamán. Ezek lehetnek külső forrásból eredőek, valamint a mérési eszköztől származóak. Egy tipikus eset az odimetrikus mérések esetében fellépő hibaforrások. Ezek kiküszöbölésére is használhatóak a fúziós algoritmusok.

## 3. Odiometrikus mérések és Kálmán szűrő

Első lépésben az odimetrikus mérés technikákkal voltak mérések végezve. Ezek a mérések robusztusak, azonban a pontosságuk relatív kicsi, javarészt a földfelszíni navigációs méréseknél használják őket. A precízió javítása érdekében használhatók a fúziós algoritmusok, amelyek megengedik más típusú szenzoroktól származó mérések integrálását is. Ehhez a feladathoz a kiterjesztett Kálmán szűrő volt kiválasztva.[3]

### Kiterjesztett Kálmán szűrő

A kiterjesztett Kálmán szűrő egy kibővítése a lineáris esetnek a nemlineáris rendszerekre. A linearizálás a Taylor sorbefejtést használva történik, a magasabb rendű tagok elhanyagolásával. Az új becsült állapota a rendszernek a legjobb lehetséges becslés abban az esetben ha a külső zaj fehér zajként vehető.

A linearizálás a megbecsült  $\hat{x}_{k-1}^+$  pont körül történik a  $x_{k-1}^{nom}$  nominális pont helyett:  $x_{k-1}^{nom} = \hat{x}_{k-1}^+$

### Az algoritmus

#### Inicializálás

A kezdeti állapotot  $\hat{x}_0^+$  és az ehhez tartozó bizonytalanságot  $P_0^+$  értékkel jellemzi a 0 pillanatban.

#### Perdikció

Rekurziós formában minden lépésben kiszámolandó az állapot valamint a bizonytalanság becslése:

$$\hat{x}_k^- = f(\hat{x}_{k-1}^+) \quad P_k^- = A_k P_{k-1} A_k^T + Q_{k-1} \quad A_k = \left. \frac{\partial f(x)}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_{k-1}^+}$$

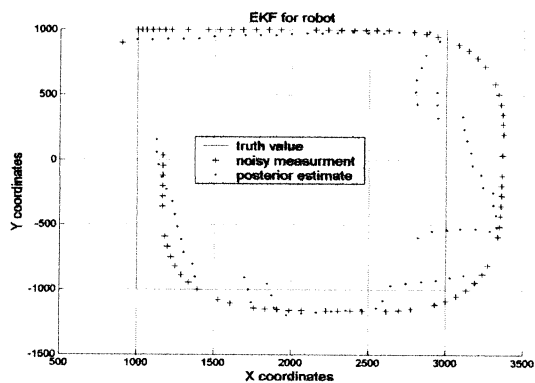
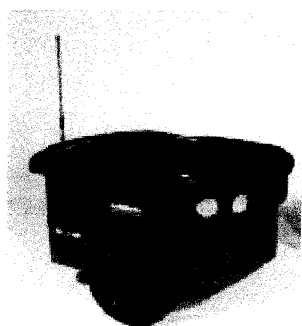
**Korrekción**

Mérés után korrektálható a becslés valamint a szűrő erősítési faktora:

$$K_k = P_k^- H_k^T (H_k P_k^- H_k^T + R_k)^{-1} \quad \hat{x}_k^+ = \hat{x}_k^- + K_k (z_k - h(\hat{x}_k^-)) \quad P_k^+ = (I - K_k H_k) P_k^- \quad H_k = \left. \frac{\partial h(x)}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_k}$$

**Mért eredmények**

Az odometrikus mérések egy P2 roboton voltak elvégezve, a mérés eredményei a 2-as rajzon láthatóak.



2. ábra A P2 mobilis robot és az odometrikus mérések

**4. Ultrahangos és infravörös mérési rendszer**

A tervezett adatbegyűjtő lapka egy PIC18f4431 típusú jelfeldolgozó processzorra alapszik. Az említett processzor kiválasztásánál figyelembe voltak véve a mintavételezési rendszer követelményei valamint a rendelkezésre álló fejlesztési eszközök.

Az ultrahangos mérés az SR40-es adó vevő párost használva volt megtervezve a megfelelő meghajtó résszel (MCP4128) az adó fele valamint az MCP6s22-es váltóztatható erősítésű erősítővel illetve a szükséges szűrőkkel.

**Infravörös mérések**

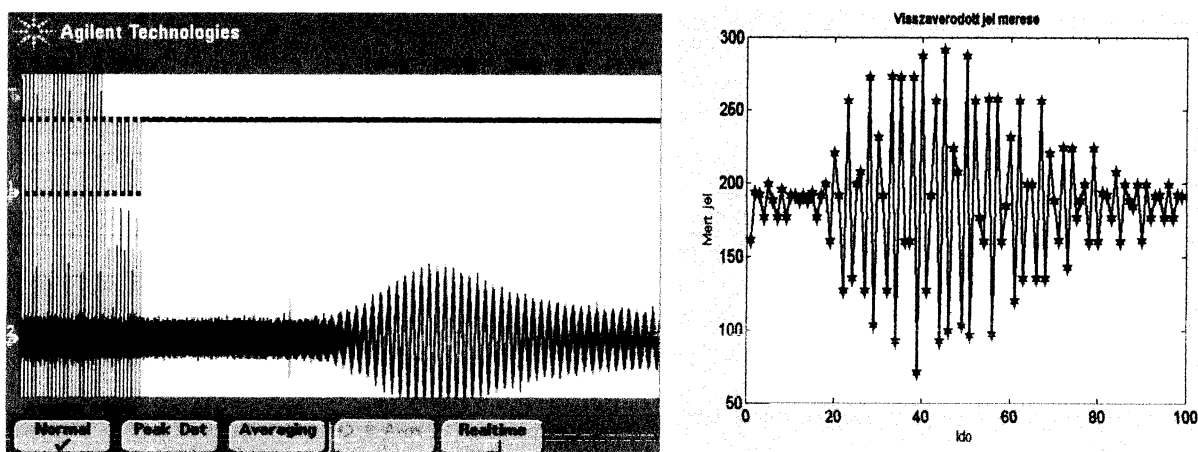
Az infravörös érzékelés nagyon függött a tárgy színétől, anyagától, a szögtől amelyről visszaverődött a kiadott jel valamint a környezetben már meglévő fény kompozíciójától. A sötétebb felületről kisebb erősségű jelet lehetett venni mint egy világos színű felületről történő visszaverődés esetén. Bizonyos anyagok (pl. papír) nem csak visszaverődéses karakterisztikát mutattak, hanem az áteresztét is lehetett mérni ebben az esetben.

Több adó vevő párost használva, nem csak egy pontszerű visszaverődést lehetett mérni, hanem egy akár egy adott felület, forma érzékelését is lehetővé teszi. Annak érdekében, hogy nagyobb távolságokon is lehessen mérni, a programozható erősítőt is lehet használni annak érdekében, hogy a különböző intervallumokon szükséges erősítéseket lehessen megvalósítani. Ezzel a prototípussal sikerült pár tíz centiméteres távon belül méréseket végezni.

### Ultrahangos mérések

Az ultrahangos mérés esetében egy adó és két vevő volt használva. A két vevő szerepe akkor lehet fontos, ha a levegő mozogásban van a mérés alatt. E légmozgás zavaró hatása kiküszöbölhető a két vevő segítségével.

A mérés a kiadott jel és beérkezett visszhang közt eltelt idő mérésén alapszik. A kiadott jel egy PWM segítségével 40KHz-es jelalak, míg a visszaverődött jelet egy ADC csatornán mérhető 200Ksps mintavételezéssel. Ez a mintavételezési frekvencia elégséges arra, hogy a szinuszos 40KHz jelet rekonstruálni lehessen. Ez a rekonstrukció azért is fontos, hogy ez által lehessen megállapítani a visszaverődött jel kezdetét egy zajos mérési környezetben. Egy tipikus mérés eredményei az alábbi 3-as ábrán láthatóak:



3. ábra. Az ultrahangos mintavételezés szkópon és a mikrovezérlőn

### 5. Következtetések / Összefoglaló

A multiszenzoriális rendszerekben a több forrásból beérkező információ használata komplex folyamat, amely után többlet információ érhető el. A különböző mérési eredmények kiegészíthetik egymást, a mérés során felhalmozódott hibák csökkenthetők.

### Irodalom

- [1] R. Negenborn: Robot Localization and Kalman Filters, MSc. Thesis, 2003.
- [2] G. Welch, G. Bishop: *An Introduction to the Kalman Filter*, UNC, 2003.
- [3] S. J. Julier, J. K. Uhlmann and H. F. Durrant-Whyte. A New Approach for the Nonlinear Transformation of Means and Covariances in Linear Filters. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 1996.
- [4] P. S. Maybeck, Stochastic models, estimation and control. Academic Press, Inc., New York, USA (1979).
- [5] G. Welch and G. Bishop, *An Introduction to the Kalman Filter*, Chapel Hill (2001).

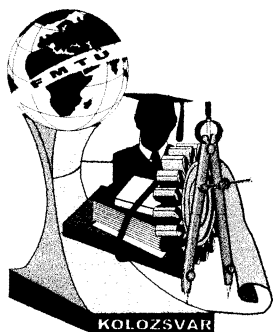
**Tamás Levente**, doktorandus

Munkahely: Kolozsvári Műszaki Egyetem, AC, Automatizálás

Cím: Románia, Kolozsvár, Daicoviciu, 12

Telefon +40 – 726 280 667

E-mail: levente.tamas@aut.utcluj.ro



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## AZ RFID RENDSZER TERJEDÉSI HULLÁMAINAK A RÁDIÓNAVIGÁCIÓJA

Tóth Enikő, Prof. Dr. Illés Béla

### Abstract

In recent years automatic identification procedures (Auto ID) have become very popular in many service industries, purchasing and distribution logistics, industry, manufacturing companies and material flow systems. A backscatter RFID system is basically a radar system in which the reader (radar transceiver) provides the radio frequency signal for communications in both directions. The tag has no transmitter power generating source, but uses the impinging (incident) power from the reader on which to modulate its response. In passive systems the reader power field is also used to provide the necessary operating voltages for the tag's circuits. The tag may change either the amplitude or phase of the re-radiated signal depending on whether the real or reactive part of the impedance is changes. Radar principles tell us that the amount of energy reflected by an object is dependent on the reflective area of the object; the larger the area, the greater the reflection. This paper describes the mechanism and provides the mathematics to calculate the communication link budget and hence the reading range of tags.

### Összefoglalás

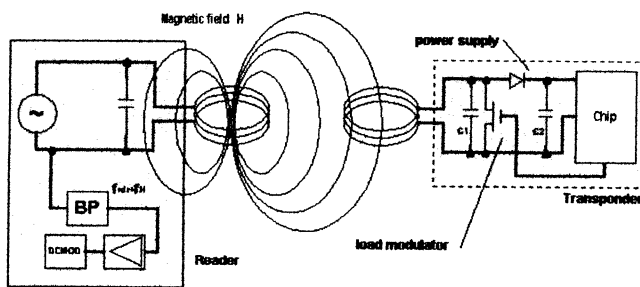
A mindennapi életben az automatikus azonosítási rendszer nagyon népszerűvé vált számos szolgáltatói iparágban, a beszerzési- és az elosztási logisztikában, a gyártó vállalatoknál és az anyagáramlási rendszerek területén. A rádiónavigációs RFID rendszer alapvetően egy radar rendszer, amelyben az olvasó (radar adó-vevő) biztosítja a rádiófrekvencia jeleket a „kapcsolat”, vagy összeköttetés mindkét irányában. A címkék nem rendelkeznek rádiódárra alkalmas áramot létrehozó, generáló forrásuk, viszont az olvasóból rájuk eső áramból, energiából felhasználhatnak, így az olvasó képes szabályozni, megfelelően igazodni a tag által visszareagált 'válasz adást'. A passzív rendszerben az olvasó áramerősség mezője szintén felhasználja a működéshez szükséges feszültség ellátást a címkék áramköréhez. A címke megváltoztathatja vagy az amplitúdónak vagy az állapotfázisnak a visszasugárzott jeleit, amelyek függenek a tényleges vagy a reaktív (meddő) ellenállás módosulásától. A radar alapelvei megmutatják a tárgyakról visszaverődő energiák összegéről, amelyek függenek a tárgyról visszaverődő felület és a visszautkrözdés nagyságától.

### 1. Az RFID rendszer működési alapelve

Az RFID működési elve egyszerű: helyezz egy transzpondert - mikrocipet egy antennával - egy termékre, és használj egy olvasót - egy eszköz egy vagy több antennával - ahhoz, hogy a mikrocipből kiolvass az adatokat rádióhullámok segítségével. Nagy többségben az RFID transzponderek (más néven tag-ek) szilikon alapú mikrocipet használnak arra, hogy egy egyedi sorozatszámot - valamint gyártófüggő további adatot - tároljanak. Alapvetően az RFID rendszerek kétfelé csoportosíthatók: aktív és passzív RFID rendszerek. A **passzív RFID tag-ek** nem rendelkeznek adóval, csak az olvasóból kisugárzott energia segítségével verik vissza a (modulált) rádióhullámokat.

Az **aktív tag-ek** saját adóval és többnyire saját energiaforrással rendelkeznek. Az aktív tag-ek a mikrocipjükben tárolt információt sugározzák rádióhullámok útján. Aktív RFID rendszereket használnak például nagy értékű konténerek, vasúti kocsik, stb. követésére. A használt frekvencia

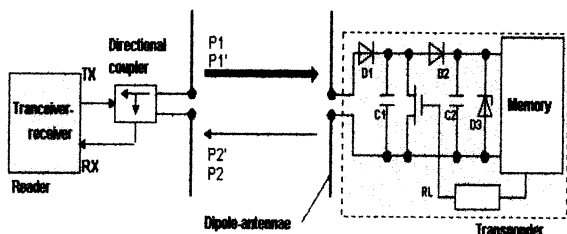
általában 455 MHz, 2,45 GHz vagy 5,8 GHz és az olvasási távolság általában 20-100 méter.



1. ábra. Az RFID működése

kap, majd megváltoztatja az antennán a terhelést. Az olvasó érzékeli ezt az energiaváltozást és ezeket a változásokat egyesekké és nullákká változtatva számítógép számára értelmezhető adatokká alakítja. Mivel az olvasó és a tag antennája együtt alkotja az elektromágneses mezőt, viszonylag közel kell lenniük egymáshoz. Ez az olvasási távolság egyik korlátja.

A **passzív UHF rendszerek** ún. „propagation” csatolást alkalmaznak. Ebben az esetben az olvasó és a tag nem alkot elektromágneses mezőt, hanem az olvasó által kibocsátott energiát a tag arra használja, hogy az antennáján megváltoztatja terhelést és egy módosított jelet sugároz vissza. Ezt nevezik **backscatter**-nek.



2. ábra. A „backscatter” működési vázlat

csatolást alkalmaznak, és ezért nehezebben ellenőrizhető, mert a hullámok nagyobb távolságra szóródnak szét a térben. A hullámok visszaverődnek a felületeken, és elérhetnek olyan tag-eket, amit nem is akarunk olvasni. Az LF és HF rendszerek jobban működnek fém- és folyadékfelületek közelében, mint az UHF rendszerek.

## 2. A címke változó együttthatójának vagy visszaverő képességének kiszámítása

A címke antennájának az impedanciája összefügg a sugárzási ellenállás  $R_r$ , ami egy betáplálási pont. A chip tartalmazhat egy reaktív alkotóelemet.

Tellman szerint: az antenna képes figyelembe venni a generátor feszültségét  $E$ -t, ahol a  $Z_a$  a belső feszültség. Az egyenértékű feszültség arányában az  $E$ -re eső rádióhullámok erőssége feltétele az antenna effektív erősségének, azaz  $E = \epsilon h$ , ahol a  $h$  az antenna effektív erőssége. Amíg az egyenértékű impedancia  $Z_a$  áramköre is egyenértékű akkor terhelést ad az antennára.

Amikor az antenna reaktív része és az impedancia terhelését kiszámítva, figyelmen kívül hagyva az

Az LF és HF rendszerek általában induktív csatolást alkalmaznak. Lényegében egy tekercs van az olvasó antennájában és a tag antennájában is, amelyek együtt egy elektromágneses mezőt alkotnak. A tag ebből az elektromágneses mezőből nyeri az energiáját, és a beépített mikrocip áramot

Az UHF tag-ek háromféle módon tudják a bitsozrotot visszaküldeni: amplitúdó-, fázis- és frekvencia shift key módszerrel. Az LF és HF rendszerek általában **induktív csatolást** alkalmaznak, így az olvasó mező mérete kisebb, jobban ellenőrizhető az olvasás. Az UHF rendszerek propagation csatolást alkalmaznak, és ezért nehezebben ellenőrizhető, mert a hullámok nagyobb távolságra szóródnak szét a térben. A hullámok visszaverődnek a felületeken, és elérhetnek olyan tag-eket, amit nem is akarunk olvasni. Az LF és HF rendszerek jobban működnek fém- és folyadékfelületek közelében, mint az UHF rendszerek.

antenna ellenállás gyengítését, a teljes teljesítmény wattban mérve a rádióhullámokból kapjuk meg:

$$P_r = \frac{(\varepsilon h)^2}{R_L + R_r} \quad (1)$$

Ahol,  $\varepsilon$  = a rádióhullámok mező erőssége volt/méterben,  
 $h$  = az antenna effektív erőssége méterben,  
 $R_r$  = az antenna sugárzási ellenállása,  
 $R_L$  = ellenállási terhelés.

A teljes áram töredéke  $R_L/R_r + R_L$  eljuttatja a terhelést és visszasugározza.

Ennek megfelelően a Terman visszaverődési együttható a következőképpen kapjuk meg:

$$\rho = \left( \frac{\frac{Z_L}{Z_0} - 1}{\frac{Z_L}{Z_0} + 1} \right) \quad (2)$$

Amikor az antenna impedancia induktívitasmentes:

$$\rho = \sqrt{\frac{(R_L - R_r)^2 + X_L^2}{(R_L + R_r)^2 + X_L^2}} \quad (3)$$

ahol,  $R_L$  = a terhelés ellenállása,  
 $X_L$  = a reaktív terhelés,  
 $R_r$  = az antenna sugárzási ellenállása.

Azért, hogy megkapjuk a valódi értékét a differenciálmű visszatükröződési együtthatónak  $\rho$ , a belső áramerősség hatására kell felírni az egyenletet. Ezért a javított  $\rho$  a következő lesz:

$$\rho = |\rho_1 - \rho_2| - 0.5 \quad (4)$$

### 3. A címkék rádiónavigációjának költségvetése

Az olvasó átviteli teljesítménye  $P_t$  visszaverődik a tagról és szabályozza a tagek impedanciáját, amelyik megváltoztatja a tagekről a visszatükröződést.

Egy keresztmetszeten áthaladó  $\sigma$  négyzetméterenként mért adatbeviteli képesség a következő:

$$\text{Adatbeviteli képesség} = \left( \frac{P_t G_t}{4\pi R^2} \right) \sigma \text{ Watts} \quad (5)$$

Az adatbeviteli képesség visszaverődése a rádióvevőnél, a visszaérkezési távolság  $R$ , az áramerősség sűrűsége  $P_d$ , így a radarnál a:

$$P_d = \left( \frac{P_t G_t}{4\pi R^2} \right) \left( \frac{\sigma}{4\pi R^2} \right) \text{ Watts per } m^2 \quad (6)$$

A  $G$  effektív teljesítménynyeresége nem meghatározott sugárzási szögű antenna esetében:



$$A_e = \frac{G\lambda^2}{4\pi} \quad (7)$$

A tag antennájának a keresztmetszetén áthaladó impedancia egyenértékű a nem meghatározott sugárzási szögű antenna  $A_e$  - vel, amikor a tag jól illesztett, összehangolt. A (3) és a (7) egyenletekből ki lehet számítani a radar keresztmetszetén áthaladó impedanciát, amikor a tag antennája hibásan illesztett:

$$\sigma = \frac{\lambda^2}{4\pi} G^2 \rho^2 \quad (8)$$

ahol a  $G$  az antenna teljesítménynyeresége,  $\lambda$  a hullámhossz és  $\rho$  a tag modulátor differenciálmű visszatükröződési együtthatója.

A (6) és a (8) összekötő egyenletekből a vételi teljesítménynél megkapjuk a vevő radar antenna terminálját

$$S = \frac{P_i G_i^2 \sigma \lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} \quad \text{Watts} \quad (9)$$

#### 4. Következtetések

A dolgozat lényege, hogy amikor rádiófrekvenciás azonosítási rendszert szeretnénk kiépíteni egy logisztikai raktárban, akkor mind a frekvencia, mint pedig az adathordozó tag-ek kiválasztásakor figyelembe kell venni az alábbi körülményeket:

- kísérendő tárgy;
- olvasási távolság;
- olvasó előtti elhaladás sebessége;
- átviendő adatok mennyisége,

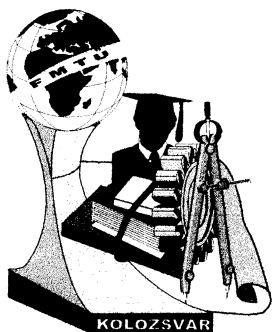
ahhoz, hogy optimálisan működő rendszert tudjunk megvalósítani. A fenti pontokban feltüntetett képletekben szereplő tényezők behelyettesítése és kiszámítása után egy rugalmasan, hatékonyan, megbízhatóan működő azonosítási rendszert tudunk létrehozni.

#### Irodalom

- [1] Frederick E Terman, Radio Engineers Handbook, 1943, 785 – 786; 179  
 [2] Cselényi, J. & Illés B. (2004.) Logisztikai rendszerek I., Miskolci Egyetemi Kiadó  
 [3] Cselényi, J. & Illés B. (2006.) Anyagáramlási rendszerek tervezése és irányítása, Miskolci Egyetemi Kiadó  
 [4] Allaga Gy. & Avar G. & Jancsó T. & Melis Z. & Sárkány M., A vonalkódtól a chip kártyáig, PRIM Media Kiadó

**Tóth Enikő**, PhD hallgató  
 Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai  
 Kar, Anyagmozgatás és Logisztika Tanszék  
 3515, Miskolc, Egyetemváros  
 Telefon / Fax: +36 46 565 111 ext. 10-03  
 E-mail: enikototh@tvn.hu

**Prof. Dr. Illés Béla**, Tanszékvezető, Egyetemi  
 tanár  
 Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai  
 Kar, Anyagmozgatás és Logisztika Tanszék  
 3515, Miskolc, Egyetemváros  
 Telefon / Fax: +36 46 565 111 ext. 17-37  
 E-mail: altilles@uni-miskolc.hu



# XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

## AUTÓRONCSOK HULLADÉKKEZELÉSI KÉRDÉSEI

Újsághy Zsófia

### Abstract

In the last few decades the number of vehicles on the roads increased in a great extent and not surprisingly also the number of car wrecks increased simultaneously. These wrecks representing a significant gross and volume of garbage contain hazardous materials among others, hence it needs to be handled. That requires a komplex processing system. EU directives and home regulations give the adequate legal background to handle this special and problematic waste effectively. The technological background for recovering and reusing as clear substance and as much component as possible is provided by the development of the shredder and the after-coming separator technology. The aim is to change the present practice: lower the volume of waste getting into the landfill.

### Összefoglalás

Az utóbbi pár évtizedben ugrásszerűen megnőtt az utakon a gépjárművek száma, ezzel egyidőben nőtt az autóroncoké is. A jelentős „hulladék” tömeget és térfogatot képviselő roncs, többek között veszélyes anyagokat tartalmaz, kezelése szükséges és komplex feldolgozó rendszert kíván. Az Európai Unió direktívák és hazai rendeletek adnak e speciális és problémás „hulladék” hatékony kezeléséhez megfelelő jogi háttérrel. A technológiai háttér pedig a még tisztább alkotók, anyagfélék még nagyobb arányú visszanyeréséhez és újrahasznosításához, a shredder- és az azt követő szeparátor-technológia fejlesztések biztosítják. Cél, változtatni a jelenlegi gyakorlaton, csökkenteni a lerakóba kerülő hulladék mennyiségét.

### 1. Bevezetés

Jelenleg Magyarországon évente mintegy 120-130 ezer gépjármű válik roncsautóvá, miközben ezek döntő többségének gyártásakor nem vették még figyelembe a jövőbeli hulladékgazdálkodási szempontokat. E sok esetben már régen megszűnt - jogutód nélküli - gyártójú roncsok, számos veszélyes anyagnak minősülő komponenssel, nem kevés nehézséget okoznak a mai roncsautó-hasznosítással foglalkozó szakembereknek, vállalatoknak.

### 2. Európai Unió jogszabályi környezet

Az Európai Unió kiemelten kezeli a hulladékkezelés kérdését, hangsúlyt fektet e roncsok minél nagyobb arányú újrahasznosítására. Az elhasználdott gépjárművek kezelésére az 53/2000/EK (ELV-) Direktíva vonatkozik, hazai harmonizációját a 267/2004 (IX.23.) Kormányrendelet biztosítja. A legfontosabb célok között szerepel a veszélyes anyagok kivonása,- tiltása a gyártási technológiákból, a gyártó, forgalmazó felelőssége a már használaton kívüli termékéért, valamint a lerakóba kerülő, roncsautóból származó hulladékok mennyiségének csökkentése. A Direktíva előírja, hogy 2006. január 1-től a járművek átlagos súlyára vonatkoztatott roncsautó újrahasznosítást 85%-ra kell emelni, ezen belül az anyagában történő hasznosítás mértékét 80%-ra. 2015. január 1-től pedig a roncsautó újrahasznosítást 95%-ra, az anyagában történő hasznosítás mértékét pedig 85%-ra kell emelni. A maradék 5

illetve 10% az energetikai célokra való hasznosítást jelöli. Ahhoz, hogy a gyártók teljesíteni tudják ezeket az irányszámokat, a felhasznált veszélyes anyagok mennyiségét csökkenteniük kellett, az egyes szerkezeti műanyagokat és gumitermékeket könnyen felismerhetővé tevő anyagkódolási szabványokat vezettek be, a cél: teljeskörű újrahasznosítás. [2,4]

### 3. Roncsautók anyagösszetétele

<i>A járművek jelenlegi átlagos anyagösszetétele</i>						
Vas és acél	Alumínium	Ólom, cink, réz	Műanyag	Gumi	Üveg	Egyéb*
63%	8%	3%	10%	5%	3%	8%

\*legnagyobb részt üzemanyag kenőolajok, fékfolyadékok, hűtőfolyadékok és közegek, melyek között számos veszélyes hulladék található. -

A Hulladékhasznosítók Országos Egyesülete (HOE) becslött adatai alapján [4]

Ezek az arányok vonatkoznak a roncsautók anyagösszetételére is, amelyekre emellett nagy fajlagos térfogat/tömeg arány, valamint sokféle veszélyes és egyéb hulladék összetevő is jellemző.

Jelenleg a legelterjedtebb módszer ezen anyagfajták szétválasztására, az előbontást (eredeti formájában még újra felhasználható alkatrészek leszerelése) valamint a szárazrafektetést (folyadékok, maradék üzemanyagok, hűtőolajok eltávolítása) követő shredder-technológia, azaz a forgókalapácsos aprítóművekben a roncsautók leörlése, majd az anyagfajták mágneses elven történő szeparálása. A főként karosszériából, motorblokkból származó fémtartalmat általában könnyű értékesíteni, ez alkotja a nagyobbik hányadát a shredder-örleménynek, közel 76-82%-át. A vas- és acélangyagok külföldre vagy hazai kohókba kerülnek, további anyagában történő felhasználásra, az alumíniumhoz hasonlóan.

A fémtartalmú anyagoktól való elválasztás utáni maradék az ún. shredderezési könnyűfrakció, melyet műanyag, gumi, üveg és textil alkot vegyesen, ezek adják a közel 18-22% problémás frakciót. A probléma magja, hogy a műanyag és gumihulladékok anyagában történő hasznosítása annak ellenére, hogy erre lenne hazai feldolgozó kapacitás, a visszaforgatást elősegítő gazdasági és jogi ösztönzők hiányában, valamint a piac másodlagos nyersanyagokat elutasító álláspontja miatt nem működik. Csak energetikai hasznosításukra pedig nincs elég égetési kapacitás. Középtávú megoldásként működik a megfelelő füstgáztisztító berendezéssel ellátott cementművi égetés. [1,4]

### 4. Fejlesztési irányok, technológiák

Az a mintegy 20% bezúzási maradékanyag, amit már nem tudnak tovább bontani és felhasználni, monodepóniákba kerül - csak e célra használt hulladéklerakókba. Ezeknek a lerakóba kerülő anyagoknak azonban igen nagy százaléka műanyag, melynek a fajlagos térfogat/tömeg aránya nagy, lebomlási ideje igen hosszú. Ezért lenne különösen fontos megoldást találni erre a problémára, hatékonyan csökkenteni ezek lerakóba kerülő mennyiségét.

#### 4.1. Kezdeményezések és már megvalósult új technológiák az anyagában történő hasznosításra

- **Volkswagen-SiCon technológia;**

A már említett problémás frakció felhasználása, hasznosítása érdekében a Volkswagen a SiCon

GmbH-val való együttműködés során már 1999-ben kifejlesztett egy új technológiát. A „VW-SiCon eljárás” nevű technológia ötvözi a különböző, már bevált előkészítő lépéseket, majd a tisztán mechanikus szeparáción alapuló technológia alkalmazásával a bezúzási maradékanyagból hasznos anyagokat nyernek ki, melyeket további nyersanyag-hasznosítási eljárások során használnak fel. Helyettesítik velük az elsődleges nyersanyagokat, így e technológia nagy mértékben hozzájárul a természetes nyersanyagforrások megóvásához, amelyért az eljárás már három környezetvédelmi díjat is kapott. A VW-SiCon eljárás során a roncsautók hasznosítása összességében eléri a 95-96%-os hasznosítási arányt, amely kiváló eredménynek számít, tekintve, hogy az ökológiai szempontok mellett, gazdaságilag is vonzó alternatívát jelent a növekvő nyersanyagárak miatt ez az eljárás a másodlagos nyersanyagok felhasználói számára. Ezen anyagok ugyanis kiválóan alkalmazhatók víztisztítók derítőiszapjának leeresztésekor szűrőként vagy aprítási granulátumként kohók fűtésére. [5]

- **MBA Polymers- Müller-Guttenbrunn – Ausztria-Amstetten;**

A 2006 első felében működését kezdő - kaliforniai MBA Polymers Inc. és az amstetteni Müller-Guttenbrunn cég közös vállalata által létrehozott - üzemet, a világ legkorszerűbb műanyag recikláló üzemének nevezték. Az ausztriai Kematenban, Amstetten körzetében működő üzem újdonsága volt az a teljesen automatizált szeparátor, amely a roncsautók különböző műanyag hulladékait választja szét és az MBA Polymers eljárása alapján nagy értékű műanyag granulátumot állít elő ezekből.

- **„Magnetic Sorting and Ultrasound Sensor Technologies for Production of High Purity Secondary Polyolefins from Waste” – EU7 KP.**

E technológia a Delfti Műszaki Egyetem koordinálásával létrehozott nemzetközi konzorcium által, az Európai Bizottság 2007-13 közötti időszakára meghirdetett 7.Kutatás-Fejlesztési Keretprogramjának keretében megpályázott és megvalósuló program. A projekt célja, hogy a már említett, jelenleg lera-kóba kerülő shredderezési könnyűfrakciók vegyes anyagából nagytisztaságú poliolefineket, polietilént és polipropilént nyerjenek ki. BAT szeparátortechnológia fejlesztésével kívánják e termékek kiválasztását elősegíteni, amelyhez mágnesfolyadékos szeparátort használnak fel és ultrahangos minőségbiztosítási rendszert rendelnek hozzá. Az így kiválasztott nagy tisztaságú anyagokat ezt követően közvetlenül autópári újrafelhasználásra kívánják felhasználni.

#### **4.2. Az energetikai hasznosításra**

- **Égetés**

A cementmű átveszi a shredderezési hulladékok egy részét égetésre, de inkább csak a nagyobb tisztaságúakat, ugyanis a cementmű is csak akkor tudja teljesíteni az előírt emissziós határértékeket, ha csaknem gyártási tisztaságú hulladékot vesz át égetésre, tehát az klór-mentes, PVC-mentes kell legyen. Ezek az alkotók pedig előfordulnak a shredder maradékban.

A veszélyes hulladékégetők átveszik ezeket ártalmatlanításra, tehát a különböző égésgátló-adalékokat és PVC tartalmúakat is, de igen nagy árat kérnek érte, hosszú távon nem megoldás. E két technológia

között vannak félúton az ún. incineratorok, ezek pedig speciális ipari hulladékégetők.

- **Pirolízis**

A pirolízis, azaz hőbontás során a szerves anyagú hulladék megfelelően kialakított reaktorban, igen nagy hőmérsékleten, zárt rendszerben, oxigénszegény vagy oxigénmentes közegben, szabályozott körülmények között bekövetkező kémiai lebontása. Gyakorlatilag melléktermékek keletkezése nélkül bonthatók szét olyan termékekre, melyek külön-külön felhasználhatók és értékesíthetők. A folyamat során pirolízisgáz, folyékony termék (olaj, kátrány, szerves savakat tartalmazó bomlási víz), szilárd végtermék (pirolíziskoks) keletkezik. Az égetéshez képest a pirolízis kisebb káros emisszióval és sokkal nagyobb mennyiségű hasznosítható anyagmennyiséggel szolgál, gazdaságossága azonban jelentősen függ a végtermékek piaci eladhatóságától. Ma a legjobb megoldásnak az kínálkozik, ha a piroolajat belsőégésű aggregátokban „zöld áram” termelésére használják fel, mert ez a támogatott energia a technológia gyorsabb megtérülését eredményezi. A mai helyzetben tapasztalható 100 dollár körüli olajárnál azonban már érdemes lehet a piroolajat az olajforgalmazó cégeknek továbbadni, a továbbfinomítás különböző lépéseinek alávetni. A pirogázt gázturbinákban áramtermelésre vagy fűtőművekben használják fel, a pirokoksot pedig festékiparban színezékként, vagy filterek szűrőanyagként. [3]

### 3. Következtetések / Összefoglaló

A különböző gazdasági szereplőknek, vállalatoknak olyan fejlesztési célokat kell kitűzniük, amelyek a minél komplexebb újrahasznosítást próbálják elérni, olyan technológiákat ötvözve, amelynek eredményeként jelentősen csökkenthető a lerakóba kerülő hulladék mennyisége. A shredder könnyűfrakció még további feldolgozásához a lehető legjobb elérhető szeparátor technológiát kell kiválasztani, hogy a szétválasztott anyagfélék anyagkénti hasznosítását, minél nagyobb tisztaságban és minél nagyobb arányban lehessen megvalósítani, illetve az anyagában gazdaságosan nem feldolgozható szerves frakciók hasznosítását pirolízis technológiával, így biztosítható lenne a lehető legnagyobb mértékű újrahasznosítás elérése.

### Irodalom

- [1] Lukács Pál: *Elhasznált gépjárművek és mobil gépek újrahasznosítása*, Budapest, 2002 December
- [2] *Stakeholder consultation on the review of the 2015-targets on reuse, recovery and recycling of end of life vehicles – Final Report, Version of 4 November 2005*
- [3] Cvikovszky Tibor, Nagy Péter, Gaál János: *A polimertechnika alapjai*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2003, 430-439 oldal
- [4] Hulladék Munkaszövetség: *Az a kincs, ami nincs – Tanulmány*, Budapest, 2005, 78-82. oldal
- [5] <http://en.sicontechnology.com/> ; <http://www.vw.hu/>

**Újsághy Zsófia**, Ph.D. hallgató  
 BME, Közlekedésmérnöki Kar, Gépjárművek Tanszék  
 Magyarország, 1111 Budapest, Stoczek u. 6  
 Telefon: +36-1-463-2388  
 E-mail: [ujzaghy.zsofia@auto.bme.hu](mailto:ujzaghy.zsofia@auto.bme.hu)

## SZERZŐK JEGYZÉKE

A		Cs	
<i>Andó Mátyás</i>	1	<i>M Csizmadia Béla Dr.</i>	XV
		<i>Csuka Sándor</i>	57
B		D	
<i>Bagyinszki Gyula Dr.</i>	5, 45	<i>Darabont Sándor</i>	135
<i>Bak Árpád</i>	13	<i>Daróczi Norbert Sándor</i>	135
<i>Baki-Hari Zoltán-Gábor</i>	17	<i>Deák Edit</i>	61, 115
<i>Balogh Emőke</i>	21	<i>Dezső Gergely Dr.</i>	65, 127
<i>Bankos Szilvia</i>	25	<i>Drenyovszki Rajmund</i>	69
<i>Barta István</i>	29	<i>Dudás Illés Dr.</i>	XXIII, 65, 73
<i>Beleznai Róbert</i>	33	<i>Dugár Zsolt</i>	147
<i>Bera József</i>	37		
<i>Biró Szabolcs</i>	41	E	
<i>Biró László Péter</i>	135	<i>Engel Rita</i>	171
<i>Bitay Enikő Dr.</i>	5, 45, 191		
<i>Boldoczki D.</i>	21	F	
<i>Borossay Béla</i>	29, 167	<i>Farkas Jenő</i>	61
<i>Buczó Katalin</i>	53	<i>Faurné Csukat Gabriella</i>	77
		<i>Fábián Enikő Réka</i>	81
C			
<i>Costea Ancuța</i>	101		
<i>Czigány Tibor</i>	1		

F		I	
<i>Fekete Gusztáv</i>	85	<i>Illés Béla Dr.</i>	53, 239
<i>Fenyvesi Dániel</i>	89		
<i>Fótos Réka</i>	93	J	
<i>Fülep Tímea</i>	97	<i>Járai-Szabó Ferenc</i>	135
<i>Fülöp István</i>	101	<i>Jenei István Zoltán</i>	135
G		K	
<i>Gáti József Dr.</i>	107	<i>Kalácska Gábor</i>	1
<i>Gubovits Attila</i>	111	<i>Kakucs András</i>	139
		<i>Kátai László</i>	85
		<i>Kecskés Bertalan</i>	143
		<i>Kósa János</i>	147
		<i>Kocsis László</i>	115
		<i>Kovács Attila</i>	151
		<i>Kovács Tünde Dr.</i>	155
		<i>Kuti János</i>	107
Gy			
<i>Gyenge Csaba Dr.</i>	XIII, 101		
<i>Györffyné Jahnke Gizella Dr.</i>	61, 115		
<i>Györffyné Molnár Júlia Dr.</i>	115		
H		L	
<i>Hegedús A.</i>	21	<i>Lakatos Anita</i>	115
<i>Hegedús Attila Dr.</i>	171	<i>Lazea Gheorghe Dr.</i>	235
<i>Heli Kytönen</i>	187	<i>Lefánti Rajmund</i>	159
<i>Hornos Ádám</i>	119	<i>Lévai Imre Dr.</i>	XXIII
<i>Horváth Zoltán</i>	123		
<i>Hulyok Tamás</i>	127		
M			
I		<i>Malik András</i>	163
<i>Illés Attila</i>	131	<i>Májer János Dr</i>	115
		<i>Mucsi András</i>	167

N		Sz	
<i>Nagy Ádám</i>	171	<i>Szabados Gábor</i>	211
<i>Nagné Halász Erzsébet</i>	25	<i>Szabó Bálint</i>	215
<i>Nemes-Incze Péter</i>	135	<i>Szabó Gergely</i>	219
<i>Németh János Dr.</i>	163, 211	<i>Szigeti Ferenc Dr.</i>	127
		<i>Szilágyi Arnold</i>	223
		<i>Szlivka Ferenc Dr.</i>	89
		<i>Szűcs András</i>	227
		<i>Szűcs Nóra</i>	231
O			
<i>ifj. Orbán György</i>	175		
P		T	
		<i>Tamás Levente</i>	235
<i>Papp J.</i>	21	<i>Tillyné Dr. Mándy Andrea</i>	171
<i>Páczelt István Dr.</i>	33	<i>Tóth László Dr.</i>	93
<i>Pézsza Nikolett</i>	179	<i>TóthEnikő</i>	239
<i>Pinke Péter Dr.</i>	183		
R		U	
		<i>Újsághy Zsófia</i>	243
<i>Réti Tamás Dr.</i>	191		
<i>Réger Mihály Dr.</i>	29, 187		
S		V	
		<i>Varga Gyula Dr.</i>	151
<i>Salamon Gábor</i>	203	<i>Varga Zsuzsanna</i>	115
<i>Sárközi Zsuzsa</i>	135	<i>Verő Balázs</i>	187
<i>Sebők Gergely</i>	207	<i>Végvári Ferenc</i>	XXXI
<i>Sipos B.</i>	21		
<i>Solecki Levente Dr.</i>	155		
<i>Stefanovitsné Dr. Bányai Éva</i>	21, 61, 115, 171		



**Támogatók**

---

**Dr. Báródy Imre – Anglia**

**BENZOT-HAR Rt.**

**CONSACT CONSULTING Kft.**

**HARTPLAST Rt.**

**MATRICA Rt.**

**IKOS-CONF Rt.**

---

***ERDÉLYI MÚZEUM-EGYESÜLET***  
**MŰSZAKI TUDOMÁNYOK SZAKOSZTÁLYA**  
Ro, 400009 Kolozsvár/Cluj, Jókai/Napoca utca 2–4.  
Postafiók: O.P. 191., Tel/Fax:+40-264-595176,  
Mobil: +40-740-589718, Honlap: <http://www.eme.ro>  
e-mail: [titkarsag@eme.ro](mailto:titkarsag@eme.ro), [fmtu@eme.ro](mailto:fmtu@eme.ro)