

A JÖVŐ járműve

A MAGYAR JÁRMŰIPAR TUDOMÁNYOS LAPJA

2013
112

www.jret.sze.hu | www.ejtt.bme.hu

SZENERGY VERSENYAUTÓ
KAROSSZÉRIA FEJLESZTÉSE

HASZONGÉPJÁRMŰ-
KIPUFOGÓFÉK VIZSGÁLATA

SZILIKONOLAJOK REOLÓGIAI
TULAJDONSÁGAI

LÉZERSUGARAS FÉM-
POLIMER HIBRID KÖTÉS

Kutatva tanuljuk
a jövőt!





Die ATZ - 1898 gegründet - ist die älteste noch existierende Automobilzeitschrift der Welt. Im Mittelpunkt der Berichterstattung stehen Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung auf dem Gesamtgebiet der Personenwagen und Nutzfahrzeuge. Autoren aus Industrie und Wissenschaft berichten über einzelne Forschungsprojekte sowie über Serienentwicklungen von Fahrzeugen und ihren Komponenten.

Die ATZ berichtet technisch-wissenschaftlich fundiert und exklusiv über Fortschritte in der Kraftfahrzeugtechnik und dient als unentbehrliche Informationsquelle für alle Ingenieure im weltweiten Automobilbau.

Die „Deutsche Fachpresse“ zeichnete ATZ im Mai 2010 als „Fachmedium des Jahres 2010“ aus. Grund ist der Relaunch von ATZ, MTZ & Co. Schließlich präsentieren sich die Magazine seit Januar 2010 im neuen Design. Lesefreundlich, klar strukturiert und visuell noch ansprechender. Die neue und moderne Optik unterstützt dabei die eindeutig technisch-wissenschaftliche Ausrichtung der Zeitschriften und gibt fundierten Hintergrund-Informationen noch größeren Raum.

Auch auf Springer für Professionals haben Sie Zugriff auf das PDF-Fachartikelarchiv Ihrer Zeitschrift. Bitte beachten Sie, dass wir bestehende Accounts der bisherigen Webseiten aus datentechnischen Gründen nicht übertragen konnten. Daher haben Sie zwei Optionen:

1. Volles Leistungsspektrum inkl. Volltextzugriff kennenlernen Sie erhalten exklusiv als Zeitschriften-Abonnent 3 Monate kostenlosen Zugang und im Anschluss attraktive Sonderkonditionen: Jetzt Springer für Professionals Technik kostenlos testen
2. Zugriff lediglich auf Ihr Fachzeitschriftenarchiv Sie können sich unter Angabe der Kundennummer Ihres Zeitschriften-Abonnements kostenlos registrieren: Jetzt registrieren und Archiv freischalten. Sofern Sie bereits registriert sind, können Sie die Angabe Ihrer Zeitschriften-Kundennummer einfach nachholen unter Mein Profil ändern

MTZ - Motortechnische Zeitschrift ist immer eine Drehzahl schneller, wenn es um Motorenentwicklung und -technik geht. Gespickt mit detaillierten Ergebnissen aus Forschung und Entwicklung für hochspezialisierte Ingenieure. Seit mehr als 60 Jahren dokumentiert die MTZ Forschungs- und Entwicklungsergebnisse auf dem Gebiet der Verbrennungsmotoren. Mit Originalbeiträgen berichten Autoren aus Industrie und Wissenschaft über einzelne Forschungsprojekte und über Serienentwicklungen von Diesel- und Benzinmotoren sowie Bauteile und Zubehör.

Seit mehr als 60 Jahren dokumentiert die MTZ Forschungs- und Entwicklungsergebnisse auf dem Gebiet der Verbrennungsmotoren. In Originalbeiträgen berichten Autoren aus Industrie und Wissenschaft über einzelne Forschungsprojekte und über Serienentwicklungen von Diesel- und Benzinmotoren sowie über Bauteile und Zubehör. Eine kompetente Redaktion recherchiert weitere Themen aus Unternehmen und Instituten, die dem Leser für seine tägliche Arbeit von Nutzen sind. Abonnenten erhalten pro Jahr mind. 5 Sonderhefte zu neuen Modellen oder Spezialthemen im Rahmen ihres Abonnements. MTZ ist auch als englischsprachiges eMagazine verfügbar.

Információ és előfizetés:

<http://www.meinfachwissen.de/bestellung/abo/mtz-fuer-sie.html>



PROF. DR. BOKOR JÓZSEF

akadémikus
Járműipari Kutató Központ igazgató



Köszöntő

Több éves előkészítés után sikerült létrehozni egy olyan szakmai konzorciumot, amely az autóiipari kutatásoknak az alapjait, hátterét képezheti itt Magyarországon, és úgy gondoltuk, hogy a Széchenyi István Egyetem ennek megfelelő központja lehet. Az elhatározás megvalósításához az intézmény remek hátteret biztosított. Az egyetemen működő Járműipari Kutató Központ (JKK) integrálja a mérnöki tanszékek kutatóinak nagy részét. Több mint száz munkatárs vesz részt valamilyen formában az itt irányított kutatásokban, amelyek köszönhetően hosszú távon ki tudunk építeni egy egységes, stabil kutatási, kutatás-fejlesztési stratégiát.

A JKK által összefogott pályázatok egyike kifejezetten alapkutatásra irányul, ezen belül pedig az elektromos, hibrid járműveknek az elektronikai, gépészeti és szabályozási kérdéseivel foglalkozik. Azt tűztük ki célul, hogy elérjük a nemzetközi kutatási térségbe való integrációt a projektben részt vevő munkatársakkal, valamint, hogy a Magyar Tudományos Akadémia Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézetéről, a Budapesti Műszaki Egyetemről, az Óbudai Egyetemről és a Kecskeméti Főiskoláról olyan oktatókat, kutatókat vonzzunk ide, akikkel közös munka- és kutatási stílust tudunk kialakítani. Ők alkalmasak arra, hogy biztosítsák Magyarország autóiiparának kutatás-fejlesztési hátterét. Szintén szándékunk pályázatokon keresztül bevonni az autóiipari vállalkozásokat, és előkészítünk egy nagyobb kutatási programot, amellyel a Horizon 2020-ban kívánunk nemzetközi partnerekkel együtt részt venni. A projekt lehetőséget ad arra is, hogy külföldi kutatókat hívjunk meg Európából és az Amerikai Egyesült Államokból, akik el is fogadták a meghívást. Vendégkutatóink különböző szemináriumokat tartanak, illetve bizonyos feladatok megoldásához szoftvert és módszertant tudnak bemutatni. A projekt keretén belül továbbá elindítottuk a JKK Akadémiát, ahol nagyon jó nevű hazai és külföldi kutatók tartanak tematikus előadásokat.

Az akadémia célja, hogy mind a fiatal kutatókat, doktoranduszokat, a doktori iskola tagjait, valamint az oktatókat is beleértve viszonylag homogén elméleti módszertani alapokat adjunk. Ezek nélkül nagyon nehéz a nemzetközi szakirodalomnak megfelelő teljesítményt nyújtani az alapkutatásban. A JKK-ban nem teljesen elméleti módszertani projektekkel foglalkozunk, hanem igyekszünk olyan megoldásokat ajánlani a hibrid hajtások, a hibrid autók elektronikájához, vezérléstechnikájához, irányítástechnikájához, amelyek alapját képezhetik egy-egy későbbi termékfejlesztésnek is. A kész hibrid vagy elektromos autó részegységeinek kifejlesztéséhez tudunk ilyen módon szaktudást és kutatási hátteret biztosítani, a megoldásokat, a „termelt know-how”-t pedig fel tudjuk majd kínálni az autóiipari cégeknek és a beszállítóknak is. Ennek „mintaprojektje” a JKK és a Közúti és Vasúti Járművek Tanszék támogatásával fejlesztett, a címlapon látható, új versenyjármű, amely egy nagy hallgatói csapat és számos oktató együttműködésének eredménye. Az európai élmezőnyben, 33 egyetemi csapat közül egy új kategóriában (ebben korábbi tapasztalatok nélkül) a 8. helyen zárta az idei Shell Eco-marathon Europe versenyt a SZEenergy csapat. A technikai verseny rengeteg kihívás elé állította a hallgatókat, rengeteg szakmai és gyakorlati ismerettel bővült tudásuk, és megtanultak csapatban komoly munkát végezni.

Mivel a felsőoktatás és a gazdaság nemzetközi kapcsolatainak, jövőképeének meghatározó motorja a JKK, a hallgatók bevonása a közös munkákba és együttműködése a kutatás-fejlesztési projektekből nélkülözhetetlen tényező. Az ehhez szükséges feltételeket meg fogjuk teremteni, és ezen keresztül az egyetem nemcsak az oktatásban, hanem a kutatásban is eredményeket tud majd felmutatni. Elérjük, hogy a Széchenyi István Egyetem 2016-ra az ország három legjelentősebb műszaki oktatási, kutatási programot bíró egyeteme közé tartozzon. ●

Tartalom

5	A HARBOUR-FELMÉRÉS ALAPJAI Dr. Stukovszky Zsolt, Dr. Fülepi Tímea
8	HDPE/PA6 BLENDEK TULAJDONSÁGMÓDOSÍTÁSA Hargitai Hajnalka, Ibriksz Tamás
11	SZENERGY VERSENYAUTÓ-KAROSSZÉRIA FEJLESZTÉSE Czeglédi Dávid, Titrik Ádám, Czibula Levente, Dr. Varga Zoltán
18	ELKÉPZELÉS A „LEAN ISMERET ÉS LABORATÓRIUMOK LÉTREHOZÁSA” PROJEKT KERETÉN BELÜL MEGVALÓSULÓ KÉPZÉSRE Stefan Babjak
22	HASZONGÉPJÁRMŰ-KIPUFOGÓFÉK INTEGRÁLT MODELLALAPÚ VIZSGÁLATA Horváth Ádám, Dr. Veress Árpád, Dr. Németh Huba, Dr. Palkovics László
28	FÉMPOROK LÉZERES SZINTEREZÉSI TECHNOLÓGIÁJÁNAK ALKALMAZÁSA ÉS TAPASZTALATAI Hatos István, Zsoldos Ibolya
31	A HIDROGÉN MINT JÁRMŰÜZEMANYAG Vehovszky Balázs PhD
38	SZILIKONOLAJOK NAGYFREKVENCIÁS REOLÓGIAI TULAJDONSÁGAI Kökuti Zoltán, Kitty Van Gruijthuisen, Jenei Máté, Tóth-Molnár Gábor, Czirkák Attila, Kokavecz János, Szabó Gábor, Ailer Piroska, Palkovics László, Andreas C. Völker
42	VERSENYAUTÓ TELEMETRIÁS RENDSZERÉNEK FEJLESZTÉSE, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A RENDSZER VILLAMOSMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI VONATKOZÁSAIRA Szeli Zoltán, Horváth Ernő, Szakállas Gábor
47	HULLADÉK PET MINŐSÉGNÖVELT ÚJRAHASZNOSÍTÁSA Dr. Dogossy Gábor, Dr. Ronkay Ferenc
50	ENERGIATAKARÉKOS VEZETÉST ELŐSEGÍTŐ VEZETŐTÁMOGATÓ RENDSZER KIALAKÍTÁSA Kőrös Péter, Horváth Ernő
54	JÁRMŰIPARI FORRASZTOTT KÖTÉSEK VIZSGÁLATA NEDVESSÉGMÉRÉSSSEL Weltsch Zoltán, Hlinka József
58	AZ INNOVÁCIÓS JÁRULÉK BIZONYOS HATÁSAI A MAGYAR GAZDASÁGBAN Stukovszky Tamás, Prof. Dr. Palkovics László, Pásztor Katalin
63	LÉZERSUGARAS FÉM-POLIMER HIBRID KÖTÉS Dr. Markovits Tamás, Bauernhuber Andor
68	ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATOK A FOSSZILIS GÁZOLAJ ÉS A TBK-BIODÍZEL TÜZELŐANYAGOKKAL A KOMPRESSZIÓGYÚJTÁSI MOTORBAN VALÓ ÜZEMELÉS TEKINTETÉBEN Dr. Bereczky Ákos, Szabados György, Lukács Kristóf
72	A FÉMFELDOLGOZÁS MEKKÁJA, AZ EMO AZ AUTÓIPARRA FÓKUSZÁL
74	AUTÓIPARI KÖZPONTTÁ VÁLIK MAGYARORSZÁG?

IMPRESSZUM

A JÖVŐ JÁRMŰVE

A MAGYAR JÁRMŰIPAR TUDOMÁNYOS LAPJA

A JÖVŐ JÁRMŰVE
JÁRMŰIPARI INNOVÁCIÓ
V. évfolyam, 2013/1–2. szám
Alapítva: 2006
Megjelenés: negyedévente
HU ISSN 1788-2699

ALAPÍTÓK:

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem – Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont (EJJT)
1111 Budapest, Stoczek u. 6., J épület 516.
Tel.: 1/463-1753. Fax: 1/463-3255.
E-mail: info@ejjt.bme.hu

Széchenyi István Egyetem – Járműipari Regionális Egyetemi Tudásközpont (JRET)
9026 Győr, Egyetem tér 1.
Tel.: 96/613-680. Fax: 96/613-681.
E-mail: jret@sze.hu

X-Meditor Lapkiadó, Oktatás- és Rendezvényszervező Kft.
9023 Győr, Csaba u. 21.
Levelezési cím: 9002 Győr, Pf. 156
Tel.: 96/618-062. Fax: 96/618-063.
E-mail: ajj@xmeditor.hu

KIADÓ:

X-Meditor Lapkiadó, Oktatás- és Rendezvényszervező Kft.
Felelős kiadó: Pintér-Péntek Imre

SZERKESZTŐSÉG:

X-Meditor Kft., Autó üzletág
Felelős szerkesztő: dr. Nagyszokolyai Iván
Lapmenedzser: Dudás Alexander
Lapkoordinátor: dr. Komócsin Zoltán, Nagy Viktor
Szerkesztő: Sándorné Tamási Rita
Tel.: 96/618-074. E-mail: auto@xmeditor.hu

A SZERKESZTŐBIZOTTSÁG TAGJAI:

dr. Bercsey Tibor, dr. Bokor József,
dr. Czigány Tibor, dr. Czinege Imre,
dr. Kardos Károly, dr. Keviczky László,
Lepsényi István, dr. Michelberger Pál,
dr. Nádaí László, dr. Palkovics László,
dr. Réti Tamás, dr. Stukovszky Zsolt,
Szilasi Péter Tamás, dr. Tisza Miklós

NYOMDAI ELŐÁLLÍTÁS:

Palatia Nyomda és Kiadó Kft.
9026 Győr, Viza utca 4.
PÉLDÁNYSZÁM: 1500

A Harbour-felmérés alapjai

DR. STUKOVSKY ZSOLT
BME EJJT igazgató

DR. FÜLEPI TÍMEA
BME EJJT,
LEANLAB projektvezető

1. AZ AUTÓIPARI TERMELÉKENYSÉGMÉRÉS ÉS A LEAN SZEMLÉLETŰ GYÁRTÁS KAPCSOLATA

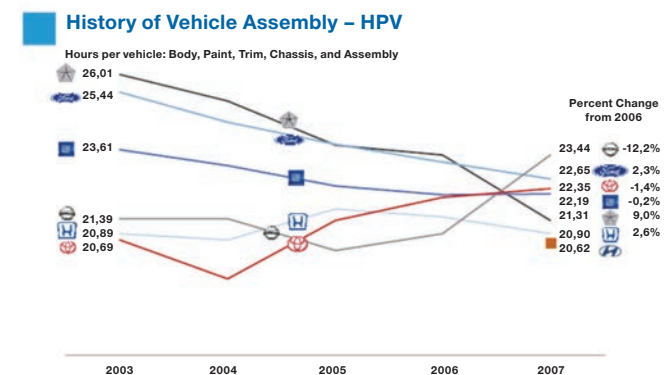
A „The Harbour Report™” jelentést 1981 óta publikálják. Először az észak-amerikai autógyártók számára volt iránymutatás és versenyképességi elemzések eszköze. Lehetőséget adott a márkák előállítóinak és a beszállítóknak a termelékenyséjük összehasonlítására és a levont következtetések alapján stratégiai döntések meghozására és a működés hatékonyabbá tételére.

A jelentés többéves távlatban tárja fel, hogy mely autógyártók fejlesztik rendszereiket és folyamataikat a minőség, a lean szemléletű gyártás, a folyamatos fejlesztés, a dolgozók bevonása, a technológia, a termék komplexitási szintje, a folyamattervezés és a termelési elrendezés területén.

Ron Harbour szerint: „Mi azt nézzük, hogy a vállalatok hogyan menedzselik saját erőforrásait. A lean szemléletű gyártás és a folyamatos fejlesztési erőfeszítések nem mindig eredményeznek azonnali fejlődést, és nem is azonnal érzékelhetők. A „The Harbour Report™” segíti beazonosítani azokat a vállalatokat, amelyek folyamatos és fenntartható fejlődést érnek el a gyártásukban, így költségelőnyhöz jutnak a versenytársaikkal szemben.

2008-ban a Harbour Consulting az Oliver Wyman tanácsadó cég része lett, amely vezető az autóiparban a hatékonyság-fejlesztés és termelése optimalizálás területén. Oliver Wyman együttműködik a világ vezető autóipari gyártóival, beszállítóival és szolgáltatóival ugyanúgy, mint magántőke-társaságokkal és befektetési bankokkal.

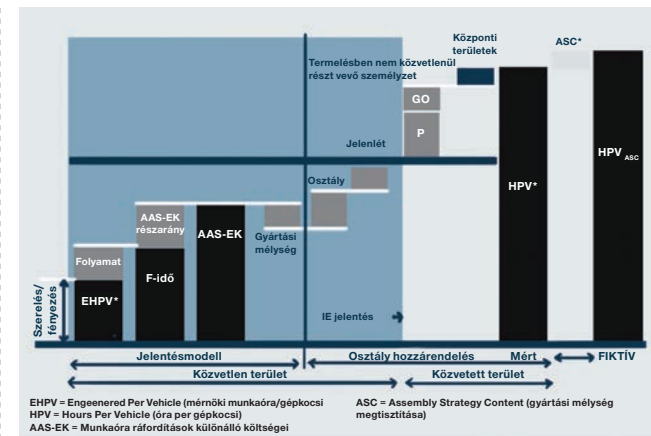
Tekintettel az információk vállalati titkot képező részére, a gyártók nem szívesen adják ki adataikat. A Harbour-riport 2007 óta nem nyilvános, a konkrét adatokat a felmérésben részt vevő cégek egymást közt barter jelleggel cserélik ki, illetve a névtelen összesítés alapján tudják saját értékeiket elhelyezni az iparági átlagban.



1. ábra: Harbour-riport 2003 – 2007-ig

A „The Harbour Report™” az autóipar egyik legfontosabb versenyképességi felmérése. Cikkünk a felmérés során, az adatgyűjtés közben keletkező összefüggéseket mutatja be. A vállalat egyes területeinek a hatékonyság feltárása alkalmas arra, hogy felismerjük a fejlesztésre szoruló területeket.

„The Harbour Report™” is one of the most important competitive assessment of automotive industry. Our article is showing the correlations which are generated during the data collection. The exploration of the effectiveness of certain company activities provides an opportunity to recognize areas for improvement.



2. ábra: a HPV felépítése

2. A HPV-ÉRTÉK SZÁMÍTÁSA ÉS KORREKCIÓJA AZ ADOTT ÜZEM SAJÁTÓSÁGAINAK FIGYELEM-BEVÉTELÉVEL

Alapesetben a HPV-érték (egy gépkocsi összeszereléséhez szükséges munkaóra-ráfordítás) egyszerű képlettel adódik:

HPV = Az üzem fizetett direkt és indirekt munkaórái / adott időszakban gyártott összes gépkocsi darabszáma

A 'HPV' magába foglalja az összes olyan személyi ráfordítást, amely szükséges az üzem működtetéséhez és a termékgyártáshoz. Mutatószám, a termelékenység külső versenytársakkal történő összehasonlításához.

A helyzet azonban nem ilyen egyszerű, illetve ahhoz, hogy a termelési értéklánc egyes elemeire vonatkozó mutatószámokat kapjunk, további fogalmakat kell definiálnunk.

EHPV = Normázott munkaóra per gépkocsi

Mutatószám a vezetés számára, a tervezett gyártási időszükségletet mutatja. A versenytársakkal történő összehasonlítás mérőértéke a gépkocsi egyes komponenseinek vonatkozásában.

F-idő (Gyártási idő)

A szabványos termelési folyamatot tartalmazza. Felhasználhatjuk a közvetlen termelőterületek optimalizálására.

AAS-EK / VBZ Munkaóra-ráfordítások különálló költségei/ Felhasznált időtartamok

Lehetővé teszi az egyes gépkocsimodellek közvetlen gyártási ráfordításának konszernben belüli összehasonlítását. Egy gépkocsi termelékenységének megjelenítésére használjuk.

Az EHPV-től a HPV-ig terjedő folyamatábra megmutatja, hogy milyen módon épül fel a HPV és hogyan illeszkedik a termelékenységi mutatószámok sorába (**2. ábra**).

3. EHPV A HPV-HEZ VISZONYÍTVÁ – A HPV KIEGÉSZÍTŐ ALKOTÓELEMEINEK RÉSZELETES BEMUTATÁSA, KORREKCIÓS TÉNYEZŐK

Korrigáljuk azon gyártási tartalmakat, amelyek nem kerülnek figyelembevételre a Harbour-módszer keretében, és hozzáadjuk azokat, amelyek a Harbour-módszer alapján hozzátartoznak a HPV-hez

A következő tételek kerülnek levonásra:

- Présüzem
- Motor- / részegységgyártás
- Sebességváltó-gyártás
- Műanyaggyártás
- Kisalkatrészek / 'fekete alkatrészek' fényezése
- Tengelyek/futómű gépi gyártása
- Keréktárcsagyártás
- Vezetékköteg-gyártás
- Kipufogóberendezés-hegesztőműhely
- Karosszériaváz- / segédalváz-hegesztőműhely
- Ülések / belső burkolatok gyártása
- Alkatrészgyártás és -előkészítés
- Szerszámgyártás
- Ipari tanulók képzése
- Különleges gépkocsi gyártása, előszériák
- Továbbterhelés harmadik félre /gyártóhelyek közötti szállítások
- Kész gépkocsik kiszállítása
- Újrafelhasználás / veszélyes szállítmány menedzsment.

Az alábbi tételeket hozzá kell adnunk:

- Külső kölcsönzött munkaerő
- Logisztikai szolgáltatás
- Berendezés-karbantartás szolgáltatás
- Belső kölcsönzések
- Más gyárak által nyújtott szolgáltatások.

Az **Osztályban** történik a jelentésmo­dell és az osztályértékek figyelembevétele a mod­ellmix és a többletfelszereltségek összehasonlítása.

A **Jelenlét** tartalmazza az egyéb fizetett jelenléti órákat: fizetett szünetek, üzemi szabályozásokat, egyéb tarifált szabályozásokat, bevezetést és kifutást a sorozatgyártásban.

A **termelésben nem közvetlenül részt vevő személyzet** a jövőbeni projektek ráfordításai nélkül és a HPV-n kívüli területek nélkül. Hozzá kell adni azonban a közvetett területeket a gyártásból, logisztikából és minőségbiztosításból, amelyek közvetlenül a széria-gyártáshoz tartoznak (karosszériagyártás, fényezés, szerelés).

A **Központi területek** a gyártási területen kívüli azon ráfordításokat tartalmazza, amelyek szükségesek az üzem működéséhez.

Példák:

- Épület-karbantartás
- Gyártáshoz kapcsolódó pénzügyi részleg
- Üzemi rendszet
- Munkabiztonság
- Üzemi tanács
- Gyártáshoz kapcsolódó személyzeti részleg

- Központi minőségtervezés és -ellenőrzés
- Informatikai rendszerek (IT)
- Szerszámraktár
- Oktatási központ
- Anyag- és programtervezés.

ASC = gyártási mélység megtisztítása tisztítótényezők a különböző gyártási mélységek kiegyenlítésének biztosítására

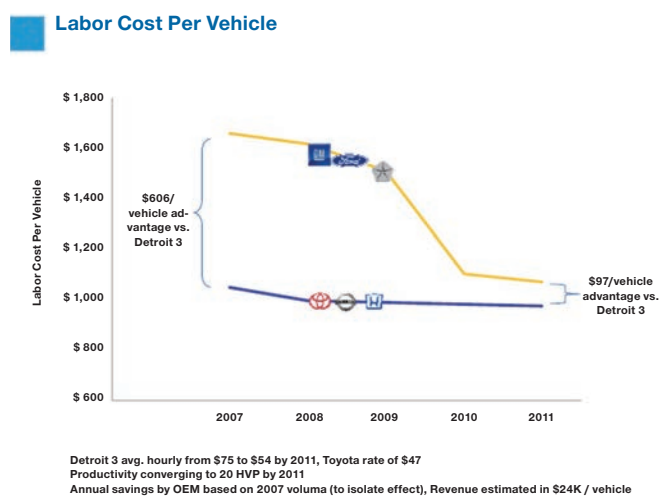
A következő területeket kell figyelembe vennünk, ha a gyáron kívülről kerülnek felhasználásra:

- Logisztika
- Karosszériagyártás
- Szerelés
- Karbantartás
- Üzemi szolgáltatások.

4. A HPV-ÉRTÉK A TERÜLETI ÉS TEVÉKENYSÉGI HATÉKONYSÁG JELZŐÉRTÉKE, A FEJLESZTÉSEK SZÜKSÉGESSÉGÉNEK INDIKÁTORA

A HPV-értéket a gyártási területekre és a tevékenységekre részletesen lebontva is meg lehet jeleníteni. A teljes értéket eloszthatjuk a karosszériagyártás, fényezés, szerelés és tesztelés, valamint a központi telephely-szolgáltatások között. A tevékenységek szerinti bontás lehet a gyártás, a karbantartás, a minőségbiztosítás, a logisztika és az egyéb támogató műveletek szerinti felosztás. A tevékenységek szerinti bontás esetén az értékek magukban foglalják a termelőtevékenységben közvetlenül és közvetetten részt vevő összes olyan munkatársat, akik közvetlenül hozzá vannak rendelve a karosszériagyártás, a fényezőműhely, a szerelés és tesztelés területekhez.

Az egyes területekre és tevékenységekre lebontott HPV-értékek elemzése segíti a vállalatot az operatív és a stratégiai döntések meghozatalában. Összehasonlítása (Benchmarking) más gyártókéval vagy a konszernen belüli más üzemekével rámutat a gyenge pontokra, a fejlesztendő területekre. A lean menedzsment módszerek használata nagyban segíti a hatékonyság növekedését. Szemléletes példa, hogy a detroiti hármak (GM, Ford, Chrysler) a lean menedzsment alapú termelésirányítási eszközök alkalmazásával megközelítették az egy járműre jutó bérköltség tekintetében a japán gyártókat (**3. ábra**). 2007-ben még 606 dollár volt a japán gyártók előnye, ami 2011-re 97 dollárra csökkent.



3. ábra: egy járműre jutó bérköltség alakulása

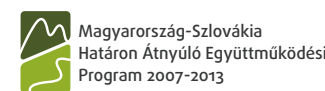
5. MI A KÜLÖNBSÉG A LEGHATÉKONYABB ÉS A LEMARADÓK KÖZÖTT?

A jelentés adatai alapján levonhatunk általános következtetéseket. A leglényegesebb, hogy a minőség és a termelékenység nem egymást kizáró tényezők, sőt a legtermelékenyebb üzemekben a legjobb a minőség is. Azoknál a járműveknél, ahol a tervezés során figyelembe vették az egyszerű összeszerelés szempontjait, sokkal nagyobb az elsőre hibátlanul végrehajtott szerelési műveletek aránya. Nem kell az utómunkára annyit költeni. A magasabb termelékenységgel megtakarított költséget át lehet irányítani a termékfejlesztési területre. A felesleges kapacitások növelik az üzem rugalmasságát. Csak a legjobb termelékenységi szinten érdemes kis és közepes kategóriájú autókat gyártani. A munkaórák költségét a legjobbak tartják a legalacsonyabb szinten, és ők találják meg az optimális arányt az automatizálás és az emberi munkaerő között is. A gyártók között az erőforrások rendelkezés-

re állása nagy különbséget mutat. Az ellátási lánc optimalizálása szoros kapcsolatban van a hatékonyság növelésével.

A 2007-es adatok alapján, az amerikai gyártóhelyek versenyében, az egyes szegmensek legjobb gyártói szinte kivétel nélkül a detroiti 3-ak közül kerültek ki. Például az abszolút listavezető a Chrysler Toledo South telephelye, ahol a Wrangler modelleket gyártják. Itt egy autó előállításához mindösszesen csak 13,57 munkaóra kell. Egyedül a Hyundainak sikerült az egyik legjobb helyet elérnie a középkategóriás, nem prémiumszegmensű CUV (Cross Urban Vehicle) kategóriában, az Amerikában gyártott Santa Fe modellel.

A jelentéshez kapcsolódó adatgyűjtést további vizsgálat tárgyává tesszük, annak érdekében, hogy a Magyarország – Szlovákia Határon Túli Együttműködési Program 2007–2013 által támogatott, a BME EJJT és a Kassai Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Kara között megvalósuló „LEAN tudásbázis és laboratóriumok létrehozása” projekt (HUSK/1101/1.6.1/0161) keretében a hazai tudásbázis része legyen. ●



IRODALOM:

- The Harbour Report™ North America 2008 MEDIA RELEASE
- AUTOMOTIVE MANAGER 1/2012, Oliver Wyman

HDPE/PA6 blendek tulajdonságmódosítása

MODIFICATION OF THE PROPERTIES OF HDPE/PA6 POLYMER BLENDS

HARGITAI HAJNALKA

PhD, egyetemi docens
Széchenyi István Egyetem,
Anyagtudományi
és Technológiai Tanszék

IBRIKSZ TAMÁS

tanszéki mérnök
Széchenyi István Egyetem,
Anyagtudományi
és Technológiai Tanszék

1. BEVEZETÉS

Napjainkban a műanyagok rendkívül jelentős szerepet töltenek be a műszaki életben. Anyagcsaládonként számos típus áll rendelkezésre, és a tulajdonságok széles határok között változnak. A növekvő elvárások azonban újabb és újabb anyagok, anyagkombinációk, társított szerkezetű anyagok (kompozitok) kutatását, (ki)fejlesztését teszik szükségessé. A műanyagok, illetve kompozitjaik gyakorlatilag az ipar minden területén megtalálhatók [1], ezek közül is kiemelkedő a járműgyártás területe. A járművek tömegcsökkentése az egyik leghatékonyabb módja az energiatakarékosság növelésének és ebből kifolyólag az egyre szigorodó környezetvédelmi előírásoknak való megfelelésnek.

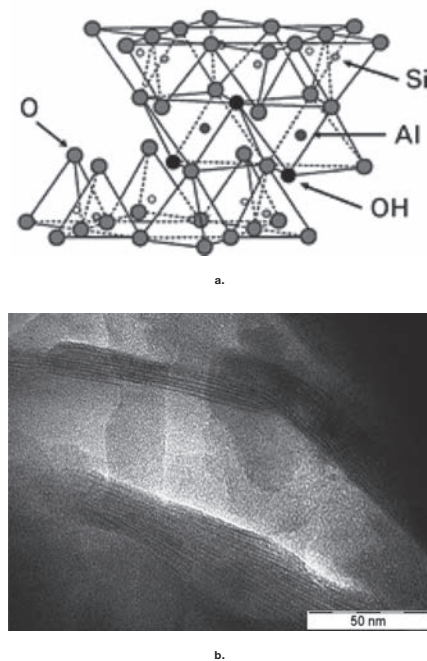
A műanyagok tulajdonságmódosítására számos hatékony megoldás ismert. Különböző anyagok összekeverésével, társításával ötvözhetjük a komponensek tulajdonságait [2,3]. Két vagy több műanyag ömledékkeverésével polimer blendeket hozhatunk létre, erősítőszálak bekeverésével kompozitokat gyárthatunk. Ezekben a rendszerekben a komponensektől és az alapanyagok arányától függően a tulajdonságok széles határok között változtathatók.

Kísérleteinkben nagy sűrűségű polietilént (HDPE) ötvöztünk poliamiddal (PA6), amely szakirodalomban is vizsgált anyagkombináció [4,5]. A poliamid egy műszaki műanyag, mely a járműiparban is megítélhető szerepet tölt be kiváló termo-mechanikai tulajdonságainak köszönhetően. A poliamid6-ot polietilénnel társítva javul a rendszer dinamikus hatásokkal szembeni ellenálló képessége és feldolgozhatósága alacsonyabb ár mellett. A legtöbb műanyag, így a PA6 és HDPE egymással nem elegyed, kémiaiailag inkompatibilis, ezért az ömledékfázisból lehűtve a polimer keveréket az egyes polimer fázisok szétválnak. A keverékek tulajdonságait elsősorban a komponensek között kialakuló kölcsönhatás erőssége és az előállítás körülményei határozzák meg [6], a gyenge kölcsönhatás a szívósság csökkenését okozhatja.

A nanoméretű erősítőanyagok szerepe exponenciálisan növekszik a polimer szerkezetű anyagokban. Az egyik legelterjedtebben alkalmazott és legszélesebb körben vizsgált nanoanyag a montmorillonit. Ez egy réteges agyagásvány, nanoszilikát, melyben a nanodimenziót a rétegek vastagsága adja (1. ábra).

Kísérleteink során PA6/HDPE blendeket állítottunk elő ömledékkeveréssel, laboratóriumi kétszigás extruderben. A komponensek közötti kölcsönhatás erősítésére kémiai kapcsolóanyagot, maleinsav anhidriddel ojtott polietilént (PEGMA) adalékoltunk. A mechanikai tulajdonságok javítására, a blendeket nanoméretű agyagásvánnyal, réteges szerkezetű montmorillonittal (MMT) kompozitáltuk. Az előállított anyagokban a különböző összetevők hatását vizsgáltuk az egyes mechanikai tulajdonságokra és a folyóképességre, valamint a blendek mikroszerkezetére.

In this work PA6/HDPE blends were produced by melt mixing in a laboratory twin-screw extruder. Chemical compatibilizer, maleic anhydride grafted polyethylene (PEGMA) was added in different concentrations to enhance the interfacial connection between the matrix components. To achieve better mechanical properties nanostructured reinforcement, the layered structure montmorillonite (nanoclay) was applied. The effect of the compatibilizer and the montmorillonite (MMT) used in different concentrations were examined on the mechanical and melting properties and on the blend morphology.



1. ábra: a montmorillonit kémiai felépítése és transzmissziós elektronmikroszkópos (TEM) képe

A nanorétegeket egymástól eltávolítva és homogén módon diszpergálva a polimer ömledékben mindössze 1–3 tömegszázalékos arányban például a labirintushatás (barrier) következtében javulhat a gázzáró képesség és a hőállóság, de a mechanikai tulajdonságokat is javíthatja. A nanorészecskék erőteljesen befolyásolják a nem elegyedő polimer keverékek, blendek mikroszerkezetét is [7-10].

Kísérleteink során PA6/HDPE blendeket állítottunk elő kétszigás extruderben. Az ömledékkeverési lépésben kémiai kapcsolóanyagot és montmorillonitot adagoltunk különböző mennyiségben és megvizsgáltuk az összetétel hatását a mechanikai tulajdonságokra, a feldolgozhatóságot jellemző folyóképességre és a mikroszerkezetre.

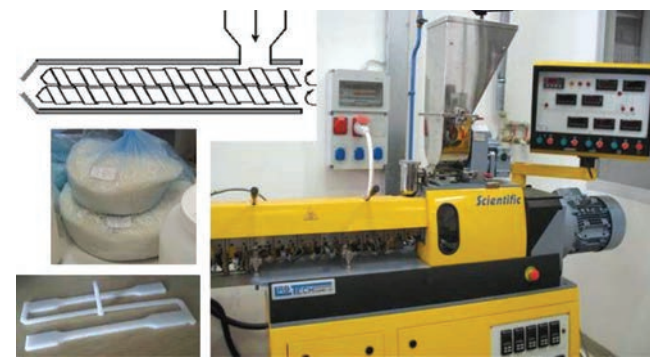
2. KÍSÉRLETEK

2.1. Alapanyagok

A kísérletekhez mátrixanyagként nagy sűrűségű polietilént (HDPE, TIPELIN 6000B (TVK), MFR: 1,30 g/10 perc (5 kg 190°C)) és poliamid6-ot (PA6, HVF (A. Schulman)) alkalmaztunk. A kémiai adalékanyagot, PEGMA-t (Polybond 3009 (Chemtura Corp.)) 0,5; 1; illetve 3 tömeg%-os arányban (a mátrixanyag össztömegére vonatkoztatva), a montmorillonitot (MMT, Cloisite 20 A, Southern Clay Products), 1 és 3 tömeg%-os arányban (a mátrixanyag össztömegére vonatkoztatva) adagoltuk.

2.2. A blendek előállítása, próbatestgyártás

A HDPE és PA6 polimerek kompaundálását 75/25 tömeg% arányban ömledékkeveréssel végeztük laboratóriumi kétszigás extruderben (Lab-Tech Scientific) (2. ábra), 180–240 °C hőmérséklet-tartó-



2. ábra: a polimer blend-nanokompozitok előállítására alkalmazott kétszigás extruder és sematikus képe, a granulátum-alapanyag és a fröccsöntött próbatestek

mányban. A kompaundálást követően fröccsöntéssel (Engel ES 200H/80V/50HL-2F-2K) állítottunk elő 4x10 mm-es keresztmetszetű szabványos piskóta alakú próbatesteket (MSZ EN ISO 527-2). Ezekből alakítottuk ki a szabványos hajlító-, illetve ütővizsgálathoz használt próbatesteket. Az extrudálás előtt a PA6 polimert, fröccsöntés előtt pedig minden blendet minimum 16 órán keresztül 80 °C-on szárítottuk.

2.3. Vizsgálatok

A szakítóvizsgálatot Instron 3344 típusú számítógép-vezérelt egyoszlopos szakítógéppel, szobahőmérsékleten, az MSZ EN ISO 527-2 szabvány szerint végeztük.

A hárompontos hajlítóvizsgálatot Instron 5582 típusú univerzális számítógép-vezérlésű erőmérő berendezésen, szobahőmérsékleten kiviteleztek, az MSZ EN ISO 178 szabványnak megfelelően.

A műanyagok ütve-hajlító vizsgálatához egy 15 [J]-os kalapáccsal felszerelt CEAST Resil Impactor Junior 8545/000 típusú Charpy-féle ingás ütőművet használtunk az MSZ EN ISO 179-1:2000/A1:2005 szabvány előírásai szerint.

A blendek folyási tulajdonságait CEAST 7026 típusú folyásindexmérő berendezésen vizsgáltuk. A blendek MVR [cm³/10 min] értékét, mely megadja a 10 perc alatt kifolyt anyag térfogatát, 240 °C hőmérsékleten és 10 kg terhelés mellett határoztuk meg.

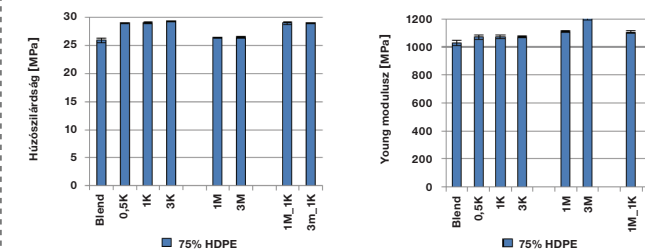
A blendek mikroszerkezetét folyékony nitrogénben eltört és arannyal bevont minták felületén JEOL JSM 6380LA típusú pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgáltuk 15 kV gyorsítófeszültség alkalmazásával.

3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A 3–6. ábrák a mérési eredményeket mutatják, melyekből jól látszik a kapcsolóanyag- (K) és a montmorillonit (M) tartalom hatása,

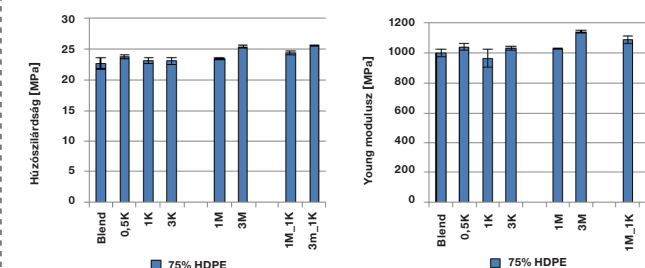
a jelöléseket megelőző számok a kapcsolóanyag, illetve a MMT tömegszázalékos arányát mutatják a blendekben.

A húzószilárdság-értékeknél 12–14%-os emelkedést tapasztaltunk a kapcsolóanyag-tartalom növelésével, míg a rugalmassági modulusz 16–18%-kal növekedett a legnagyobb MMT-tartalom mellett (3. ábra).



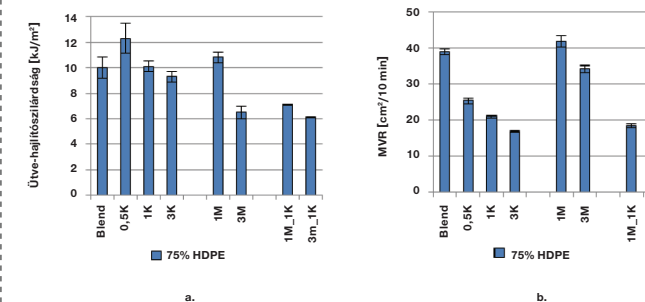
3. ábra: húzószilárdság és Young-modulusz eredmények

A hajlítótulajdonságok javulása egyértelműen a nanoásvány hatásának köszönhető, a legnagyobb mértékű növekedést a kapcsolóanyag és az MMT együttes alkalmazása (~20%) mellett mértük (4. ábra).



4. ábra: a hajlítóvizsgálat eredményei: határhajlító feszültség és hajlítómodulusz értékek

Az ütve-hajlító szilárdság értékek, ahogy az várható volt, a merevségértékekkel közel ellentétes tendencia szerint alakultak. A referenciablendhez képest csak a 0,5% kapcsolóanyag-tartalmú és az 1% MMT-tartalmú kompozit értékei növekedtek (5. a. ábra).



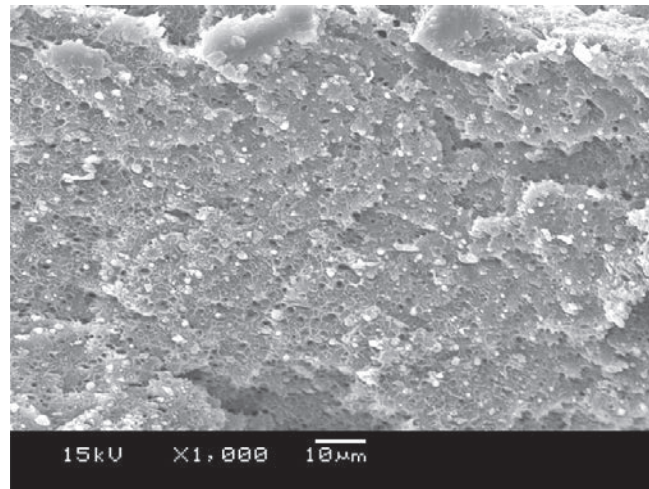
5. ábra: (a) ütve-hajlító szilárdság [kJ/m²] és (b) a folyóképességet jellemző MVR [cm³/10 perc; 240 °C, 10 kg] értékek

A kapcsolóanyag koncentrációjának növekedésével a polimerek feldolgozhatóságát jellemző MVR-érték, azaz a folyóképesség egyre nagyobb mértékben csökken, míg az MMT nanoásvány alkalmazása önmagában nem, vagy csak kismértékben befolyásolta az eredményeket (5. b. ábra).

A következő ábrákon a HDPE/PA6 blendek töretfelületéről készült elektronmikroszkópos felvételek láthatók azonos nagyí-



a.



b.

6. ábra: blende töretfelületéről készült pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) felvételek. (a) HDPE / PA6 75/25; (b) HDPE/PA6 +1% PEGMA + 3% MMT

tásban. Az erősítetlen blend (6. a. ábra) gömbszerű kiválásai nagyságrendekkel finomodtak az 1% montmorillonit és 3% kémiai kapcsolóanyag hozzáadásával (6. b. ábra).

Összefoglalásként elmondható, hogy a blende statikus mechanikai tulajdonságai 3% MMT, valamint 1% PEGMA és 3%MMT hatására nagymértékben növekedtek (húzó és hajlítási modulusz egyaránt: 18–20%), míg az útve-hajlító szilárdság csökkent.

0,5% PEGMA nem vagy csak kis mértékben növelte a szakító, ill. hajlítási tulajdonságokat, viszont a dinamikus hatással szembeni ellenállás 23%-kal javult. 1% nanoásvány alkalmazása kapcsolóanyag nélkül is kedvezően befolyásolta az útvehajlító-szilárdságot, míg a statikus mechanikai tulajdonságokat nem vagy csak kis mértékben javította.

A folyóképességet az 1%-ban bekevert nanoanyagok külön-külön, illetve egymással kombinálva kismértékben javították, míg az összes többi esetben kisebb értéket mértünk. A nanoásvány és a kapcsolóanyag hozzáadása a blende morfológiájára is jelentős hatást gyakorolt, a kiválások mérete jelentősen csökkent, a szerkezet finomodott.

4. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben ismertetett kutató munka a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0029 jelű projekt részeként – az Új Széchenyi Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg. ●

IRODALOM

- [1] Hargitai H. and Rácz I., Applications of Macro- and Microfiller-Reinforced Polymer Composites, Polymer Composites: Volume 1, Thomas S. et al. (ed.), Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2012
- [2] Czvikovszky T., Nagy P., Gaál J., A polimertechnika alapjai, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2000
- [3] Utracki LA, Commercial polymer blends, Chapman and Hall, London, 1998
- [4] Pernot H, Baumert M, Court F, Leibler L., Design and properties of co-continuous nanostructured polymers by reactive blending, Nature Materials 2002, Volume 1, 54 – 58.
- [5] Filippone G., Dintcheva N.Tz., La Mantis F.P., Acierno D., Using organoclay to promote morphology refinement and co-continuity in high-density polyethylene/polyamide 6 blends - Effect of filler content and polymer matrix composition, Polymer, Elsevier, 2010, Volume 51, 3956-3965.
- [6] Cong P., Xiang F., Liu X., Li T., Effect of crystalline form on the tribological properties of PA66/HDPE polyblends, Wear, 2008, Volume 265, Issues 7-8, 1106-1113.
- [7] Elias L., Fenouillot F., Majesté JC., Cassagnau P., Morphology and rheology of immiscible polymer blends filled with silica nanoparticles, Polymer, Elsevier, 2007, Volume 48, 6029-6040.
- [8] Chow WS, Mohd Ishak ZA, Karger-Kocsis J., Morphological and Rheological Properties of Polyamide 6/Poly(propylene)/Organoclay Nanocomposites, Macromolecular Materials and Engineering, Wiley, 2005, Volume 290, Issue 2, 122-127.
- [9] Lee MH, Dan CH, Kim JH, Cha J, Kim S, Hwang Y, Lee CH, Effect of clay on the morphology and properties of PMMA/poly(styrene-co-acrylonitrile)/clay nanocomposites prepared by melt mixing, Polymer, Elsevier, 2006, Volume 47, 4359-4369.
- [10] Mallick S., Khatua B. B., Morphology and properties of nylon6 and high density polyethylene blends in absence and presence of nanoclay, Journal of Applied Polymer Science, 2011, Volume 121, Issue 1, 359-368.

SZEnergy versenyautó-karosszéria fejlesztése

CZEGLÉDI DÁVID
egyetemi tanársegéd
SZE-KVJT

TITRIK ÁDÁM
egyetemi tanársegéd
SZE-KVJT

CZIBULA LEVENTE
BSc-hallgató
SZE

DR. VARGA ZOLTÁN
egyetemi docens
SZE-KVJT

A cikk egy a Shell Eco-marathon versenyre készülő jármű felépítményének a tervezését és kivitelezését írja le, a forma kialakításától egészen az összeszerelésig. Bemutatjuk a versenykritériumok és az energiahatékonyság szellemében kialakuló formát. A látványterv megvalósítható modellé válását, a modell feldarabolását, a karosszériaelemek elkészítésének és összeillesztésének folyamatát, beleértve a szükséges szerszámokat és egyéb kiegészítőket is.

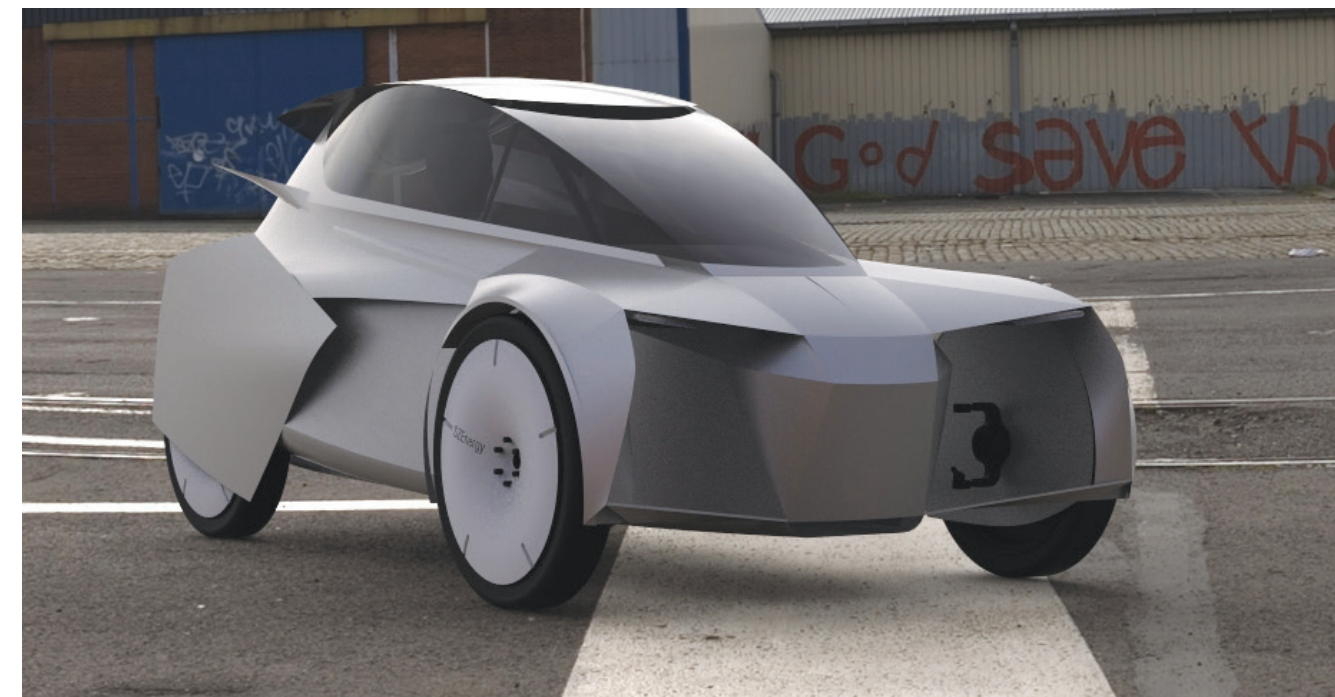
The article is describing the body design and production of a race vehicle made for Shell Eco-marathon - from development to assembly. The vehicle body is presented, which meets the criteria of the competition and reaches high energy efficiency. All production steps are shown: visual model becomes feasible design, model fragmentation, preparation of body parts and assembly process including necessary tools and accessories.

BEVEZETÉS

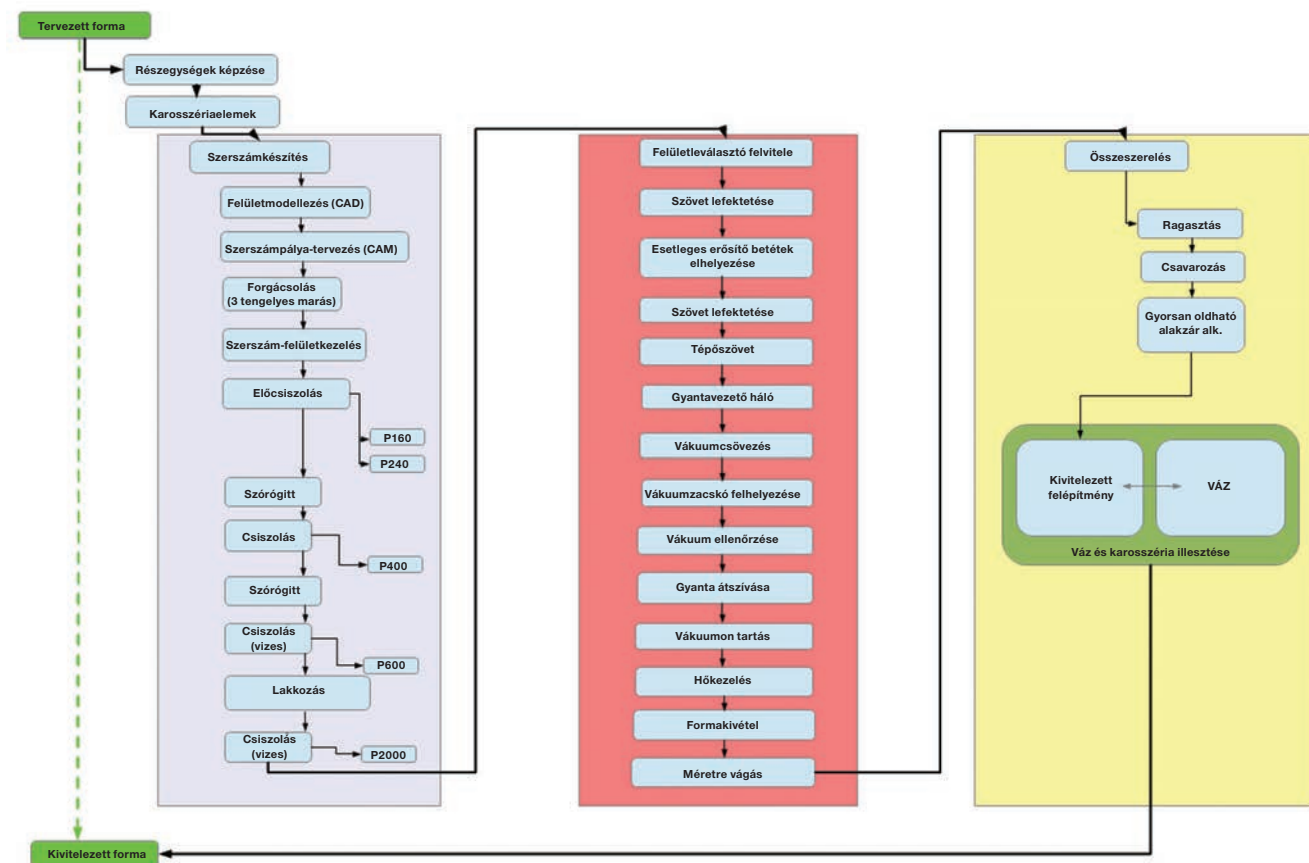
Osapatunk, a Széchenyi István Egyetemen működő SZEnergy Team, már 2008 óta készít alternatív, többnyire napelemes töltéssel kiegészített járműveket a Shell Eco-marathon nevű nemzetközi energiahatékonysági versenyre. A versenyszabályok változásának következtében az idei évben az eddigi járművektől jelentősen eltérő, áramvonalas formájú autót építhettünk. A verseny szabályai kitérnek a jármű méreteire, a karosszériára fektethető napelemtábla területére és bizonyos sajátosságokra, amelyek a formát jelentősen befolyásolják.

Aszabályzatokon és az energiamegtakarításra való törekvésünkön kívül természetesen meg kellett felelnünk egy olyan általános szempontnak is, mint az esztétika. A korábbi versenyautóink a verseny előírásainak megfelelően és a maximalizált nagy sík felületnek köszönhetően kevésbé voltak autószerűek és tetszetősek. Ebben a versenyévben azonban, szakítva a hagyományokkal, nem csak egy megbízható, energiahatékony, hanem dizájnos jármű építése volt a cél.

Műszaki emberként a megfelelő forma megtalálása rendkívül nehéz feladat, ezért segítségül hívtunk egy formatervező párost, akik segítettek megvalósítani az ötleteinket.



1. ábra: az eredeti látványterv



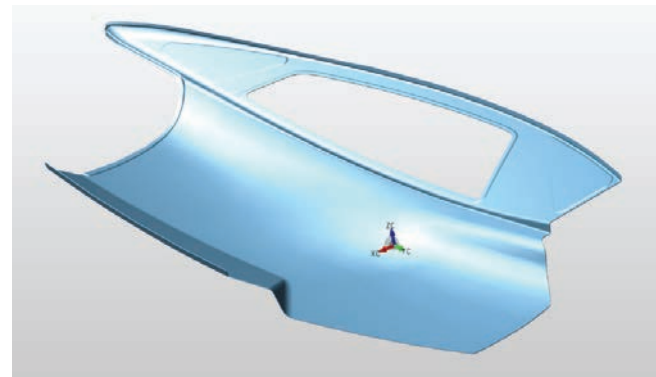
2. ábra: a karosszériakészítés folyamatábrája

Sajnos a szabályzat egyes pontjai nem tették lehetővé a látványterven szereplő autó pontos megvalósítását, de a formához ragaszkodva és figyelembe véve a gyárthatósági szempontokat is, egy magas minőséggel kivitelezett, formás járművet sikerült alkotnunk.

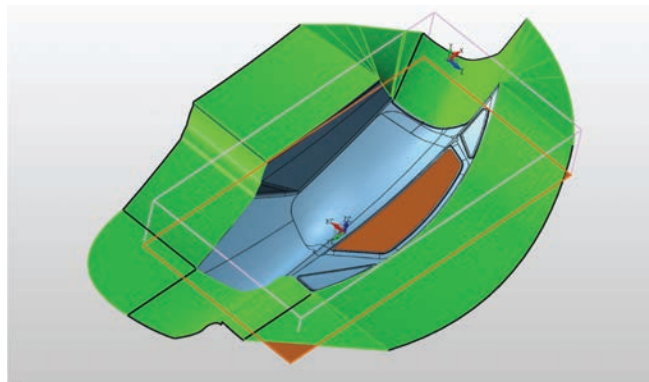
A 2. ábra a karosszériakészítés folyamatát mutatja be. A cikk további részében a folyamatára alapján fogom bemutatni az elvégzett munkát.

A SZERSZÁMKÉSZÍTÉS

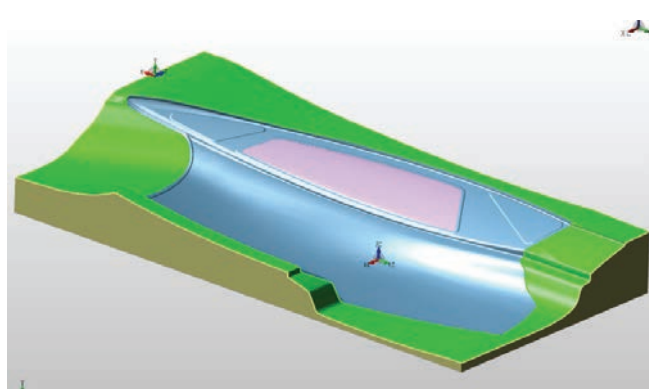
A végleges forma elnyerésének első fázisa a szerszámok elkészítése. A szerszámok tervezése az eredeti forma közvetlen felhasználásával történik. Az alábbi ábrák szemléltetik a szerszámtervezés lépéseit:



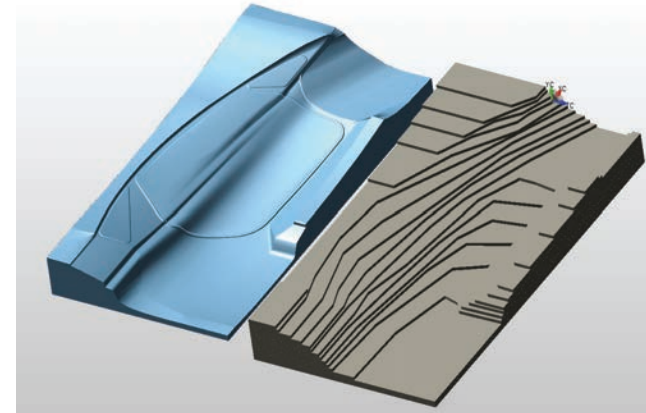
3. ábra: a tervezett oldalfal felületmodellje



4. ábra: a felületmodell elhelyezése az előgyártmányban



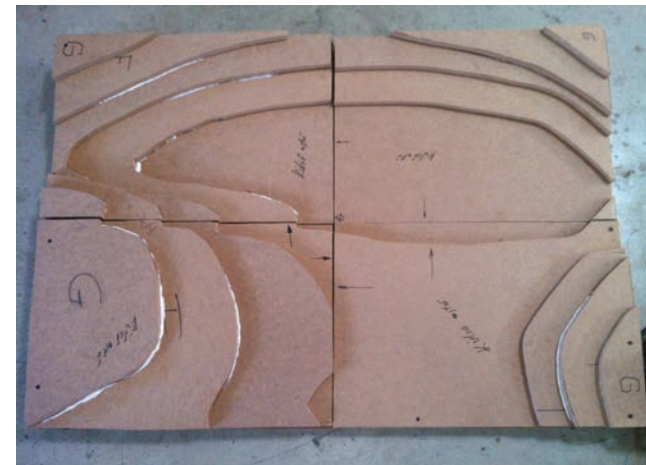
5. ábra: az elkészült oldalfalszerszám az eredeti geometria felhasználásával



6. ábra: a jobb oldalfal szerszáma és az optimalizált előgyártmány

Az iparban különböző minőségű, árú és felhasználási területű szerszám-alapanyagokat használnak. A tervezésnél nagyon fontos szempont a pontosság, a minőség, a hosszabb távú alaktartó képesség és az egy szerszámmal készíthető gyártmányok száma. Ezen kritériumok alapján leggyakrabban műanyag hab, műanyag, fa-, műfa és fémszerszámokat használnak.

Anyagi lehetőségeink folytán mi MDF-lap alapú szerszám mellett döntöttünk. Ez a szerszámtípus jó minőségű felületkezeléssel és lakkozással, megfelelő alternatívát biztosít a szerszámból való 2–5 munkadarab kivételére.



7. ábra: az előgyártmány végleges alakját a lapok ragasztásával értük el

A szerszámok tervezését az időtakarékoság miatt párhuzamosan több fő végezte, KeyCreator és Catia szoftverekkel. Első lépésként a formatervet részegységekre kellett bontani a gyárthatóság és szerelhetőség figyelembevételével. Ezután a szerszám befoglaló méreteit kellett meghatározni a modell alapján úgy, hogy a majdani vákuumcsőnek és a vákuumsák ragasztásának is legyen elég hely. Szakemberekkel konzultálva ezt a távolságot a vágóéltől 50–100 mm-ben határoztuk meg.

A szerszámok gyártása során nagyon fontos volt az anyagtakarékoság. Ennek érdekében a felületmodellt úgy helyeztük el az előgyártmányban, hogy a szerszám térfogatát és ezáltal az egymáshoz ragasztandó MDF-lapok számát minimalizáljuk.

Az előgyártmány méretének meghatározása és a pozicionálás után a szerszámgeometria kialakítása következett. Minden hasonló célú szerszám esetén létre kell hozni egy vágóélt, ami határozottan elhatárolható az eredeti geometriától, és ami mentén a forma egyszerűen és pontosan elválasztható a felesleges maradék anyagtól.

Ez a vágóél a mi esetünkben egy 3–5 mm-es függőleges, pozitív irányú ugrással képződött.

A nyers szerszámformát ezek után még fel kellett darabolni és el kellett látni lefogatópontokkal, felületekkel a szerszám gép paramétereinek megfelelően.

A szerszámok felszeletelése után következett az előgyártmányok veszteséganyag-hányadának minimalizálása. Erre a műveletre az alapanyag-megtakarítás és a minimális CNC-gépidő miatt volt szükség.



8. ábra: tetőszerszám marás közben

Az előgyártmányokat a már korábban említett 20 mm vastagságú MDF-lapokból vágjuk ki és szereljük össze. Az előgyártmányok elkészítése a tervezett tömb 20 mm-es szeletekre történő vágásával kezdődött. Ezeket a szeleteket eleinte kézi vágással, később 2D-s faforgácsoló gép segítségével vágtuk ki a táblákból.

A szerszámok végső formáját 3 tengelyes marással érjük el. A szerszámok tervezésénél kiemelt szempont volt, hogy egy általános 3 tengelyes megmunkálóközpont (marógép) alámetszés nélkül el tudja végezni a feladatot.

Az alapanyag sajátosságainak és a gyors megmunkálásnak köszönhetően a mart szerszámfelület rendkívül nagy felületi érdességgel rendelkezett. Emellett a préselt fa kezeletlen felülete nem lenne képes megtartani azt a 0,7–1 bar depressziót, amit a vákuumleszívós kompozittechnológia megkövetel.

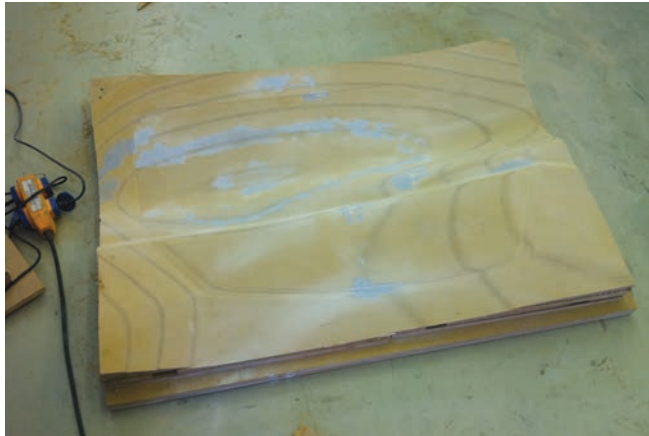
FELÜLETKEZELÉS

Első lépésként a számítógépes tervet és a szerszámgépből kivett munkadarabot kellett egymással összehasonlítani és az esetleges hibákat kézi kitteléssel kijavítani.



9. ábra: felületi hibák az ajtó kiforgácsoló szerszámán

Ezután a művelet után következett az előcsiszolás, azaz a felület megfelelő felületi érdességre való alakítása. Ezt két lépcsőben lehetett megfelelően kivitelezni. Először P160-as csiszolópapírral, kézi csiszolással lenagyolásra, majd egy finomabb P240-es csiszolópapírt alkalmazva kellett finomítani. Ez a felületi minőség már lehetővé tette az első szórókit réteg felvitelét.



10. ábra: a javított ajtószerszám

Egy kittréteg még kevés ahhoz, hogy a vákuumtechnológia terheléseinek ellenálljon, ezért indokolt volt még egy réteg alkalmazása. Az alakhelyesség megtartása érdekében a művelet előtt egy finom gépi csiszolást is alkalmazni kellett, amit P400-as csiszolópapírral végeztünk el. (A csiszolópapír finomságának köszönhetően a megfelelő vastagságú réteget választottuk le.)

A második kittréteg felhordása után következett a simára csiszolás, amit a fent említett módon végeztünk. Ezt követően egy finomabb, P600-as kézi, vizes csiszolást is alkalmaztunk.

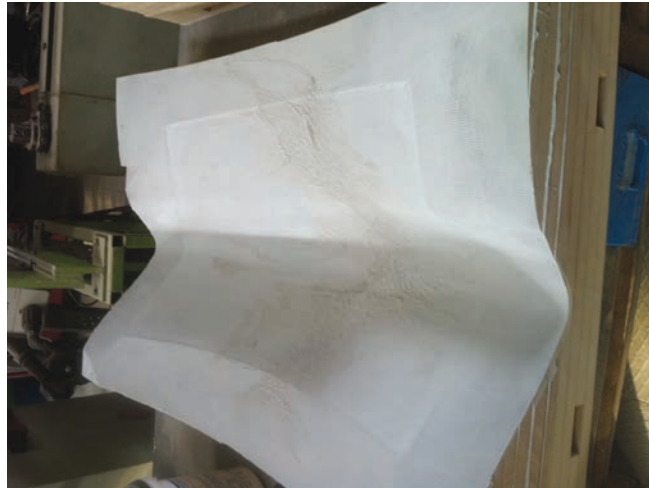
A vizes csiszolásra a legkisebb felületi érdességek elsimítása miatt volt szükség. Ezzel pont olyan felületi érdességet értünk el, ami megfelelő környezetet biztosít a lakkrétegnek. Durvább érdesség esetén a lakk nem lett volna képes megfelelő fedésre, a nagy érdesség miatt egyenetlenségek alakulhattak volna ki, kisebb érdesség esetén pedig a lakkcseppek nem tudtak volna egybefüggő réteget alkotni az alapanyag nagy felületi feszültsége miatt.



11. ábra: a kittréteg felvitele

A szerszám felületkezelésének utolsó lépése a lakkozás. A lakkozás egy nagyon sima (kis felületi érdességű), megfelelően kemény, kopásálló és alaktartó felületet tesz lehetővé. A lakkozásnak köszönhetően a szerszám alkalmas 2-3 vagy akár 5 kompozittermék kivételére is.

A lakkréteg megszáradása után sajnos gyakran kerül szennyeződés a felületre, vagy felületi hiba, narancsbőr, esetleg hiány is keletkezhet. Ezeket a problémákat egy nagyon finom csiszolásvászonnal tudtuk orvosolni. Egy P2000-es papírt alkalmaztunk vizes környezetben, illetve a hiányos felületeket pótlással és újrcsiszolással tettük tökéletessé.



12. a. ábra: hátfalszerszám a két kittréteg felvitele között



12. b. ábra: orrszerszám lakkozás előtt



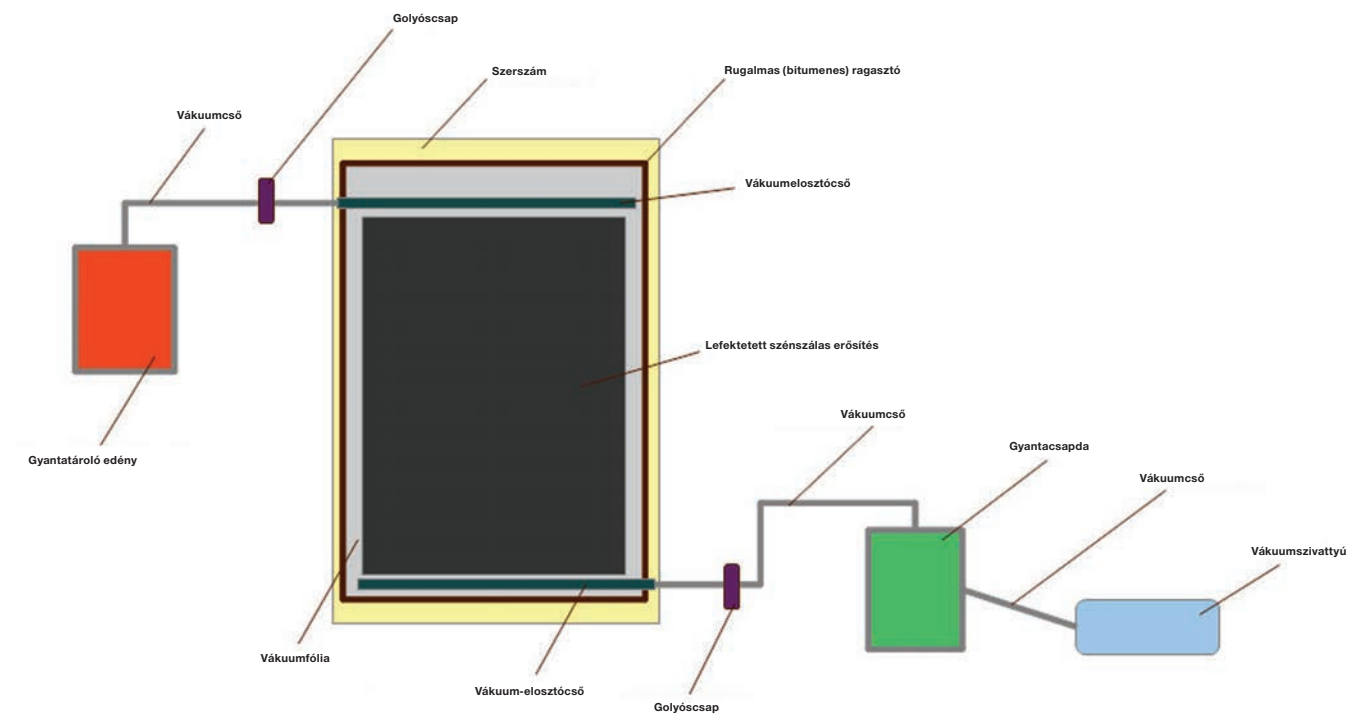
13. ábra: végső kézi csiszolás

KAROSSZÉRIAELEMEK GYÁRTÁSA

A karosszériaelemek gyártásánál a prototípus járműveknél gyakori vákuumozott karbon-kompozit technológiát választottuk. A gyártás folyamata a következő ábrán (14. ábra) nyomon követhető:

A karosszériaelemek gyártása minden esetben a szerszám ellenőrzésével kezdődik. A szerszám minősége nagyon fontos, mert az alkalmazott technológiával együtt határozza meg a gyártandó munkadarab felületi és kitöltési minőségét.

Lefektetett szénszál és erősítés



14. ábra: a vákuumleszívásos kompozitgyártás elvi ábrája

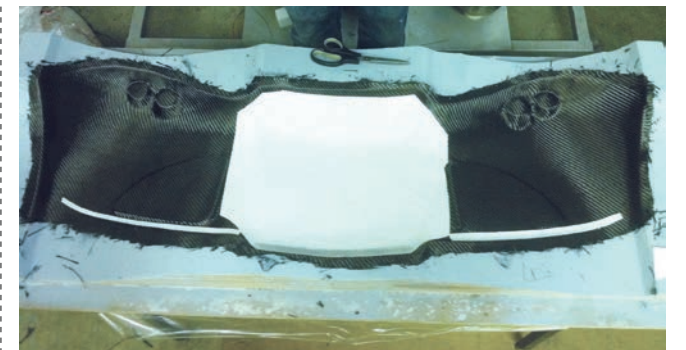
Az elemek gyártása a formaleválasztó felvitelével kezdődik. A formaleválasztóra azért van szükség, hogy a gyanta kikeményedése után egyszerűen, a lehető legkisebb tapadással váljon el a formaadó felülettől. Formaleválasztó nélkül vagy helytelen alkalmazása mellett könnyen tönkretelhetjük a szerszámot és a munkadarabot is.

Ezután már lefektethetjük a karbonszállakat a felületre. Mindenképp a tervezett területen túl kell lógni a szálaknak, hogy az eredeti terület a formázás után is torzulatlan maradjon. Bizonyos esetben előfordul, hogy a rétegelt karbonszerkezet nem túl erős, vagy nem túl merev. Ilyen esetben betétet, ún. méhsejt szerkezetet szokás alkalmazni. A méhsejtet a másik oldalról is le kell fedni karbonszállakkal a tökéletes merevség miatt. Ezzel az eljárással a hagyományos 2 rétegű kompozithoz képest 80 százalékkal nagyobb merevséget érhetünk el, minimális túlsúly bevezetésével. A méhsejtszövetet nem szükséges az egész szerszámban alkalmazni, elegendő csupán a kritikus terhelésű helyeken.

A gyanta bevezetése előtt még fel kellett helyezni a tépőszövetet és a gyantavezető hálót. A gyantavezető hálóra azért van



15. ábra: a formába helyezett szénszálak



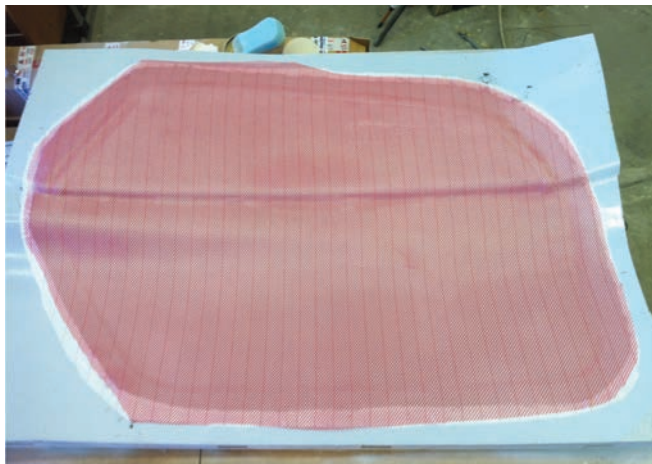
16. ábra: a szerszámba helyezett szövet méhsejt betét

szükség, mert a vákuumozás során, amikor a gyantát átszívjuk a szöveten, ne a legrövidebb úton haladjon át nagy keresztmetszeten, hanem egyenletesen oszljon el az egész szerszám felületén. A gyantaelvezető háló speciális kialakításának köszönhetően elvezeti a gyantát a teljes leborított szerszámfelületre.

A tépőszövet alkalmazása gyantavezető háló mellett nélkülözhetetlen. A feladata az, hogy lehetővé tegye a háló eltávolítását a laminált kompozitréteg sérülése nélkül. A tépőszövet olyan speciális anyagból készül, ami a gyantát nem fogadja be, ezért a laminátum nem ragad hozzá szorosan a vákuum megszűnése után. A tépőszövet alkalmazásával a gyantavezető háló egyszerűen eltávolítható.

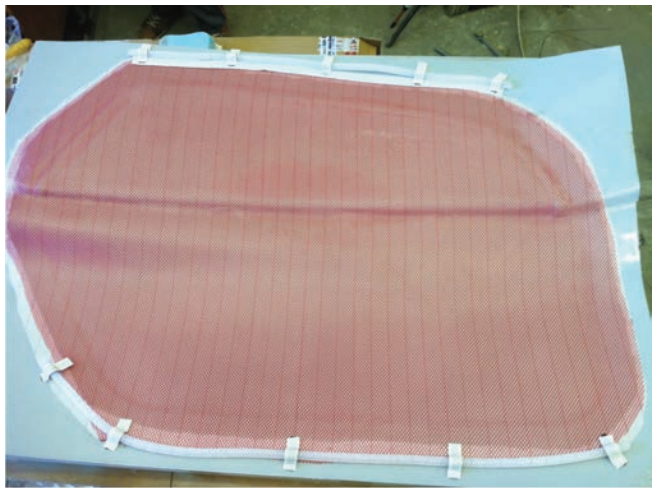
A lefektetett szövet két oldalára vákuumcsövet fektettünk. Az egyik oldalon érkezik a gyanta, a másikon pedig eltávozik. A szívóoldali vákuumcső a gyantatároló edényből szállítja a gyantát a szerszámba. Az egyenesebb terítés érdekében a szerszámba fektetett szívócső végig fel van hasítva. Ezt a szakaszt nevezzük elosztócsőnek. Ugyanezt a megoldást alkalmaztuk a levezető ágon is.

A gyanta gyors átszívását korlátozandó elemet, ún. fékezőszövetet is kellett alkalmazni. A fékezőszövet a szívó elosztócső és a lefektetett szénszál között fekszik. Méretének változtatásával lehet befolyásolni a gyanta átszívását és ezzel a kitöltés minőségét.



17. ábra: a tépőszövet és a gyantavezető háló is a helyére került

A szerszám elkészítésének utolsó lépése a vákuumfóliázás. Ez tulajdonképp a szerszám körberagasztását jelenti egy strapa-bíró, jó nyúlási képességű, de átlátszó fóliával úgy, hogy magába foglalja a fent leírtakat. Ragasztóanyagként egy nagyon rugalmas bitumenalapú ragasztócsíkot használtunk nagy mennyiségben. Ha a ragasztás tökéletes, a belépő és kilépő vákuumcsövek között a rendszer teljesen zárt, így ha az egyik oldalt elzárjuk, a másikra pedig egy szivattyút kapcsolunk, a szerszámban vákuum keletkezik és tartósan fenn is marad. Javasolt még a gyanta átszívása előtt egy órán át a vákuumot a szerszámban fenntartani és figyelni az esetleges nyomásnövekedést. Ha a nyomás növekszik, nem tökéletes a szigetelés, a rendszer valahol levegőhöz jut. Ezt okozhatja a nem körültekintő ragasztás, anyaghiba a vákuumcsőben és fólián, az elzárócsapok tömítetlensége, vagy a szerszám nem megfelelő felületi kezelése. Azért érdemes vákuumpróbát végezni, mert az a hiba feltárása után könnyedén orvosolható, azonban ha a gyanta felszívása közben észleljük a szivárgást, gyakorlatilag az egész laminátum használhatatlanná válik. Ugyanis ilyenkor a gyanta nem tud minden rendelkezésére álló teret kitölteni, mert a levegőbuborékok megteszik ezt helyette, és ahol a gyanta helyett levegő van, ott a kompozit jelentősen gyengébb a kívánál.



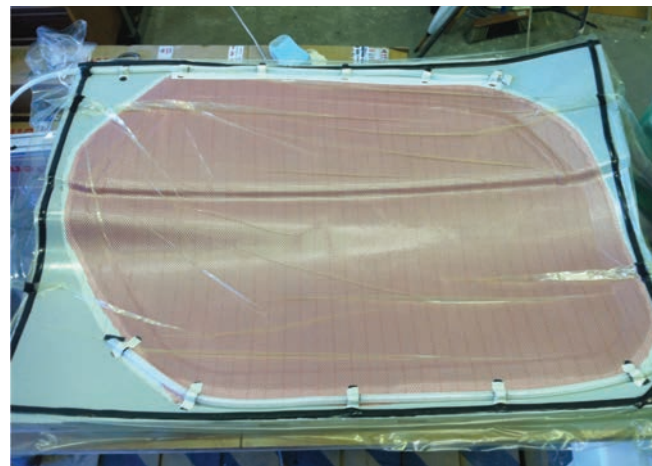
18. ábra: ajtószerszám a felszerelt vákuum- és elosztócsővezéssel

Ha az ellenőrzés alatt nem található szivárgás, akkor folytathatjuk a munkát a gyanta átszívásával. A folyamat a gyanta szöveten történő átszívásával kezdődik. Ha a kilépő ágba megjelenik a gyanta, akkor a szívóágban, majd a levezető ágba lévő csapot

is el kell zárni. Így szivattyú nélkül is fenntartható a szerszámban képződő vákuum. Ennek a mértéke -0,7 és -1 bar között kell, hogy maradjon. Ezt az állapotot egy órán keresztül fenn kell tartani.

A gyanta tökéletes kikristályosodása érdekében a laminátum hőkezelése szükséges. A hőkezelési hőmérséklet és a hőkezelés hossza a gyanta típusának függvénye.

A mi esetünkben ez a hőmérséklet 60° volt és a darabokat 12 óráig kellett ilyen körülmények között tartani.



19. ábra: lefóliázott és vákuum alá helyezett ajtószerszám

A laminátum elkészülte után a formából való kivétel következik. Ez egy nagyon kritikus része a folyamatnak. A mintát nagy odafigyeléssel, több oldalról óvatosan kell kiszedni. Amennyiben a megfelelő formaleválasztót a megfelelő technológiával és minőségben alkalmaztuk, ez a művelet nagyon egyszerűvé válik.

Miután a laminátum kikerült a formából, a megfelelő méretre vágás van már csak hátra. A szerszámkészítés során kialakított megfelelő vágóél nagy segítségünkre van ebben.

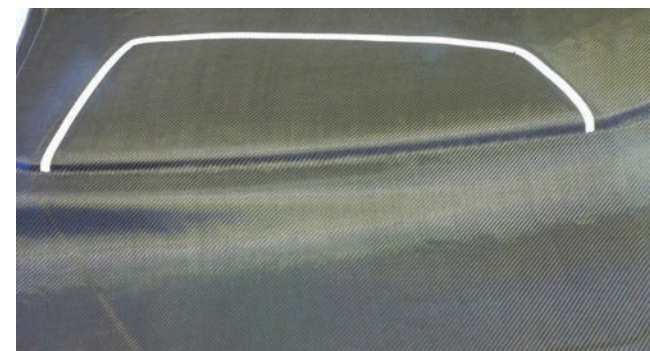
A kompozitszerkezetet hatékonyan és pontosan csak precíziós, tudatosan műanyaghoz tervezett szerszámokkal lehetséges.



20. ábra: a vákuum alatt tartott elem, a kép előterében a gyantacsapda látható



21. ábra: az elkészült forma, még méretre vágás nélkül



22. ábra: méretre vágás a vágóél mentén

ÖSSZESZERELÉS

A karosszéria gyártásának egyik legsarkalatosabb pontja a karosszériaelemek egymáshoz és a vázhoz való illesztése.

Hosszas gondolkodás után úgy döntöttünk, hogy a modellautóknál és a Nascarban bevált elvet alkalmazzuk és egy egyben mozgatható felépítményt használunk. A karosszériaelemeket egymáshoz ragasztással rögzítettük.

Így a burkolatot a rögzítésre szolgáló gyorskapocs oldása után egyszerűen le lehet emelni a járműről. A tökéletes rögzítés, a stabil felfogas érdekében a vázszerkezet és a karosszéria között megfelelő profilban hajlított alulemezek és műanyag hab gondoskodott.

Az utolsó feladat a szélvédő elemek beszerelése volt. Szélvédőként 0,75 mm vastagságú PET-lemezt használtunk, amit előzőleg CAD-modell segítségével méretre szabattunk, így

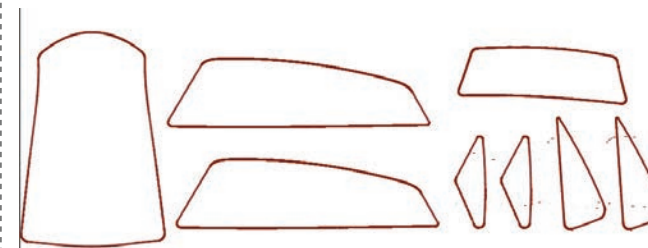


23. ábra: az összeszerelés kezdete

tökéletesen illeszkedett a helyére. Az ablakokat egy rugalmas, nagy kötési szilárdságú ragasztóval rögzítettük a karosszéria tudatosan erre a célra kialakított elemeihez.



24. ábra: az elemek ragasztás közben



25. ábra: a PET szélvédőelemek szabásmintája (KeyCreator)



26. ábra: az elkészült karosszéria

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben bemutatam egy a Shell Eco-marathonra készült versenyjármű-karosszéria tervezésének és építésének fázisait. A jármű azóta a várakozásokat messze felülmúlva kiemelkedő eredménnyel zárt a viadalon. Egy olyan kategóriában került be újoncként a mezőny első negyedébe, ahol az ellenfeleknek már több mint 10 éves tapasztalatuk van. A kitűnő eredményt a következő évben szeretnénk túlszárnyalni. Ehhez a karosszérián is eszközölni kell változásokat, egyrészt tömegcsökkentéssel, másrészt pedig kisebb aerodinamikai csomag alkalmazásával. ●

Elképzelés a „LEAN ismeret és laboratóriumok létrehozása” projekt keretén belül megvalósuló képzésre

ŠTEFAN BABJAK
egyetemi tanársegéd
TU Kassa, Szlovákia

A beküldött cikk bemutatja egy olyan oktatási rendszer létrehozásának elképzelését, amelyet a Magyarország–Szlovákia Határon Túli Együttműködési Program 2007–2013 által támogatott és az ERFA által finanszírozott, a BME EJTT és a Kassai Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Kara között megvalósult együttműködés keretén belül létrejött „LEAN ismeret és laboratóriumok létrehozása” projekt (HUSK/1101/1.6.1/0161) alapján kell kidolgozni és bevezetni. A dolgozat az alapvető megközelítési irányelvekre összpontosít, felhasználva az innovatív oktatási elképzeléseket, és bemutatva a lean oktatási módszer követelményeinek megfelelő, autóiipari mérnök képzés során alkalmazott műhelygyakorlati referenciákat. A képzés azt jelenti, tanulás tapasztalat által – azaz a lean gyártási elvekre vonatkozó ismereteket a laboratóriumban megszerzett gyakorlati tapasztalatok átalakításával (transzformálásával) kell létrehozni. A lean megvalósításán alapuló képzés egy többdimenziós tevékenység – nem egyszerűen csak egy lista létrehozása a lean eszközökről és annak megtanulása, hogy hogyan kell használni őket.

1. BEVEZETÉS

Az autóiipar kiélezett piaci versenyében elengedhetetlen az innovációs ciklusok jelentős lerövidítése, és az adott termék piacra kerülési idejének lecsökkentése. Az innovációs ötlet generálás folyamatának fő kiindulási pontjai az autóiipari alkatrészekre, részegységekre és az egész járműre vonatkozó különböző elemzések eredményei.

Ezek a tesztfolyamatok valós működési tapasztalatok ismeretében, illetve a márkakereskedők, az autószervez-tulajdonosok és a végső fogyasztók visszajelzései alapján állnak rendelkezésre. A versenyképes piaci pozíció megtartása érdekében az adott jármű-típus keretein belül maximális mértékben, a legnagyobb variálhatósággal és rugalmassággal kell alkalmazkodni az ügyfél elvárásaihoz és igényeihez.

Ennek következtében alapvető követelmény a dizájn nagymértékű változtathatósága, ami a végső járműalkatítás általános tervezési koncepciójából származik. Ebben a folyamatban hatékony eszközök lehetnek a különböző tervezési módszerek és technikák, amelyek lehetővé teszik a prototípus gyors elkészítését és a modell gyártását, azaz az innovációs ötletek fizikai materializációját, mint a koncepció jobb kiértékelésének kiindulási pontjait, és mint az áttervezés (újratervezés) digitalizált formájának alapját.

Az autóiipari termékfejlesztés végső fázisában elengedhetetlen, hogy meghatározzák az optimálisan hatékony gyártási technológiát, beleértve az összeszerelési műveletek rendkívül fontos fázisát.

Egyre több szabadságra és új technológiára tekintenek úgy, mint a járműipari technológia mérföldköveire, amelyek szükségesé teszik új képzési rendszerek létrehozását. Ezt az igényt tovább erősíti az új anyagok felhasználása, a progresszív IT-eszközök használata, a biztonság optimalizálása, az intelligens meghajtó-rendszerek és a mobil kommunikáció integrációja terén elért fejlődés stb.

Ezek a példák az autóiiparban bekövetkező változások miatt is a mai autósoképzésben részt vevő egyetemi (BSc-MSc) hallgatókkal szemben növelik az elvárásokat. Az ipari megrendelők által elvárt mai képzési cél/kimeneti eredmény: a felhasználó igényei szerinti gyakorlati képzésen alapuló, önálló munkavégzésre való képesség.

2. FILOZÓFIA ÉS SZEMLÉLET

A projekt előkészítő szakaszának fontos része az igényfelmérés, és a preferált modell fő céljainak meghatározása. Alább felsorolásra kerülnek az oktatási rendszer kötelezően előírt jellemzői:

- Elméleti tudásalap. Tartalmaznia kell annyi ismert lean módszert, technikát és eszközt, amennyit csak lehetséges, legalább röviden bemutatva, hogy ösztönözze és motiválja a tanfolyam résztvevőit abban, hogy kombinálják azokat, és részesüljenek ezen szinergia előnyeiből.
- Gyakorlat általi tanulás, az elméleti tudás gyakorlati tapasztalatokká alakításának érdekében
- Projektalapú tanulási módszer – csapatok létrehozása és a probléma megoldása az adott csapaton belül, amelynek ösztönöznie kell a csapatot az együttműködésre és a kölcsönös felelősségvállalásra, a célok eléréséhez. Ennek a módszernek további előnye a hozzáadott érték, amely nemcsak a problémamegoldó képességet tükrözi, hanem annak ösztönzését, motivációját és megtanulását is, hogy hogyan kell a gyakorlatban működő kis csapatokat (pl. minőségi kör, TPM bevezetés, Kobetsu-Kaizen, Jishu Hozen stb.) szervezni.
- Oktatási létesítmény (laboratórium), amely az FME TU Kassa esetében elsősorban lean kézi összeszerelésre összpontosít.

3. ÖSZTÖNZŐ ÖTLETEK – A LEGJOBB GYAKORLATOK ÁTTEKINTÉSE

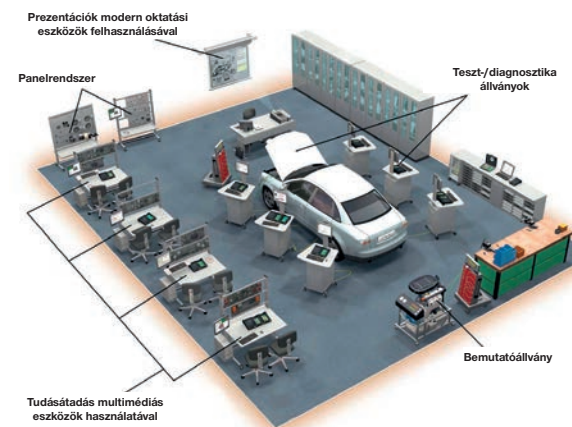
A lean gyártási képzés középpontjában a rendszer teljesítménye, a veszteségek beazonosítása és kiküszöbölése, a variabilitási források felszámolása, valamint az üzemeltetés működési elveinek alapos ismerete és használata áll. [4]

A műhelyfoglalkozások praktikus, gyakorlati képzést nyújthatnak a lean gyártás konkrét módszereire, a lean irodára, a lean tervezésre, a lean értékesítésre és marketingre vonatkozóan. Az ötlet az, hogy megtanulják a lean módszereket, miközben használják őket. A legtöbb lean irányítási eszköz alkalmazható a cég összes folyamata során, függetlenül attól, hogy a diákok az autóiipar mely

szektorában fognak dolgozni – a gyártásban, indirekt területen, ügyfélszolgálaton, a tervező-részlegben, az értékesítésben/ marketingben vagy az adminisztrációban. Minden fő témának több képzési modulból (tanfolyamból) kell állnia. Az autóiipari mérnök-képzés során a moduláris képzési rendszereknek innovatív és időálló platformot kell biztosítaniuk a mélyreható elméleti és gyakorlati modulok által. A modulokkal szemben támasztott általános elvárások a következők [3]:

- Elmélet és gyakorlat – minden egyben;
- PC-k és új médiák használata a tanulók magas szintű motiválása érdekében;
- Animált elmélet a gyors megértés érdekében;
- Gyakorlati jártasság, saját tapasztalatok megszerzése révén;
- Folyamatos visszajelzés, tudásszintfelmérők segítségével;
- Nagy moduláris választék (számos témakörrel kapcsolatban);
- Esettanulmányok, megoldások az oktatók és a tanulók részére.

Olyan oktatási és képzési rendszert kell létrehozni, amely egy áttekinthető felépített szoftver segítségével vezeti végig a diákokat a kísérleteken, szövegeket, grafikákat, animációkat és tudásteszteket alkalmazva. Minden tanfolyam tartalmazhat kísérleti részt is a gyakorlati feladatok elvégzéséhez. A tanfolyamok közvetítik a modern autóiipari rendszerek megértéséhez szükséges tudásalapokat, elveket, tulajdonságokat és készségeket. A diákokat a hagyományos és e-learning tanfolyamok, illetve a kompakt gépjármű-rendszereken végzett tényleges gyakorlati képzések kombinációjával vezetik be a tantárgyak komplex ismeretébe [5]. A vizuális képzési rendszer egy sor A4 formátumú panelből áll, eredeti alkatrészeket és járműrendszereket felhasználva. Az eredeti autóalkatrészek használata az elmélet és a gyakorlat ideális keverékét biztosítja. A multimédiás program számos információt nyújt az egyedi alkatrészekről ugyanúgy, mint a teljes rendszerről. Minden részegység részletes leírása megtalálható a műszaki dokumentációban. A funkciók működését videók és animációk mutatják be. A különböző autóiipari alkalmazások komplex kapcsolatainak megértéséhez előfeltétel az irányítás, a mechanikus és elektromos működés alapjainak oktatása. A gépjármű-részegységek működésének részletes, multimédiás bemutatása hatékony és független tanulást tesz lehetővé.



1. ábra: példa a gépjármű-oktatási és tréninglaboratóriumra. Forrás [1]

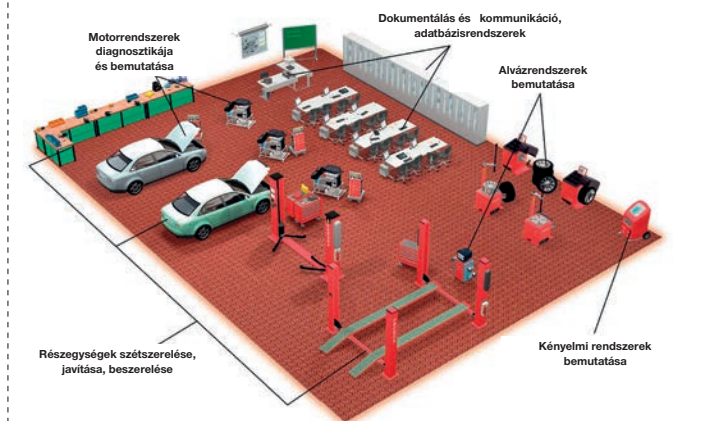
Ez az oktatási rendszer általában az alábbiakon alapszik [6]:

- vizuális oktatási módok – képesek dinamikus képi információk megjelenítésére – oktatóvideók, klipek és animációk (statikus képek helyett), és

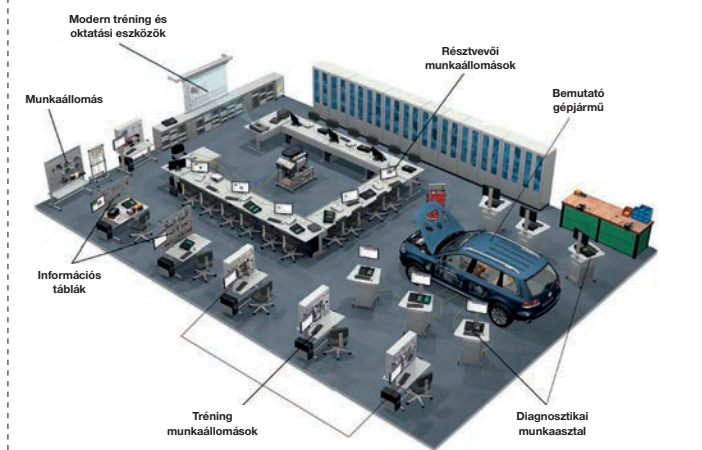
- gyakorlatorientált tanulási módszer az információs technológiai eszközök használatával – lehetővé teszi az előadás segítségével történő oktatást, és az IT által támogatott oktatást is (pl. szimuláció, virtuális valóság).

A hagyományos oktatási módszerekkel szemben a fő előnyei a következők: projektorientáltság, jobb motiváció a kedvezményezetteknek, akik a gyakorlatban ellenőrizhetik az elméleti tudásukat, összehasonlíthatják eredményeiket másokéval, valamint javíthatják innovációs gondolkodásmódjukat. [3]

Az 1–3. ábrákon láthatók az átkonfigurálható felszerelésekkel és kiegészítőkkal rendelkező, lean rendszerű gépjármű-oktatási és tréninglaboratórium referenciamodellek.



2. ábra: példa az adaptálható csinálj és tanulj rendszerű gépjármű-oktatási laboratóriumra. Forrás [1]

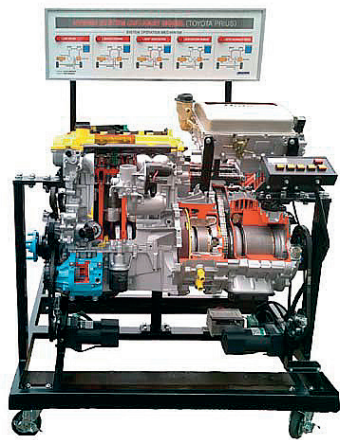


3. ábra: példa az adaptálható projektorientált gépjármű-oktatási laboratóriumra. Forrás [2]

A tanfolyam résztvevőinek képzése előadások és gyakorlati foglalkozások által valósul meg, vagyis a tanulás és a vele egy időben megszerzett tapasztalat által, a hagyományos tantermi és laboratóriumi stílusú képzések során. Például a gépjármű-oktatási és tréninglaboratórium [1] alkalmas bemutatók, gyakorlati laboratóriumi foglalkozások, önálló tanulmányok és a csoportos foglalkozások elvégzésére. Az útmutatók és a kézikönyvek amellelt, hogy részletes leírásokat nyújtanak, számos gyakorlatot, tapasztalatot és projektet is tartalmaznak. Az előadás kivetített diái támogatást

nyújtanak a lecke megértéséhez, pl. háttér-információkat, kapcsolási rajzokat, szerkezeti alapokat, szabványos jellemzőket, speciális módosításokat és alkalmazási példákat közvetítenek. A paneles felépítési rendszer lehetőséget biztosít számos, különböző oktatási módszer alkalmazására. A sokoldalúság és a rugalmasság érdekében, a modern mérés technikával (PC-interfész) felszerelt munkaállomásokat a moduláris kialakítás jellemzi, ami a laboratórium jól áttekinthető elrendezését biztosítja. A terem középpontjában a tanfolyami jármű áll – az oktatás gyakorlati céljainak megfelelően. Azért, hogy a tanfolyam a lehető leggyakorlatiasabb legyen, a tanulási célok érdekében, a tanfolyami járművön célzott módosítások eszközölhetők. A résztvevők megtanulhatják a részegységek beazonosítását, és azok jellemző szét- és összeszerelési eljárásait. Az összes fő alkatrész hozzáférhető, vagyis lehetőség van a jeladók és a működtetők jeleinek közvetlen megmérésére a számítógép által támogatott diagnosztikai eszközök használatával. A műhelyben tipikusan felmerülő helyzetek létrehozásához hibákat lehet aktiválni, egy elrejtett, hibaszimulációs doboz segítségével.

A tanfolyamnak megfelelően, a labor felszerelhető különböző bemutatóállomásokkal. Például a **4. A ábrán** egy hibrid metszeti modell látható, ami bemutatja a hibrid hajtás kialakítását. Mivel a modell egy metszeti modell, ezért képes bemutatni a részegységeket és azok működését.[1]



A. Hibrid metszeti modell



B. Tanfolyami műszerfal modell, működő elektronikus egységekkel

4. ábra: példák a projektalapú tanulási módszer laborban alkalmazott bemutatóállványokra Forrás: [2]

Ezen a motor, a generátor, a sebességváltó és a hajtáslánc figyelhető meg működés közben. Az ilyen állványt alkalmazó modul az alábbiakat mutatja be: a hibrid hajtás kialakítása, bevezetés az olyan működési állapotokba, mint az indítás, normál működés, maximális terhelés, fékezés és gyorsítás; a meghajtási üzemmódok vizsgálata, beleértve a belső égésű motor vagy a villanymotor berendezéseket; mobilitás biztosítása – a modell görgős állványra szerelt; a funkciók az előlapon található működtető kapcsolókkal vezérelhetők. Egy másik példa a **4. B ábrán** látható tanfolyami műszerfal modell. Ez a modell magában foglal egy eredeti műszerfalpanelt a műszeregységgel együtt, a vezető- és utasoldali légzsákokat, valamint a teljes világítási rendszert, beleértve a műszeregység háttérvilágítását.[2] Található rajta diagnosztikai csatlakozó is, hogy méréseket lehessen végrehajtani a vezérlőegységeken, pl. a légzsák vagy a megvilágítás vezérlésén. Az autóiipari képzés általában három fő szakaszból áll:

1. strukturális elemzés, és a képzés tárgyának (a kísérleti jármű egy alkatrésze vagy szerelvény egysége) meghatározása;
2. a tanulók elméleti felkészítése – a tudásanyag begyűjtése; és végezetül,
3. a gyakorlati megvalósítás, ahol a tanfolyam tárgyát szét- és összeszerelik, vagy tesztelik.

A projekteken végzett munka során, és az önálló tanulási folyamatok alkalmával, a fiatalok felfedezik az autóiipari technológia lenyűgöző mivoltát.

A lean képzés azt jelenti, hogy tanulás tapasztalat által – a tudás a laboratóriumban megszerzett gyakorlati tapasztalatok átalakításával (transzformálásával) jön létre.

8. KÖVETKEZTETÉS

A gyakornokok és hallgatók felpörgetése, az új technológiák iránti lelkesedés fenntartása, és a sikeres jövőbeni karrierhez szükséges eszközök biztosítása – ezek a mai autóiipari képzés holnapjának kihívásai. Csak a jól képzett, elkötelezett szakemberek képesek megbirkózni az új kihívásokkal, és támogatni az innovációt.

Nem csak számos lean gyártási módszertan és technika elméleti ismeretet biztosít, hanem gyakorlati tapasztalatokat is ad, amelyek közvetlenül a termelési és a képzési laboratóriumokban érhetők el. Néhány lean gyártási eszközt és módszert be lehet mutatni egy osztályteremben; néhánynak tartalmaznia kell gyakorlatokat, mint a képzés gyakorlati része, és a többit csak alkalmazás közben lehet elsajátítani – a munkaállomásoknál csinálva és megtanulva. Minden képzési tevékenységnek a résztvevők bemutatóival kell zárulnia, bemutatva, hogy mit tanultak, és hogy megértették-e, hogyan kell használni az új eljárást vagy az új eszközt.

A lean gyártásról szóló oktatás során, a csináld és tanulj módszer alkalmazásával létrehozható egy konkrét munkakörrel kapcsolatos képzés is. A képzés olyan tanfolyamokból áll össze, amelyek megtanítják, hogyan kell elvégezni bizonyos munkákat, mint például az eszközök, berendezések megfelelő használata, a biztonsági rendszabályok betartása, minőségbiztosítási eljárások, megelőző karbantartás, valamint anyagrendeléssel és jelentésekkel kapcsolatos problémák. Ehhez, a laborfoglalkozás során, szükség van az adott munkahellyel kapcsolatos ismeretekre. Az osztályteremben bemutatott minden képzési modult vagy témát követnie kell egy, a szimulált környezetben megvalósított, valóság-hű és gyakorlatias feladatnak. A résztvevőknek lehetőségük nyílik megfigyelni a tényleges helyzetet, meghatározni a veszteségeket, elemezni az adatokat, és megoldásokat javasolni.

Megnövekedett az igény azon termékek iránt, amelyeknek a kutatásokból származó új ismeretek megvalósításából eredően magasabb a hozzáadott értéke. Úgy tűnik, hogy ez az egyetlen módja annak, hogy felvegyék a versenyt az alacsony költségű országok tömegtermelésével, és a technológia területén bekövetkezett változásokkal. Sok világszerte elismert elemzés azt mutatja, hogy jelenleg folyamatban van egy technikai fordulópont, ami pl.

az autóiipar vonatkozásában a legnagyobb az elmúlt 50 évben. A gyors alkalmazkodás a változó piaci körülményekhez ebben az esetben „sine qua non”. A vállalatok számára ez a folyamatos termékinnováció fenntartását, kezelhető számú termékváltozatot, a szokatlan vevőigények kielégítését, a termék életciklusának lerövidítését, és az értékesítés jelentős ingadozásaira való reagálást jelenti. ●

IRODALOM

- [1] Lucas-Nülle Lehr- und Meßgeräte GmbH: Training and Further Education in Automotive Engineering. [online] Forrás: <http://www.technovolt.ro/catalogue/lucas%20nuelle/AUTOMOTIVE.pdf>
- [2] Lucas-Nülle Lehr- und Meßgeräte GmbH: Training in the Automotive Diagnostics Workshop Lab. [online] Forrás: http://www.lucas-nuelle.com/index.php/fuseaction/download/lrn_file/automotive_engineering.pdf
- [3] Piatkowski, M.: Training recommendations for implementing Lean. F.S.P. Consulting Inc. [online] Forrás: <http://twinetwork.com/files/upload/articles/Training%20Recommendations%20for%20Implementing%20Lean%20-%20Marek%20Piatkowski.pdf>
- [4] Greissinger, K.: Lean Principles. [online] Forrás: http://www.boschrexroth.com/country_units/america/united_states/sub_websites/brus_dcl/Trends_and_Topics/Lean_Manufacturing/kurt_article3/index.jsp
- [5] Lešková, A.: Projection of laboratory training systems for automotive engineering focused on Lean approach. In: Transfer inovácií. Č. 24 (2012), s. 216-219. - ISSN 1337-7094
- [6] MBA, Inc.: Lean Manufacturing Training. [online] Forrás: http://www.maskell.com/classes/lean_manufacturing.html

A cikk az alábbi projekt végrehajtásának eredménye: Az ERFA által finanszírozott, Magyarország–Szlovákia Határon Túli Együttműködési program 2007–2013 által támogatott, a BME EJIT és a Kassai Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Kara között megvalósult együttműködés keretén belül létrejött „LEAN ismeret és laboratóriumok létrehozása” (HUSK/1101/1.6.1/0161)

Haszongépjármű-kipufogófék integrált modellalapú vizsgálata

HORVÁTH ÁDÁM
BME-EJTT

DR. VERESS ÁRPÁD
Knorr-Bremse R&D Center
Budapest

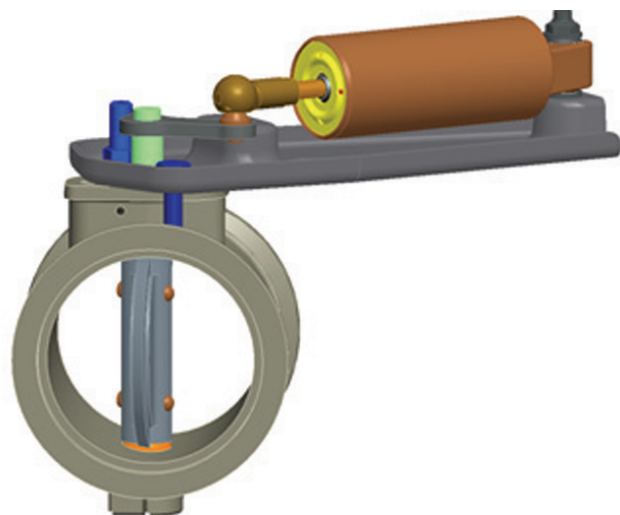
DR. NÉMETH HUBA
Knorr-Bremse R&D Center
Budapest

DR. PALKOVICS LÁSZLÓ
Knorr-Bremse R&D Center
Budapest

BEVEZETÉS

A gépjárművek kerékfékei hosszú lejtőn erősen felmelegedhetnek, és hatékonyságuk lecsökken. Váratlan fékezéskor ilyenkor már nincs meg az a tartalék, ami a kellően rövid fékúthoz szükséges. A jármű sebességét hosszú lejtőn állandó értéken tartó, nem a kerékfék-berendezés sűrűlődésén alapuló úgynevezett tartósfékek a közlekedésbiztonság szempontjából fontos szerkezetek [1].

A tartósfékek járműipari alkalmazására vonatkozóan EU-s és tagállambeli szabályozásokkal és irányelvekkel is találkozhatunk. Az Európai Unióban az E/ECE/324 jelű rendelkezés irányadó, amely alapján minden városközi és távolsági M3 kategóriájú autóbust, N3 kategóriájú haszonjárművet, amely képes O4 kategóriájú pótkocsit vontatni, illetve az ADR egyezmény B melléklete szerinti veszélyes anyagot szállító járművet olyan tartósfékekkel kell ellátni, amelynek alkalmazásával teljes terhelés esetén, 7%-os lej-



1. ábra: állandó fojtású kipufogófék

A bemutatott kutatási tevékenység fő célja egy integrált szimulációs eszköz kidolgozása, amely koncentrált paraméterű kipufogófék modelljét egy elosztott paraméterű motorszimulációs környezethez csatolva megfelelő pontossággal és hatékonysággal alkalmazható kipufogófékek tervezésére, fejlesztésére és optimalizálására. A belső égésű motor akusztikai szimulációjára a GT-Suite, a kipufogófék koncentrált paraméterű modellezésére pedig Matlab/Simulink környezetben került sor. A kipufogófékre vonatkozó és a tranzien্স folyamatok figyelembevételére alkalmas alapegyenletek felírását és implementálását követően, állandó motorfordulatszámokon kerül sor a modell és mérési eredményeinek összehasonlítására, illetve az eltérések okainak vizsgálatára.

The main goal of the present research is to develop an integrated simulation approach for simulating the dynamics of the exhaust brakes and to validate it by measurements. The calculation method can be applied for design, developments and optimization of exhaust brakes.

The modelling of the internal combustion engine is performed in GT-Suite and the simulation of exhaust brake is made in Matlab/Simulink environment. The governing equations of the exhaust brake operation are derived in transient manner, integrated into the acoustic engine modelling environment. The results of the simulation and the measurements are compared at stationary engine speeds and finally conclusions are drawn.

tőn, 6 km hosszan maximum 30 km/h-s sebesség érhető el [5]. Németországban az StVZO (Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung) szerint, az 5,5 t megengedett össztömeg feletti autóbuszokat és a 9 t megengedett össztömeg feletti egyéb haszonjárműveket (ill. pótkocsikat) kötelező tartósfékekkel felszerelni (§ 41 Abs. 15 StVZO) [5]. Ausztriában már a 3,5 t össztömeg feletti haszonjárművekre is kell tartósféket szerelni. Az ENSZ-EGB irányelvek (71/320 Abs. 2.2.1.20) szerint az előzőekkel azonos előírásokat a 8 utasülés és 10 t megengedett össztömeg feletti autóbuszoknak kell teljesíteniük (a városi buszok kivételével) [5].

Jelenleg Magyarországon általánosságban nem kötelező a tartósfék, az idevonatkozó rendelet csak megemlíti és engedélyezi: „A jármű a (3) bekezdésben említett fékeken kívül más fékkel (pl. visszatartó fék, oktatói pótfék) is felszerelhető, ha az a jármű közlekedésbiztonsági tulajdonságait nem rontja.” (5/1990. (IV. 12.) KÖHÉM rendelet, II. 30. § (19)) A nemzetközi közúti személyszállításához használt, 20 főnél több személy szállítására alkalmas autóbusz viszont csak akkor minősíthető alkalmasnak, ha az „olyan járműtípushoz tartozik, melyet fékezés szempontjából visszatartó fékkel (tartós lassító fékkel) hagytak jóvá, és visszatartó fékkel rendelkezik”. (16/1992. (VII.3.) KHVM rendelet, 2. § (2) e). Veszélyes anyagot szállító járműveken kötelező [5].

A közlekedés biztonságának fokozása érdekében az előírások szigorodása várható, amelynek következtében növekedhet az igény a visszatartó fékek teljesítménynövelése iránt.

A tartósfékek alapvetően 2 nagy csoportba sorolhatók, mint motorfékek és hajtásláncfékek. A motorfékek alá tartozik a dekompressziós fék és a kipufogófék (1. ábra). Ez utóbbi esetében, a kipufogó-gyűjtőcsőbe helyezett csappantyú zárásával a motor a kipufogóútemben részben zárt gyűjtőcsőbe szállító kompresszor-ként dolgozik [1]. Kipufogófékek közül megkülönböztethetjük az állandó fojtású és az állandó ellennyomású kipufogóféket.

Állandó fojtású kipufogófék esetén a kipufogócsatorna ellennyomása és a fékteljesítmény a motor fordulatszámával jelentősen változik, és a beállított résmérettől, azaz fojtáskeresztmetszettől függ.

Az állandó ellennyomású kipufogófék nagy motorfordulatszámok esetén sem engedi az ellennyomást egy meghatározott érték fölé nőni, ilyenkor a pillangószelep kismértékben kinyílik,

vagy más konstrukciónál egy megkerülőcsatorna nyit, amivel megtörténik az ellennyomás korlátozása.

A maximálisan elérhető ellennyomásnak és ezzel a fékteljesítménynek a motor hengerfejében elhelyezett kipufogószelepeinek rugó-előfeszítése szab határt, mert a kipufogószelep-tányér hátoldalára ható nyomás nagy ellennyomások esetén kinyithatja a szelepet, ami ezután károsíthatja a felső holtpont közelében tartózkodó dugattyút és a szelepet is. Ezen okból a kipufogószelep előtti nyomásnak nem szabad egy meghatározott értéket túllépni, amelyet a motorgyártó szabja meg [1].

A jelen vizsgálat tárgya jelentős számú, napjainkban is zajló kutatás alapját képezi. Liu és Shen a turbófeltöltő kipufogófékre gyakorolt hatását vizsgálta [2]. További témával kapcsolatos eredményeket tartalmaz a [3] című publikáció. A kutatásban Kisfalusi és társai [1] tesztpadon vizsgálták a motorfék és a kipufogófék alkalmazásának egymástól független, illetve függő hatását.

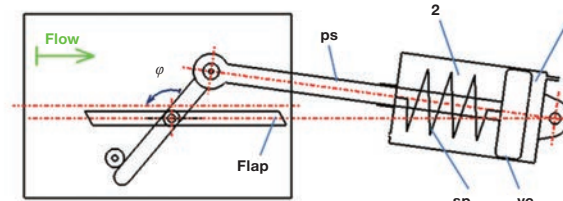
FELADAT MEGFOGALMAZÁSA

Munkánkban csatolt szimuláció felhasználásával vizsgáljuk egy haszongépjármű-motorra szerelt kipufogófék működését. A feladat célja, hogy lehető legnagyobban mértékben visszkapjuk a kipufogófék működése során mért értékeket szimulációnk segítségével. Emellett fontos a jelleghelyes és stabil működés elérése is a számítások mellett. A validációt követően a modellnek alkalmasnak kell lennie a valósághoz közeli szimulációs eredmények elérésével, hogy csökkentse az új kipufogófékek fejlesztési idejét, és a szükséges mérések számának csökkentésével annak költségét. A kipufogófékek működésénél fontos szempont az ellennyomás gyors kialakulása, ezzel együtt a fékerő gyors megjelenése, azonban a motor védelme céljából az ellennyomás nem haladhat meg egy bizonyos értéket. Az arányos szabályzókkal megvalósított szabályzásoknál azonban bizonyos esetekben a szabályzott paraméter túllendülése után érzük el a beállási érték tartományát. A modell későbbi felhasználását illetően ez fogja jelenteni az egyik fontos alkalmazási kritériumot.

RENDSZERBEMUTATÁS

A kipufogófék a kipufogócső egy részéből, a benne elhelyezkedő, ellipszis alakú pillangószelepből, ennek csapágyazásából, a mozgatókarból, a pneumatikus munkahengerből, a dugattyú-dugattyúrúd egységéből és a visszatolórugóból áll (2. ábra).

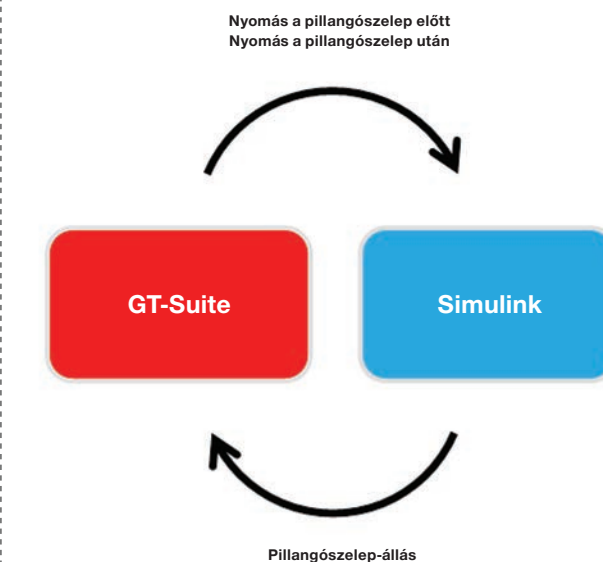
Működés során az 1-es számú munkahenger tere megkapja a tápnyomást, így az sp-vel jelölt visszatolórugó ellenében kitolja a ps-sel jelölt dugattyúrúdat, ami egy forgattyús mechanizmuson keresztül elforgatja a pillangószelepet (flap), amíg az fel nem ütközik a kipufogócső falára annak zárt helyzetéig, azonban a csatorna teljes mértékben ekkor sem zárt. Ha a kipufogócsőben lévő tömegáram (motorfordulatszám) kellőképp nagy ahhoz, hogy a szabályzási nyomást elérjük, akkor az excentrikusan ágyazott pillangószelep tengelyén ébredő nyomaték nyitja a pillangószelepet és beáll a szabályozási ellennyomás.



2. ábra: a kipufogófék-egység modellje

A SZIMULÁCIÓ FELÉPÍTÉSE

A szimuláció során csatolt modellt használunk (3. ábra), amelyben a motormodell GT-Suite környezetben készült, a Matlab/Simulink környezetet pedig a kipufogófék modelljének elkészítésére használtuk. A csatolás úgy valósul meg, hogy a Matlab/Simulink modellrész bemenő adatként megkapja a GT-Suite-től a kipufogófék előtti és utáni nyomásértékeket, majd ezt felhasználva pillangószelep-szögállást ad vissza a GT-Suite bemenő adataként.



3. ábra: GT-Suite és Matlab/Simulink csatolt modell állapotváltozó-csatolással

AKUSZTIKAI MOTORMODELL

A szimulált motor turbófeltöltéses, hengerenként 4 szelepes, 6 liter lökettérfogatú dízelmotor, maximális töltőnyomása 2.6 bar, teljesítménye 170 kW. A motormodellben a kipufogóféket egy pillangószelep építőelem valósítja meg. Ennek szöghelyzetét szolgáltatja a Simulink modell. A motormodellben fontos szerepet kap a pillangószelep átömlési tényezőjének és a geometriai keresztmetszetének értékei, amelyet az egyes pillangószelep-szögállásokhoz kell definiálni. Különösen nagy szerepe van ennek zárt pillangószelep-állásnál, mert ezzel lehet befolyásolni a teljesen bezárt pillangószelep esetén fennálló effektív résméretet. Alacsony fordulatszámok esetén a szabályzási célnyomás nem tud kialakulni a kis tömegáram és a nagy résvesztés miatt, ami azt is jelenti, hogy ennél alacsonyabb fordulatszámokon egyre kisebb ellennyomás és ezáltal kisebb fékhatás áll elő.

A szimuláció motorféküzemben történik, ahol a befecskendezett dózis zérus értékű. A motormodell létrehozása során a kiindulási motor paramétereire kell igazodnunk. Turbófeltöltés alkalmazása esetén, a gyorsabb konvergencia miatt, a környezetnél magasabb szívócsőnyomás-értéket és nagy feltöltőfordulatszámot szokás megadni kezdeti feltételként, ami azonban a tolóüzemben végrehajtott csatolt szimulációban a konvergenciahiba forrása lehet. Ha ugyanis előzetesen nem állítják át a szívócsőnyomást és a feltöltő fordulatszámát kisebb kezdeti értékre, vagy a szimulációban nem áll rendelkezésre megfelelően nagy idő a pillangószelep bezárása előtt arra, hogy a szívócsőben lévő túlnyomás lecsökkenjen a tolóüzemi beállási értékére, és jelentős nyomás- és tömegáramlengéseket okozhat.



SIMULINK MODELL FELÉPÍTÉSE

$$\frac{dp_1}{dt} = \frac{RT_1}{V_1} * \sigma_1 - \frac{p_1}{V_1} * \frac{dV_1}{dt} \quad , \quad (1)$$
$$\Theta \frac{d\omega}{dt} = \sum M, \quad (3)$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega \quad , \quad (4)$$

$$\sum M = M_{flap} + M_{sp} + M_{P\sup} + M_{vc} \quad , \quad (5)$$

$$\sum \Theta = \Theta_{rot} + \Theta_{ps} + \Theta_{sp} \quad (6)$$

$$\frac{M_{press}}{a} + F_{sp} = F_{psup} \quad , \quad (7)$$

A szimuláció során nagy szerepe van a súrlódásnak, különösen a nyomásgörbe beállási értékig felvett alakját illetően. A súrlódási tényező sebességfüggését az **5. ábrán** bemutatott függvény alapján vettük figyelembe.



ha $|\omega| \geq \omega_{th}$, akkor:

$$M_{fric} = (M_C + (M_{brk} - M_C) \exp(-c |\omega|)) \text{sign}(\omega) + f\omega, \quad (8)$$

ha $|\omega| < \omega_{th}$, akkor:

$$M_{fric} = \omega \frac{M_c + (M_{brk} - M_c) \exp(-c |\omega_{th}|) + f \omega_{th}}{\omega_{th}}, \quad (9)$$

$$M_{brk} = \Delta p_{pl} A_{pl} \frac{d_{ax}}{2} \mu_{ax} \quad , \quad (10)$$

A pillangószelep nyomatékának utolsó összetevője a gázérből származó nyomaték M_{press} . Ennél a komponensnél figyelembe vettük, hogy a pillangószelep előtti és utáni nyomások eredő ereje nem egy hatásvonalra esik a pillangószelep vastagsága miatt és azt, hogy jelentős nyomaték ébred a pillangószelep vastagságából adódó palástfelületen ébredő gázérből. A gáz nyomásából származó nyomatékot a következő egyenletekkel számítottuk ki:

$$M_{press} = M_{P_in} + M_{P_out} + M_{P_top_bottom} , \quad (11)$$

$$M_{p\ in} = -F_{p\ in} (d - e) \quad , \quad (12)$$

$$M_{P_out} = F_{P_out} d \quad , \quad (13)$$

$$M_{P_{top_bottom}} = -\frac{p_{in} + p_{out}}{2} A_{pl} \frac{v}{tq\alpha} . \quad (14)$$

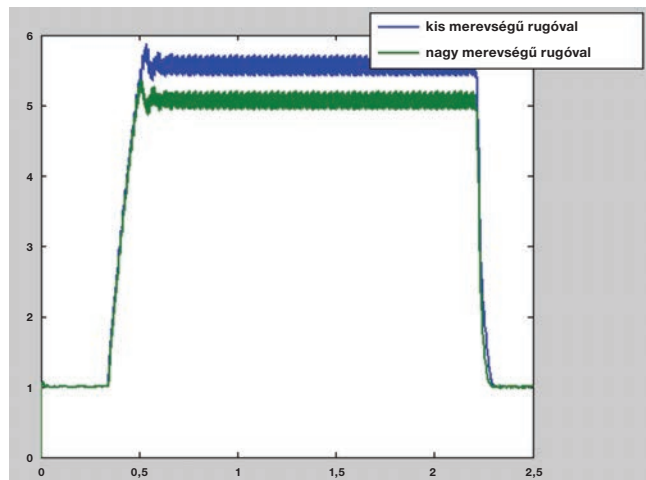
Az egyes jelölések magyarázata a **6. ábrán** látható.


$$M_{flap} = M_{fric} + M_{cont} + M_{press} \quad (15)$$

Ezt a nyomatékot előjelhelyesen összeadva a tápnyomásból származó erő, a rugóerő és a csillapítóerő effektív karral való szorzatával jutunk el az eredő nyomatékhoz. Ezt osztva az eredő tehetetlenségi nyomatékkal kapjuk meg a szöggyorsulást, melynek kétszeri integrálása eredményezi a szöghelyzetet. A geometria kialakítása és a méretek jelentősen meghatározzák a nyomatéki egyenletben lévő tagok értékét.

EREDMÉNYEK

A modell verifikációjához két, csak a rugó merevségében eltérő futtatást hajtottunk végre. Az ehhez tartozó kipufogó-ellennyomások a **7. ábrán** láthatók.

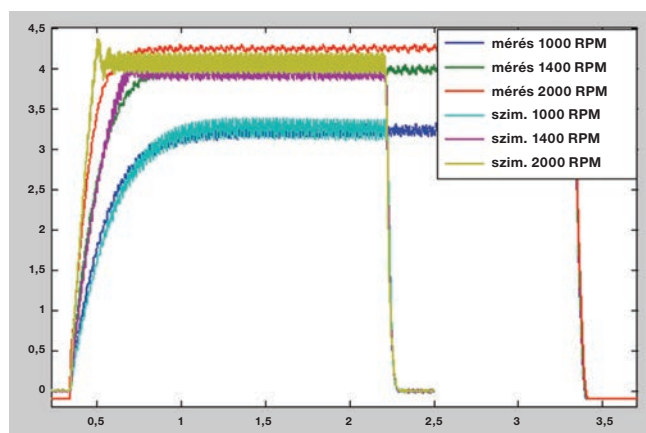


7. ábra: szimulációs eredmények: kipufogó-ellennyomás [bar] az idő [s] függvényében kis és nagy merevségű rugó esetén

Az eredmények a vártak megfelelőek, nagy rugómerevség mellett, alacsonyabb ellennyomás hatására is megtörténik a szabályozás, a modell jelleghelyesen működik.

A mérési eredmények 700-tól 2500-as 1/perc fordulatszámig álltak rendelkezésre, egy-egy fordulatszámhoz tartozó mérés alatt a fordulatszám a pillangószelep zárását megelőző időponttól a nyitásig állandó értékű. Ez a széles mérési tartomány lehetőséget kínál a későbbiekben a szimulációs beállítások további finomhangolására. A mérés alatt a pneumatikus munkahenger tápnomásának relatív értéke 8 bar.

A mérési és számítási eredményeket 1000, 1400 és 2000 1/perc fordulatszámokon közös grafikonban (lásd **8. ábra**) ábrázoltuk a könnyebb összehasonlíthatóság érdekében. Mivel nem állt rendelkezésre mérésekből a pillangószelep-állás, ezért a szimulációból nyert nyomásgörbék az aktuális fordulatszámhoz tartozó mérési nyomásgörbékre úgy illesztettük, hogy azok felfutásának kezdete egy pontba essen. A szimuláció időigénye miatt és amiatt, hogy a beállási idő után a szimuláció további új információt már nem hordoz, a számítás időtartama egy fordulatszámra rövidebb, mint a mérés időtartama.

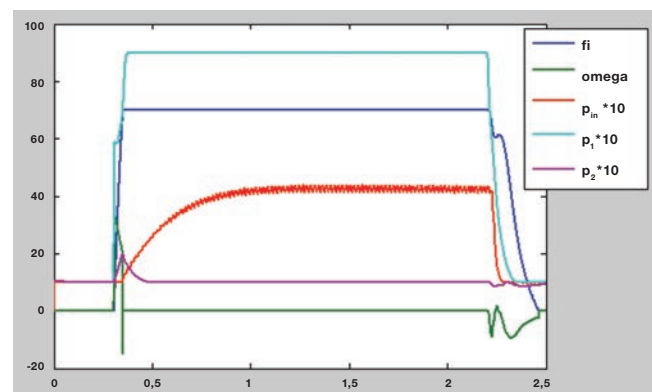


8. ábra: mérési és szimulációs eredmények: kipufogó-ellennyomás [bar] az idő [s] függvényében, az egyes fordulatszámokon

Az 1000 1/perc-es fordulatszámhoz tartozó kipufogófék előtti nyomás számított és mért értéke az idő függvényében a **8. ábrán** látható. Ebben az esetben a pillangószelep még teljesen zárt álla-

potban van, az ellennyomás beállási értéke a zárt szelepálláshoz tartozó átömlési tényező és résméret függvénye. Az ilyen alacsony fordulatszámon végzett szimuláció eredményének jelentősége abban áll, hogy a bezárt helyzethez tartozó résméret helyes beállítása ellenőrizhető. Ezen a szakaszon nyílik lehetőség arra, hogy megvizsgáljuk a kipufogórendszer kipufogószelep és kipufogófék közötti térfogatának helyes beállítását is, mivel a nyomásgörbe gradiense, illetve felfutásának intenzitása többek között ezzel a térfogattal arányos.

Az 1400 1/perc-es fordulaton végrehajtott szimuláció volt esetünkben a kiindulási alapja a résméret meghatározásának, abból a megfontolásból, hogy 1400 1/perc-es fordulatilag az ellennyomás beállási értéke nő a fordulatszámmal, 1400 1/perc-es fordulat felett a beállási ellennyomásérték állandó érték körül mozog. Kis résméret beállítása mellett vizsgáltuk, hogy mekkora az effektív keresztmetszet az adott beállási nyomás mellett, majd ez alapján számoltunk egy ekkora keresztmetszetű réshez tartozó átömlési tényezőt. Ezzel az átömlési tényező értékkel már megközelítettük a beállási ellennyomásértékét. A finomhangolást iterációval végeztük.



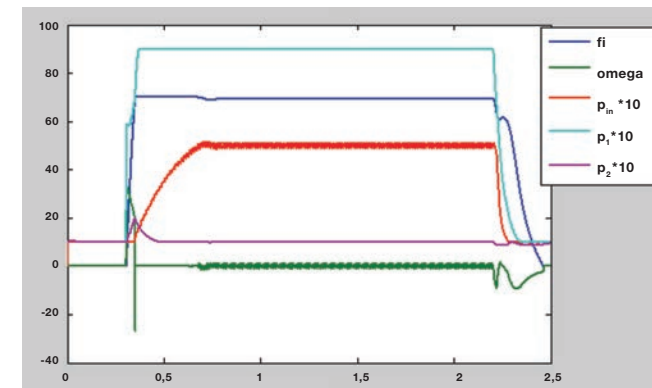
9. ábra: szimulációs eredmények 1000 1/min fordulaton: pillangószelep-állás [fok], pillangószelep-szögsebesség [1/s] kipufogó-ellennyomás 10-szeres értéke (abszolút) [bar], munkahenger 1-es térfogatának 10-szeres nyomásértéke (abszolút) [bar], munkahenger 2-es térfogatának 10-szeres nyomásértéke (abszolút) [bar] az idő [s] függvényében, az egyes fordulatszámokon

2000-es fordulatszámokon már kellően nagy a térfogatáram ahhoz, hogy a pillangószelep szabályozzon, és a megnövekedett ellennyomásérték miatt kismértékben nyisson. A beállási nyomásérték vizsgálata itt lehetővé válik, ami a munkahenger-tápnomásából származó erő, a pillangószelep által kifejtett nyomatékából származó erő és a visszahúzó rugó erejének egyensúlyából adódik.

A pillangószelep helyzete, állásának időbeli változása és oszcillációja nagymértékben kihat az ellennyomás értékére és annak változására, mivel a pillangószelep szöghelyzete nem volt regisztrálva a mérés során, így csak az ellennyomásértékekhez hajtható végre a modell validációja.

A beállási érték előtti túllendülés nem tapasztalható olyan esetben, amikor a pillangószelep nem szabályoz, és így csak a zárt pillangószelep melletti rés által képzett fojtás alakítja ki az egyensúlyt. Kismértékű túllendülés figyelhető meg nagyobb fordulatszámokon (lásd **11. ábra**) a szelepszárast követően, melynek hatását a súrlódási erő és nyomaték befolyásolja.

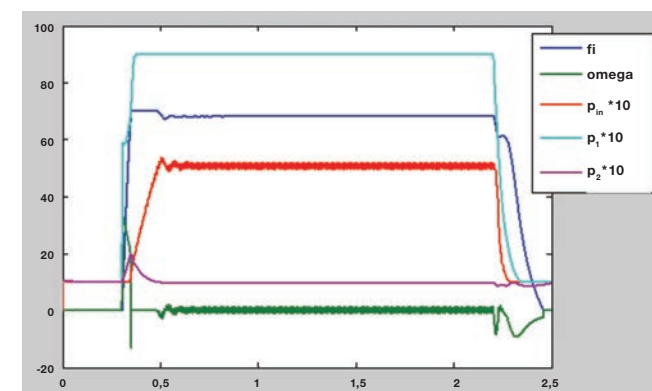
A szimuláció eredményeinek méréséhez képesti kumulatív relatív hibáját (16) a nyomásfelfutás kezdeti pontjától 1,5 másodperces időintervallumban ábrázoltuk és az egyes fordulatszámokhoz tartozó függvényértékek a **11. ábrán** láthatók.



10. ábra: szimulációs eredmények 1400 1/min fordulaton: pillangószelep-állás [fok], pillangószelep-szögsebesség [1/s] kipufogó-ellennyomás 10-szeres értéke (abszolút) [bar], munkahenger 1-es térfogatának 10-szeres nyomásértéke (abszolút) [bar], munkahenger 2-es térfogatának 10-szeres nyomásértéke (abszolút) [bar] az idő [s] függvényében, az egyes fordulatszámokon

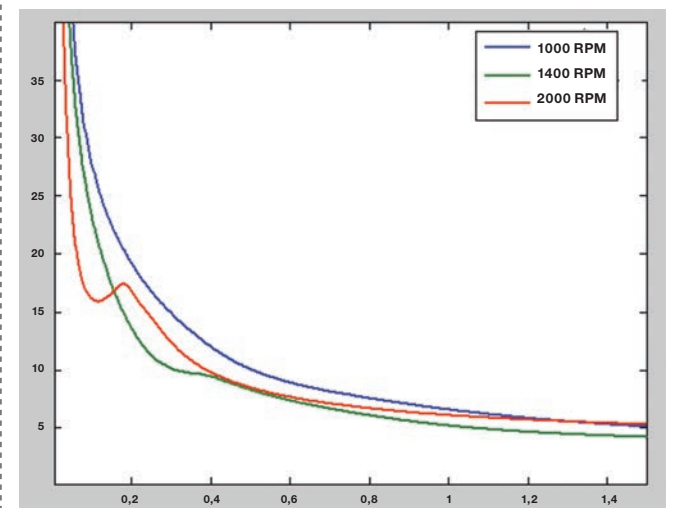
$$\varepsilon_i = \frac{1}{T} \int \sqrt{\frac{(p_{i,meas} - p_{i,calc})^2}{p_{i,meas}^2}} dt, \quad (16)$$

A kumulatív relatív hiba minden esetben nagy a nyomásgörbe felfutási szakaszában, ami visszavezethető a jelenlegi modellhangolás esetén eltérő tranziens felfutásra a méréshez képest. Az említett tulajdonságok mellett természetesen a szimulációban



11. ábra: szimulációs eredmények 2000 1/min fordulaton: pillangószelep-állás [fok], pillangószelep-szögsebesség [1/s] kipufogó-ellennyomás 10-szeres értéke (abszolút) [bar], munkahenger 1-es térfogatának 10-szeres nyomásértéke (abszolút) [bar], munkahenger 2-es térfogatának 10-szeres nyomásértéke (abszolút) [bar] az idő [s] függvényében, az egyes fordulatszámokon

alkalmazott és nem ismert paraméterek (pl. a kipufogószelep és a kipufogó fék közötti tér) identifikációjával tovább növelhető a szimuláció pontossága.



12. ábra: a szimulációs eredmények kumulatív relatív hibája [%] a mérési eredményekhez képest az idő [s] függvényében az egyes fordulatszámokon

Az eredmények kumulatív relatív hibája 5% alatti értékhez konvergál. A szimulációs eredmények görbéiről összességében elmondható, hogy jellegükben jól visszaadják a mérési eredményeket, a legnagyobb eltérés 2000 1/perc fordulatszámokon alakult ki.

ÖSSZEFOGLALÁS

Munkánkban egy koncentrált paraméterű kipufogófék integrált számítási eljárását dolgoztunk ki a működés modellezésére, illetve tervezésük és fejlesztésük támogatására. A csatolt szimulációban a belső égésű motor modelljét a GT-Suite, a kipufogófék modellezésére pedig Matlab/Simulink környezetben került sor. A kipufogófékre vonatkozó és a tranziens folyamatok figyelembevételére alkalmas alapegyenletek felírását és implementálását követően elkészítettük az akusztikai motormodellt. A szoftverek csatolását követően elvégeztük a modell verifikációját, majd 1000, 1400 és 2000 1/perc-es fordulatszámokon a számításokat hasonlítottuk a mérési eredményekhez. A modellezés eredményei jelleghelyesek, a kumulatív relatív hiba a tranziensekben 5% alatti értékhez konvergál.

A görbéket elemezve megállapítható, hogy az ismeretlen paraméterek további finomhangolásával megfelelő mértékű pontosság érhető el. ●

IRODALOM

- [1] Kisfalusi K., Dr. Németh H.: Motorfékek típusai és azok vizsgálata fékpadon, A jövő járműve, 3-4: pp. 53-59. (2010)
- [2] Chengye Liu and Jianming Shen: Effect of Turbocharging on Exhaust Brake Performance in an Automobile, Advances in Intelligent and Soft Computing, Volume 169, pp 153-158, 2012.
- [3] Venetia Sandu, Carmen Papadopol, Petre Răducanu, Dorel Turcu and Costel Bejan: Test bench evaluation of heavy vehicle supplementary brake systems, CONAT20105001, CONAT 2010 - International Congress on Automotive and Transport Engineering, Brassó, Románia, 2010 Október 27-29, Transilvania University, SIAR, SAE, FISITA.
- [4] Matlab R2013a Documentation Center, <http://www.mathworks.de/de/help/physmod/simscape/ref/rotationalfriction.html> (2103. 05. 20.).
- [5] Dr. Emőd István: Új retarderek, Kiegészítő vizsgabiztosi tanfolyam, Egyetemi jegyzet, BME, Gépjárművek tanszék, 2013.

Fémporok lézeres szinterezési technológiájának alkalmazása és tapasztalatai

HATOS ISTVÁN
ZSOLDOS IBOLYA

Széchenyi István Egyetem
Anyagtudományi és
Technológiai Tanszék
Győr

A Széchenyi István Egyetem Anyagtudományi és Technológiai Tanszékén kb. két évvel ezelőtt került telepítésre a fémporok lézeres szinterezésére alkalmas ipari berendezés. Az egyedi és viszonylag költséges technológia alkalmazási javaslatairól, lehetőségekről, korlátokról, a megszerzett tapasztalatokról számolunk be ebben a cikkben. Egyszerűbb vagy komplikáltabb formájú termékek közvetlen előállításának esettanulmányait, belső üregrendszerrel, formakövető hűtőrendszerrel tervezett termékek lézeres szinterezési technológiával történő előállítási tapasztalatait mutatjuk be.

A Direct Metal Laser Sintering machine was installed at the Department of Materials Science and Technology, Széchenyi István University, for two years. This article reports about the experiences, suggestions, possibilities and limits for the applications of this unique and relatively expensive technology. We shows case studies for production by laser sintering technology of objects having simple and complicated forms, inside cavities, shape-formed cooling systems.

A LÉZERES SZINTEREZÉSI TECHNOLÓGIA ELVE ÉS BERENDEZÉSEI

A lézeres szinterezési technológia (Selectiv Laser Sintering: SLS) a műszaki szakemberek körében ma már szinte általánosan ismert [1-2], az elvet és a berendezést most csak röviden ismertetjük. A gyors prototípusgyártási technológiák egyik legnépszerűbb fajtájáról van szó. A kiindulás a gyártmány CAD-modellje. Ezt a 3D modellt a berendezés kezelő szoftvere vékony rétegekre szeleteli. A vékony rétegeknek az egymásra építésével végzi a berendezés a termék tényleges előállítását.

Az alapanyag finomszemcsés por, amelyet a munkatérben egy porterítő lécs rétegről rétegre elsimit. Egy-egy rétegben lézersugár pásztázza végig a terméknek a rétegbe eső keresztmetszetét, ezáltal a keresztmetszeten belül a por összeolvad, ugyanakkor a gyártmány térfogatán kívül eső részben a por alapanyag érintetlenül marad. Az első réteg az alaplapra lesz ráolvasztva, a további rétegek egymás fölé épülnek. A rétegekből való építés végén az alaplapot a rászinterezett termékkel együtt kiemelik, a maradék pormennyiséget eltávolítják, amely később változatlan minőségben felhasználható. Videofelvételen megtekinthető a folyamat a Széchenyi István Egyetem Anyagtudományi és Technológiai Tanszékének honlapján: <http://att.sze.hu> (Szelektív Lézer Szinterelő Labor menü).

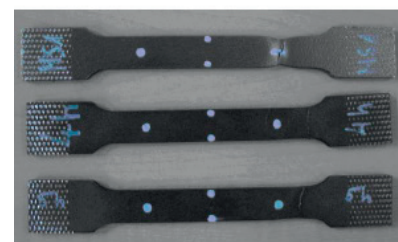
Lézeres szinterezési technológiához a kereskedelmi forgalomban többféle berendezés is kapható. Polimer gyors prototípusokhoz ma már Magyarországon is sok helyen találhatunk gyártóberendezést. Fémporokból építkező berendezés Magyarországon nagyon kevés munkahelyen érhető el. A fémporos technológia (Direct Metal Laser Sintering, DMLS) térhódítását azonban egyértelműen mutatja az a tény, hogy napjainkra már több mint tíz gyártó készít DMLS elven működő, lézeres prototípusgyártó gépeket. A piacvezető gyártó és legjelentősebb fejlesztő a német EOS GmbH. Egyetemünkön az EOS cég EOSINT M270 típusú lézer szinterezőberendezés került telepítésre. A felhasználó számára legfontosabb paraméter az építési munkatér, amely 250x250x215 mm. A lézerteljesítmény 200 W, a minimális építési rétegvastagság pedig 20 µm. A legkisebb építhető falvastagság 0,3 mm.



1. ábra: a Széchenyi István Egyetem Anyagtudományi és Technológiai Tanszékén üzemelő lézeres szinterezőberendezés

FÉMPOROK VÁLASZTÉKA

A technológiával feldolgozható fémporok választéka több iparág igényét is kielégíti. A teljesség igénye nélkül kereskedelmi forgalomban kapható rozsdamentes, szerszámacél-, alumínium-, titán- és CoCr-porkeverék. Saját méréseink és irodalmi adatok alapján kijelenthető, hogy a DMLS-technológiával készített alkatrészek nem maradnak el mechanikai tulajdonságaik tekintetében az azonos ötvözetartalmú, hagyományos úton készített társaiktól [3-4]. A 2. ábrán Maraging Steel MS1 (1.2709) acélporból szinterezett próbatestek és mechanikai tulajdonságaikra vonatkozó mérési eredmények láthatók, építés utáni állapotban, illetve hőkezelés után. A mechanikai tulajdonságok ellenőrzése a Széchenyi István Egyetem Anyagtudományi és Technológiai Tanszékén készült. Saját tapasztalatok szerint is elmondhatjuk, hogy a szinterezett alkatrész a hagyományos anyagokéval megegyező módon hőkezelhető, forgácsolható, hegeszthető és bevonatolható.



MARAGING STEEL MSI (1.2709)	ÉPÍTÉS UTÁN	HŐKEZELT
Folyáshatár (MPa)	1080	1990
Szakítószilárdság	1175	2025
Szakadási nyúlás (%)	4,5	1,6
Keménység (HRC)	41	56

2. ábra: Maraging Steel MS1 fémporból szinterezett próbatestek és mechanikai tulajdonságaik

ALKALMAZÁSI JAVASLATOK

A Széchenyi István Egyetem Anyagtudományi és Technológiai Tanszékén a DMLS-berendezés egy-két éves működtetése után az alábbi javaslatokat fogalmazzuk meg a felhasználók számára.

A fémporok lézeres szinterezésének alapanyagai és a technológiája ma még a költségesebb eljárások közé tartozik, azonban már kétség kívül meghatározhatók az előnyök, továbbá azok az esetek, lehetőségek, amikor ennek a különleges technológiának a használata egyértelműen kifizetődő, indokolt. Előfordulnak olyan helyzetek is, amikor csak ezzel a technológiával lehet megoldani egy-egy problémát.

Az előnyök közül saját tapasztalataink szerint röviden a következőket emeljük ki:

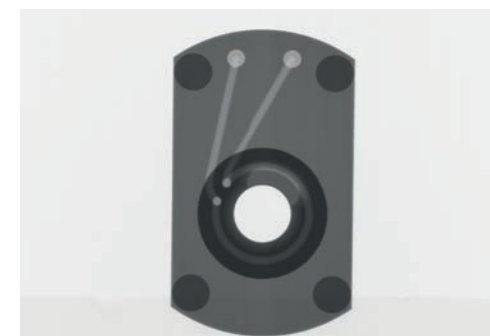
- A tervezés és a gyártás folyamata nagyon gyors.
- A termék minősége megbízható, kiváló, amint azt korábban már kifejtettük.
- Nincs, vagy nagyon kevés az előállítás során keletkező hulladék, a maradék por alapanyag változatlanul jó minőségben újra felhasználható.
- A termék tervezésének és előállításának nincsenek formai korlátjai. Tetszőleges bonyolultságú, belső üregrendszerrel rendelkező, vagy akár bennszülött alkatrészek is egy művelettel elkészíthetők. (Egyetlen korlát, hogy a belső üregrendszernek legyen olyan nyílása, amelyen keresztül a maradék por eltávolítható, kifújható).

Az alkalmazási lehetőségeket két nagy csoportra lehet osztani. Az egyik csoportnál az utolsó pontban említett előnyt használjuk ki. Egyre gyakrabban terveznek ma már a felhasználók olyan termékeket, amelyek más, hagyományos technológiával nem készíthetők el, csak lézeres szinterezéssel. A másik csoportnál azt találjuk, hogy a hagyományos technológiával elkészíthető termékeknel is gyakran kifizetődő a lézeres szinterezés alkalmazása. A két csoport szemléltetésére az alábbiakban saját munkáinkból válogatott példákat mutatunk.

Az első csoportnál kiemelt ipari jelentőségük van az alakító szerszámok alkalmazásainak. Fröccsöntőszerszámok esetén már korábban is megmutatták, hogy az ún. formakövető, íves, vagy spirális hűtőcsatornákból álló hűtőkörrel rendelkező szerszámbetétek alkalmazásával a hűtés optimálisabb, kedvezőbb, mint a hagyományos, egyenes vonalú hűtőfuratokkal rendelkező szer-

számbetétek esetén [5]. Forgásszimmetrikus vagy szabad formájú fröccsöntött termékeknel a ciklusidő 20–50%-kal csökkenhet. Nemcsak intenzívebb a hűtés, hanem ezzel párhuzamosan egyenletesebb a hőmérséklet-eloszlás, ennek következtében kisebb a vetemedés, továbbá a szerszámbetét élettartama is megnő. A tendenciákat saját példákkal is igazolni tudjuk [6].

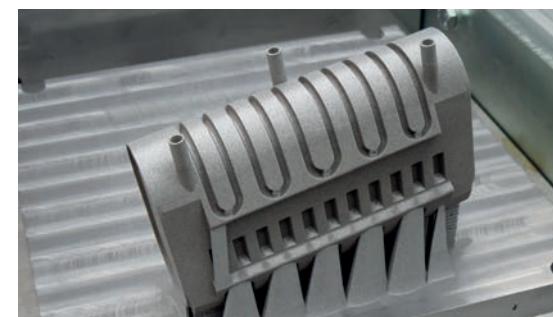
A 3. ábrán PET-palackkupak egyik szerszámbetétjét mutatjuk. A képen a lézeres szinterezéssel előállított szerszámbetét ipari CT-berendezéssel készített rekonstruált modellje látható. A szerszámbetétet körülvevő íves hűtőfurat jól megfigyelhető az ábrán. A megbízó szerszámgyártó vállalkozás a hasonló fröccsöntött termékek szerszámainál már rendszeresen alkalmazza a lézeres szinterezési technológiát.



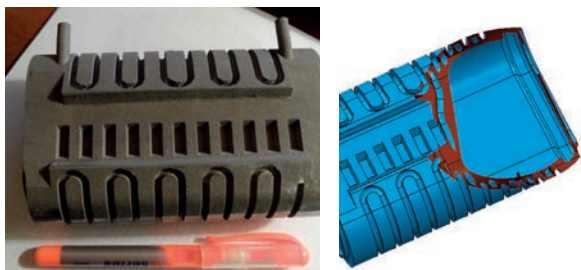
3. ábra: PET-palackkupak lézeres szinterezéssel készített szerszámbetétjének CT-felvétele

A 4. ábrán egyedi termék példáját mutatjuk. Magyar fizikusok tervezték az ábrán látható lítium atomnyaláb semlegesítő részegységet. A első fotón a lézeres szinterezésnél gyakran szükséges támasztékok is láthatóak. A berendezés a munkadarabokat az alaplappól kiindulva, ahhoz szilárdan rögzítve építi fel, nem direkt építés esetén támasztékok biztosítják az alaplappal való kapcsolatot, illetve bizonyos kritikus felületek építése plusz megtámasztást igényel. A támasztékok szinterezés után eltávolíthatók a termékről, ezek teszik ki a szinterezés során adódó hulladék anyagot. A további képeken a támasztékok nélküli késztermék, illetve az üreges belső részeket és a palástfelületen körbefutó spirális hűtőfuratokat bemutató CAD-modell látható.

A 3. és 4. ábrán bemutatott kis sorozatban és egyedi gyártásban készülő termékek hagyományos eljárásokkal nem gyárthatók, lézeres szinterezés technológiájával szerszámok nélkül közvetlenül a 3D modell felhasználásával készíthetők.



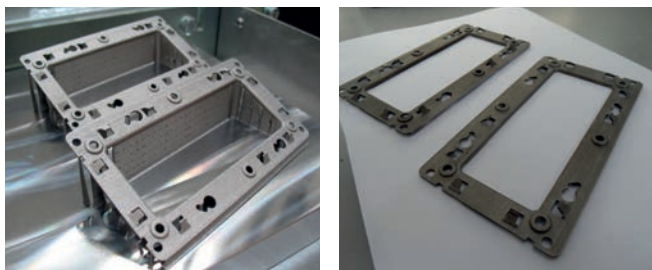
4. ábra: semlegesítőegység közvetlenül a szinterezés után (az alaplapra, a támasztékokkal)



4. b ábra (balra): az alaplapról való leválasztás és a támaszték eltávolítása után, CAD-modell (jobbra)

A következő példákat a hagyományos technológiával is elkészíthető termékek csoportjából választottuk.

Az **5. ábrán** elektromos kapcsolók foglatainak tartókereteit mutatjuk. Tipikus lemezalkatrészek, amelyek klasszikus, egyszerű kivágó, lyukasztó, hajlító műveletekkel is elkészíthetők. Ezekhez a hagyományos műveletekhez azonban szerszámokat kell tervezni és kivitelezni, amely igen időigényes, költséges, és csak nagy sorozatok gyártása esetén fizetődik ki. Ebben az esetben kis darabszám előállítása volt a feladat. A kalkulációk és a tapasztalatok szerint egyértelműen a lézeres szinterezés volt a fizetődő. Az **5. ábra** első fotóján az alaplapra szinterezett termékeket látjuk a támasztékokkal. Ebben a példában nem volt célszerű a lemezalkatrészt lapjára fektetve közvetlenül az alaplapra szinterezni, az enyhé dőléssel megoldott orientáció bizonyult optimálisnak. Az utolsó képen a kész lemezalkatrészek láthatók az alaplapról való leválasztás és a tuskék eltávolítása után.



5. ábra (balra): a lemezalkatrészek közvetlenül a szinterezés után (az alaplapon, a támasztékokkal), az alaplapról való leválasztás és a támaszték eltávolítása után (jobbra)

Az utolsó példával az a célunk, hogy ajánlást tudjunk megfogalmazni további alkalmazásokhoz. A **6. ábrán** látható mintát az autópárból választottuk.

A csőszakasznak az az érdekessége, hogy a közép vonal szabad formájú térbeli görbe, a cső több egymáshoz közeli helyen hajlítva van, és néhol a keresztmetszet is változik. Az ábrán a szinterezett darab fotója látható (támasztékok még a darabon vannak).

Ebben az esetben a fémcső hagyományos gyártási technológiával gyártható, de csak egy többlépcsős, bonyolult hajlítási folyamat során.

Nem elhanyagolható előny, hogy szinterezéssel egyenletes falvastagsággal készíthető a termék, alakításból származó belső feszültségek nélkül. Kisebb szériáknál vagy utángyártásnál – öszszetett geometriák esetén – a lézeres szinterezés kifizetődőbb a hagyományos technológiáknál. A gyártási „program” minimális emberi beavatkozással, közvetlenül a 3D modell alapján készül el, így a szinterezett geometria a gyártási tőrésen belül megegyezik a gyártási modellel.



6. ábra: lézeres szinterezéssel előállított csőalkatrész

ÖSSZEFOGLALÁS

A fémporok lézeres szinterezésének technológiája Magyarországon csak az utolsó egy-két évben elérhető. A Széchenyi István Egyetem Anyagtudományi és Technológiai Tanszékén szerzett tapasztalatok szerint egyre több területen bizonyítható a különleges technológia megbízhatósága, előnyösebb, kifizetődőbb alkalmazása a hagyományos technológiákkal szemben.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS:

A cikk az Európai Unió és Magyarország támogatásával a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0029 azonosító számú „Járműipari anyagfejlesztések: célzott alapkutatás az alakíthatóság, hőkezelés és hegeszthetőség témakörében” című projekt támogatásával készült. ●

IRODALOM

- [1] Falk György: 3D nyomtatás szelektív lézer szinterezéssel, <http://prototipus.varinex.hu>
- [2] Hatos István, Zsoldos Ibolya: Fémporok lézeres szinterezése, A jövő járműve, 2010, 03/04: 19-24
- [3] Hatos István: DMLS eljárással készített alkatrész geometriai vizsgálata, XX. Nemzetközi Gépészeti Találkozó – OGÉT 2012 konferencia kiadványa, 2012: 169-172
- [4] Hatos István, Zsoldos Ibolya: Checking the geometry of parts made by DMLS, Proceeding of Factory Automation, 2012: 42–45.
- [5] Falk György: Formakövető hűtés fröccsöntésnél, MCAD, 2010, 2/1: 32-35
- [6] Sági Erik, Dogossy Gábor: Formakövető hűtés optimalizálása fröccsöntési szimulációval, A jövő járműve, 2010, 03/04: 16–19.

A hidrogén mint járműüzemanyag

AZ ÚJ TÍPUSÚ BIODÍZEL TÜZELŐANYAG ELSŐSORBAN EMISSZIÓ-SZEMPONTÚ MOTORÜZEMI VIZSGÁLATAI

VEHOVSZKY BALÁZS PHD

tanársegéd
BME Gépjárművek és
Járműgyártás Tanszék

A mobil gépek hajtására jelenleg szinte kizárólagosan használt fosszilis tüzelőanyagok a jövőben egyre inkább háttérbe fognak szorulni, helyet adva új, környezetbarát és megújuló energiaforrásoknak. Az egyik lehetséges alternatív hajtóanyag a hidrogén, mely nagy energiatartalmával, nullaemissziós felhasználhatóságával és szinte korlátlan mennyiségben történő előállíthatóságával hívta fel magára a figyelmet. Jelen cikk a hidrogén alkalmazásának lehetőségeit és egyik legfőbb problémáját: a biztonságos hidrogéntárolást mutatja be, valamint ismerteti egy lehetséges alternatíva: az abszorpciós tárolási mód alapjait.

Presently used fossil fuels for vehicle industry will be more and more overshadowed by environmentally friendly, renewable sources of energy. One potential fuel is hydrogen, which stands out with its great energy content and which can be a base part of the zero-emission, sustainable water-hydrogen-water energy cycle. In this article the application of hydrogen and one great problem: the safe and efficient storage of hydrogen was set in focus – completed with the short description of absorption hydrogen storage method.

1. BEVEZETÉS

Napjaink társadalmá egyre inkább függővé válik az energiától: az ipari termelésben ugyanúgy, mint otthonainkban vagy éppen a közlekedésben – el sem tudnánk képzelni az életet állandó energiaellátás nélkül. Bár hatalmas mennyiségben fogyasztja az emberiség az energiát, a jelen és a közeljövő technikai fejlődése szinte korlátlan energiaforrások kiaknázását teszi lehetővé – gondoljunk csak a napenergiára, az atomenergiára vagy a fúziós energiára – csak hogy nem mindig ott és olyan formában, ahol és amilyenben szükség lenne rá. Ez a probléma már évszázadokkal ezelőtt felmerült, akkor az üzemeken belül mechanikai úton továbbították a mozgási energiát a munkahelyekhez. A XIX. században a villamos energia felfedezésével új távlatok nyíltak az energiatovábbításban: ahová villamos vezetékkel lehetett vezetni, oda az energia is eljutott. Így váltották fel például a gőzgépeket az elektromos motorok.

Ekkorra már a közlekedési igény is annyira megnőtt, hogy a közlekedés lett a fejlődés egyik hajtómotorja: a maximum egy tucat utast befogadó lóvasutat felváltotta az akár 50 embert szállító villamos, a zajos és lomha gőzmozdonyokat az erős, jó hatásfokú villanymozdonyok. Ezek a járműveken tömegek juthattak el bárhova – ahol volt elektromos hálózat.

1886-ban Karl Benz bemutatta az első, belső égésű motorral hajtott járművet, ami új távlatokat nyitott: mivel az üzemanyagot magukkal is tudják vinni, a mobil gépek már nem voltak az elektromos hálózathoz kötve.

A XX. század végéig ez a két energiaforrás – az elektromos áram és a fosszilis energiahordozók – versenye jelentette a fejlődést a közlekedésben használt hajtásmódok területén. Előbbi jó hatásfokával, míg utóbbi korlátlan mobilitásával tartotta magát versenyben. Ennek megfelelően az elektromos hajtású járművek a – kötött pályás – közösségi közlekedésben terjedtek el, míg a belső égésű motoros járművek az egyéni közlekedés kizárólagos eszközei lettek.

Az ezredforduló közeledtével azonban két felismerés is beárnyékolta a fosszilis energiahordozók addig elért hatalmas népszerűségét: egyrészt az alapanyaguk, vagyis a kőolaj (és földgáz) korlátos volta, másrészt az addigra egyértelműen globális problé-

mává érett környezetszennyezés: a sok millió év alatt a légkörből megkötött hatalmas mennyiségű szén-dioxid egy jelentős része ugyanis – a kőolajszármazékok elégetésével – évtizedek alatt visszakerült a légkörbe. Sőt, ezen felül – a magas hőmérsékletű, tökéletlen égés következtében – egyéb szennyező anyagok (nitrogén-oxidok, koromrészecskék, szén-monoxid stb.) is nagy mennyiségben keletkeznek. Akármilyen jó hatásfokkal égetjük is el a fosszilis energiahordozókat, fizikai-kémiai korlátok szabnak gátat annak, hogy „tisztá energiahordozóvá” válhassanak. (Legfeljebb ügyes mérnöki megoldásokkal csökkenthetjük az elégetésükből származó káros anyagok mennyiségét – pl. katalizátor, részecske-szűrő, ad-blue adalék stb.)

A fosszilis üzemanyagok azonban számtalan jó tulajdonsággal rendelkeznek – mint például a nagy fajlagos energia és nagy energiasűrűség (tömegegységben/térfogategységben lévő energia), sok millió tonna/év mennyiségben előállítható, megfelelő biztonsággal szállítható, tárolható, felhasználható – melyek elérése egy környezetbarát anyaggal igen nagy feladat elé állítja korunk kutató-mérnökeit.

2. A HIDROGÉN MINT ENERGIATÁROLÓ ANYAG

A fenti követelményeknek megfelelő anyagok közül talán az egyik legígéretesebb a hidrogén, mely kiváló tüzelőanyag: egyrészt rendkívül nagy égéshője és fűtőértéke miatt (**2. táblázat**), másrészt – amivel teljesen megfelel a fenntarthatóság igényeinek – égése abszolút környezetbarát, a keletkező égéstermék tiszta víz. Ha a hidrogént a Földön szinte korlátlanul rendelkezésre álló tengervízből állítjuk elő – ami bár nagy energiaigénnyel jár, de mint fentebb említettem, a technika fejlődésével ez egyre kevésbé jelent problémát – akkor a természetre nézve egy teljesen „tisztá” körforrással tudjuk fedezni mindennapi „mobil energia” igényünket.

2.1. ÜZEMANYAGCELLA VAGY BELSŐ ÉGÉSŰ MOTOR

A hidrogén energiaforrásként való felhasználása során két alapelv jöhet szóba: belső égésű motorban való elégetés, vagy

üzemanyagcellában való felhasználás. (A hidrogént mint üzemanyagot felhasználó tüzelőanyag-cellát szokás üzemanyagcellának nevezni.)

TULAJDONSÁG	ÉRTÉK	HALMAZÁLLAPOT, KÖRNYEZET
Olvadáspont	-259,1 °C	–
Forráspont	-252,7 °C	–
Sűrűség	0,08989 kg/m ³	gáz, 0 °C, 0,1 MPa
Sűrűség	70,8 kg/m ³	folyadék, -253 °C
Sűrűség	76 kg/m ³	folyadék, -262 °C
Égési hőmérséklet	-259,1 °C	gáz
Fajhő Cp	14,40 kJ/kg K	0–200 °C, 0,1 MPa
Cv	10,29 kJ/kg K	0–200 °C, 0,1 MPa
Móltömeg	1,00797 g/Mol	–
Elektronszerkezet	1 s ¹	–

 1. táblázat: a hidrogén főbb fizikai-kémiai tulajdonságai [1]

A belső égésű motorban való felhasználást könnyíti, hogy ez a technológia mára nagyon kiforrott. Bizonyos műszaki változtatásokra mindenképp szükség lenne (például a magas égési hőmérséklet miatt), de az optimális működés érdekében már számos problémával szembesült és oldotta meg azokat az emberiség az elmúlt században.

	HIDROGÉN	BENZIN	GÁZOLAJ
Égéshő [MJ/kg]	141,97	45,217	44,715
Fűtőérték [MJ/kg]	119,62	42,035	41,843
Égéstermék*	H ₂ O	H ₂ O, CO ₂ , (CO)	H ₂ O, CO ₂ , (CO)

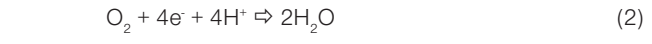
 2. táblázat: a hidrogén és a fosszilis tüzelőanyagok belső égésű motorban való felhasználásának tulajdonságai [1] (*A táblázatban szereplő égéstermékek tökéletes égésre értendők, elméleti megfontolás alapján. Belső égésű motorok esetében a valóságban a levegő nitrogénjéből keletkeznek még nitrogén-oxidok (NO_x), valamint a tökéletlen égés következtében dízeljárművek esetében jelentős mennyiségű korom.)

Az üzemanyagcellában való felhasználás elve: a hidrogén égésreakcióját (2H₂ + O₂ ⇌ 2H₂O) két részreakcióra bontja, amelyek egymástól elkülönítve játszódnak le.

Az első folyamat során a hidrogén protonokra és elektronokra bomlik katalizátor (általában platina) hatására:



Ezután a protonok és az elektronok külön úton jutnak el az oxigénhez (a protonok elektroliton vagy membránon keresztül, míg az elektronok a cellára kapcsolt külső áramkörön folynak végig), ahol vízzé egyesülnek:



Végeredményben tehát szintén vizet kapunk, de nem az égésből származó térfogatnövekedésből nyerjük az energiát, hanem

közvetlenül az égésben részt vevő elektronokból. Normál égés során ezek az elektronok csupán két közeli atom között mozognak, üzemanyagcella esetében ezekből az elektronokból álló elektromos áramot engedjük át valamekkora potenciálkülönbségen az oxigénhez, így nyerünk munkát. (A tüzelőanyag-cella tulajdonképpen egy galvánelem, aminek az elektródáit (hidrogént és oxigént) folyamatosan adagoljuk – innen származik a szintén használatos tüzelőanyag-elem elnevezés.)

Mivel ugyanarról a reakcióról van szó mind üzemanyagcellában való felhasználás, mind belső égésű motorban való elégetés esetén, az elvileg kinyerhető munka ugyanakkora (a hidrogén égéshője), azonban belső égésű motor esetén az energiaátalakítás hatásfoka termodinamikailag korlátozott, a mai belső égésű motorok esetében jellemzően 30% körül van. Hidrogén üzemanyag belső égésű motorban való elégetésével el lehet érni a mai legjobb hatásfokú turbódízel motorok 40%-os hatásfokát [2].

Üzemanyagcella esetében a hatásfok függ a cella típusától, üzemi körülményeitől, de legtöbb esetben eléri a 60%-ot. A mai gépjárműmotoroknál egy nem kívánatos veszteség a kipufogógázok hőenergiája. Ez a veszteség üzemanyagcella esetében is jelen van (forró vízgőz), aminek visszanyerésével tovább javíthatjuk a hatásfokot (akár 80% fölé).

A **3. táblázat** bemutatja az üzemanyagcellák főbb típusait és azok fontosabb tulajdonságait. Az üzemanyagcellás hajtáslánc hatásfokát a villanymotor hatásfoka rontja (modern villanymotorokkal 95% fölötti hatásfokot el lehet érni [4]), míg belső égésű motorok esetében a bonyolultabb hajtáslánc miatti nagyobb veszteséget kell figyelembe venni. Az üzemanyagcella további előnye, hogy elektromos energiát nyerhetünk belőle, amellyel – a belső égésű motoroknál sokkal kedvezőbb paraméterekkel rendelkező – villanymotort hajthatunk meg. (Kisebb helyigény, kedvezőbb nyomaték-fordulatszám karakterisztika, jobb hatásfok, nincs szükség váltóra, fékezéskor energiát táplálhatunk vissza stb.)

Bár az üzemanyagcella elve már több mint 100 éves, ez idáig sokkal kevésbé kutatott-fejlesztett terület, mint a belső égésű motoroké, így még jelentős fejlesztések várhatók ezen a téren. Sajnos az üzemanyagcellák ára ma még nem versenyképes – egy autó hajtására használható cella ára megegyezik egy komplett, belső égésű motorral szerelt autó árával.

2.2. ÜZEMANYAGCELLA VAGY AKKUMULÁTOR

Érdemest említés tenni a nagy teljesítményű akkumulátorokról, mint az elektromos energia tárolásának jelenlegi legelterjedtebb módjáról. Ezek közül az elektromos és hibrid járművekben az olcsóbb nikkel-fémhidrid vagy a drágább lítiumalapú akkumulátorok használatosak. Utóbbiak egyértelmű előnye az egységnyi tömegben és térfogatban elérhető magasabb energiatartalom, a nagyobb élettartam és a ciklusos használattal szemben mutatott kisebb érzékenység, hátránya a magasabb áruk. Ugyanakkor tény, hogy a jelenlegi fejlett Li-ion-akkumulátorok energiatartalma is még közel két nagyságrenddel kisebb, mint a benziné (lásd **4. táblázat**). A gyakorlati felhasználás körülményeit is figyelembe véve ez azt jelenti, hogy 100 kg Li-ion akkumulátorból annyi mozgási energiát nyerhetünk, mint 3 liter benzinből vagy 0,5 kg hidrogénből (üzemanyagcellában elégetve)! Ugyanakkor az akkumulátor alapösszetevőjének, a lítiumnak a gazdaságosan kibányászható mennyisége meglehetősen korlátozott, és csupán néhány ország területére koncentrálódik.

TÜZELŐANYAG-CELLA (FUEL CELL)	PEMFC (PROTON EXCHANGE MEMBRAN FC)	AFC (ALKALINE FC)	PAFC (PHOTOSPHORIC ACID FC)	MCFC (MOLTEN CARBONATE FC)	SOFC (SOLID OXIDE FC)
Hőmérséklet [°C]	25–100	23–250	160–220	650–660	800–1000
Hatásfok [%]	50–60	50–60	37–55, (72–80 hőhasznosítással)	45–60, (70–85 hőhasznosítással)	45–65, (70–85 hőhasznosítással)
Teljesítmény [kW]	0,01–250 (cellánként)	2,2	25–250 (cellánként)	250–1000	200 (cellánként) 300–3000 (modulonként)
Elektrolit	polimer membrán	35–50%-os KOH oldat	tömény foszforsav	folyékony karbonát	szilárd, tömör kerámia
Teljesítménysűrűség [mW/cm ²]	500–1000	250–400	200–300	150–300	200–400
Élettartam [óra]	10 000–100 000	3000–10 000	30 000–40 000	10 000–40 000	8000–40 000
Költség [\$/kW]	200–2000	1000	200–3000	1250	1500
Felhasználás	közlekedés, erőmű	űrrepülés	közlekedés	kogenerációs erőmű	kogenerációs erőmű
Megjegyzés	gyors, nagy energiasűrűségű	fejlesztés alatt, egyéb célokra		korrozív elektrolit	max. 10 MW-ig

 3. táblázat: különböző típusú üzemanyagcellák jellemzői [3]

Az akkumulátoros energiatárolás így legfeljebb kompromisszumos megoldást jelenthet (például városi közlekedésre korlátozva, vagy kiegészítő energiatárolóként), a jelenlegi autók hatótávolságát tisztán akkumulátoros energiatárolással reálisan nem lehet elérni a kapacitás nagyságrendi növelése nélkül.

3. HIDROGÉNTÁROLÁS

A leendő talán legnagyobb hidrogénfogyasztó a közlekedés lehet. Ebben az ágazatban ugyanis rendkívüli előnyt jelent mind a hidrogén nagy fűtőértéke, mind pedig az, hogy nem kell gondoskodni a végtermék tisztításáról, ártalmatlanításáról.

Az „ideális” energiatároló anyaggal szemben megfogalmazott követelmények közül a hidrogénnel kapcsolatban az egyik legnagyobb hiányosság mind a mai napig a nagy mennyiségben való biztonságos szállítás, tárolás.

A mai autók hatásfoka több ponton jelentősen javítható, a jövő hidrogénhajtású autója kevesebb energiával is beéri majd. Az ebben szerepet játszó fontosabb tényezők:

- Az üzemanyagcellás felhasználás jó hatásfoka
- Az elektromos hajtásrendszer egyszerűbb és könnyebb, mint a mai autók hajtáslánca
- A fékezési energia egyszerű visszanyerése az elektromos hajtás révén
- A korszerű kompozitanyagok alkalmazásával a jövő karosszériája jóval könnyebb lehet
- Az informatika rohamos fejlődése révén az aktív baleset-megelőzés egyre hatékonyabbá válik, a passzív védelem (robustus, erős karosszéria), és ezzel együtt az autók súlya jelentősen redukálható.

Ezeket figyelembe véve a mai autók átlagos 600 km-es hatótávolságát (a két üzemanyagtöltés között megtehető utat) alapul véve egy hidrogénhajtású autó üzemanyag-kapacitása ~ 4 kg hidrogén/feltöltés kell legyen.

TÜZELŐANYAG-CELLA (FUEL CELL)	PEMFC (PROTON EXCHANGE MEMBRAN FC)	AFC (ALKALINE FC)	PAFC (PHOTOSPHORIC ACID FC)	MCFC (MOLTEN CARBONATE FC)	SOFC (SOLID OXIDE FC)
Hőmérséklet [°C]	25–100	23–250	160–220	650–660	800–1000
Hatásfok [%]	50–60	50–60	37–55, (72–80 hőhasznosítással)	45–60, (70–85 hőhasznosítással)	45–65, (70–85 hőhasznosítással)
Teljesítmény [kW]	0,01–250 (cellánként)	2,2	25–250 (cellánként)	250–1000	200 (cellánként) 300–3000 (modulonként)
Elektrolit	polimer membrán	35–50%-os KOH oldat	tömény foszforsav	folyékony karbonát	szilárd, tömör kerámia
Teljesítménysűrűség [mW/cm ²]	500–1000	250–400	200–300	150–300	200–400
Élettartam [óra]	10 000–100 000	3000–10 000	30 000–40 000	10 000–40 000	8000–40 000
Költség [\$/kW]	200–2000	1000	200–3000	1250	1500
Felhasználás	közlekedés, erőmű	űrrepülés	közlekedés	kogenerációs erőmű	kogenerációs erőmű
Megjegyzés	gyors, nagy energiasűrűségű	fejlesztés alatt, egyéb célokra		korrozív elektrolit	max. 10 MW-ig

 3. táblázat: különböző típusú üzemanyagcellák jellemzői [3]

A napjainkban elterjedt tárolási módok (nagy nyomáson palackban vagy alacsony hőmérsékleten cseppfolyós állapotban) nagy körütekintést igényelnek, ezek hétköznapi alkalmazása még kiforratlan, sőt ilyen mennyiségű hidrogén tárolása jelentős tömeg- és térfogattöbblettel járna.

3.1. A HIDROGÉN TÁROLÁSÁNAK FŐ NEHÉZSÉGEI

Hidrogén tárolásánál két fő problémával kell szembenézni: Egyrészt a hidrogén gázsűrűsége atmoszférikus nyomáson 1/14-e a levegőének és körülbelül 1/8000-e a benzinének! Vagyis, bár tömegre vetítve a benzinhez képest közel háromszorosa a fűtőértéke, ez az érték térfogatra vetítve 1 bar nyomáson kb. 1/2500! Egy hagyományos, 50 literes hidrogénpalackban 100 bar nyomáson, szobahőmérsékleten mindössze 0,45 kg hidrogén van! Megfelelő biztonsággal elkészíthető 250 bar-os tartály esetében kb. 200 literes üzemanyagtank lenne szükséges, ami az ezzel járó súlytöbblettel együtt meglehetősen kompromisszumos megoldást jelentene. Ezen a téren a jelenleg csúcstechnikának számító kompozittartályok 700 bar nyomást képesek elviselni, ezek szilárdsági okokból hengeresek, így beépítésük a hagyományos üzemanyagtartályokhoz képest nehezkesebb. Ezekkel azonban már ésszerű keretek között tárolható 3 kg hidrogén egy autóban.

Folyékony tárolás esetében elegendő lenne nettó 60 liter tárolókapacitás, itt viszont az igen alacsony hőmérséklet előállításához van szükség jelentős plusz energia-, tömeg- és berendezésráfordításokra.

A másik kritikus pont a biztonság: a hidrogén igen gyúlékony és robbanásveszélyes: a levegővel keveredve nagy koncentrációtartományban (4,1-74 térfogatszázalék) a legkisebb szikra hatására – már 580 °C-os gyulladási hőmérsékleten – berobban. (Tiszta oxigénnel keverve 6 tf% – 95 tf% H₂ esetén robban az oxigén-hidrogén keverék.)

A közlekedésben különösen nagy figyelmet kell fordítani a biztonságra, hogy egy esetleges baleset következtében ne kerül-

hessen túl sok hidrogén a levegőbe, azonban a jelenlegi tárolási technikákkal ez a megkívánt biztonsági szint csak jelentős kompromisszumok árán érhető el.

Összefoglalva: a hidrogén rendkívül jó üzemanyag lenne, azonban jelentős veszteségekkel és kompromisszumokkal jár, ha a jármű üzemanyagtankjában elemi – gáz vagy folyadék – állapotban van.

4. HIDROGÉNABSZORPCIÓ MINT HIDROGÉNTÁROLÁSI MÓD

Egy ígéretes megoldás a hidrogén elnyeletése valamilyen anyagban (az elnyeletés történhet gáz közegből vagy elektroké-

bens anyag sem rendelkezik elég jó tárolási tulajdonságokkal ahhoz, hogy belőle gazdaságosan készíthető legyen olyan tároló, melynek energiasűrűsége felveszi a versenyt a jelenleg használt fosszilis energiahordozókkal.

- Összefoglalva egy ideális hidrogéntároló anyaggal szemben támasztott követelményeket [1]:
- Nagy fajlagos hidrogénbefogadó képesség (kg/kg, kg/dm³).
 - A hidrogénfelvétel legyen a lehető legnagyobb mértékben reverzibilis, az anyag képes legyen leadni a tárolt hidrogén jelentős részét.
 - Mind a hidrogénfelvétel, mind a leadás gyors folyamat legyen, de ne robbanásszerű láncreakció. A tartály sérülése esetén se szabadulhasson fel veszélyes mennyiségű hidrogén.
 - Hosszú élettartam: az anyagnak nem szabad jelentősen roncsolódnia, szennyeződnie a feltöltési-kiürítési ciklusok során.

ANYAG/ENERGIATÁROLÓ	H ₂ TÉRFOGATI SÚRÚSÉG (g/dm ³)	H ₂ TÖMEGSÚRÚSÉG (tömeg%)	ENERGIATARTALOM (MJ/kg)	ENERGIASÚRÚSÉG (MJ/dm ³)
MgH ₂	106,4	7,6	10,8	15,1
Mg ₂ FeH ₆	150,0	5,7	8,0	21,3
Mg ₂ NiH ₄	93,6	3,6	5,1	13,3
FeTiH _{1,95}	96,0	1,8	2,5	13,6
LaNi ₅ H _{6,7}	89,0	1,4	1,9	12,6
Folyékony H ₂ (20 K)	70,8	100,0	142,0	10,1
H ₂ gáz (10 MPa, 273 K)	9,0	100,0	142,0	1,3
Kereskedelmi fémhibrid tároló (1. / 2. változat)	27/12,9	1,3/0,8	1,9/0,9	3,9/1,8
700 bar kompozittartály kereskedelmi változat	12,6	2,3	3,2	1,77
Prototípus – 1. / 2. változat	30/39,2	6/n.a.	8,5/n.a.	4/5,5
Benzin	-	-	45,2	32,9
Li-ion–akkumulátor	-	-	0,6	0,97
Ni-Mh–akkumulátor	-	-	0,3	0,9
Ólomsavas akkumulátor	-	-	0,1	0,25

4. táblázat: különböző abszorpciós tárolási eljárások és egyéb energiatárolási módok összehasonlítása [9]

miai úton). Ennek legfőbb pozitívuma a biztonság – a tárolóból csak lassan szabadul fel a hidrogéngáz, így elkerülhető a robbanásveszély – míg a tárolóanyagból származó súlytöbblet jelenti a legfőbb negatívumot. A tároló térfogatigényét tekintve rendkívül kedvező a helyzet: meglepő módon számos abszorbens anyagban a hidrogén térfogati sűrűsége (g/cm³) tízszer nagyobb, mint egy 100 bar nyomású hidrogénpalackban, sőt, nagyobb, mint a cseppfolyós hidrogénben!

Az elnyeletés mint megoldás nem újkeletű: Az igen jó égési tulajdonságokkal rendelkező, de rendkívül robbanásveszélyes acetilént is acetonban elnyeletve tárolják, amit kovafölddel – vagy manapság porózus műanyaggal – töltött tartályba tesznek. Bár ott az elnyeletés csupán fizikai értelemben történik, az alapelv ugyanaz: ne legyen egy kritikus mennyiségnél több veszélyes anyag egyszerre egy térfogatban.

Mint láthatjuk, az abszorpciós tárolásnak sok előnyös oldala van, azonban sok fizikai korlátja is. Jelenleg még egyetlen abszor-

- A hidrogén tipikus szennyezőivel szemben legyen ellenálló. Ne csökkenjen jelentősen a hidrogéntároló képessége, ha ipari tisztaságú hidrogénnel töltjük fel.
- Kicsi legyen a sűrűsége.
- Ne legyen mérgező.
- Legyen olcsó, nagy mennyiségben előállítható.
- Elhasználódás után legyen a lehető legnagyobb mértékben újrahasznosítható

4.1. A FÉM-HIDROGÉN RENDSZER

Az elemi gázok közül – kis mérete miatt – a hidrogén oldódik leginkább a fémekben és ötvözetekben. A fémben **oldott hidrogén** rendkívül mobilis: nagy sebességgel képes diffundálni, valamint könnyen visszanyerhető. Mivel a külső gáznyomás és az oldott hidrogénmennyiség – a hőmérséklettől is függő – egyensúlyi rendszert alkot, a nyomás és/vagy a hőmérséklet változtatásával tudjuk a hidrogén anyagba oldódását vagy felszabadulását előse-

gíteni. Azonban a fémek hidrogénoldó képessége korlátozott, rendszerint csak néhány tized tömegszázalék. Ennél nagyobb mennyiségű hidrogént már erősebben kötött, ún. **fémhidrid** formában tud csak felvenni egy fémötvözet. Ilyenkor a hidrogénatomok egy meghatározott kötési energiával csatlakoznak a fématomokhoz, a kötés felszakadásához egy ennek megfelelő aktiválási energiára van szükség, amelyet például a hőmérséklet emelésével

IONOS			FÉMES									KOVALENS				
LiH -176																
NaH -117		MgH ₂ -75										(AlH ₃) _x				
KH -117	CaH ₂ -176		ScH ₂ -201	TiH ₂ -126	VH (-59)	CrH (-17)	MnH (-17)	FeH (+34)	CoH (+34)	NiH (+17)	CuH 21			GaH ₆	GeH ₄	AsH ₃
RbH -109	SrH ₂ -188		YH ₂ -226	ZrH ₂ -163	NbH (-75)	MoH (+17)	TcH (+50)	RuH (+67)	RhH (+38)	PdH -38				InH ₃	SnH ₄	SbH ₃
CsH -100	BaH ₂ -176		LaH ₂ -209	HfH ₂ -134	TaH ₂ (-59)	WH (+42)	ReH (+92)	OsH (+84)	IrH (+67)	PtH (+17)				(TiH ₃)	PdH ₄	BiH ₃
	(Re)H ₃		PrH ₂ -209	NdH ₂ -209		SmH ₂ -222		GdH ₂ -201			ErH ₂ -226					

5. táblázat: elemek hidridjei, kötési energiájuk és kötésük jellege [1]

lehet biztosítani. Az abszorbens elektronegativitásától függően a kötött hidrogén viselkedhet atomosan, pozitív vagy negatív ionként is. Ennek megfelelően az alkáli fémekben Me+H⁻ formában, sószerű hidridként van jelen, az átmeneti fémekkel fémes hidrideket képez (itt protonként van jelen), a III-VI. főcsoport elemeivel pedig kovalens kötésű hidrideket alkot (ld. **5. táblázat**).

A fémek hidrogénelnyelési folyamata a következő lépésekből áll:

1. A H₂ molekulák adszorpciója (megkötése) a felületen
2. A H₂ molekulák disszociációja a felületen
3. A H atomok behatolása a felületi rétegekbe
4. A H atomok diffúziója a felületi rétegeken keresztül, majd az anyag belsejében.

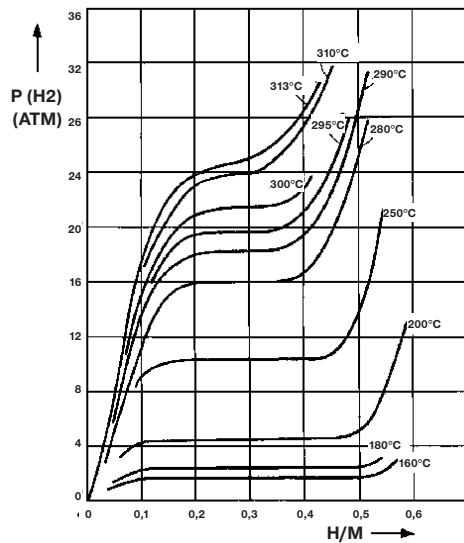
A hidrogénabszorpció két fontos jellemzője az **egyensúlyi hidrogéntartalom** és a **hidrogénoldódás** (ill. felszabadulás) **sebessége**. Előbbi adott külső körülmények (PH₂, T) között tetőlegesen hosszú idő alatt a fémbe kialakuló (oldott és hidrid formájában kötött) hidrogéntartalmat jelenti. Ez jellemezhető tömegszázalékkal vagy a H/M arányszámmal (amely egységnyi tárolóanyagban a hidrogénatomok és a tároló fématomok számának arányát adja meg), és elsősorban az abszorbens anyag összetételétől függ.

A hidrogénoldódás sebessége a hidrogénmentes állapotból adott külső körülmények mellett a telítésközeleli állapot (pl. 99% -os telítettség) eléréséig eltelt időt jelenti. A hidrogénabszorpció sebességét (a folyamat kinetikáját) befolyásolja a hidrogénatomok adhéziója (megkötődése) és disszociációja a felületen, átjutási sebességük a felületi rétegen, diffúziójuk sebessége az anyagban, a hőmérséklet, valamint az eltérés az egyensúlyi hidrogéntartalomtól (termodinamikai hajtóerő). A legtöbb kutatás tapasztalata szerint a hidrogénfelvétel és -leadás sebességét általában két folyamat korlátozza: a hidrogén bejutása a tömbi anyagba (ezt például a felület oxidáltsága, szennyeződése gátolhatja, míg katalizátorok elősegíthetik); valamint a diffúzió sebessége, amit elsősorban az anyag mikroszerkezete határoz meg [9].

4.2. A HIDROGÉNABSZORPCIÓ-DESZORPCIÓ SZABÁLYOZÁSA

Adott abszorbens anyag esetén a nyomás és a hőmérséklet változtatásával módosítható az az egyensúlyi hidrogéntartalom, amelyet a rendszer igyekszik elérni. Telítésnél tehát a lehető legnagyobb, míg kiürítésnél a lehető legkisebb egyensúlyi hidrogén-

tartalomnak megfelelő körülményeket kell biztosítani: A magas hidrogéntartalom eléréséhez (feltöltés) a nyomást növelni, míg a hőmérsékletet csökkenteni kell. Alacsony hidrogéntartalomhoz (kiürítés) pedig a hőmérsékletet növelni és a nyomást csökkenteni. Adott anyag esetében a nyomás és a hőmérséklet hatását az ún. PCT (nyomás-összetétel-hőmérséklet) diagramon szokták ábrázolni – erre látunk példát az **1. ábrán**. A diagramon érdemes megfigyelni, hogy a görbék egy vízszintes szakasszal is rendelkeznek – ez a fémhidrid formában kötött hidrogén állandó kötési energiájának következménye, ezt az – adott hőmérsékleten – állandó nyomást hívjuk egyensúlyi nyomásnak. Ez a nyomás fölött a fémhidrid stabil (vagyis a hidrogént megköti az abszorbens), alatta felbomlik (vagyis a hidrogén felszabadul).



1. ábra: palládium által elnyelt egyensúlyi hidrogénmennyiség a nyomás függvényében különböző hőmérsékleteken

Az elméleti megfontolások mellett azonban több gyakorlati szempontot is figyelembe kell venni a nyomás és hőmérséklet értékek beállításánál:

- A hőmérséklet jelentősen befolyásolja a diffúzió sebességét (a diffúziós együttható logaritmusa a hőmérséklet reciprokával arányos), így a hőmérsékletet a megfelelő feltöltési-kiürítési sebesség elérése érdekében deszorpció során sem szabad túlzottan lecsökkenteni.
- A hidrogéndiffúzió sebessége nagyon érzékeny az abszorbens anyag mikroszerkezetére, ezért mindenképpen el kell kerülni, hogy a feltöltés során alkalmazott magas hőmérséklet a hidrogéndiffúzió szempontjából károsan módosítsa ezt a mikroszerkezetet.
- A nyomás növelése növeli a felvett hidrogéntartalmat és a hidrogénfelvétel sebességét is, azonban nem szabad figyelmen kívül hagyni a fémhidrid tárolók nagy előnyét: a kis üzemi nyomást. A gyakorlatban feltöltésnél érdemes 10 bar körüli (maximum 40 bar) nyomást használni.
- Ahhoz, hogy egy gyakorlati alkalmazás során ne legyen szükség vákuumszivattyúra, a deszorpció nyomását érdemes valamivel a légköri nyomás fölé pozicionálni, így az abszorbens tartályról közvetlenül táplálható az üzemanyagcella.

Összefoglalva, egy jó abszorbens rendszer körülbelül 5 atm egyensúlyi nyomással rendelkezik (az üzemi hőmérsékletén) – így 10 atm nyomáson elnyeli, míg 2 atm körüli nyomáson felszabadul belőle a hidrogén. Emellett megfelelően gyors diffúziót lehetővé tevő mikroszerkezete van, ezáltal nem túl magas (100–150 °C) hőmérsékleten képes megfelelő sebességgel hidrogént elnyelni, illetve felszabadítani.

4.3. MELYEK A JÓ HIDROGÉNABSZORBENS ANYAGOK?

Ideálisnak tekinthető az a tárolóanyag, amely nagy mennyiségű hidrogént képes megkötni ($H/M = 2$ már megfelelő hidrogénsűrűséget jelent), a hidrogén kötési energiája viszont kellően kicsi ahhoz, hogy kis környezeti változás (pl. nyomásesés, hőmérséklet-emelkedés) hatására a megkötött hidrogén jelentős része felszabaduljon.

Az irodalomban a leginkább vizsgált anyagok a különböző fémek, fémötvözetek. (Bár végeznek kutatásokat grafit nanocsöves anyagokkal is [6].) A fémek felelnek meg leginkább az „ideális” hidrogéntároló felsorolt követelményeinek. Azonban a vizsgálatok során több fizikai-kémiai nehézség is felmerült ezen tárolóanyagokkal kapcsolatban.

A feltöltés-kiürítési ciklus során a tároló anyagában jelentős változások következhetnek be:

Egyrészt anyagszerkezeti változás: a legtöbb fém a hidrogénnel – elsőrendű kötést kialakítva – hidridet képez. Ez jelentős szerkezeti átrendeződéssel járhat, ami után az anyag már nem kerül vissza eredeti állapotába a kiürítést követően sem. Ez az új anyagszerkezet lehet a hidrogénfelvétel szempontjából kedvezőbb is (egyes feltételezések szerint az első feltöltéskor lejátszódik egy ún. térfogati aktiválás [10]), azonban a legtöbb esetben ez az abszorbens fém mechanikai tulajdonságának jelentős leromlásával jár, sőt sok esetben az anyag néhány ciklus után egyszerűen elporlad.

Kémiai változások is bekövetkeznek: a fémötvözetek komponenseinek hidridképző hajlama eltérő, illetve a tárolóanyag egyes komponensei egymással vegyületet is képezhetnek. Ennek következtében kialakulhatnak az egyes komponensekben feldúsult részek (klaszterek), az anyag kémiaiilag inhomogénné válhat [7].

További gondot jelent sok fém igen erős oxidációs hajlama: a felületen kiépülő zárt oxidréteg ugyanis a hidrogén számára is átjárhatatlan [8].

A fémötvözeteken belül külön meg kell említeni az ún. fémüvegeket. Ezek gyors hűtéssel folyékony állapotban „befagyasztott” fémötvözetek. Nincs határozott kristályszerkezetük, így a hidrogénfelvétel során lejátszódó fizikai változások hatására kevésbé roncsolódik az anyag; sőt, rendezetlen atomi szerkezetüknek köszönhetően a hidrogén diffúziója ezen anyagokon belül sokkal gyorsabb, mint az azonos összetételű kristályos anyagokban. (A szabályos kristályszerkezet a hidrogén számára nehezen átjárható, a rácshibák számának növekedésével a diffúzió sebessége növekszik. [7]) A fémüvegek előállításukból adódó további előnye a nagyon kis vastagság, vagyis a nagy fajlagos felület és a rövid diffúziós utak; ezáltal gyorsabb abszorpció és deszorpció valósítható meg.

A kutatás egy másik iránya a por állapotú hidrogéntároló fémötvözetek területe. Ezeknél egyrészt nem okoz gondot a már említett mechanikai roncsolódás, másrészt nagy feltöltési és kiürítési sebesség érhető el a nagy fajlagos felületnek (akár 100 m²/g) és a rövid diffúziós utaknak köszönhetően. Ezeknél a poroknál a problémát a szintereződés jelenti, vagyis idővel a szemcsék összetapadnak, így a por elnyelési tulajdonságai jelentősen romlanak. A kinetika gyorsítására, valamint a szintereződés elkerülésére elterjedt módszer hidrogéntároló porok esetében a hidrogén felvétel/leadás közbeni őrlés (Reactive Mechanical Milling).

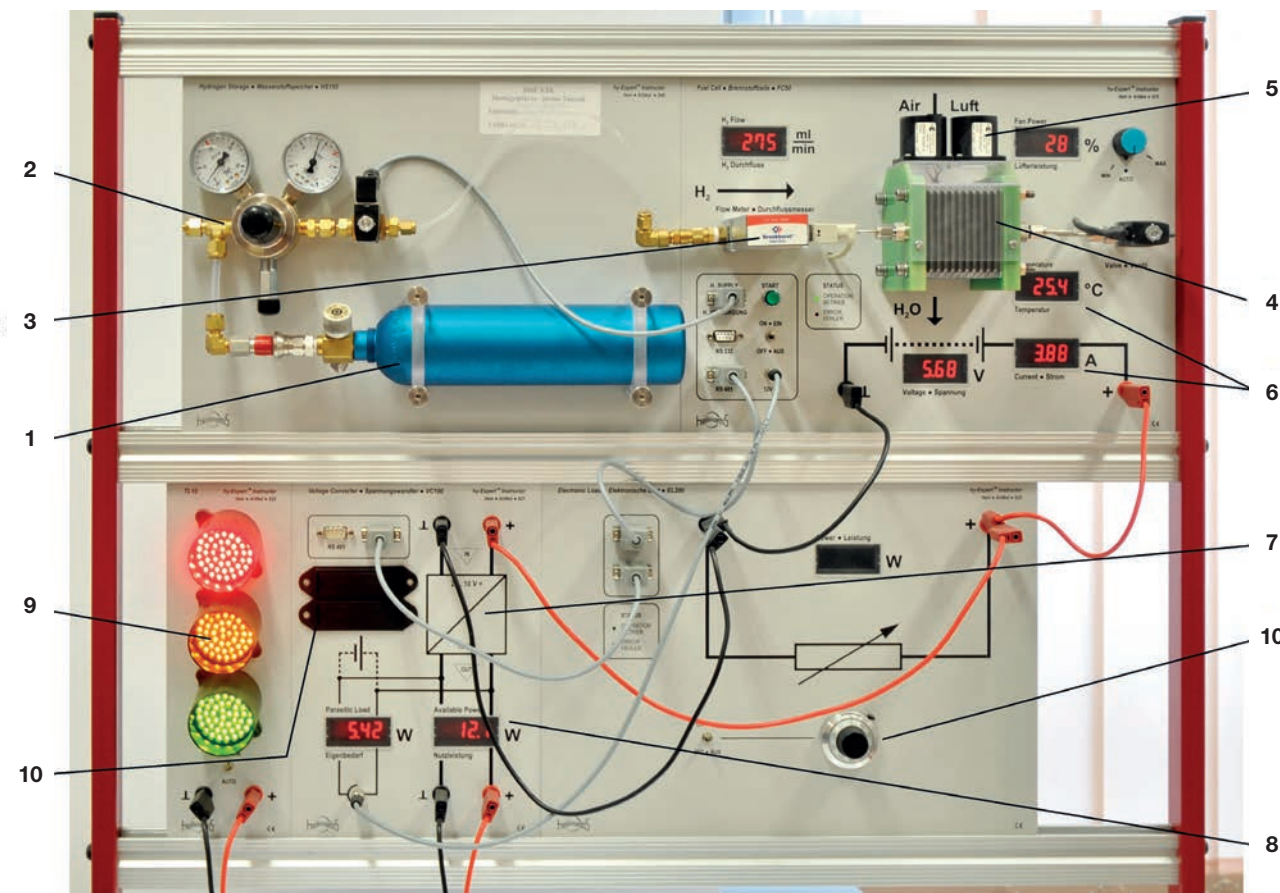
Jelenleg a BME Gépjárművek és Járműgyártás Tanszékén Zr- és Mg-alapú fémüvegek hidrogéngáz-közegből történő feltöltésének-kiürítésének kutatása folyik, mely témában ez idáig három doktori értekezés született a tanszéken ([1][9][10]).

5. ÖSSZEFOGLALÁS, JÖVŐBENI FELHASZNÁLÁS

A világ energiaipara – élen a járműiparral – nagy változás előtt áll a következő 50 évben: a jelenleg domináns, fosszilis energiaforrások felhasználása csökkenni, az alternatív és megújuló energiaforrások aránya jelentősen növekedni fog. Ennek oka egyrészt az egyre súlyosabb környezetszennyezés, másrészt a fosszilis készletek egyre csökkenő mennyisége.

Tiszta energia szinte korlátlan mennyiségben áll rendelkezésünkre, azonban nem ott és akkor, ahol és amikor fel szeretnénk használni: a szélerőművekben, naperőművekben, vízerőművekben, atomerőművekben (a jövőben talán a fúziós erőművekben) keletkező energiát tárolni kell, és a felhasználás helyére hatékonyan eljuttatni. A villamos energia szállítása távvezetéken veszteséges, nagy mennyiségű tárolása nem megoldott.

A hidrogénalapú energia-körfolyamat komplett megoldást kínál a problémára: hidrogén vízből szinte korlátlan mennyiségben előállítható megújuló energia befektetésével. Így az adott pillanatban fölösleges energiát hidrogén formájában tárolni lehet, amit aztán a felhasználás helyén üzemanyagcellában „elégítve” visszanyerhetünk, míg melléktermékként kizárólag víz keletkezik. Mobil energiaforrásként különösen a közlekedés számára lenne kiváló üzemanyag a hidrogén. A körfolyamat technológiailag már régóta megvalósítható, a két legnagyobb hátráltatója a hidrogéntárolás jelenleg alkalmazott módszereinek nem megfelelően biztonságos és hatékony volta, valamint az üzemanyagcellák magas ára. Szükséges továbbá a megfelelő hidrogénellátó rendszer kiépítése, ez azonban a technológia terjedésével folyamatosan meg fog valósulni. ●



2. ábra: a BME Gépjárművek és Járműgyártás Tanszéken található kísérleti üzemanyagcella mérőpanel: 1: Cr-Ni poros abszorbens hidrogéntartály; 2: Reduktor; 3: Hidrogénszelep és átfolyásmérő; 4: PEM üzemanyagcella (50 W); 5: Ventilátor; 6: Üzemanyagcella működési jellemzői; 7: Feszültségátalakító és stabilizáló; 8: Működtető és hasznos teljesítmény; 9: Terhelés (LED-es lámpa); 10: Változtatható műterhelés; 11: A mérőpanel beindításához szükséges ceruzaelemek

IRODALOM

- [1] Garaguly József: Hidrogén abszorpció-deszorpció vizsgálata amorf ötvözetekben, in situ ellenállás-méréssel, doktori értekezés, Budapest 1998.
- [2] <http://tudastar.255.hu/2009/03/bmw-hidrogen-beloogesu-motor-42.html> letöltve: 2009. augusztus
- [3] Dóry Zsófia: Hidrogénteknológia alkalmazása szélerőmű energiatermeléséhez, TDK-dolgozat, BME Gépészmérnöki Kar, Budapest, 2008.
- [4] A. Bárdos, S. Bauer, W. Braun, P. Orbán, K. Schleede, P. Smith, Cs. Walczar: Increasing Motor Efficiency with a Copper Rotor, 26th Advanced Manufacturing and Repair Technologies in Vehicle Industry, Balatonfüred, 2009.
- [5] Dr. Prohászka János: Bevezetés az anyagtudományba I., Tankönyvkiadó, Budapest 1988.
- [6] Nature Vol. 414. 2001 november (Macmillan Mag. Ltd)
- [7] M. Savyak, S. Hirnyj, H-D. Bauer, M. Uhlemann, J. Eckert, L. Schultz, A. Gebert: Electrochemical hydro-genation of Mg65Cu25Y10 metallic glass, Journal of Alloys and Compounds 364 (2004) 229-237.
- [8] F. D. Manchester and D. Khatamian: Mechanis for activation of intermetallic hydrogen absorbers, Mat. Sci. For. Vol. 31 1988, pp: 261-296;
- [9] Vehovszky Balázs: Hidrogénabszorpció által okozott felületi és térfogati változások vizsgálata nemegyensúlyi ötvözetekben, PhD-értekezés, BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Járműgyártás és -javítás Tanszék, Budapest, 2012.
- [10] Balla Sándor: A hidrogén hatása néhány átmenetifém-alapú fémüveg abszorbens szerkezetére és feszültségre érzékeny tulajdonságaira, PhD-értekezés, BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Járműgyártás és -javítás Tanszék, Budapest, 2012.

Szilikonolajok nagyfrekvenciás reológiai tulajdonságai

KÓKUTI ZOLTÁN

Szegedi Tudományegyetem TTIK

KITTY VAN GRUIJTHUIJSEN

Adolphe Merkle Institute, University of Fribourg, Switzerland

JENEI MÁTÉ, TÓTH-MOLNÁR GÁBOR, CZIRJÁK ATTILA, KOKAVECZ JÁNOS, SZABÓ GÁBOR

Szegedi Tudományegyetem TTIK

AILER PIROSKA, PALKOVICS LÁSZLÓ

Kecskeméti Főiskola GAMF Kar

ANDREAS C. VÖLKER

LS Instruments AG, Fribourg, Switzerland

Nagy viszkozitású szilikonolajok (polydimethylsiloxane, PDMS) reológiai tulajdonságait és modellezését ismertettük. A rotációs reométerrel mért nyírási és oszcillációs tesztek eredményeit a kapilláris viszkoziméterrel, illetve DWS mikroeológiai módszerrel mért adatok közel 100 kHz frekvenciáig terjesztik ki. Ezek alapján a minták teljesítik a Cox–Merz-szabályt egy legalább 6 nagyságrendet átfogó frekvenciatartományban, amit felhasználunk egy erre épülő White–Metzner-modell mint anyagi egyenlet definíciójában. Ez a modell pontosan írja le az olyan nemlineáris viszkoelasztikus tulajdonságokat, mint a pszeudoplaszticitás és a nagy amplitúdójú oszcillációs nyírás amplitúdófüggése.

Rheological properties and modeling of high viscosity silicone oils (polydimethylsiloxane, PDMS) are reported. Experimental data of flow curves and oscillatory tests from a rotational rheometer are extended by capillary viscosimetry and by DWS microrheology up to 100 kHz. These results show that the samples obey the Cox–Merz rule in a frequency range of 6 magnitudes, which is used in the definition of a multi-element White–Metzner model as a constitutive equation. This nonlinear White–Metzner model accurately describes nonlinear viscoelastic properties like the shear thinning and the amplitude dependence in large amplitude oscillatory shear tests.

BEVEZETÉS

A nagy viszkozitású szilikonolajok (polydimethylsiloxane, PDMS) reológiai paramétereinek pontos mérése és modellezése fontos kutatási terület, hiszen ezeket az anyagokat igen széles körben alkalmazzák az alapkutatótól az ipari felhasználásig [1, 2]. A szilikonolaj előnyös tulajdonságai közé tartozik többek között a magas hőálló képesség, a kémiai stabilitás, az alacsony egészségi és környezeti kockázat, továbbá a kedvező beszerzési ár.

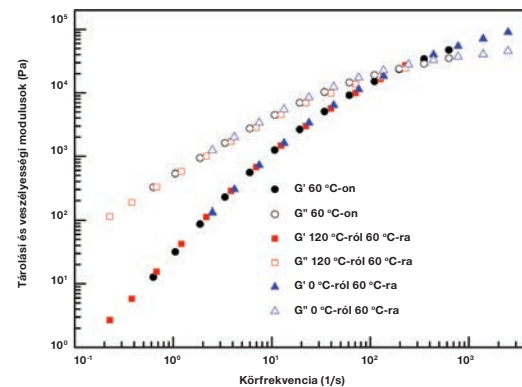
A járműipar elsősorban lengéscsillapító anyagként használja a szilikonolajokat, speciális alkalmazási területe a dugattyús motorok főtengelyének szabad végén elhelyezkedő torziós viszkozus lengéscsillapító, ahol a szükséges nagy viszkozitást a szilikonolaj biztosítja.

A gyártók a szilikonolajok csillapító képességét jellemzően a DIN 53018 szabvány szerint, 25 °C hőmérsékleten mért kinematikai viszkozitásukkal adják meg, azonban ezek az anyagok valójában bonyolult reológiai tulajdonságokkal rendelkező, nemlineáris viszkoelasztikus folyadékok. Az alkalmazási területeken a szilikonolajat érő terhelés növekedésével ezek a nemlineáris reológiai tulajdonságok egyre inkább megnyilvánulnak, ezért az anyagi paraméterek és a rájuk építhető anyagmodellek elegendően pontos ismerete már nélkülözhetetlen a mérnöki gyakorlatban.

Jelen munkánkban egy tipikus nagy viszkozitású szilikonolaj, az AK1.000.000 méréseivel és modellezésével kapcsolatos vizsgálataink eredményeit ismertettük.

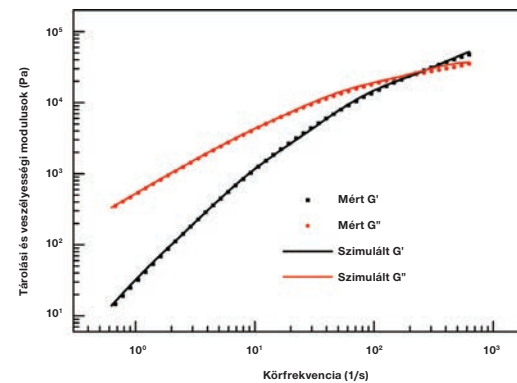
LINEÁRIS VISZKOELASZTIKUS MODELL A TTS SZABÁLY ALAPJÁN

Kis amplitúdójú oszcillációs tesztek (small amplitude oscillation test, SAOS) segítségével a viszkoelasztikus folyadékok legfontosabb lineáris reológiai jellemzői pontosan megmérhetők. A tárolási és a veszteségi modulusz jól ismert formula szerint függ



1. ábra: TTS-szabály alkalmazásával a különböző hőmérsékleten mért SAOS-görbék nagyon jó átfedéssel tolhatóak egymásra, az így kapott, 60 °C hőmérsékleten érvényes mestergörbe frekvenciatartománya jelentősen, közel 300 Hz-ig kiterjeszthető

a körfrekvenciától [3], ennek ismeretében pedig egy többelemű Maxwell-modell viszkozitási és elasztikus paraméterei (illetve a kettő hányadosaként számítható időállandók) numerikus illesztéssel könnyen meghatározhatóak. Szilikonolaj mintáinkon a SAOS méréseket egy Physica MCR-101 (Anton Paar) típusú rotációs reométerrel végeztük. A készülék (akárcsak a legtöbb kereskedelmi forgalomban kapható reométer) maximum 100 Hz frekvenciával képes oszcillációs tesztet végezni, ami jelentősen alatta marad a megismerni és modellezni célzott frekvenciatartománynak. Méréseink azonban azt is megmutatták, hogy a vizsgált 0 °C – 120 °C hőmérsékleti tartományban a PDMS termoreológiai egyszerű anyag, azaz teljesíti a TTS (time-temperature superposition) szabályt [3]. Mivel eszerint a különböző hőmérsékleten a körfrekvencia függvényében megmért tárolási és veszteségi modulusz görbék kétszer logaritmikuskálán ábrázolva egymásba tolhatóak,



2. ábra: a tárolási (G' , fekete) és veszteségi (G'' , piros) modulusok rotációs reométerrel mért értékei által adott, 60 °C hőmérsékletre vonatkozó mestergörbe a körfrekvencia függvényében, valamint a hozzá illesztett, 5 Maxwell-elemből álló lineáris viszkoelasztikus modell alapján számított függvényértékeik összehasonlítása

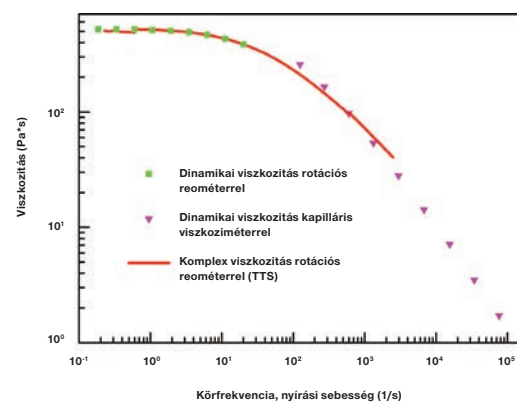
ez felhasználható arra, hogy a legfontosabbnak ítélt 60 °C hőmérsékleten a SAOS-teszt frekvenciatartományát kiterjesszük közel 300 Hz-ig. Mérési eredményeinket az 1. ábrán mutatjuk be.

A TTS eltolásokkal előállított úgynevezett mestergörbét egy 5 Maxwell-elemet tartalmazó koncentrált paraméterű modellel már nagyon pontosan tudjuk illeszteni, ezt a 2. ábra szemlélteti.

NEMLINEARITÁS: NEM-NEWTONI VISELKEDÉS, COX–MERZ-SZABÁLY

A rotációs reométerrel nyírási tesztek (flow curve) végezve azt tapasztaltuk, hogy a szilikonolaj-minta nem-newtoni folyadékként viselkedik: a nyírási sebességet növelve csökken a viszkozitása, azaz pszeudoplasztikus (shear thinnig) folyadék. Mérési eredményeink a 3. ábrán láthatóak. A pszeudoplasztikus nyírási görbe nem magyarázható a Maxwell-modell segítségével, az ugyanis a nyírási sebességtől független viszkozitást ad, mint az a konstitúciós egyenlete alapján könnyen látható. A pszeudoplasztikus viselkedés tehát azt bizonyítja, hogy a PDMS-mintánk nemlineáris viszkoelasztikus anyag.

A rotációs reométerrel végezhető nyírási teszteknek azonban kb. 20 1/s nyírási sebességnél határt szab az úgynevezett Weissenberg-hatás: a mintában a nyírás hatására ébredő, a forgástengellyel párhuzamos nyomófeszültség értéke ekkor már elegendő ahhoz, hogy a mintát kinyomja a mérő geometriából [4].



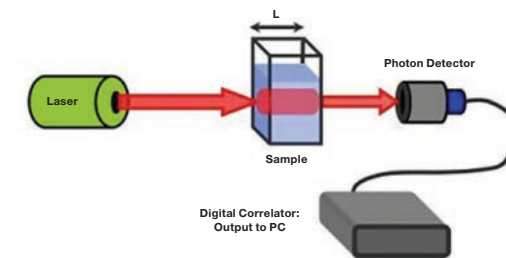
3. ábra: a Cox–Merz-szabály a reométeres mérések alapján pontosan teljesül a kisfrekvenciás tartományban, azonban nagyobb frekvenciák esetén nem elegendő az átfedés a kapilláris viszkoziméterrel mért tartománnyal ennek eldöntéséhez

Összevetve a reométerrel mért nyírási, illetve oszcillációs tesztek azt tapasztaltuk, hogy az olaj teljesíti a Cox–Merz-szabályt [5]: a rugalmassági és veszteségi moduluszokból számítható η^* komplex viszkozitás abszolút értéke egy adott ω körfrekvencián megegyezik az η dinamikus viszkozitásnak azon nyírási sebességnél mért értékével, amelynek számértéke megegyezik az előbbi körfrekvenciával:

$$|\eta^*(\omega)| = \eta(\dot{\gamma})|_{\dot{\gamma}=\omega} \quad (1)$$

Azaz, ha a dinamikus viszkozitást a nyírási sebesség függvényében, valamint a komplex viszkozitás abszolút értékét a körfrekvencia függvényében egyazon grafikonon ábrázoljuk, akkor a görbék igen pontosan illeszkednek egymásra, mint a 3. ábrán. A Cox–Merz-szabály egy tapasztalati összefüggés, amely általában a Maxwell típusú viszkoelasztikus folyadékokra érvényes [6] (azaz tipikusan telítetlen polimer oldatokra és polimer olvadékokra, amikor elsősorban a molekulák közötti mechanikai jellegű kölcsönhatások felelősek a reológiai jellemzőkért). Tehát a Cox–Merz-szabályt csak abban a tartományban tekinthetjük igaznak, amelyben méréssel is ellenőrizni tudjuk, és fentiek alapján a rotációs reométerrel erre csak 20 1/s nyírási sebességig van lehetőségünk.

Kapilláris viszkoziméter alkalmazásával azonban lehetőségünk van a viszkozitás mérésére lényegesen nagyobb nyírási sebességeknel is. Méréseinket egy Götfert Rheograph 25 típusú műszerrel



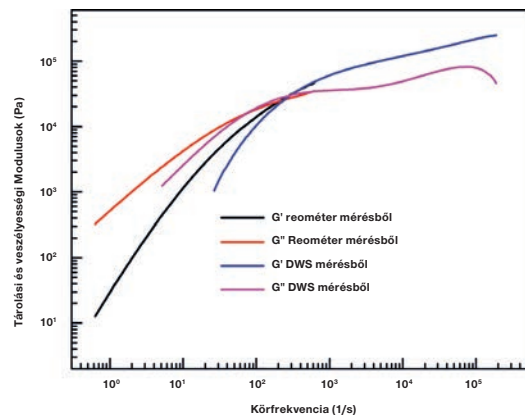
4. ábra: a mikroeológiai DWS-módszer működése elvének szemléltetése

végeztük a 100 1/s – 76 000 1/s nyírási sebességtartományban, az így kapott adatokat is a 3. ábrán mutatjuk be. Abban a nyírási sebességtartományban, ahol az adatok átfednek a reométeres oszcillációs tesztekkel származó komplex viszkozitási adatokkal, a Cox–Merz-szabály teljesülése kérdéses. Ez a tartomány azonban a reométer szempontjából a méréshatár maximuma, míg a kapilláris viszkoziméter méréshatárának minimuma, ezért a mért értékek hibája már nem feltétlen elhanyagolható, így ez a kérdés további vizsgálatot igényelt.

NAGYFREKVENCIÁS REOMETRIA A DWS-MÓDSZER SEGÍTSÉGÉVEL

Lehetőségünk van mikroeológiai módszerekkel is vizsgálni az anyagok viszkoelasztikus tulajdonságát. Ilyenkor nyomjelző részecskéket viszunk be a vizsgált folyadékba, és vizsgálva ezen részecskék mozgását, kiszámíthatóak a folyadék reológiai tulajdonságai. Aktív mikroeológiáról akkor beszélünk, ha a részecskék mozgását mi idézzük elő (valamilyen erővel gyakorlunk rájuk). A passzív mikroeológiás eljárásoknál a részecskék véletlenszerű hőmozgását (Brown-mozgás) vizsgáljuk, ennek segítségével anélkül határozhatjuk meg a folyadék viszkoelasztikus tulajdonságait, hogy áramlásba hoznánk a mintát.

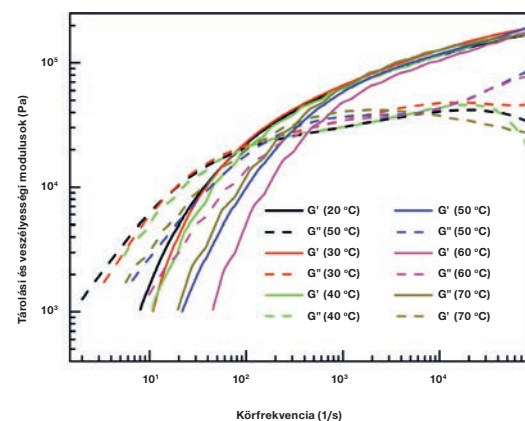
Ahhoz, hogy magasabb frekvenciatartományokban is képesek legyünk a szilikonolaj reológiai jellemzésére, a DWS (Diffusing



5. ábra: a DWS, illetve rotációs reométeres mérésekből kapott tárolási és veszteségi modulusok 60 °C hőmérsékleten. A magasabb körfrekvencia-értékeknél igen jól illeszkednek egymásra az eredmények

Wave Spectroscopy) eljárás a legalkalmasabb mikrореológiai módszer [7, 8]. Ez a módszer a passzív eljárások körébe tartozik, egy olyan optikai technika, ami a fénynek a mintán való szóródását vizsgálja, sematikus vázlatát a **4. ábra** mutatja. Lényege, hogy egy lézernyalábbal világítjuk meg a nyomjelző részecskéket tartalmazó folyadékmintánkat. A beérkező fény többször szóródik a nyomjelző részecskéken. Megmérve a szórt fény intenzitásfluktuációjának korrelációs tulajdonságait, megkaphatjuk a részecskék véletlen hőmozgásának átlagos négyzetes elmozdulását. Az elmozdulásból mikrореológiai számításokkal megkaphatjuk az anyagra jellemző elasztikus és viszkozus tulajdonságokat, azaz a tárolási és veszteségi moduluszt, tipikusan 0.1 Hz-től akár 10 MHz-es frekvenciákig is. A módszer tehát képes nagyfrekvenciás reológiai vizsgálatára is.

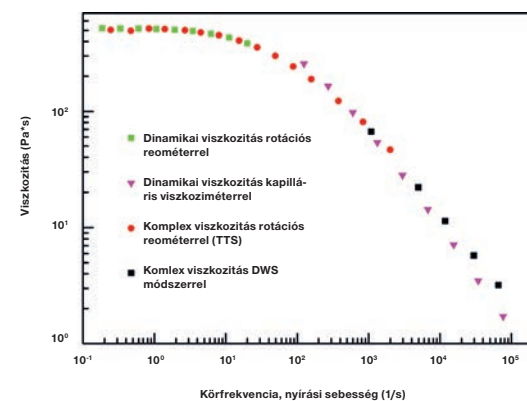
Az LS Instruments DWS ResearchLab készülékével végeztük a mikrореológiai méréseket. A szilikonolajok fényszórásos vizsgálatához 180 nm sugarú titán-dioxid részecskéket kellett egyenletesen eloszlaltunk a mintában. A mérések eredményeként kapott tárolási és veszteségi modulus értékek a 100 rad/s körfrekvencia feletti tartományban igen jól illeszkednek a rotációs reométerrel mért értékekhez, ezt illusztrálja az **5. ábra** a 60 °C hőmérsékleten mért adatokkal. Az ábráról az is leolvasható, hogy alacsony frekvencián a veszteségi modulus, magas frekvencián viszont a tárolási modulus lesz a domináns. A **6. ábra** mutatja a különböző hőmérsékleten mért G' ; G'' értékeket: megállapítható, hogy magas frekvenciánál gyakorlatilag mindkét mennyiség függetlenné válik a hőmérséklettől.



6. ábra: a DWS-módszerrel mért tárolási és veszteségi modulusok különböző hőmérsékleteken

A **7. ábra** segítségével összevethetjük a DWS-mérésekből számolt komplex viszkozitási adatokat a kapilláris viszkoziméterrel mért dinamikai viszkozitási adatokkal. E két mennyiségnek az igen jó egyezése már igazolja azt a sejtésünket, hogy a nagyfrekvenciás tartományban is érvényes a Cox–Merz-szabály.

A különböző reometriai technikákkal megmért dinamikai, illetve komplex viszkozitási értékek alapján kijelenthetjük, hogy a Cox–Merz-szabály közel 6 nagyságrendet átfogó frekvencia-tartományban elég pontosan teljesül.



7. ábra: a négyféle mérési módszerrel kapott viszkozitásértékek. Összevetve a rotációs reométerrel kapott viszkozitásértékeket, illetve a DWS spektroszkópiával és kapilláris viszkoziméterrel kapott adatokat, megállapítható, hogy a 6 nagyságrendet átfogó tartományban a szilikonolaj teljesíti a Cox–Merz-szabályt

WHITE–METZNER-MODELL

A Cox–Merz-szabály a szilikonolaj reológiai modellje szempontjából azért is fontos számunkra, mert lehetővé teszi a lineáris Maxwell-modell általánosítását egy White–Metzner típusú modell [9] segítségével. Ez a modell abban különbözik egy többelemű Maxwell-modelltől, hogy itt a viszkozitási-paraméterek nem állandók, hanem függnek a nyírási sebességtől, mint azt az alábbi konstitúciós egyenlet mutatja:

$$\tau_i(t) + \frac{\tilde{\eta}_i(\dot{\gamma})}{g_i} \dot{\tau}_i(t) = -\tilde{\eta}_i(\dot{\gamma}) \cdot \dot{\gamma}(t), \quad (2)$$

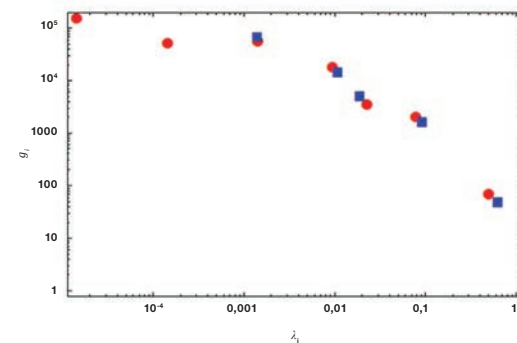
$$\tau(t) = \sum_i \tau_i(t),$$

ahol $\dot{\gamma}$ a nyírási sebesség, τ a teljes és τ_i az egy White–Metzner elemre jutó nyírófeszültség, g_i pedig az elasztikus paraméter. Az $\tilde{\eta}_i$ viszkozitási-paramétereknek a nyírási sebességtől való függését az alábbi függvényekkel modellezzük:

$$\tilde{\eta}_i(\dot{\gamma}) = \frac{\eta_i}{\sum_j \eta_j} \sqrt{\left(\sum_j \frac{\eta_j}{1 + (\lambda_j \dot{\gamma})^2} \right)^2 + \left(\sum_j \frac{\eta_j \lambda_j \dot{\gamma}}{1 + (\lambda_j \dot{\gamma})^2} \right)^2} \quad (3)$$

A fenti képletben szereplő η_i viszkozitási paramétereket és λ_i időállandókat ($\lambda_i = \eta_i/g_i$) a többelemű Maxwell-modellnek a mérési adatokhoz történő illesztéséből határozzuk meg. Ezért a Cox–Merz-szabály automatikusan teljesül a $\tilde{\eta}_i$ fenti képlete segítségével.

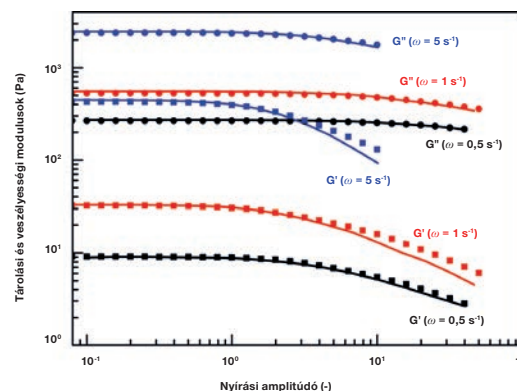
Egy 7 elemből álló White–Metzner-modell már képes pontosan leírni a DWS-mérések alapján kiegészített teljes frekvencia, illetve nyírási sebesség tartományban a jelen munkánkban is-



8. ábra: modellparaméterek összehasonlítása: a teljes (SAOS- és DWS-módszerekkel megmért) frekvenciatartományra illesztett 7 elemű nemlineáris White–Metzner-modell paraméterei (pirossal), illetve a csak a SAOS-mérésekre illesztett 5 elemű Maxwell-modell paraméterei (kékkel)

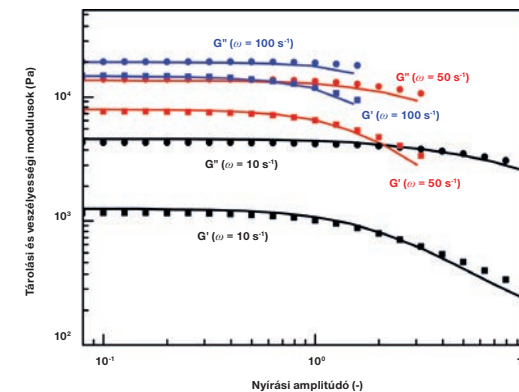
mertett nemlineáris viszkoelasztikus tulajdonságokat. Ennek a modellnek a λ_i időállandóit és a hozzájuk tartozó g_i elasztikus paramétereit mutatja a **8. ábra**. Ugyanezen az ábrán feltüntettük a SAOS-mestergörbére illesztett 5 elemű lineáris Maxwell-modell paramétereit is. Jól látható, hogy ez az 5 paraméter igen közel esik a 7 elemű modell megfelelő paramétereire, ami szintén azt támasztja alá, hogy a DWS-adatok megbízható kiterjesztései a SAOS-adatoknak.

A 7 elemű nemlineáris White–Metzner-modell érvényességét nagy amplitúdójú oszcillációs nyírási tesztek (large amplitude oscillatory



9. ábra: LAOS-tesztek mérési eredményeinek összevetése a 7 elemű nemlineáris White–Metzner-moddellel végzett szimulációs eredményekkel, kis frekvenciákon.

shear, LAOS) segítségével vizsgáltuk, mivel ezek mérési eredményeit a modell felépítésében nem használtuk fel. A White–Metzner-modell alapján numerikusan szimulált tesztekben számított veszteségi és tárolási modulusok jól illeszkednek a mérési adatokra. A mért és a számított függvényértékek illeszkedését kisebb frekvenciák esetén a **9. ábrán**, nagyobb frekvenciák esetén a **10. ábrán** mutatjuk be.



10. ábra: LAOS-tesztek mérési eredményeinek összevetése a 7 elemű nemlineáris White–Metzner-moddellel végzett szimulációs eredményekkel, nagyobb frekvenciákon.

ÖSSZEFOGLALÁS

Nagy viszkozitású szilikonolajok reológiai tulajdonságait vizsgáltuk. A rotációs reométerrel mért nyírási és oszcillációs tesztek eredményeit a kapilláris viszkoziméterrel, illetve DWS mikrореológiai módszerrel mért adatok 100 kHz frekvenciáig terjesztik ki konzisztensen. Megállapítottuk, hogy a Cox–Merz-szabály teljesül egy legalább 6 nagyságrendet átfogó frekvenciatartományban. Erre alapozva megalkottunk egy White-Metzner típusú anyagi egyenletet, ami pontosan modellezi az olyan nemlineáris tulajdonságokat is, mint például a pszeudoplasztikus nyírásgörbe, valamint a nagy amplitúdójú oszcillációs nyírással mérhető amplitúdófüggés.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetet mondunk az SZTE GYTK Gyógyszer technológiai Intézet, az SZTE TTK Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszék, valamint a Kecskeméti Főiskola GAMF Kar Anyagtechnológia Tanszék munkatársainak a műszerek használatában nyújtott segítségért. ●

IRODALOM

- [1] P. Jerschow: Silicone Elastomers. Smithers Rapra Technology, 2002
- [2] M. T. Ghannam and M. N. Esmail: Rheological Properties of Poly(dimethylsiloxane), Ind. Eng. Chem, Res., 37 (1998) 1335-1340
- [3] F. A. Morrison: Understanding Rheology. Oxford University Press, 2001
- [4] S.M. Freeman and K. Weissenberg, In: Conf. British Rheologists' Club, 36 K (1946)
- [5] W. P. Cox and E. H. Merz: Correlation of dynamic and steady flow viscosities. In: Journal of Polymer Science, 28 (1958). p.: 619-622
- [6] Thomas G. Mezger: The Rheology Handbook. Vincentz, Hannover, 2011
- [7] D. J. Pine, D. A. Weitz, P. M. Chaikin, and E. Herbolzheimer: Diffusing wave spectroscopy. In: Physical Review Letters 60 (1988), p.: 1134-1137
- [8] G. Maret: Diffusing-wave spectroscopy. In: Current Opinion in Colloid & Interface Science, 2 (1997) pp. 251-257
- [9] J. L. White and A. B. Metzner: Development of constitutive equations for polymeric melt and solutions, In: Journal of Applied Polymer Science, 7 (1963). p.: 1867-1889

Versenyautó telemetriás rendszerének fejlesztése, különös tekintettel a rendszer villamosmérnöki és informatikai vonatkozásaira

SZELI ZOLTÁN

egyetemi tanársegéd
Széchenyi István Egyetem

HORVÁTH ERNŐ

tanszéki mérnök
Széchenyi István Egyetem

SAKÁLLAS GÁBOR

kutatómérnök

Cikkünk a Széchenyi István Egyetem 2013-as Shell Eco-marathon versenyre készült villamos hajtású járműve telemetriás rendszerének hardveres és szoftveres fejlesztését mutatja be, részletesebben kitérve az akkumulátor felügyeleti és a jármű-informatikai rendszerére. Ismertetjük az elektronikus rendszer felépítését és a fejlesztés során felmerült és teljesített követelményeket.

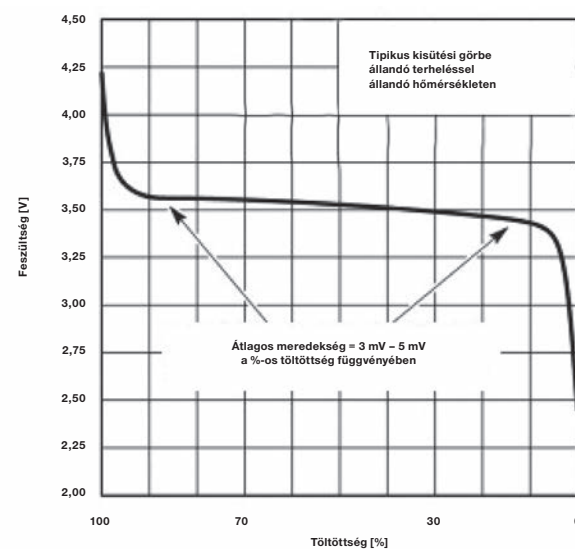
The aim of this paper is to describe the telemetry system of the 2013 Shell Eco-marathon race car built by Students at the Széchenyi University Győr pointing hardware and software. The architecture and the development of the whole electronic system are explained regarding the prescriptions and rules.

A FEJLESZTÉS CÉLJA

A Széchenyi István Egyetem Járműipari Kutató Központjának keretein belül többek között olyan elektromos meghajtású járművek fejlesztésén dolgozunk, amelyeknek versenykörülményeknek is meg kell felelniük.

A SZEenergy Team számára fejlesztett jármű idén a Shell Eco-marathon versenyen képviselte a Széchenyi István Egyetemet a napelemmel kiegészített elektromos meghajtású kategóriában. A kategória célkitűzése, hogy 1 kW/h energiával minél nagyobb távolságot tegyen meg a jármű.

A verseny követelményeinek fejlődése, valamint a csapat által alkalmazott technikák magasabb szintre emelése érdekében egy új jármű-irányítási rendszert fejlesztettünk ki járműünk számára.



1. ábra: lítiumion-cella kisütési görbe

A RENDSZER ISMERTETÉSE, VALAMINT AZZAL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK

Hardveres szempontból a rendszerünk mérésadatgyűjtőkből és a hozzájuk tartozó szenzorokból áll. Az egyes mérésadatgyűjtők a jármű különböző elektronikai részegységeibe integrálva kaptak helyet, mint például az akkumulátor felügyeleti rendszere, a motorvezérlő elektronika, valamint a jármű irányításáért felelős hardveregység. Ezek az egységek a hozzájuk tartozó alrendszerek irányítása mellett látják el mérés-adatgyűjtési funkciójukat, és a mért paramétereket a járműben kialakított CAN-bus segítségével juttatják el a központi irányítóegységhez, amely egy National Instruments gyártmányú CompactRIO eszköz.

A hardveres eszközök és a kommunikációs csatorna kialakításánál fontos szerepet játszott a biztonság, az üzembiztonság, valamint képes legyen a kellően nagy felbontású és relatíve nagy gyakoriságú adatok rögzítésére és továbbítására.

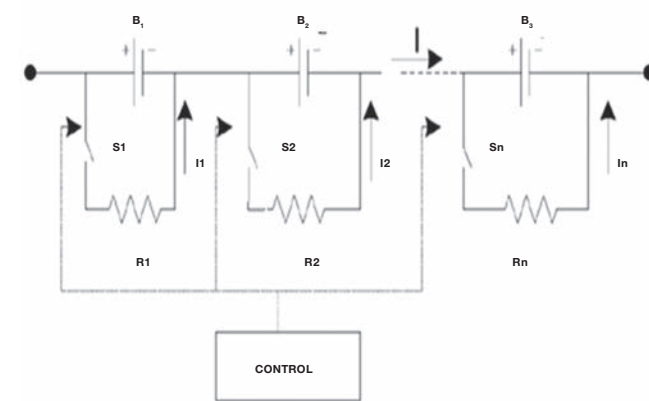
Az adatok rögzítésére az utólagos feldolgozhatóság, illetve a valós idejű továbbításra a jármű vezetője és a bokszban lévő mérnökök tájékoztatása miatt volt szükséges.

AZ ELEKTRONIKAI ALRENDSZEREK FELÉPÍTÉSE

Akkumulátorfelügyeleti rendszer, hibrid cellakegyenlítő fejlesztése

Az akkumulátorok körében a legdinamikusabban fejlődő típust a lítiumion-technológiájú energiatárolók képviselik, kis tömeg mellett szolgáltatnak relatíve sok energiát. Aránylag lassú az önkisülése, kevesebb, mint a fele a nikkelalapú akkumulátorokhoz képest. Rendszerint 10% alatti az éves töltésvesztés. Nincs memória-effektus, nem igényelnek különösebb karbantartást.

A lítiumion-akkumulátorok normál üzemi feszültségen biztonságosan működnek, de mindinkább bizonytalanná válnak, ha magasabb feszültségre töltjük őket. Egy több mint 4,30 voltra fel-töltött cellában lítium csapódik ki az anódra, a katódról elindul egy oxidációs folyamat, melynek folyamán a cella elveszti stabilitását, és oxigén képződik. A túltöltés, csakúgy, mint a megengedettnél



2. ábra: passzív cellakegyenlítés

nagyobb árammal való terhelés, a cella felmelegedését és tönkremenetelét okozza.

A nagy feszültség érdekében sorba kötött akkumulátorcellák nem egyformán töltődnek, főként ha a cellákat a megengedett szélső feszültségek alkotta tartományban használjuk. A töltéskülönbséget ún. cella-töltéskegyenlítő rendszerekkel lehet megszüntetni.

Kereskedelmi viszonylatban különféle feszültség-szinttel rendelkező akkumulátorokhoz kaphatunk felügyeleti rendszert (BMS=Battery Management System) számos funkcióval ellátva, de nagyrésznél megállapítható, hogy a cellakegyenlítő rendszert kevés esetben tartalmazzák, a jármű központi vezérlőjével való kommunikációs funkció szinte egyik esetben sem szerepel.

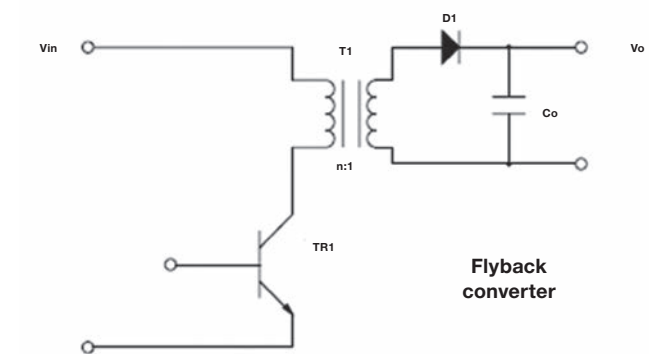
Fejlesztésünk célja egy nagy integráltsággal rendelkező rendszer kivitelezése volt, amely jó hatásfokkal valósítja meg a cellák közötti töltéskülönbség kiegyenlítését a biztonsági funkciók megtartása mellett, információt szolgáltatva a jármű vezérlőegységeinek az akkumulátorcellák állapotára és várható élettartamára vonatkozóan.

A cellák kisütési görbéjét láthatjuk az 1. ábrán, mely jól mutatja, hogy a cella töltöttségét (SOC) pontosan nehéz meghatározni a mért feszültségértékekből.

A rendszer a nagy pontosságú és felbontású Sigma-Delta átalakítók segítségével végez méréseket az akkumulátorcellák feszültségértékeiről, amelynek segítségével könnyebben meghatározhatóak az akkumulátor jellemző paraméterei, valamint növelhető az akkumulátorcellák élettartama.

A versenyautóban a megfelelő feszültség-szint elérése érdekében 14 db lítiumion-akkumulátor cellát kellett sorba kapcsolni.

Sorosan kapcsolt cellák töltésekor semmi nem garantálja, hogy az akkumulátorcellákra azonos töltőfeszültség jusson. Még két új akkumulátorcella belső ellenállása sem egyforma, ezért előfordulhat, hogy az egyikre alacsonyabb, míg a másikra magasabb töltőfeszültség jut azonos töltőáram mellett. Ez a folyamat



3. ábra: Flyback topológia

öngerjesztő, és mindkét cella idő előtti meghibásodásához vezet. Az alutöltött cella a kialakuló szulfátréteg miatt fokozatosan elveszti a kapacitását, a másik akkumulátorcella a rendszeres túltöltés okozta kiszáradás, majd a bekövetkező cellazárlat miatt megy tönkre.

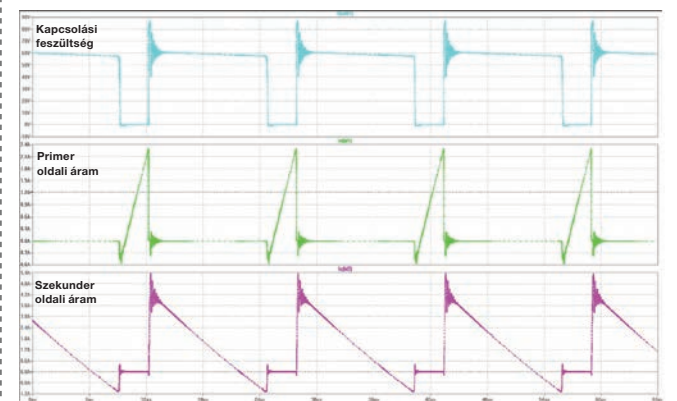
Ez a nem kívánt jelenség kiküszöbölhető töltéskegyenlítő rendszerrel, melynek lényege, hogy plusztöltést áramoltatunk az alacsonyabb feszültségű cellákba, valamint töltést veszünk ki a magasabb töltöttséggel rendelkező cellákból.

A folyamat kétféleképpen valósítható meg. Az egyik változat, amikor cellából cellába áramoltatjuk a töltéseket, a másik, amikor az akkumulátorpakk és az egyes cellák között valósítjuk meg a kiegyenlítést.

A kiegyenlítési metódusokat is két csoportra oszthatjuk. Passzív kiegyenlítésnek nevezzük, amikor a töltéstöbbletet ellenállásokon keresztül hővé alakítjuk, így hozza azonos feszültség-szintre az akkumulátorcellákat (2. ábra). A másik módszert aktív töltéskegyenlítőként ismerik. A töltéskegyenlítésre energiatároló egységet használ, amely a cellák közt ingáztatja az energiát kiegyenlítés céljából.

Az aktív cellakegyenlítést számos elrendezés segítségével valósíthatjuk meg. Ilyenek például:

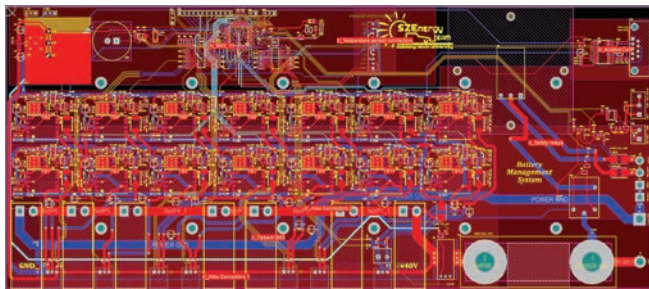
- Buck-Boost konverter
- CUK konverter
- Flyback konverter
- Full-Bridge konverter
- Quasi-Resonant konverter



4. ábra: UDS primer oldali feszültség

Minden kapcsolásnak megvan az előnye és hátránya is, továbbá lényeges különbségek mutatkoznak a bekerülési költségeikben. Az általunk fejlesztett rendszerben a Flyback kapcsolás került alkalmazásra (3. ábra), mely az egész akkumulátorcsomagból áramoltatja a töltéseket a szükséges cellákba. A mi esetünkben ez csomagonként 14 db akkumulátorcellát jelent, azaz 14 db Flyback konverter került kialakításra egy rendszeren belül. A módszer előnye, hogy egy cellába történő töltéstranszformáció hatásfoka közel megegyezik a konverter működési hatásfokával. A cellából cellába való töltésátadás lényegesen rosszabb hatásfokkal történik, amennyiben több cellán keresztül jutunk el a kívánt cellához.

A Flyback kapcsolással megvalósított konverter veszteségeinek nagy részét a kimeneti dióda és a transzformátor veszteségei határozzák meg, melyek alacsony feszültség és relatíve nagy áram mellett nem túl kedvezőek. A mi esetünkben ez az érték cellafeszültségtől függően 76%–85% között adódik. További fejlesztési lehetőség a kimeneti dióda helyettesítése MOSFET típusú kapcsolóelemmel, mely az összhatásfok emelkedését segíti elő 5–8%-kal.



5. ábra: BMS huzalozási terv

A konvertert áramszabályozott módban vezéreljük feszültség-határolással, biztosítva így a töltési karakterisztikát a lítiumion-cellák számára. A vezérlőegység primer oldali visszacsatolással rendelkezik, vagyis a primer oldali feszültség jelalakokból számítva állítja be a konverter kítöltési tényezőjét, egyúttal ellátva a védelmi funkciót az esetleges szekunder oldali szakadás esetén. A 4. ábrán láthatjuk a konverter kapcsolási jelalakjait. Megfigyelhető, hogy a vezérlés az úgynevezett „boundary” módban történik, azaz a folyamatos és a szaggatott vezérlés határán. Más szavakkal, amint az összes energia átáramlott a kimenet felé, a kapcsolóelem azonnal újra bekapcsol, így a transzformátornak nincs holtideje. A kapcsolóelem kikapcsolásakor jelentkező lengések a tekercs szórt induktivitásából adódnak.

Az így kialakított cellakiegyenlítő az alacsonyabb töltéssel rendelkező cellákba képes plusztöltést eljuttatni, míg a többlettöltéssel rendelkező cellákhoz passzív kiegyenlítést használunk, így a rendszerünk ebben a tekintetben hibrid cellakiegyenlítő rendszernek tekinthető.

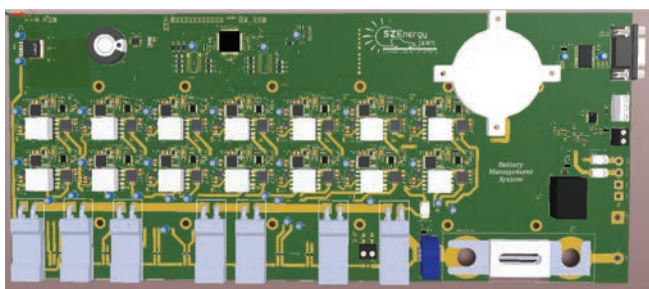
Az akkumulátorfelügyeleti rendszernek a cellakiegyenlítés csak egy részét képezi. A fejlesztett egység rendelkezik cellamonitorozó, védelmi és kommunikációs funkciókkal egyetlen rendszerbe integrálva.

A cellamonitorozást egy erre a célra fejlesztett integrált áramkör végzi, amely adatokat továbbít a processzornak, és így képes a kapott adatok alapján döntéseket hozni a vezérlés tekintetében, valamint felhasználja azokat az akkumulátorcellák jellemző paramétereinek a számolásához (töltöttségi állapot, üresjárás feszültség, belső ellenállás).

A hőmérsékletet 14 db I2C buszon kommunikáló hőmérsékletszensor végzi, amelyeket közvetlenül a cellákra tudunk felhelyezni. A rendszer képes továbbá kétirányú áram mérésére 0,1%-os pontossággal.

Az izolált CAN kommunikációs interfész kialakítása, valamint a speciálisan kialakított cellamonitorozó és cellakiegyenlítő áramkör lehetővé teszi, hogy több rendszert kapcsoljunk össze sorosan, növelve így a rendszerek összefeszültségét, továbbá megtartva a biztonságos kommunikációt a rendszerek és a jármű vezérlőegységei között.

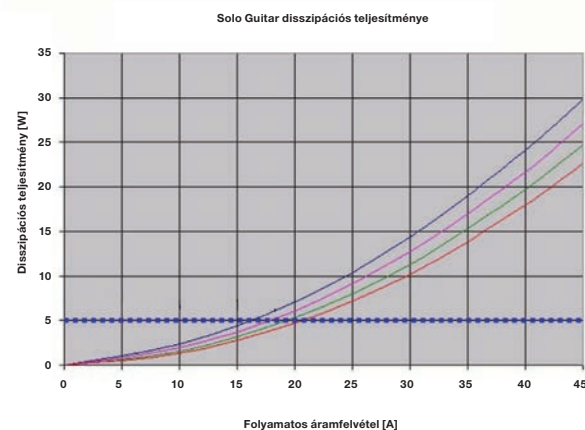
Az elkészített akkumulátorfelügyeleti rendszer modellje látható az 5. és 6. ábrán.



6. ábra: BMS 3D modell

MOTORVEZÉRLŐ ELEKTRONIKA

Az állandó mágneses kefe nélküli DC-motorok vezérlésére egy kereskedelmi forgalomban kapható PMS motorvezérlőt használtunk. A motorvezérlő kiválasztásánál nagy jelentőséggel bírt a vezérlő hatásfok paramétere az energiahatékonysági futamon való részvétel miatt. Az Elmo MC által gyártott egység minden tekintetben megfelelt a vele szemben támasztott kritériumoknak. Teljesítményszintje elegendő a jármű motorjának meghajtására és a teljes teljesítményskálán 98% hatásfok körül üzemel (7. ábra), vagyis a felvett teljesítmény kevesebb mint 2%-a vész el a vezérlés következtében. Ezen felül CAN kommunikáció segítségével adatokat képes továbbítani a jármű irányításáért felelős egységnek a motor vezérlési paramétereiről.



7. ábra: motorvezérlő disszipációs teljesítménye

A TELEMETRIÁS RENDSZER INFORMATIKAI FELEPÍTÉSE

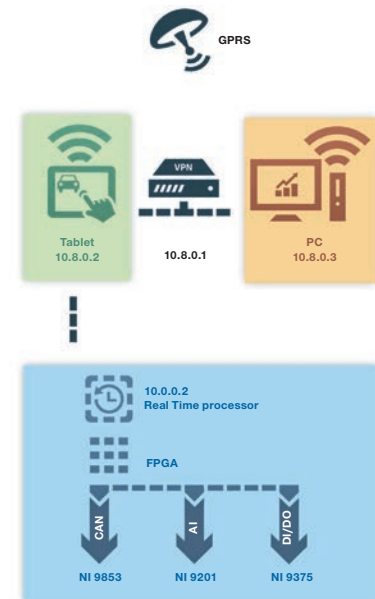
A telemetriás rendszer informatikai szempontból három alrendszerre osztható. Az alrendszerek a következők: CompactRIO, tablet PC és boksztucái PC. A CompactRIO feladata a jármű összes kimenő és bemenő jeleinek kezelése, a motor irányítása és a BMS felügyelete. A tablet PC a vezető felé kijelző interfészként szolgál, valamint adatgyűjtési feladatokat lát el. A boksztucái PC a verseny alatt élő adatokat jelenít meg az járműről. Az alrendszereket a 8. ábra szemlélteti.

A JÁRMŰ IRÁNYÍTÁSÁÉRT FELELŐS RENDSZER

A jármű irányításáért felelős alrendszer megvalósítására egy kereskedelmi forgalomban is kapható beágyazott CompactRIO rendszert használunk.

A CompactRIO egy robusztus, újrakonfigurálható beágyazott irányító és adatgyűjtő rendszer, melyet három részegység alkot: a processzor, ami egy valós idejű operációs rendszert futtat (RTOS), felhasználás helyén programozható logikai kapumátrix (FPGA), és cserélhető ipari I/O modulok.

Az általunk használt CompactRIO rendszeren (NI cRIO 9004) a Phar Lap ETS nevű valós idejű operációs rendszer fut, a processzor 195 MHz órajelű, a rendszerhez 64 MB DRAM memória tartozik. Az FPGA-egység egy Virtex-5 LX30 típusú 4 modul befogadására alkalmas komponens. A beépített CompactRIO rendszert a 9. ábra szemlélteti. Esetünkben 3 modul került alkalmazásra, ezek pedig az NI 9853, NI 9201 és NI 9375 megnevezésű CompactRIO modulok. A modulok a CAN-kommunikációt,

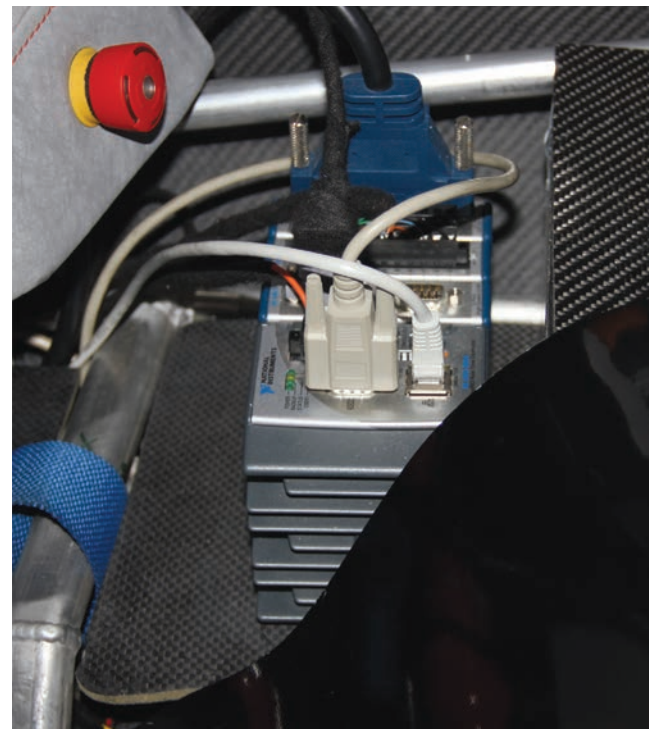


8. ábra: a telemetriás rendszer alrendszerei

az analóg bemenetek lekezelését, valamint a digitális jelek kezelését szolgálják. A fejlesztését, a National Instruments LabVIEW fejlesztőkörnyezetén végeztük.

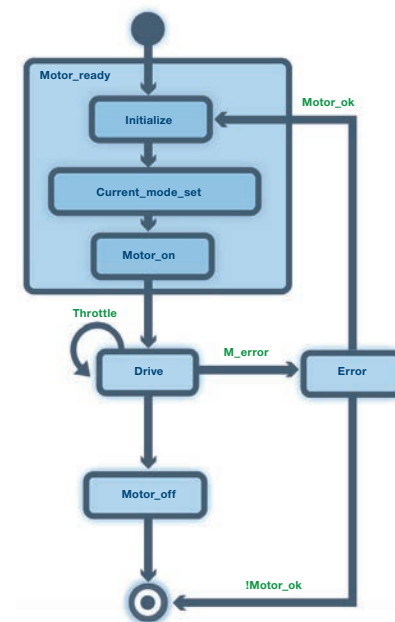
A valós idejű egység feladata sokrétű, a fő funkciói a következők:

- A motorvezérlő CAN üzenetekkel történő konfigurációja
- A motorvezérlő státuszának lekérdezése, a státuszüzenetek feldolgozása
- A BMS által biztosított adatok feldolgozása, a BMS vészleoldása, hiba esetén
- Adatfeldolgozás
- Adattovábbítás a tablet PC felé



9. ábra: a járműbe épített CompactRIO rendszer

A valós idejű egység legfontosabb, időkritikus funkciója a motorvezérlő konfigurációja. A programrészlet állapotátmeneti diagramja a 10. ábrán látható. A valós idejű rendszer indulásakor a program az „Initialize” állapotba kerül, ahol megtörténik a motor alapvető betanítása. Innen a „Current_mode_set” állapotban adja meg a program a motorvezérlőnek, hogy áramvezérelt üzemmódban kell felparamétereznie a motort. Ezután a „Motor_on” állapotban történik meg a motor bekapcsolása. A gázpedálállásnak megfelelően a „Drive” állapotban történik a motor áramlimitekkel történő vezérlése. A motorhibák esetén az „Error” állapotba kerül a motor leáll. A motor ugyanezzel a gombbal indítható, és a korábban ismertetett algoritmus alapján kezd újra működni. A gomb kétféle megnyomását különböztetjük meg: a rövid gombnyomás során a „Motor_on” állapotba kerül a program, a hosszú gombnyomás esetén pedig az „Initialize” állapotba. Az egyes állapotok elnevezésénél összhangban a motorvezérlő dokumentációjával, angol elnevezéseket használtunk.



10. ábra: a motorvezérlő állapotátmeneti diagramja

A motorvezérlő státuszának lekérdezése és a státuszüzenetek feldolgozása, külön programszálakon hajtódik végre az üzenetek prioritása alapján besorolva. A motorfordulatszám, a motorfázisáram és motorfeszültség gyakrabban lekérdezett érték, mint például a motorvezérlő hőmérséklete és a motor állapota, így a lekérdezésnél és az motorvezérlő CAN válaszainak feldolgozásánál is külön méreteztük a programszálak frekvenciáját és prioritását.

Az akkumulátorfelügyeleti rendszer (BMS) által biztosított adatok feldolgozása, a BMS vészleoldása szintén külön programszálként lett megvalósítva. CAN-üzenetek a motorvezérlőtől csak kérésre érkeznek, míg a BMS állandó státuszüzeneteket küld. Amennyiben ezek az üzenetek abbamaradnának, a program azonnal leoldja a BMS reléjét, így biztosítva a jármű biztonságos üzemelését.

A valós idejű rendszer adatfeldolgozás funkciója a CAN-üzemek fizikai értékekkel történő alakítását, az analóg jelek feldolgozását, illetve azokból származtatott értékek számítását jelenti (idő függvényében fordulatszámokból távolságot, áramból és feszültségből pedig mechanikai munkát számol a rendszer). Az így feldolgozott adatokat a megosztott hálózati változóként továbbítja a rendszer a tablet PC felé.

Az FPGA egység a bemenő és kimenő jelek feldolgozását, alacsony szintű vezérlését és a modulok kezelésének feladatát látja el. Az egység funkcionális követelményei között a teljesség igénye nélkül olyan funkciókat találunk, mint az index villogtatása, a gázpedáljelének vagy a kézigráz jelének továbbítása a valós idejű egységnek kézigrázkapcsoló alapján vagy a CAN-modul felinitializálása. Természetesen ezeken a funkciókon kívül számos, egyszerű működési logikát valósít meg a rendszer FPGA szinten.

A TABLET PC

A tablet PC az elsődleges interfészként szolgál a vezető számára a jármű mért adatairól, illetve a jármű állapotáról, valamint adatgyűjtő funkciót is ellát. A programozás itt is LabVIEW nyelven történt, a rendszerek integrálhatóságának megkönnyítése érdekében. A rendszert a járműbe építve a **11. ábra** szemlélteti.

A tablet PC többek között olyan adatokat szolgáltat, mint a cellafeszültségek, a megtett körök száma, az aktuális és az előző kör ideje, motoráram, motorfeszültség vagy a gázpedálállás. A körindító gomb első megnyomásával aktivizálódik egy adatgyűjtő programrész. A mentett bináris fájl tartalmazza a kezdő rendszeridőt, a milliszekundumban eltelt időt, motor és a BMS áramát és feszültségét, GPS hosszúsági, szélességi és magassági adatokat,



11. ábra: a telemetriás rendszer működés közben



12. ábra: a telemetriás rendszer felhasználói felülete

sebességet, megtett távot, gázpedálállást, motorstátuszt, mechanikamunkát, valamint az akkumulátorok cellánkénti feszültségértékeit. A telemetriás rendszer felhasználói felületét a **12. ábra** szemlélteti. A program másodpercenként húsz mért eredményt rögzít, így fontos volt a helytakarékos fájlformátum alkalmazása, ezért a bináris TDMS fájlformátumot választottuk. A tablet PC funkciója továbbá, hogy adatokat továbbítsa a boksztucába.

ADATÁTVITEL ÉS A BOKSZUTCAI PC

A PC feladata, hogy a csapat többi tagja élőben láthassa a verseny alatt mért adatokat. Ehhez két internetkapcsolat szükséges, ez praktikus módon lehet két GPRS-kapcsolaton alapuló mobilinternet. A kommunikáció formátuma XML, ami könnyen előállítható és visszaalakítható formátum. Protokollnak az UDP protokollt választottuk, hiszen ez nem használ a kapcsolat felépítésére semmilyen nyugtázási módszert (ellentétben az TCP háromutas kézfogás módszerével), így az adatokat rögtön lehetséges küldeni, valamint megszakadt kapcsolat után gyorsabb az újrapcsolódás. Hátánya, a TCP protokollal szemben az adatvesztés, azonban erre a feladatra az adatok élősége nagyobb prioritást élvez, a mért adatok pedig a tablet PC-ről mindig visszanyerhetők.

ÖSSZEFOGLALÁS

A SZEenergy Team az idei versenyen teljesítette a kategóriaváltással megcélzott első tíz helyezett csapat közé kerülést. A nyolcadik helyen zárták a futamot 133 km/kW/h teljesítménnyel.

A rögzített adatok alapján pontosítható a járműszimulációs modell, mely alapját képezheti a jövőbeni fejlesztéseknek, valamint hozzájárulhat az eredmények javításához. ●

Hulladék PET minőségnövelt újrahasznosítása

DR. DOGOSSY GÁBOR

Széchenyi István Egyetem
Anyagtudományi és
Technológiai Tanszék
egyetemi docens

DR. RONKAY FERENC

Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Polimertechnika Tanszék
egyetemi docens

Az újrahasznosítás a rövid életciklusú termékek esetében nagyon fontos. Ezért kutatásunk egy nagy mennyiségben keletkező hulladék, a PET-palackok minőségjavított újrahasznosításával foglalkozik. A tulajdonságok javítása érdekében a kémiai habosítást választottuk. Munkánk során elsősorban a habszerkezetet vizsgáltuk. Megállapítottuk, hogy az általunk alkalmazott habosítószer és feldolgozási paraméterek ugyan 4% körüli sűrűségcsökkenést eredményeztek, azonban a kialakult struktúra nem egyértelműen tekinthető szerkezeti habnak, amely szükséges lenne a mechanikai tulajdonságok növelése érdekében.

The recycling of the short life cycle products is very important. Therefore, our study cares for upcycling of waste PET bottles which proceed in large amount. Chemical foaming was selected in order to improve the properties. The foam structure was examined in particular into our work. We found that the used blowing agent and processing parameters resulted in approximately 4% density reduction, however, the present structure is not considered as structural foam, which would be necessary to enhance the mechanical properties.

BEVEZETÉS

Rohamosan fejlődő világunkban a felhasznált polimer termékek mennyisége drasztikus mértékben növekszik. Azonban ezzel együtt a hulladékba kerülő műanyagok aránya is gyarapodik. Szerencsére a környezetvédelem szerepe is felértékelődött az utóbbi évtizedekben, egyrészt szigorodó törvényi előírások, másrészt civil kezdeményezések segítik a harcot. Ezért fontos, hogy a rövid életciklusú termékek esetében olyan anyagokat használjunk, amelyek újrahasznosíthatóak. A tömegműanyagok erre a célra tökéletesen megfelelnek. Vannak azonban olyan egyutas termékek, mint például az üdítőitalos palackok, amelyeket nem lehet a viszonylag alacsony mechanikai tulajdonságokkal rendelkező polimerekből előállítani, ezért is alkalmazzák a polietilén-tereftalátot (PET) [1]. A PET nagyon érzékeny az újrafeldolgozásra, hiszen a mechanikai és reológiai tulajdonságai is romlanak hatására [2-5]. Ezért egyre több kutatás foglalkozik a PET mátrixú üvegszál-erősítésű kompozitok fejlesztésével [6]. Sajnos azonban ez a fajta minőségjavítás következtében az anyag újrahasznosíthatóságának száma csökken. Ezért kutatásunkban egy másfajta minőségjavítást, a kémiai habosítást választottuk, amelynek köszönhetően tömegcsökkenést is elérhetünk, amely kevesebb anyagfelhasználást és csökkenő környezeti terhelést is vonz maga után.

HŐRE LÁGYULÓ MŰANYAGOK HABOSÍTÁSA

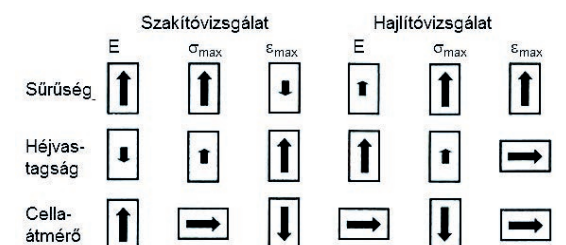
A hőre lágyuló műanyagok habosításának térhódítása számos előnyükben rejlik. A habosítás során a kiinduló termékhez képest kisebb sűrűségű végterméket kapunk, ezenkívül beszívódás- és a deformációmentes alkatrészt tudunk gyártani. A habszerkezet segítségével módosíthatjuk az anyag mechanikai tulajdonságait is. A hőre lágyuló műanyagok habosítása számos technológiával történhet [7-8]. A két legjelentősebb típus ezek közül a fizikai és a kémiai habosítás.

Fizikai habosítás során az ömledékbe injektált gázok vagy alacsonyabb forráspontú folyadékok, amelyek a feldolgozás hőmérsékletén elpárolognak. A kémiai habosítószeres szerves vagy szervetlen szilárd vegyületek, amelyek elbomlanak a magas hőmérsékletű ömledékben, szilárd bomlástermékeik gócképzőként

hatnak; rajtuk kívül nagy mennyiségű gáz is keletkezik. Amikor az ömledék kilép a gép fúvókáján, az ömledéknyomás erőteljesen lecsökken, a góckoknál kialakult gázbuborékok a lehűlő ömledékben kitágulnak és cellákat képeznek. Különböző polimerek állíthatóak elő eltérő adalékanyagok és eljárás körülmények alkalmazásával: különböző sűrűségű, struktúrájú és tulajdonságú új anyagok keletkeznek. A habosítás fontos kritériuma az egyenletes habszerkezet, vagyis a habosítógáznak oldott állapotban kell maradnia mindvégig, amíg az ömledék fázisban lévő anyag elhagyja a szerszámot extrudáláskor, illetve amíg a szerszámüregebe ér fröccsöntéskor [9-10].

A SZERKEZETI JELLEMZŐK VÁLTOZÁSA HABOSÍTÁSI ELJÁRÁS SORÁN

A habosított termékekre jellemző mag-héj szerkezet miatt az anyag mechanikai tulajdonságai anizotrópiát mutatnak. A német Műanyagfeldolgozó Intézetben (Institut für Kunststoffverarbeitung) kísérleteket végeztek, amely azt hivatott szemléltetni, hogy az egyes szerkezeti jellemzők változásának mekkora súlya van az adott mechanikai tulajdonság kialakításában. Például a cellanagyság hogyan befolyásolja a szilárdságot vagy a sűrűség csökkenését, hogyan lehet a cellaméret és a héjvastagság változtatásával kompenzálni, hogy a merevség közben ne csökkenjen. A kísérlet folyamán a habosítószer szén-dioxid volt, amelyet még a fröccsöntést megelőzően bekevertek. A habszerkezetet ezután létrehozták a „lélegző” szerszámban, amely segítségével nagyon eltérő habszerkezetek állíthatók elő [11].



1. ábra: a habszerkezet hatása a termék mechanikai tulajdonságaira [11]

Az **1. ábra** alapján belátható, hogy a szerkezeti jellemzők relatív súlya eltérő húzó- és hajlítóvizsgálatnál. A sűrűség változtatása jelentős hatással van a húzó modulusra, míg hajlítás esetén a héjvastagságnak van fontosabb szerepe. A cellanagyság a hajlítószilárdságnál fontosabb, mint a húzószilárdságnál, a sűrűség változása mindkét jellemzőre hatással van. A cella nagysága nagymértékben a szakadási nyúlással van összefüggésben, míg a maximális feszültségnél mért nyúlás értéke a sűrűséggel függ össze. A héj vastagsága kevésbé hat a húzómodulusra és a húzószilárdságra, de a szakadási nyúlásra annál is inkább. Ha a cellaméretet növeljük, a szakadási nyúlás is nő, mivel azok akadályozzák a repedések növekedését [11].

PET HABOSÍTÁSA

A különböző habosítási eljárásokat igyekeznek a PET-re is kiterjeszteni. Extrúziós folyamatban történő habosítással fóliákat, lemezeket, csöveket gyártanak. Mint minden műanyagnál, itt is óvatosan kell összehangolni a polimert és a feldolgozási eljárást. Figyelni kell arra, hogy a habosítószer bomlási hőmérséklete és a habminőség megfeleljen az elvárásoknak, a hordozóanyag a célpolimerrel jól összeférjen. Épp ezért az endoterm habosítószer, mint például a citromsavszármazékok nem alkalmazhatóak, mert már 200 °C-nál bomlanak, a PET ömledék állapotban lévő hőmérséklete minimum 260 °C, tehát a habosodás túl hamar indulna meg, a citromsavból felszabaduló víz hidrolízist okozna, amely a PET-ömledék viszkozitásának csökkenését eredményezi [12].

Több habosítószer kiküszöbölni igyekszik ezeket a problémákat. Kiváló megoldásként szolgál az ún. szabályozott lánchoszszabbító adalék alkalmazása a különféle habosítószerhez. A lánchoszszabbító adalékoknak hála a reaktív extrudálás során növekszik a polimerek viszkozitása is. A megnövekedett viszkozitás lehetővé teszi az újrahasznosított polimerek és a habosított eljárás reológiai fejlődését [13-14].

Az elmúlt néhány évben növekvő érdeklődés mutatkozott a PET habosított termékek alkalmazásának területén, számos módszer kínálkozik a habosítási technikák fejlesztésére. Ugyanakkor az elmúlt időszakban a minőség-ellenőrzési követelmények egyre szigorúbbá váltak a műanyag habosított termékekre. Ezért a kutatások olyan irányba folytatódnak, hogy a habzási folyamat optimalizálása mellett magas minőségű végtermékeket kapjunk.

KÍSÉRLETEK ÉS KIÉRTÉKELÉSÜK

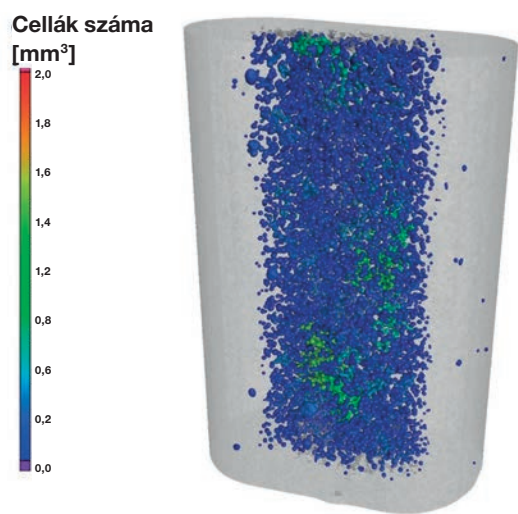
Az általunk gyűjtött, szénsavmentes ásványvizes palackokat használtuk alapanyagként. Első lépésben Labtech Scientifis típusú ikercsigás extruderen 275 °C-on szálát húztunk, amelyet granuláltunk. Az így gyártott homogén méretű anyaghoz 4m% Endex 1020 típusú kémiai habosítószerrel kevertünk. Ezután Arburg Allrounder 420C Golden Edition típusú fröccsöntőgépen nagy keresztmetszetű (8x15 mm²) terméket gyártottunk. A fröccsöntés során 265 °C-os ömledék-hőmérsékletet, 1600 bar befroccsöntési nyomást, 100 bar utónyomást, 40 °C-os szerszámhőmérsékletet és túszelepes fúvókát használtunk. A habszerkezet makroszkopikus vizsgálatához, egy darabot folyékony nitrogénbe tettünk, majd eltörtük (**2. ábra**).

A képen is jól látszik, hogy sikerült habosított terméket előállítanunk. A habszerkezet vizsgálatához ezután az ép darabokat YXLON Y.CT Modular ipari CT-berendezéssel átvilágítottuk, melynek eredményeként részben háromdimenziós képet kaptunk,



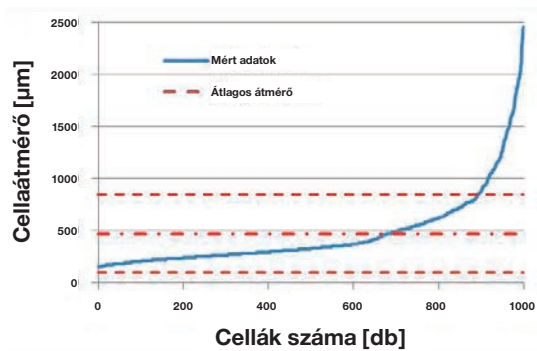
2. ábra: a darab töretfelülete

amelyen az üregek (cellák) elhelyezkedése, mennyisége és alakja látható (**3. ábra**). Ez a fajta megjelenítés látványos, azonban kevés hasznos információt tartalmaz, ezért a berendezés szoftvere segítségével exportáltuk az egyes cellákba beírható körök átmérőjét.

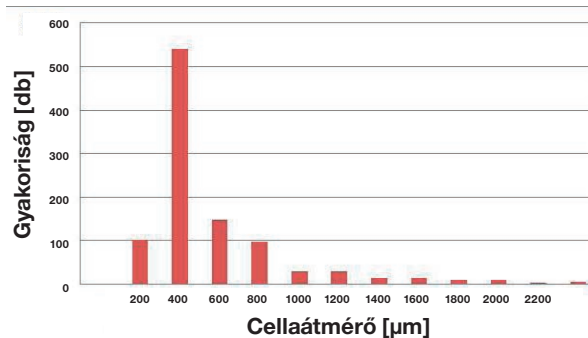


3. ábra: a darabról készített CT-felvétel

A **4. ábrán** a kapott mérési eredmények sorba rendezve láthatóak. Az átlagos cellaátmérő 469±374 μm, amelyet szintén feltüntettünk a diagramon. Jól látszik, hogy a keletkezett buborékcellák átmérője változik. Ez kémiai habosítás során nem kerülhető ki, hiszen a habosodás több gócpontból indul ki, és a növekedés függ az adott terület hőmérsékletétől és belső nyomásától. A darab felületének közelében gyakorlatilag mikroszkóppal sem fedezhető fel habosodás, a darab belseje felé haladva pedig egyre nagyobb cellák találhatók.



4. ábra: a mért cellaátmérők összehasonlítása az átlagos cellamérettel



5. ábra: a cellaátmérők gyakoriságeloszlása

Ettől függetlenül megfigyelhető egy átlagos cellaátmérő-tartomány, amelybe a cellák nagy része tartozik. Ezt egy gyakoriságeloszlással tudjuk megtenni, amely eredménye az **5. ábrán** látható. Az általunk gyártott darabok esetében ez a 200 és 400 μm-es tartományba esik, ahogy az átlagos cellaátmérő is. Ezután a darabok sűrűségét Archimédész törvénye alapján határoztuk meg. A habosító nélküli darabok sűrűsége 1,351 g/cm³, míg a habosított daraboké 1,298 g/cm³ volt. Ez alapján megállapítottuk, hogy a habosítással gyártott termékek esetén 4%-os tömegcsökkenést érhetünk el. Ez ugyan még elmarad az irodalmi adatoktól, de mindenképpen bizakodásra ad okot.

ÖSSZEFOGLALÁS

Munkánk során egy tipikusan vastag falú termék gyártása során vizsgáltuk a nagy mennyiségben keletkező PET-palack anyagának habosítási lehetőségét. Az eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy lehetséges kémiai habosítóval habsturtúrát létrehozni újrahasznosított PET esetében, bár ez még elmarad a szerkezeti habtól. Az elért 4% tömegcsökkenés alapján fontosnak tartjuk a kutatás folytatását. A célunk legalább 15% tömegcsökkenés elérése, valamint az eredeti PET-hez közeli mechanikai tulajdonságok visszanyerése.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás az Európai Unió és Magyarország támogatásával a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0029 azonosító számú „Járműipari anyagfejlesztések: célzott alapkutatás az alakíthatóság, hőkezelés és hegeszthetőség témaköreiben” című projekt keretei között valósult meg.

A munka szakmai tartalma kapcsolódik a TÁMOP 4.2.4.A/1-11-1-2012-0001 azonosító számú „Nemzeti Kiválóság Program” „Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program” című projekt szakmai megvalósításához.

IRODALOM

- [1] Torockay K.: PET az italcsomagolásban. Műanyag és Gumi, 46/11, 2009, 442–444.
- [2] Szabó F.: PET-palackok anyagának újrahasznosítása, Műanyagipari Szemle, 5/2004, 1–3.
- [3] Perényi Á.: PET-palackok újrafeldolgozása Európában, Műanyagipari Szemle, 2/2002, 1–3.
- [4] L. Lehoczki: PET-hulladékok feldolgozása, Műanyagipari Szemle, 2010/06.
- [5] J. M. Lusinchi, Y. Pietrasanta, J. J. Robin, B. Boutevin: Recycling of PET and PVC wastes. Journal of Applied Polymer Science, 69 (1998), 657–665.
- [6] F. P. La Mantia, M. Vinci: Recycling poly(ethylene terephthalate), Polymer Degradation and Stability, 45 (1994), 121–125.
- [7] T. Czvikovszky, P. Nagy, J. Gaál: A polimertechnika alapjai, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2000.
- [8] Dunai A., Macskási L.: Műanyagok Fröccsöntése, Lexica Kft., Budapest, 2003
- [9] Csutorka L.: Fröccsöntés és extrudálás kémiai habosítószerrel, Műanyagipari Szemle, 2/2012, 1–4.
- [10] Pál K.: Műanyaghabok. Műanyagipari Szemle, 6/2006, 1–10.
- [11] Máthé Cs.: Hőre lágyuló műanyagok és szilikongumik fizikai habosítása. Műanyagipari Szemle, 1/2010, 1–6.
- [12] Pál K.: Poliamid és PET habosítása. Műanyagipari Szemle, 3/2011, 1–8.
- [13] Bánhegyi Gy.: Poli(etilén-tereftalát) (PET) újrafeldolgozása a tulajdonságok javításával, Műanyagipari Szemle, 5/2005, 1–8.
- [14] I. Coccorullo, L. Di Maio, S. Montesano, L. Incarnato: Theoretical and experimental study of foaming process with chain extended recycled PET. eXPRESS Polymer letters, 3/2, 2009 84–96

Energiatakarékos vezetést elősegítő vezetőtámogató rendszer kialakítása

KÖRÖS PÉTER

tanszéki mérnök
Széchenyi István Egyetem
Mechatronika és
Gépszerkezettan Tanszék

HORVÁTH ERNŐ

tanszéki mérnök
Széchenyi István Egyetem
Informatika Tanszék

A cikk egy villamos gép által hajtott jármű energiatakarékos üzemeltetését elősegítő kijelzőrendszert mutat be. Az évente megrendezésre kerülő Shell Eco-marathon verseny győztese az a jármű, amely 1 kWh energiával a legnagyobb távolságot tudja megtenni. Ezt segítő készült el az optimális hatások számításán alapuló kijelzési módszer, amely segíti a járművezetőt, hogy a villamos gépet változó akkumulátorfeszültség mellett a legjobb hatásfokú munkapont közelében üzemeltesse.

This article presents a driving assistant graphic user interface developed for highest efficiency operation of the PMSM in a road vehicle. The winner of the annual Shell Eco Marathon competition is the vehicle which performs the greatest distance with 1 kWh energy consumption. The shown method based on a calculation of best performance efficiency helps to reach this aim, by ensuring optimal operation of the PMSM at different battery voltage levels.

A SHELL ECO-MARATHON VERSENY CÉLJA

Az évente megrendezésre kerülő verseny célja, hogy 1 kWh energia felhasználásával a legnagyobb távolságot tegye meg az adott jármű. A járművek különböző kategóriákban versenyeznek, de a győztes minden kategóriában az a jármű lesz, amely a legjobb hatásfokkal alakítja át az energiahordozóban tárolt energiát mozgási energiává. A járművezető a grafikus interfész által mutatott ideális gázpedálállást figyelembe véve üzemeltetheti a villamos gépet. Természetesen ez a módszer befolyással van a gyorsítási szakaszokra, de nem akkora mértékben, hogy az időkorlátokat ne lehetne tartani a verseny során. Szimulációs környezetben nyilvánvalóvá vált számunkra, hogy a járművezető önmaga is képes olyan vezetési módszert megtalálni, amellyel csökkenthető az energiafelhasználás, de a folyamat felgyorsítható. A járművezetőnek nehéz megbecsülnie azt, hogy adott pillanatban megfelelően (magas hatásfokértékű munkapontokon) üzemelteti-e a villamos gépet vagy sem. Ennek a célnak elérését segíti a kialakított vezetőtámogató rendszer.

ELEKTROMOS GÉP HATÁSFOKMEZEJÉNEK FELVÉTELE ADOTT MOTORVEZÉRLŐVEL

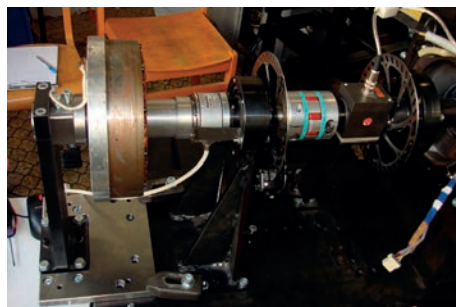
A kijelzés kialakításakor fontos szempont volt az, hogy a fizikai mennyiségek mérhetőek legyenek a jármű üzeme során is. Az elektromos gép aktuális hatásfokának meghatározásához az alábbi háromparaméteres függvényt tekintettük meghatározónak (**1. függvény**).

$$\eta = \eta(U, I, \omega)$$

1. függvény: U [V]: DC tápfeszültség; I [A]: DC áram; ω [rad/s]: motor fordulatszáma

Ahhoz, hogy az adott hatásfokmezőt fel tudjuk venni, egy mérőrendszerrel összekötött fékpádon végeztünk méréseket. A mérések során az Allied Motion által gyártott és módosított MegaFlux Series Emoteq MF0210050 villamos gépet mértük az

ELMO Motion Control Solo Guitar vezérlőjével. A motor (továbbiakban PMSM) áttekerése azért volt indokolt, mert a verseny során a jármű átlagsebessége jelentősen elmaradt a maximális fordulatszámtól. A mérés során szinuszos kommutációt alkalmaztunk. Az egyenáramú tápellátást 2 db párhuzamosan kapcsolt ThunderSky 40 Ah akkumulátorcsomag biztosította, különböző cellaszámmal. A mérések különböző feszültség szinteken történtek (42–50 V).



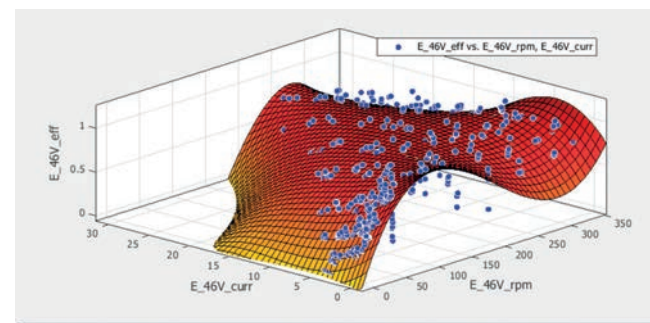
1. ábra: Emoteq MF0210050 (balra) mérése a fékpádon

HATÁSFOKMEZŐ MEGHATÁROZÁSA ADOTT FESZÜLTÉGSZINTEKEN

A mérési eredményeket MATLAB programban dolgoztuk fel. Az állandó feszültség szinten rögzített hatásfokmező felvett pontjaira felületillesztést alkalmaztunk MATLAB Curve Fitting Toolbox segítségével. Az illesztés során a legkisebb abszolút reziduumok (LAR) módszerét alkalmazva a kiugró értékek kisebb hatással vannak az felületillesztésre (mérési hibák).

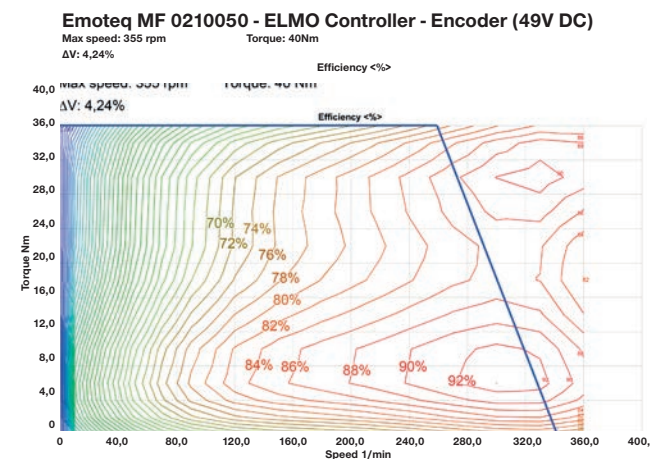
$$\eta_U = p_{00} + p_{10}\omega + p_{01}I + p_{20}\omega^2 + p_{11}\omega I + p_{02}I^2 + p_{30}\omega^3 + p_{21}\omega^2 I + p_{12}\omega I^2 + p_{03}I^3 + p_{31}\omega^3 I + p_{22}\omega^2 I^2 + p_{13}\omega I^3 + p_{04}I^4$$

2. függvény: a mért pontokra black-box megközelítést alkalmazva polinomfüggvényt illeszttem az alábbi alakban, adott feszültség szinten



2. ábra: mérési eredmények megjelenítése a MATLAB Curve Fitting Toolboxban

A black-box megközelítés azért volt indokolt, mert az együttes hatásfokmezőt adó polinomfüggvény tagjai nem kellő mértékben ismert tagokat is tartalmaz, tartalmazhat (villamos gép, motorvezérlő, csapágysűrítődás, légellenállás stb.). A paramétereket minden mért feszültség szintre meghatároztuk. A polinom segítségével a villamos gép adott feszültségen jellemző hatásfokmezőjét is ábrázolhatjuk. A kapott eredményeket a szimulációs programban is felhasználhattuk. A mérés során fellépő feszültség esést a későbbiekben orvosolni kívánjuk, hogy a mérési eredmények pontosabban legyenek, illetve hogy ne okozzák a hatásfokmező torzulását nagyobb teljesítményű munkapontok esetén.



3. ábra: Emoteq MF0210050 – ELMO Solo Guitar Controller együttes hatásfokmezeje 49 V-on

OPTIMÁLIS MUNKATERÜLET MEGHATÁROZÁSA A FELVETT HATÁSFOKMEZŐK SEGÍTSÉGÉVEL

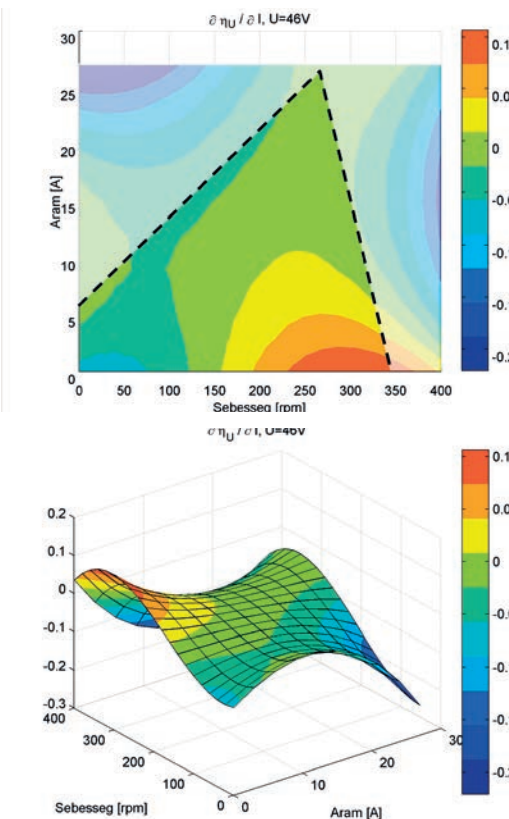
A hatásfokmezőről megállapíthatjuk, hogy a vizsgált PMSM kedvező hatásfoktartománya a 8-12 Nm tartomány körül alakul a teljes fordulatszám-tartományon.

Ha a hatásfokmezőt adó polinomfüggvényt áram szerint parciálisan deriváljuk, akkor megkapjuk azt a mezőt, aminek a 0 értékű pontja megadja az adott fordulatszámon és feszültségen elérhető maximum hatásfok munkapontot (**3. függvény**).

$$\frac{\partial \eta_U}{\partial I} = p_{01} + p_{11}\omega + 2p_{02}I + p_{21}\omega^2 + 2p_{12}\omega I + 3p_{03}I^2 + p_{31}\omega^3 + 2p_{22}\omega^2 I + 3p_{13}\omega I^2 + 4p_{04}I^3$$

3. függvény

Az adódó polinomfüggvény paramétereit szintén a MATLAB Curve Fitting Toolbox segítségével határoztuk meg. Ennek a módszernek előnye, hogy a választott beállítások és a közelítő függvény ismételt alkalmazhatók új mérési eredményekre.



4-5. ábra: Emoteq MF0210050 – ELMO Solo Guitar Controller hatásfokfüggvény áram szerinti változása 46 V-on

Az **5. ábrán** látható szaggatott vonal a terhelési görbét mutatja, amely által meghatározott munkapontokban minden körülmények között tud üzemelni a motorvezérlő és a PMSM. A szaggatott vonalon túli munkaterületek jelentik a túlterheléses üzemponokat. Az 5. ábrán lévő pozitív értékű munkaterületek jelentik azt a szakaszt, ahol a gépjárművezetőnek növelnie kell a menetpedálállást ahhoz, hogy az optimumhoz közeli munkaterületen üzemeltesse a villamos gépet. A negatív értékű munkaterület pedig javasolt menetpedálállás-csökkentést jelent.

A hatásfokfüggvény áram szerinti változása tetszőleges U feszültség mellett meghatározható lineáris interpolációval, ha U_1 és U_2 adott feszültségértékek mellett mérésről, illetve a mérési pontokra illesztett polinomfüggvénnyel meghatároztuk U_1 és U_2 feszültségértékekhez tartozó hatásfokfüggvényeket, valamint $U_1 < U < U_2$ (**4. függvény**).

η_U : Előzetesen nem mért feszültség szinten interpolált hatásfok polinomfüggvénye

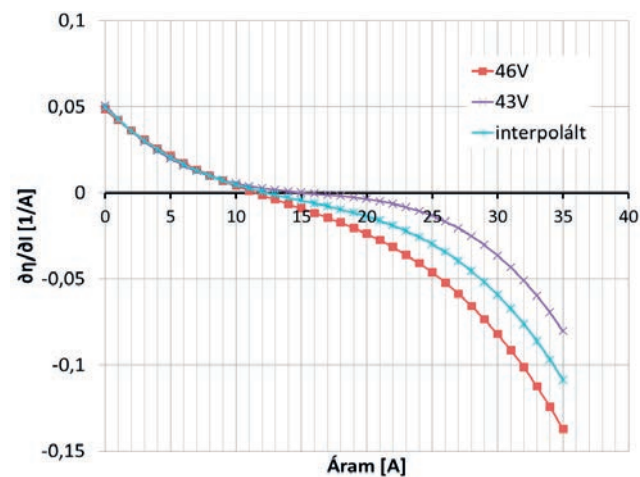
$\eta_{U1} - \eta_{U2}$: Hatásfok-polinomfüggvény adott feszültség szinten

$U_1 - U_2$: Mérések feszültség szintjei

U : Pillanatnyi tényleges feszültség

$$\frac{\partial \eta_U}{\partial I} = \frac{\partial \eta_{U1}}{\partial I} + \frac{\left(\frac{\partial \eta_{U2}}{\partial I} - \frac{\partial \eta_{U1}}{\partial I} \right)}{U_2 - U_1} U$$

4. függvény



6. ábra: hatásfokmező áram szerinti változása lineáris interpolációja mért feszültség szintek között

Az polinomfüggvény előnye az, hogy nemcsak azt mutatja meg, hogy az optimálistól eltérő munkaterületen üzemelteti-e a vezető a villamos gépet, hanem azt is, hogy milyen mértékű az eltérés. A kapott érték közvetlen megjelenítése a felhasználói felületen azonban nem javasolt, mivel a pozitív érték jelenti a „gyorsíts”, míg a negatív érték a „lassíts” beavatkozást. Ezért a kijelzéskor a polinomfüggvény negált értékét jelenítettük meg a grafikus felületen.

SZIMULÁCIÓS TESZTKÖRNYEZET ÉS EREDMÉNYEK

A vezetőtámogató rendszer működését, illetve hatékonyságát a CarMaker járműszimulációs programban tettük. A Shell Eco-marathon verseny rotterdami pályáján, adott járművel több kört kellett megtennie több vezetőnek a kijelzés nélkül, illetve úgy, hogy a kijelző „útmutatása” szerint próbálta kezelni a gázpedált.



7. ábra: Kijelző tesztelése IPG CarMaker szimulációs környezetben

A pályát nem ismerő, vezetési módot nem követő vezető által elért fajlagos távolság:

- 146 km/kWh

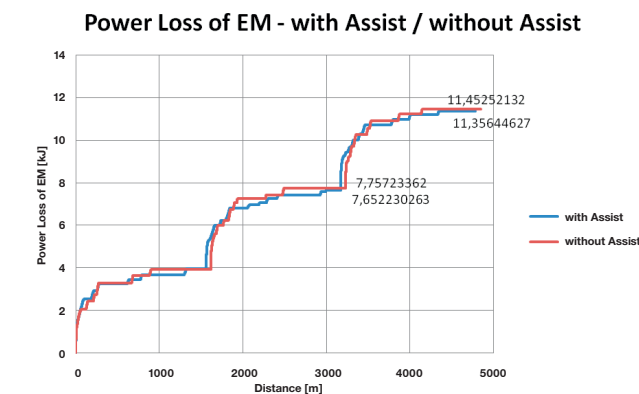
A pályát nem ismerő, de az energiatakarékos vezetési módra felkészített vezető által elért fajlagos távolság:

- Kijelző nélkül: 180 km/kWh
- Kijelzővel: 230 km/kWh

A pályát ismerő, adott sebességprofil tartani kívánó vezető által elért fajlagos távolság:

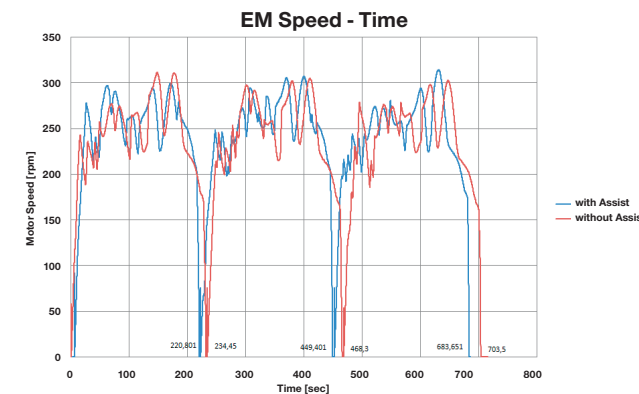
- Kijelző nélkül: 306 km/kWh
- Kijelzővel: 308 km/kWh

Az eredmények jól mutatják, hogy az energiatakarékos vezetési mód tanulható, a jármű tulajdonságairól, valamint az útvonal adottságairól egyaránt ismeretet igényel. Ez a tanulási folyamat felgyorsítható, ha egy ilyen rendszer segítséget ad a felhasználónak vezetés közben.



8. ábra: elektromos gép veszteségenergiaja kijelzővel (kék) és kijelző nélkül (piros)

A **8. ábrán** lévő adatokat megfigyelve megállapíthatjuk, hogy a kijelzővel támogatott vezetések során a veszteség-energia adatok kedvezőbben alakulnak mindaddig, míg az utolsó pályaszakszon újra nem gyorsít a vezető. Indokolt az ismételt tesztelés. A **9. ábrán** jobban megfigyelhetjük azt a gázadást, ami lerontja az energiamérleget. Az első két kör esetében megfigyelhető az a két gázadás, ami nem indokolt a kör végén. A köridőket is összevetve azt is láthatjuk, hogy kevesebb idő alatt tette meg az adott távot a járművezető a kijelzővel, mint nélküle.

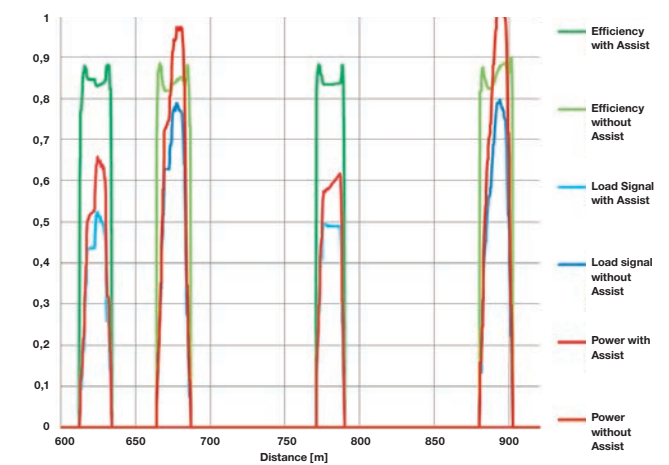


9. ábra: elektromos gép fordulatszáma kijelzővel (kék) és kijelző nélkül (piros)

Ha azt vizsgáljuk, hogy milyen leadott mechanikai teljesítményen üzemel az adott villamos gép az adott pályán, akkor megállapíthatjuk, hogy a kijelző nélkül kb. 1 kW-os tartományokban üzemel a gyorsítási szakaszokban, míg a kijelzővel ez az érték 0,6 kW-os tartomány. Az alacsonyabb teljesítményen üzemelő villamos gép az akkumulátorcsomag veszteségei szempontjából is előnyös, mivel nem lesz kiugróan magas áramfelvétel a működtetés során, így a kivehető kapacitás is nagyobb lesz (Peukert-effektus).

A **10. ábrán** láthatjuk, hogy a kijelző nélküli esetekben a villamos gép hatásfoka alacsonyabb szintekre visszaesik, mert túllép

a 8–12 Nm-es nyomatéktartományon. Az is észrevehető, hogy jellemzően 20-30%-kal kisebb gázpedálállás jellemző a gyorsítási szakaszokra az asszisztent alkalmazva.



10. ábra: villamos gép fordulatszáma kijelzővel (kék) és kijelző nélkül (piros)

Az eltérő gyorsítási szakaszok miatt az eredmények összehasonlítása nehézkes, célszerűbb azt vizsgálni, hogy milyen hatásfokkal üzemelt átlagosan a villamos hajtás. A gyakorlott, pályát ismerő vezető esetén az alábbi eredményt kaptuk:

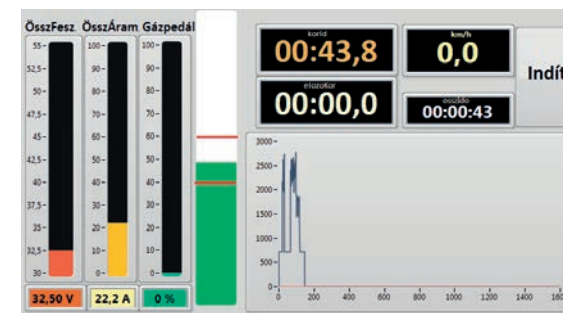
- Átlagos hatásfokérték kijelző nélkül: 75,76%
- Átlagos hatásfokérték kijelzővel: 77,51%

KIJELZŐ KIALAKÍTÁSA LABVIEW KÖRNYEZETBEN

A versenyre készülő jármű központi vezérlését National Instruments (NI) platformon valósította meg az építő csapat. Ez lehetőséget adott arra, hogy PC platformot alkalmazzunk a kijelzésre, mellyel rugalmas és könnyen fejleszthető grafikus felületet kaptunk.

Fontosnak tartottuk, hogy az állapotkijelző ne csak egy számértéket jelezzon ki, hanem a járművezető számára könnyen és gyorsan feldolgozható utasítást hordozzon magában. A járművezető sokkal gyorsabban dolgozza fel a képszerű információkat, mint az írott szöveget és számokat. Kijelzőnek egy függőleges állású

(**11. ábra**) állapotkijelzőt választottunk, amely utal a menetpedál-állás javasolt változtatására. A kijelző színkódokkal is el van látva, amely magában foglalja a lassítási és gyorsítási utasításokat (piros: lassíts, sárga: gyorsíts, zöld: optimális üzemi tartomány).



11. ábra: vezetéstámogató rendszer állapotkijelzője grafikus felületen – zöld állapotkijelző (Horváth Ernő)

A győri SZEenergy csapat alkalmazza a Shell Eco-marathon 2013-as versenyén az adott kijelzési módszert, amelyről jobb energiamérleg elérését várjuk. A tapasztalatokat felhasználva javítani szándékozunk a kijelző működését, illetve megvizsgáljuk annak a lehetőségét is, hogy a villamos gép szabályozókörebe integráljuk az adott módszert.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az energiatakarékos vezetési módszer tanulható, jelentős javulás érhető el gyakorlással és az adott jármű, pályaszakasz megismerésével. Ez a folyamat felgyorsítható, ha rendelkezésre áll a cikkben bemutatott kijelző, mely „rávezeti” a járművezetőt a helyes működtetésre az optimális energiamérleg eléréséhez.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0012: Hibrid és elektromos járművek fejlesztését megalapozó kutatások – A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. ●

Járműipari forrasztott kötések vizsgálata nedvesedésméréssel

HATÁRFELÜLETI JELENSÉGEK VIZSGÁLATA A JÁRMŰIPARI KÖTÉSTECHNOLÓGIÁBAN

WELTSCH ZOLTÁN

tanársegéd–gyakornok
BME Gépjárművek és
Járműgyártás Tanszék
weltsch@kgjt.bme.hu

HLINKA JÓZSEF

MSc–hallgató
BME Gépjárművek és
Járműgyártás Tanszék

A nedvesítőképesség vizsgálata a forrasztási kötések kialakításában jelentős szerepet játszik, ezért e terület kutatása kiemelt jelentőségű. A járműiparban az ólomalapú forrasztóanyagok kivonása óta kihívást jelent költséghatékony, ugyanakkor megfelelő kötést biztosító forrasztóanyag használata. Mivel a forrasztott kötések száma jelentősen növekszik a járműgyártás területén, egyes előrejelzések alapján idővel minden más kötéstípust fel fog váltani a kemény- és lágyforrasztás, így ezen technológiák fejlesztése alapvető fontosságú. A cikk azt a kérdéskört vizsgálja, hogy milyen irányok állnak rendelkezésre a forrasztott kötések fejlesztésére.

Ensuring the good wetting conditions between the solder material and the metallic parts to be joined is of great importance in these processes. The withdrawal of the lead based solder materials from the vehicle industry are important using the good jointing and cost effective solders. The numbers of soldered joining are significantly increasing in the vehicle industry, some prognosis say every other joining method will be replaced by the soft and hard soldering, so the research and development of this technology have prime importance. This paper examines which research directions will be the best.

1. BEVEZETÉS

Kondenzált anyagok belsejében minden atomot egyensúlyi koordinációs környezet jellemmez. Ennek lényege, hogy első koordinációs, tehát kb. rácsállandónyi távolságban az erők kiegyenlítődnek, és az alkotó atomok méretei és töltésük jellege által meghatározott koordinációs szám alakul ki. Ily módon az atomok egymástól mért távolsága különböző, tehát a felület közelében nem, csak az anyagok belsejében tekinthető állandónak. Ezek alapján a határfelületi rétegek különböző tulajdonságokkal jellemezhetőek, metastabilnak tekinthetők.

Számos, a természetből ismert jelenségnél is megfigyelhető a határfelületi feszültség, például a szappanbuborékok gömb alakja, vagy a molnárpóloska vízen járása. A felületi feszültséghez szorosan kapcsolódik a nedvesedés fogalma, amely a határfelület változására utal. A nedvesedés fogalma a régi mindennapi megfigyelésből ered, hogy a víz nem minden anyagon terül el. A tiszta üvegen például jobban, a szennyezett, mint például zsíros üvegen nem folyik szét, hanem cseppekben áll össze. A nedvesedőképességet első sorban a folyadékoknak a szilárd felületeken való szétterülésével jellemezhetjük. Ennek közvetlen mérőszáma a peremszög (Θ), azaz a két fázis érintkezése mentén kialakuló illeszkedési szög.

A szétterülés mértékét a szilárd test és a folyadék molekuláinak a határfelületein végbemenő kölcsönhatások szabják meg. A határfelületek tulajdonságait – így a szilárd felületek nedvesítőképességét is – a legkülső, néhány atomnyi távolságra terjedő réteg, annak is főként a folyadékfázissal közvetlenül érintkező atomjai vagy atomcsoportjai határozzák meg. Ezt a független felületi hatások elvének nevezzük. Ebből az elvből következik, hogy a nedvesítőképességet a megfelelő szerkezetű és irányítottaságú adszorpciós rétegek kialakulásával tudatosan befolyásolhatjuk.

A szilárd/folyadék határfelületi kölcsönhatásoknak az egymással érintkező felületek geometriai és méretviszonyai szerint három altípusa van:

- Érintkezés (adhéziós v. kontakt) nedvesedés;
- Szétterüléses (film) nedvesedés;
- Bemerüléses (immerziós) nedvesedés.

A járműipar számos területén jelentős szerepet töltenek be a nedvesedési tulajdonságok. Öntéskor fontos, hogy az öntőformát megfelelően kitöltse a fémolvadék, főleg precíziós öntéskor van ennek nagy jelentősége, ahol bonyolult formájú, akár tizedmilliméteres helyekre is el kell jutnia az anyagnak. Forrasztási folyamatoknál az adhéziós kötésnek megfelelőnek kell lennie, hogy biztos kapcsolat alakuljon ki a forrasztott anyagok között, ehhez szükséges, hogy a hozaganyag összetétele az adott feladathoz a legmegfelelőbb legyen. Keményforrasztáskor a helyesen megválasztott anyagokkal és azokra kidolgozott technológiákkal rengeteg, a forrasztási hőmérséklet elérésére fordított energia spórolható meg. Hegesztésnél, ahol fontos, hogy az anyagok a megfelelő mértékben olvadjanak egymásba, ezzel tökéletes hegesztési kötetet létrehozva. Különböző fémszórési eljárásoknál (például plazmaszórásnál), ahol a felszóró anyagnak meg kell tapadnia az alapanyagon, ezzel tartós, megbízható felületet létrehozva. Szinterezési eljárásoknál a különböző tulajdonságú szinterporoknak megfelelő kapcsolatot kell alkotniuk az egymásra vont rétegekben. Kompozitanyagok gyártásánál a különböző tulajdonságokkal rendelkező anyagok közös felületet alkotnak, egy új anyagot hoznak létre, mely ötvözi a két vagy több fázis előnyös tulajdonságait.

Jelen cikkben részletesen a forrasztási technológia nedvesedésvizsgálatával foglalkozunk, mivel ez az egyik legelterjedtebb kötéstípus a járművekben, és az utóbbi trendeknek megfelelően több helyen tervezik a hegesztett és más kötőelemes kötések kiváltását forrasztással [1].

A forrasztás a fémek megömlés nélküli egyesítése, megömlött forrasztóanyaggal, amelynek olvadási hőmérséklete kisebb, mint a forrasztandó fémeké. A lágy- és keményforrasztás közötti választóvonalnak nemzetközileg a 450 °C hőmérsékletet tekintik. Eszerint lágyforrasztás a 450 °C alatt olvadó, és keményforrasztás a 450 °C felett olvadó forrasztóanyaggal végzett forrasztás [2].

Mind kemény-, mind lágyforrasztás esetében szétterüléses nedvesedésre van szükség a megfelelő kötés létrehozása érdekében. A kötés létrehozásának szempontjából 20 ° alatti nedvesedési peremszögre van szükség [3].

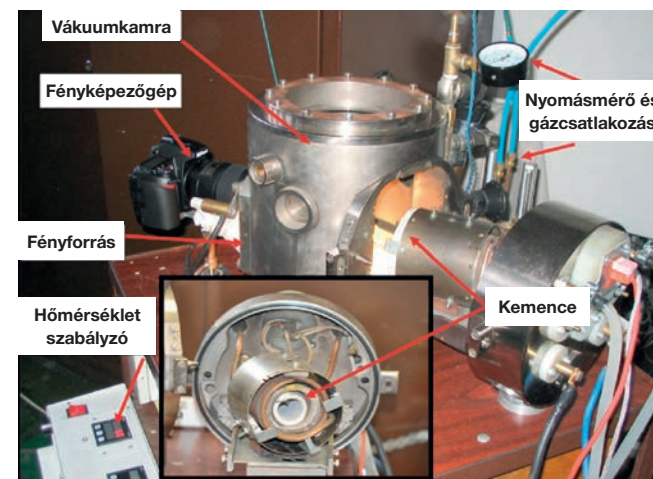
Az utóbbi 10 évben az EU-ban környezetvédelmi megfontolások alapján a járműipar majd minden területéről kivonták a veszélyes anyagokat, így az ólmot is. A 2006. július 1-jétől betiltott ólomalapú forrasztóanyagok kiváltása komoly feladat elé állította az anyagtudósokat, mérnököket [5-6]. A témakörben számos kutatás folyik, melyek biztató eredményűek, de a több mint 2400 év óta használt ólmot gazdaságosan kiváltani még nem sikerült más anyagokkal. Erre jó példa, hogy a járműgyárak a tiltás ellenére még mind a mai napig használják az ólmot mint forrasztóanyagot azon alkatrészeknél, melyeken emberéletek múlnak, ilyen például az ABS-elektronika. Fontos tehát olyan alternatív megoldásokat találni, melyekkel a gazdaságosság figyelembevételével, de szilárd-sági tulajdonságok megtartásával kiválthatóak a járműipar minden területéről az ólomalapú forrasztóanyagok [4].

2. MAGAS HŐMÉRSÉKLETŰ NEDVESEDÉSI TULAJDONSÁGOK VIZSGÁLATA

2.1. PEREMSZÖGVIZSGÁLÓ BERENDEZÉS

Az irodalomban található néhány összetett berendezés, amelyek segítségével a nyugvó csepp módszerrel határozhatjuk meg a nedvesedési peremszöget. Számos cég kínál továbbá kész berendezéseket, melyekkel meghatározhatóak a nedvesedési viszonyok, de ezek általában ipari célokra készülnek, nem kísérleti célokra, így több paraméter változtatása, melyek a kísérletek elvégzéséhez szükségesek, nem változtatható. További hátránya ezen berendezéseknek a rendkívül magas árak, mely nem állt rendelkezésre.

Az említett berendezések megoldásaiból kiindulva fejlesztettünk ki a BME Gépjárművek és Járműgyártás Tanszéken nedvesedési peremszög mérésére alkalmas kutatóberendezést (**1. ábra**), amelyvel lehetséges a nedvesítési viszonyok vizsgálata 1200 °C-ig [7].



1. ábra: peremszögmérő berendezés

A peremszögmérő berendezés főbb részei:

A vákuumkamra a mérőgép főegysége, egy elektronmikroszkópból lett kialakítva. A peremszögmérések elvégzéséhez szükséges inert atmoszféra létrehozása miatt kell a kamrának vákuumozhatónak lennie. A kamra szigetelése megfelelőek és belső tere jól megfigyelhető a hőálló vizsgálóüvegen keresztül. A vákuum a kamrára csatlakoztatott háromfázisú rotációs szivattyúval hozható létre, mellyel minimálisan 2 mbar vákuum érhető el a kamrában.

A vákuumozás után a minta környezete tetszőleges gázzal vagy gázkeverékkel tölthető fel rotaméter segítségével.

Az ellenállás fűtésű kemence HAGA KD48D2 típusú szabályzóval szabályozott, mely a kemence és a kamra hőmérsékletének kijelzésére is használható. A kemence hőmérsékletének mérésére tefflon érszigetelésű, szilikon köpenyszigetelésű, külső árnyékoló fémharisnyával ellátott kompenzációs vezetékkel toldalékolt N-típusú (NiCrSi-NiSi) köpenyhőelem került beépítésre. A szabályzóval kis hőmérséklet-kilengéssel (± 1 °C–2 °C), rövid szabályozási idő alatt (~ 4 perc) eléri a kemence a kívánt hőmérsékletet. A szabályzóval állítható a fűtési teljesítmény is, ennek köszönhetően adott hőmérsékleten a kilengés minimalizálható. Az optimális felfűtés érdekében a szabályzó önszabályzó módon állította be a megfelelő paramétereit. Egy másik hőmérséklet-érzékelő a fűtött kemencén kívül a kamra falánál helyezkedik el és méri a kamra környezeti hőmérsékletét. A kamra környezeti hőmérsékletének mérése a gumitömítések korlátozott hőállósága miatt szükséges.

A minták hevítése elektromos ellenállás-fűtésű csökkenében történt. A kemence fűtőszála 2 mm átmérőjű kantáliból (FeCrAlCo) készült.

A vizsgált minták profilját a vizsgálóüvegen keresztül a kemencébe belátó digitális fényképezőgéppel lehet rögzíteni, melyből meghatározhatóak a nedvesedési viszonyok. A kamrához csatlakozik egy fényforrás, mely segítségével a kamerában lévő mintáról jobb minőségű felvételeket lehet készíteni. A kamerával a cseppprofilról készített felvételeket saját fejlesztésű MATLAB környezetben írt programmal automatikusan lehet kiértékelni.

2.2. KÍSÉRLETI ANYAGOK

A forrasztási vizsgálatokhoz Senju M705-GRN360-KV (Sn 96.5 Ag 3 Cu 0.5) ólommentes forrasztóanyagot alkalmaztam nyomtatott áramkört szerelőlemezen. A gyártó szerint a forrasztás vizkozitása nagyon sokáig stabil marad, így hosszú távon felhasználható, ezen túl kiváló nedvesedési tulajdonságokkal rendelkezik, a forrasztott kötésen nem maradnak fluxmaradványok, illetve csökkentett a fluxmaradványokból származó repedések kialakulása és kiváló kötéskezézetet biztosít. A mérések során nyomtatott áramkört lapkát alkalmaztam, melyek epoxilapkák, két oldalukon rézbevonattal, ezeken a felületeken a jobb nedvesítés elérése érdekében vékony ónréteg is van a tetején és az alján. A rézréteg ~35 µm vastagságú, az ónréteg ~1 µm vastagságú.



2. ábra: nyomtatott áramkört lapka keresztmetszeti rajza [8]

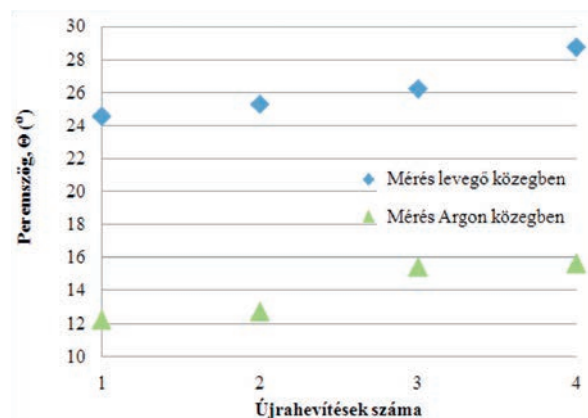
A nedvesedésmérések a forrasztóanyag gyártója által javasolt 250 °C-os hőmérsékleten történtek.

3. NEDVESEDÉSMÉRÉSI EREDMÉNYEK

3. 1. LÁGYFORRASZ NEDVESEDÉSVIZSGÁLATA

A **3. ábrán** Senju M705-GRN360-KV ólommentes forraszpaszta nyomtatott áramköri szerelőlemezen mért nedvesedési peremszögtérképei láthatók az újraömllesztések (reflow) függvényében, különböző mérési atmoszféra alkalmazása esetén. A különböző mérési atmoszféra hatása egyértelműen meghatározható. Az inert (Ar) védőgázban mért minta nedvesedési peremszöge 12° . Ez az érték a jó forrasztathatósági tartományon belül van. Ha azonban a kemencében levegő alatt történt a mérés, a peremszög 24° -ra adódott, ami duplája a védőgázban mért értéknek. Az eredményekből következik, hogy a forrasztathatóság romlik, ha a forrasztás levegőn történik.

Az újrahevitések számának növekedése mind a két mérési környezet esetében peremszög-növekedést eredményez. A nedvesedési peremszög argon védőgáz mérés esetében 12° -ról 16° -ra nőtt és a mérést levegő alatt elvégezve 24° -ról 28° -ra nőtt. A peremszög növekménye mindkét esetben 4° az 1 és 4 reflow-s minták esetében. A peremszögtérképek növekedésének oka az oxigén eltérő mennyiségével magyarázható. Ismert, hogy az oxigén jelenléte rontja a nedvesedést, ezért a levegős környezetben mért minták peremszögei magasabbak, mint az inert közegben mért mintáké. Ezek a különbségek a lapkán növekvő vastagságú óxid rétegre utalnak [11].



3. ábra: Senju M705-GRN360-KV ólommentes forraszpaszta nyomtatott áramköri szerelőlemezen mért nedvesedési peremszögtérképei különböző atmoszférában

Védőgáz atmoszférában jobb minőségű forrasztásokat lehet létrehozni. A mérések alapján a peremszög körülbelül kétszer akkora levegőn végzett mérés esetén, mint védőgáz jelenlétében, de még így is létrehozhatók forrasztott kötések. Arra, hogy szükséges-e a védőgáz forrasztóberendezés, a forrasztás elvárt minősége adja meg a választ.

A szakirodalom alapján a normál légköri atmoszférás hőkezelések esetében várható volt, hogy az újraömllesztési ciklusok növelésével a nedvesedési paraméterek romlanak. A paraméterek romlása a nedvesedési peremszög növekedésével figyelhető meg. A forrasztathatósági paraméterek romlásának oka a kétféle öregedésre vezethető vissza, az intermetallikus réteg növekedése – ez okozza a tárolási öregedést – első megközelítésben közvetlenül nehezen figyelhető meg a felületi topográfiából [2].

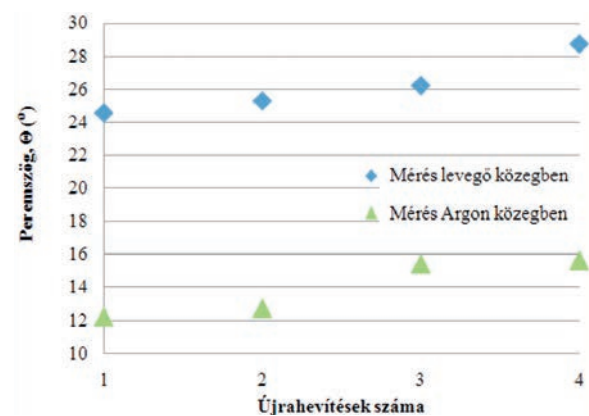
3. 1. POTENCIÁLIS FORRASZANYAGOK KERESÉSE

Felmerülhet a kérdés, hogy milyen irányba lehet továbbhaladni annak érdekében, hogy javítsuk a nedvesedési viszonyokat, esetleg légköri atmoszféra alatt (ezzel jelentős gyártási költséget megtakarítva) is megfelelő forrasztott kötést lehessen biztosítani. Több irányban lehetséges a kutatásokat végezni. A forrasztott felületen a forrasztás művelete előtt bevonatokkal javíthatóak a nedvesedési viszonyok, de ezen bevonatok időállósága viszonylag kicsi, és technológiája költséges. Adalékanyagok, fluxok forrasztó hozaganyagba keverésével is megfelelő hatás érhető el, ez jelenleg is egy széles körben alkalmazott technológia, de az előzőekben leírt eredmények alapján is látszik, hogy ez önmagában nem oldja meg a nedvesítési problémát, csak az oxidációra való érzékenységet csökkenti az alapanyagoknak. Talán a legjobb megoldást új forrasztóanyagok kifejlesztése, illetve azok optimális arányának meghatározása jelentheti. A következőkben ezzel foglalkozunk részletesebben.

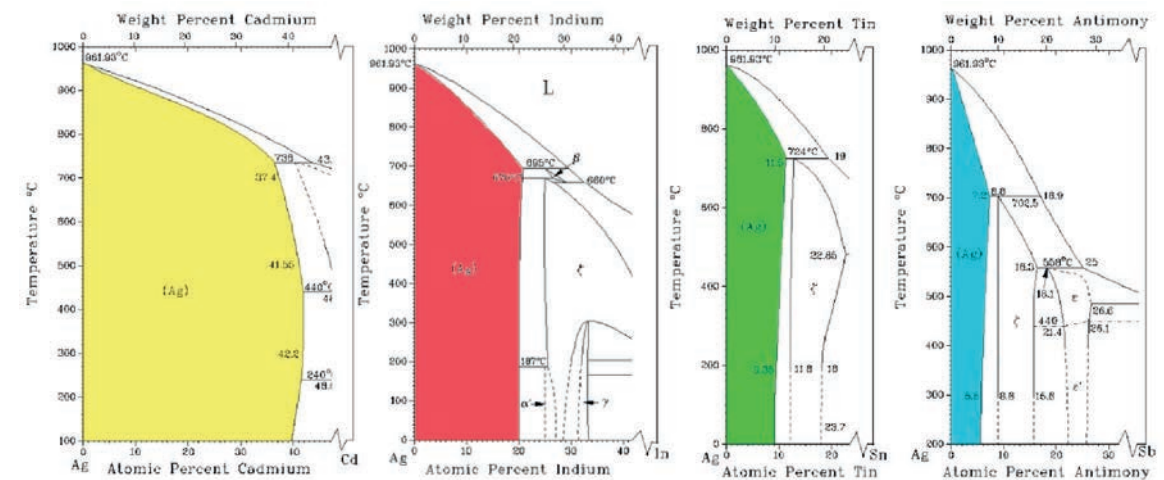
A nedvesítési tulajdonságok jobb megértése szempontjából egy szisztematikus ötvözősoron vizsgáltuk a nedvesedési tulajdonságok megváltozását. A rendszer alapeleme az ezüst, amelyet a periódusos rendszerben tőle jobbra található elemekkel rendre ötvöztünk, így az elkészített ötvözetek elektronszerkezete is szisztematikusán változik.

A **4. ábrán** látszik a kiválasztott ötvözetek fázisdiagramjaiból, hogy az oldott atomok tartománya az elektronszerkezeti változás mértékével csökken, tehát minél jobban különbözik az ezüstdől az elektronszerkezet, annál kevesebb atomot tud oldani az ezüst. Számos más fizikai tulajdonság is hasonlóan romlik az egy elektronnra jutó atomok (e/a) számával, mint például az elektromos ellenállás, hővezetés, Young-modulus. Ezen fizikai tulajdonságokat már rég kimérték, de az irodalomból az derült ki, hogy ezen hatás nedvesedési tulajdonságra gyakorolt hatását még nem vizsgálták. Megvizsgálva az elektronszerkezeti változtatás nedvesedési peremszögre gyakorolt hatását, azt az eredményt kaptuk, hogy néhány fizikai hatástól eltekintve szisztematikusán növekszik a nedvesedési peremszög. Ezen eredményekből arra lehet következtetni, hogy ha forrasztás szempontjából kedvező nedvesedési tulajdonságú ötvözetekre van szükség, akkor azon ötvözetek elektronszerkezetének hasonlóknak kell lennie [10].

Az ötvözőanyag optimális mennyiségének meghatározása érdekében mennyiségi vizsgálatot végeztünk az AgSn ötvözősoron. Az eredményeket az **5. ábra** tartalmazza.



5. ábra: AgSn ötvözetsor nedvesedésmérési eredményei az óntartalom függvényében



4. ábra: szisztematikus ötvözőrendszer fázisdiagram-részletei (balról jobbra: AgCd, AgIn, AgSn, AgSb)

Az eredményekből arra a következtetésre jutottunk, hogy az egyfázisú területeken áthaladó ötvözetek olvadási állapotban mért nedvesedési peremszögtérképei erősen megnőnek, vagyis rontják a nedvesítés mértékét. Ebből arra lehet következtetni, hogy a forrasztóanyagok összetételének meghatározásakor figyelmet kell fordítani a megszilárdulás során kialakuló fázisokra, hiszen azok hatással vannak a nedvesítés mértékére [9].

5. ÖSSZEFOGLALÁS, JÖVŐBENI FELHASZNÁLÁS

Iparban használt lágyforraszon mért nedvesedési eredményekből kiderült, hogy védőgáz atmoszférában megfelelő nedvesítési viszonyok alakulnak ki, ugyanakkor levegőn végzett mérések

esetében a peremszögtérképek 20° fölé emelkedtek, mely a jó forrasztás határának átlépését jelzi.

A megfelelő nedvesedési viszonyok érdekében alapvető kutatás szintjén megvizsgáltuk, hogy az elektronszerkezetnek és az ötvözőelemek mennyiségének is jelentős hatása van a nedvesedési peremszögre. Minél jobban változik az elektronszerkezet, annál jobban romlanak a nedvesedési viszonyok.

Az eredményeket szükséges további ötvözőkre is kiterjeszteni. Megfelelő számú vizsgálat után általános érvényű következtetések vonhatóak le annak érdekében, hogy olcsó, de jó kötési tulajdonságokkal rendelkező helyettesítő ötvözőanyagokat kereshessünk a járműiparból kivont ólom helyett. ●

IRODALOM

- [1] W.H. Zhong, Y.C. Chan, M.O. Alam, B.Y. Wu, J.F. Guan: Effect of multiple reflow processes on the reliability of ball grid array (BGA) solder joints, Journal of Alloys and Compounds 414 (2006) 123–130
- [2] G. Humpston, D.M. Jacobson (2004): Principles of Soldering, ASM International, ISBN 0-87170-792-6
- [3] C.M. Garner, V. Gupta, V. Bissessur, A. Kumar, R. Aspandiar, Proceedings of the Third EPTC, Singapore, December 5–7, 2000, pp.6–9.
- [4] P. Casey, M. Pecht, Proceedings of the Fourth International Symposium of EMP, Taiwan, December 4–6, 2002, pp. 15–24.
- [5] Chen, Y.-Y., J.-G., Duh, and B.-S. Chiou, "The Effect of Substrate Surface Roughness on the Wettability of Sn–Bi Solders," J. Mater. Sci.: Mater. Electron., 11, 279 (2000).
- [6] Yost, F. G., F. M. Hosking, and D. R. Frear, The Mechanics of Solder Alloy Wetting and Spreading, Van Nostrand Reinhold, NY, USA (1993).
- [7] J. Hlinka, Z. Weltsch, J. Berzy, A. Szmejkál: Improvements of Sessile Drop Method for the Wetting Angle Determination, Perner's Contact, Special Issue 2, Volume VI, Pardubice (2011), ISSN 1801-674X, pp. 64-71
- [8] Thomas Hetschel, Klaus-Jürgen Wolter, Fritz Philipp: Wettability Effects of Immersion Tin Final Finishes with Lead Free Solder, 2nd Electronics Systemintegration Technology Conference, Greenwich, UK
- [9] Z. Weltsch, A. Lovas, J. Takács, A. Cziráki, A.L. Toth, G. Kaptay: Measurement and modelling of the wettability of graphite by a silver–tin (Ag–Sn) liquid alloy, Appl. Surf. Sci. Vol 268, ISSN: 0169-4332, pp 52-60 (2013)
- [10] Z. Weltsch, A. Lovas: Alloying effects on wetting ability of diluted Ag-based melts on ceramic substrates, Materials Science Forum Vol. 659, (2010), ISSN: 1662-9752, pp 109-113.
- [11] Z. Weltsch, J. Hlinka: The Effect of Reflow on Wettability of Sn 96.5 Ag 3 Cu 0.5 Solder, Materials Engineering 20, pp 32-39, (2013), ISSN 1338-6174

Az innovációs járulék bizonyos hatásai a magyar gazdaságban

STUKOVSKY TAMÁS

Budapesti Corvinus Egyetem

PROF. DR. PALKOVICS LÁSZLÓ

BME-EJTT

PÁSZTOR KATALIN

Knorr-Bremse

The goal of this article is to introduce the Hungarian innovation contribution system's history, importance and the potential effects after the recent changes. After abolishing the possibility of spending the amount of the innovation contribution at own R&D researches and being exempted from payment, and the government's subvention of the National Research, Innovation and Science Policy Council the possible rapid growth of Hungarian R&D expenditure is not supported. The new R&D incentive strategy needs further discussions from both governmental and industrial point of view.

Cikkünkben bemutatjuk hazánk egyik legfontosabb kutatás-fejlesztést támogató és finanszírozó eszközét, az innovációs járulékot. Áttekintjük történetét, intézményi rendszerét, és megvizsgáljuk az elmúlt években bekövetkezett változások hatásait. Az innovációs járulék mértékének megfelelő saját vállalati K+F-re való költség lehetőségének, valamint az innovációs járulékból befolyt összeg költségvetési támogatásának eltörlése nem támogatják a K+F ráfordítások növekedését. Ebből fakadóan további egyeztetések lennének kívánatosak mind kormányzati, mind iparági oldalról a hazai K+F politika jövője érdekében.

BEVEZETÉS

Cikkünkben górcső alá vesszük az elmúlt évek egyik legfontosabb hazai kutatás-fejlesztést támogató és finanszírozó eszközt, az innovációs járulékot. Eredeti formáját 2004-es bevezetésétől 2012-ig – a járulék saját K+F tevékenységre történő felhasználásának eltörléséig – minimális változásoktól eltekintve megőrizte, a K+F szektor szereplői pedig igyekeztek minél több lehetőséget kihozni a fejlesztésekre fordítható pluszforrásokból. Az innovációs járulék leírhatósága szinte egyedinek számított Európában, és lehetőséget adott a kutatás-fejlesztésre olyan kisebb vállalatoknak is, amelyeknek önerőből erre esélyük sem lett volna. Az egyetemi és akadémiai kutatóintézetek mellett a regionális, egyetemi tudásközpontok megjelenésével és az innovációs járulék leírhatóságának lehetőségével megnőtt az esélye a hazai, erősen beszállítói központú járműiparnak, hogy lépést tartson a nemzetközi tendenciákkal, azaz, hogy a nagyvállalatok által beszállítói szintre ledelegált K+F feladatoknak megfelelhessenek. Az elképzelés szerint az innovációs járulékot leírva a kisebb beszállítók, akik még így sem képesek önálló K+F tevékenységre, ebből a forrásból megvásárolhatják a tevékenységükhöz egyre szélesebb körben szükséges fejlesztéseket. A kutatóhelyek, ezekből a megbízásokból valós szakmai feladatokat végezhetnek, amelyet hatékonyan tudnak hozzákapcsolni az egyetemi oktatáshoz, amivel jelentősen nő az egyetemi oktatás műszaki naprakészsége, színvonala. Nem elhanyagolható,

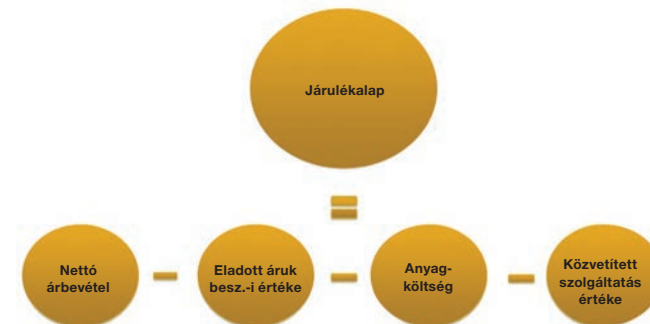
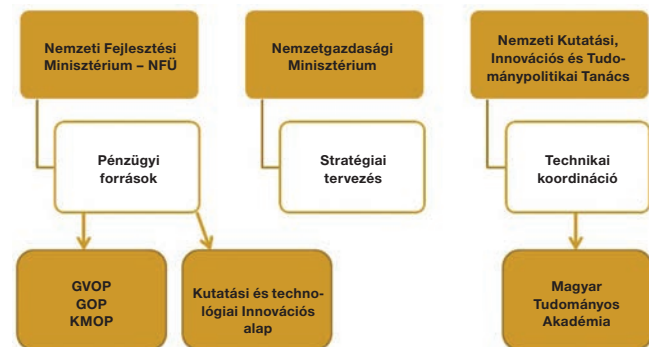
hogy a többletbevételből az alulfinanszírozott egyetemeken többlet technológiai fejlesztéseket tudtak végrehajtani, amelyek szintén növelték az oktatás színvonalát és jelentősen segítik a naprakész gyakorlati ismeretek átadását. Az innovációs járulék rendszerének felépítése és intézményi háttere bemutatása után megvizsgáljuk az innovációs járulék vállalatok által történő leírhatósága kivezetésének 2012-es hatásait.

A HAZAI KUTATÁS-FEJLESZTÉS

A magyarok mindig is büszkéek voltak csavaros észjárásukra, világszerte ismert tudósaikra. Nem véletlenül mondogatták egy időben, hogy Magyarországon a legnagyobb az egy lakosra jutó Nobel-díjak száma. Ez utóbbi állítás ugyan nem helytálló, mert hazánk csak 16. a vonatkozó listán, de bizonyítja, hogy a magyarok mindig is élen jártak a tudományokban, és különösen igaz ez a járműiparra, hiszen olyan neves mérnökök alapozták meg találmányaikkal a mai járműipart, mint például Csonka János vagy Bánki Donát. A rendszerváltás után 1990-ben hazánk éves GDP-arányos K+F ráfordítása 1,6% volt, amit azóta sem sikerült még csak megközelíteni sem. Ezután egészen a 2000-es évek elejéig visszaesés volt megfigyelhető, majd a Lisszaboni Stratégia deklarálása után (célkitűzés volt, hogy az EU-tagállamok 2010-ig éves GDP-jük 3%-át fordítsák K+F-re) 2003-ban történeti mélypontra esett vissza, és mindössze 0,89%-át tette ki az éves GDP-nek. Az irányzat megfordításának egyik lehetséges eszköze az innovációs járulék 2004-es bevezetése. E többletforrás és a K+F-re használható európai uniós pénzek együttes hatására a hazai K+F ráfordítás ismét növekedési pályára lépett, és az innovációs járulék leírhatósága eltörlésének az évében, 2012-ben 1,2%-os értéket ért el, de ebben az értékben még nem jelentek nagymértékben a kivezetésnek a hatásai.

Magyarországon az 5 legnagyobb kutatást és fejlesztést igénylő iparág a járműipar, a feldolgozóipar, a gyógyszeripar, a mezőgazdaság és az információs technológia – telekommunikáció. Ezen iparágak hasonlítanak egymásra abban, hogy a szektorális K+F-re költve egyre nagyobb termelékenységet és jobb minőséget érhetnek el, a fejlődés hatására pedig gyorsan nőhet piaci részesedésük. Mindezek összességében javítják Magyarország versenyképességét, növelik a GDP-t és nem utolsósorban az EU 2020 Stratégia célkitűzéseinek teljesülését is elősegítik.

1. ábra: a hazai K+F támogatások intézményi háttere



2. ábra: az innovációs járulék és járulékalapjának számítása

A HAZAI K+F TÁMOGATÁSOK INTÉZMÉNYI HÁTTERE

Mielőtt jobban elmélyednénk az innovációs járulék felhasználási módjai között, vizsgáljuk meg a magyarországi K+F támogatások intézményi rendszerét.

Az 1. ábrán a hazai K+F támogatások legjelentősebb intézményekből álló rendszere található. Jól látható, hogy a támogatási folyamatot 3 fő részre bontották, a K+F stratégia tervezéséért a Nemzetgazdasági Minisztérium a felelős (pl.: „Tudomány-, Technológia- és Innováció-politikai stratégia”), míg a technikai koordinációért a Nemzeti Kutatási, Innovációs és Tudománypolitikai Tanács felelt, amelyből a feladatok többsége 2011. január 1-jei hatállyal a Nemzeti Innovációs Hivatal (NIH) hatáskörébe került át. A NIH feladatai között immár szerepel a stratégiaalkotás segítése, és szakmai javaslatok megfogalmazása és az innovációs hálózati együttműködések építése, ösztönzése. A Magyar Tudományos Akadémia segít a szakmai programok elkészítésében, valamint felügyeletében. A Nemzeti Fejlesztési Minisztérium – azon belül a Nemzeti Fejlesztési Ügynökség (korábban NKTH) – alá tartozik a pénzügyi források kezelése és disztributálása. Ezen belül is megoszlik a feladat a pénzek eredetét tekintve: EU-s források (Gazdaságfejlesztési Operatív Program 1. prioritása, Gazdasági Versenyképességi Operatív Program 3. prioritása és Közép-Magyarországi Operatív Program 1.1 intézkedés) és az innovációs járulékból befolyt összegek (KTIA). Érdemes a 2004. 01. 01-jén az állam által létrehozott független pénzalapként megszűlő Kutatási és Technológiai Innovációs Alappal egy kicsit részletesebben foglalkozni, hiszen az ő feladata volt a K+F támogatások elosztásához a stabil intézményi hátteret és pályázati rendszert biztosítani, de erre majd egy kicsit később visszatérünk.

AZ INNOVÁCIÓS JÁRULÉK

2004-ben került bevezetésre ez az adó jellegű járulék, amelyet a vállalati szektornak kellett megfizetnie (2004-ben minden vállalkozásnak, míg 2005-től csak a legalább 50 főt foglalkoztató vállalkozásoknak). Az innovációs járulék mértékének meghatározásában segít a 2. ábra.

Az innovációs járulék az adott tárgyév folyamán, 3 havonta fizetendő. Mértéke a fenti módon számított járulékalap 3%-a (ami a 2004-es bevezetés idején 2%-a, majd 2005-ben 2,5%-a volt).

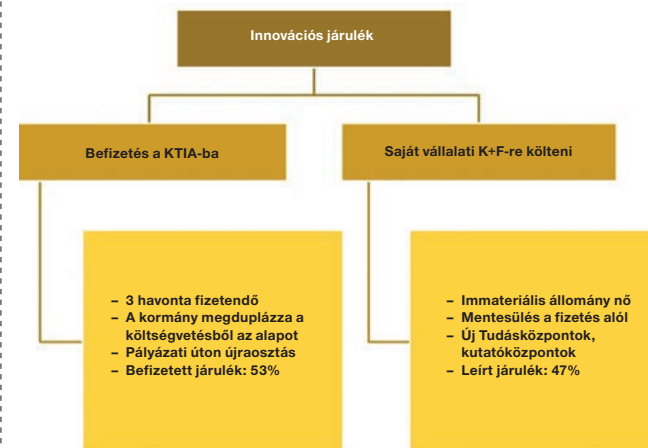
Az ily módon befolyó összeget a 2003. XC. törvény 39. § alapján a mindenkor kormány köteles (lenne) megduplázni a költségvetés terhére, és az így rendelkezésre álló összeget a KTIA számára korlátlanul elérhetővé tenni, hogy azt kutatás-fejlesztési tevékenységet végző vállalkozások vagy szervezetek között nyílt

pályázati úton újraoszthassa. A törvénytervezet Európában szinte egyedülálló újítása az a lehetőség, hogy amennyiben a vállalkozások saját K+F tevékenységet végeznek vagy vásárolnak, akkor az innovációs járulék részben vagy egészben leírhatóvá válik, és annak összegét nem – vagy csak részben – kell megfizetni a KTIA-nak. A következő, 3. ábra bemutatja az innovációs járulék kétféle felhasználásának különbségeit.

Jól látható tehát az ábrán, hogy minden járulékfizetés-köteles vállalat szabadon dönthet, vagy befizeti a KTIA-ba az innovációs járulékot, vagy mentesül a befizetés alól, amennyiben a járulék mértékének megfelelő összegben költ saját vállalati K+F-re. Amennyiben a vállalat a befizetés mellett dönt, úgy az ily módon befizetésre került összeget a kormány törvényben vállalt kötelezettsége szerint, megduplázza, de a teljes vizsgált időszakot tekintve a vállalati befizetések mindössze 64%-át fizette be az állam. Az idő múlásával mindig egyre kisebb arányban. 2009 volt az egyetlen év, amikor az állami kötelezettségvállalás a törvényben előírtaknak megfelelően teljesült. Az innovációs járulék teljes járulékalapját tekintve megállapítható, hogy valamivel több, mint felét, 53%-át fizették be a KTIA-nak, a többit leírták.

Az innovációs járulék leírása új dimenziókat nyitott meg a vállalatok számára. Jól jártak a kis- és közepes vállalkozások, hiszen ezzel a lehetőséggel önálló K+F kapacitással nem rendelkező vállalkozások is felvettek kutató-fejlesztő mérnököket, ebből a forrásból megbíztak egyetemeket, akadémiai kutatóközpontokat, külsős fejlesztőcégeket vagy az újonnan alakult regionális egyetemi tudásközpontokat, hogy a szükséges fejlesztéseket számukra elvégezzék. Bármelyik megoldást is választották, ebben a beszállítói központú magyar gazdaságban, ahol a megrendelők egyre nagyobb hányadban „delegáltak le” és vártak el műszaki fejlesztést, nagyobb hozzáadott értékkel megőrizhették pozícióikat, növelhették nyereségüket. További előnyként jelentkezett, hogy versenylőnyt érhettek el külföldi konkurenciáikhoz képest, további megrendeléseket nyerhettek meg, amelyekkel tovább javulhattak a profit- és növekedési kilátásaik. A nagyvállalatok is jól jártak, ők meglévő K+F kapacitásaikat fejleszthették, korszerűsíthették.

A Nemzeti Adó- és Vámhivatal vonatkozó forrásait áttekintve (NAV innovációs járulék bevallásának adatbázisa 2013. 03. 11-i állapot) megállapítható, hogy minél nagyobb egy vállalat, annál inkább jellemző rá az innovációs járulék leírása. Ez egyrészt azzal magyarázható, hogy ezek a méretesebb vállalatok sokkal nagyobb eséllyel folytatnak állandó K+F tevékenységet, így az innovációs járulék leírhatóságát is egyszerűbben tudják kihasználni, tehát mindenképpen jól hasznosul a járulék.



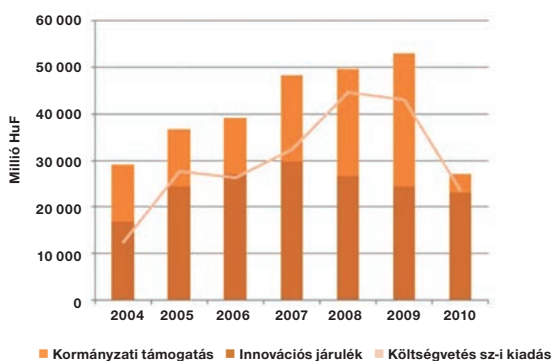
3. ábra: az innovációs járulék kétféle felhasználása

Az innovációs járulék a vállalatok számára egyik legfontosabb hozadéka az immateriális javak állományának növekedése. Ahogyan azt már C. A. Robbins, M. L. Streitwieser és W. A. Jolliff „R&D and other intangible assets...” című munkájukban bizonyították, az immateriális javak a K+F intenzitás indikátorként szolgálnak. Ebből azt is levezették, hogy az immateriális javak és az versenyképesség között is hosszú távon fennálló erős pozitív kapcsolat bizonyítható be. Ezek alapján nem nehéz belátni, hogy a K+F támogatása az immateriális javak hosszú távon történő növekedését idézi elő, ami pedig a vállalatok versenyképességét javítja a piacon. Meg kell jegyezni, hogy az a tapasztalat, hogy több nagyvállalat nem aktiválja immateriális jószágai között a kutatás-fejlesztést.

AZ INNOVÁCIÓS JÁRULÉK FELHASZNÁLÁSA

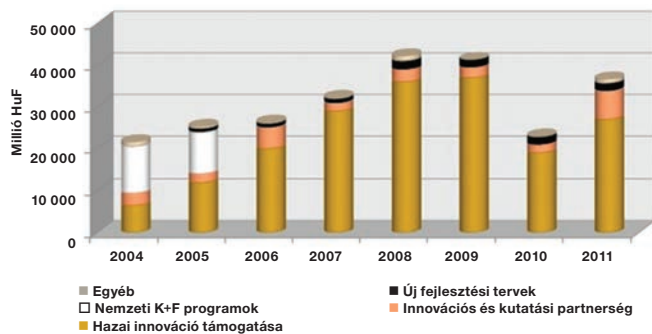
Most, hogy áttekintettük az innovációs járulék alapvető tudnivalóit, vizsgáljuk meg kicsit alaposabban allokálását és felhasználási módjait. A KTIA 2004-től 2011-ig összesen 182 milliárd forint bevételhez jutott az innovációs járulékból, amelyhez 116,6 milliárd forint költségvetési támogatás érkezett az évek folyamán. Sajnálatos, hogy 2009-ről 2010-re a költségvetési támogatás 85%-kal csökkent. Az innovációs járulékból és az állami támogatásból együttesen rendelkezésre álló nagyjából 299 milliárd forintot további 27 milliárd forint egyéb bevétel és különböző függő tételek egészítették ki a végleges 326,2 milliárd forintos teljes bevételhez. Normális esetben ezt a teljes összeget lett volna hivatott az alap pályázati úton szétosztani, de az eredetileg 21 692 db pályázat alapján igényelt 862 milliárd forint támogatásból mindössze 8930 pályázatot fogadtak el, és ítélték meg körülbelül 230 milliárd forint támogatást 2010-ig. A megítélt összeget pedig nagyjából 197 milliárd forintnyi kifizetés követte mindössze, egy pályázóra vetítve átlagosan 60 millió forintos összegben.

Felvetődik a kérdés, hogy mi történt a maradék kb. 130 milliárd forintnyi forrással. Mivel a KTIA mérlege minden év végén pozitív volt, az így felgyülemelő év végi pluszforrásokat az állam elvonta, holott ezen „maradék” forrásoknak a következő év első negyedévi kifizetéseinek alapjaként kellett volna szolgálnia. Amellett, hogy így az év eleji kifizetések szinte kivétel nélkül nehézségekbe ütköztek, az alábbi, **4. ábrát** alaposabban megvizsgálva rögtön látszik, hogy összehasonlítva a KTIA innovációs járulékból és költségvetési támogatásból álló bevételét a KTIA adott évi összesített kifizetéseivel, a 2004-es, 2005-ös, 2006-os, 2007-es és 2010-es évben a kifizetett KTIA források alig haladták meg az innovációs járulék mértékét, pláne figyelembe véve azt a tényt, hogy átlagosan 2% körüli egyéb bevételt is hozzá kell adni, ami szintén nem az államtól származik.



4. ábra: az innovációs járulék és a hozzá kapcsolódó kormányzati támogatás a KTIA költségvetés szerinti kiadásai függvényében

A **4. ábra** alapján tehát megállapítható, hogy 2008-at és 2009-et leszámítva az KTIA gyakorlatilag csakis az innovációs járulékból származó bevételeket osztotta szét pályázatok útján, míg az állam év végén 2,9–19,5 milliárd forintos nagyságrendben vont el forrásokat az alaptól. Jól látható az ábrán a korábbiakban már említett 85%-os költségvetési forráscsökkentés, amit a döntéshozók a 2008-as válságra adott válaszként indokoltak. Az alábbiakban röviden tekintsük át a KTIA kiadási szerkezetét, azaz kiknek és milyen formában jutott támogatás.



5. ábra: a KTIA kifizetéseit programcsoportok szerint

Az **5. ábráról** jól látható, hogy a KTIA 5 különböző program keretein belül hajtott végre kifizetéseket. Az első két évben legnagyobb arányt kitevő Nemzeti Kutatási és Fejlesztési programok 2006–2007-re beolvadtak a Hazai innováció támogatásába, ugyanide tartoznak még a regionális innovációs programok is. Az Innovációs és kutatási partnerség program összefogta a határokon is túlívelő K+F projekteket. Ezen az ábrán is jól látható a források 2010-es megcsappanása, viszont a 2011-es értékek megközelítik a 2009-es állapotot.

Nem meglepő, hogy a kifizetett pályázati pénzek 79%-át a hazai 5 legnagyobb K+F igényű iparág (járműipar, feldolgozóipar, gyógyszeripar, mezőgazdaság és az információs technológia – telekommunikáció) kapta meg, több mint 156 milliárd forint értékben. Kiemelkedő volt a gyógyszeripar vállalatainak viselkedése, hiszen 94%-át a befizetendő járulékoknak leírta, mindössze 6%-nyit fizetett be az alapba, viszont a befizetéseinek 7,6-szorosát kapta vissza pályázati formában a KTIA-tól. Ezzel egyértelműen érzékelhető mennyiségű K+F pluszforráshoz jutottak a gyógyszeriparban.

AZ INNOVÁCIÓS JÁRULÉK VÁLLALATOK ÁLTAL TÖRTÉNŐ LEÍRHATÓSÁGÁNAK ÉS AZ INNOVÁCIÓS JÁRULÉKHOZ KAPCSOLÓDÓ KÖLTSÉGVETÉSI TÁMOGATÁS ELTÖRLÉSE

2012. 01. 01-től – a 2011. évi CLVI. törvény alapján – a vállalatok nem írhatják le a K+F költségeiket, kötelesek az egész összeget a KTIA-nak elutalni, és ezzel egy időben teljesen eltörlik az innovációs járulékhoz kapcsolódó költségvetési támogatást is. A döntés több szempontból érthetetlen, és a kutatás-fejlesztés szektor és a magyar gazdaság egészének szempontjából egyértelműen káros. A költségvetési kiegészítés eltörlésének magyarázata talán még magyarázható lenne azzal, hogy így csökken(het) az államháztartás hiánya, és tulajdonképpen az állam minden év végén majdnem teljesen visszavette az általa abban az évben juttatott forrásokat. Az innovációs járulék leírhatóságának eltörlése pont ellentétes hatást fog elérni, mint amit a jelenlegi piaci körülmények megkívánnának, és amit a bevezetések az akkori döntéshozók

szertettek volna elérni. A következő, **6. ábra** segítségével követni lehet a kormányzati döntéshozók feltételezett érveit és ellenérveit a döntés mellett és ellen kormányzati nézőpontból.

A jelenlegi gazdasági helyzetben nem meglepő, hogy a döntéshozóknak az egyik legfontosabb szempont volt az éves szinten megspórolható 30–40 milliárd forint a költségvetés számára. Ez két részből tevődik össze. Egyrészt évi 20–25 milliárd forint származik abból, hogy nem egészíti ki a költségvetés a KTIA innovációs járulékból befolyt forrásait, másrészt pedig évi 10–15 milliárd forint többletbevétel származik abból, hogy az innovációs járulék nem leírható. Azzal, hogy az országban minden kutatás-fejlesztést támogató forrás állami kézbe és elbírálás alá került, így a kormánynak jobb rálátása lesz majd a K+F pénzek áramlására, és ebből fakadóan a támogatási irányelvekre is nagyobb befolyással rendelkezik majd. Kiemelt szempontként kezelték a gazdaság ki-fehértésének szándékát, ugyanis felmerült olyan aggály, miszerint nem eléggé átláthatóak és ellenőrizhetőek a vállalatok esetében a saját kutatási-fejlesztési tevékenységek, elképzelhetőnek tartottak bizonyos formájú visszaéléseket. Álszentség nélkül állítható, ahogyan más gazdasági területeken, itt is előfordulhattak visszaélések, viszont az nagy bizonyossággal megállapítható, hogy a K+F ágazat szereplői valóban éltek a saját kutatás-fejlesztés adta lehetőségekkel, hiszen iparágukban elengedhetetlen a folyamatos K+F és innováció, ezek nélkül nem lehet megmaradni a piacon. Ezek alapján a K+F szektor szereplőinek jelentős része kimutathatóan előremutató projektekre költötte a pénzt, tehát a program elérte célját! Ha mindenképpen olyan piaci szegmenst keresünk az innovációs járulékkal kapcsolatban, ahol történhetett valamilyen visszaélés, akkor a K+F tevékenységet még véletlenül sem folytató iparágak környékén lenne célszerű körülnézni, nem a forrásokat célszerűen felhasználó K+F központú cégek lehetőségeit csökkenteni.

A pozitívumok után tekintsük át a negatívumok sorát. A kutatás-fejlesztés szektor a döntések hatására erősen vissza fog esni, ami előrevetíti azt, hogy várhatóan Magyarország nem lesz képes teljesíteni az EU2020 stratégia hazánkra vonatkozó éves szinten 1,8%-os GDP-arányos K+F ráfordítást tartalmazó vállalását (jelenleg 1,14% ez az érték). Ezt vizsgálva nem mehetünk el amellett a tény mellett sem, hogy a bevezetés előtt rendkívül kevés idővel nyilvánosságra hozott törvénymódosítás miatt a meglévő K+F projektek 27%-át hagyták félbe vagy függesztették fel, elvesztegetve ezzel azt a több milliárd forintot, amit már azokba a projektekre beleöltek, viszont a jelenlegi körülmények között nem látták biztosítva a befejezésüket. Súlyos csapás lehet hosszú távon az is az államkasszában, ha a K+F szektor hanyatlásának hatásai átgyűrűznek más szektorokba is, és gyengül Magyarország nemzetközi versenyképessége, és ebből fakadóan a termelékenység is.

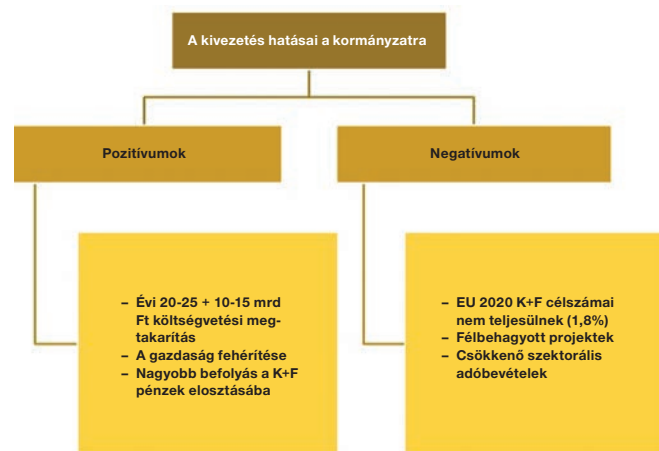
A járműiparban a negatív hatások kumulálódnak. Az eddigi kedvező K+F környezet ellensúlyozta az elmúlt évek adóemelésait, így továbbra is érkeztek nagy volumenű beruházások (Mercedes, Audi stb.), viszont az eddigi innovációs járulékkal kapcsolatos kedvezményeik egyfajta új adóteherként jelentkeznek ezeknél a K+F orientált multiknál, és erősen csökkentheti a további beruházási kedvet. Komoly probléma, hogy a döntéshozók a jelek szerint nem értették meg a járműiparban jelentkező nemzetközi trendet, ami szerint a multik egyre nagyobb hányadban delegálják le a beszállítói szintre a K+F feladataikat. Ezzel a szellemi hozzáadott értékkel nem csak a beszállítási láncban részt vevő cégek bevétele nő, hanem fokozódik a védelmük az olcsóbb bérű országok konkurenciájával szemben. Magyarországon a kis- és közepes vállalatok kevés kivételtől eltekintve a beszállítói oldalon találhatóak, így rájuk is hárul a fenti kihívásokból. Az itthoni multik, ha nem kapják meg a magyar beszállítóiktól a megfelelő fejlesztést tartalmazó terméket, gond nélkül fordulnak a környező országok beszállítói iparához. Tény, hogy a vállalatok többsége nem hajlandó a saját profitjának

terhére folytatni a kutatás-fejlesztést, csak a legnagyobb vállalatok engedhetik meg maguknak ezt a „luxust”.

Ezt felismerve a hazai kormánynak kiemelten kellene támogatni a K+F szektort, hogy továbbra is versenyképes maradjon, vagy akár javíthasson is piaci megítélésén. Ezért is volt jó elgondolás az innovációs járulék leírhatósága saját vállalati K+F esetén, mert így a kisebb vállalkozások is esélyt kaphatnak saját K+F tevékenységre, aki pedig nem képes ezt még kialakítani, az megvásárolhatja a piacról, azaz akadémiai kutatóhelyektől, egyetemektől, vagy a megmaradt tudásközpontoktól. Így a tudományos élet naprakész, releváns témákkal foglalkozhatna, hiszen például a mérnökképzésben vagy a számítástechnikában olyan gyorsan változnak a trendek és irányzatok, hogy így lehet a hallgatóságnak is a legkorszerűbbet, a leghatékonyabban tanulni. Amennyiben erre nem találnak belátható időn belül megoldást a döntéshozók, úgy végzetesen le fog maradni hazánk a K+F versenyfutásban, amire szintén igaz lehet a régi közgazdász mondás: „Aki lemarad, kimarad...”

A fenti problémákat mérlegelve úgy gondoljuk, hogy érdemes megfogalmaznunk néhány javaslatot, amelyekkel a jövőben lehetne javítani az iparági helyzeten. Egységes K+F politikát kellene megfogalmazni, teljesíthető és reális célokkal, és lehetőségeinkhez mérten mindent megtenni teljesítésük érdekében. Ha a kormányzat nem tudja vállalni a korábbi megállapodásban szereplő kötelezettségeit, akkor érdemes azokat a racionalitás és a megvalósíthatóság jegyében újratárgyalni. A kormánynak nagyobb mértékben kellene támogatnia a kutatás-fejlesztést, ami hosszú távon biztosan kifizetődik majd adóbevételekben a versenyképesebbé vált iparágakon keresztül. A meglévő forrásokat hatékonyabban kellene elosztani, azaz több forrást adni olyan iparágaknak, amelyek a későbbiekben ezt adó formájában a megnövekedett bevételükből vissza tudják csepegtetni az államkasszában. A források elosztásánál válasszanak bátrabban a pályázók közül, hiszen egy fejlesztési ötlet lehet sokkal kockázatosabb, de siker esetén a megtérülés is sokkal jövedelmezőbb lehet. Ne feledjük, a Frascati-kézikönyv kutatás-fejlesztési definíciójában is szerepel a kockázat! Könnyníteni kellene az adminisztrációs terheken, ezzel még szélesebb pályázói kört lehetne biztosítani, és csökkenne az esély, hogy egy-egy jónak tűnő ötlet ne valósuljon meg ilyen akadályok miatt.

Kíváncsok az innovációs járulék alanyi joga járó kedvezményének visszaállítására azon vállalkozások részére, akik K+F-et végeznek. A „visszapályázás” folyamata bürokratikus, jelentős többlet adminisztrációs költséget okoz a vállalatoknak, üzletileg, pénzügyileg kevésbé kiszámítható (Biztosan kiírják a pályázatot?



6. ábra: az innovációs járulékkal kapcsolatos 2011. évi CLVI. törvény hatásai a kormányzatra

Mikor kerül kiírásra? Biztosan nyerne rajta? Az igényelt összeg kerül megítélésre? Időben folyósítják a megnyert összeget?) egy járulék negyedévente nem befizetésével szemben. Az esetleges visszaélőket egyéb eszközökkel ki lehet szűrni.

Pályázat esetén gyakorta túl nagy a kötelező vállalás a támogatott projekt nagyságrendjéhez képest (pl. vállalati K+F létszám és/vagy költség vállalás a projekt befejezését követő 5 éven keresztül: tegyük fel, hogy egy 400 millió forint költségvetésű projekt 200 millió forintos támogatási összegéért akár tízmilliárd forintos összköltség hosszú távú vállalása szükséges. Különösen a jelenlegi gazdasági nehézségek közepette nagyon nehéz ilyet vállalni 5–7 évre előre). Egy alanyi jogon járó adókedvezményről nem áll fenn ilyen vállalási kötelezettség.

Az innovációs képesség felméréséhez a vállalatot – definiált mérőszámrendszer, folyamataudit stb. alkalmazásával – lehetne minősíteni, amely vállalkozás ezen minősítés birtokában folytathatná K+F tevékenységét (a jelenlegi szabályozás – SZTNH-nál kell minősíteni egyesével a projekteket – helyett). Ez jelentős könnyebbséget jelentene mind a hatóság, mind a vállalkozások számára.

Egyetértünk az alanyi jogon járó – pl. adókedvezmények formájában adott – támogatások körének további bővítésének gondolatával. Például amennyiben egy hazai munkatárs 2 éves

külföldi kiküldetése után – amíg tapasztalatot, többlet szakmai tudást szerez – hazatér és itthon alkalmazza a kint tanultakat és a szemléletmódot, a kiküldetés ideje legyen valamilyen formában támogatott az őt kiküldő cég számára.

Belátható, hogy nem csak szubvenciókkal ösztönözhető a K+F szektor, érdemes lenne elgondolkodni különböző mértékű és célokhoz kötött további adókedvezményeken is. Javasoljuk az akadémiai kutatóhelyek, az egyetemek és a vállalati szféra még szorosabb együttműködését. A német példa is bizonyítja, hogy ha a hallgatók már középiskolás tanulmányaik folyamán közvetlen érintkezésbe kerülnek tanulmányaikhoz köthető vállalatokhoz, akár részt is vesznek az ott folyó munkában, akkor könnyebben helyezkednek el, könnyebben alakul ki többlet érdeklődésük az adott szaktéma iránt, és jelentősen lecsökken a vállalatok számára a betanítási idő, arról nem is beszélve, hogy kézzelfogható, aktuális piaci ismeretekkel rendelkező dolgozókat csábíthatnak magukhoz a cégek. Végül, de nem utolsósorban, javasoljuk az innovációs járulék sajtó K+F fejlesztésre, illetve a kkv-knak kutatóhelyekről történő fejlesztések vásárlására a befolyt járulék szabad felhasználását, és ily módon a befizetés alóli mentesülést, a fentiekben említett javaslatok beépítésével egyetemben. ●

Lézersugaras fém-polimer hibrid kötés

DR. MARKOVITS TAMÁS
egyetemi docens
BME, Gépjárművek és Járműgyártás
Tanszék

BAUERNHUBER ANDOR
egyetemi tanársegéd
BME, Gépjárművek és Járműgyártás
Tanszék

A lézeres technológiák és ezen belül a kötéstechológiák magas és jól reprodukálható minőségükkel és automatizálhatóságukkal már sok helyen bizonyítottak a járműgyártás területén. Így a súlycsökkentési trendből fakadó eltérő tulajdonságú alapanyagok kötéstechikájában is fontos szerepet kapnak. A cikkben bemutatott kutatás fém és polimer alapanyagok lézeres kötésének létrehozásáról, a kötés tulajdonságait befolyásoló főbb tényezőkről és azok hatásairól ad ismereteket.

Laser technologies including the laser joining technologies have been proven to be able to provide high quality along with the possibility of good reproduction and automation in many fields of the automotive industry. Thus they play an important role in the field of joining of base materials of different type which is needed as a consequence of the general trend of weight reduction. The presented research work give related information about the creation of the bond and the main influencing factors and their effect on the properties of the laser assisted metal polymer hybrid joint.

1. ALAPANYAGOK ÉS TECHNOLÓGIÁK FEJLESZTÉSE

A járművek területén évek óta tartó folyamatos súlycsökkentési igény kielégítésére több megoldás is létezik. Ezek közül az egyik megoldás, ha azonos alapanyagcsoportba (pl.: acélok) tartozó, de nagyobb szilárdságú anyagokat kisebb vastagsággal alkalmaznak. Másik lehetőség, hogy az acéllal szemben kisebb sűrűségű és összességében kisebb tömegű anyagokat és alkatrészeket építenek be. Így egy mai korszerű autókarszériában az elhelyezkedéstől és funkciótól függően a különböző szilárdságú és vastagságú acél, alumínium és esetenként magnézium alkatrészeket kombinálják [1,2].

Önmagában az újabb alapanyagok alkalmazása nem válna lehetővé, ha a gyártástechológia továbbfejlesztésével nem foglalkoznánk. Az alkatrészelemek kötéstechológiájának éppen ezért követnie kell az alapanyagok újszerű kombinációit. A ma már hagyományosnak számító ellenállás ponthegesztés területén is kihívást jelentett az eltérő vastagságú és szilárdságú acélanyagok egymáshoz hegesztése. Az acél-és az alumíniumötvözetek ömlesztő hegesztésénél a két alapanyagtípus közötti fizikai és termikus tulajdonságok nagy eltérése és a közös varratban kialakuló rideg fázisok miatt a hegesztés végrehajtása is nagyobb körülményt igényel. A két eltérő anyag kötésénél a korábban kisebb figyelmet kapott keményforrasztás is szerephez jut [2]. Adott esetben az eljárások közül a ponthegesztést, a ragasztást és az átnyomós szegecseleést együttesen használják.

2. FÉM-MŰANYAG HIBRID KÖTÉSEK

A különböző típusú anyagok közül a fém és polimer párosítás miatt már több helyen alkalmazásra kerülnek a hagyományos kötéstechológiák, ilyen a csavarozás, szegecseleés, ragasztás. Azonban van néhány újabb eljárás is, amely a két anyag kombinálását, összekötését más módon teszi lehetővé. Ilyen eljárása az Insert Moulding (betétes fröccsöntés), amelynél a fröccsöntő szerszámba helyezett fém alkatrészre történik a műanyag fröccsöntése, így egy hibrid szerkezetet előállítva jól kihasználható a két anyag kedvező tulajdonságegyüttese. Erre konkrét alkalmazási példa a Front

End Panel, ahol a mélyhúzott acéllemez alkatrész üreges részére műanyag bordákat fröccsöntve az elvárt merevséget kisebb tömeg mellett lehet biztosítani [3].

Egy másik hibrid kötési eljárás a Collar Joining (galléros kötés), amelynél képlékeny alakítással egy gallért alakítanak ki egy acél lemez furata körül a lemez síkjára merőlegesen, és ezt a gallért a műanyag lemez alkatrészbe sajtolják egy következő fázisban. Így létrejön egy alakzáró kötés a két anyag között, amely nyíróerő szempontjából jelent erősebb rögzítést [4].

Látható tehát, hogy több olyan különböző elven működő megoldás is létezik, amely a fém és polimer anyagok párosításánál használható. A korszerű eljárások közül a következőekben a lézersugaras technológiákkal foglalkozunk kiemelten, amelyek már sok esetben bizonyították az új műszaki kihívásokkal szembeni magas minőségű megoldási képességüket.

3. LÉZERSUGARAS ELJÁRÁSOK A JÁRMŰGYÁRTÁSBAN

A gyártástechológiák fejlődésével egyre nagyobb mértékben és egyre több területen használják a lézersugaras technológiákat. Kihhasználva a lézeres eljárások jó automatizálhatóságát, a minőség jó kézben tarthatóságát és termelékenységet a járműgyártásban is több helyen találkozhatunk velük. A lézeres technológiák igen széles körben használhatóak, tekintettel arra, hogy a lézer sugárforrásból kicsatolt fénysugarat a megfelelő megmunkálófejhez vezetve, fókuszálva az alacsonyabb hőmérsékleten végzett lágyítástól kezdve edzésre, megolvasztásra, hegesztésre, vágásra, fúrásra is lehet használni.

A létrejövő kölcsönhatást leginkább a munkadarab felületén kialakuló teljesítménysűrűség és a hatásidő befolyásolja. Mindkét jellemző több nagyságrendet is magába foglaló tartományon belül változhat az egyes eljárástípusoknál.

Ez alapján a lézer a járműkarosszéria-gyártásban vágásra, hegesztésre, keményforrasztásra is használatos. Hegesztésnél a sugármozgatás (hullámhossztól függően) történhet hagyományos módon a fej közvetlen mozgatásával vagy újabban ún. távoli hegesztésnél (remote welding) szkennerefejes optikával, ahol egy speciális lencse (f- θ lencse) fókuszálja a sugarat egy meghatáro-

IRODALOM:

- 2004. évi CXXXIV. Törvény a kutatás-fejlesztésről és a technológiai innovációról
- 2011. évi CLVI. Törvény egyes adótörvények és azzal összefüggő egyéb törvények módosításáról
- Manuel de Frascati (2002): Frascati kézikönyv, OECD Publications
- W. A. Jolliff, M. L. Streitwieser, C. A. Robbins (2010): R&D and Other Intangible Assets in an Input-Output Framework
- Magyar Államkincstár – A KTIA költségvetési szerkezete (2004–2011)
- NAV – Innovációs járulék befizetésének adatbázisa (2013. 03. 11-i állapot)
- NIH (2012): A KTIA által finanszírozott pályázati portfólió hasznosulásának elemzése
- NKTH (2004), Útmutató a KTIA elszámolásához, befizetéséhez és K+F kedvezmények igénybeviteléhez
- OECD (2009): OECD Innovációs politikai országtanulmányok: Magyarország

zott síkba, jellemzően a munkadarabhoz képest nagyobb (500–1500 mm) távolságból a fej mozgatósi mellékidők csökkenésének céljából. Járművek ajtólemezeinek összehegesztésénél találkozhatunk ezzel az eljárással.

A lézeres keményforrasztás a külső felületeken is megjelenő kötéseknél a kis utómunkálási igény miatt alkalmazott kötéstechológia. Jellemzően a hátsó csomagtartónál, a tető-és oszlop-elemek találkozásánál használják.

A motoralkatrészek gyártásánál is alkalmazzák a különböző lézeres eljárásokat. Például a vezérműtengely és vezérlőtárcsa összehegesztésére. Lézeres hínólásra a hengerpersely felső zónájában vagy egyéb felületkezelésre a jobb kopási tulajdonságokkal rendelkező felület létrehozásához. Edzésre a kopásnak kitett acél-felületeken. Lézeres fúrásra a hajtókarok repesztéses szétválasztásánál. Ezek mellett általánosnak mondható eljárásként az alkatrészek jelölésére a későbbi azonosításhoz. Ezen a pár kiragadott példán keresztül is jól látható, hogy a lézerek alkalmazása milyen széles körű és mennyire része a mai gyártási kultúrának. Mindez a megbízhatóságának, precíz vezérelhetőségének és jó automatizálhatóságának tudható be.

4. LÉZERSUGARAS TRANSZPARENS-ABSZORBENS KÖTÉS

Vannak azonban a lézerefénynek olyan tulajdonságai is, amelyek a gyártástechnológia területén új megoldásokat biztosítanak. Erre egy példa a polimerek transzparens-abszorbens kötéstechológiája, amely már sok helyen alkalmazott eljárás. A módszer alapja az, hogy az adott hullámhosszúságú lézersugár az alapanyagokkal alapvetően három módon lép kölcsönhatásba. A lézerefény visszaverődhet (reflexió), elnyelődhet (abszorpció) és keresztüthaladhat (transzmisszió). A reális anyagainknál ezek együttesen fordulhatnak elő. Fémeknél a visszaverődés és a számunkra jellemzően hasznos elnyelődés fordul elő. Polimereknél azonban a három kölcsönhatási forma együttesen is felléphet. Adott hullámhosszon bizonyos polimerek áteresztik a lézerefény egy meghatározott részét. Más polimerek (vagy máshogyan adalékolt polimerek) ugyanezen a hullámhosszon nagymértékben elnyelődnek. Ezen két anyagot átlapolt kötésben kombinálva, az áteresztő polimeren áthaladó lézerefény döntő többsége az alul lévő elnyelő polimert felhevítve és megömlesztve, az összeszorító erő következtében megolvasztja az áteresztő polimert is. Kialakul egy közös ömledékfűrdő, amely megszilárdulása után kötést biztosít a két polimer alapanyag érintkező felülete között nem látható módon. Ez a lézersugaras polimer transzparens-abszorbens hegesztés.

4. LÉZERES HIBRID KÖTÉS

Az említett kötéstechológia alapelvét felhasználva kezdtünk el a Gépjárművek és Járműgyártás tanszék több évtizede tevékenkedő lézeres kutatócsoportjával közel 2,5 éve a fém-polimer hibrid kötések kutatását.

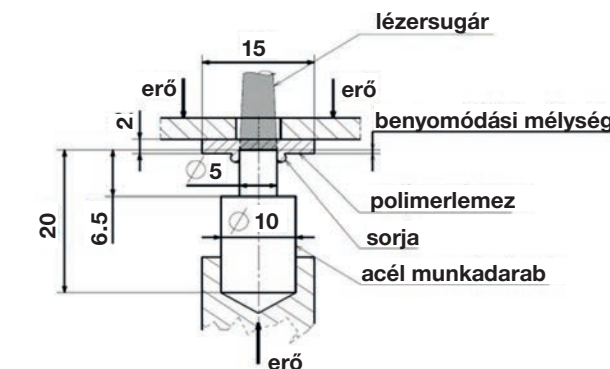
Jelenleg több helyen is foglalkoznak (Japán, Németország) az ilyen jellegű hibrid kötések létrehozásával különböző anyagpárosításoknál, különböző lézer sugárforrásokkal, jellemzően átlapolt lemezkötések esetében [5-9].

A tanszéki kutatócsoport a lemez-csap kötés geometria területén kezdte el a jelenség vizsgálatát a jobb és mélyebb megértés elősegítése miatt, ugyanis a kötés kialakulásának folyamata, a kötés jellemzőit befolyásoló tényezők és hatásai eddig nem teljesen tisztázottak.

A kutatás célkitűzése a célszerűen kiválasztott geometriájú kötés létrejöttét és a kialakuló tulajdonságait befolyásoló főbb tényezők és azok hatásainak meghatározása.

A kötés létrehozása

A kutatás ezen szakaszában az előkísérletek alapján a kedvező transzparens tulajdonságú PMMA polimer anyagot választottuk 2 mm-es extrudált lemez formájában. A kötésben az elnyelő fémcsap oldalán általános szerkezeti acél (S235JR) csapot alkalmaztunk 5 mm-es átmérőben. A kísérleti beállítás vázlata az **1. ábrán** látható.

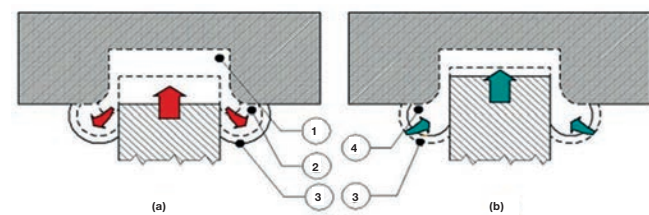


1. ábra: a lézeres hibrid kötés létrehozásának kísérleti beállítása

A kötésben részt vevő elemek a készülékbe való behelyezés alatt rugóerővel kerültek összeszorításra, amely a műanyag lemez felhevítésében nagy szerepet játszik, ugyanis a lézer a polimerlemezen keresztülhaladva döntően a csap felső felületén keresztül az acélt hevíti fel. A folyamatos érintkezés mellett a felhevített csap a műanyagot is felhevíti, és annak kilágyulásával benyomódik. A kötés létrejöttének első része a **2. a ábrán** látható.

A csap benyomódása során a kilágyult műanyag (1) a csap palástfelületei mellett a benyomódás irányával ellentétesen kitüremkedik (2, 3), amely a csap körül sorja formájában jelenik meg.

A lézersugár kikapcsolása után a sorja visszahúzódva (3, 4) méretét csökkentve megszilárdul és a csapot gyűrűszerűen veszi körül. (**2. b ábra**).

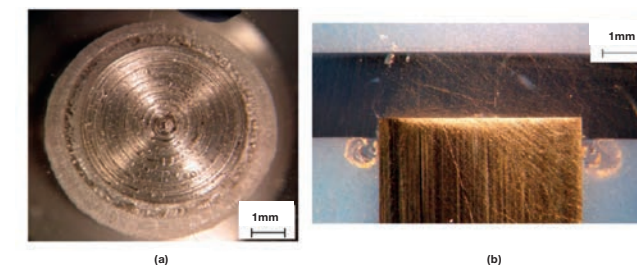


2. ábra: a kötés létrejöttének folyamata, (a) hevítés alatt, (b) hűlés alatt

A kötés szerkezete

A létrehozott kötés felülnézetben és keresztmetszetben a **3. ábrán** látható. A felülnézeti fotón megfigyelhető, hogy a fémcsap homlokfelülete fölött kisméretű, egyenletes eloszlású buborékok jöttek létre, amelyek egyes irodalmak szerint a megfelelő kötési szilárdság eléréséhez szükségesek [8]. A buborékképződés a polimer lokálisan bekövetkező degradációs folyamatával magyarázható. A keresztmetszeti képen megfigyelhető, hogy a csap a 2 mm vastag PMMA-lemezbe néhány tized mm mélységbe süllyedt be. A csap körül megfigyelhető a keletkezett sorja. A lézer belépési oldalán

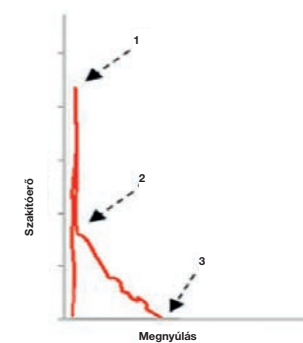
nem változott a műanyag felső felületének geometriája. A benyomódás az ellentétes oldalon nem okoz deformációt. (A vizsgálati fényviszonyok miatt a PMMA műanyag sötét színűnek látszik.)



3. ábra: A kötés jellegzetes szerkezete, (a) felülnézet, (b) keresztmetszet

A kötések vizsgálata

A kötések legfontosabb tulajdonsága a kötési szilárdság, amely jellemző vizsgálata szakítógépen történt és egy speciális befogóval, hogy a húzóerő a csap tengelyével koncentrikusan terhelje a kötést. Egy jellegzetes szakítódíagram alak látható a **4. ábrán**. A diagram jelege nem szokványos. Alapvetően 3 szakaszra bontható. Az első szakaszban a terhelőerő gyors növekedése mellett kis megnyúlással eléri a maximális szakítóerőt (1. pont). A második szakaszban a maximális értékről hirtelen leesik egy meghatározott értékig (2. pont) és a harmadik szakaszban egy lassabb, közel lineáris módon nullára csökken (3. pont). Ekkor válik szét a két alkatrész. Az első szakaszban az eddigi vizsgálatok alapján a homlok- és a palástfelületi adhézió játszik szerepet, amely a maximális erő eléréséig fennáll. Miután az adhéziós kapcsolat megszűnik, az erő nem esik nullára, hanem a palástfelületen a felületi egyenetlenségekből és az erőzáró zsugorodásból adódóan még egyben marad és a csap folyamatos kihúzás közben a műanyagban lévő palástfelület nagyságával arányosan csökken. A homlok- és a palástfelület szilárdságra gyakorolt hatásával kapcsolatban további kutatások vannak folyamatban.

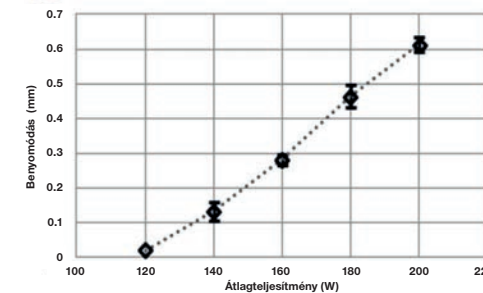


4. ábra: Jellegzetes szakítódíagram alak a vizsgált hibrid kötésnél

A cikkben bemutatott eredmények a továbbiakban néhány már megvizsgált befolyásoló tényező hatását mutatják be, melyek az alkalmazott impulzusüzemű Nd:YAG lézer átlagteljesítménye, a hevítés ideje, az összeszorító erő nagysága, a fémcsap felületi érdessége. A kötések kialakuló jellemzői a benyomódási mélység, a maximális szakítóerő és a buborékképződés mértéke voltak, melyekből néhány jellegzetes eredményt ismertetünk a következőkben.

A lézer átlagteljesítmény hatása

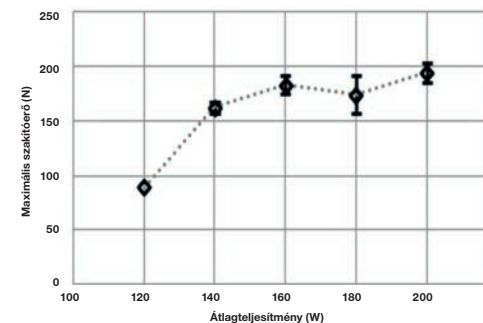
A lézeres technológiáknál, ahogy ezt korábban bemutattuk, a két legfontosabb technológiai paraméter a teljesítménysűrűség és a hatásidő. Állandó lézerfoltméretnél a teljesítmény és a hatásidő. A kutatásban használt impulzusüzemű Nd:YAG lézer esetében azonban a teljesítmény egyértelmű megadásához több impulzus-paraméter is szükséges (impulzus-csúcs teljesítmény: 2 J, impulzushossz: 1 ms és az impulzusfrekvencia 60–100 Hz). Ilyen beállítások mellett meghatároztuk az 5 mm lézerfoltméret és 4 s-os hevítési idő mellett, hogy mikor jön létre a kötés. A fémcsap műanyagba történt benyomódásának értékei az **5. ábrán** láthatóak az átlagteljesítmény függvényében.



5. ábra: A lézer átlagteljesítmény hatása a benyomódásra

Az ábrán is látható, hogy 120 W átlagteljesítmény alatt nem történt benyomódás, így nem is jött létre a kötés. Az átlagteljesítmény növelésével (impulzusfrekvencia növelésével) a benyomódás közel lineárisan növekedett egészen a berendezés maximális teljesítményéig (200 W), ahol elérte a 0,6 mm-t.

A kötés jellemzésére a maximális szakítóerőt használva láthatóak az eredmények a **6. ábrán**. A diagram alapján megállapítható, hogy a maximális szakítóerő a nagyobb benyomódással növekedett, de a kezdeti növekedés üteme csökken a nagyobb átlagteljesítmény tartományban.



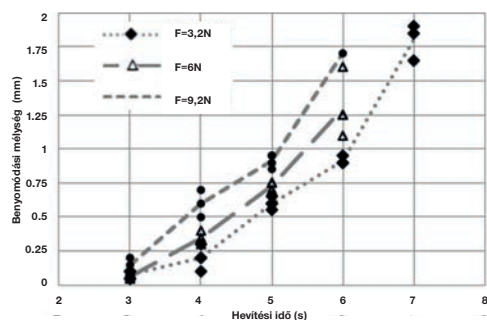
6. ábra: a lézer átlagteljesítmény hatása a maximális szakítóerőre

A kisebb növekedés magyarázata a vizsgálatok alapján a műanyag túlhevítése miatt bekövetkező növekvő mértékű buborékképződés volt a fém homlokfelülete fölötti zónában, amely anyagfolytonossági hiányként csökkenti a műanyag, így a teljes kötés szilárdságát.

A hevítési idő és a szorítóerő hatása

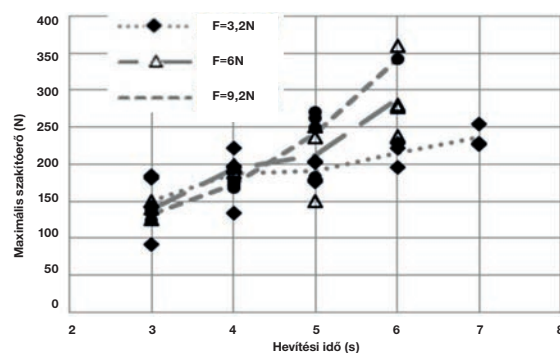
A hevítési idő és a szorítóerő hatását a benyomódási mértékére

együtt láthatjuk a **7. ábrán**. Megfigyelhető, hogy a hevítési idő növekedésével a benyomódás mértéke is nő. Nagyobb szorítóerőt alkalmazva ez még nagyobb mértékű. A hevítési idő elsősorban a csap kialakuló hőmérsékletét befolyásolja, a szorítóerő növekedésével az adott mértékben kilágyult, esetleg megolvadt műanyagba jobban be tud nyomódni. Ez a két hatás eredményezi a növekvő benyomódási mélységet.



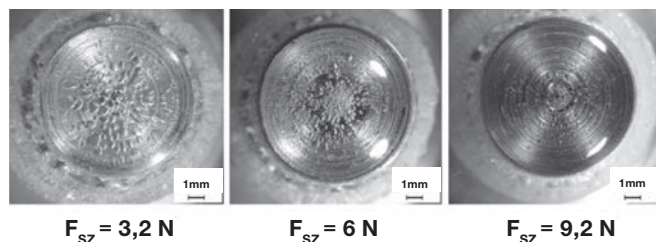
7. ábra: a hevítési idő és a szorítóerő hatása a benyomódásra

A szakítóerőre gyakorolt hatásukat a **8. ábrán** láthatjuk. Annak ellenére, hogy a benyomódás a rövidebb 3, 4 s-os hevítési időknél eltérő volt, a szakítóerőben nem jelentkezett a különbség. Az 5, 6 s-os hevítési időknél a szorítóerő egyre nagyobb szakítóerőt biztosít, amely egyrészt abból adódik, hogy a csap mélyebbre süllyedt, másrészt a nagyobb nyomóerőnek köszönhetően a csak homlokfelületénél jelentkező túlhevülésből adódó buborékok mennyisége csökkent. Így az anyagfolytonosság is javult.



8. ábra: hevítési idő és a szorítóerő hatása a maximális szakítóerőre

A csap homlokfelületén kialakuló jellegzetes buborék intenzitás változás figyelhető meg a **9. ábrán** lévő fotókon, amelyek azonos hatásidőnél, különböző szorítóerők mellett létrehozott kötési eseteket mutatják.



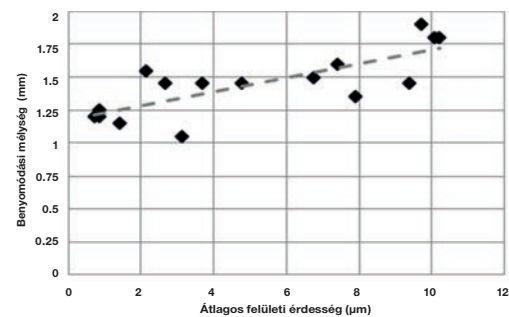
9. ábra: Buborékképződés különböző szorítóerőknél

Ez alapján a szorítóerővel kompenzálni lehet a túlhevítés kedvezőtlen hatását. Azonban ennek határt szab a polimer kilágyulása. Fontos, hogy az esztétikai szempontok miatt a kötés felső részén a műanyag ne deformálódjon. A folyamatban szerepet játszik a műanyag hőelvonása is, ugyanis a mélyebbre bejutó csap több polimert présel ki nagyobb sorjáképződés mellett.

A fémcsap felületi érdességének hatása

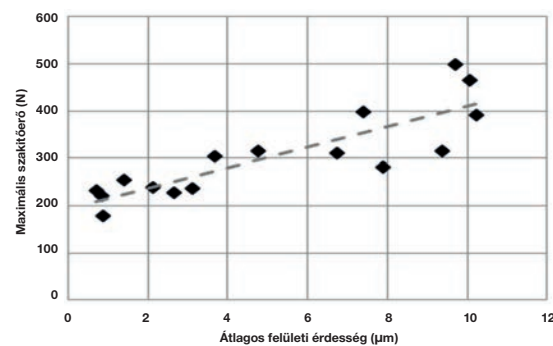
A csapok homlok- és palástfelületei esztergálással készültek. A vizsgálathoz azonos szerszám alkalmazása mellett az esztergálás technológiáját változtatva hoztunk létre különböző felületi érdességeket, a kötésben részt vevő felületeken. Az átlagos érdességértékek 1 és 10 mikrométer között voltak. A benyomódás változása figyelhető meg a **10. ábrán**.

Az ábrán látható, hogy az átlagos felületi érdesség növelésével a benyomódás mértéke is trendszerűen növekszik. A homlokfelületen kialakított érdesség több szempontból is hatással van a folyamatra. Egyrészt a műanyag lemezen keresztül jutó lézervény elnyelődését megnövelve ugyanannyi besugárzási idő mellett nagyobb hőmérsékletet hoz létre a csap felületén. Másrészt a kilágyult, megolvadt műanyag a nagyobb egyenetlenségekkel kialakított felületen erőteljesebben, nagyobb mechanikai adhézióval kapcsolódik a fém felületéhez. Ez a jelenség a palástfelületen is nagyobb mechanikus adhéziót eredményez. Ezzel ellentétes hatás, hogy a benyomódás során a palástfelület mellett a mozgásiránnyal ellentétesen kinyomott műanyagnak nagyobb egyenetlenségű felülete mellett kell áramolnia. Az eredő hatás mégis az, hogy az érdesség növelésével a benyomódás növekszik.



10. ábra: az átlagos felületi érdesség hatása a benyomódásra

Az átlagos felületi érdesség maximális szakítóerőre gyakorolt hatását a **11. ábrán** figyelhetjük meg. A benyomódással azonos tendencia szerint a maximális erő is növekszik, amely átlagos értéke a vizsgált érdességi tartományon belül 200 N-ról 400 N-ra nő.



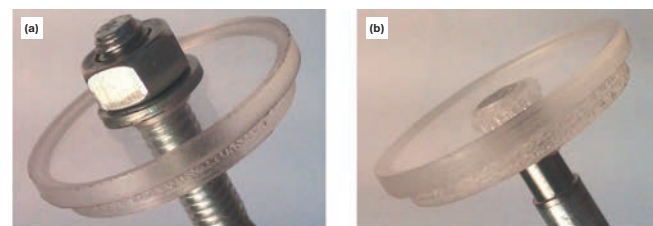
11. ábra: az átlagos felületi érdesség hatása a maximális szakítóerőre

A kötési erő szempontjából megállapítható, hogy a lézerteljesítmény és a hatásidő növelésével nő a benyomódás és a kötőerő, illetve adott teljesítménynél és hatásidőnél a nagyobb szorítóerővel és érdesebb felülettel rendelkező fémcsapok esetében a kötőerő tovább növelhető.

A lézeres fém-polimer hibrid kötés kutatási eredményei biztatóak a jövőre nézve. Az alapjelenségek kutatása folyamatban van, azonban egy gyakorlati megvalósításhoz közelebb álló példán szeretnénk bemutatni egy hagyományos kötéstechnológiával a csavarozással szembeni tulajdonságait.

A csavarozással szemben előnyös tulajdonsága, hogy nem kell az anyagot átfúrni, így tömörséget igénylő kötéseknel kisebb problémaforrás lehet. Ezenkívül kevesebb kötőelemanyag-felhasználás történik, csökkentve ezzel a kötés tömegigényét.

A **12. ábrán** műanyag fedél rögzítésére látható két példa. A bal oldali képen egy csavarkötés, míg a jobb oldalin egy lézeres hibrid kötés kialakítása figyelhető meg.



12. ábra: alkalmazási példa (a) hagyományos csavar és (b) lézeres hibrid kötésre

Ragasztással összehasonlítva a lézeres fém-polimer kötés előnye lehet, hogy nincs plusz anyagköltség, nem jelentkeznek az anyagkezeléssel járó problémák (tárolás, helyszínre juttatás, szavatossági idők, el nem használt anyagok megsemmisítése, beszállítói minőségi problémák stb.), nincs száradási idő vagy a kötéshez tartozó egyéb plusz művelet és nincs környezetre káros anyag felhasználás.

4. ÖSSZEFOGLALÁS: ÚJ LEHETŐSÉG A HIBRID KÖTÉSTECHNIKÁBAN

A kutatás eredményeként megállapítható, hogy a lézersugaras fém-polimer kötések lemez-csap geometriában létrehozhatóak. A létrehozott kötések kialakulásának folyamata meghatározásra került. A főbb befolyásoló tényezők és hatásaik ismeretében a technológia egyre inkább kézben tartható.

A kötés szilárdsága ezen ismeretek alapján növelhető. A kutatás legújabb eredményei alapján egyéb paraméterek célszerű változtatásával a kötőerő már 900 N is lehet egy ilyen kötésnél, amely ezen felül is még tovább növelhető.

A létrehozott kötés adott helyeken alternatívát jelenthet hagyományos kötéstechnológiákkal szemben, mint például a szegecseles, csavarozás vagy a ragasztás.

Összességében tehát egy olyan alternatív kötéstechnológia van fejlesztés alatt, amely nemcsak a meglévők versenytársa lehet adott területeken, hanem új lehetőségeket nyit a kötés konstrukciók tervezésében is.

IRODALOM

- [1] G.bLiedl, R. Bielak, J. Ivanova, N. Enzinger, G.Figner, J. Bruckner, H. Pasic, M. Pudar, S. Hampel: Joining of Aluminum and Steel in Car Body Manufacturing, LiM 2011, Physics Procedia 12 (2011) 150–156.
- [2] Liqun Li, Caiwang Tan, Yanbin Chen, Wei Guo, Changxing Mei: CO2 laser welding–brazing characteristics of dissimilar metals AZ31B Mg alloy to Zn coated dual phase steel with Mg based filler, Journal of Materials Processing Technology 213 (2013) 361–375
- [3] R. Stewart: Rebounding automotive industry welcome news for FRP, Reinforced Plastics, Volume 55, Issue 1, January–February 2011, Pages 38–44
- [4] Robert D. Leaversuch: 'Collar Joining' Method Makes Plastic-Metal Hybrids, Plastics Technology, October 2002
- [5] F. Moller, C. Thom, F. Vollertsen, P. Schiebel, C. Hoffmeister, A. S. Herrmann: Novel method for joining CFRP to aluminium, LANE 2010, Physics Procedia 5 (2010) 37–45.
- [6] Y. Kawahito, K. Nishimoto, S. Katayama: LAMP Joining between Ceramic and Plastic, LiM 2011, Physics Procedia 12 (2011) 174–178.
- [7] J. Hotkamp, A. Roesner, A. Gillen: Advances in hybrid laser joining, Int. J. Manuf. Technol. 2010.
- [8] S. Katayama, Y. Kawahito: Laser direct joining of metal and plastic, Scripta Materialia 59 (2008) 1247–1250.
- [9] A. Roesner, S. Scheik, A. Olowinsky, A. Gillner, U. Reisgen, M. Schleser: Laser Assisted Joining of Plastic Metal Hybrids, Physics Procedia 12 (2011) 373–380.

Összehasonlító vizsgálatok a fosszilis gázolaj és a TBK-Biodízel tüzelőanyagokkal a kompressziógyújtású motorban való üzemelés tekintetében

DR. BERECKZY ÁKOS

egyetemi docens
BME, Energetikai Gépek
és Rendszerek Tanszék

SZABADOS GYÖRGY

tudományos munkatárs
KTI, Környezetvédelmi
és Energetikai Tagozat

LUKÁCS KRISTÓF

PhD-hallgató
BME, Energetikai Gépek
és Rendszerek Tanszék

A cikk a TBK-Biodízel tüzelőanyaggal elvégzett vizsgálatokat mutatja be. A TBK-Biodízel tüzelőanyag egy új típusú biotüzelőanyag elsősorban dízelmotorokban való felhasználás céljából. A cikk első része, az összehasonlító tüzelőanyagok bemutatása (6 különböző TBK-Biodízel minta és fosszilis gázolaj) után összefoglalást ad a tüzeléstechnikai szempontból legfontosabb jellemzők (sűrűség, kinematikai viszkozitás, cetánszám, savszám, víztartalom, TGA_DTG görbék) megvizsgált értékeire vonatkozóan. Ezt követi az elvégzett mérések során kapott indikátordiagramok és az ezek segítségével számolt hőfelszabadulás-diagramok bemutatása, összehasonlító értékelése. A cikk utolsó részében tájékoztatást ad az elvégzett kipufogógáz-kibocsátások eredményéről. Összefoglalásként értékelésre kerülnek a különböző elvégzett vizsgálatokból kapott eredmények, és kiválasztásra kerülnek azok a minták, amelyekkel a további, nagyobb terjedelmű vizsgálatok indokoltak.

The results of investigations carried out with the TBK-Biodiesel are presented in this article. The TBK-Biodiesel is a new type of biofuel primarily for use in Diesel engine. After showing the fuels (6 different TBK-Biodiesel samples and fossil diesel) is given a summary about the properties most important in the point of view of combustion of fuels (viscosity, kinematic viscosity, cetan number, acid number, water content, TGA DTG curves) in the first part of the article. Followed by showing and comparative evaluation of the measured indicator diagrams and the calculated heat release curves. In the last part of the article it is about the results of investigation of the exhaust gas emission. As a summary it shows the results of the different investigations done, and we propose to select those samples with which we would like to work with.

BEVEZETÉS

A TBK-Biodízel tüzelőanyag egy olyan anyag, amely a nyers növényi olaj észterrel történő átszterezésével kapható, a hagyományos biodízelrel szemben, amelynél az átszterezés alkohollal történik. A végtermék módosított láncú trigliceridek és hagyományos biodízel elegye. A TBK-Biodízel tüzelőanyagra, annak előállítására a magyar feltalálónak világszabadalmuk van. Feltaláltak egy olyan nyers növényi olajat átszterező eljárást, amelynek a gyártás szempontjából a hagyományos biodízel gyártásával szemben számos előnye van. A TBK-Biodízel rugalmas gyártási eljárása lehetővé teszi azt, hogy egyfajta alkalmazott észter segítségével történő átszterezési eljárás alkalmazásával a végtermékben a hagyományos biodízel aránya és a módosított trigliceridek aránya egymáshoz képest változzon. A következőkben bemutatásra kerülő 6-féle vizsgált minta közül 3-féle olyan TBK-Biodízel, amely előállítása során a nyers növényi olaj etil-acetáttal került átszterezésre, tehát a végtermék módosított láncú trigliceridek és zsírsav-etilészter (FAEE) elegye, továbbá másik 3-féle TBK-Biodízel, amely előállítása során a nyers növényi olaj metil-acetáttal került átszterezésre, tehát a végtermék módosított láncú trigliceridek és zsírsav-etilészter (FAME) elegye.

Gépjárműben, belső égésű motorban való felhasználását egy-két kisebb vizsgálat kivételével részletesen nem vizsgálta még senki. A doktori kutatásom keretében szeretném ezt az anyagot a kompressziógyújtású motorban való égés és emisszióképződés szempontjából részletesen megvizsgálni. Az eredményeket a fosszilis és a hagyományos biodízel tüzelőanyagokkal összehasonlítani, és következtetéseket levonni arra vonatkozóan, hogy lehet-e ez az anyag a kettő közül bármelyiknek is érdemleges alternatívája.

A részletes égés- és emisszióvizsgálatot előzi meg egy olyan vizsgálatssorozat, amelyet jelen leírásban a következőkben muta-

tok be. E vizsgálatok célja az, hogy a többféle TBK-Biodízel minta (6 minta) közül kiválasszuk azokat, amelyekre érdemes alapozni a további, nagyobb terjedelmű, részletesebb munkát. A következőkben bemutatásra kerülnek a 6 TBK-Biodízel mintával elvégzett vizsgálatok eredményei. A legfontosabb eredmények közé tartoznak a tüzeléstechnikai szempontból legfontosabb fizikokémiai tulajdonságok meghatározása, az indikátordiagramok felvétele, a hőfelszabadulások számítása és az emisszióvizsgálatok elvégzése. Jelen esetben ezeket az biomintákat a fosszilis, ma kereskedelmi forgalomban kapható dízelgázolajjal hasonlítom össze. Az összehasonlító tüzelőanyagokról szóló ismertető után először bemutatom a felhasználás szempontjából legfontosabb jellemzők (sűrűség, viszkozitás, cetánszám) nagyságát összehasonlítva a fosszilis anyaggal, ezek után kerülnek tárgyalásra az indikátor- és hőfelszabadulási diagramok, majd az anyagokkal elérhető emissziós eredmények.

A VIZSGÁLT TÜZELŐANYAGOK BEMUTATÁSA

A hagyományos fosszilis tüzelőanyag

A vizsgálatokhoz hagyományos tüzelőanyagként a jelenleg érvényes, az MSZ EN 590 szabványnak megfelelő, kereskedelmi forgalomban kapható dízelgázolajat használtuk.

A TBK-Biodízel tüzelőanyag

A TBK-Biodízel elnevezésű biotüzelőanyag és az előállítására szolgáló eljárás három magyar feltaláló (Thész János vegyész-mérnök, Boros Béla gépészmérnök és Király Zoltán vegyész-mérnök) találmánya. Az új eljárás szerint a növényi olajat alkotó trigliceridet (m) etilacetáttal (mint a legolcsóbban rendelkezésre álló, és 100%-ban biológiai eredetű alkilkarboxiláttal) részlegesen átszterezik.

Ennek során a biológiai eredetű trigliceridben jelenlévő $C_{16} - C_{22}$ acilcsoportok egy része acetyl (C_2) csoportra cserélődik, amely azt jelenti, hogy rövid (módosított) szénláncú zsírsavak (m)etil-triésztere képződik, mely során az alkalmazott észtertől függően egyidejűleg a hagyományos FAME (zsírsav-metilészter) vagy FAEE (zsírsav-etilészter) képződik. Egy kétkomponensű tüzelőanyag kerül előállításra, amelynek az egyik komponense az ún. módosított láncú triglicerid, a másik komponense a ma már hagyományosnak tekinthető zsírsav-(m)etil-észter. A tipikus TBK-Biodízel 60–70% módosított trigliceridet és 30–40% zsírsavas alkil-észtert tartalmaz.

A szabadalmaztatott új típusú biodízel fontosabb előnyei a hagyományos módon előállított biodízelrel szemben:

- A biomassza-eredetű triglicerid minden egyes atomja tüzelőanyagként hasznosul (megmarad a glicerinváz, nem keletkezik víz és CO_2 , azaz elmarad a 15–20% tüzelőanyagmennyiség-csökkenés a kiindulási biomásszára nézve).
- Magasabb oxigéntartalmú tüzelőanyag keletkezik, amely várhatóan tökéletesebb égést, jelentősen alacsonyabb részecske (füst) emissziót eredményez.
- Egyszerű, környezetbarát technológia (nem kerül sor fosszilis eredetű metanol, illetve hidrogén alkalmazására, szobahőfokon történő részleges átszterezéssel állítják elő a terméket).
- A FAME-val összevetve, minden esetben alacsonyabb jód-számú (stabilabb) tüzelőanyag keletkezik.
- A nagyobb sűrűsége miatt ($0,915 - 0,950 \text{ kg/dm}^3$) magasabb a térfogategységre vetített energiatartalom.
- Kedvezőbb hidegtűró tulajdonságok (a módosított szerkezetű, lecsökkent moltömegű trigliceridek jelenléte miatt), alacsonyabb dermedéspont és hidegsűrűség határhőmérséklet.
- A rugalmas gyártási eljárásnak köszönhetően, a TBK-Biodízelként kapott elegyben a módosított trigliceridek és az alkil-észter

aránya változtatható, így módon a felhasználási igénynek jobban megfelelő tüzelőanyag állítható elő.

Az **1. táblázat** tartalmazza az összehasonlító tüzelőanyagok legfontosabb tüzeléstechnikai szempontból fontos fizikokémiai tulajdonságait, azokat amelyek megmérésére lehetőségünk volt. A méréseket saját magunk végeztük el a megadott szabványok szerint. A 6 minta e tulajdonságainak meghatározásával a célunk az volt, hogy kiválasszuk ezek közül azt a két-három mintát, amellyel a későbbiekben további vizsgálatokat érdemes elvégezni. Ezek között három FAME-s elegy és három FAEE-s elegy van. Egy hármas csoporton belül – ahol az alkalmazott észter ugyanaz – a kapott anyagban a különbség abban áll, hogy ebben mennyi a FAME vagy FAEE aránya módosított trigliceridek nagyságához képest. Ezt a már fentiekben említett rugalmas gyártási eljárásnak köszönhetően lehet elvégezni.

A táblázatban található értékeket végignézve, még az égésre (hőfelszabadulásra) utaló indikátordiagramok felvétele előtt általánosságban az mondható, hogy a nagyobb sűrűség és viszkozitás, valamint a kisebb cetánszám miatt – ha a motoron semmilyen beállításváltozás nem történik – rosszabb hatásfokú égés, kisebb hőfelszabadulás várható. A tüzelőanyagban kémiaiilag kötött oxigén miatt az kipufogógáz-kibocsátás során egyes komponensek tekintetében (CO , HC) kisebb kibocsátásra lehet számítani a fosszilis tüzelőanyaggal elért emissziós eredményekhez képest.

AZ INDIKÁTORDIAGRAM FELVÉTELÉHEZ HASZNÁLT VIZSGÁLATI ELJÁRÁS BEMUTATÁSA

A 6-féle TBK-Biodízel és egy dízelgázolaj mintákat a Jendrassik György Hőtechnikai Laboratóriumban lévő cetánszám megha-

A MINTA SOR- SZÁMA	ÖSSZETÉTEL	KEREKÍ- TETT $C, H, O,$ FORMULA	SŰRŰSÉG (15°C) [KG/M ³] (EN ISO 3675)	KINEMATIKAI VISZKOZITÁS (40 °C) [MM ² /S] (EN ISO 3104)	HIDEGSZŰR- HETŐSÉGI HATÁRHŐ- MÉRSÉKLET [°C]	CETÁNSZÁM (MSZ EN ISO 5165)	VÍZTARTALOM [MG/KG] (EN ISO 12937)	SAVSZÁM [MGKOH/g] (EN 14104)
1.	Módosított láncú triglicerid + FAEE	$C_{50}H_{86}O_5$	915,6	6,6479	-10	46,2	1637	3,40
2.	Módosított láncú triglicerid + FAEE	$C_{53}H_{91}O_6$	915,1	7,7872	-10	48,3	1366	1,93
3.	Módosított láncú triglicerid + FAME	$C_{52}H_{90}O_6$	922,7	6,4329	-4	43,8	1022	1,66
4.	Módosított láncú triglicerid + FAME	$C_{51}H_{88}O_6$	924,0	7,0859	-4	45,1	1042	1,42
5.	Módosított láncú triglicerid + FAME	$C_{53}H_{92}O_6$	915,5	6,3801	-10	48,7	1221	1,52
6.	Módosított láncú triglicerid + FAEE	$C_{51}H_{88}O_6$	914,9	8,032	-13	47,9	1811	4,47
7.	Gázolaj (MOL terméklap) (MSZ EN 590)		830-880	2 - 4,5	nyári legfel- jebb -5 °C téli legfel- jebb -20°C	> 51	legfeljebb 200	

1. táblázat: az összehasonlító tüzelőanyagok adatai

tározására alkalmazott CFR-motorban vizsgáltuk. A vizsgálatot cetánszámvizsgálatra vonatkozó szabvány, az MSZ EN ISO 5165 alapján végeztük el. A cetánszám meghatározásához szükséges beállításokat a hagyományos tüzelőanyagnál alkalmaztuk és a 6-féle biomintát ugyanezzel a beállítással működtettük. Az említett beállításokkal a motort járattuk, és amiután a különböző paraméterek állandósultak, megkezdődött az indikátordiagramok rögzítése.

Az indikálórendszer részét képező számítógépes program indítás után 100 égési cikluson keresztül veszi fel és rögzíti az indikátordiagramokat. Ez adja az alapját a hőfelszabadulás-számításnak. A 100 diagramból átlagot képezünk, amelynek adataiból számítjuk a hőfelszabadulás nagyságát.

A HŐFELSZABADULÁS SZÁMÍTÁSÁNAK BEMUTATÁSA

A hőfelszabadulás meghatározásához a LabWiew 8.5 programban erre a célra megírt programot használtunk. A program a kapott 100 db indikátordiagramból egy átlagot képez, és ezt használja fel a hőfelszabadulási értékek meghatározásához. Hőfelszabadulási érték alatt az egységnyi forgattyú-szögelforduláshoz tartozó hőmennyiséget értjük.

Az egységnyi főtengely-szögelforduláshoz tartozó hőfelszabadulás értékét a következő összefüggéssel lehet meghatározni:

$$\frac{dQ_{h\varphi}}{d\varphi} = \frac{1}{\kappa_{\varphi}-1} \cdot \left(V_{\varphi} \cdot \frac{dp_{\varphi}}{d\varphi} + \kappa_{\varphi} \cdot p_{\varphi} \cdot \frac{dV_{\varphi}}{d\varphi} \right)$$

ahol:

$dQ_{h\varphi}/d\varphi - \varphi$ forgattyú szögelfordulási helyzetben az egységnyi szögelforduláshoz tartozó felszabadult hőmennyiség [J/ft°]

$\kappa_{\varphi} - \varphi$ forgattyúszögelforduláshoz tartozó izentrópus kitevő []. Az izentrópus kitevő a hőmérséklet és a gázösszetétel függvénye, azonban a hőfelszabadulás számításakor a programban egy állandó értékkel számoltunk.

$V_{\varphi} - \varphi$ forgattyúszögelforduláshoz tartozó hengertérfogat [dm³]

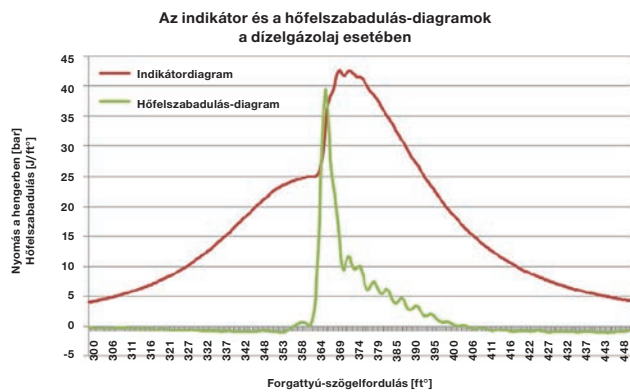
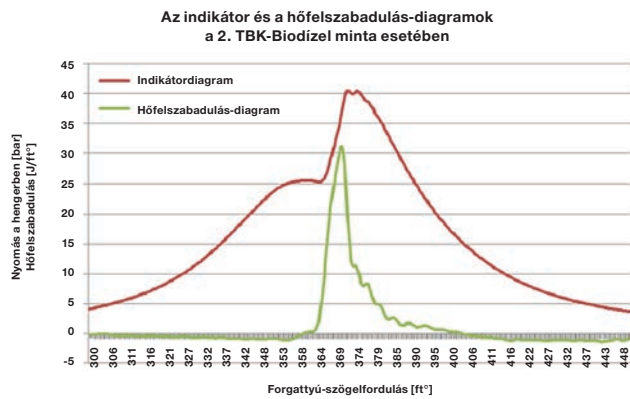
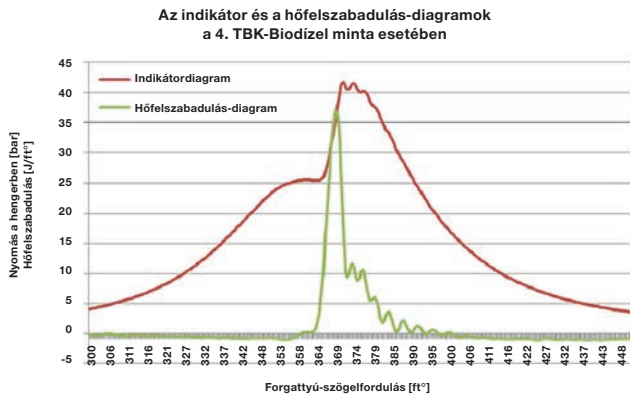
$p_{\varphi} - \varphi$ forgattyúszögelforduláshoz tartozó izentrópus kitevő [Pa]

$dp_{\varphi}/d\varphi - \varphi$ forgattyúszögelfordulási helyzetben az egységnyi szögelforduláshoz tartozó nyomásváltozás [Pa/ft°]. Ezt a következő összefüggéssel lehet meghatározni:

Az indikátor és a hőfelszabadulás diagramok összehasonlítása a hagyományos tüzelőanyag és a TBK-Biodízel tüzelőanyagok esetében.

AZ INDIKÁTOR- ÉS HŐFELSZABADULÁS-DIAGRAMOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

A **1. ábrán** látható egyes minták indikátor- és hőfelszabadulás-diagramja. A különböző mintákkal kapott eredmények jellegében hasonlóak. A nyomásemelkedések meredeksége, a nyomás-csúcsok, valamint az azt követő nyomáslengések viszonylag nagy mértékben eltérnek egymástól. A minták – beleértve a dízelgázolajat is – az összetételükből és tulajdonságaikból adódó különbségek miatt más gyulladási és égési tulajdonságokkal rendelkeznek. A dízelgázolaj diagramjához a 2. és a 4. minta áll a legközelebb.



1. ábra: az indikátor és hőfelszabadulás-diagramok összehasonlítása a fosszilis tüzelőanyag és a TBK-Biodízel tüzelőanyagok esetében

A hőfelszabadulás tekintetében elmondható, hogy az égés-kezdet szórása kicsi, a hőfelszabadulás-kezdetek nagyjából egy időben történnek. A diagramok meredeksége, a csúcserőtel, valamint az azt követő lengések viszonylag nagy mértékben eltérnek egymástól. A minták – beleértve a dízelgázolajat is – az összetételükből és tulajdonságaikból adódó különbségek miatt más égési tulajdonságokkal rendelkeznek. A dízelgázolaj diagramjához a 2. és a 4. minta áll a legközelebb.

AZ EMISSZIÓVIZSGÁLATOK EREDMÉNYEINEK BEMUTATÁSA

A fentiekben bemutatott 7 minta vizsgálata során az indikátor-diagramok felvételének alkalmával emissziómérést végeztünk. Az emissziómérés a CO, CO₂, HC, O₂ részecske kipufogógáz-komponensekre terjedt ki. A következő táblázatban összefoglalva

A MINTA SORSZÁMA	ÖSSZETÉTEL	NO _x [PPM]	THC [PPM]	CO [PPM]	CO ₂ [V/V%]	O ₂ [V/V%]	PM [MG/M ³]
1.	Módosított triglicerid + FAEE	200	458	2400	7,336	11,287	4
2.	Módosított triglicerid + FAEE	450	236	1130	7,383	11,225	1
3.	Módosított triglicerid + FAME	554	301	1121	7,677	11,03	1
4.	Módosított triglicerid + FAME	530	439	1120	7,8	11,04	1
5.	Módosított triglicerid + FAME	578	382	1228	7,6	11,3	1
6.	Módosított triglicerid + FAEE	592	350,8	1147	7,42	11,55	1
7.	Gázolaj (MSZ EN 590:2009)	411	456	1284	9,212	8,301	25

2. táblázat: a hagyományos és a TBK-Biodízel tüzelőanyagokkal elvégzett emisszióvizsgálatok eredményei

megtalálható az egyes mintákkal üzemelő motor kipufogógázában megtalálható kipufogógáz-komponensek értéke.

Az emissziós táblázat alapján a tüzelőanyagok égésének és emisszióképzésének összehasonlítása céljából a következők mondhatók el:

- a kisebb CO₂-kibocsátás a kisebb hőfelszabadulás eredménye, az égés rosszabb hatásfokú.
- A CO kisebb értéke (egy kivételtől eltekintve) annak az eredménye, hogy a bioüzemanyag többtlenigént tartalmaz, és ezzel ugyanakkora befecskendezett mennyiség esetén is a légszűrő-tényező valamelyest megnő.
- Az elégtelen szénhidrogének kisebb értékei feltételezhetően szintén a többtlenigén eredményeként adódnak.
- A részecskekibocsátás egy nagyságrenddel lecsökken a fosszilis tüzelőanyaggal szemben, valószínűsíthetően az előzőekhez hasonlóan a tüzelőanyaggal bevitt többtlenigén miatt.

ÖSSZEFOGLALÁS

A fentiekben bemutatott munka célja az volt, hogy a 6 TBK-Biodízel minta közül ki lehessen választani azt, azokat, amelyekkel érdemes tovább foglalkozni. A TBK-Biodízel rugalmas gyártási eljárása lehetővé teszi azt, hogy egyfajta alkalmazott észter segítségével történő átészterezési eljárás alkalmazásával a végtermékben a hagyományos biodízel aránya és a módosított trigliceridek aránya egymáshoz képest változzon. Így került vizsgálatra 3-féle TBK-Biodízel, amely úgy állt elő, hogy a nyers növényi olaj etil-acetáttal került átészterezésre, tehát a végtermék módosított láncú trigliceridek és zsírsav-etilészter (FAEE) elegye, továbbá másik

3-féle TBK-Biodízel, amely előállítás során a nyers növényi olaj metil-acetáttal került átészterezésre, tehát a végtermék módosított láncú trigliceridek és zsírsav-metilészter (FAME) elegye.

Az vizsgálatokból kapott eredmények alapján a következők mondhatók:

- a tüzeléstechnikai szempontból fontos fizikai jellemzők tekintetében a sűrűség vonatkozásában az 1., 2., 5., 6. minták, a viszkozitás vonatkozásában az 1., 3., 5. minták, a cetánszám vonatkozásában a 2., 4., 6. minták és a víztartalom vonatkozásában a 3., 4. minta áll legközelebb a hagyományos dízelgázolaj tulajdonságaihoz.
- az indikátor és hőfelszabadulási diagramok tekintetében a fenti elemzések alapján a 2. és a 4. minta áll legközelebb a hagyományos fosszilis gázolajhoz.
- az emisszióvizsgálatok eredményei alapján a CO₂ komponens vonatkozásában a 3., 4., 5. mintákkal, CO komponens vonatkozásában szintén a 3., 4., 5. mintákkal, a CH vonatkozásában a 2., 3., 6. mintákkal, az NO_x vonatkozásában a 2., 4. mintákkal kapott eredmények állnak a legközelebb a dízelgázolajjal kapott eredményekhez.

Ezek alapján a a következőket vonható le, hogy a TBK-Biodízel 6 minta közül a 2., 3., és 4. mintákkal érdemes tovább foglalkozni. Ezeket újra elő kell állítani, de a víztartalom és savszám jellemzők pontosabb beállításával. Ezek után nagyobb terjedelmű, a kipufogógáz-kibocsátás tekintetében összehasonlító vizsgálatok kezdődhetnek meg. Az ebből kapott eredményekből eldönthető, hogy tovább szűkítve a minták számát, ezek közül melyikkel érdemes foglalkozni a számítógépes szimulációval. A TBK-Biodízel égésének szimulációjához egy modell kerül kialakításra az AVL FIRE programban. ●

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Dr. Fülöp Zoltán: Belsőégésű motorok. Tankönyvkiadó, Budapest 1990. ISBN 963-18-2336-9
- [2] MSZ EN ISO 5165: A gázolajok égési tulajdonságainak meghatározása. Cetánmotormódszer
- [3] MSZ EN ISO 3675: A sűrűség laboratóriumi meghatározása. Areométeres módszer
- [4] MSZ EN ISO 3104: A kinematikai viszkozitás meghatározása és a dinamikai viszkozitás kiszámítása
- [5] MSZ EN ISO 12937: A víztartalom meghatározása. Karl Fischer szerinti coulombmetriás titrálási módszer
- [6] MSZ EN 14104: A savszám meghatározása
- [7] Thész János, Király Zoltán, Boros Béla: Ismertető, nemzetközi szinten is elismert magyar találmányról. TBK-BD. Új típusú biodízel üzemanyag és tüzelőolaj.

A fémfeldolgozás Mekkája, az EMO az autóiparra fókuszál

INTERJÚ



Dr. Wilfried Schäfer

Mint az köztudott, az EMO Hannover 2013 szakvásár szeptember 16–21. között tárja ki kapuit az érdeklődők előtt. A fémmegmunkálás világelső szakvásárán a szerszámgépek és komponenseinek gyártói mutatják be a világ minden részéről érkező vevőiknek az ipari termelésben felmerülő kihívásokkal való megküzdéshez nélkülözhetetlen termékeiket, megoldásaikat és szolgáltatásaikat. Erről beszélgettünk Dr. Wilfried Schäfer főszervezővel, a VDW (Német Szerszámgépgyártók Egyesülete) ügyvezető igazgatójával, aki a Deutsche Messe AG vezérigazgatója, Dr. Wolfram von Fritsch társaságában érkezett Budapestre a közelmúlt sajtótájékoztatójára.

Valamennyi országban a növekvő jóléttel együtt nő a jobb termékek iránti kereslet is. Ehhez a kulcsmegoldást a szerszámgépek jelentik. Olyan társadalmi megatrendek, mint az infrastruktúra kiépítése, mobilitás, energiaellátás vagy egészség, több szolgáltatást követelnek az ipartól, és növelik a szerszámgépek iránti keresletet is. Az EMO megmutatja a nemzetközi felhasználóiparból érkező szakmai látogatóknak, milyen technológiákkal felelhetnek meg a termelésben felmerülő kihívásoknak.

– *Először kérném, hogy jellemezze az ágazat rendszerváltás óta eltelt időszakának fejlődését, s az egyáltalán Ön szerint meddig tarthat még?*

– A nemzetközi szerszámgépipar piaca az elmúlt húsz évben 66 milliárd euróra, csaknem háromszorosára nőtt. Az évezredforduló óta a szerszámgép-felhasználás euróbázison számolva évente majd öt százalékkal nőtt. Mindenekelőtt Ázsiában, ahol tavaly a teljes nemzetközi szerszámgépgyártás termékeinek 60 százaléka került felhasználásra.

Ez évben a gazdaságkutatók a szerszámgép-felhasználásban még kétszázaléknyi növekedésre számítanak, így rekordnagyságú, 68 milliárd euró értékű forgalomban bízhatunk. Két erős megelőző év után, amikor a szerszámgépek forgalma 65 százalékkal egy történelmi nagyságú értékre nőtt, csak átmenetileg nyugodhattunk meg. Ennek oka az eddig nem tapasztalható, a nemzetközi gazdasági fejlődéssel szembeni bizalomvesztés. Ebből kifolyólag a gazdaságkutatók azt várják, hogy a bruttó

hazai termék és az ipari termelés – bár világszerte befékezett dinamizmussal nő – a második féldéven érezhetően felmenőben lesz. A világ gazdaság növekedésének motorjaként nevezett Kínában a bruttó hazai termék kétjegyű növekedési rátája egyjegyűre fog csökkenni. Mindemellett eltolódnak a súlypontok is. Az emelkedő, egy főre eső bevétellel a fogyasztási javak iránti kereslet – mint húzóerő – felváltja a beruházási javak iránti keresletet. Napjainkban – a közép- és kelet-európai országok kivételével – a megsokszorozódott javak és szolgáltatások, elektronikus Hightech-termékek, a környezetbarát közlekedési eszközök és egyéb utáni kereslet nő. Ez nemcsak Kínára, hanem más piacokra is jellemző.

– *A megnövekedett keresleti igényből mely ágazatok részesülnek?*

– Ebből profitálnak a nemzetközi szerszámgépgyártás legnagyobb átvetői: autógyártás és beszállítói, gépgyártás, fémmegmunkálás és fémfeldolgozás, elektroipar, finommechanika és optika – beleértve az orvosi műszertechnikát, a különféle közlekedési eszközök gyártását is (légi közlekedési ipar, sín- és közlekedő eszközök, hajógyártás). Mindezen területek a mostani évben több mint hat százalékkal többet fognak investálni saját termelési kapacitásuk bővítése és modernizálása érdekében.

– *Magyarországot mindez miként érinti?*

– A magyar gazdaság nehéz év előtt áll, belső piacáról semmilyen impulzus nem várható. Az energiaszektorban történő beruházási kedvet az adóemelések és a költségnövekedések sújtják. Ugyanakkor az ipar azon területei, melyeket nem érint mindez, továbbra is beruháznak. Ez főként az autóiparra jellemző. A négy gyártó: Audi, Daimler, GM és Suzuki különféle modelleket szerelnek össze, valamint motorokat is gyártanak Magyarországon. Néhány külföldi beszállító is jelen van Magyarországon. Közel 800 magyar közép- és nagyvállalat szállít részegységeket részükre. A magyar kormány hangoztatott célja, hogy megerősítse a hazai beszállítókat.

– *Hogyan alakulhat az idén szerszámgépiparunk forgalma?*

– Az autóipar a legfontosabb devizatermelő ágazat Magyarország számára. A gyártók a világpiacnak termelnek, és ezért

a legmodernebb gyártástechnikát vetik be. Ugyanezt várják el a hazai beszállítóktól is. Magyarországon – a prognózisoknak megfelelően – a szerszámgépek forgalma ebben az évben (az előző év eredményét könnyen túllépve) 224 millió euró körüli értéket fog elérni. Hazájukban az autóipar a legnagyobb felvételű szerszámgépeknek, ezt követi az elektrotechnika, a gépgyártás és a fémcikkek gyártása. A kérdés az, hogy milyen technológiákat, gépeket és folyamatokat kell ezeknek az iparágaknak beruházni? Az erre adandó választ és a legjobb megoldás kiválasztásához a segítséget a magyar szakmai látogatók az EMO Hannover 2013 alkalmából kaphatják meg.

– *Tudna konkrétumokkal is szolgálni a szerszámgépek vásárlását illetően?*

– Az elmúlt évben Magyarország 187 millió euró értékben importált szerszámgépeket, ami 84% importhányadnak felel meg. Ezen belül Németország volt a legnagyobb szállító 58% részesedéssel. A magyar ipari ügyfeleknek az EMO szakvásáron kihagyhatatlan lehetőség nyílik a világ fémmegmunkálási trendjeinek és innovációinak megismeréséhez. Két éve több mint 650 magyar szakmai látogató és termelési szakértő látogatott el az EMO szakvásárra.

– *Hogyan érvelne a magyar érdeklődő szakembereknek kiállításuk érdekében?*

– A magyar gazdaság nagyban függ más európai ország és különösen Németország keresletétől. Ennek kétharmad része – a magyar szerszámgépipari exporté – Európába megy, habár tavaly a kiszállítások volumene csökkent. Ebben az esetben érvényes az a megállapítás, hogy „jó alapozással kell elkezdeni az építkezést”. Az EMO Hannover a magyar termelési technika előállítói számára is egy attraktív fórumot teremt ahhoz, hogy új üzleti partnereket találjanak és potenciális európai vevőikkel kapcsolatot teremtsenek. Mai napig az EMO-látogatók kétharmada Európából érkezik.

– *Igaz a hír, miszerint a legutóbbi monstre szakvásárunk is rekordokkal büszkélkedhetett?*

– A 2011. évi utóbbi rendezvényen több mint kétezer cég állított ki az EMO-n, ahol 60% a világ negyven országából érkezett (Kelet-Európát 68 kiállító képviselte). Hannoverben a szerszámgépek felhasználói is megtalálják a megfelelő gyártástechnikát és a kompetens tárgyalófelet. Ez ugyanúgy érvényes a kis szériákat gyártó, mint a tömegtermelést folytató cégekre. Két éve száz országból érkező 140 ezer szaklátogató tekintette meg az EMO Hannover kínálatát, s ennek 36%-a érkezett külföldről (a látogatók kétharmada Európából). Az EMO Hannover a szuperlatívuszok rendezvénye, így ez teszi a nemzetközi kiállítók és látogatók számára vonzóvá. Nagysága (legutóbb 18 hektár nettó kiállítási terület volt) garantálja a látogatóknak az átfogó áttekintést az intelligens gyártástechnikáról a következő területeken: forgácsoló- és átalakító szerszámgépek, precíziós szerszámok, alkatrészek, gyártási rendszerek, szolgáltatások, mérés- és ellenőrzéstechnika, CAX-technológia, irányítás- és meghajtástechnika, automatizált anyagtovábbítás. A vásár szigorú termékek szerinti csoportosítása garantálja még egyebek között azt is,

hogy mindenki könnyen tájékozódhat, és a keresett terméket vagy témát hamar megtalálja.

– *Az óriási versenyharc miatt – feltételezhetően – a piac elvárásai sokasodnak?*

– A különböző ipari vállalatok – gyártsanak akár fogyasztási cikket, autót, orvostechikát vagy energiatechnikai terméket – nagy kihívások előtt állnak. Vevőik a gyártási helytől függetlenül széles termékpalettát, valamint jó minőségű, ugyanakkor olcsó terméket igényelnek, amelyet lehetőség szerint környezetvédő technikával állítottak elő. A szerszámgépek gyártói számára ez nagyobb rugalmasságot, jobb minőséget és új termék-konceptiókat jelent, amelyek a speciális anyagokat, (mint a titán) és az összetett elemeket is fel tudják dolgozni. Ehhez az egész gép-konceptiót át kell dolgozni, beleértve a szerszámokat, az irányítást, meghajtó-elemeket, mérőeszközöket és számítógépes kapcsolatokat is. A gép vagy a termelési rendszer optimális kapcsolása a termelésben teljes előrelépést jelent az említett területeken is.

– *Esetleg végeztek felmérést a látogatók körében a rendezvényüket illetően?*

– Az EMO egyfajta beruházási fórum, mivel nagy a döntéshozók aránya a látogatók között. A vendégek háromnegyede az EMO-n végzett közvélemény-kutatás során azt nyilatkozta, hogy a vállalatán belül részt vesz a beruházási kérdések eldöntésében. Az európai látogatók több mint kétharmada, az Európán kívüli látogatók háromnegyede konkrét beruházási elképzeléssel érkezett Hannoverbe. A kiállítói közvélemény-kutatás azt is bebizonyította, hogy az EMO megfelelő megoldásokat kínál ezekre. Sokan rekorderedményről számoltak be a gépeladások területén. A vásár időtartama alatt egyébként legalább 4,5 Mrd euró értékű rendelés született.

– *Milyen szerepet játszanak a szerszámgépek az intelligens termelésben?*

– Feladat és kihívás – függetlenül a gazdaság fejlődésétől – van elég: a növekvő városiasodás, a működőképes infrastruktúra szükségessége, a mobilitás iránti igény növekedése, az emelkedő alapanyagárak, igény az egészséges élelmiszerre és a jó egészségügyi ellátásra, a demográfiai változások – csak egy pár ezek közül. A legtöbb feladat megoldásában az ipar igen jelentős szerepet játszik, amelyen belül pedig a szerszámgépgyártás játsza a főszerepet. Ha a világkonjunktúra 2013-ban ismét magához tér – ahogy azt a gazdasági kutatók előrejelzik –, a modern és intelligens gyártástechnika iránt nagyobb lesz az igény, mint valaha.

– *Végül: a szeptemberi megmérettetésre eddig milyen az érdeklődés?*

– Május végéig csaknem kétezer cég jelentkezett a szakvásárra negyven országból. Kelet-közép- és Kelet-Európából is közel hetven céget fogadunk 3300 négyzetméteren. Máskülönben pedig 17,5 hektár nettó felületről van szó (29 ha a bruttó lefoglalás) eddig. Egyébiránt legutóbb Oroszország volt a kiemelt partnerünk, az idén pedig Indiát választottuk e címre.

– *Köszönöm a beszélgetést!*

Szalay Attila

Autóipari központtá válik Magyarország?

IMMÁR HETEDIK ALKALOMMAL RENDEZTÉK MEG A MAGYAR MŰSZAKI ÉRTELMSÉG NAPJÁT, MELY IDÉN A JÁRMŰIPARRA FÓKUSZÁLT.



A program célja, hogy ráirányítsa a figyelmet a műszaki értelmiség szerepére a magyar nemzetgazdaságban, kiemelve, hogy hazánk kizárólag akkor mutathat fel stabil fejlődést, ha a műszaki és természettudományos képzés területén olyan fejlesztési programok indulnak, melynek révén nő a szakemberek társadalmi megbecsülése, javul a szakmai megítélése, presztízse. Az idei rendezvény a járműiparra fókuszált, és az ágazatban elért eredmények és a magyarországi járműipar előtt álló perspektívák széles körben történő megismertetését tűzte ki célul. A program kiváló lehetőséget kínált a magyar járműipar- és fejlesztés múltjának, jelenének és jövőjének megismerésére.

„A Magyar Műszaki Értelmség Napja évről évre egyre fontosabb esemény” – kezdte meg beszédét a győri Széchenyi István Egyetemen a rendezvény fővédnöke, Orbán Viktor miniszterelnök – Egyre világosabb mindannyiunk előtt, hogy Magyarország felemelkedésében a műszaki értelmiség egyre inkább kulcsszerepet tölt be, és ez a szerep valószínűleg erősödni fog a jövőben. Öt évvel ezelőtt egy váratlan pénzügyi válság rázta meg Amerikát, ám az elhúzódó európai válság igazi oka a világ átrendeződésében keresendő. Be kell látnunk, hogy az európai, illetve egész pontosan a nyugati kultúra az elmúlt ötven évben fokozatosan háttérbe szorította a termelő munka iránti elkötelezettségét. Olyan gazdasági gondolkodásmód vált uralkodóvá, amely szerint egy ország valójában jelentősebb termelés nélkül, elsősorban pénzügyi manőverekre alapozva is képes lehet arra, hogy biztosítsa állampolgárai számára a szükséges létfeltételeket. Ennek következtében a valódi termelő munka egyre inkább keletre helyeződött át, azokba a feltörekvő gazdaságokba, ahol olcsóbb a nyersanyag, és olcsóbb a munkaerő. A munka hiánya, illetve a munkáról vallott gondolkodás megváltozása oda vezetett, hogy általános értékvesztés is bekövetkezett Európában, és meggyőződéseim szerint a válság igazi oka itt keresendő. Ezért az orvosságot is itt kell alkalmaznunk. A mi világunknak, az európai világnak vissza kell találnia a termelő gazdasághoz és a munkaalapú társadalmakhoz.

A mi esélyünk abban rejlik, hogy a befektetők ma Magyarországon egyszerre találnak jól képzett, dolgozni akaró és még megfizethető munkaerőt és ehhez kapcsolódó tudást. Olyan gazdasági megújulás bontakozik ki, ahol a multicégek Magyarországot már nem meghódítandó piacnak, hanem a magyar emberek által lakott, szövetséges, partneri országnak gondolják.

A magyar gazdaság számára a szaktudás, ezen belül kiemelten a műszaki szaktudás az az erőforrás, amelynek segítségével meg tudjuk erősíteni Magyarországot újraiparosítását. Mi oda akarunk eljutni, hogy Magyarország Európa kiemelt termelési központjává váljon, és ezen belül az európai autóipar egyik meghatározó központja legyen.



A műszaki tudományok területén mi, magyarok hagyományteremtő népek számítunk. Jedlik Ányos nélkül nem ismernénk a dinamót, valószínűleg az elektromotor működési elvét sem, arról nem beszélve, hogy nélküle még szódavizünk sem lenne. Ganz Ábrahám találmányai a magyar kohászatot tették világhíróvá, és Mechwart András feltalálóként és gyáriparosként elérte azt, hogy a XIX. században a magyar villamos- és gépipar egész Európában elismert és követendő mintát jelentett. Ezek nagyszerű hagyományok. Ez a hagyomány egyfajta bűvópatakként még akkor is tovább élt a magyar társadalomban, amikor a kommunizmus negyven éve alatt a munka és a kreativitás elé sorolták a párthűséget. Mégis a műszaki kultúra, a műszaki tudomány, a műszaki tudomány világ színvonalú teljesítménye ebben az időben is megmaradt. Elég volt egy német cég és egy magyar egyetem találkozása Győrben, és a magyar műszaki mérnökképzés az egész ország számára látható módon visszanyerte régi tekintélyét. Ehhez az együttműködéshez, amelyet ma itt ünneplünk, szükség volt a győri Széchenyi István Egyetem vezetőire, akik előrelátóan döntöttek akkor, amikor elhatározták, hogy a piaci igényeknek megfelelően átalakítják a képzési rendszerüket. S persze szükség volt egy nagy cégre, egy világmárkára, az Audira is, amely 180 lehetséges helyszín közül 1992-ben Győrt választotta az új motorgyára számára. Valószínűleg annak, hogy a 180-ból éppen minket választott, az lehetett az egyik fontos oka, hogy biztosnak érezte azt a szakmai hátteret, amelyet itt talál. Az elmúlt húsz évben fölfutó termelés jól mutatja, hogy az idő őket igazolta” – fejezte be köszöntőjét a miniszterelnök. ●

Jövönk, az autó!

ÜZLET
TUDOMÁNY
KARRIER



2013. november 7–9.



hungexpokiállítás
programod van

AUTOMOTIVE HUNGARY – Jövönk az autó!

Nemzetközi Járműipari Beszállítói Szakkiállítás

Az idén először megrendezésre kerülő kiállítás a járműgyártás szakembereinek **egyedülálló** országos, illetve közép-kelet-európai régiós találkozója lesz, mely különleges környezetet biztosít **új üzleti kapcsolatok** kiépítésére, valamint a **meglévő kapcsolatok** ápolására. A rendezvény kiváló lehetőség az autóipari **trendek és a piac fejlődésének nyomon követésére**, tematikája lefedi a járműgyártás tervezéstől a kivitelezésig tartó összetett folyamatát. A kiállítás célja többek között a **tudatos iparfejlesztés elősegítése**, a hazai autógyártás **regionális szerepének stabilizálása**, erősítése, továbbá vállalja a pályaválasztás előtt álló fiatalok számára egy hosszútávra tervezhető járműipari tanulási és **foglalkoztatási életpálya bemutatását**.

A rendezvényhez **magas színvonalú szakmai programsorozat** is kapcsolódik, melyek szervezésében a szakmai partnerei nyújtanak segítséget. Kiemelt témák: **üzlet, tudomány, karrier**.

Fővédnök:

Miniszterelnökség Külgazdasági Államtitkársága

Társrendezvény:

Autótechnika Nemzetközi járműfenntartó-ipari szakkiállítás

Bővebb információ:

www.automotiveexpo.hu

fshungary.hu



**FORMULA
STUDENT
HUNGARY**

22nd – 25th AUGUST 2013

GYŐR-GÖNYŰ HARBOR

