

KOMPOZITOK ALAKVÁLTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

FEASIBILITY OF SHAPE CHANGING COMPOSITES

Vermes Brúnó^{1,2}, PhD hallgató, vermesb@pt.bme.hu

Czigány Tibor^{1,2}, az MTA levelező tagja, czigany@eik.bme.hu

¹Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék

²MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport

ABSTRACT

This paper aims to introduce the feasibility and challenges of using composite materials as non-conventionally shape changing structures. It is shown that by carefully designing the stacking sequence of the differently oriented layers of a composite, it can twist due to bending loads. Amongst others, aerodynamical structural parts like turbine blades or aeroplane wings could greatly benefit from such a mechanical response. To exploit the full potential of this behaviour we need to overcome some challenges identified in the paper. Layup optimization and manufacturing are the main processes that require more focus in the future to get the most out of mechanically coupled (e.g. bend-twist) composites.

1. BEVEZETÉS

A szálerősítésű kompozitok olyan többkomponensű, többfázisú szerkezetek, ahol a merevség és szilárdság túlnyomó részét az erősítő szálak biztosítják. Az erősítő anyag és a befoglaló, általában szívós mátrixanyag között követelmény a kiváló adhézió akár tartós idejű behatás esetén is, ami lehetővé teszi az alkotók feszültségátadáson alapuló együttműködését [1]. A kompozitok legnagyobb előnye a hagyományos szerkezeti anyagokkal (pl. fémekkel) szemben az irányfüggő mechanikai viselkedésük. Az izotrop anyagokkal szemben kompozitok esetében az egyes rétegek erősítőszálainak megfelelő orientációjával kitüntetett irányokban nagyobb merevséget, illetve szilárdságot érhetünk el, mint a többi irányban. Ez jelentős tömeg-megtakarítással járhat, különösen kis sűrűségű polimer mátrixok és nagy fajlagos merevségű és szilárdságú erősítőszálak (pl. szénszál) használata esetében. Ennek következtében kompozitokat az ipar széleskörűen alkalmaz, főleg tömegkritikus alkatrészek anyagaként (pl. repülőgépipari alkatrészek).

Lehetőség van azonban az irányfüggő viselkedésnek egy másik, hasonlóan jelentős

célra való kihasználására. A kompozitot felépítő rétegek orientációjának és sorrendjének gondos megtervezésével el lehet érni, hogy a szerkezet mechanikai terhelés hatására a konvencionálistól eltérő módon váltson alakot. York [2] megmutatta, hogy megfelelően megtervezett kompozit rétegrendek esetében lehetséges többek között húzó terhelésre lehajló, vagy hajlító terhelésre csavarodó deformációs választ kapni.

Ilyen, és ezekhez hasonló módon alakváltó szerkezetek rendkívüli előnnyel járhatnak többek között a repülőgép-, az energetika, vagy a járműiparban. Egy szárnyprofil a rá ható (hajlító) felhajtóerő hatására tervezett mértékben megcsavarodva például a megváltozott aerodinamikai jellegének köszönhetően csökkentheti a repülőgép üzemanyag és károsanyag kibocsátását, vagy ehhez hasonlóan egy szélkerék növelheti a működési energiahatékonyságát.

2. ALAKVÁLTÓ SZERKEZETEK

A szerkezeti anyagok alakváltásának fontosságát már régen felismerték. Számos kutatócsoport dolgozott különböző megközelítéseken, hogy olyan szerkezeteket hozzanak létre, amelyek valamilyen külső behatásra akár működés közben tudják változtatni az alakjukat.

Az egyik legkézenfekvőbb, és leggyakrabban alkalmazott megközelítés a motoros aktuáció. Elég megnézni az utasszállító repülőgépek szárnyait, ahol a kilépő éleknél motorral vezérelt fékszárnyak találhatók. Bár ez a megközelítés némiképp távol áll az anyagában alakváltó kompozitoktól, a cél mégis hasonló: működés közben módosítani az alakot, jelen esetben az aerodinamikai viszonyok és így a repülési karakterisztika megváltoztatása érdekében. Boria és társai [3] már egy egyetlen darabból álló lemez görbületét változtatták, elektromotor segítségével. Egyszerű szerkezetük lényege, hogy a servo-motorral működtetett aktuátorukat két alátámasztási pont között helyezték el. A héjlemezt ebben az egy pontban fel-le mozgatva már kis aktuációs energiával is

nagy mértékben tudták változtatni a görbületet, ezzel állítva a szárnyprofil aerodinamikai karakterisztikáját. Bár az elektromotoros aktuáció viszonylag egyszerű, ráadásul kiválóan vezérelhető megoldás, az aktuátor (motor) miatti tömegnövekedés nem kívánatos, sőt, gyakran megengedhetetlen.

Egyik megoldási lehetőség lehet az, ha kihagyjuk a motort, mint aktuátort, és közvetlenül az anyag elektromos áramra vagy mágneses mezőre adott válaszát használjuk ki. Tabata és társai [4] olyan elektroszenzitív rendszert fejlesztettek, ami a rákapcsolt feszültség függvényében változtatta az egyes rétegek közötti adhéziós erőt. A poliimid-Ni tartalmú kompozit hajlító merevsége így reverzibilisen volt állítható, ezzel pedig a hagyományos anyagokétól eltérő, szabályozható deformációs viselkedést mutatott. Egy másik intenzíven kutatott megközelítés szerint lehetséges a piezoelektromos jelenséget kihasználva elérni az anyagok (leggyakrabban kompozitok) alakváltását. Webber és társai [5] elemezték egy olyan szerkezet deformációját, ahol elektromos áram hatására deformálódó piezo-aktuátort építettek egy kompozit lemez rétegei közé. Megállapították, hogy a modelljeik által kapott deformációs értékek jól közelítették a mérésrel kapott eredményeket.

Az elektromos áram mellett külső behatásként a hőmérséklet megváltozását is ki lehet használni alakváltás elérésére. Meng és társa [6] áttekintő cikkükben különböző alakemlékező polimer kompozit koncepciókat tárgyalnak. Az irodalmi eredmények alapján leírták, hogy hőhatás és elektromos áram mellett fényhatás, illetve nedvességfelvétel is kiválthatja az alakemlékező viselkedést.

Az eddigiekben bemutatott koncepciókban közös, hogy valamilyen külső, általában ember vezérelte aktuáció szükséges az alakváltás eléréséhez. Számos esetben azonban előnyös lehet, hogyha az alakváltás a működés közben „magától” megy végbe. Amennyiben ismert a szerkezeti elem várható, működés közbeni mechanikai terhelése, érdemes lehet azt úgy megtervezni, hogy olyan módon váltson alakot, amivel a feladatát még jobb teljesítménnyel tudja ellátni. Erre jelenthetnek megoldást a speciális rétegrendű kompozitok. York [7] egy cikkében például kitért arra, hogy húzás hatására csavarodó kompozitokat kiválóan lehet hasznosítani helikopter szárnyakként. A rotor sebességének növekedésével a centrifugális erő húzó terhelést ad a szárnyakra, amelyek ennek függvényében a tervezett mértékben megcsavarodnak. Ezzel az adaptív alakváltó

rendszerrel mindenféle külső behatás nélkül növelni lehet a jármű hatékonyságát.

A kompozitok mechanikai kapcsoltságát (pl. nyújtásra lehajlás vagy hajlításra csavarodás) a gyakorlatban számos területen ki lehetne használni, azonban először meg kell érteni, hogy milyen összefüggés van a szerkezeti felépítés és a mechanikai viselkedés, illetve a gyárthatóság között.

3. ALAKVÁLTÓ KOMPOZIT FEJLESZTÉSE

A gyakorlatban bevett szokás, hogy a gyártás közbeni hővetemedések elkerülése érdekében a középsíkra szimmetrikus rétegrendű kompozitokat tervezünk. Így ugyanis az egyes rétegek különböző irányú hőtágulásai úgy egyenlítik ki egymást, hogy síkból kilépő deformáció nem jön létre. Amikor cél az alakváltó viselkedés elérése, akkor a kompozit tervezés általános ökölszabályai nem feltétlenül érvényesek, mégis, ebben a cikkben egy olyan alakváltó kompozitot mutatunk be, ahol törekedtünk rá, hogy ne lépjen fel gyártási vetemedés, ezért szimmetrikus rétegrendet alkalmaztunk. A tervezés és a kísérlet célja az volt, hogy bemutassuk és vizsgáljuk az ipari szempontból egyik legjelentősebb kapcsolási alakváltást, a hajlításra csavarodás jelenségét egy egyszerű kompozit lapon.

3.1. Tervezés

A tervezés során a legelterjedtebb analitikus kompozitmechanikai modellt, a klasszikus lemezelméletet használtuk a mechanikai viselkedés becslésére. A klasszikus lemezelmélet számos egyszerűsítő feltételezéssel él (pl. síkbeli feszültségállapot feltételezése), azonban igen vékony kompozitok esetében az egyes rétegrendeknek megfelelő mechanikai viselkedések kvalitatív összehasonlításához jól használható a módszer. Az elmélet bemeneti paramétereként néhány anyagi tulajdonságot (E_1 , E_2 , G_{12} , ν_{12}), illetve a kompozit felépítését (rétegrend orientációkkal és rétegvastagságok) igényli. Eredményként egy olyan 6x6-os mátrixhoz jutunk, melynek az egyes elemei megadják a különböző terhelések és deformációk közötti kapcsolatokat [8]. A cél jelen esetben az volt, hogy a hajlító terhelést a csavarodó deformációval összekapcsoló tényező értékét növeljük, miközben a szimmetrikus rétegrendet megtartjuk. A számolási kapacitásigény csökkentése érdekében négy rétegű kompozit esetében számoltuk ki többféle rétegrend esetében a vizsgált kapcsolási tényező (D_{12}^*) értékét, majd a legmagasabb értéket kiválasztottuk, bízva abban, hogy egységnyi

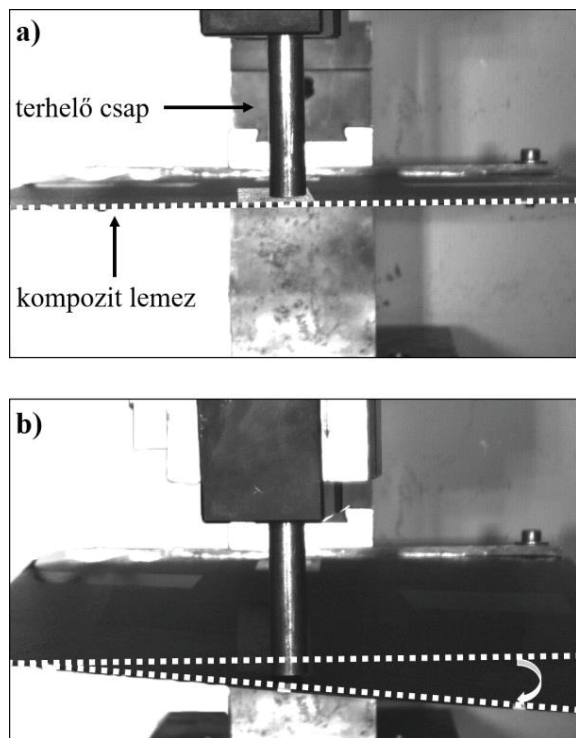
hajlításra ez fog a legnagyobb mértékben csavarodni.

3.2. Gyártás

A kompozit gyártását a lehető legmagasabb, repülőgépipari minőséget garantáló prepreges-autoklávos technológiával végeztük. A prepreg egy mátrixanyaggal előre átítatott szálerősítést tartalmazó lap, ami garantálja a pontosan beállított szál-mátrix arányt, míg az autokláv egy túlnyomásos kemence, ami a mátrix kémiai térhálósodása során csökkenti az anyag hibahelyeinek méretét, illetve számát. A gyártáshoz használt anyag unidirekcionális Hexcel IM7 szénszálat és HexPly 913 epoxi gyantát tartalmazó prepreg, míg a rétegrend $[142.5/97.5]_s$ volt.

3.3. Mechanikai vizsgálat és értékelés

Az elkészült, 180 mm x 180 mm-es síklap geometriájú kompozitot az egyik élénél befogtuk, a szemközti éle közepén pedig egy pontban hajlító terhelésnek vetettük alá. A mechanikai vizsgálat során a terhelt él két szélső pontjának elmozdulását és így a lemez csavarodásának mértékét video-nyúlásmérő segítségével rögzítettük (1. ábra).



1. ábra: Hajlításra csavarodó kompozit lap
a) terhelés előtt b) terhelés után

A kapott eredmények azt mutatták, hogy 30 mm középlehajlásra majdnem 5° -ot csavarodott a kompozit lemez. Ez olyan jelentős

mértékű csavarodás, aminek hatása jelentős például egy aerodinamikai szerkezeti elem esetében.

A kompozit geometriája és terhelési módja miatt a mért erőértékek rendkívül alacsonyak voltak (csupán 1-2 N). Ez azt jelenti, hogy tervezhető olyan kompozit, ami már kis mechanikai terhelések esetében is képes nagy mértékű nem konvencionális alakváltásra, ami pedig jelentősen befolyásolhatja a teljes szerkezet viselkedését.

3.4. Felmerülő problémák és fejlesztési irányok

A munka során több megoldandó problémát azonosítottunk és ezek alapján fejlesztési irányokat jelöltünk ki. A nem konvencionálisan alakváltó kompozitok nagy része nem szimmetrikus rétegrenddel rendelkezik. Ezek a kompozitok gyártás során a hőkezelés hatására vetemedhetnek, ami a tervezett geometriától való eltérés miatt problémát okozhat. Az egyik megoldási lehetőség, hogy csak szimmetrikus rétegrendű kompozitokkal foglalkozunk, és ezekben az esetekben igyekszünk optimalizálni az alakváltásokat. Ez azonban jelentősen korlátozhatja az elérhető alakváltások mértékét. A másik lehetőség, hogy kompenzáljuk az aszimmetrikus kompozitok hővetemedését. A kompenzációt kétféleképpen közelíthetjük meg: ívelt szerszámlapra laminálással, vagy anyagában hibrid rétegrend alkalmazásával. Az előbbi esetben a gondosan megtervezett szerszámlapra laminálva a hőprogram során éppen a kívánt geometriájúra „vetemedne” a kompozit. A hibrid megközelítés esetében pedig az az ötlet, hogy az egymástól anyagukban különböző rétegek különböző hőtágulási tulajdonságai aszimmetrikus rétegrend esetében is ki tudnák egyenlíteni egymást. Így az eredeti szerszámgeometriának megfelelő termékhez juthatunk, miközben az alakváltó képesség megmaradhat.

A gyártási nehézségek leküzdése mellett a legnagyobb kihívás a teljeskörű optimalizáció megoldása. Ha adott a kompozitot felépítő különböző anyagok, rétegek és a lehetséges orientációk száma, akkor adott egy permutációs halmaz, ami tartalmazza az összes lehetséges rétegrend felépítést. Egy teljes optimalizáció során – ideális esetben – ezeket a permutációkat végig kell vizsgálni, hogy kiválaszthassuk közülük az adott célnak leginkább megfelelőt. A permutációk száma azonban olyannyira növekszik például a rétegszám növekedésével, hogy elképzelhetetlen lenne „kézzel” végigszámolni mindent. Ennek megoldására szükség lesz egy automatikus optimalizáló

algoritmus megírására, ami a bemeneti paraméterek alapján analitikus úton (klasszikus lemezelmélettel) számolva eredményezi az optimális rétegrendet. Egy ilyen algoritmus figyelembe tudná venni az egyes mechanikai kapcsoló paraméterek együttes hatását is, így pontosabb közelítéssel tudná becsülni az optimális rétegrendet egy adott viselkedési forma eléréséhez. Továbbá mind a valós deformációk pontosabb becsléséhez, mind pedig a gyártási vetemedések kiküszöbölésének megoldásához érdemes lesz végeeselemes szimulációk segítségével is vizsgálni a kompozitok alakváltását.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Munkánk során megmutattuk, hogy egy szálerősített kompozit laminátum rétegrendjének gondos megtervezésével el lehet érni, hogy a termék a megszokottól eltérő módon, hajlító terhelésre csavarodással is reagáljon. A nem konvencionális deformáció mértéke elegendően nagy ahhoz, hogy jelentős előnnyel járhasson például aerodinamiai elemként használva. Ezen alakváltó koncepció fő előnye, hogy a szerkezeti elem a működése során alapvetően fellépő terheléseken kívül semmilyen külső gerjesztést nem igényel.

A tapasztaltak alapján kijelöltük a kutatás további fő irányait. Ahhoz, hogy a kompozitokban rejlő alakváltó képességet a lehető leginkább ki tudjuk használni, megoldást kell találni az aszimmetrikus rétegrendek gyártási vetemedésének kiküszöbölésére. Későbbi munkánk során ezt ívelt szerszámlapok, illetve anyagában hibrid rétegrendek alkalmazásával kíséreljük meg elérni. Emellett célunk egy automatizált algoritmus létrehozására, amelyet számítógépen lefuttatva nagyszámú lehetőséget átvizsgálva jó biztonsággal találjuk meg a kívánt alakváltó viselkedés eléréséhez szükséges optimális rétegrendet. Ezt egy analitikus, a klasszikus lemezelméletre épülő optimalizáló kód megírásával fogjuk megkísérelni.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült. A munkát a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) OTKA (K 116070 and K 120592), valamint az NVKP (NVKP_16-1-2016-0046) pályázatai támogatták. A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Emberei Erőforrások Minisztériuma által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program

támogatta, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Nanotechnológia (BME FIKP-NANO) tématerületi programja keretében. Segítségéért köszönet illeti Schultz Domokos MSc hallgatót.

6. IRODALOM

- [1] Czvikovszky T., Nagy P., Gaál J.: A polimertechnika alapjai. Kempelen Farkas Hallgatói Információs Központ, Budapest (2007).
- [2] York C. B.: Unified approach to the characterization of coupled composite laminates : benchmark configurations and special cases. *Journal of Aerospace Engineering*, 4, 219–243 (2010).
- [3] Boria F., Stanford B., Bowman S., Ifju P.: Evolutionary optimization of a morphing wing with wind-tunnel hardware in the loop. *AIAA Journal*, 47, 399–409 (2009).
- [4] Tabata O., Konishi S., Cusin P., Ito Y., Kawai F., Hirai S., Kawamura S.: Micro fabricated tunable bending stiffness devices. *Sensors and Actuators, A: Physical*, 89, 119–123 (2001).
- [5] Webber K. G., Hopkinson D. P., Lynch C. S.: Application of a classical lamination theory model to the design of piezoelectric composite unimorph actuators. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 17, 1–6 (2006).
- [6] Meng H., Li G.: A review of stimuli-responsive shape memory polymer composites. *Polymer*, 54, 2199–2221 (2013).
- [7] York C. B.: Extension-twist coupled laminates for aero-elastic compliant blade design. in '53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference. Honolulu' (2012).
- [8] Barbero E. J.: Introduction to composite materials design. 3rd ed. Taylor & Francis Group, Boca Raton (2018).

CONTENTS

1. Dr. Darabos Anita: 5 <i>THE OBSERVATION OF NATURAL ANALOGIES AND THEIR USE IN DESIGN</i>	8. Dr. Orbán Ferenc: 36 <i>ECONOMIC DESIGN OF RECTANGULAR STORAGE TANKS</i>
2. Dóczy Martin Olivér, Dr. Simonovics János: 8 <i>FINITE ELEMENT MODELING OF A CUSTOM MADE ACETABULAR CAGE</i>	9. Dr. Darabos Anita, Szalai Judit: 39 <i>DESIGNING AND TECHNOLOGY CHANGING AND APPLICATIONS TO HUMAN BODY TRANSFORMATION</i>
3. Dr. Ecsedi István, Dr. Baksa Attila: 12 <i>SAINT-VENANT TORSION OF ANISOTROPIC NONHOMOGENEOUS ELLIPTICAL CROSS SECTIONS</i>	10. Dr. Szirbik Sándor: 43 <i>HYPERSINGULAR INTEGRAL EQUATIONS FOR THE TRACTIONS ON ORTHOTROPIC L-SHAPED BODIES IN TERMS OF FIRST-ORDER STRESS FUNCTIONS</i>
4. Dr. Fodor Lóránt: 16 <i>INDUSTRIAL DESIGN – PRODUCT DESIGN IN THE TEAM WORKS</i>	11. Dr. Szunyogh Gábor, Dr. Gáti József, Dr. Horváth Sándor: 47 <i>SPECIAL TECHNICAL SOLUTIONS OF JENDRASSIK DIESEL ENGINES</i>
5. Dr. Hegedűs József: 18 <i>WHAT EVERYONE SHOULD KNOW ABOUT VALUE ANALYSIS</i>	12. Vermes Brúnó, Dr. Czigány Tibor: 51 <i>FEASIBILITY OF SHAPE CHANGING COMPOSITES</i>
6. Dr. Horváth Sándor, Dr. Czifra Árpád: ... 28 <i>THE PERSON WHOM GÉZA PATTANTYÚS- ÁBRAHÁM CALLED THE GREATEST HUNGARIAN ENGINEER</i>	
7. Dr. Kiss Gábor, Tóth László, Berecz Csilla Éva: 32 <i>DANGERS AND POSSIBILITIES IN AUTONOMOUS VEHICLES</i>	

GÉP

INFORMATIVE JOURNAL

for Technics, Enterprises, Investments, Sales, Research-Development, Market of the Scientific Society of
Mechanical Engineering

Dr. Döbröczöni Ádám

President of Editorial Board

Vesza József

General Editor

Dr. Jármái Károly

Dr. Péter József

Dr. Szabó Szilárd

Deputy

Dr. Barkóczi István

Bányai Zoltán

Dr. Beke János

Dr. Bercsey Tibor

Dr. Bukoveczky György

Dr. Czitán Gábor

Dr. Danyi József

Dr. Dudás Illés

Dr. Gáti József

Dr. Horváth Sándor

Dr. Illés Béla

Kármán Antal

Dr. Kalmár Ferenc

Dr. Orbán Ferenc

Dr. Pálincás István

Dr. Patkó Gyula

Dr. Péter László

Dr. Penninger Antal

Dr. Szabó István

Dr. Szántó Jenő

Dr. Szűcs Edit

Dr. Timár Imre

Dr. Tóth László

Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs Edit

Dr. Zobory István

DEAR READER,

On 22-24th August 1973 a number of 234, mainly top designer members of 110 firms and institutes dealt with the industrial design and its organisation. The idea of the conference was born in the summer of 1972 during the national secretariat meeting of the Scientific Society for Mechanical Engineering (GTE) that was arranged by the GTE committee of the University of Miskolc, with the collaboration of professor Dr. Zénó Terplán, Dr. József Magyar, Dr. Rezső Száday and the workmates of the Department of Machine Elements, University of Miskolc. The conference was opened by professor Dr. Jenő Varga, former chief designer of the GANZ factory, highlighting that this was the very first occasion of such a meeting in Hungary. He called the attention of the participants to the evaluation of the design, considering the mainly West German papers dealing with design methodology, published during the last years. The authors of all the 15 papers of the conference proceedings argued for a design work that framed into a consolidated system, fruitful and effective. After the event of the Discussion of Chief Designers in 1975 the conference title was transformed into National Seminary of Machine Designers in 1977.

Previously to the 1990-es changes, similarly to the earlier events in mood, was the 6th National Seminary of Machine Designers in 1985, held in Miskolc-Tapolca. The 43 presentations, all in printed form, too, were followed by 210 participants, arrived from the industry, research institutes and higher education. At the opening ceremony, professor Dr. József Drobní talked about the design of energy-efficient, reliable and aesthetic machines that are competitive not only abroad but also inland, and called the attention to challenges ahead. The bankruptcy of state-owned companies and research institutes influenced the VII. National Seminary of Designers. The conference was organized at the University of Miskolc and the presentations were held by university lecturers, professors and researchers for colleagues from the higher education and some industrial expert, with unchanged effort.

During the last decade of the 20th century the Hungarian industry was transformed radically, the producer changed places with the consumer, the underestimated consumer goods became equal to the machines and means of production, the dictionary of machine designers was completed by the word "product". The designers have understood the meaning of the product: everything which are interested in, e.g. Conference of Machine Designers, or on which the interest can be aroused, e.g. Conference of Machine and Product Designers. The organizers of the conference also understood the needs of the entrant generations, the kind participation in regular professional meeting, and the pleasure of the reliable publication at a reasonable price, by the support of the Scientific Society for Mechanical Engineering.

The change is perceptible in the theme of the presentations, too. Beside the mathematics, the mechanics and manufacturing sciences, the dimensioning, strength calculation, lubrication and structure of machine elements, the computer aided manufacturing of real products and virtual models, the biology, the medical sciences, the analogies of nature and the results of industrial design became also into the groups of analyzed areas.

At the end of this recommendation, do allow us the kind Reader a personal voice. Our organizing work since 1985 has not become fruitful without the support of the leaders, the teaching and non-teaching staff of the Institute of Machine and Product Design (formerly the Department of Machine Elements) Personally, I am indebted for their encouragement, critic and work to professor Gabriella Bognár Vadászné, director of Institute, to professor emeritus Ádám Döbröczöni, to Géza Németh senior lecturer, and to Aranka Gere economic administrator.

*Dr. József Péter
organizing secretary of the Seminary*

Managing Editor: Vesza József. Editor's address: 3534 Miskolc, Szervezet utca 67.

Phone/fax: (+36-46) 379-530, (+36-30) 9-450-270 • e-mail: mail@gepujsag.hu

Published by the Scientific Society of Mechanical Engineering, 1147 Budapest, Czobor u. 68., Postal address: 1371, Bp, Pf. 433

Phone: 202-0656, Fax: 202-0252, E-mail: a.gaby@gteportal.eu, Web: www.gte.mtesz.hu

Web: http://www.gepujsag.hu * Kereskedelmi és Hitelbank: 10200830-32310236-00000000

Publisher: Dr. Igaz Jenő, Managing Director

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

Distributed to subscribers by Magyar Posta Zrt, Postal address: 1900 Budapest

Subscription: subscription can be ordered at any Hungarian post office, from postmen, from the link: www.posta.hu WEBSHOP

(https://eshop.posta.hu/storefront/), via e-mail: hirlapelofigetes@posta.hu, by phone: 06-1-767-8262, or mail to: MP Zrt. 1900 Budapest

Subscription: subscription can be ordered from overseas and to overseas at Magyar Posta Zrt. Visit: www.posta.hu WEBSHOP (https://eshop.posta.

hu/storefront/), mail to: 1900 Budapest, 06-1-767-8262, or hirlapelofigetes@posta.hu

Domestic subscription prices are: HUF 1,260 a single copy and HUF 2,520 a double copy.

INDEX: 25 343 ISSN 0016-8572

The published articles have been reviewed.

The publication is supported by the National Cultural Fund of Hungary

14.45-15.00 Dr. Bihari János egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet: Kis fogszámú hajtófogaskerekek tervezési problémái

15.00-15.15 Horváth Richárd PhD, egyetemi docens, Stadler Róbert Gábor Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar: Üvegszállal erősített polimer (GFRP) marási vizsgálata

15.15-15.30 Lukács Judit tanársegéd, Óbudai Egyetem: Válaszfelületek módszerének alkalmazása gépjárművek akusztikai vizsgálatában

15.30-15.45 Vermes Brúnó PhD hallgató, BME Gépészmérnöki Kar Polimertechnikai Tanszék, MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport, Dr. Czigány Tibor egyetemi tanár BME Polimertechnikai Tanszék, MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport: Kompozitok alakváltásának lehetőségei

15.45-16.00 Tóth Dániel tanársegéd, Dr. Takács György egyetemi docens, Dr. Szilágyi Attila egyetemi docens Miskolci Egyetem, Szerszámgépek Intézeti Tanszéke: Csapághibák feltárása időtartománybeli módszerekkel

16.00-16.15 Dóczi Martin Olivér MSc hallgató BME Gép- és Terméktervezés Tanszék, Dr. Simonovics János egyetemi adjunktus BME Gép- és Terméktervezés Tanszék: Egyedi vápakosaras rögzítés végelelemes modelljének elkészítése

16.15-16.30 Máté Tamás demonstrátor, Dr. Zwierczyk Péter Tamás adjunktus BME Gép- és Terméktervezés Tanszék: Hótágulás okozta repedés vizsgálata végelelemes módszerrel

16.30-16.45 Dr. Papp Zoltán múzeumigazgató: A vízemelő kos története

16.45-17.00 Dr. Szabó Ferenc egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet: Optimális algoritmusok iteráció-történetének vizsgálata

17.00-17.15 Erdei Réka, MSc gépészmérnök hallgató, Miskolci Egyetem, Jálics Károly c. egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet: Ultrahangos anyagvizsgálat támogatása számítógépes modellezéssel.

I. SZEKCIÓ, I. EMELET, DEÁK-TEREM

2018. NOVEMBER 9. (PÉNTEK) DÉLELŐTT 9.00-TÓL

Szekcióvezető: Dr. Jálics Károly egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet

9.00-9.15 Dr. Szávai Szabolcs egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet, Béres Levente tudományos munkatárs, Kelenföldi Brigitta kutató, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Nonprofit Kft.: Gördülő felületpárok vizsgálati próbatestének felületkezelési technológiai modellezése és validálása

9.15-9.30 Dr. Kovács Sándor tudományos munkatárs, Margitai Péter junior kutató, Dr. Szávai Szabolcs osztályvezető, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Nonprofit Kft.: Modellalkotás kihívásai cink bevonatú réz elektromos csatlakozók fretting korrozójának vizsgálatok

9.30-9.45 Ungár Péter junior kutató, Bézi Zoltán tudományos munkatárs, Szűcs Renáta vezető kutató Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Nonprofit Kft.: Motorhűtő ventilátor kiegyensúlyozatlanságának vizsgálata

9.45-10.00 Dr. Szávai Szabolcs osztályvezető, Dr. Kovács Sándor tudományos munkatárs Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Nonprofit Kft.: A csúszva-gördülő felületpárok károsodását leíró lokális modellek kritikai elemzése

10.00-10.15 Szirbik Sándor, PhD, egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Műszaki Mechanikai Intézet: Hiperszinguláris integrálegyenletek elsőrendű feszültségfüggvényekkel L alakú ortotrop test peremén végzett feszültségszámításra

10.15-10.30 Dr. Dömötör Csaba egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet: Ipari terméki- és formatervező mérnök hallgatók kiállításának szervezési tapasztalatai

10.30-10.45 Fodor Lóránt DLA BME Gép- és Terméktervezés Tanszék: Ipari formatervező a termékfejlesztési team-munkában

10.45-11.00 Debreczeni Dániel PhD hallgató, Dr. Kamondi László címzetes egyetemi tanár Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet:

Zahnfedersteifigkeits- und Verformungsberechnung bei evolventisch-aussenverzahnten, zylindrischen Zahnradpaaren

11.00-11.15 Sipkás Vivien PhD hallgató Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet, Vadász Dr. Bognár Gabriella egyetemi tanár, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet: Micro switch failure analysis

11.15-11.30 Suriné Lengyel Veronika tanszéki mérnök Soproni Egyetem: TPM vs. Ipar 4.0 – anomália vagy lehetőség?

11.30-11.45 Mohamad Barhm Abdullah PhD hallgató, Dr. Jálics Károly egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet: 1D and 3D modelling of modern exhaust manifold

11.45-12.00 Alsarayefi Saad Jabber Nazal PhD hallgató, Dr. Jálics Károly egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet: Failure detection of fibre reinforced plastic component with acoustic methods

12.00-12.15 Haidar Faisal Helal Mobark PhD student University of Miskolc Institute of Materials Science and Technology, Dr. János Lukács Professor University of Miskolc Institute of Materials Science and Technology: HCF design curves for high strength steel welded joints

12.15-12.30 Tóth Sándor Gergő PhD hallgató, Tóth Dániel tanársegéd, Dr. Takács György egyetemi docens, Dr. Szilágyi Attila egyetemi docens ME Szerszámgépek Intézeti Tanszéke: Tóth Sándor Gergő PhD hallgató, Tóth Dániel tanársegéd, Dr. Takács György egyetemi docens, Dr. Szilágyi Attila egyetemi docens ME Szerszámgépek Intézeti Tanszéke: Current development focuses of the hydrostatic bearing design and optimization

II. SZEKCIÓ, I. EMELET, NAGYTEREM 2018. NOVEMBER 9. (PÉNTEK) DÉLELŐTT 9.00-TÓL

Szekcióvezető: Dr. Bihari Zoltán egyetemi docens, Dr. Jálics Károly c. egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet

9.00-9.20 Kugler Gergely BSc gépészmérnök hallgató, Miskolci Egyetem, Dr. Bihari Zoltán egyetemi docens, Miskolci Egyetem: CNC vezérelt lézer gravírozó komplex tervezése

9.20-9.40 Simon Krisztián BSc gépészmérnök hallgató Miskolci Egyetem, Tóbis Zsolt mesteroktató, Miskolci Egyetem: Élelmiszeripari daráló berendezés fejlesztése

9.40-10.00 Marada Imre BSc gépészmérnök hallgató Miskolci Egyetem, Dr. Bihari János egyetemi docens, Miskolci Egyetem: Pneumobil hajtómű tervezése

10.00-10.20 Bódi Máté BSc gépészmérnök hallgató Miskolci Egyetem, Dr. Szabó J. Ferenc egyetemi docens, Miskolci Egyetem: Személygépkocsi jobb mellső futóművének végelelem vizsgálata, kátyúba hajtás esetén

10.20-10.40 Klecskó Szimonetta hallgató, Kun Patrik hallgató, Ábrám Tibor iskolaigazgató fizika tanár, Lévay József Református Gimnázium és Diákotthon, Miskolc: Miért is nem magyar találmány a radar? – Csorba György élete és munkássága

10.40-11.00 Magyar Balázs BSc formatervező mérnök hallgató Miskolci Egyetem: Számítógépház tervezése

11.00-11.20 Orosz Adrián BSc gépészmérnök hallgató, Dr. Kamondi László c. egyetemi tanár, Miskolci Egyetem: Kézi hajtású háztartási aprító tervezése

11.20-11.40 Kmetz Barbara, BSc formatervező mérnök hallgató, Miskolci Egyetem, Dr. Kamondi László c. egyetemi tanár, Miskolci Egyetem: A kézprotézisek fejlesztésének lehetőségei.

11.40-12.00 Kocsis Gergő, BSc gépészmérnök hallgató, Miskolci Egyetem, Jálics Károly c. egyetemi docens, Miskolci Egyetem: A fejlődés útja az önműködő kézfegyverekig

12.00-12.20 Papp Szonja BSc gépészmérnök hallgató, Miskolci Egyetem: Kenőolajok tulajdonságai és vizsgálatauk

12.30 Összefoglalás. A Géptervezők és Termékfejlesztők XXXIV. Szemináriumának bezárása

A GÉPTERVEZŐK ÉS TERMÉKFEJLESZTŐK XXXIV. SZEMINÁRIUMÁNAK SZERVEZŐI:

Vadászné Prof. Dr. Bognár Gabriella
az MTA doktora, habil intézetigazgató

Dr. habil. Döbröczöni Ádám egyetemi tanár, professor emeritus
Dr. Péter József c. egyetemi tanár, a szeminárium titkára
Németh Géza egyetemi adjunktus
Gere Aranka intézeti ügyintéző

KORÁBBI RENDEZVÉNYEINK:

Vezető Konstruktőrök Tanácskozása
Miskolc, 1973. augusztus 23 - 24.

Vezető Konstruktőrök Tanácskozása
Miskolc, 1975. július 23 - 24.

Géptervezők III. Országos Szeminárium
Miskolc, 1977. augusztus 30 - szeptember 1.

Géptervezők IV. Országos Szeminárium
Miskolc, 1980. augusztus 26 - 27.

Géptervezők V. Országos Szeminárium
Miskolc, 1982. augusztus 25 - 26.

Géptervezők VI. Országos Szeminárium
Miskolc, 1985. április 11 - 12

Géptervezők VII. Országos Szeminárium
Miskolc, 1989. május 29 - 31.

Géptervezők VIII. Országos Szeminárium
Miskolc, 1991. május 29 - 30.

Géptervezők IX. Országos Szeminárium
Miskolc, 1993. szeptember 30 - október 1.

Géptervezés ,94 (Géptervezők X. Országos Szeminárium)
Miskolc, 1994. május 20.

Géptervezők XI. Országos Szeminárium
Miskolc, 1995. május 29-30.

Géptervezés-termékfejlesztés ,96 (Géptervezők és
Termékfejlesztők XII. Országos Szeminárium),
Miskolc, 1996. május 24-25.

Géptervezők és Termékfejlesztők XIII. Országos Szeminárium,
Miskolc, 1997. november 28.

Géptervezők és Termékfejlesztők XIV. Országos Szeminárium,
Miskolc, 1998. december 15.

Géptervezők és Termékfejlesztők XV. Országos Szeminárium,
Miskolc, 1999. szeptember 30-október 1.

Géptervezők és Termékfejlesztők XVI. Országos Szeminárium,
Miskolc, 2000. november 15 - 16.

Géptervezők és Termékfejlesztők XVII. Országos Szeminárium,
Miskolc, 2001. november 8 - 9.

Géptervezők és Termékfejlesztők XVIII. Országos Szeminárium,
Miskolc, 2002. november 7 - 8.

Géptervezők és Termékfejlesztők XIX. Országos Szeminárium,
Miskolc, 2003. november 6 - 7.

Géptervezők és Termékfejlesztők XX. Országos Szeminárium
Miskolc, 2004. november 11 - 12.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXI. Országos Szeminárium
Miskolc, 2005. november 10 - 11.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXII. Országos Szeminárium
2006. november 9 - 10.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXIII. Országos Szeminárium
2007. november 15 - 16.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXIV. Országos Szeminárium
2008. november 13 - 14.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXV. Országos Szeminárium
2009. november 5 - 6.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXVI. Országos Szeminárium
2010. november 11-12.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXVII. Országos Szeminárium
2011. november 10-11.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXVIII. Országos Szeminárium
2012. november 8-9.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXIX. Országos Szeminárium
2013. november 7-8.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXX. Országos Szeminárium
2014. november 6-7.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXXI. Országos Szeminárium
2015. november 5-6.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXXII. Országos Szeminárium
2016. november 10-11.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXXIII. Országos Szeminárium
2017. november 9-10.

GÉPTERVEZŐK ÉS TERMÉKFEJLESZTŐK XXXIV. SZEMINÁRIUMA

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

