

FÉKHENGER-MEMBRÁN HŐMÉRSÉKLETFÜGGŐ ÁLLAPOTVIZSGÁLATA

TEMPERATURE DEPENDENT ANALYSIS OF A BRAKE CYLINDER MEMBRANE

Bócai Gábor, PhD hallgató, BME, Gép-és Terméktervezés Tanszék,
Váradi Károly, egyetemi tanár, BME, Gép-és Terméktervezés Tanszék,
Molnár László, egyetemi adjunktus, BME, Gép-és Terméktervezés Tanszék
Oroszvály László, fejlesztési vezető, Knorr-Bremse Hungaria Kft

ABSTRACT

The present paper shows experimental and numerical investigations of a rubber-cord composite membrane structure used in railway brake applications. The membrane transforms the air pressure growth to a linear movement under a wide temperature range. A complete procedure will be detailed for the mechanical characterization of the highly complicated composite structure built on simple tension measurements. Authors study the whole composite membrane structure using specimen level compression tests. Repeating the measurements in different temperatures it can be concluded that the whole membrane shows the same hardening with decreasing temperature like the reinforcement layer in the membrane. The membrane also will be analyzed using commercial FE software.

1. BEVEZETÉS

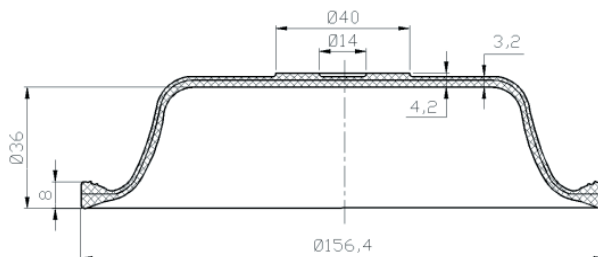
Vasúti és közúti járműveken alkalmazott fékhengerek egyik fontos eleme a szövetbetétes gumiból készült fékmembrán. A fékhengert a membrán mögé vezetett néhány bar nyomású levegő működteti, mely hatására a membrán néhány tíz mm-t mozdul el axiális irányban, miközben a maximális fékező erő –áttételen keresztül– a több tíz kN-os értékre is növekedhet. A fékezés befejezése után a membránt egy kúpos csavarrugó téríti vissza eredeti helyzetébe. Az elmondott működési elv alapja, hogy a gumi membrán kellően lágy viselkedést mutat ahhoz, hogy néhány bár nyomású levegő már jelentős alakváltozást idézzen elő rajta. A gumi anyagokra jellemző nagymértékű hőmérsékletfüggő viselkedés következtében azonban, alacsony hőmérsékleten a gumi membrán mechanikai viselkedése olyan nagy változáson mehet keresztül, mely már kritikusan képes csökkenteni az azonos nyomás mellett elérhető (membrán elmozdulásával összefüggő) fékerő nagyságát.

Jelen cikkben egy kutatási-fejlesztési munkában kidolgozott, szálerősített gumi szerkezet anyagi viselkedésének modellezésére alkalmas anyagtörvény húzókísérletekre alapozott meghatározási módját, a szükséges kísérletek eredményeit és a kiértékelés fázisait mutatjuk be szobahőmérsékleten és -60°C -on

egyaránt. Miután a fékhenger hőmérsékletfüggő viselkedése elsősorban az erősítő betéttel ellátott gumimembrán hőmérsékletfüggő tulajdonságaitól függ, ezért megvizsgáljuk a fékhenger membrán önálló, a beépítési környezettől független viselkedését.

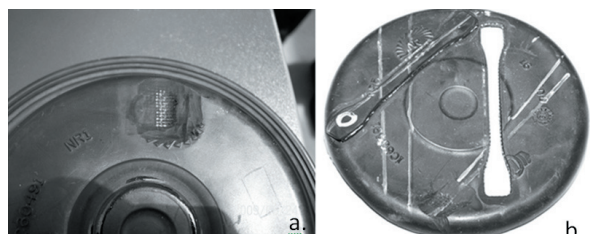
2. HÚZÓ VIZSGÁLAT

Az anyagtörvény felállításához szükséges egytengelyű húzóvizsgálatokat a BME Polimertechnika Tanszék laboratóriumában Zwick Z005 típusú szakítógépen végeztük a membránból kivágott szabványos próbatesteken. A szöveterősített gumi membrán keresztmetszetét és főbb méreteit az 1. ábra mutatja.



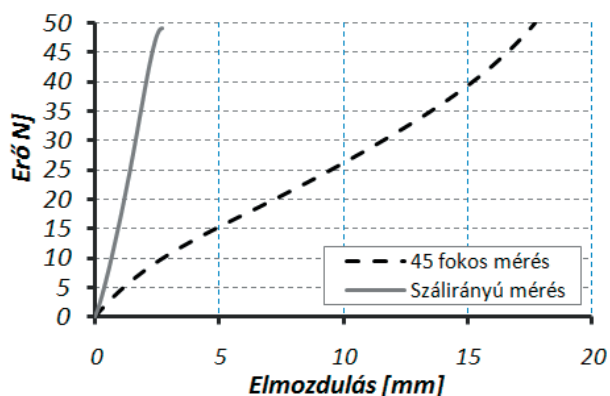
1. ábra. A fékmembrán kialakítása a főbb méretekkel

A szálerősített gumi szerkezet erősítő szövetének hatásvizsgálatára, szálirányú és hozzá képest 45° -os szögben elhelyezkedő próbatesteket vágunk ki. A kívánt irányú próbatest kivágásához a membrán gumi rétegét lecsiszoltuk (2a. ábra) és kijelöltük a kivágás szükséges irányát (2b. ábra).



2. ábra. Az erősítő szövet orientációjának feltárása (a), a szálirányban és arra 45° -os irányban kivágott próbatestek (b)

A szál- és a 45°-os irányban kivágott próbatetek vastagsága 3.57mm és 3.54mm, míg szélessége 4.99mm és 5.02mm volt. A vastagság szórása a próbatetek hossza mentén nem haladta meg az 5%-ot. A mérés során az L_0 bázishossz 56mm volt. Mindkét típusú próbatettel három-három húzó vizsgálatot végeztünk 100mm/perc-es vizsgálati sebesség mellett. A próbateteket kézi erővel fogtuk be a befogó pofák közé, így a befogásnál ébredő erő/nyomás érték nem meghatározott. A húzóvizsgálat során a próbateteket 50N-al terheltük.



3. ábra. Mért erő-elmozdulás görbék átlaga szálirányú és 45°-os próbatetek esetén

A szálirányú és 45°-os próbatetek mérési eredményeinek átlagát a 3. ábra szemlélteti. A 45°-os irányban kivágott próbatetst lényegesen lágyabb viselkedést mutat, mint a szálirányban kivágott próbatetst. Szálirányban az erősítő betét közvetlen húzása érvényesül, míg a 45°-os irányban kivágott próbatetst esetén a textilbetét jellemző igénybevétele a nyírás. Az izotrop tulajdonságú gumi réteg a szövet elhelyezkedésétől függetlenül egyformán viselkedik az egyes próbatetek esetén. Miután a szálerősített réteg a 45°-os próbatetst esetén elsősorban nyírást szenved, karakterisztikájában a gumi jellege dominál. Ez a mért erő-elmozdulás görbén is megfigyelhető, ami a gumi anyagoknál megszokott inflexióval rendelkező, nemlineáris karakterisztikát mutat.

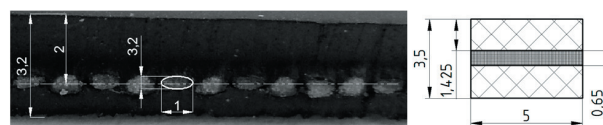
3. VIZSGÁLATOK KIÉRTÉKELÉSE

A húzóvizsgálat eredménye a kompozit szerkezet 3. ábrán látható erő-elmozdulás görbéje. Ezt a görbét szét kell bontani a kompozit szerkezet gumi és erősítő rétegére a megfelelő anyagi viselkedést leírni képes paraméterek kinyeréséhez. A rétegek közelítő geometriai jellemzőit a keresztmetszet felnagyított fényképén határoztuk meg (4a. ábra). A kompozit húzó próbatetst keresztmetszetének helyettesítő modelljét a főbb méretekkel 4b. ábra mutatja.

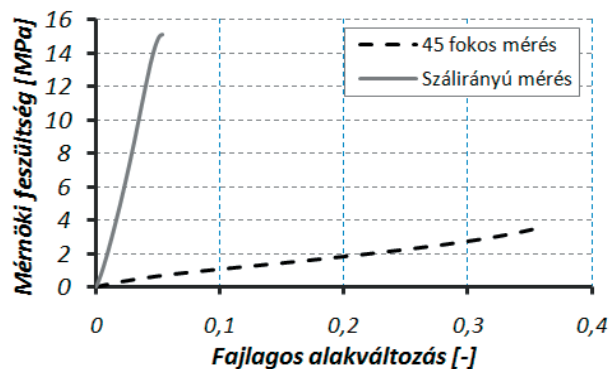
A membrán névleges vastagsága 3,2mm. Az erősítő szálak keresztmetszete jó közelítéssel ellipszisnek tekinthető, melyek nagytengelye 1mm, kis tengelye pedig 0,5mm. A kinagyított képen látható továbbá, hogy az erősítő réteg –a membrán rajzával (1. ábra)

ellentétben– a membrán középsíkjától, kb. 0,4mm-rel eltolódva helyezkedik el.

A 45°-os próbatetst esetén a szálerősítő réteg nyírás igénybevételre szenved, így a feszültség-fajlagos alakváltozás görbét elsősorban a gumi mechanikai viselkedése határozza meg. Ezzel szemben a szálirányú próbatetst esetén –jó közelítéssel– feltételezhető, hogy az igénybevétel az erősítőbetét veszi fel, így itt a feszültség-fajlagos alakváltozás görbét az erősítő réteg keresztmetszetével számítottuk. A meghatározott normál feszültség-fajlagos nyúlás kapcsolatokat az 5. ábra mutatja.



4. ábra. A szálerősített réteg keresztmetszetének kinagyított fényképe és helyettesítő modellje.



5. ábra. Számított feszültség-fajlagos nyúlás görbék és meredekségük szálirányú és 45°-os esetekben

A 45°-os próbatetst esetén a gumi húzása mellett a kord szövet nyírása is jelen van, így az illeszhető 9,43MPa-os modulus érték a gumi és a kord szövet együtteséből áll elő. A továbbiakban a gumi rugalmassági modulusát megbecsülve, lecsökkentve vesszük figyelembe, értéke 5MPa.

A gumi rugalmassági modulusának ismeretében és a szálirányú mérés felhasználásával kiszámítható a szálerősített betét mechanikai viselkedését leíró jellemzők értéke. A meghatározás során a keverési képleteket alkalmazzuk. Számításaink szerint a laboratóriumi mérésekből meghatározható $F=50N$ terheléshez tartozó fajlagos nyúlás értéke $\epsilon = 0,0465$. Ezzel az erősítő szövetbetét szálirányú rugalmassági modulusa 309MPa.

A szálerősítő részt ortotrop réteggént vesszük figyelembe a VE számításokban, így a kiszámított rugalmassági modulus az ortotrop réteg síkjában elhelyezkedő két főirány rugalmassági modulusának tekinthető. A síkra merőleges 3. főirányban a rugalmassági modulus értéke a mérésekből nem határozható meg, de feltételezhető, hogy hatása elhanyagolható. A harmadik főirány rugalmassági modulusát (becslés szintjén) 35MPa-nak tekintjük a

továbbiakban. A mérésekből nem határozható meg az ortotróp réteg Poisson-tényezői és nyíró modulusának értéke sem, így ezeket a VE számítások segítségével végzett paramétervizsgálattal határoztuk meg, értékük az 1. táblázatban láthatók.

A meghatározott anyagmodellt jelen cikkben bemutatásra kerülő méréseken túl olyan VE számításokban is használjuk, amelyekben hatással bírhat a gumikra jellemző eltérő húzó és nyomó viselkedés. A meghatározott jellemző rugalmassági modulus helyett a legegyszerűbb hiperelasztikus (Neo-Hooke-féle) anyag törvény paraméterét használjuk. Az alkalmazott Neo-Hooke-féle anyag törvény alakváltozási energiasűrűségét definiáló konstans anyagparaméter értéke $c_{10}=0,8\text{MPa}$.

1. táblázat. A szálerősített gumi membrán rétegeinek anyagjellemzői

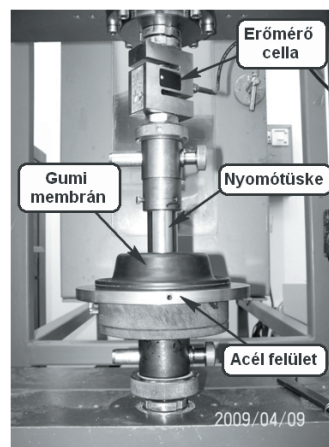
A gumi konstans anyagi paraméter. (c_{10})	0,8 MPa
A gumi réteg Poisson-tényezője (ν_{gumi})	~0,5
Az ortotróp réteg próbatest síkjába eső 1. és 2. főirányú modulusa (E_1, E_2)	309 MPa
Feltételezett jellemzők	
Az ortotróp réteg 3. főirányába eső rugalmassági modulus értéke (E_3)	35 MPa
Az ortotróp réteg Poisson-tényezői ($\nu_{12}, \nu_{23}, \nu_{13}$)	0,3
Az ortotróp réteg nyíró modulusai (G_{12}, G_{23}, G_{13})	2 MPa

4. ALACSONY HŐMÉRSÉKLETEKEN VÉGZETT VIZSGÁLATOK

A -60°C -on végzett húzóvizsgálatokat a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány Logisztikai és Gyártástechnikai Intézetében, Miskolctapolcán végeztük. Két membránból a szobahőmérsékletű méréshez hasonlóan egy-egy szálirányú, és egy-egy 45° -os irányú próbatestet vágunk ki. A gumi próbatest teljes térfogatán való áthűlése érdekében fél órát vártunk miután a termoelem -60°C -t mutatott. A próbatesteket 50N erővel terheljük, miközben mérjük az elmozdulást. A vizsgálati sebesség 100mm/perc volt. A mérésből származó erő-elmozdulás görbéket a 3. fejezetben leírtak szerint értékeltük ki. Az összetartozó erő-elmozdulás értékek átlaga a szálirányú próbatestek esetén az $F_0=50\text{N}$ -os terhelő erő esetén $f_0=0,55\text{mm}$, míg a 45° -os próbatestnél $f_{45}=0,89\text{mm}$. A kiértékelés alapján megállapítottuk, hogy -60°C -ra hűtve a gumi szobahőmérsékleti 5MPa-os rugalmassági modulusa 180MPa-ra növekedett, míg a szövetbetét helyettesítő modulusának értéke a szobahőmérsékleti 309MPa-ról 778MPa-ra változott.

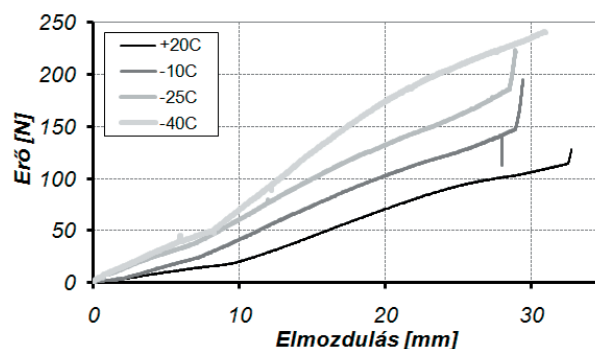
5. A MEMBRÁN NYOMÓ VIZSGÁLATA

A membrán viselkedésének tanulmányozására készített méréseket a BME Polimertechnika Tanszék laboratóriumában Zwick Z005 típusú szakítógépén végeztük. A mérési elrendezést az 6. ábra mutatja. A vizsgálandó membránt egy sík acéllapra fektettük és 35mm átmérőjű nyomótűskén keresztül nyomtuk, miközben mérjük a membrán erre adott erő választást.



6. ábra. A fékmembrán vizsgálat mérési elrendezése

A membrán alatti levegő kivezetéséről az acéllapon lévő furatok gondoskodnak. A fékmembrán nyomóvizsgálatát két membrán felhasználásával $+20^\circ\text{C}$, -10°C , -25°C és -40°C hőmérsékleten is elvégeztük. A vizsgálatok erő-elmozdulás görbéit a 7. ábra mutatja.



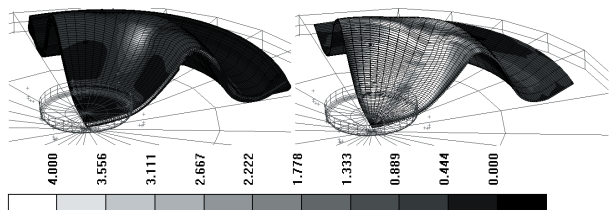
7. ábra. A nyomórúdra ható erő a rúd elmozdulása függvényében, különféle hőmérsékleteken

A hőmérséklet csökkenésével a gumimembrán merevebbé válik, de a vártak megfelelő nagyságrenddel merevebb viselkedést nem mutat. Ennek egyik oka lehet, hogy a gumianyag nem érte el még az üvegesedési hőmérsékletet vagy a viselkedést döntően meghatározó erősítő betét mellett a gumi üvegesedése nem ugrásfüggvény szerint jelentkezik.

6. NYOMÓ VIZSGÁLAT MODELLEZÉSE

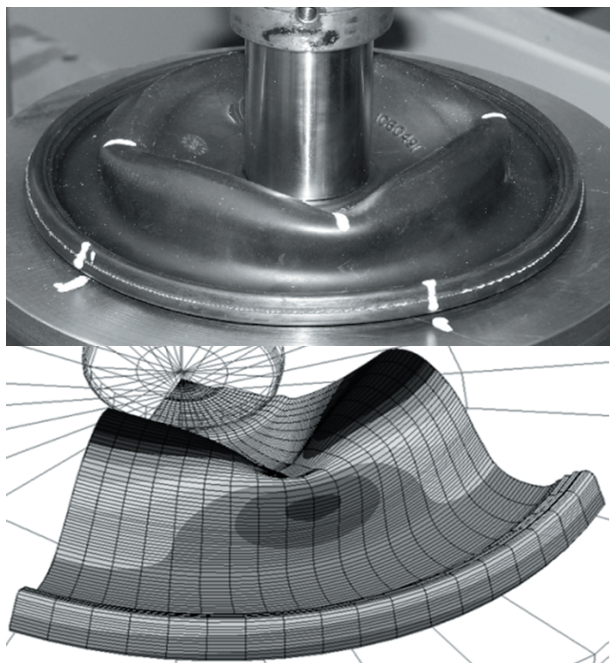
Miután a membrán gumirétegén belül elhelyezkedő erősítő szövet igénybevétele változik a membrán gyártása során (a gyártási pontatlanságokból kifolyólag az erősítő betét a húzott vagy nyomott zónán belül is elhelyezkedhet), a kompozit szerkezet eltérő húzó és nyomó viselkedést mutat, ezért egzakt módon nem írható le a membrán viselkedése, csupán jelenség szintű modellezése lehetséges. A membrán oldalfalán az erősítőbetét nyomó rugalmassági modulusát a gumi és erősítő betét modulusának átlagaként használjuk, mely értéke 172MPa. A membrán geometria szimmetriáját kihasználva negyed modellt alkalmaztunk a számításainkban. A membrán összenyomásának utolsó

fázisában az egyenértékű feszültség az 8. ábrán látható úgy, hogy a bal oldali ábra a teljes membrán szegmensét mutatja, a jobb oldali ábrán „lehámoztuk” az erősítő réteg alatt, illetve felett elhelyezkedő gumiréteget, így az erősítő rétegben ébredő feszültségek is tanulmányozhatóak.



8. ábra. Von Mises féle egyenértékű feszültség

A 9. ábrán a membrán deformált alakját valamint az összehasonlítása érdekében, a horpadt membrán egy fényképét közöljük. Jól látható hogy a mérés és számítás útján előállított deformált alakok rendkívül jó egyezést mutatnak.



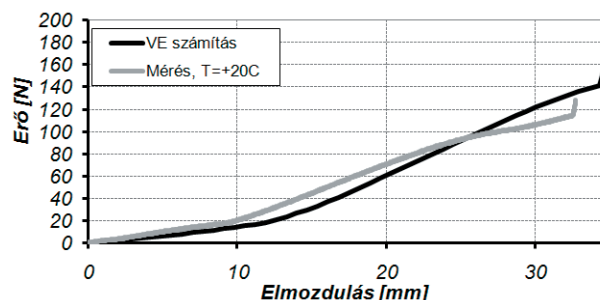
9. ábra. Radiális elmozdulás

A számítási és mérési eredményeket a nyomórúd elmozdulásának függvényében a 10. ábrán hasonlítottuk össze.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen cikkben bemutatásra került egy kutatás-fejlesztés munka keretében készült kísérleti és numerikus vizsgálat, mely a vasúti járművek fékhengerében alkalmazott membránok viselkedésének próbatest szintű feltárására készült. Az elvégzett kutatás arra a kérdésre kereste a választ, hogy a szobahőmérsékleten kifogástalanul működő fékhenger hogyan viselkedik hideg körülmények között.

Jelen cikkben bemutatásra került összetett kompozit szerkezetekre jellemző mechanikai viselkedés numerikus kézben tarthatósága került vizsgálat alá.



10. ábra. Mérési és a számítási eredmények

A kellő irányokban kivágott és előkészített próbatesteken húzó vizsgálatokat készítettünk. Ezt követően olyan kiértékelési módszert dolgoztuk ki, mely segítségével a húzóvizsgálatok feszültség-alakváltozás kapcsolatából közelítőleg megadhatók a kompozit szerkezetet helyettesítő numerikus modell lényeges anyagjellemzői. A kiértékelést a szobahőmérsékleten és -60°C -on is megismételtük. A mérések kiértékelését követően megállapítottuk, hogy míg a szövetbetét modulusa a hőmérsékletváltozás hatására megduplázódik, addig a gumi modulusa közelítőleg 36-szorosára növekszik.

Miután a fékhenger hőmérsékletfüggő viselkedése elsősorban az erősítő betétes gumimembrán hőmérsékletfüggő tulajdonságaitól függ, a szerkezetből kiemelt fékhenger-membrán vizsgálatával a cél az erősítő betét ortotrop viselkedésének feltárása. A numerikus modellezést nehezítette a nagymértékű geometriai nemlinearitás jelenléte. A cikkben bemutattuk, hogy a membrán szobahőmérsékleten numerikusan jól modellezhető. A fejezetben alacsony hőmérsékletű membrán mérésével is foglalkoztunk. A -40°C -on végzett mérések azt mutatják, hogy a membrán merevsége a szobahőmérsékleti érték közel kétszeresére növekszik.

7. IRODALOM

- [1] Muttnyánszky Á.: Szilárdságtan, Műszaki Könyvkiadó. Budapest. 1981.
- [2] Robert M. Jones: Mechanics of Composite Materials, CRC Press, ISBN: 156032712X
- [3] MSC.MARC Volume A: Theory of User Information, Version 2007

CONTENTS

1. <i>Bachrathy D.; Stépan G.:</i> Computation of the appropriate axial immersions for helical mills based on frequency response functions	3	16. <i>Molnár L.; Váradi K.; Bódai G.; Zwierczyk P.; Oroszvály L.:</i> Simplified modelling for needle roller bearings to analyse engineering structures by fem	55
2. <i>Barányi I.; Kalácska G.; Czifra Á.:</i> Fractal dimension of surface microtopographies	7	17. <i>Nagy J.; Kátai L.; Fülöp I.; Nagy I.; Kajtár P.:</i> Machine Development for Miscanthus growing	59
3. <i>Bihari Z.; Szente J.:</i> Roller freewheels with constant pressure angle	11	18. <i>Németh G.; Péter J.:</i> Extension of transmission ratio range of flexible epicyclic drives I.	63
4. <i>Bozzay M.; Horák P.:</i> Application of reverse engineering method for modelling of worm gear drive	14	19. <i>Orbán F.:</i> Analysis of static and dynamic behaviour of sandwich beam	65
5. <i>Bölkény I.:</i> Reconstruction and further development of a high pressure generator	18	20. <i>Oroszlány Á.:</i> Development of special screws for medical application	67
6. <i>Brezvai G.; Krisch, R.:</i> Simulation of the plastic deformation process for manufacturing the toothing in flat wheel strain wave gearing	21	21. <i>Péter J.:</i> Definitions of design	71
7. <i>Gulan L.; Bukoveczky J.:</i> Aspect of financial efficiency of modular design of mobile working machines	24	22. <i>Péter J.; Németh G.:</i> Flexible body mechanisms	77
8. <i>Cserépi M. Zs.; Péter J.:</i> Hajtóművek csoportosítási lehetőségei	28	23. <i>Piros A.; Bercsey T.:</i> Comparison of the fuzzy evaluation methods in selecting mechanical components	83
	28	24. <i>Ronyecz P.:</i> Manufacturing centric designer thinking, challenges in modelling	87
9. <i>Dániel B.:</i> Extending Robotino's abilities with LABVIEW	32	25. <i>Simonovics J.; Váradi K.; Bodzay T.:</i> Examination of the pelvic fracture fixation techniques	90
10. <i>Döbröczöni Á., Kovács J.:</i> XXVIth seminar of machine and product design gives last honours to dr. Kálmán András	38	26. <i>Szabó A.:</i> Eco Materials in Packaging Design	94
11. <i>Erdélyi J., Lukács J.:</i> Investigation of the asynchronous alternating current hydraulic (A-ACH) drive	39	27. <i>Szabó Gy.; Mischinger G.; Moharos I.; Mochnács M.:</i> Assessment and reduction of musculoskeletal risks in machinery design	98
12. <i>Hegedűs J.:</i> A professional synthesis – the seminars influence on local product design	42	28. <i>Szűcs R.; Kamondi L.:</i> An introduction to the influence of gear geometry on dynamic analysis	102
13. <i>Kátai L.; Szabó I.:</i> Effects of drive installation on V-belt temperature conditions	44	29. <i>Urbán I.:</i> The preparation of filament-strengthened resin products-shape separation	105
14. <i>Kozma M.; Molnár L.; Váradi K.; Oroszvály L.:</i> Wrap spring clutch	48	30. <i>Farkas Z.:</i> Design Potentials for Public Transport Accessibility	107
15. <i>Magyar B.; Horák P.; Sauer B.; Fábrián Cs.:</i> Experimental analysis of tooth friction coefficient of k type worm gear drive	51	31. <i>Bódai G., Váradi K., Molnár L., Oroszvály L.:</i> Temperature dependent analysis of a brake cylinder membrane	111

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

Dr. Kálmán András
General Editor

Dr. Péter József
Dr. Szabó Szilárd
Deputy

Dr. Barkóczy 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
Dr. Jármái Károly
Kármán Antal
Dr. Kulcsár Béla
Dr. Kalmár Ferenc
Dr. Orbán Ferenc
Dr. Pálincás István
Dr. Patkó Gyula
Dr. Péter László
Dr. Penninger Antal
Dr. Rittinger János
Dr. Szabó István
Dr. Szántó Jenő
Dr. Tímár Imre
Dr. Tóth László
Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs Edit

Cooperation in the editing:
Dr. Péter József

Dear Reader,

In the past two decades the Hungarian industry and economy existed in the continuous way searching – way out searching – and they are existing in they same situation now. The structure of industry has transformed and although previously several Hungarian participants were present in the international market with historical importance, until now the Hungarian industrial activity is increasingly getting integrated into the industrial cooperation encircling the Earth globe.

Number of earlier factories closed down, their successor-factories are struggling for renewal between troublesome circumstances, while new factories were settled down on Transdanubia and in Kecskemét, Nyíregyháza and Miskolc. Products of these factories – vehicles and their parts, elements for railway carriages, housekeeping machines – are made for the world again.

It means great problem for the engineering industry because both technical training and medium and high level technical education are struggling with educational difficulties, whose primary reason is the superficial interest of the young people in the technical and natural sciences.

In accordance with the statistics of the university entrance examinations the number of students who would choose the engineering profession from vocation and/or inner interest is still insufficient, although their job possibilities would be much better than the average. For this reason it is extremely important all forums where the technological – more closely engineering and product developing – results can be published for the wide public. Series of Machine and Product Design conferences as well as the monthly journal GÉP are forums, where both the professional and interesting public can be acquainted with the new results, in addition designers, creators and teachers can meet each other.

The personal meetings are more and more important. According to the sense of many of us, due to the decrease of interest in engineering ‘a generation is missing’ that is the number of ‘the forties and the fifties’ is lower than earlier. On the other hand it is enjoyable that the young engineers of the new factories but especially the young researchers participating in doctoral education – ‘the thirties’ – publish their papers more and more frequently in the numbers of GÉP, among others in the frame of the reports of doctoral schools.

We hope that the XXVIth Conference of Machine and Product Design will be the place of fruitful meeting of generations and successful forum of new results.

Prof. Dr. Ádám Döbröczöni

Managing Editor: Dr. Kálmán András. Editor's address: 3529 Miskolc, Budai József u. 46.
Postage-address: 3501. Pf. 55. Phone/fax: (46) 325-504, 20/9358-812. E-mail: kaests@axelero.hu
Published by the Scientific Society of Mechanical Engineering, 1027 Budapest, Fő u. 68.

Postage-address: 1371, Bp, Pf. 433
Phone: 202-0656, Fax: 202-0252, E-mail: a.gaby@gteportal.eu, Internet: www.gte.mtesz.hu
<http://members.chello.hu/cokom>

Responsible Publishere: Dr. Igaz Jenő Managing Director

Printed by Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67. Managing Director: Vesza József
Price per month: 900 Ft; Subscriptions 2.700 Ft per a quarter, 5.400 Ft per an half a year, 10.800 Ft per year.
Distribution in foreign countries by Kultúra Könyv és Hírlap Kúlereskedelmi Vállalat H-1389
Budapest, Pf. 149. and Magyar Média H-1392 Budapest, Pf. 272.

INDEX: 25 343 ISSN 0016-8572

All articles are peer reviewed.