

A JÖVŐ járműve

A MAGYAR JÁRMŰIPAR TUDOMÁNYOS LAPJA

2010
3/4

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



SIKERES KUTATÁSI
PROJEKTEK



KOMPUTERTOMOGRÁF
AZ IPARBAN



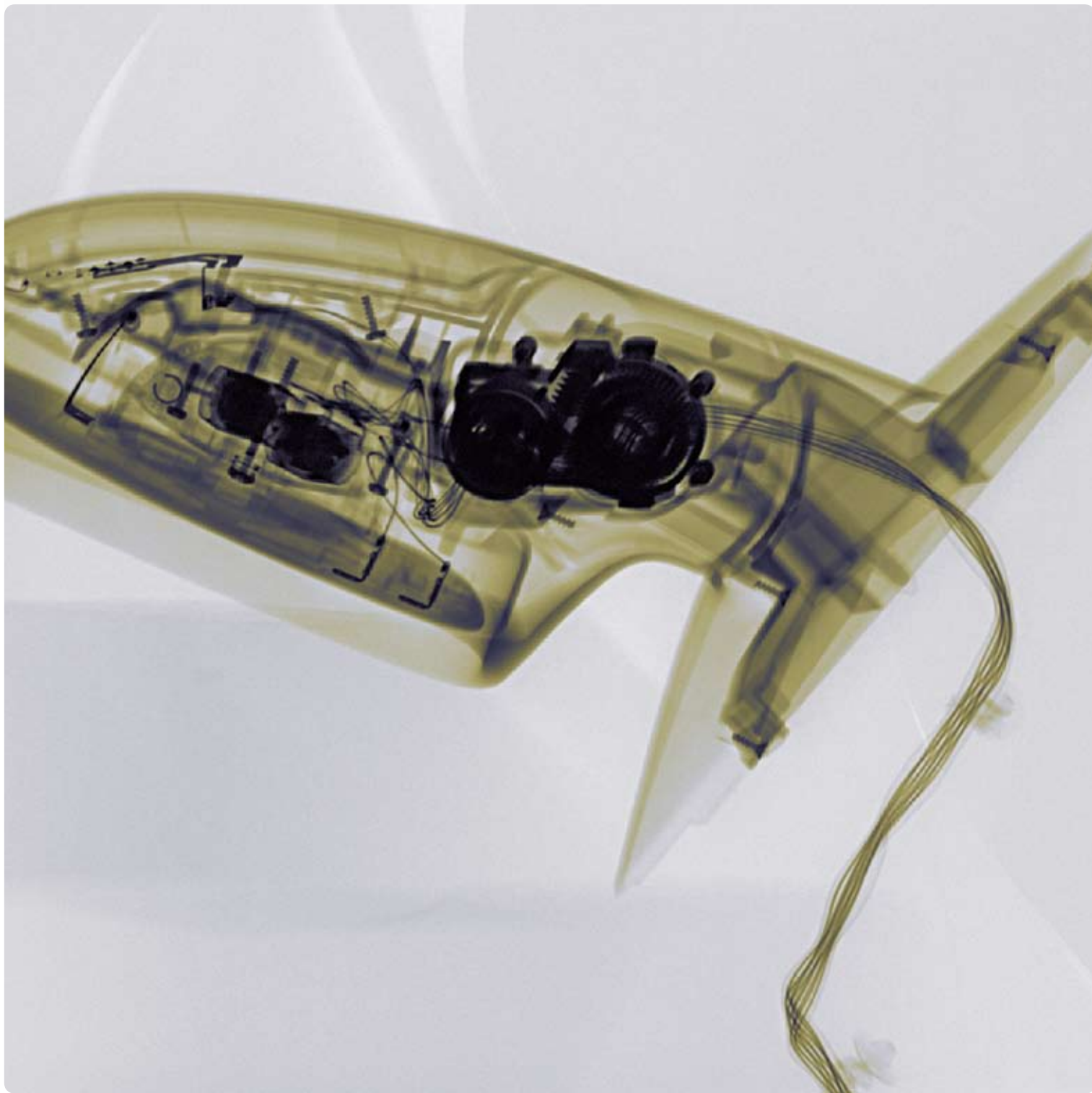
INNOVATÍV GYÁRTÁS-
TECHNOLÓGIÁK



HAJTÁSLÁNC-
OPTIMÁLÁS



KORSZERŰ JÁRMŰ-
IRÁNYÍTÁSI RENDSZEREK



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
ELEKTRONIKUS JÁRMŰ ÉS JÁRMŰIRÁNYÍTÁSI TUDÁSKÖZPONT

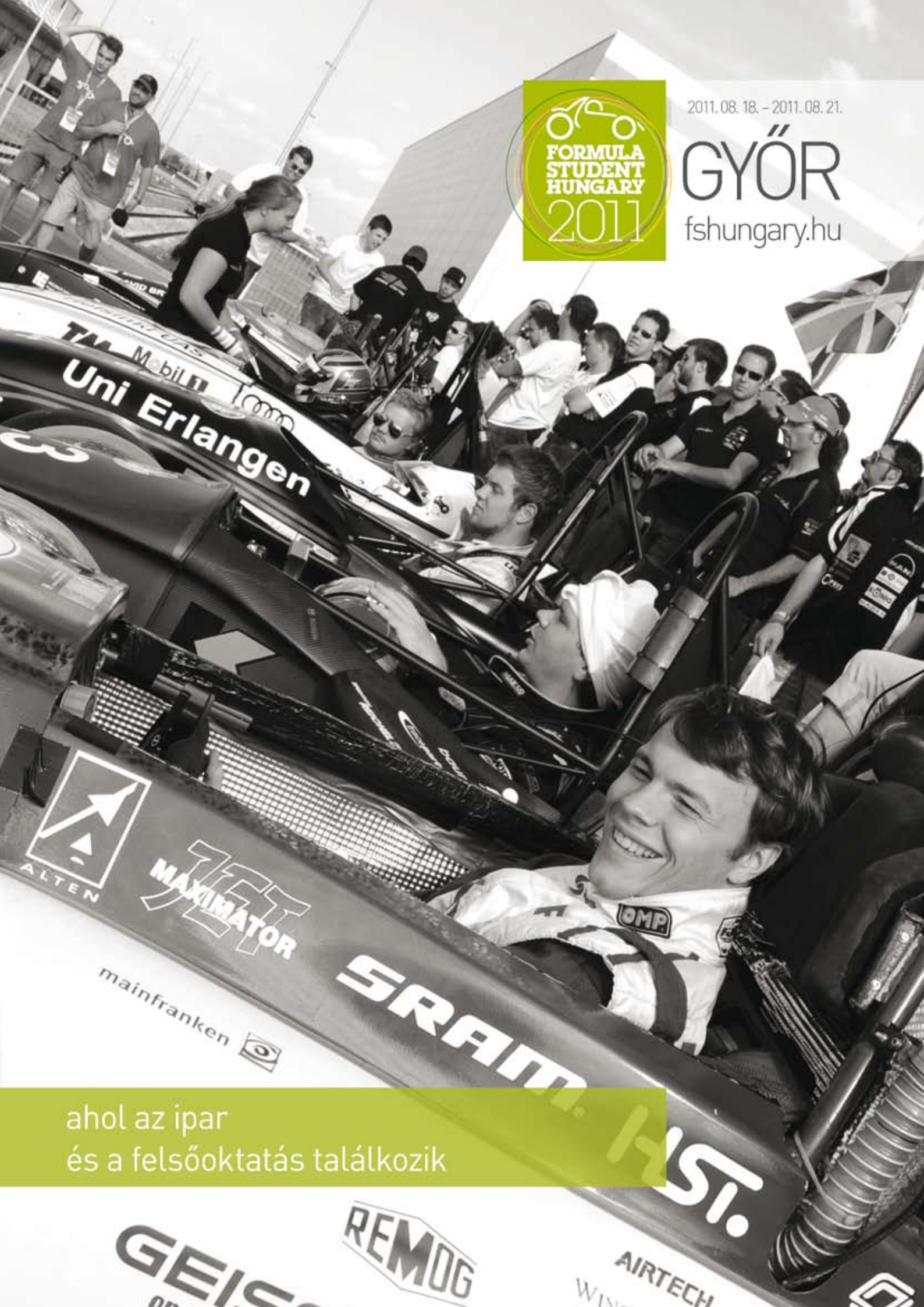


SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM JÁRMŰIPARI
REGIONÁLIS EGYETEMI TUDÁSKÖZPONT



2011.08.18. – 2011.08.21.

GYÖR
fshungary.hu



ahol az ipar
és a felsőoktatás találkozik

GEIS
REMOG

AIRTECH
WIN

DR. CZINEGE IMRE

A JRET elnöke

DR. PALKOVICS LÁSZLÓ

BME EJJT fejlesztési igazgató

Köszöntő

A 2010-es év a magyar járműipar egyik legkiemelkedőbb időszakává vált. A Mercedes-Benz beruházás lendületesen halad a megvalósulás útján, az Audi Hungaria Motor Kft. és a General Motors Powertrain Magyarország Kft. pedig nagy léptékű bővítést jelentett be. A világ vezető autógyárainak terjeszkedése Magyarországon azt az üzenetet hordozza, hogy a cégek elégedettek a hazai gazdasági környezettel, a munkaerő képzettségével és lehetőséget látnak új beszállítók bekapcsolódására a termelésbe.

Ezek az örömdolgozó hírek kihívást és feladatok sokaságát jelentik mind a potenciális beszállítók, mind a mérnök-képző felsőoktatási intézmények számára. A vállalkozásoknak fel kell készülni a magas minőségi követelmények teljesítésére, az egyetemeknek és főiskoláknak pedig olyan motivált, idegen nyelveket jól beszélő és felkészült mérnököket kell kínálni a beruházók számára, akik be tudnak illeszkedni egy multinacionális vállalat munkahelyi környezetébe. A jövő mérnökei már itt tanulnak az intézményekben, őket tehát menet közben kell felkészíteni az emelt követelmények teljesítésére.

A gyártók bővítési programját ismerve két területen kínálkoznak üzleti lehetőségek a beszállítók számára, motoralkatrészek megmunkálásában és modulok előszerelésében, valamint a karosszériagyártásban. Ez utóbbi magában foglalja a növelt szilárdságú lemezekből készülő, emelt pontosságú alkatrészek gyártását és műanyag alkatrészek szállítását. Olyan speciális szakismeretekre is szükség lesz, amelyek eddig még nem voltak komoly hagyományai Magyarországon, mint például a karosszéria korrózió elleni védelme és a fényezés.

A vázolt bővítéseken túlmenően is vannak új gyártási feladatok a járműipari szerkezetváltásból adódóan. A belső égésű motor fejlesztésében előtérbe került a méretcsökkentés és ezzel párhuzamosan a teljesítmény szinten tartása vagy növelése, ez például a turbófeltöltők gyártásának felfutását, valamint nagy szilárdságú alkatrészek előállítását teszi szükségessé. A súrlódáscsökkentés, új típusú csapágyazások megjelenése szintén technológiafejlesztést igényel. Az elektronikai és mechatronikai szerkezetek térhódítása a járművekben egy újabb beszállítói kör megjelenését vetíti előre.

A jövő járműve mostani száma az új technológiák és elektronikai megoldások közreadásával támogatja a bemutatott fejlődési folyamatot. Egyben ez a lapszám a folyóirat életében is minőségi ugrást jelent. Az újságot 2005-ben alapítottuk az akkori szakmai tartalmi elképzeléseinknek, az elmúlt fél évtized azonban némileg megváltoztatta az újság célkitűzéseit. Most vált aktuálissá a lap külső és belső megújítása, annak az egyre magasabb színvonalú tartalomhoz alakítása. Természetesen célszerű, ha a tartalmi és formai fejlődéshez társul a magasabb szakmai elfogadottság is, ezért januártól megkezdődik a lap referált folyóiratokkal szemben támasztott követelmények kielégítésének folyamata. A célunk ezzel az, hogy a lap attraktivitása a hazai kutató- és PhD hallgatói körben tovább növekedjen. ●

Tartalom

03	KÖSZÖNTŐ dr. Czinege Imre, dr. Palkovics László
05	NANOSCRATCH KUTATÁSI PROJEKT A TUDÁSKÖZPONTBAN
06	SIKERES JÁRMŰIPARI PROJEKTEK A SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEMEN Tóth Eszter, dr. Czinege Imre
08	KOMPUTERTOMOGRAF IPARI ALKALMAZÁSAI Kozma István
12	MŰSZAKI FEJLESZTÉSEK, SPECIÁLIS ELJÁRÁSOK A NEMZETKÖZI K2010 MŰANYAG- ÉS GUMIIPARI SZAKKIÁLLÍTÁSON Sági Erik, Nagy Viktor, dr. Dogossy Gábor
16	FORMAKÖVETŐ HÚTÁS OPTIMÁLÁSA FRÖCCSÖNTÉSI SZIMULÁCIÓVAL Sági Erik, dr. Dogossy Gábor
19	FÉMPOROK LÉZERES SZINTEREZÉSE Hatos István, dr. Zsoldos Ibolya
25	CMT-TECHNOLÓGIA A FERRITES ACÉLOK HEGESZTÉSÉNél Pék Dezső
30	HENGERSZEGMENSEK TERVEZÉSÉNEK KORSZERŰSÍTÉSE KOVÁCSHENGERTÉSNél Tancsics Ferenc, Halbritter Ernő
36	SZERELŐSOR ÉS KOMPLEX ANYAGELLÁTÁSI FOLYAMATOK SZIMULÁCIÓS ANALÍZISE Ollé Sándor, Jósvai János
40	BELSŐ ÉGÉSŰ MOTOROK VEZÉRMŰTENGELYEINEK MÉRÉSE ÉS KIÉRTÉKELÉSE dr. Soleczki Levente
43	JÁRMŰHAJTÁSOK FEJLESZTÉSI TENDENCIÁI Szabados György
46	HAJTÁSLÁNC-IRÁNYÍTÓ FUNKCIÓSZOFTVER FEJLESZTÉSE AUTOMATIZÁLT NEHÉZHASZONJÁRMŰ-SEBESSÉGVÁLTÓHOZ Bóka Gergely, Trencsényi Balázs, dr. Németh Huba, dr. Palkovics László
53	MOTORFÉKEK TÍPUSAI ÉS AZOK VIZSGÁLATA FÉKPADON Kisfalusi Krisztián, dr. Németh Huba
60	TORZIÓS LENGÉSCSILLAPÍTÓ TERMIKUS VIZSGÁLATA ÉS SZIMULÁCIÓJA dr. Ailer Piroska, Érsek Péter, dr. Palkovics László
63	SZUBMIKROSKOPIKUS KÖZÚTI MODELL FEJLESZTÉSE dr. Bécsi Tamás, dr. Gáspár Péter
67	SÁVTARTÓ HASZONGÉPJÁRMŰVEK SZÁMÁRA Hankovszki Zoltán, Kovács Roland, dr. Palkovics László
72	HASZONGÉPJÁRMŰVEK TRAJEKTÓRIA- ÉS FÉKEZÉSI ADATAINAK MEGJELENÍTÉSE ÉS ELEMZÉSE Fazekas Zoltán, Gáspár Péter, Kovács Roland
75	OSZLOPBAN HALADÓ JÁRMŰVEK IRÁNYÍTÁSA A KÖRNYEZETI TÉNYEZŐK FIGYELEMBEVÉTELÉVEL Gáspár Péter, Németh Balázs, Bokor József
78	VEZETÉK NÉLKÜLI ÁTVITELI TECHNOLÓGIÁK JÖVŐJE A KÖZÚTI KÖZLEKEDÉSBEN Aradi Szilárd, dr. Bécsi Tamás
83	JÁRMŰVEK FORMATERVEZÉSE dr. Fülep Tímea, dr. Pályi István
93	A PROJEKTMENEDZSMENT SZEREPE A FELSŐOKTATÁSI INTÉZMÉNYEK ÉS A GAZDASÁGI SZFÉRA SZEREPLŐINEK EGYÜTTMŰKÖDÉSÉBEN dr. Dinnyés Álmós, Doktor Zsuzsanna, Kemény Mónika, dr. Palkovics László, Tempfli Lehel
97	AUTÓSZALONOK, JÁRMŰIPARI SZAKKIÁLLÍTÁSOK 2011-BEN

IMPRESSZUM

A JÖVŐ JÁRMŰVE

A MAGYAR JÁRMŰIPAR TUDOMÁNYOS LAPJA

A JÖVŐ JÁRMŰVE JÁRMŰIPARI INNOVÁCIÓ

V. évfolyam, 2010/3-4. szám

Alapítva: 2006

Megjelenés: negyedévente

HU ISSN 1788-2699

ALAPÍTÓK:

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

SZERKESZTŐSÉG:

X-Meditor Kft. Autóinformatika 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



Nanoscratch kutatási projekt a Tudásközpontban

Bővebb információ:
[HTTP://WWW.AIMPLAS.ES/
 PROYECTOS/NANOSCRATCH/](http://www.aimplas.es/proyectos/nanoscratch/)

A Járműipari Regionális Egyetemi Tudásközponton belül folyó kutatások között található az Európai Bizottság 7-es keretprogramja által támogatott, speciális karcálló bevonat fejlesztésével foglalkozó NANOSCRATCH projekt. Az első éves jelentések után bátran kijelenthetjük, hogy hatékony és eredményes munkát tudtunk végezni a konzorcium tagjaként.

Between the ongoing researches within Regional University Knowledge Centre can be found NANOSCRATCH project which is dealing with development of a special scratch-resistant coating. The project is sponsored by the European Commission's 7th Framework Program. After the first annual report we state that efficient and effective work could be carried out as a member of the consortium.

ELŐZMÉNYEK

A legtöbb polimernek korlátozott a karcállósága, főleg, ha összehasonlítjuk más anyagokkal, mint például a kerámiával, üveggel vagy fémmel. Ez egy negatív esztétikai tulajdonság, amely korlátozza a polimerek alkalmazásának széles körű elterjedtségét bizonyos piaci szektorokban. Ennek eredményeként a vezető vállalatok kutatás-fejlesztési projektjeiben egyre nagyobb számban foglalkoznak e kihívás leküzdésével. A polimerek felszínének karcállóságának javítására jó néhány technológiát kifejlesztettek. Általában az elfogadott eljárás a különböző bevonatok vagy különböző rétegek használata. További lehetőségként jelenleg vizsgálják, hogyan erősítsék az anyag karcállóságát például csúsztató hatású szilikonalapú adalékanyagokkal. Ezek a jelenlegi eljárások azonban nem alkalmazhatóak minden esetben.

A BEVONATOK ALKALMAZÁSA A LEGFEJLETTEBB TECHNOLÓGIÁK EGYIKE

Általában a bevonatokat egyfajta védelemként alkalmazzák, erősítésként vagy díszítésként a különböző termékeken. Akárhogy nézzük, a bevonat és a műanyag között gyenge kapcsolat van (tapadás), amely az eltérő polaritás következménye. Egyik lehetséges módja annak, hogy növeljük a műanyag és a bevonat tapadását, hogy különböző módokon növeljük a polimer felületi energiáját. Ezt általában különböző nagy energiájú kezelésekkel tesszük meg, mint például a láng, plazma vagy UV-sugárzás. Általában az az anyag, amely nagy felületi energiával rendelkezik, könnyebben telítődik, és így az alapréteg könnyebben festhető, amelynek következtében a tapadás a két fázis között javul. E módszerek alkalmazása azonban hátrányosan érinthet különböző tulajdonságokat.

A PROJEKT

A molekuláris önépítő technológiára (SAM) alapozva a NANOSCRATCH projekt egy innovatív technológia kifejlesztésén dolgozik, hogy egy nagy teljesítményű karcálló műanyag bevonatot hozzon létre, alacsony bekerülési költséggel, egy olyan személyre szabható eljárás felhasználásával, amely környezetbarát is. A projekt teljes címe „Molekulárisan változtatható nanotechnológiai karcálló bevonat fejlesztése műanyag termékekhez”, amelyet az Európai Bizottság 7-es keretprogramja (GA n° 232100) finanszíroz 24 hónapon keresztül (2009–2011). A konzorcium

mot 10 partner 5 különböző országból alkotja, 2 nagyvállalat, 5 kis- és középvállalkozás, 2 kutatóközpont, valamint 1 egyetem a tagja. A projektben részt vevők további adatai megtalálhatóak a NANOSCRATCH honlapján.

A PROJEKT FŐ FEJLESZTÉSI TERVEI

- kifejleszteni egy környezetbarát és jövedelmező technológiát a műanyag alkatrészek kezelésére,
- súlycsökkenés, ezáltal CO₂-kibocsátásának csökkentése a járművek üveg alkatrészeinek új transzparens műanyag alkatrészekkel való helyettesítésével, úgy mint a PMMA, ellenálló bevonatokkal ellátva,
- a végtermék újrahasznosíthatóságának növelése,
- a hagyományosan PVC, ABS vagy PC/ABS anyagból gyártott termékek gyártása magasabb karcállóságú PP darabokból,
- a felhasználási terület bővítése, ahol a műanyag darabok karcállóságát alkalmazni lehet. ●



nanoSCRATCH

Sikeres járműipari projektek a Széchenyi István Egyetemen

TÓTH ESZTER

projektvezető,
Universitas–Győr Nonprofit Kft.

DR. CZINEGE IMRE

egyetemi tanár,
Széchenyi István Egyetem,
IT-elnök

A Széchenyi István Egyetem 2004 óta folyamatosan dolgozik a Kooperációs Kutatóközpont és a Járműipari Regionális Egyetemi Tudásközpont pályázatok megvalósításán. Ezek a pályázatok hívták életre a Tech4Auto konferenciasorozatot, és a BME Elektronikus Jármű- és Járműirányítási Tudásközpontjával együttműködve e keretben adjuk ki közösen „A jövő járműve” folyóiratot. Az idei ötödik jubileumi konferencia és a kiadvány megjelenése együtt teremti meg az alkalmat a 2010. évi kutatási eredmények értékelésére.

Széchenyi István University is working on the realization of Co-operation Research Center and Regional University Knowledge Center for Vehicle Industry projects since 2004. These projects generated the Tech4Auto series of conferences, and in co-operation with Advanced Vehicles and Vehicle Control Knowledge Center the two Knowledge Centers publish the „Vehicle of the Future” periodical. The fifth anniversary of conference series and periodical motivate the evaluation of research results of year 2010.

INTEGRÁLT JÁRMŰIPARI TERMÉK ÉS TECHNOLÓGIAFEJLESZTŐ RENDSZER KUTATÁSA

A Rába Futómű Kft. által koordinált „Integrált járműipari termék- és technológiafejlesztő rendszer kutatása” című pályázatot megvalósító konzorcium a második évet zárta le sikeresen. A konzorciumi partnerek – a Borsodi Műhely Kft., a HNS Műszaki Fejlesztő Kft. és az egyetem Regionális Tudásközpontja – örömmel állapították meg, hogy a kitűzött célok megvalósítása az eredeti tervnek megfelelően halad, az eredmények jól szolgálják a konzorciumi partnerek K+F törekvéseit. A kutatási főirányok legfontosabb eredményei a következőkben foglalhatók össze: a számítógéppel támogatott tervezés kutatása és termékfejlesztés című főirány projektjei megvalósultak, hasznosítható megoldások születtek a folyamatoptimalizáló algoritmusok, valamint a Rába Futómű Kft. közúti és mezőgazdasági járművek konstrukciós fejlesztése területén. Ezen főirányhoz tartozó kutatások legnagyobb értéke az, hogy a partnerek szoros együttműködésével jöttek létre az új eredmények. A második kutatási főirányhoz kapcsolódó számítógépes technológiai fejlesztések során a kovácsolási folyamat modellezés újabb területeken folytatódott, és a termelési folyamatok számítógépes szimulációja is kiemelkedő elméleti eredményeket hozott. A konkrét technológiai kutatások közül igen eredményesek a Borsodi Műhely Kft. és a Széchenyi István Egyetem által közösen művelt hőkezelési és forgácsolási technológia projektek. A számítógéppel támogatott minőségirányítás és mérés-technika fejlesztése területén a Rába Futómű Kft. és a HNS Kft. által közösen végzett kutatások szinergikus hatása emelendő ki. Hasonlóan jó együttműködés volt a SZE és a HNS között is a mérés-technikában.

A most futó második kutatási ciklus legfontosabb eredménye az, hogy a 2005–2008. években művelt JRET projekt közel változatlan konzorciumi összetételben, aktualizált tartalommal folytatódik tovább. Ez a partnerek számára lehetővé teszi a K+F tevékenység hosszú távú tervezhetőségét, és tovább viszi a korábbi kutatási ciklusban elért eredményeket. Az egyes partnereknél tapasztalt konkrét hatások a második munkaszakaszban a következők:

A Rába Futómű Kft.-nél folytatódott a futóműfejlesztés, ennek eredményeként létrejött 2 prototípus, 12 új termék és 1 új technológia. A K+F tevékenység eredményeit a részt vevő vállalati kutatók az egyetem oktatóival közösen publikálják, egy mérnök PhD képzésben vesz részt. A multiplikatív hatás legfőbb bizonyítékeként az NTP és az annak keretében igénybe vehető támogatás a pályázat kidolgozásának, beadásának, majd elnyerésének pillanatában is igen fontos alapkőve volt a Rába Futómű Kft. kutatás-fejlesztési stratégiájának és tevékenységének a 2008–2012-es időszak vonatkozásában. Lehetővé tette ugyanis, hogy a vállalatnál alkalmazott kutatási tevékenység folytatható legyen, amely – tekintettel a futómű- és futóműalkatrész-gyártás sajátos jellegére – elengedhetetlen feltétele a korszerű és versenyképes termék- és technológiafejlesztés fenntartásának. Másfelől finanszírozhatóvá tesz olyan termékfejlesztési projekteket, melyek a következő években egy fenntartható növekedés bázisát képezik. A korábbi JRET aktivitás és a jelenleg futó IJTTR projekt olyan kutatási igényt generált a vállalatban belül, amely az addigi keretekben már nem volt sikeresen művelhető. Ezért a vállalat egy saját kutatóintézet létrehozását határozta el, amelynek megvalósítása folyamatban van. A Rába Fejlesztési Intézet megkezdte működését, és hároméves projekt keretében 1,5 milliárd Ft értékű fejlesztést hajtának végre, amelynek eredményeként a futóműeladások megduplázását várják. Ez a példa igazolja, hogy a kutatásösztönzés újabb vállalati igényeket generál.

A Borsodi Műhely Kft.-nél az optimalizált vállalati termékfejlesztéssel a fejlesztési folyamat hatékonysága növekszik, lehetőségei folyamatosan bővülnek, ezáltal a vállalat versenyképessége növekszik, és piaci pozíciói javulnak. A létrehozott 1 új termék és 3 technológiaszolgáltatások a forgalom, a hatékonyság növekedését és az eredmény emelkedését támogatja. A folyamatos K+F tevékenység újabb projektekre ösztönöz és lehetőséget biztosít a további fejlődésre.

A HNS Kft.-nél a termék- és folyamatfejlesztési rendszer fejlesztésével a vállalat fejlesztési folyamat hatékonysága és verseny-



A projekt a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal támogatásával valósult meg.



képessége nő, a vállalat lehetőségei folyamatosan bővülnek, piaci pozíciója javul. A létrehozott új termékek és szolgáltatások eredményeként a forgalom és a hatékonyság növekszik, ez az üzleti eredmény emelkedését támogatja. A folyamatos fejlesztés újabb fejlesztési projektekre is hatással van. Jelen projekt és egyes részprojektjei indikálják vagy/és támogatják új fejlesztési projektek indítását, illetve végrehajtását. A beszámolási időszakban két új termékfejlesztési projektet indított a HNS Kft.

A Széchenyi István Egyetem Járműipari Regionális Egyetemi Tudásközpontja ezzel a projekttel lehetőséget nyert arra, hogy folytassa a korábbi, 2008-ban lezárt JRET kutatásait. Ezáltal kutatási infrastruktúrája tovább bővíthet és a humán erőforrás hasznosítása is folytatódik. Az egyetem a projekt eredményeként hatékonyan szolgálja ki nem csupán a konzorciumi partnerek igényeit, hanem a többi járműipari vállalatot is. A program megvalósítása során létrehozott és bevezetett új technológiák, termékek, termelő- és kutatási eszközök olyan tudáskoncentrációt eredményeztek, mely a továbbiakban is hatékonyan tud működni. További hozadéka a projektnek, hogy az egyetemi kutatások lényegesen eredményorientáltabbá váltak, mint korábban voltak. A Tudásközpont az NTP és a TÁMOP 4.2.1.B konstrukció keretében újabb járműipari fejlesztési projekteket generált, melyek eredményeként 2010-ben már 500 M Ft-ra nőtt a kutatási árbevétel, és a megoldásba a 16 főállású alkalmazott mellett az egyetem 25 munkatársa is bekapcsolódott.

JÁRMŰIPARI, ELEKTRONIKAI ÉS LOGISZTIKAI KOOPERÁCIÓS KUTATÓKÖZPONT KUTATÁSAI

Az Universitas–Győr Nonprofit Kft. Járműipari, Elektronikai és Logisztikai Kooperációs Kutató Központja (JEL-KKK, ill. KKK) sikeres GOP pályázat eredményeként 2008. június 1-jén kezdte meg a működését. A 2008–2011. évekre szóló projekt 400 M Ft támogatást kapott, melyet 400 M Ft vállalati projekt költség egészít ki. A 2. forduló KKK kutatás a pályázati kiírásnak megfelelően a 2004–2007 években művelt és eredményesen lezárt KKK tevékenység folytatásának tekinthető. A GOP pályázatban a Széchenyi István Egyetem kötelezettséget vállalt arra, hogy szellemi és technikai infrastruktúrájával közreműködik a projekt megvalósításában. Az egyetem rész tulajdonában lévő Universitas–Győr Nonprofit Kft. által irányított konzorciumot 25 vállalat alkotja, az egyetem részéről pedig a Műszaki Tudományi Kar tanszékei vesznek részt a megvalósításban.

A projekt átfogó célja a gazdasági versenyképesség fokozása a járműgyártás, elektronika és informatika, logisztika és csomagolás, valamint a közlekedési infrastruktúra fejlesztés területén végzett kutatások által. A konkrét cél a konzorciumban együttműködő projektmegvalósító vállalkozás, az egyetemi tanszékek és a partner vállalatok közös K+F tevékenységének magas szintre emelése a vállalkozások eredményességének növelése érdekében. A projekttevékenység hatásaként olyan jelentős humán erőforrás és technikai infrastruktúra jön létre, amely magas szinten szolgálja a fenntartható fejlődést.

A kutatási tevékenység négy főirány köré szerveződik, mind-egyik főirány több alprojektre oszlik. A vállalati projektek a kutatási főirányokhoz kapcsolódva olyan speciális feladatok megoldására irányulnak, melynek eredményei ott hasznosulnak. Az egyes kutatási főirányok a következők: járműipari kutatások, elektronikai és

informatikai kutatások, logisztikai folyamatok és csomagolások kutatása, közlekedési infrastruktúra kutatások.

A projekt megvalósítója az Universitas–Győr Nonprofit Kft., amelyben az egyetem 20% rész tulajdonnal rendelkezik. Az egyetemi közreműködő és támogató a Széchenyi István Egyetem, a vállalati partnerek pedig felölelik a kutatások teljes körét, ahogy ezt a közreműködők felsorolása mutatja:

Ajkai Elektronikai Kft.
AMB Components Hungary Bt.
BorgWagner Turbo Systems Kft.
BPW-Hungária Kft.
DELTA Informatika Zrt.
ENTAL Kft.
ERFO Kft.
GM Powertrain Magyarország Kft.
G4S Kézipénzlogisztikai Kft.
G4S Biztonságtechnikai Zrt.
HBM Soletanche Bachy Melyalapozó Kft.
Heineken Hungária Zrt.
Hödlmayr Kft.
IBM Data Kft.
IBV Hungária Kft.
Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ.
Le Belier Magyarország Fémöntőde Zrt.
Liegl&Dachser Kft.
LITE-ON Kft.
MÁV Zrt.
MOFÉM Zrt. Teka Fürdőszoba Divízió
NOKIA Komárom Kft.
NEMAK Győr Kft.
RÁBA Futómű Gyártó és Kereskedelmi Kft.
Reining Transport Kft.
Szintézis Zrt.
Vill-Korr Kft.
UNILEVER Magyarország Kft.

Ízelítőül a kutatások sokszínűségére álljon itt néhány eredmény az elmúlt időszakból: a kutatási tevékenység mindegyik témakörében teljesültek a 3. Projekt Előrehaladási Jelentés időszakára előirányzott kutatási feladatok és a vállalati megbízások is eredményesen zárultak. A járműipar területén a technológiai fejlesztés és gyártási folyamat optimalizálás tudományos eredményeket és gyakorlati alkalmazást egyaránt bemutatott. Az elektronikai és informatikai kutatások kiterjedtek a mintaillesztéses eljárások megbízhatóságának elemzésére, a mikrovezérlők kutatása területén pedig állandó súlyú kódokat alkalmazó késleltetésérzékeny logikai áramkörök kutatása valósult meg. A logisztikai folyamatok és csomagolások területén a vevői keresletre rugalmasan reagálni képes termelési rendszerek kialakítása, logisztikai folyamatok speciális követelményeit kielégítő különleges eszközök kifejlesztése, valamint a csomagolás és a hozzákapcsolódó rendszerszerveletű csomagolástervezés logisztikai vonatkozásainak kutatása készült el. A közlekedési infrastruktúra kutatások fő eredményei a cölöpalapozások és a kombinált cölöp-lemez alapozások modellezésében jelentkeztek, emellett sor került a laboratóriumi vizsgálati módszerek továbbfejlesztésére.

A bemutatott példák azt mutatják, hogy mind a Járműipari Regionális Egyetemi Tudásközpont, mind pedig a Járműipari, Elektronikai és Logisztikai Kooperációs Kutatóközpont eredményesen működik, erősítve a régió és az ország kutatási aktivitását. ●



UNIVERSITAS-GYŐR
NONPROFIT Kft.

A komputertomográf ipari alkalmazásai

KOZMA ISTVÁN

tanszéki mérnök,
Széchenyi István Egyetem,
Anyagismereti és
Járműgyártási Tanszék

Komplex alkatrészek geometriai vizsgálatára az ipari szektorban a koordináta mérés technikát használják a leggyakrabban. Ez a mérési technológia azonban időigényes, és a belső geometriák csak az alkatrész „felszeletelésével” oldhatóak meg, amely nem alkalmazható prototípus alkatrészek vizsgálatánál, de széria alkatrészeknél is jelentős információvesztést okoz és megnehezíti az utólagos feldolgozást. A komputertomográfia (CT) egy olyan vizsgálati módszer, amellyel összetett külső és belső geometriák ellenőrizhetők nagy pontossággal, gyorsan és roncsolásmentesen. Ezen cikk az ipari komputertomográfia néhány hatékony felhasználási lehetőségét kívánja bemutatni.

For geometrical measuring of complex parts the coordinate measuring technology are used mostly in the industry. This technology demands much time and the reconstruction of the inner geometries can be carried out only by slicing of the part. The Computer Tomography (CT) can be used for the rapid, correct non-destructive verification of inner geometries. This paper intends to show its several important applications.

IPARI CT FELÉPÍTÉSE

Az utóbbi években a számítógéppel támogatott terméktervezési technológiák, mint a 3D modellezés, a Reverse Engineering, gyors prototípusgyártás, végelem-módszerek nagyban hozzájárultak a termékek tervezési és piaca kerülési idejének csökkentésében. Gyakran előfordul ezeknél a technológiáknál, hogy a fizikai alkatrészt (prototípus, első mintás alkatrész) digitalizálni kell, szükség van a virtuális modellre. Ennek köszönhetően egyre inkább előtérbe kerültek azon mérés technikai eljárások, amelyek térfogatadatokat képesek generálni a fizikai alkatrésztől. A termékek folyamatos geometriai ellenőrzése, gyors és roncsolásmentes analízise a gyártási folyamat fontos szegmense. A hagyományos mérés technikai berendezések (optikai, tapintós mérőeszközök) korlátozottan alkalmazhatóak komplex alkatrészek vizsgálatánál. Az ipari CT berendezés az egyedüli mérés technikai eszköz, amellyel olyan térfogat-információ szerezhető a vizsgált alkatrésztől, ami nemcsak a külső burkolófelület topológiáját határozza meg nagy pontossággal, hanem adatot szolgáltat a belső struktúráról, inhomogenitásról is (1. ábra).



1. ábra: ipari CT alkalmazásai

A komputertomográf első orvostudományi alkalmazása óta (1972) a módszer számos új technikai fejlesztésen ment keresztül, és egyre nagyobb szerepe lett az alaputatásokban és különböző anyagvizsgálati módszerekben. A CT technológia a röntgenvizsgálat továbbfejlesztése, amely működésének alapja, hogy egy légritkított üvegcsőbe két elektróda kerül elhelyezésre (anód, katód), melyekre nagyfeszültségű egyenáramot kapcsolnak. Az alacsony nyomású térben a fűtőfeszültség hatására az izzó katódból elektronok lépnek ki, melyek a csőfeszültség hatására felgyorsulnak és nagy sebességgel az anódnak ütköznek. A becsapódó elektronok mozgási energiájának nagy százaléka hővé alakul, a megmaradó részből röntgensugárzás keletkezik.

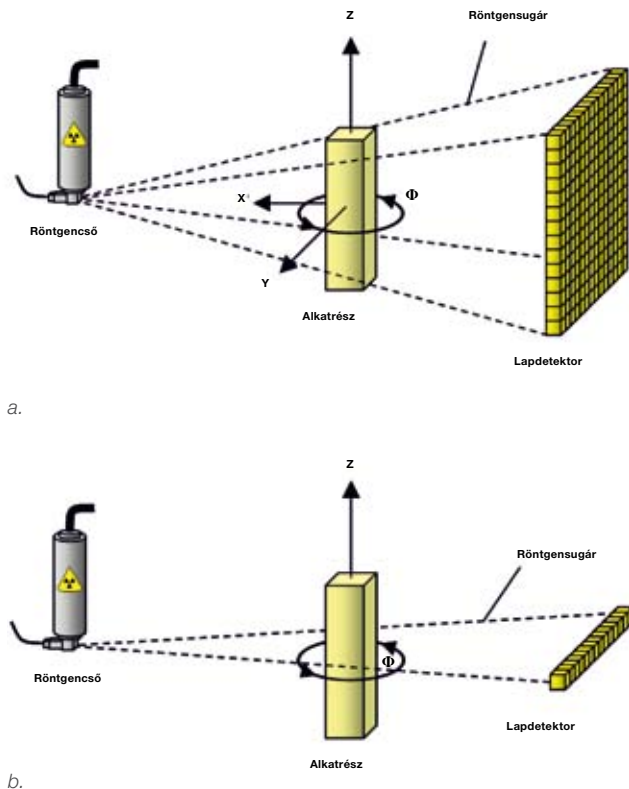
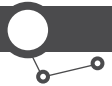
	CSŐFESZÜLTSG	FÓKUSZ
Röntgen 1.	450 kV	0,4 mm / 1 mm
Röntgen 2.	225 kV	3 µm » 220 µm
	FELBONTÁS	EFF. SZENZORMÉRET
Lapdetektor	2048x2048 pixel	409,6x409,6 mm ²
Vonaldetektor	2604 pixel	660 mm

1. táblázat – YXLON Y.CT Modular fő műszaki jellemzői

Rekonstrukciós célokra a sugárzás azon tulajdonságát használhatjuk fel, hogy valamely tárgyon való áthaladás során a sugárzás intenzitása csökken, az anyagra jellemző elnyelési együttható függvényében.

A vizsgálat során az I0 kezdeti intenzitású röntgensugarak egy része az ellenőrzendő alkatrész d anyagvastagságán áthaladva I1 intenzitásúra, míg azok a sugarak, amelyek az x vastagsági mérettel jellemezhető hibás részen haladnak át I2 intenzitásúra csökkennek.

A hagyományos röntgenfelvételnél több probléma is nehezíti a kép értékelését; a nagyobb méretű, nagyobb denzitású objektumok eltakarják a kisebbeket, a különböző mélységben elhelyezkedő objektumok különböző méretben jelennek meg a detektoron. Az ipari CT ezeket a hibákat több irányból készített vetületekkel semlegesíti – készít egy 2D-s röntgenfelvételt az vizsgálandó objektumról, majd a tárgyasztal és az azon fekvő alkatrész egy kis szöggel elfordul. Ez addig ismétlődik, amíg az alkatrész teljesen körbe nem fordul és ez idő alatt minden egyes kis szögelforduláshoz egy röntgenkép készül. A munkadarab ellentétes oldalán elhelyezett detektor érzékeli a különböző inten-



2. ábra: 3D-s, ill. 2D-s rekonstrukció (a,b)

zítást. A detektor összegyűjti a testen áthaladó röntgensugarakat, és látható fénné konvertálja azokat. A fényt fotodiódák konvertálják elektromos jellé, és a detektor elektronikája ezeket a szinte

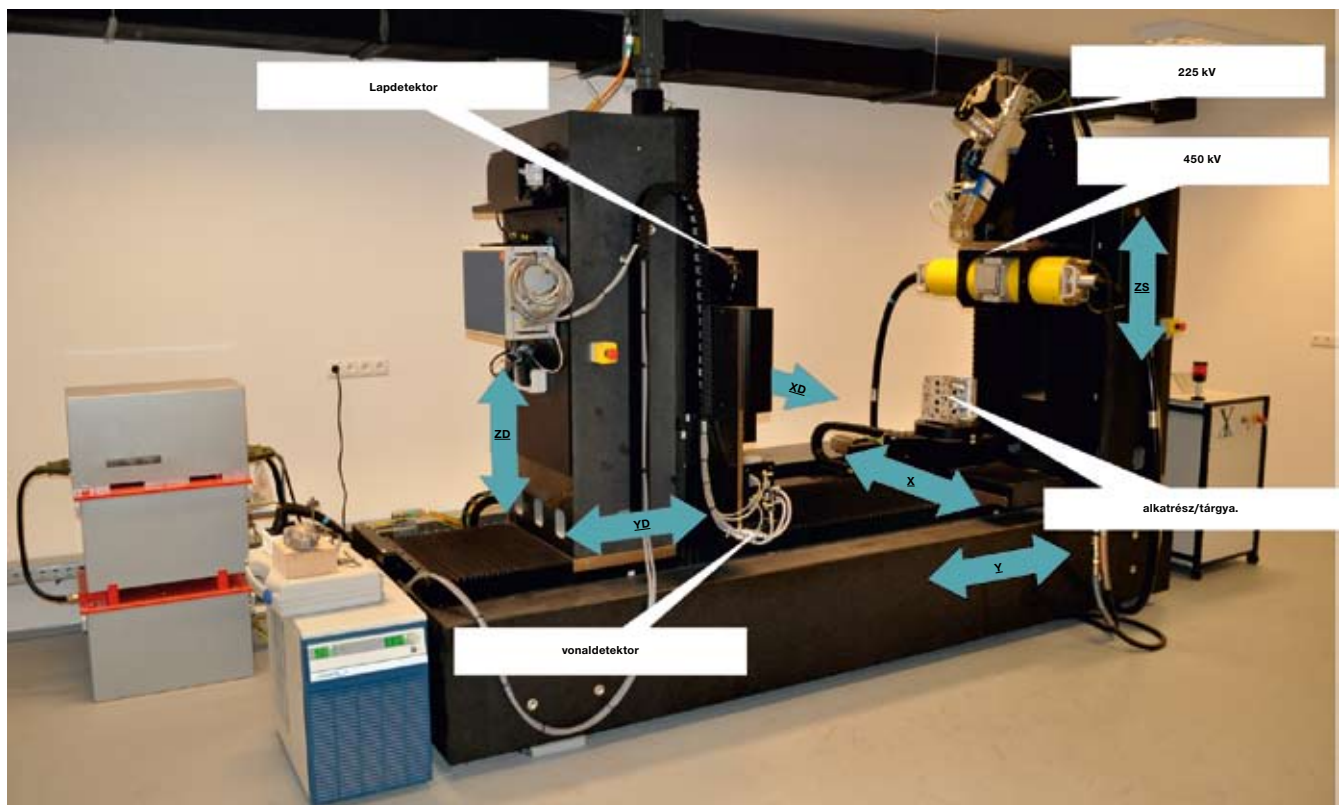
alig mérhető elektromos jeleket alakítja át digitális jelekké. Ezek a digitális jelek nagysebességű optikai kábelén keresztül kerülnek a rendszer képfeldolgozó processzorába, amely jelentős számítóteljesítményével valós időben hoz létre nagyfelbontású rekonstrukciós képet. A használat szempontjából alapvető fontosságú a megfelelő detektorfelbontás. Minél magasabb a detektor, és így a CT-berendezés felbontása, annál jobban lehet a képeken vizsgált tárgy részleteit felismerni. A detektor csatornáinak és vonalainak számából kiszámítható pixelszám a detektorok egyik legfontosabb tulajdonsága.

A Széchenyi István Egyetem Anyagismereti és Járműgyártási Tanszékén 2010 júniusa óta üzemel egy YXLON Y.CT Modular ipari CT-berendezés (3. ábra). A gép különlegessége, hogy 2 röntgensugárcsővel és két detektorral üzemel. A kisebb csőfeszültségű (225 kV) röntgennel akár a 7 µm-es, a nagyobb (450 kV) pedig 50 µm-es felbontás érhető el. A röntgensugárcsövek teljesítménye acélok esetén 70 mm, alumíniumötvözeteknél 120 mm-es falvastagságig alkalmazható. A rekonstrukció történhet vonaldetektorral (2D) vagy lapdetektorral (3D) (2. ábra). A berendezés 7 manipulátorral működő portálrendszerével 800x1200-as kubatúrájú alkatrészek vizsgálhatóak. A berendezés főbb műszaki paramétereit az 1. táblázat tartalmazza. A gép kiértékelő rendszerével alkalmas:

- 3D geometriai rekonstrukcióra,
- inhomogenitás-vizsgálatra (porozitás, defektanalízis stb.),
- falvastagságmérésre,
- minőségbiztosítási célokra (méretellenőrzés, geometriai ellenőrzés stb.).

VIZUALIZÁCIÓ, 3D REKONSTRUKCIÓ

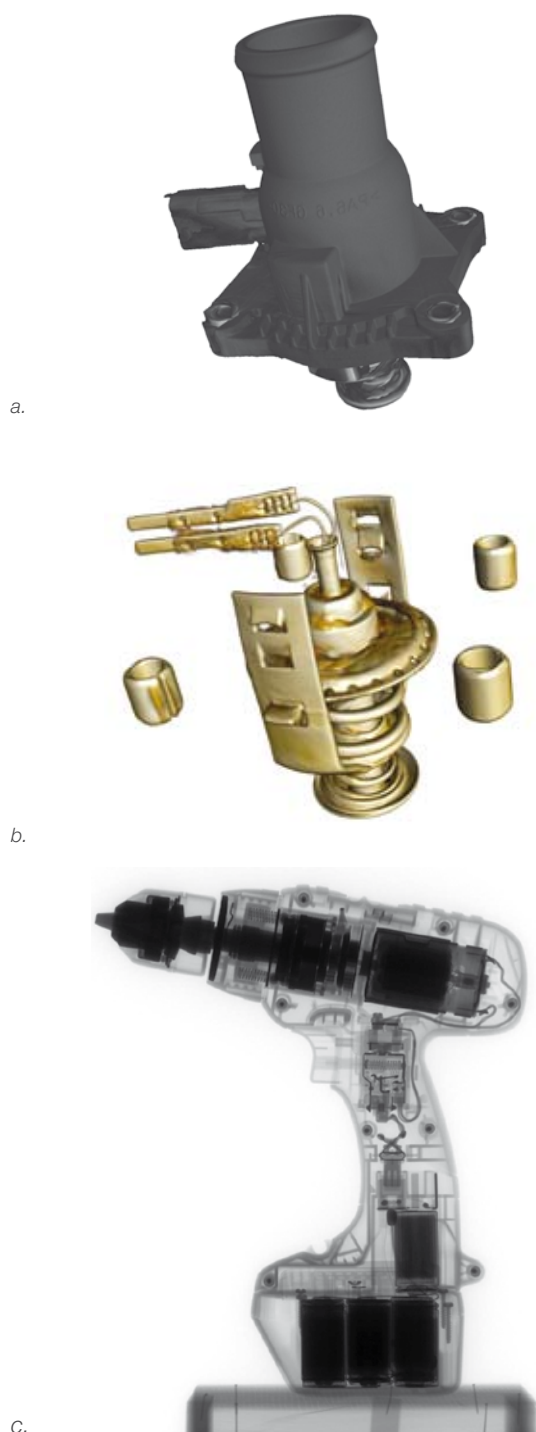
Az ipari gyakorlatban számos olyan szerelési egység létezik, melyek újbóli részegységekre bontása csak roncsolással, nem szabályo-



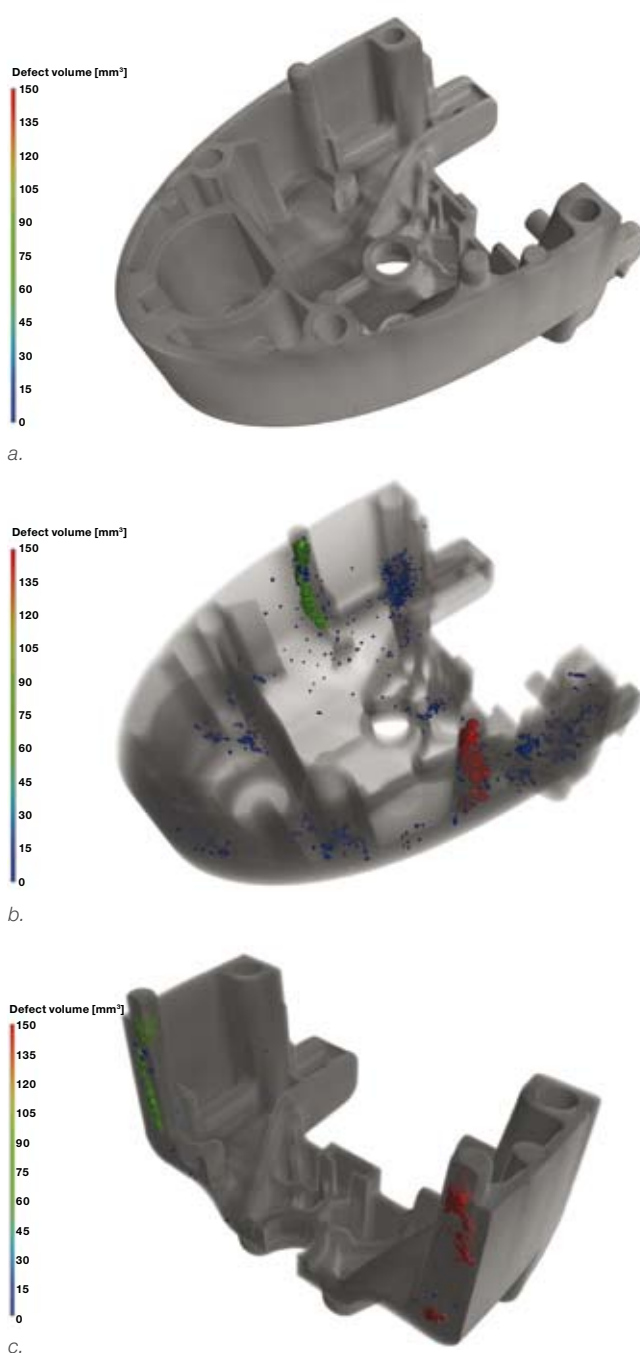
3. ábra: YXLON Y.CT Modular ipari CT

zott szereléssel történhet. Ezek az egységek gyakran funkcionális feladatot látnak el. Egy esetleges meghibásodás, működési zavar roncsolásmentes detektálásához alternatíva az ipari CT.

A **4. ábrán** szereplő autóalkatrészt (termosztát) funkciójából adódóan folyamatos, változó hőterhelés éri. A hődilatáció mellett a másik fokozott igénybevétel az alkatrész belső részében levő forrasztott kötést éri. A kötés esetleges meghibásodását, ill. annak lokációját hagyományosan csak roncsolásos (alkatrész elvágása) módszerrel lehetett detektálni. A komputertomográfiai vizsgálattal az alkatrész rekonstrukciója után a sugárelnyelődés függvényében jeleníthetők meg a komponensek. Ezeknek a



4. ábra: termosztátrekonstrukció (a, b), akkus csavarhúzó röntgenképe (c)

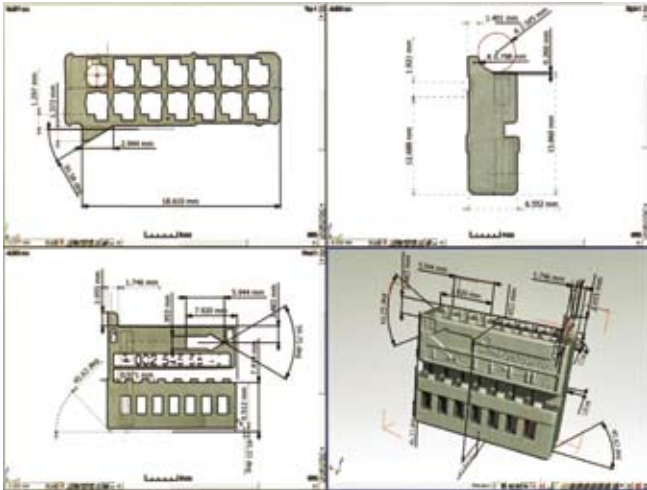
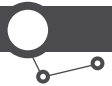


5. ábra: roncsolásmentes anyagvizsgálat (a, b, c)

különböző geometriáknak a láthatósága kikapcsolható, egy-egy kiválasztott rész önállóan vizsgálható.

A vizuális, képi megjelenítés mellett a rekonstrukciós modellből 3D-s térbeli információk generálása a rendszer alapszolgáltatása. A komputertomográfiai rendszerek voxelekkel definiálják a geometriát. A voxel – háromdimenziós képi elem, mind a három tengely mentén kiterjedéssel bíró pontegység – mint térfogat-képzőeszköz, standard az orvosi diagnosztikában. A műszaki gyakorlatban a burkolófelületet leíró hálót alkalmazták geometriák definiálásánál, amely a kiértékelőszoftverrel közvetlenül generálható a térfogadatokból. Az alkatrészmodell felhasználási lehetőségei a teljesség igénye nélkül:

- geometriaarchiválás (pl. új szerszám),
- mérnöki újratervezés (Reverse Engineering),
- szimulációs, analízisvizsgálatok stb.

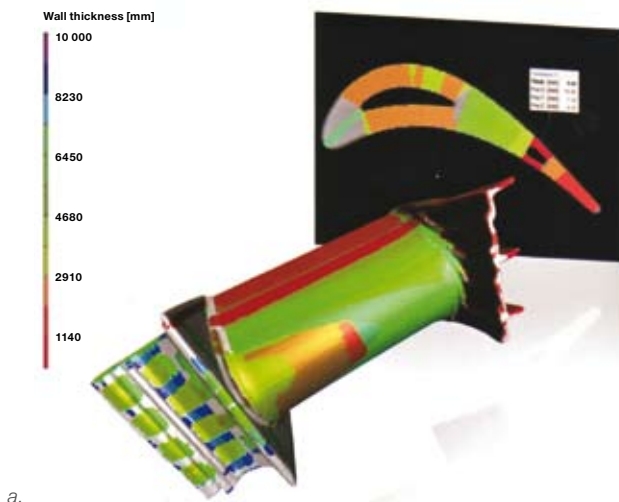


6. ábra: méretellenőrzés CT-adatokon

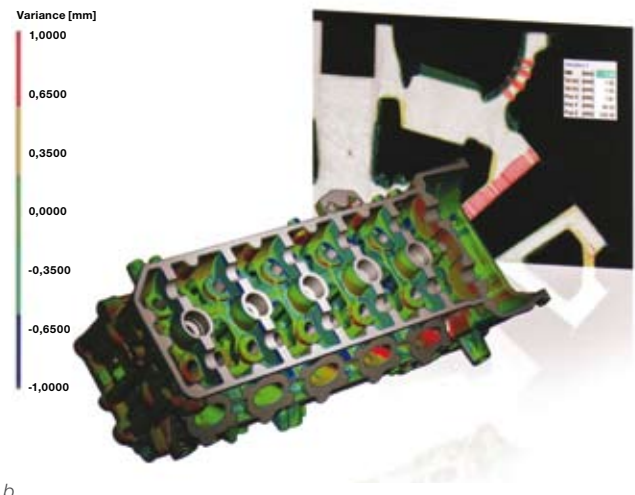
megkülönböztethetők környezetüktől. További vizsgálatok (pl. mikroszkópos vizsgálat) előkészítését egyszerűsíti, hogy a hiba konkrét méretekkkel lokalizálható (5. ábra).

GEOMETRIAI MÉRETELLENŐRZÉS

Az ipari CT-vel – beállításoktól függően – akár a 7 µm-es felbontás is elérhető, kiválóan alkalmas minőség-ellenőrzési feladatokra. A 3D-s rekonstruált geometrián és a 2D-s metszeten szabadon definiálhatók méretek, távolságok (6. ábra). A technológia kitolja a mérés technika korlátait – bonyolult, mélyen tagolt geometriák komplex vizsgálata gyakran csak roncsolásos módszerrel volt lehetséges. Ha az alkatrészben olyan topológiát kellett vizsgálni, amit a koordináta-mérőgép (tapintós, optikai) nem tudott közvetlenül letapogatni, a darabot mechanikusan feldarabolták. A rekonstruált CT-s geometrián nincsenek hiányzó felületek, nem látható részek, bármely rajzi méret nagy pontossággal meghatározható.



a.



b.

7. ábra: falvastagság (a), geometriai felület vizsgálat (b)

RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLAT

A komputertomográfiai vizsgálatok kiemelkedő tulajdonsága, hogy roncsolásmentesen, szeletenként átpáztázható a vizsgált munkadarab, mérések végezhetők a metszeteken, és kimutathatók az alkatrész belső inhomogenitásai.

A 3D-s CT hangsúlyozottan használható roncsolásmentes anyagvizsgálatokhoz. A térfogati anyaghibákat (üregek, zárványok) a kiértékelő rendszer automatikusan detektálja. Ezek a hibák mind a 3D-s geometrián, mind a 2D-s metszeten vizualizálhatók. A szoftver a defektek különböző geometriaméretéhez különböző színeket definiál, így azok megjelenésre is egyértelműen

A rajzi 2D-s méretek nem minden esetben elegendőek az alkatrész geometriai minősítéséhez. Több információt ad, ha az alkatrész teljes felülete vizsgálható. Ha rendelkezésre áll a vizsgálandó darab 3D-s CAD-modellje, akkor az összehasonlítható a rekonstruált geometriával. Az összehasonlító elemzés során a CT-s adat minden egyes felületi pontjának távolsága a CAD-geometriától meghatározásra kerül. A kiértékelte távolságokhoz – vektorokhoz – hosszak megfelelően szín rendelhető. Az eredmény egy teljes geometriát lefedő színtérkép, amelyből egyértelműen kiolvasható, hogy a nominális állapothoz képest hol van pozitív és hol van negatív irányú eltérés a vizsgált alkatrészben (7. b ábra). ●

IRODALOM:

- [1] Computed Tomography for Quality Inspection in Rapid Manufacturing – Dipl.-Math. Ira Effenberger,
- [2] Advantages of CT in 3D Scanning of Industrial Part – Julien Noel, North Star Imaging Inc – 3D Scanning Magazine, 2008 december
- [3] Artefaktkorrekturen beim dimensionellen Messen mit Röntgen-Computertomographie – Stefan Kasperl, Jochen Hiller – Technische Messen, 2009/9
- [4] www.wikipedia.de

Műszaki fejlesztések, speciális eljárások a nemzetközi K2010 műanyag- és gumiipari szakkiállításon

SÁGI ERIK

kutatómérnök
Széchenyi István Egyetem/
Járműipari Regionális
Egyetemi Tudásközpont/

DR. DOGOSSY GÁBOR

egyetemi docens
Széchenyi István Egyetem/
Anyagismereti és
Járműgyártási Tanszék/

NAGY VIKTOR

menedzser
Széchenyi István Egyetem/
Járműipari Regionális
Egyetemi Tudásközpont

Az idén már 18. alkalommal került megrendezésre a világ legnagyobb műanyag- és gumiipari szakkiállítása, a K2010 Düsseldorfban, október 27. és november 3. között. A rendezvényen most is, mint minden évben, a műanyagiparhoz kapcsolódó cégek teljes palettája jelen volt. Cikkünkben a kiállításon felvonultatott műszaki és technológiai újításokból ismertetünk néhányat. A számunkra fontos fröccsöntési technológiák közül részletesebben taglaljuk a tisztateres műanyag-feldolgozást, az elektromos és hidraulikus fröccsöntőgépeket és néhány speciális újdonságot.

The worlds' biggest exhibition 18th K2010 International Trade Fair for Plastics and Rubber was held in Düsseldorf from 27th October to 3rd of November. This year as for many years all companies working in plastic industry represented itself. In this paper new technical and technological innovations are outlined focusing on clean room plastic processing, electric and hydraulic injection molding machines and a few special features used in this sector.

BEVEZETÉS

A K2010-en az előző években megszokott, hatalmas területen, 164 100 m²-en jelentős számú, pontosan 3097 kiállító képviseltette magát. A tizenkilenc csarnokban elosztott standok a könnyebb áttekintés érdekében három fő szempont szerint lettek csoportosítva:

- gépek és berendezések,
- alap- és segédanyaggyártók és
- erősített műanyagból készült félkész termékek, műszaki alkatrészek.

AZ ÁZSIAI FRÖCCSÖNTÉS FELZÁRKÓZÁSA

Az ázsiai fröccsöntőgépgyártók lemaradása egyre kisebb európai társaikkal szemben. A kínai kiállítók száma minden évben rohamosan nő. A 2001-es évben csak 8, 2004-ben 41, 2007-ben 152, idén



2. ábra: tisztateres fröccsöntés a Krauss-Maffei-nél



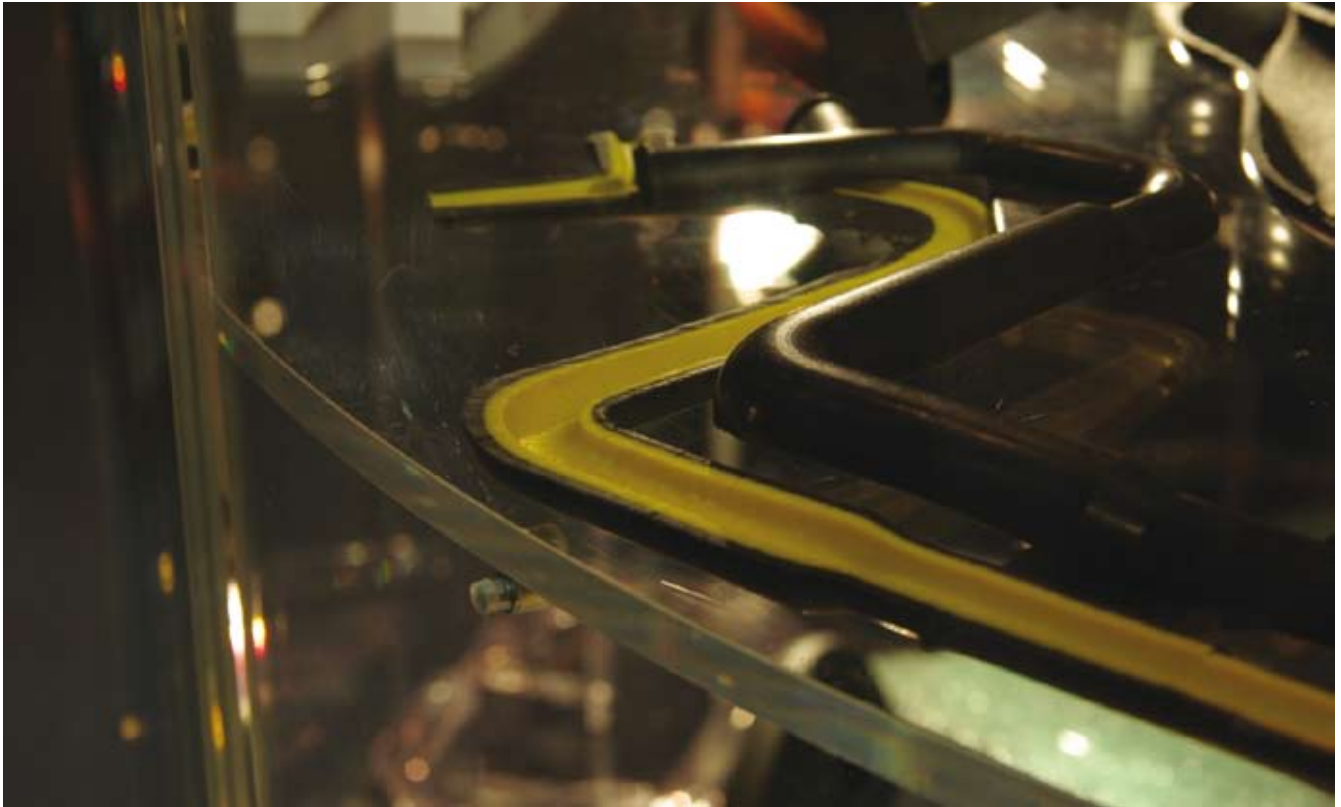
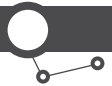
1. ábra: tisztateres fröccsöntés, a Wittmann-Battenfeld-nél

pedig 243 kiállító volt az ázsiai kontinensről, amely a 2007-es évhez képest csaknem 60%-os növekedést jelent. A távol-keleti gyártók az alap fröccsöntési eljárásokra és a versenyképes áron kínált műszaki fejlesztési kapacitásra alapozták növekedésüket és világpiaci „bemutatkozásukat”. Az európai fejlesztések iramát azonban nem képesek követni, így a speciális eljárásokban még lemaradásuk van.

A jövő az integrált eljárásoké, amelyekben a feldolgozással együtt az utóműveleteket is a gépben végzik el és a berendezést a késztermék hagyja el. Az európai gyártók technológiai előnye elsősorban olyan specialitásokban mutatkozik meg, mint a habosított fröccsöntés, a többkomponensű fröccsöntés, a szerszámban dekorálás (IMD) vagy a szerszámban címkézés (IML).

MŰANYAG-FELDOLGOZÁS TISZTATÉRBEN

Az orvosi segédeszközök gyártása egyre nagyobb szerepet kap a fröccsöntési technológia területén. Az ilyen jellegű termékek



4. ábra: vízbefúvásos fröccsöntési példa, a Wittmann-Battenfeldnél

gyártása azonban csak nagyon szigorúan előírt követelmények teljesítésével lehetséges. Az Európai Unió országaiban kizárólag az ún. GMP (good manufacturing practice) szabályainak és irányelveinek betartása mellett szabad gyártani. A tisztaterek minősítését általában a munkatérben lebegő porszemcsék mérete és mennyisége határozza meg. A tisztateres gyártás több fajtája is bemutatásra került attól függően, hogy csak a fröccsöntőgép munkatérét vagy az egész gépet helyezték tiszta térbe. Az hidraulikus gépek esetében csak a munkatér volt a megfelelő szabályok és előírások szerint tisztateresre kialakítva. Erre az Engel Arburg vagy a Wittman-Battenfeld standnál láthattunk jó példákat (**1. ábra**). Ezekben az esetekben a levegő áramlását általában felülről lefelé irányítják, hogy a porszemeket „leöblítsék” a felületekről.

Az elektromos gépeknél másik megoldást láthattunk, amikor az egész gép egy tiszta térben volt elhelyezve. Ezt a lehetőséget a Krauss Maffei cég mutatta be (**2. ábra**). Bár ebben az esetben költségesebb a teljes rendszer kivitelezése, azonban segítségével magasabb tisztasági fok érhető el. Teljesen tisztateres gépeknél, mint az a képen is látszik, nemcsak a gép tökéletes szabályok és előírások szerinti működése és légterének ellenőrzése a fontos, hanem a dolgozó személyzet felkészítése is.

NAGY SEBESSÉGŰ FRÖCCSÖNTÉS

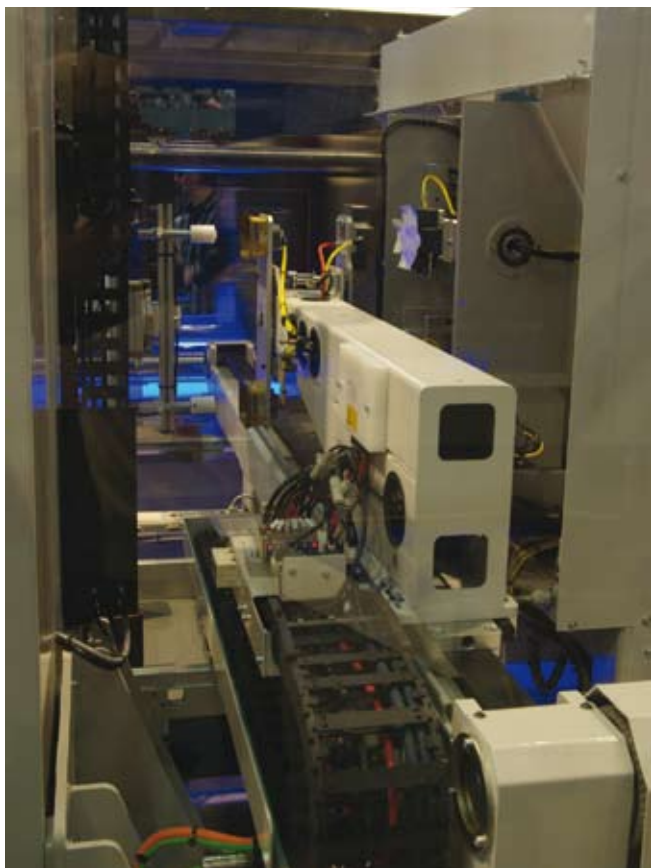
A nagy sebességű fröccsöntések területén nagy múlttal rendelkező Netstal egy hatfészkés cserépszerszámmal felszerelt hidroakkumulátoros fröccsöntőgépet állított ki. A kész darabok eltávolítását robot segítségével oldották meg. A teljes ciklushoz mindössze 1,89 másodperc időre volt szükségük (**3. ábra**). Az Engel által bemutatott 64 fészkés kupakszerszámmal felszerelt, teljesen elektromos gépnek a ciklusideje 2,7 másodperc. A nagy gyártási kapacitást mindkét gép teljesítette, azonban a hagyományos hidraulikus gép által keltett zaj, valamint rezgések jóval nagyobb környezeti terhelést jelentenek a dolgozóknak, mint egy elektromos gép. Az energiafelhasználás szempontjából is az elektromos gépek mutatnak jobb eredményt. Az egyszerű termékek esetén jó alternatívát nyújthatnak ezek a gépek, azonban nagyobb és bonyolultabb termékek esetén, amelyek hosszabb idejű utónyomást igényelnek, nem ajánlott az alkalmazásuk.

VÍZBEFÚVÁSOS ÉS GÁZBEFÚVÁSOS FRÖCCSÖNTÉS

A Wittmann-Battenfeld cégcsoport bemutatásában tekinthettük meg mindkét technológiát és vehettük szemügyre az általuk



3. ábra: gyors fröccsöntés, a Netstalnál



5. ábra: szerszámba címkézés a Wittmann-Battenfeldnél

készített termékeket. Jól megfigyelhetőek voltak a két eljárás egymáshoz viszonyított különbségei. Jellemzően gázbefúvásos fröccsöntést (GIT, gas injection technique) abban az esetben alkalmaznak, amikor viszonylag kis üreget kell kialakítani. A vízbefúvásos fröccsöntést (WIT, water injection technique) olyan műanyag alkatrészek gyártására használják, ahol nagyobb méretű üreget kell kialakítani, mint az ajtófogantyú, motortéri hűtőrendszer csőelemei vagy egyéb tömlőszerű termékek. Hátránya, hogy a műszaki műanyagok nedvességfelvevő képessége gátat szabhat az alkalmazásának. Megoldás lehet, ahogy azt a Wittmann-Battenfeld is bemutatta, a kétkomponensű fröccsöntés párosítása WIT eljárással (4. ábra). A termék belső, vízzel érintkező része nedvességre nem érzékeny



6. ábra: clear melt technológiával gyártott termék, az Engel standján

polipropilén (sárga), míg a külső, a teherviselő anyagnak szánt része poliamid (fekete). A víz rendkívül jó hőelvonó képességének köszönhetően a darabok hűtési ideje 50%-kal rövidebb, mint a GIT eljárásnál.

SPECIÁLIS ALKALMAZÁSOK FELVONULTATÁSA

Szerszámba címkézés

Számos cég használja a fröccsöntés egy speciális ágát, a szerszámba címkézést (IML). A kiállításon több gyártó, az Engel, a Wittmann-Battenfeld és a Krauss-Maffei is megmutatta ezt a technológiát. Az eljárás lényege, hogy a szerszámüregbe előre behelyezett általában polipropilén címkére történik a befröccsöntés (5. ábra). Az ömledékhő hatására a termék és a címke gyakorlatilag összeheged, ezáltal egy lépésben elkészül a dekorált késztermék. Így lerövidül a termék gyártási ideje és az eljárásból adódó plusz költségek (robot alkalmazása) gyorsan megtérülnek.

Clearmelt-rendszer

Az Engel cég újítása egy nagy volumenű gyártási rendszer, amely egyesíti a hőre lágyuló és a hőre nem lágyuló poliuretán (PUR) fröccsöntőgépet, így gazdaságosan és hatékonyan készíthető karcmentes, tökéletes minőségű, bevonatolt termék (például egy személyautó belső műszerfaleleme) egy gépen és cikluson belül. A gép felépítésének lényege, hogy a mozgó oldalra több formaüreget készítenek. Az első formaüreget poliuretán formaleválasztóval permetezik be, majd ezt követően történik a fröccsöntési folyamat. Ezután robot segítségével

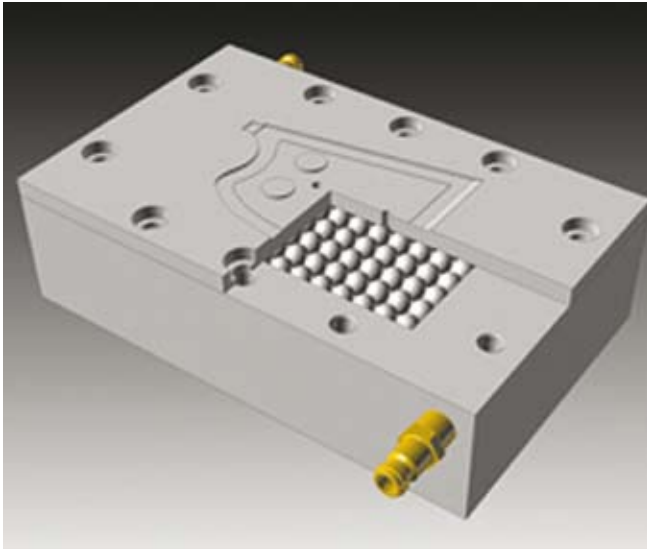
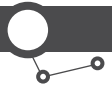


7. ábra: egy példa a szerszámba formázásra, az Engel standján

áthelyezik a terméket a következő formaüregbe, ahol megkapja az utolsó réteget. A hagyományos lakkozási módszer megkövetelte a többszöri réteghordást, ami növelte a selejtszámot. Az új technológia csökkenti az utómunkálást és az ebből adódó munkaerő-költséget, illetve anyagvesztéset, így gazdaságosabbá válik a termelés. Az Engelnek ezáltal lehetősége nyílik nyitni a piac más szegmense felé is, mint például a szórakoztatóelektronika (6. ábra).

Szerszámba formázás

Az autóiparban az üzemanyag-fogyasztás és ezzel a károsanyag-kibocsátás csökkentése áll a fejlesztés középpontjában. Erre a súlycsökkentés ad kézenfekvő megoldást, így egyre nagyobb igény



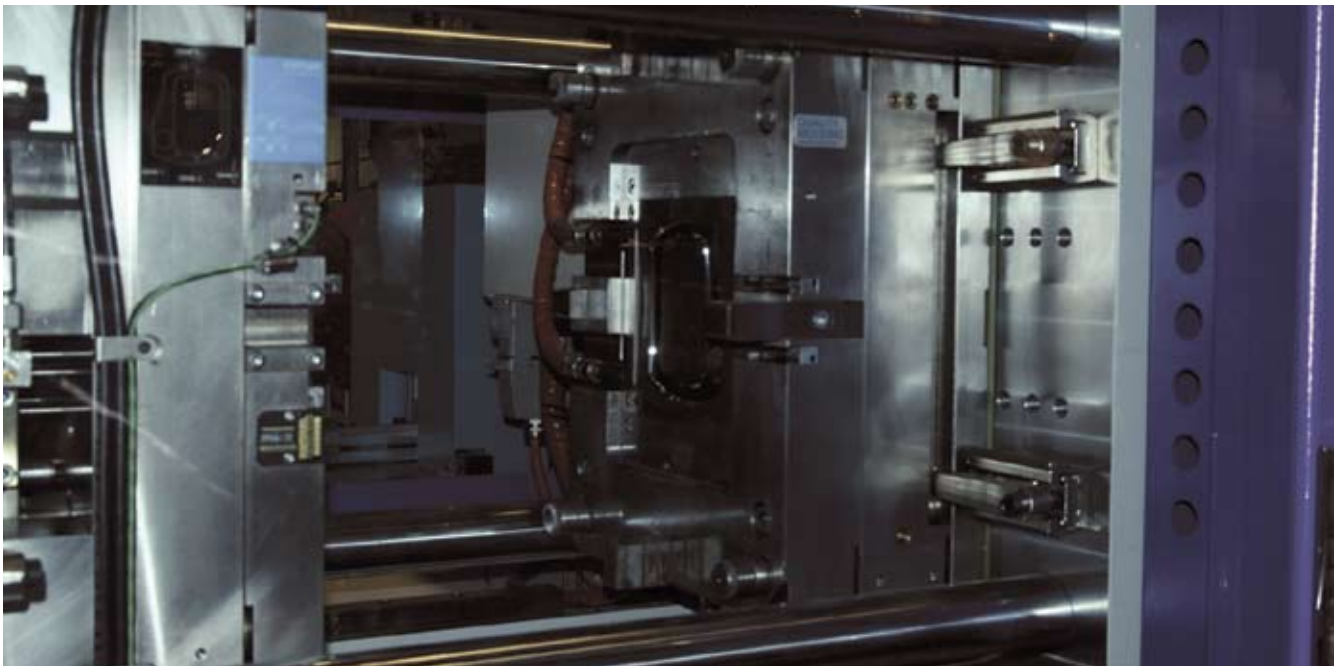
8. ábra: a ball filling technológia elvi vázlata [5]

préseléssel. Ezáltal egy megnövekedett mechanikai tulajdonságokkal bíró alkatrészt kapunk, ami alkalmas a hagyományos fém alkatrész helyettesítésére (7. ábra).

Új szerszámtechnológia

A Wittmann-Battenfeld egy egészen új szerszámtechnológiát vezetett be, az úgynevezett golyós kitöltésű szerszámot (Ball filling). Segítségével gyorsabbá válik a szerszám hűtése és fűtése közti átkapcsolás. A formaüreg alatt egy rekesz van kialakítva az acélgolyók számára, melyek szorosan egymás mellett helyezkednek el (8. ábra). Az így kialakított plusz üreget elárasztják hűtőfolyadékkal. A technológia lehetővé teszi a gyors váltást a befroccsöntés alatti szerszámfűtésről, a termék kidobáshoz szükséges hűtésére, ezáltal könnyebbé válik a vékony falú termékek kitöltése, fényesebb felületet kapunk, csökkennek a termékben a feszültségek, és finomabbá válnak az összezsapási vonalak. Jelenleg ilyen szerszámokat viszonylag lapos alkatrészek fröccsöntéséhez alkalmaznak, mint például a mobiltelefon-hátlapok, navigációs rendszerek, házak (9. ábra).

A vásáron szerzett tapasztalatunk az, hogy a műanyagipar fejlődése töretlen, függetlenül az elmúlt évek válságától. Egyre újabb



9. ábra: példa a ball filling technológiára, a Wittmann-Battenfeldnél

van a fém alkatrészek műanyaggal történő kiváltására. A kiállításon az Engel cég bemutatott egy új technikát, a szerszámba formázást (IMF, In-Mould-Forming). Lényege, hogy az előmelegített hosszú szál erősített szövetlemezre rövidszálas poliamidot fröccsöntenek, és a szerszámban történik a termék geometriájának kialakítása

és újabb technológiák fejlődnek ki, amelyek pontosabb, gyorsabb és gazdaságosabb gyártáshoz vezetnek. A következő, 2013. október 16. és 23. között megrendezésre kerülő kiállítás bizonyára számos érdekességet fog tartogatni, kívánjuk, hogy találkozzunk ott, és együtt fedezzük fel őket. ●

IRODALOM

- [1] www.k-online.de
- [2] K statt Krise: It's K time! K zeitung, 41 (21), 1
- [3] ENGEL Streamlines Clear-Coated Parts Production. www.engelglobal.com 2010.10.15
- [4] Engel innovations at the K fair. <http://reviplastonline.wordpress.com> 2010.07.19
- [5] Matthew H. Naitove: Close Up On Technology: Injection Molding. New Machines & Processes Unveiled By Wittmann Battenfeld. www.ptonline.com 2010. 06. 02

Formakövető hűtés optimalizálása fröccsöntési szimulációval

SÁGI ERIK

kutató

Széchenyi István Egyetem/
Járműipari Regionális
Egyetemi Tudásközpont/

DR. DOGOSSY GÁBOR

egyetemi adjunktus

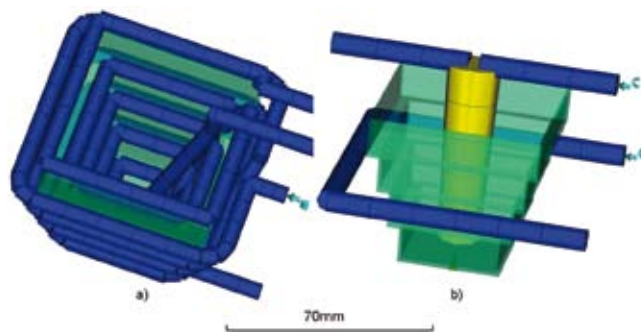
Széchenyi István Egyetem/
Anyagismereti és
Járműgyártási Tanszék/

A fröccsöntés mint a leggyakrabban használt polimerfeldolgozási technológia, mindig a figyelem központjában van, a technológiai fejlesztések esetén. Szakaszos eljárás révén, a gazdaságosságot alapvetően az egy termék legyártásához szükséges ún. ciklusidő határozza meg. A ciklusidő csökkentése érdekében a legújabb technológiai fejlesztési eredményeknek köszönhetően olyan hűtőkörök alkalmazásai merülnek fel, amelyek a hagyományos gyártástechnológiákkal nem gyárthatók. A szelektív lézerszinterezés lehetőséget ad formakövető hűtőkör létrehozására. Az ideális hűtés megtervezését ezért érdemes végelelemes szimulációval végezni. Cikkünkben egy termék esetén hasonlítjuk össze a hagyományos és a formakövető hűtési rendszert.

The injection molding, such as the commonly used polymer processing technology, there is always the center of attention in case of technological developments. Through a phased process, the economy significantly was determined by cycle time which needs to manufacture one product. In order to reduce the cycle time we have to apply such cooling circuit that does not produce in traditional process engineering. The selective laser sintering allows for the creation following form circuit. The ideal design of cooling should be carried out finite element simulations. This paper we compared traditional cooling system with following form cooling system in case of a product.

BEVEZETÉS

A különböző fröccsöntési technológiák a leginkább kiaknázott területek a műanyag alkatrészek előállításánál [1]. A bonyolult térbeli és időbeli folyamatok egymásra hatását figyelembe véve – folyadékáramlás, testek rugalmas és nem rugalmas deformációja, hőátadás stb. – könnyen beláthatjuk, hogy a technológia tervezésében a számítógépes szimulációs programok térhódítása indokolt. A fröccsöntéssel előállított termékek fő technológiai paramétere a ciklusidő, amelynek megközelítőleg 70%-át a hűtési idő adja, és mint a legtöbb iparágban, itt is az idő és költségek szoros kapcsolatban állnak [2]. A gazdaságos termelés egyik pillére tehát a ciklusidő minimalizálása anélkül, hogy a késztermékünk minősége romlana. A piaci versenyben maradás folyamatos technológiaújításra ösztönzi a műanyag szakembereket. A szelektív lézerszinterezés a fröccsöntés területén dolgozó szerszámtervezőknek lehetőséget adott a forma-



2. ábra: a vizsgált hűtőkörök vázlata a) formakövető hűtés, b) hagyományos hűtés

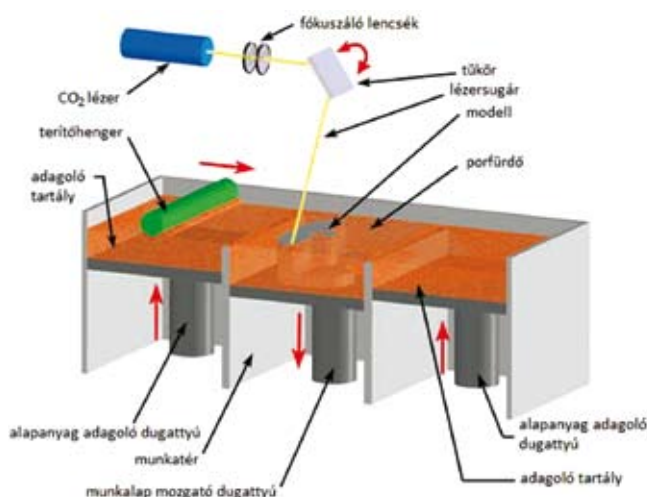
követő hűtés bevezetésére. Ennek köszönhetően az egy termék legyártásához szükséges idő a lehető legnagyobb mértékben minimalizálhatóvá válik.

PROTOTÍPUSGYÁRTÓ ELJÁRÁSOK

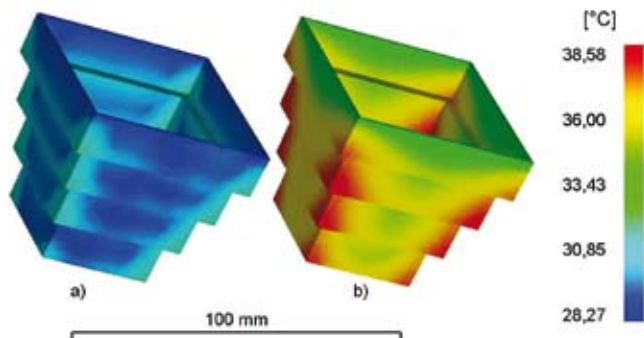
A gyors prototípusgyártó eljárások az additív, azaz anyagfelhordó technológiák csoportjába tartoznak. Alkalmazási jelentőségük nagymértékben megnövekedett napjaink ipari igényeinek köszönhetően. A vállalatok, gyártók piaci versenyé gyors fejlesztéseket és gyártást követelnek meg a lehető legkisebb költségek mellett. Ehhez nyújtanak hatékony eszközt a különböző gyors prototípusgyártó eljárások:

- Sztereolitográfia (SLA – Stereolithography)
- Szelektív lézeres szinterezés (SLS – Selective Laser Sintering)
- Rétegeltdarab-gyártás (LOM – Laminate Object Modelling)
- Műanyaghuza-felrakás (FDM – Fused Deposition Modelling)

A szelektív lézerszinterezés az első por alapanyagú gyors prototípusgyártó eljárás, amely kereskedelmi forgalomba került. Az eljárás lényege, hogy a rétegről rétegre leterített porszemcsék



1. ábra: szelektív lézerszinterező elvi vázlata



3. ábra: termék maximális hőmérséklete a) formakövető hűtés esetén, b) hagyományos hűtés esetén

lézernyaláb energiájának segítségével olvadnak össze. Az SLS eredetileg műanyag termékek előállítása céljából lett kifejlesztve. A későbbi kutatások azonban lehetővé tették olyan új alapanyagok felhasználását is, mint a különböző fém- és kerámiaporok. Ennek következtében nagy szilárdságú fémporból tudjuk előállítani a fröccsöntő szerszámot, amelynek keménysége utókezeléssel már elérheti az 52-54 HRC-t [3]. Egyes szintek rétegvastagsága 16–20 mikrométer között alakul (1. ábra). Ezzel az eljárással legyártott fröccsöntő szerszám vagy szerszámbetét belsejében lehetőségünk van ún. formakövető hűtés kialakítására. A gép a hűtőkörök helyén nem olvasztja meg a port, ezért az nagynyomású levegővel könnyedén eltávolítható [4].

FORMAKÖVETŐ HŰTÉS

Hagyományosan a fröccsöntőszerszámok hűtését furatokkal oldják meg. Ez a fajta hűtőrendszer akkor hoz ideális eredményt, ha termékünk viszonylag egyszerű geometriájú és egyenes felületekből áll. A formakövető hűtés alkalmazásával a ciklusidő akár 30–50%-kal is csökkenthető (a termék bonyolultságától függően), ami nem okoz minőségromlást a készterméken, köszönhetően az egyenletes hűtésnek [5]. Ipari szempontból egy ilyen mérvű változás gazdasági előnyei magukért beszélnek. A hűtőcsatornák követve a szerszámüreg geometriáját, az ömledék hőjét a lehető leggyorsabban elvezetik, a bennük keringő hűtőfolyadék segítségével [6]. Fröccsöntési szimulációs szoftver alkalmazásával a formakövető hűtés optimális geometriája meghatározható.

SZIMULÁCIÓ

Munkánk során Autodesk Moldflow Insight fröccsöntési szimulációs szoftverrel hasonlítottuk össze a hagyományos és formakövető hűtést egy egyszerű piramis formájú pohár modelljén keresztül. A hagyományos hűtés modelljét egy létező kétfészkés, forrócsatornás szerszám alapján készítettük el, amely letolólapos kidobórendszerrel rendelkezik. Az összehasonlíthatóság érdekében ennek a szerszámnak a fröccsöntési paramétereit alkalmaztuk mindkét szimuláció esetében.

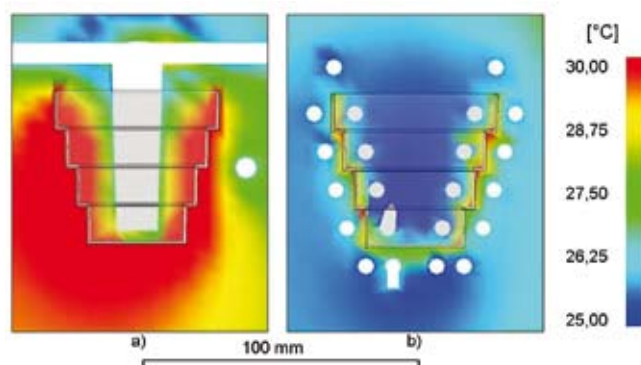
KÍSÉRLETEK ÉS KIÉRTÉKELÉSÜK

A szimuláció megkezdése előtt nagyon fontos, hogy eldöntsük, mire szeretnénk használni a szimulációs eredményeket, mi az, amit optimalizálni szeretnénk, ugyanis ez alapján tudjuk megválasztani az alkalmazandó végelemek hálóját. Mindegyik

típus (középsík, felületi, háromdimenziós) másfajta eredményekkel szolgál [7]. A formakövető hűtés nagyobb fokú vizsgálata érdekében mind a három variánst lefuttattuk, ezáltal teljesebb képet kaptunk a technológia előnyeiről. Az általunk tervezett hűtőrendszert két független, a szerszámüreget jól követő hűtőkör alkotja, míg az eredeti szerszámban sokkal egyszerűbb hűtés található (2. ábra). Az ábrán látható, hogy az általunk tervezett formakövető csatorna-rendszer nem kivitelezhető hagyományos CNC-technológiával.

A szimuláció egyik eredménye a termékünk kidobás utáni maximális hőmérsékletének alakulását mutatja (3. ábra). Ez azért fontos, mert bár a szimuláció szerint a darab 80%-a elérte a kidobási hőmérsékletet, mégis lehetnek olyan helyek, ahol lokálisan meghaladhatják azt. Ez azonban deformációkhoz, vetemedésekhez vezethet. Az ábrából jól látszik, hogy a hagyományos hűtéshez képest mennyivel alacsonyabb hőmérsékletet eredményezett ez a hűtés. Köszönhetően a nagyobb felületen történő hőelvonásnak és a nyomvonal formakövető kivitelezésének, a csökkenés mértéke meghaladta a 20%-ot. A kritikus helyek természetesen nem változtak, ugyanúgy a sarkok közelében jelentkeznek. Mivel a hőmérsékleti maximum csökkent, ezért kevesebb hűtési időre lesz szükség a termék kidobásához, az egyenletesség pedig a vetemedésre és zsugorodásra gyakorol pozitív hatást.

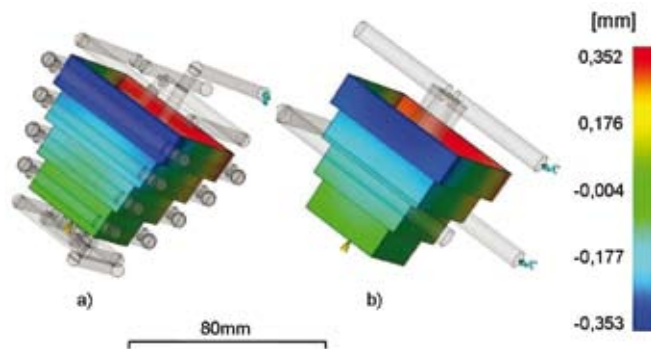
A hűtőkörünk egyenletességének vizsgálatára szolgál a szerszám belső hőmérsékletét elemző kiértékelés (4. és 5. ábra). Segítségével a szerszámunk bármely részén felvett metszősíkokban vizsgálhatjuk a hőmérsékleteket, illetve azt, hogy a hűtőkörünk milyen hűtési zónákat hoz létre. Megfigyelhető, hogy a szerszám hűtése mennyivel jobb a formakövető esetben. A skálát összehangolva látható, hogy a hagyományos hűtőrendszer hőelvonása nem tökéletes.



4. ábra: szerszám belső hőmérséklet a) formakövető hűtés esetén, b) hagyományos hűtés esetén

A Moldflow szimulációs szoftver képes a termékvetemedés vizsgálatára is. Nemcsak összetett deformációt vizsgál, hanem képes különböző térirányok szerinti lebontásra is. Ennek köszönhetően a tervező az adott terméknél előnyben részesített szimulációs eredmények szerint módosíthatja a hűtőkört. Esetünkben a magassági méretek kevésbé voltak érdekeltek, ezért a keresztirányú eltéréseket vizsgáltuk (5. ábra). Bár eloszlásilag hasonló képet mutatnak, a formakövető hűtés 10%-os javulást eredményezett.

A ciklusidő csökkentésében legnagyobb szerepe a hűtési időnek van, hiszen ez teszi ki a ciklusidő 2/3-át. A 6. ábra mutatja a termék kidobásához szükséges idő nagyságát, a kétfajta hűtőkör esetében. Nagyon jól látható az eltérés a két eset között. Amíg a jelenlegi szerszám esetében 9,918 s kell a terméknek a kidobási

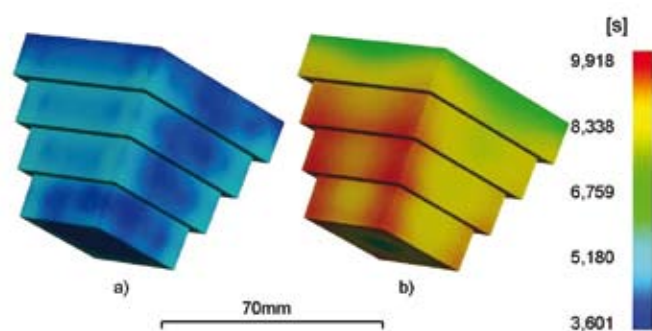


5. ábra: vetemedés a) formakövető hűtés esetén, b) hagyományos hűtés esetén

hőmérsékletre történő lehűlésre, addig a formakövető hűtés esetén ehhez elegendő mindössze 5,180 s. Ez a különbség 48%-os csökkenést eredményez, a ciklus e szakaszában, a hagyományos hűtéshez viszonyítva.

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk megjelenését a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal (OM-00151/2008, OM-00266/2008 és TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-2013) támogatta.

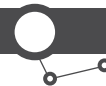


6. ábra: Kidobáshoz szükséges idő a) formakövető hűtés esetén, b) hagyományos hűtés esetén

Munkánk során egy egyszerű termék hagyományos, valamint formakövető hűtési rendszerrel kialakított szerszámának fröccsöntési szimulációját hasonlítottuk össze. Kijelenthetjük, hogy a prototípusgyártó technológia fejlődésének, vagyis a szelektív lézeres szinterezésnek köszönhetően a mindenki által elsődleges szempontok közé sorolt ciklusidő tovább csökkenthető. Az általunk vizsgált piramis alakú pohár esetében a jelenlegi hűtőkörrel 14,9181 s-os ciklusidő, míg az általunk tervezett formakövető hűtőkörrel akár 10,18 s-os ciklusidő is elérhető. Ez pedig 32%-os csökkenést jelent. Belátható, hogy ez a csökkenés nagymértékben növelheti a gazdaságosságot. ●

IRODALOM

- [1] Dimla D. E., Camilotto M., Miani F.: Design and optimisation of conformal cooling channels in injection moulding tools. *Journal of Materials Processing Technology*, 164–165, 1294–1300, (2005)
- [2] Park H. S., Pham N. H.: Design of conformal cooling channels for an automotive part. *International Journal of Automotive Technology*, 10/1, 87–93, (2009)
- [3] Falk Gy.: Formakövető hűtés fröccsöntésnél. *MCAD*, 2/1, 32–35, (2010)
- [4] Czvikovszky T., Nagy P., Gaál J.: *A Polimertechnika Alapjai*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2000
- [5] Meckley J., Edwards R.: A study on the design and effectiveness of conformal cooling channels in rapid tooling inserts, *The Technology Interface Journal*, 10/1, 1–28, (2009)
- [6] Saifullah A. B. N., Masood S. H., Sbarski I.: New cooling channel design for injection moulding, *Proceedings of the World Congress on Engineering*, 2009. július 1–3., London, U. K., ISBN: 978-988-17012-5-1
- [7] Sági E., Dogossy G.: Hálótípusok összehasonlítása fröccsöntési szimulációs programmal, *A jövő járműve*, 4, 10–12, (2009)



Fémporok lézeres szinterezése

HATOS ISTVÁN

Széchenyi István Egyetem,
Anyagismereti
és Járműgyártási Tanszék

DR. ZSOLDOS IBOLYA

Széchenyi István Egyetem,
Anyagismereti
és Járműgyártási Tanszék

Az úgynevezett gyors prototípusgyártó (Rapid Prototyping, RP) eljárások közül ma már igen sok módszer ismert, és az ipari gyakorlatban is széles körben alkalmazott. Ezen eljárások közös ismérve, hogy a bonyolult, komplex 3D modelleket rétegről rétegre építik fel az adott modell szeletelésével, és a vékony kb. 0,02–0,15 mm vastagságú szeletek egymásra építésével. Ebben a cikkben egy Magyarországon még kevésbé ismert eljárás, a fémporok lézeres szinterezésének (Selective Laser Sintering, SLS) a tudásanyagáról szeretnénk számot adni, amelynek az összegyűjtése a Széchenyi István Egyetemen telepítésre kerülő új berendezéssel kapcsolatos első feladatunk volt.

Numerous methods of the Rapid Prototyping processes already are known and they are widely used in the industry. The common criterion of these procedures is that the complex 3D models are built by slicing of the model and by superposing of the layers having thickness of 0.02–0.15 mm. In this paper the knowledge of the Selective Laser Sintering (SLS) applied for metal powders is shown which is less known in Hungary and which was our first task connecting with the installation a new machine at the Széchenyi István University.

1. LÉZERES SZINTEREZÉS ELVE

A rétegről rétegre építő gyors prototípusgyártó eljárások anyagválasztéka mindig az adott módszer lehetőségeihez igazodik. Az SLS technológia többféle alapanyagból is képes rétegről rétegre háromdimenziós modelleket előállítani. Az eljárás vázlatát mutatja be az **1. ábra**. Az SLS technológia legfontosabb ismérve, hogy az automatikusan rétegről rétegre terített porszemcsék pásztázó lézersugár energiájával kerülnek „összeolvasztásra”. Minden egyes rétegnek csak azon területén történik a porszemcsék olvadása, ahol az adott modell adott magasságban lévő „szeletének” területe megkívánja [1-2].

Az eljárással minden olyan anyag feldolgozható (polimer, fém), amelyből megfelelő por készíthető, és a por szinterezhető marad, azaz:

- A por egyenletes, kis szemcsenagyságú.
- Nem hajlamos a csomósodásra, kenődésre, statikus feltöltésre.
- Nem alakul ki a szemcsék felületén olyan réteg, amely megakadályozza a szinterezést (oxid-, nitridréteg).
- Az abszorpciós képesség a lézer hullámhosszán elegendően nagy.

A szinterezés folyamatának anyagtól és technológiától függően három alapesete van:

- A szemcsék a határfelületen egymásba folynak (műanyagporok).
- Keverék fémpor alacsony olvadáspontú részei megolvadnak.
- Műanyaggal bevont fém- vagy kerámiapor összeolvasztása, majd beitatása pl. bronzal.

Munkatér	250–350 mmx250–350 mmx200–400 mm
Rétegvastagság	20–100 µm
Építési sebesség (anyagfüggő)	1–20 mm³/s
Lézerteljesítmény	200–400 W

1. táblázat: a kereskedelmi forgalomban megtalálható legjobb berendezések három alapvető paraméterének értékhatárai

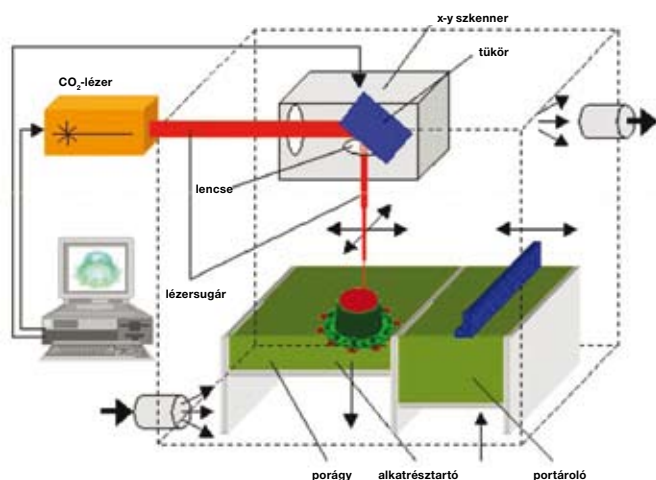
2. FÉMPOROK LÉZERES SZINTEREZÉSE

A gyors prototípusgyártó eljárásokkal készülő alkatrészek a termék funkciója alapján alapvetően három csoportba oszthatók:

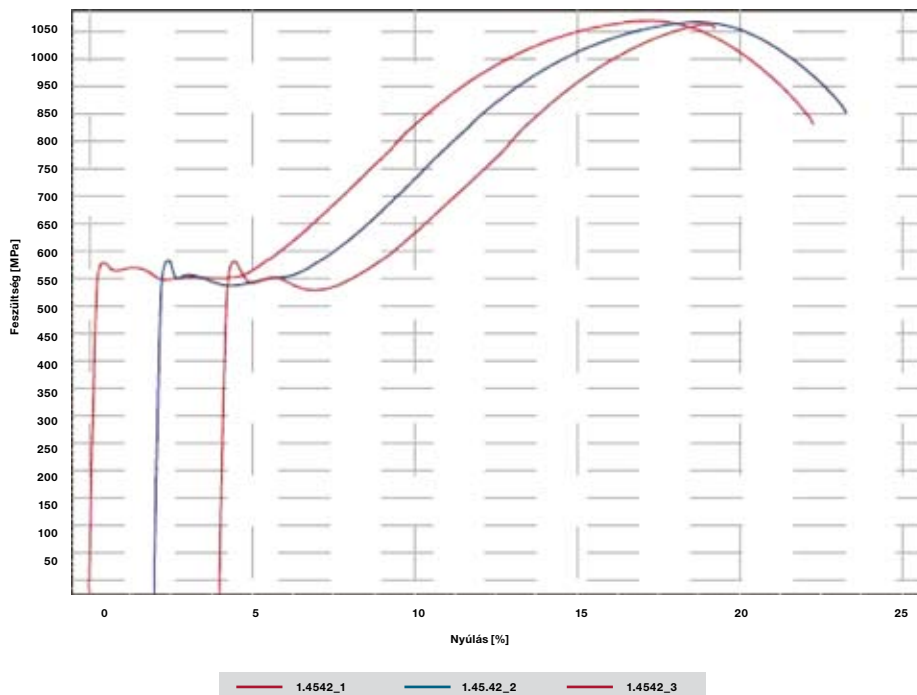
- Szemléltető modell
- Gyártást támogató modell
- Funkcionális modell.

Mivel gépészeti alkatrészeink nagy része fém vagy fém-ötvezt, ezért a gyors prototípusgyártó berendezésektől elvárható fejlődési irányzat, hogy a műanyag alkatrészek után fém alkatrészeket is képesek legyenek létrehozni, mégpedig olyan minőségben, hogy az szerszámként vagy alkatrészként felhasználható legyen. További elvárás a rétegtechnológiával készített munkadarabokkal szemben, hogy utólagos felületalkító (marás, polírozás stb.) vagy felületbevonó (festés) műveletek alá vonhatóak legyenek. E követelményeket jól teljesítik a kereskedelmi forgalomban megtalálható lézeres szinterezés elvén működő berendezések. Több európai gyártó, forgalmazó cég adatait összehasonlítva (munkatér, térfogatépítési paraméterek és teljesítmény) azt mondhatjuk, hogy nagyságrendileg azonos tudással rendelkeznek ezek a nagy tudású berendezések [3–7]. Az alapvető jellemzők legjobb értékei az **1. táblázatban** mutatott határok közé esnek.

A lézeres szinterezésnek az egyik legfontosabb kutatási és fejlesztési területe újabb fémporok előállítása és vizsgálata,



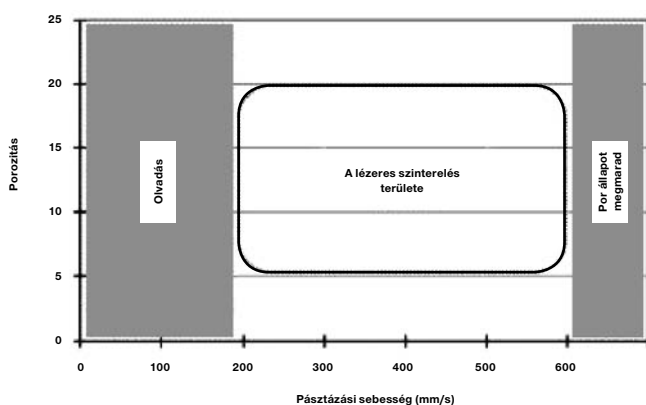
1. ábra: lézeres szinterezés működési elve



PRÓBATESTEK	S ₀ (mm ²)	E (GPa)	D (mm)	RP _{0,2} (MPa)	F _{MAX} (kN)	RM (MPa)	A (%)
1.4542_1	19,56	238,035	4,99	626,5	20,85	1066,4	21,92
1,4542_2	19,63	245,871	5,00	629,6	21,05	1071,8	19,87
1,4542_3	19,56	258,009	4,99	630,6	20,81	1064,2	20,95
Átlag	19,58	247,31	4,99	628,90	20,90	1067,47	20,91

2. ábra: Lézerrel szinterezett rozsdamentes acél próbatestek szakítóvizsgálata [7]

majd ipari használatba vétele volt. A **2. táblázatban** a kereskedelmi forgalomban kapható, szinterezéshez használt fémporok és azok mechanikai tulajdonságai kerülnek ismertetésre, az egyik világviszonylatban vezető gyártó és forgalmazó cég ajánlásai szerint [3]. Az adatok a szinterezés utáni állapotot tükrözik. A gyártmányok utólagos hő- és felületkezelésével a szilárdsági és kífáradási jellemzők, valamint a keménységi értékek egyaránt növelhetők, zárójelben a hőkezelés utáni értékeket látjuk.



3. ábra: a lézeres szinterezés pásztázási sebességének határai

A **2. ábrán** az „LBC Stainless Steel” rozsdamentes fémpor keverékből szinterezett próbatestek szakítódiagramja és a mért értékek táblázata látható [7]. A fémpor összetétele azonos a **2. táblázatban** szereplő Stainless Steel GP1 nevű anyaggal. A szakítódiagram görbéjének alakja nem tér el a hagyományos technológiákkal előállított anyagoknál megszokott jellegtől. A mérési eredményeket összehasonlítva a **2. táblázat** értékeivel, látható, hogy az eredmények közel azonos értékűek. A mérési eredmények azt igazolják, hogy ezek az új technológiával előállított anyagok ténylegesen, reprodukálható módon teljesítik a gyártók által megadott paramétereket.

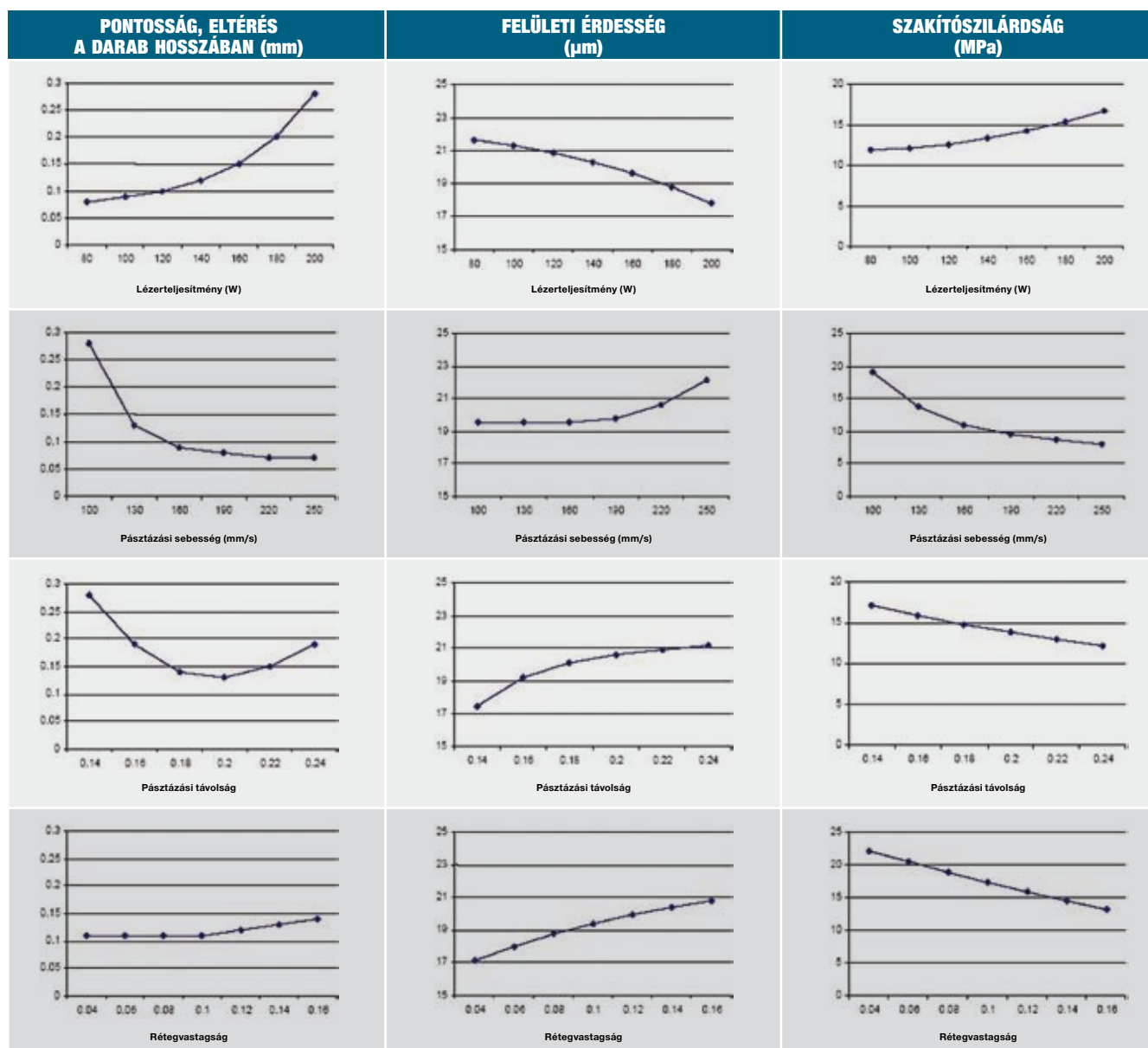
3. A LÉZERES SZINTEREZÉS TECHNOLÓGIAI PARAMÉTEREI

A lézeres szinterezésnél kialakuló kötést több technológiai paraméter együttesen befolyásolja. A paraméterek hatásait különböző fémporok esetében az utóbbi években egyre többen vizsgálják [8-14]. A kísérleti eredmények azt mutatják, hogy a különböző paraméterek változtatása a szinterezés eredményére sokszor ellentétes hatású. Az optimális paraméterek meghatározása a legjobb eredmény elérése érdekében egy többcélú optimalizálási feladat. Adott anyag esetében néhány technológiai paraméter hatásának tendenciáját már sikerült kimutatni, de még nem áll rendelkezésre egy általánosan elfogadott ajánlás, amelynek segítségével mindig az ideális technológiai beállításokkal történhetne a gyártás.

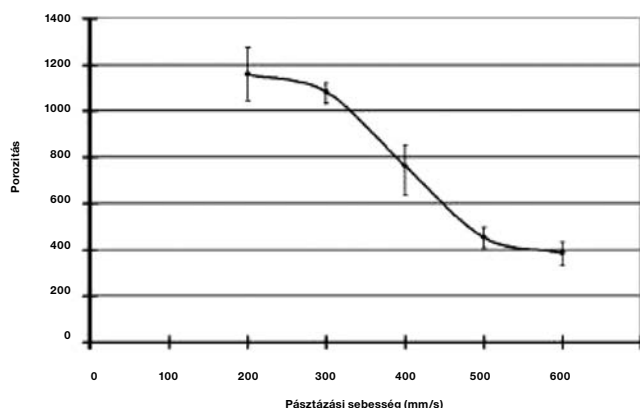


MEGNEVEZÉS	SZAKÍTÓSZIL., MPa	FOLYÁSHATÁR, MPa	SZAK. NYÚL. (%)	KEMÉNYSÉG	FŐ ALKOTÓK
Stainless Steel PH1	1150 (1450)	1050 (1300)	16 (12)	30-35 HRC 40 HRC	Fe, Cr 15%, Ni 5%
Stainless Steel GP1	1050 (1200)	540	25	230 HV1 ~ 22 HRC (~ 40 HRC)	Fe, Cr17%, Ni 4%, Cu 4%
Cobalt Chrome MP1	1400	980	10	40-45 HRC	Co 62%, Cr 28%, Mo 6%
Maraging Steel MS1	1100 (1950)	1000 (1900)	8 (2)	33-37 HRC 50-54 HRC	Fe, Ni 18%, Co 9%, Mo 5%,
Alumínium AlSi10Mg	340	250	1,5	120 HBW	Al, Si 10%
Titanium Ti64	1150	1030	11	41-44 HRC	Ti, Al 6%, V 4%
Nickel Alloy	980 (1400)	634 (1200)	31 (16)	30 HRC 25 HRC	Ni 52%, Cr 19%

2. táblázat: lézeres szinterezésre ajánlott fémporokból épített anyagok tulajdonságai [3]



3. táblázat [12]



4. ábra: nyomószilárdság változása a pásztázási sebesség függvényében [14]

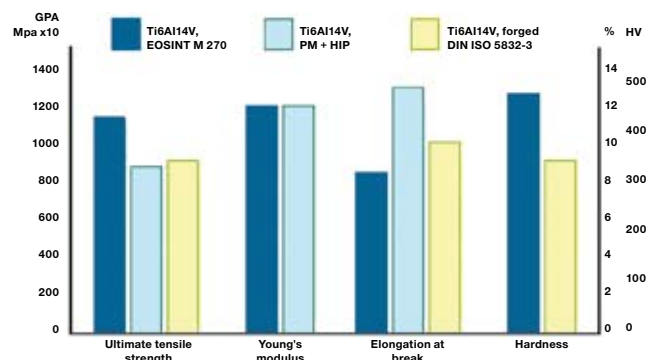
A szinterezés folyamatát befolyásoló tényezők:

- Szemcsenagyság
- Lézer teljesítménye
- Lézer fókusz átmérője
- Pásztázási távolság
- Porterítés rétegvastagsága
- Mozgatás pontossága
- Pásztázási sebesség
- A védőgáz összetétele
- A pásztázás iránya.

A **3. táblázatban** négy paraméternek (lézerteljesítmény, pásztázási sebessége, pásztázási távolság, rétegvastagság) a lézerrel szinterelt munkadarab pontosságára, felületi érdességére és szakítószilárdságára való hatását mutatjuk be.

Az egyes paraméterek hatását röviden elemezve, elmondható, hogy sokszor kompromisszumot kell keresni a kívánt eredmény eléréséhez. A lézer teljesítményének növelése például javítja a felületi érdességet és a szakítószilárdságot, de romlik a darab pontossága. A pásztázási sebesség esetében éppen az ellenkező tendencia igaz: a sebesség növelésével romlik a felületminőség, csökken a szilárdság, de javul a méretpontosság.

Lézeres szinterezés területén Magyarországon a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki Karán dr. Takács János és dr. Herczeg Szabolcs tevékenysége kiemelkedő. Tanszékükön terveztek és készítettek egy olyan laboratóriumi lézeres szinterezőberendezést, amely az ipari berendezéseknél szélesebb skálájú paraméter-beállítást tesz lehetővé [13-14]. Többek között vizsgálták több komponensű fémporok (Fe-Ni-Cu(P)) lézeres szinterzését befolyásoló tényezők kölcsönhatását,



5. ábra: Ti6Al14V anyagok összehasonlítása [3]

3. ábra, ábrázolták a köztük lévő kapcsolatot. Optimalizálták a lézer pásztázási sebességértékét a legnagyobb nyomószilárdság elérése érdekében, **4. ábra**.

4. AZ SLS ELJÁRÁSSAL KÉSZÜLŐ DARABOK TULAJDONSÁGAI

Mechanikai tulajdonságok

Összehasonlítva a fémporokból készített és a hagyományos úton előállított, azonos ötvözetartalmú anyagokat, megállapíthatjuk, hogy a DMLS (Direct Metal Laser Sintering) technológiával összeolvasztott fémporok nem maradnak el mechanikai jellemzőik tekintetében a kereskedelembe forgalmazott társaiktól. Az **5. ábrán** példaképpen lézeres szinterézéssel készített és hagyományos úton előállított titánötvözetek összehasonlítása látható. A sötétkék oszlopok tartoznak a lézeres szinterézéssel előállított anyagokhoz. A szakítószilárdság (bal oldalról az első oszlophalmaz), a Young-modulus (bal oldalról a második oszlophalmaz) és a keménység (az utolsó oszlophalmaz) tekintetében azonos vagy jobb tulajdonságokat látunk a szinterezett anyagoknál, a szakadási nyúlás (a harmadik oszlophalmaz) esetében némi elmaradás látható.



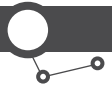
6. ábra: szinterezett alkatrész

Pontosság

A gyártmány megmunkálási pontossága függ a folyamat meghatározó technológiai paramétereitől és a szemcsemérettől. Optimális paraméterbeállítással, kisméretű darabokat akár ± 20 μm -es tűréson belül is készíthetünk, nagyobb méretű daraboknál a gyártók 0,2% várható méreteltérésről írnak. A DMLS technológiával anyagtól és beállítástól függően 0,3–0,4 mm-es minimális falvastagságú termékek készíthetők.

Felületi minőség

A lézerrel szinterelt darabok talán a felületi minőség szempontjából maradnak el a hagyományos úton (forgácsolás, öntés) készített munkadaraboktól. A technológiával jellemző gyártás utáni átlagos felületi érdesség Ra 9–12 μm , de még egy felülettisztítás után is Ra 2–6 μm . A durva felületi értékek miatt szükséges a munkadarabok felületének utólagos finomítása (forgácsolás, csiszolás, polírozás), a technológia függvényében akár tükrös felületet is nyerhetünk (**6. ábra**).



7. ábra: repülőgép-alkatrész és koponyapótlás



Porozitás

A technológiával egy fémporiteríték részecskéit olvasztjuk össze kicsiny térfogatonként, nagy energiával, kérdéses, hogy mennyire lesz tökéletes az összeolvadás, a munkadarab milyen térfogatszázalékban tartalmaz pórusokat. Az irodalomkutatás során áttekintett cikkek a technológiai paraméterek beállításának függvényében 1–25%-os porozitásról számolnak be. A porozitás nagymértékben függ a technológiai paraméterek beállításaitól.

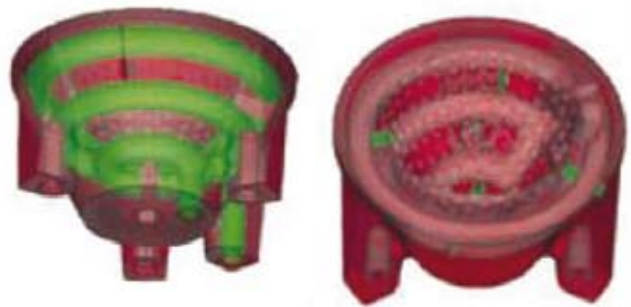
6. A LÉZERREL SZINTERELT ALKATRÉSZEK FELHASZNÁLÁSA

Egyedi termékek gyártása

A DMLS technológiával készülő termékek első megrendelői a repülőgépipar, orvostechika, szerszámgyártás és a kutatás-fejlesztés. Ezek azok az iparágak, amelyek sokszor igényelnek olyan bonyolultságú darabokat, amelyek hagyományos gyártástechnológiával, közvetlenül nem készíthetők el. A 7. ábrán két DMLS technológiával készített gyártmány látható.

Szerszámgyártásban kihasználható előnyök

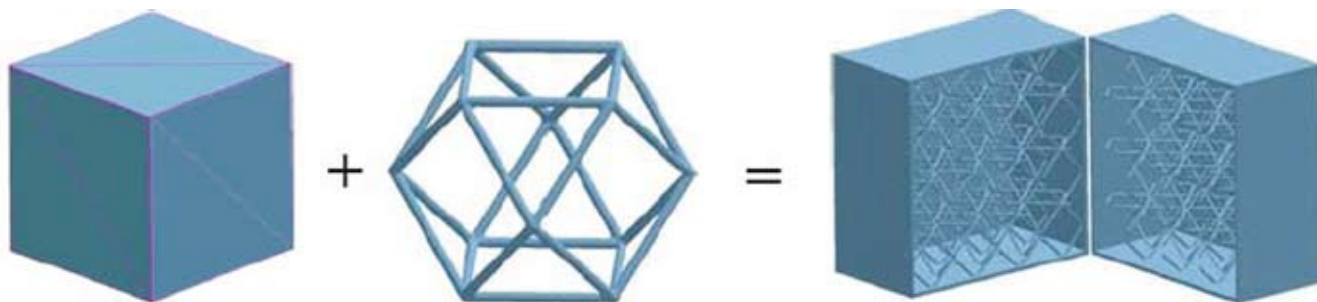
A Rapid Prototyping eljárások egyik fő területe a Rapid Tooling fejlesztési irány, ahol a cél olyan szerszámok gyors előállításának kidolgozása, amelyek funkcionalitásukban hasonlítanak a hagyományosan előállított, forgácsolt, szikraforgácsolt, hőkezelt és köszörült acélszerszámokéhoz, de az acél helyett más anyagokkal és az ezekhez igazodó gyártási technológiákkal állítják elő a szerszám kívánt alakadó betéteit. Fröccsöntőszerszámok készítése során például egyértelmű előnyöket használhatunk ki, ha a korábban ismertetett SLS eljárás segítségével építjük fel a szerszámbetétünket rétegről rétegre. Ebben az esetben lehetőségünk van arra is, hogy az adott alkatrész geometriáját (formáját) – szerszámbetéteink alakját – követhesse a hűtés furatrendszere is, 8. ábra. Az egyes rétegek építése során, a furatok egyes metszeteinél a lézersugár nem olvasztja meg a furatban lévő porszemcséket, a szerszámtest elkészítése után az össze nem olvasztott porszemcsék eltávolíthatók [1,2]. A formakövető hűtőrendszer eredményeképpen a fröccsöntés ciklusideje akár 20–30%-kal is csökkenhet a hagyományos hűtőrendszerek alkalmazásaihoz képest.



8. ábra: formakövető hűtőrendszer fröccsöntőszerszám formaadó részeiben [2]

Bennszülött alkatrészek készítése – tömegcsökkentés

A DMLS technológia segítségével rétegről rétegre építve nemcsak „görbe” furatokat, hanem „bennszülött” alkatrészeket is tudunk készíteni. Ezt a tervezési és gyártási szabadságot kihasználva egyik új fejlesztési terület az alkatrészek súlycsökkentése lehet. Mivel szinte korlátlan térszerkezetet tudunk létrehozni, ezért lehetőség nyílik arra, hogy most még tömör alkatrészeket belülről üregesre készítsünk, és egy belső rácsszerkezettel biztosítsuk az



9. ábra: térbeli rácsszerkezet alkalmazása [15]

alkatrészünk számára a kellő merevséget [15], **9. ábra**. A térbeli rácsszerkezetek egyrétegű szendvicsszerkezetként (hagyományos technológiákkal előállítva) való alkalmazásának előnyei már bizonyítottak [16-17]. Technikai szempontból mindenképpen fontos lenne, ha többretegű, térbeli elrendezések esetén is ki tudnánk használni a rácsszerkezetek előnyeit (kisebb anyagszükséglet és tömeg mellett jó szilárdsági tulajdonságok).

ÖSSZEFOGLALÁS

Fémporok lézeres szinterezésével előállított munkadarabok és szerszámok mechanikai tulajdonságaik tekintetében ugyanolyan jó minőségűek, mint a hagyományos technológiákkal készített darabok. A lézeres szinterezést számos technológiai paraméter egyidejű optimalizálásával kell végezni, amely azonban az eddigi kutatási tapasztalatok szerint, a kereskedelmi forgalomban elér-

hető nagy tudású berendezésekkel jól megoldható. Az új eljárás bevezetésével elsősorban a gyors prototípusgyártás általános előnyeit lehet kiterjeszteni a fémalkatrészek gyártásánál is, ezzel együtt új lehetőségeket lehet kihasználni a szerszámgyártásban (pl. formakövető hűtőrendszer), és új kihívások teljesítése válik lehetővé a rácsos szerkezetek alkalmazásával súlycsökkentési célokhoz.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk a „TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0003: Mobilitás és környezet: Járműipari, energetikai és környezeti kutatások a Közép- és Nyugat-dunántúli régióban” című pályázat támogatásával készült. A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. ●

IRODALOM

- [1] Falk Gy. Bartha L., Kovács J. G.: Rapid Prototyping – Rapid Tooling a gyakorlatban, Műanyag és Gumi 3:84-87, 2005.
- [2] Falk György: Formakövető hűtés fröccsöntésnél, Gyártástrend 1: 32-33. 2010.
- [3] www.eos.info
- [4] www.3dsystems.com
- [5] www.mtt-group.com/selective-laser-melting.html
- [6] www.concept-laser.de
- [7] www.lasergenerieren.de/en/material-data-sheets.php (LBC Stainless Steel 1.4542)
- [8] E.C. Santosa, M. Shiomia, K. Osakada, T. Laoui: Rapid manufacturing of metal components by laser forming, International Journal of Machine Tools & Manufacture 46:1459-1468, 2006.
- [9] G.P. Dinda, A.K. Dasgupta, J. Mazumder: Laser aided direct metal deposition of Inconel 625 superalloy: Microstructural evolution and thermal stability, Materials Science and Engineering A 509:98-104, 2009.
- [10] I. Yadroitsev, A. Gusarov, et. al.: Single track formation in selective laser melting of metal powders, Journal of Materials Processing Technology 210:1624-1631, 2010.
- [11] S.K. Ghosh, P. Saha: Crack and wear behavior of SiC particulate reinforced aluminium based metal matrix composite fabricated by direct metal laser sintering process, Materials and Design 32:139-145, 2011.
- [12] NingYu: Process Parameter Optimization for Direct Metal Laser Sintering (DMLS), PhD Thesis, National University of Singapore, 2005, <https://scholarbank.nus.edu.sg/>
- [13] Hercegh Szabolcs: Gyors prototípusgyártás feltételrendszerének kidolgozása lézeres szinterezéshez és az Fe-Ni-Cu(P) alapú modellek tulajdonságainak vizsgálata, PhD értekezés, Budapest, 2006
- [14] Sz. Hercegh, J. Takács: Influence of scanning speed on the mechanical and structural properties of laser sintered prototypes, Periodica Polytechnica Transport Engineering, 32/1-2:83-90, 2004.
- [15] Young Chen: 3D Texture Mapping for Rapid Manufacturing, Computer Aided Design and Applications 4/ 6:761-771, 2007.
- [16] G.W. Kooistra, V.S. Deshpande, et.al.: Compressive behavior of age hardenable tetrahedral lattice truss structures made from aluminium, Acta Materialia, 52:4229-4237, 2004.
- [17] D.T. Queheillalt, H.N.G. Wadley: Pyramid lattice truss structures with hollow trusses, Materials Science and Engineering A 397:132-137, 2005.

CMT-technológia a ferrites acélok hegesztésénél

PÉK DEZSŐ

tanszéki főmunkatárs,
Széchenyi István Egyetem
Anyagismereti és
Járműgyártási Tanszék

A közúti járművek gyártásánál az utóbbi években gyakorlati jelentőségűvé vált a ferrites alapanyagú vázelemek használata. A vázszerkezetek hegesztése során a legtöbb odafigyelést, technológiai fegyelmet a ferrites és perlitos alapszövetű vázelemek hegesztése igényli. A kötések hőhatásövezetét általában durva szemcsézet, inhomogén beolvadás jellemzi. A jelenlegi kutatásokkal azt vizsgáljuk, hogy a szabályozott hőbevitelű, kisebb vonalenergiával létrehozott kötések – a CMT-technológia alkalmazása – hogyan változtatja meg a hőhatásövezet mechanikai jellemzőit. A cikk a kutatás eddigi eredményeit mutatja be.

The use of the frame elements having ferrite based materials has a functional significance in the vehicle manufacturing lately. The welding of the frame elements having ferrite and perlite grain structure demands the greatest technological discipline. The heat effect zone of the bonds is generally characterized by a coarse grain structure and an inhomogeneous penetration depth. In the present research work we study how are the mechanical properties of the heat effect zone changed by the joints produced with smaller line energy, by the application of the CMT technology. The parameters of the joints produced by application of carbon-dioxide gas and the factors influencing the development of the tendency for the corrosion between grains are studied.

1. BEVEZETÉS

1. a) A gyártóüzem és a gyártástechnológia bemutatása

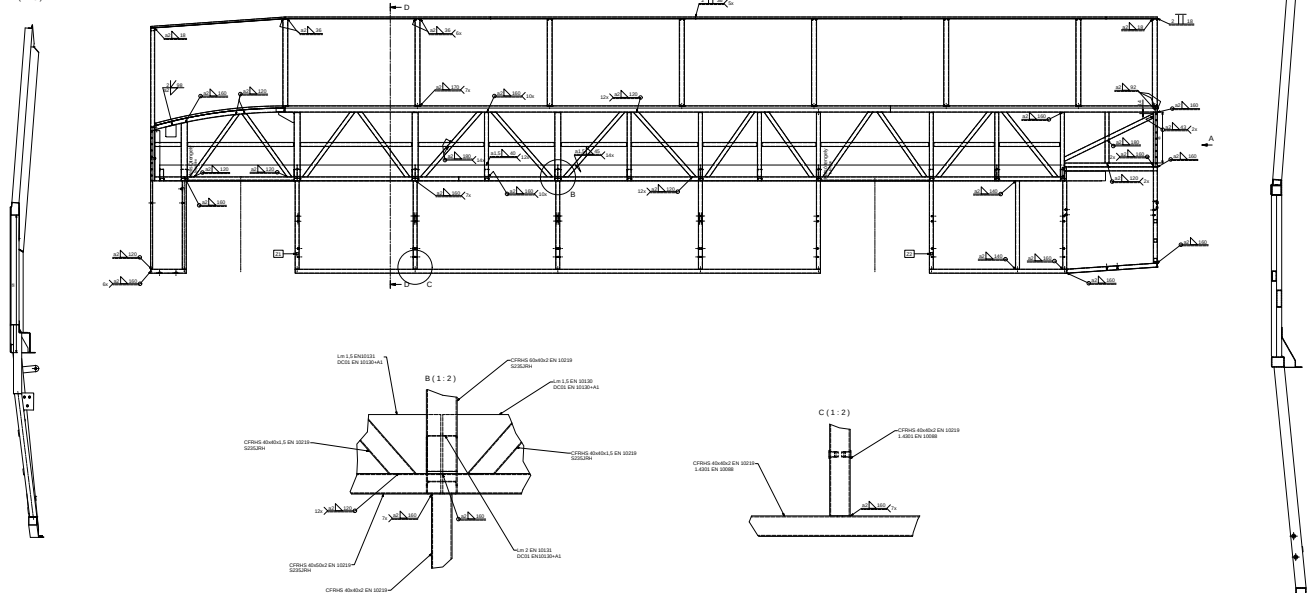
A közúti járművek gyártása során az utóbbi években elterjedt a korrózióálló anyagokból készülő vázelemek használata. Az alapanyag árának alakulásától függően, austenites vagy ferrites (7.1 és 8.2 anyagcsoport) anyagok kerülnek előtérbe. A kötések jelentős része – S235 J2 vagy S355 J2 jelű MSZ EN 10025-2 acélból, és E 235 EN 10305-5 40/40/2 méretű zártszelvényből – valamint EN 1.4003 EN 10082-2 szerinti, 40/40/2 méretű ferrites acélból – készülő vegyeskötés. Ezek a kötéstípusok főleg a járművek alváz- és oldalfalelemeit összekötő varratoknál fordulnak elő.

A vázszerkezetek hegesztése során a legtöbb odafigyelést és technológiai fegyelmet a ferrites és perlitos alapszövetű vázelemek hegesztése igényli. A kötések hőhatásövezetét általában durva szemcsézet, inhomogén beolvadás jellemzi. A kutatásainkkal azt vizsgáljuk, hogy a szabályozott hőbevitelű, kisebb vonalenergiával létrehozott kötések hogyan változtatják meg a vegyeskötésű hőhatásövezet mechanikai jellemzőit. A kutatás konkrét céljai a következők:

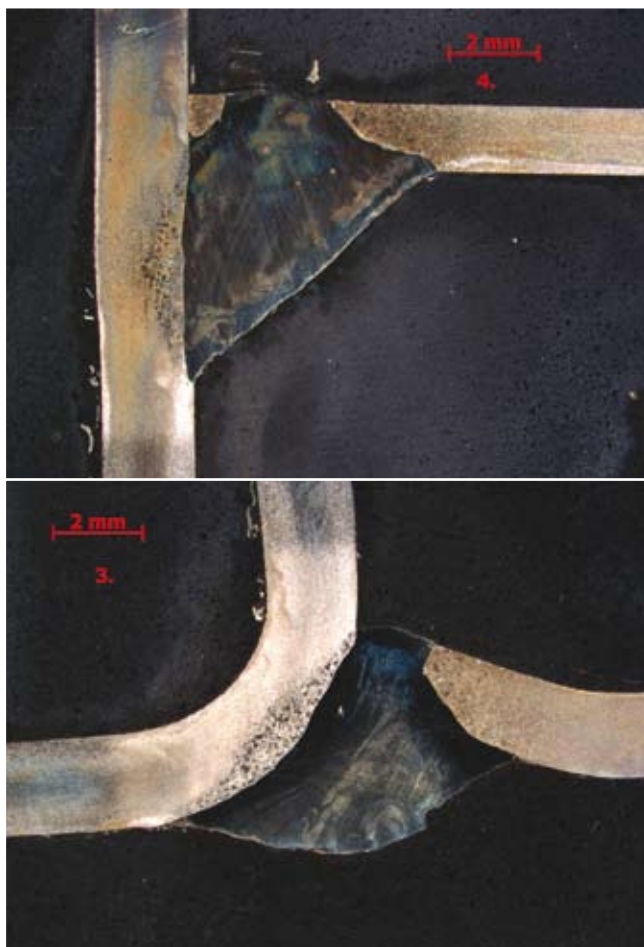
- Keressünk és adaptáljunk, a jelenleg alkalmazotthoz hasonlóan megbízható, de elfogadható üzemköltségű és automatizálható eljárást, amely a jelenlegi minőségi és műszaki elvárásokat teljesíti.

DD (1:4)

A (1:5)



1. ábra: „T” jellegű merőleges kapcsolat sarok- és tompavarattal

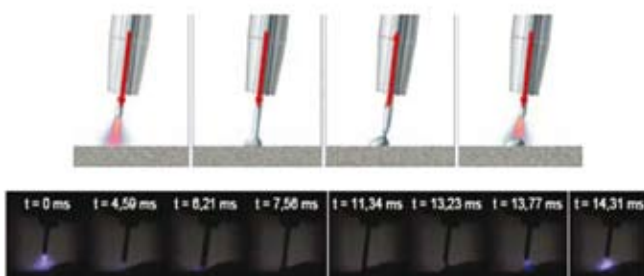


2. ábra: a vázszerkezet jellegzetes varratai

- Ezzel egyidejűleg biztosítson technikai lehetőséget arra, hogy a hegesztési paraméterek, különösen a vonalenergia mérhető és szabályozható beállítóságával a varratminőség célszerűen változtatható legyen.
- Az eljárás legyen alkalmas arra, hogy a termék megbízhatóság tanúsításához dokumentumokat szolgáltatson. Ezen dokumentumok a matematikai modellekre épülő tervezésnél legyenek felhasználhatók.

A jelenleg alkalmazott gyártástechnológia az üzemi feltételekhez és a követelményekhez igazodik:

- üzemi gyártási feltételek rövid összefoglalása:
minden feltétel adott a zártszelvények darabolása – tisztítása
– készülékben történő fűzése – MAG 135 hegesztése – ellen-



3. ábra: a CMT-folyamat

őrzése – javítása technológiai folyamatának fenntartására. Az egyes folyamatok konkrét technológiai paraméterei (hegesztési paraméterek, varratméretek, geometriai méretek) az egyes alváz típusokhoz illesztettek, az ellenőrzés a folyamatokba beépül. Összességében az üzemi feltételek szabályozottak (MSZ EN ISO 9001) és tanúsítottak.

- átvételi követelmények:
a közlekedési eszközök (járművek) gyártása komplex előírások teljesítéséhez kötött. Ezek lényege az, hogy az egyes funkcionális elemek (pl. futómű, fékberendezések) mindegyike meg kell feleljen a terméktanúsítási feltételekben megszabott követelményeknek. Ez a megfelelés a feltétele a beépíthetőségnek és a végtermék termékmegfelelőségének. A CE jel alkalmazhatóságának a feltételei tehát komplex előírások, amelyek az EU vonatkozó dokumentumaiban rögzítettek.

Az előírások közül a legfontosabb az „ENSZ - EGB 66” számú. A gyakorlatban az üzemek számára ezek a követelmények egységes teljesítése a követelmény.

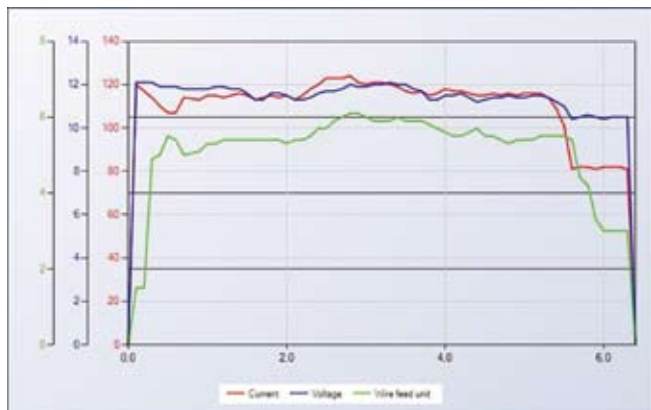


4. ábra: a CMT-berendezés

A minősítés megfelelő eredmény esetén azt jelenti a gyártó számára, hogy a terméke kielégíti az érvényes EU-előírásokat, a CE-jel alkalmazható.

Ez a kedvező minősítés a hegesztési technológia szempontjából azt jelenti, hogy a kötések a dokumentált WPS szerint megfelelőek. A vizsgálat nem terjed ki a varratok egyedi ellenőrzésére, az üzem felelőssége az előírt minőség szerinti folyamatos gyártás és ellenőrzés.

A gyártás napjainkban is a fentiekre alapozottan történik. A hegesztéstechnológia minden szempontból megfelel a kézi MAG



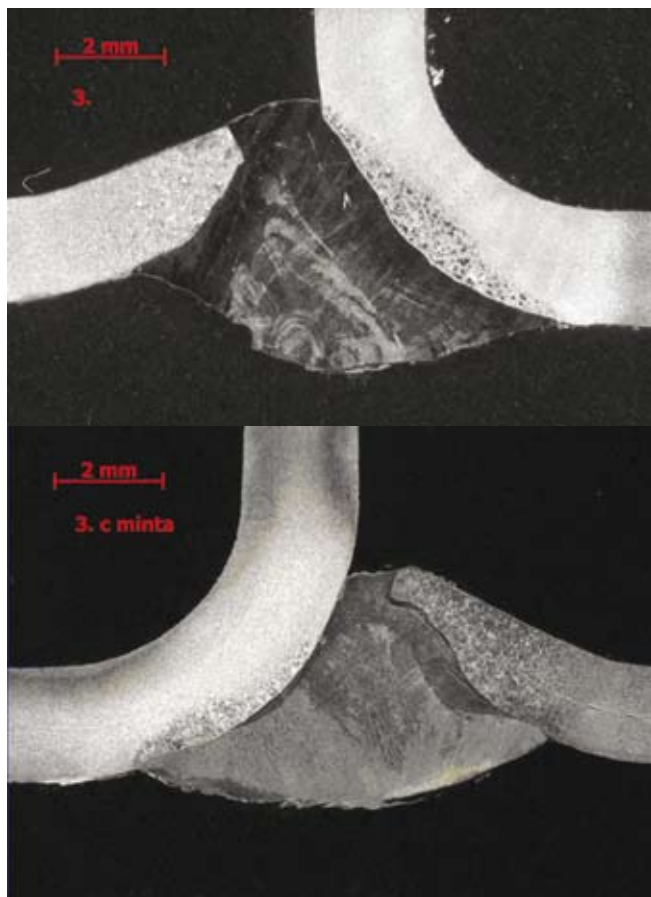
5. ábra: CMT próbahegesztés eredményei

135 eljárástól várható paramétereknek. Dokumentált vizsgálati eredmények vannak az üzemből arról, hogy a varratok minősége az MSZ EN ISO 5817-C minőségnek megfelel.

A varratok jellemző kialakításai a **2. ábrán** láthatók.

2. A KUTATÁSI EREDMÉNYEK

A lehetséges megoldások közül a CMT-eljárást választottuk. Ez az eljárás az egyike azoknak az eljárásoknak, amelyek a vonalenergia minimalizálásával és szabályozhatóságával alkalmas a kis keresztmetszetű varratok létrehozására. A technológia alapvető jellemzője a következő (3):



6. ábra: a CMT és a MAG 135 varrata

A hozaganyag leválasztása maximum 70 Hz frekvenciájú, változó irányú „huzalelőtolás” során valósul meg. A toló-húzó jellegű előtolás lehetővé teszi a rövidzárlatos jellegű cseppeolvadási átmenetet, úgy hogy elmarad a leváló apró cseppekben a heves gázreakció, és a cseppek gyakorlatilag a huzalvégről „beleolvadnak” a hegfürdőbe. Ez az anyagátmenet jellemzően a 100 A és a 15 V paramétertartományokban zajlik.

A védőgáz a C, M1 és M2 lehet, berendezése speciális huzalelőtolóval rendelkező AC/DC tápegység.

A folyamat jellemzői a **3. ábrán** láthatók.

2.1 A technológia vizsgálata MAG 135 – CMT eljárás összehasonlításával:

2.1.1 A technológia jellemzői: MAG 135

A hegesztett szelvények mérete 40/40/2 mm,

A ferrites szövetű rész EN 1. 4003 minőségű. A jellemző ötvöztartalom a kísérleti darabok anyagánál a következő:

C=0,08%, Mn=1,4%, Si=0,28%, Cr=11,5%, Ni=0,4%.



7. ábra: a CMT anyagleválasztási folyamata

A perlitesszövetű szelvények E 235 jelzésű, EN 10305 termékszabvány szerinti. A jellemző ötvöztartalom a kísérleti darabok anyagánál a következő volt:

C=0,11%, Mn=0,57%, Si=0,01%.

A főbb beállítási adatok az alábbiak voltak:

U=21 V, I=150 A, védőgáz= M22, 12 liter/perc, hegesztési sebesség v = 20 cm/perc (mérés szerint) a vonalenergia számított értéke:

$Q = 0,8 \times (U \times I) \times 1/v = 0,8 \times (150 \times 21) \times 1/3,25 = 774 \text{ J/mm}$ (tájékoztató jelleggel)

Hegesztőanyag: G2312LSi, (1.4332), átmérő 1,0 mm, fő ötvözők: Cr=23,5%, Ni=13%, Mn=1,7%, Si=0,8%, C=0,02%, FN=12 [2]

2.1.2 Vizsgálati eredmények:

Az elkészült próbadarab hegesztése után, a kijelölt 3. számjelű varratot vizsgáltuk meg a Széchenyi István Egyetemen. Célunk az volt, hogy a hegesztett kötésről szemcsenagyság-hőhatás övezeti- és keménységi jellemzőket tudjunk megállapítani. A vizsgálati eredmények összefoglalóan az alábbiak:

Az alkalmazott heganyag az anyagpárosításhoz a Schaeffler-diagram ajánlásával összhangban austenites szövetű heganyag. A kötésről készült vizsgálatok során meghatároztuk a hőhatás-övezetek ötvöztartalmát és a keménységértékeket. A varrat és környezetének szövetszerkezete és keménysége megfelel a kézi technológiától elvárható minőségnek. A szemcseméret átlagos értéke a hőhatásövezet ferrites részében 4,7, a maximális keménység 262 HV10 volt, a szemcsedurvult ferrites hőzóna szélessége 0,85 mm mély a 2 mm vastag szelvényen.

2.1.3 A technológia jellemzői: CMT

Az alkalmazott berendezés a **4. ábrán** látható.

A hegesztés paraméterei:

Az alkalmazott heganyag és védőgáz mindkét esetben azonos volt. Az eltérések a hegesztés paramétereiben voltak jelentősek.

Az adatokat a hegesztés közben rögzítettük (**5. ábra**), ebből választottam ki egy tetszőleges mérőleges kötés PB, és PC helyzetű varratainak adatait. A hegesztés sebessége 8 mm/sec volt.



8. ábra: különböző anyagátmenetek

2.1.4 Vizsgálati eredmények:

– A szemcseméret átlagos értéke a hőhatásövezet ferrites részében 5,1, a maximális keménység 267 HV10 volt, a szemcsedurvult ferrites hőzóna szélessége 0,45 mm értékű a 2 mm vastag szelvényen.

A ferrites alapanyag és a heganyag közötti keveredés kismértékű, a (kb. 0,01 mm) széles átmeneti zóna az eljárás kis hőbevitelével magyarázható, ami külön előnynek tekinthető.

Hasonló a keveredés az ötvözetlen szelvény és az austenites heganyag között.

Az átmeneti hőzónában karbidkiválás nem jelentős, mivel a keménységvizsgálat nem mutatott ki 300 HV10 feletti keménységet.

Egy véletlenszerűen választott CMT-varrat (3c) képe a kézi hegesztéssel készült varrat (3) képével együtt a **6. ábrán** látható.

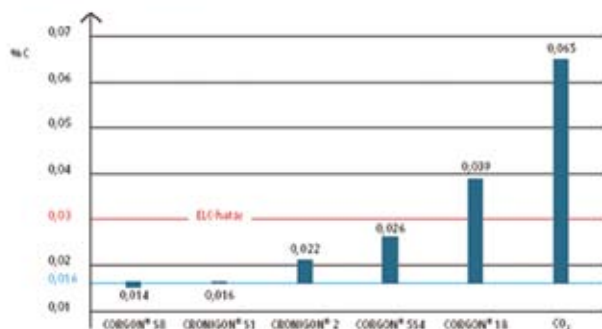
Következtetés a vizsgálatokból

Ezek az eredmények összefoglalóan azt mutatták, hogy a CMT előnye szemmel láthatóan a hőhatásövezet kisebb mélysége. Gyakorlatilag a szemcsedurvult övezet 60%-ra zsugorodott, ami a bevitt vonalenergia csökkenésének a következménye. Ennek kedvező lesz a hatása a törésmechanikai jellemzőkre, a keménység gyakorlatilag változatlan értékű mindkét varratban és a hőhatásövezetekben is.

3. A CMT-ELJÁRÁS VIZSGÁLATA SZÉN-DIOXID (C1) VÉDŐGÁZBAN

Meghatározott paraméterekkel (WPS) készített impulzus és CMT-technológiával készült próbadarabok jellemzőit vizsgálva állapítottuk meg a fenti eredményeket. A további kísérleteknél a CMT-technológia egyéb előnyeit keressük. Mivel a célkitűzés költség-szemléletű megközelítést is tartalmaz, vizsgáljuk a szén-dioxid (C1) védőgáz alkalmazásának a lehetőségét is. Amennyiben a C1 védőgáz alkalmazásával is megfelelő minőségű, – az impulzus-technikával készülttel azonos minőségű vagy jobb – próbadarabok

Karbonfelvétel-, és leadás különböző védőgázoknál
A huzalelektroda karbontartalma: 0,016%



9. ábra: a varrat karbonfelvétele különböző védőgázban

készíthetők, akkor a technológia üzemi alkalmazásának a feltételei rendelkezésünkre állnak.

A cél tehát az, hogy bizonyítsuk:

- A CMT-C1 technológia alkalmazásával a varratok fröcskölésmentesek, repedésmentesek és megengedett keménységűek lesznek. A hőhatásövezet nem tartalmaz olyan mennyiségű karbidkiválást, ami a szemcsehatár-korrózióra való érzékenységre utalna. Az érzékenység mértékét, a ferriszemcsék határfelületén jelentkező martensitkiválás mennyiségi ellenőrzésével végezzük.

A CMT-C1 technológia választása előtt tanulmányoztuk a védőgázok hatását a varratminőségre. Tudjuk, hogy a szén-dioxid védőgázban végzett CMT hegesztés gyakorlatilag fröcskölésmentes. Ennek oka az anyagleválasztási folyamattal magyarázható.

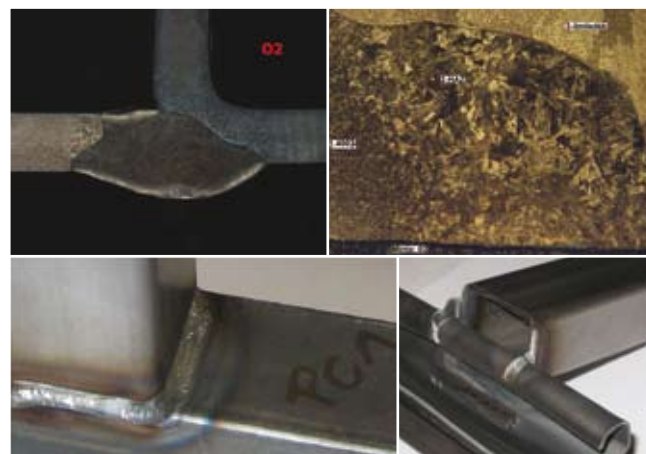
A CMT hegesztéskor az ívkavernában heves reakció nem figyelhető meg, ezt mutatja a **7. ábrán** látható fényképsorozat is.

Látható, hogy a fémcseppek leválását fröcskölés, heves gázreakciók nem kísérik.

A **8. ábrán** látható egyéb anyagátmenetek mindegyike intenzívebb reakciók kíséretében zajlik (6).

A különböző védőgázokból a kis karbontartalmú heganyaggal készült varratok karbont vesznek fel. Ennek a mértéke látható a **9. ábrán** (6). Ebből látható az, hogy a szén-dioxid védőgáznál karbondúsulás fog fellépni.

Mindezek tudatában döntöttünk arról, hogy megvizsgáljuk a CMT – C1 - G2312LSi, (1,4332, Cr=23,5%, Ni=13%, Mn=1,7%, Si=0,8%, C=0,02%, FN=12 [2]) huzal alkalmazásával készült varratokat. Arról akarunk meggyőződni, hogy a CMT fent ismertetett leolvadási folyamata mennyiben fogja befolyásolni a hegesztett kötés karbontartalmát és a varrat esztétikai megjelenését, és természetesen ezekkel együtt a szokásos jellemzőket.



10. ábra: a CMT-C1 próbadarabok

3.1 A vizsgálatok eddigi tapasztalatai:

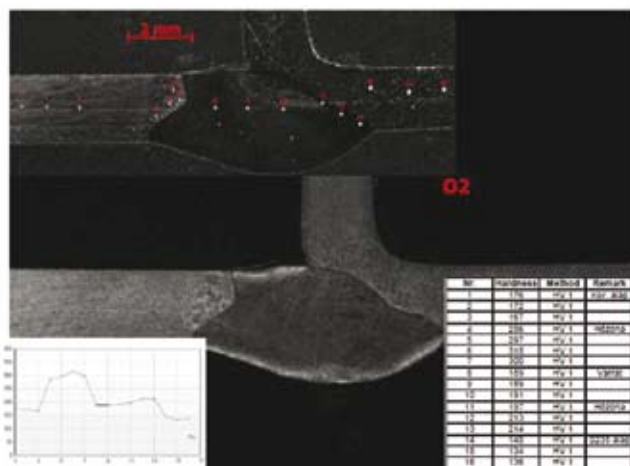
Az alábbi képen (**10. ábra**) a próbadarabok, a kötés képe és szövete látható.

Az elkészült varratok fröcskölésmentesek. A varratok esztétikailag és méreteik szerint is megfelelőek. A hőhatásövezetben repedés nincs. A hőhatásövezet legnagyobb keménysége 315 HV10 (6. számú mérési pont).

A keménység a varratban a következő:

Vizsgáltuk a varratok és környezetük összetételét, (**lásd 12. ábra**) és az eredményekből a Miyakusa-féle kritériumot (6) számítottuk ki.

A Miyakusa kritérium a következő: a szemcsehatár menti korrózió elkerülése érdekében a ferrit-ferrit szemcsehatárokon kivált martensit mennyiségének nagyobbak kell lennie (357C%+4.64) értéknél.



11. ábra: varrat keménysége

A számított értékek azt a szemcsehatár menti martensit átlagos értéket jelentik, amelyek ahhoz szükségesek, hogy a hőhatásövezet kristályközi korróziós érzékenysége kizárható legyen.

A további vizsgálatok a hőhatásövezet összetételének elemzésével folytatódnak. Amennyiben az eredmények azt mutatják, hogy a szemcsehatárokon a martensit kiválása kimutathatóan 15–30% közötti érték, akkor a kötések korróziós érzékenysége – szenzibilitása – is elfogadható.

ÖSSZEFOGLALÓ

A kutatás során elvégzett kísérletekkel arra kerestük a választ, hogy a ferrites – perlites alapszövetű járműipari szerkezeti elemek hegesztése hogyan oldható meg a célkitűzésben szereplő gazdasági és műszaki elvárások szerint. Az eddigi vizsgálatok azt mutatják, hogy a CMT-eljárás alkalmazásával a hőhatásövezet mélysége csökkenthető. A szén-dioxid (C1) védőgáz alkalmazásával fröcskölésmentes, megfelelő beolvadású varrat készíthető.

Spektralanalyse FOUNDRY-MASTER Werkstoff:

	FE	C	SI	MN	P	S
5	87,5	0,0204	0,369	0,552	0,0211	<0,0050
6	66,7	0,0770	0,618	1,22	0,0208	0,0214
7	85,2	0,0340	0,434	0,638	0,0227	<0,0050
8	84,8	0,0527	0,439	0,661	0,0275	0,0080
Ave	78,1	0,0496	0,495	0,860	0,0223	0,0088
	CR	MO	NI	AL	CO	CU
5	10,8	0,0423	0,370	<0,0010	0,0215	0,112
6	20,3	0,152	10,4	0,0023	0,0374	0,144
7	11,7	0,0636	1,49	0,0018	0,0221	0,129
8	12,3	0,0813	1,22	0,0074	0,0239	0,148
Ave	15,0	0,0938	4,88	0,0024	0,0292	0,132
	NB	TI	V	W		
5	0,0177	0,0021	0,0841	<0,0150		
6	0,0135	0,0071	0,0838	0,0365		
7	0,0173	0,0031	0,0867	0,0241		
8	0,0148	0,0123	0,0955	0,0823		
Ave	0,0162	0,0056	0,0852	0,0243		

12. ábra: hőhatásövezet összetétele

Ez a határérték a következő:

Próbahely	5	7	8
Miyakusa-szám(%)	11 922	16 778	24 989

Az 5 jelű próba az 1.4003 alapanyagból, a 7, 8 jelű próba a hőhatásövezetből került kiválasztásra.

A vizsgált varratok hőhatásövezetében mért keménység megengedett mértékű.

A további vizsgálatokkal az esetleges karbidkiválásokat, a kristályközi korrózióra való érzékenységet és az optimális martensit-ferrit szövetarányt befolyásoló tényezőket elemezzük. ●

IRODALOM:

- [1] Dr. Gáti József (szerk.), Hegesztési Zsebkönyv, COKOM Kft. Miskolc, 2008
- [2] Dr. Tóth Károly, Vegyeskötések, Böhrer Kereskedelmi Kft., 2008.
- [3] Dr. Karin Himmelbauer (Fronius International GmbH): A CMT-eljárás – forradalmi újdonság a hegesztéstechnikában, Acélszerkezetek 2006/4, 1–7. old.
- [4] Dr. Romvári Pál, Hegesztéstechnológia I. rész Tankönyvkiadó Budapest 1973
- [5] Dr. Szunyogh László (szerk.), Hegesztés és rokon technológiák, GTE, Budapest, 2007
- [6] Dr. Mohácsi Gábor, Gyura László, Védőgázok, gázkeverékek korrózióálló acélszerkezet gyártásához, Acélszerkezetek, 2006 / 4.

A hengerszegmensek tervezésének korszerűsítése kovácshengerlésnél

TANCSICS FERENC

kovácstechnológiai vezető
Rába Futómű Kft.

HALBRITTER ERNŐ

egyetemi docens
Széchenyi István Egyetem/
Anyagismereti és
Járműgyártási Tanszék/

A 2,7–9 tonna terhelési tartományban üzemelő közúti járművek mellső futóműveinek merev tengelye súllyesztékes kovácsolással készül. A tengelytest kovácsolásának egyik fontos fázisa a kovácshengerléssel történő anyagelosztás a munkadarab hossza mentén. A kovácshengerek megtervezése és minősített használatba vétele nagy átfutási időt igénylő, összetett folyamat. Munkánk során ennek a folyamatnak az egyik legfontosabb elemére, a kovácshengerek megtervezésére dolgoztunk ki egy új közelítő eljárást. A szegmensek tervezésénél elfogadhatónak tartottuk azt a közelítést, hogy induljunk ki a szűrástervnél kapott geometriai modellből, és a lefejtő eljáráshoz hasonlóan generáljuk a hengerszegmenseket. A közelítő eljárásnál figyelembe kellett venni, hogy a hengerlés folyamán a darab a hengerrésben előresiet vagy visszamarad, miközben a térfogata állandó és a szerszám bizonyos méretei kötöttek. Az új közelítő eljárás jelentősen lecsökkenti a tervezési időt, a költségeket, növeli a vállalat versenyképességét.

Rigid front axle beams of the on-road vehicles operating in the load range of 2.7 to 9 tons are die-forged. An important phase in forging the axle beams is material distribution by forge rolling along the length of the work piece. Designing and putting the forge-rolls in use in qualified way is a complex process, which requires long lead-time. In our works we have elaborated a new approximating method on one of the most important elements of this process, on designing the forge-rolls. In designing the segments we considered the following approximation acceptable: to start from the geometrical model obtained in the rolling schedule and to create the roll segments similarly to the generating procedure. In the approximating process we have to take into consideration that during the rolling procedure the part slips forward in the roll gap while its volume is constant and certain die dimensions are fixed. The new approximation method significantly reduces the time of designing, the costs and increases competitiveness of the company

A KOVÁCSHENGERTLÉS TECHNOLÓGIÁJA

Kovácsghengerlésnél az alakítást két együtt dolgozó, ellentétes forgásirányú hengerlőszerszám végzi, amelyekbe az alakított munkadarabnak megfelelő üregek vannak bemunkálva.

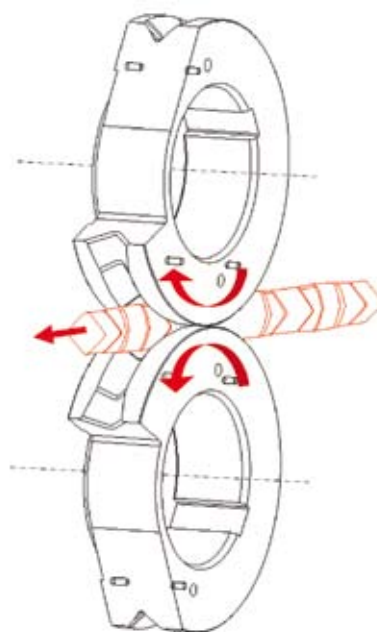
A hengerek forgásiránya állandó, egy-egy alakítás egy-egy fordulatot vesz igénybe **(1. ábra)**.

A hengerlőszerszámok (szegmensek) átmérőjét a munkadarab alakítandó hosszúsága határozza meg.

A kovácstarab előalakját akkor vezetik a szegmensek közé, amikor azok hengerlési alaphelyzetbe fordulnak. A hengerek forgásiránya olyan, hogy a szegmensek közé betolt munkadarabot átvezetik (áthúzzák) a hengerrésen. Egy ilyen alakítási ciklust nevezünk szűrásnak **(2. ábra)**.



1. ábra: RW3 típusú kovácshenger munka közben

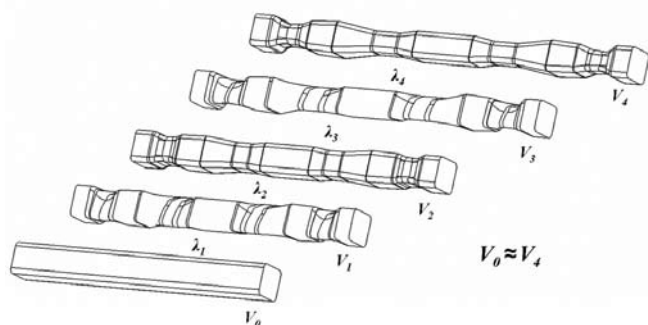


2. ábra: készrehengerlő szegmenspár szűrás közben

Egymás mellé több szegmenspár helyezhető el, így a darab méreteitől és alakjától függően többszűrásos anyagelosztást lehet elvégezni.

Korábbi munkánk során [2, 3], a szűrástervkészítés folyamatát – a MathCAD és Pro/Engineer szoftverek összekapcsolásával – alkalmassá tettük előalakmodellek és rajzok automatikus generálására **(3. ábra)**.

A szegmensek tervezésénél az így generált előalakmodellekből kell kiindulni.

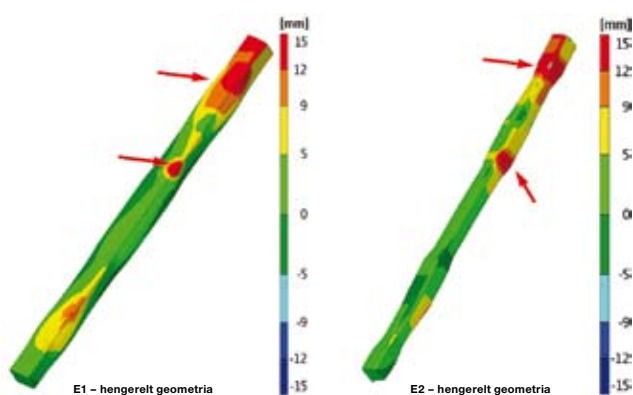


3. ábra: egy négyszűrűs szűrősterv alapján generált előalakok [3]

HENGERLŐSZEGMENSEK TERVEZÉSÉNEK ÁLTALÁNOS ALAPKÉRDÉSEI

A kovácshengerek tervezésekor a szűrősterv szerinti előalak-geometriákat az eredő hosszuk alapján, keresztmetszetenként, meghatározott központi szöggel jellemezhető ív mentén fejtik le. A nagyon gondos, időigényes tervezéssel előállított szerszám-geometria minden esetben minősített ellenőrzést – gyakorlati kipróbálást – igényel. Ez a módszer biztonságos, de nagyon költséges.

Munkánk célkitűzéseként fogalmaztuk meg a szerszámtervezési folyamat korszerűsítését egy megbízható, egyszerűbb és gyorsabb tervezői módszer bevezetésével.



4. ábra: a digitalizált munkadarabok a szegmensek minősítését megelőzően hosszeltéréseket mutatnak a CAD geometriához képest

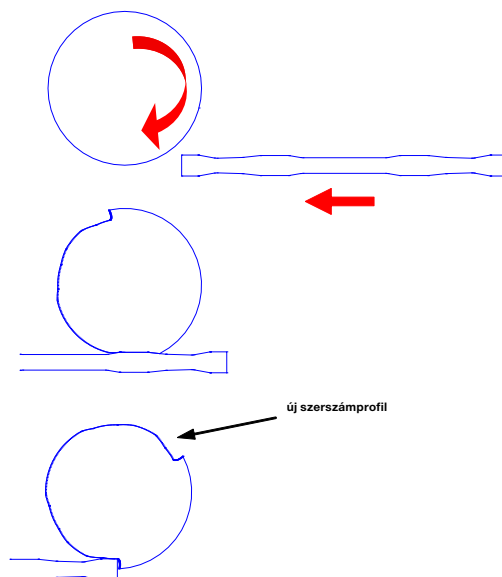
A szerszámtervezésnél megkerülhetetlen probléma a hosszeltérés. A hosszeltérés kiküszöbölésénél foglalkozni kell:

- a munkadarab hossza mentén folyamatosan változó közepes dolgozó hengerátmérő (profilalaktól függő gördülőkör) egyszerűsített meghatározásával az ívre hajlításakor, az előresietés (visszamaradás) figyelembevételével,
- az egymást követő hengerelt geometriák közötti összhanghibával, melyet a szerszám hosszmenti geometriájának minősítését követő módosítással külön korrigálni kell.

A gördülőkör lefejtési pontatlansága a **4. ábra** bal oldali részletén, az összegzett eltérések a **4. ábra** jobb oldali részletén figyelhetők meg, azonos hengerállásnál. A mutatónyilak a legnagyobb eltéréseket jelölik.

Mindezeket a problémákat az új módszernek megfelelő hibahatárokon belül kell kezelnie úgy, hogy az időigényes és helyenként pontatlan korrekciók helyett automatikusan generálható megoldást alkalmaz.

Elfogadható hibahatáron belülnek tekinthető a hosszeltérés, ha összegzett értéke a hengerlés befejező szakaszán kisebb mint 10 mm, a közbenső jellemző szakaszokon pedig abszolút értéke nem haladja meg az 5 mm-t.



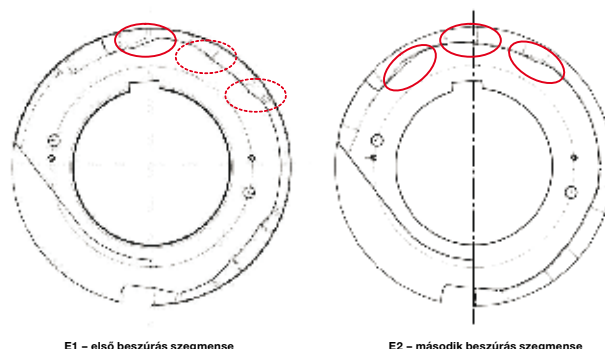
5. ábra: a lefejtőeljárás szemléltetése

A HENGERSZEGMENSEK GENERÁLÁSA LEFEJTÉSI SUGÁR KORRIGÁLÁSA NÉLKÜL

A kovácshengerlés többnyire egy változó keresztmetszetű folyamatos nyújtókovácsolásnak felel meg. Nyújtás esetén a hengerlésirányú méret növekszik, a hengerlés irányára merőleges keresztmetszet csökken.

Nyújtás közben szükségszerűen a hengerből kifutó munkadarab sebessége nagyobb a hengerek kerületi sebességénél [1], a munkadarab előresiet.

A munkadarab előresietését és az esetleges visszamaradását a lefejtési ívhossz változtatásával lehet kiegyenlíteni [2]. Az ívhossz változtatása nélkül a lefejtő eljárást CAD környezetben úgy modelleztük, hogy egy összeállításon belül apró lépésenként elvileg végtelen kis lépésekről van szó – a legördülő mozgásnak megfelelően együtt mozgattuk a szűrősterv szerinti munkadarabot, valamint a szerszámot, és közben mindig kivontuk a munkadarabot a nyers szerszámtömbből.

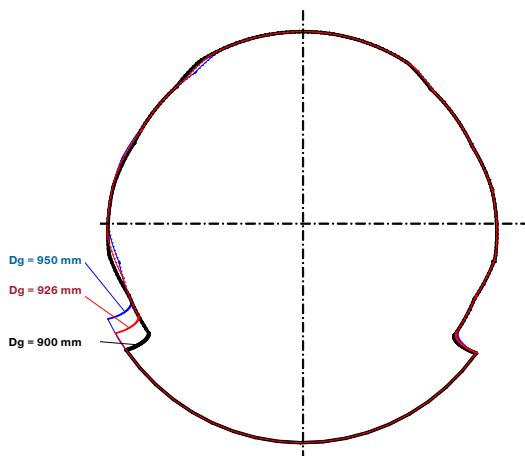


6. ábra: a generált görbe és a gyártásra használt szerszám metszetét határoló görbe ábrázolása

Ez igen sok lépést igényel, ami csak a szükséges műveletek automatizálásával oldható meg. Ezt a csúszás nélküli szerszámgenerálást 2D-s viszonylatban AutoLISP programmal végeztük el.

A munkadarab és a szerszám rajzát az AutoCAD-en belül lemezzé / REGION / alakítottuk. A lemezterületek között alkalmazható volt a területek kivonása.

Az AutoLISP programmal így generáltuk a szerszámnak azt a görbét, amelyik a hosszirányban elmetezett munkadarab határolóvonalához kapcsolódik. A görbe előállítását az **5. ábra** szemlélteti.

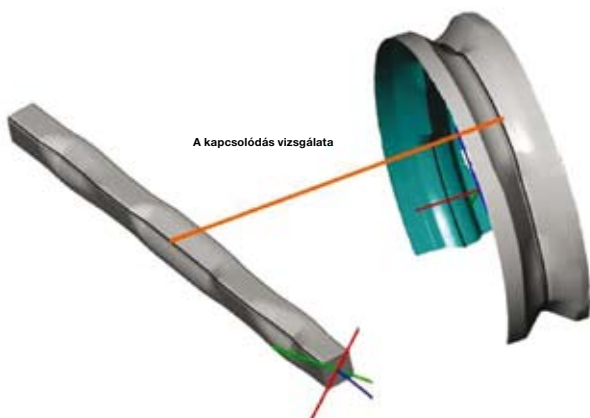


7. ábra: a gördülőkör változtatásának hatása

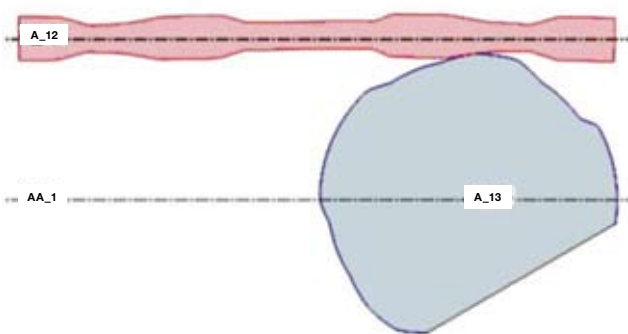
A munkadarab határolóvonalával generált görbe és a valós, minősített hengerszegmens metszetét határoló görbe összehasonlítható egy közös ábra segítségével (**6. ábra**).

Megállapítható, hogy a munkadarab határolóvonalával generált görbe jól közelíti a hengerszegmens metszetét határoló görbét (vékony vonal), a két görbe között jelentősebb eltérések csak a folytonos piros vonallal jelölt helyen tapasztalhatók [5].

Megfigyelhető továbbá, hogy az ábra első részletén jelentős eltérés csak a szűrés befejező szakaszán látható, míg az ábra második részletén az eltérések nagyobbak, és tulajdonképpen 180° szögelfordulás után válnak jelentőssé.



8. ábra: egy hengerszegmens és a vele megmunkált munkadarab digitalizált képe



9. ábra: a munkadarab és a hengerszegmens metszeti görbéjének kapcsolódási vizsgálata

A gördülőkörnél a szerszám és a munkadarab, csúszás nélkül érintkezett, a gördülőkör átmérője állandó volt. A „Műszaki Irányelvek” [6] útmutatása szerint elegendő pontosságot kapunk, ha az üregkeresztmetszet középpontján átmenő körív sugarát a szegmens külső körére vonatkoztatjuk. Elfogadva ezt a közelítést, a gördülőkör átmérőjét 926 mm-re vettük fel. Más állandó átmérőjű gördülőkört alkalmazva a hengerszegmens dolgozó részének terjedelme is változik (**7. ábra**).

A tényleges gördülőkör sugara nem állandó, az alakítási zónán belül változik, tulajdonképpen ezt a változást kell a lefejtési ívhossz korrigálásánál figyelembe venni.

A pontosabb ismeretszerzés érdekében a hengerlőszegmenseket és a vele megmunkált munkadarabokat optikailag digitalizáltuk.

A vizsgálatot a **8. ábrán** kijelölt metszeti görbék „összejáratásával” végeztük el. Az összejáratásnál a munka jelenlegi állásánál csak a megfelelő állandó sugarú gördülőkört kerestük meg (**9. ábra**).



10. ábra: a fogaslécyszerű tesztmodell geometriája

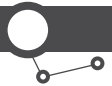
Az optikai vizsgálat eredménye, valamint a **6. és 7. ábra** alapján belátható, hogy a minősített hengerszegmens metszetét határoló görbét jobban közelíthetjük a gördülőkör átmérőjének csökkentésével.

A GÖRBÉRE HAJLÍTÁS MÓDSZERÉNEK ALKALMAZÁSA

Az állandó gördülőkörrel értelmezett lefejtő eljárás a gyakorlat számára pontatlan eredményt ad.

Az általunk javasolt új módszernél – miszerint a szűrásterv szerinti munkadarabot ráhajlítjuk a nyers szerszámtömbre, majd a tömbből kivonjuk azt – először azt vizsgáltuk, hogy a javasolt módszer mennyire felel meg a lefejtőeljárásnak, majd azt, hogy a kívánt térfogat és a megfelelő átmérő a görbére hajlítással miképpen biztosítható.

A teszt példánál egy fogaslécyszerű modellt görbítettünk meg. A tesztmodell magassági méretét a szűrásterv szerinti modell méretével közel azonosnak vettük fel (**10. ábra**).



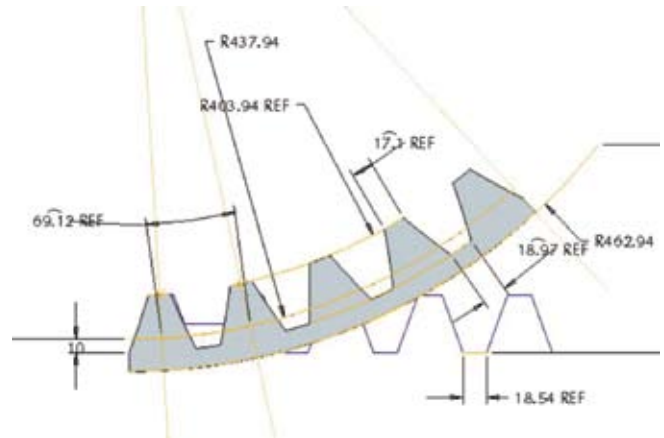
A tesztmodellnél és a szegmensek tervezésénél is elegendő a munkadarab geometriai modelljének csak a felét felhasználni.

A szimmetriasíkkal kettévágott tesztmodell, és annak $m=22$ modullal számított méretei a **11. ábrán** láthatóak. Az ábra szerinti geometriánál a középvonal alatti és feletti részek azonos magasságúak $h_a=h_f=m=22$ mm, a fogak osztása $p=m\pi=22\pi\sim69,12$ mm.

Az ábrán látható körív hossza a tesztmodell hosszának, rádiusza pedig egy fogaskerék ($z=39$, $m=22$) osztókörének felel meg. A tesztmodell felfogható fésűskésnek, és azzal a Maag-féle lefejtőeljárással egy evolvens fogazat állítható elő.

Ezt az evolvens fogaskereket ($z=39$, $m=22$) geometriailag helyesen modelleztük a Pro/Engineer szoftver segítségével. A modellezésnél a gördülőkör egybeesett az osztókörrel. Az evolvens fogazatú fogaskerék és a görbére hajlított fogasléc a **12. ábra** alapján hasonlítható össze.

A görbítéssel létrehozott fogazatnál a fejkör, osztókör és lábkör koncentrikus, sugárirányban nincs mérettorzulás. A görbénél értelmezhető a fogak osztása. A fogak osztása hajlításkor változat-



13. ábra: a térfogathelyes tesztmodell a kívánt átmérővel

Az összehasonlításnál ugyan mm-es eltérések adódtak, ennek ellenére véleményünk szerint a görbére hajlítás módszerét a szükséges korrekcióval alkalmazni lehet a szegmensek tervezésénél, mivel a kovácshengerlést adott esetben előalakításra használják, és ott a pontossági követelmények kisebbek. A pontossági követelmények nem szigorúak, de az anyag térfogat-állandóságára ügyelni kell.

A görbére hajlításnál a térfogat kívánt értéke a Pro/Engineer szoftver optimalizálómóduljával biztosítható [5]. A megfelelő térfogatot a görbe helyzetének állításával lehet elérni (**13. ábra**).

A 13. ábra olyan geometriát szemléltet, amelynek a térfogata megegyezik a tesztmodell görbére hajlítás előtti térfogatával.

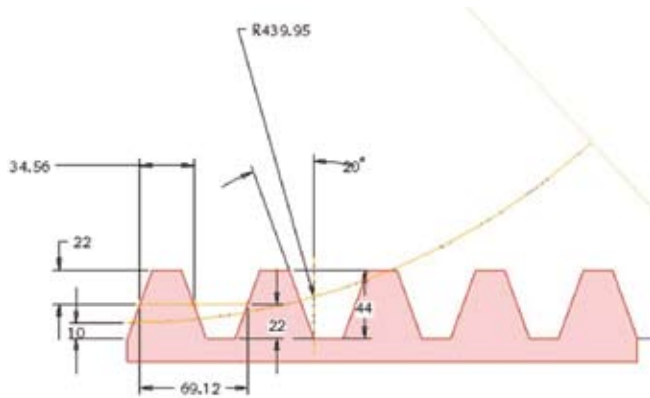
A hengerszegmensek tervezésénél kötött a hengerek külső átmérője. A görbére hajlításnál a hengerpalást átmérője a görbe sugarával változtatható. A változtatást szintén egy olyan építőelemmel célszerű kezelni, amely korlátozott optimalizálással biztosítja a kívánt értéket.

A térfogat-állandóságra történő korlátozott optimalissal a pontatlanságok csökkenthetők, de nem szüntethetők meg.

A hengerszegmensek tervezésénél a hengerelt darab hossz-méreteit egy-egy körívre kell lefejtetni. Az eltéréseket a lefejtési ívhossz változtatásával, korrekciójával lehet kiegyenlíteni.

A korrekciós tényező helyes meghatározásához a hengerlési geometria, hengerlési sebességviszonyok pontosabb ismeretere és kapcsolt alkalmazására van szükség.

Célszerű megoldásnak látszik a korrekcióit már a szúrástervbe beépíteni.

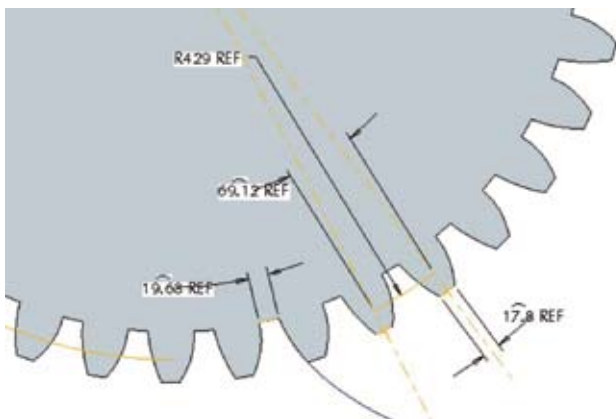


11. ábra: a fogaslécszerű tesztmodell jellemző méretei ($m=22$)

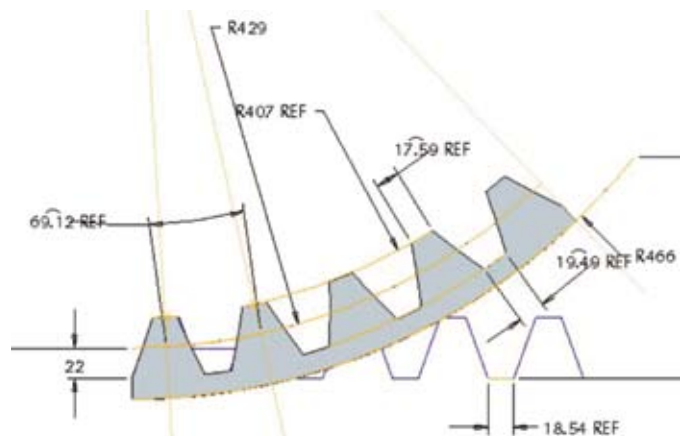
lan, mivel az osztókörből származtatott görbe semleges szálnak tekinthető. A semleges szál felett az ívhosszak növekednek, alatta rövidülnek. A tesztmodell térfogata hajlításkor megváltozik.

A 11. ábrán szereplő méretek mellett a lefejtőeljárással készült fogaskeréknél a fejszalag ívhossza a fogasléc megfelelő méretéhez képest rövidül, a lábszalag ívhossza pedig növekszik.

Megállapítható, hogy a görbére hajlított fogasléc geometriája eltér az ugyanolyan osztókörrel (gördülőkörrel) létrehozott fogaskerék geometriájától.



12. ábra: jellegzetes méretek az evolvens fogazatú fogaskeréknél és a görbére hajlított fogaslécnél



A HENGERSZEGMENSEK LEFEJTÉSI ÍVHOSSZÁNAK KORREKCIÓJA

Kovács-hengerlésnél okkal feltételezhető, hogy a hosszeltéréseket főleg az alakítási zónában bekövetkező megcsúszások, azaz a szerszám és a munkadarab érintkezési felületén adódó eltérő sebességviszonyok idézik elő [1,4].

A hengerlés kinematikai viszonyait alapvetően a kontinuitási feltétel határozza meg. A térfogat-állandóság szerint a hengerelt munkadarab tetszőleges keresztmetszetére igaz az alábbi összefüggés:

$$A_i \cdot v_i = c \quad (1)$$

ahol

A_i a munkadarab i -edik keresztmetszete az alakítási zónában,
 v_i az i -edik keresztmetszet hengerlés irányú sebessége,
 c állandó.

További megcsúszási veszélyforrást jelentenek az üregben belüli átmérőkülönbségek generálta relatív sebességkülönbségek is. A megcsúszások a szerszámok kopásához és hosszmetéltérésekhez vezetnek.

A megcsúszásokat alapvetően az előresietések idézik elő. Az előresietés azt jelenti, hogy a hengerrésből kifutó darab v_2 sebessége nagyobb a hengerek v_k kerületi sebességénél [1].

Egy φ szöghöz tartozó „A” keresztmetszet hengerlés irányú sebessége (14. ábra):

$$v = v_2 \cdot \frac{A_2}{A} \quad (2)$$

A szakirodalom szerint [1,4] mindig létezik az alakítási zónán belül egy olyan φ szög és hozzátartozóan egy „A” keresztmetszet, ahol a hengerlésirányú v sebesség megegyezik a v_k kerületi sebességgel. Ezt a keresztmetszetet szokás semleges vagy választó keresztmetszetnek nevezni. A semleges keresztmetszet és a henger találkozásánál a munkadarabra vonatkozóan értelmezzünk egy elemi anyagrészt. Az anyagrész a henger felülete mentén érintőirányú sebességgel rendelkezik. Ennek az érintőirányú v_t sebességvektornak a nagysága:

$$v_t = \frac{v}{\cos \varphi} = v_2 \cdot \frac{A_2}{A} \cdot \frac{1}{\cos \varphi} \quad (3)$$

A (3) összefüggés többnyire arra vezet, hogy a nevezett helyen az érintőirányú sebesség kisebb a henger kerületi sebességénél. A v_r relatív csúszási sebesség értéke: $v_r = v_k - v_t$.

Bevezetve a δ előresietési koeficienciát $v_2 = \delta \cdot v_k$. Ezzel a relatív csúszási sebesség:

$$v_r = v_k - \delta \cdot v_k \cdot \frac{A_2}{A} \cdot \frac{1}{\cos \varphi} = v_k \cdot \left(1 - \frac{A_2}{A} \cdot \frac{\delta}{\cos \varphi}\right) \quad (4)$$

Az előresietést és lemaradást jellemző sebességvektorok nagysága folyamatosan változik a hengerlési zóna minden egyes metszetében (14. ábra) [4].

A semleges keresztmetszet központi szöge a munkadarab hossza mentén változik.

Mindez úgy is megfogalmazható, hogy a központi szög megváltozása arányos a megcsúszások okozta hosszváltozásokkal.

A korrekciós tényezők meghatározásának célja tehát a semleges keresztmetszetek meghatározása és azok alapján az egyes hengerlési zónákra jellemző hosszeltérések definiálása. Azokban a zónákban, melyekben az anyag közepes kilépési sebessége azonos vagy közel azonos a közepes dolgozó hengerátmérők kerületi sebességével, a hosszeltérések értéke nulla lesz. Azokban a zónákban, ahol előresietés fordul elő, ott a lefejtő sugár értékét növelni kell. Ilyekor az adott zónához tartozó középponti szög értéke és vele az üreg térfogata is csökken.

Az üregeztől függően a hengerlési zónában korlátozott szélesedés is létezik, amely alapvető hatással van a nyomott felület nagyságára (15. ábra) és ezen keresztül a hengerlési sebességviszonyokra is.

Ha kicsi a szélesedés, akkor nagyobb a relatív sebességkülönbség a munkadarab és a henger között. Ekkor lépnek fel a nagyobb csúszások a hengerrésben.

Üregben történő hengerléskor a 14. ábrán φ központi szöghöz tartozó közepes kerületi sebességet ($v_{k,k}$) tekintjük reprezentatív sebességnek. Ehhez a sebességhez tartozik egy közepes dolgozó hengerátmérő ($D_{d,k}$).

A φ szög helyi értékeinek a meghatározása további kutatómunkát igényel, egyelőre tapasztalati értékek állnak rendelkezésre.

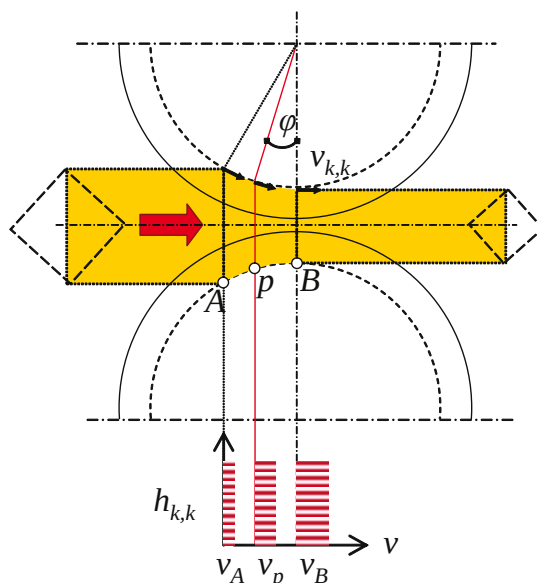
Előresietés nélküli esetben a közepes dolgozó hengerátmérő egyenlő a lefejtési sugár kétszeresével. A közepes dolgozó hengerátmérőt a két szegmens tengelytávolsága (D_0) és a közepes üregmagasság (h_k) alapján kell meghatározni (3) [1].

$$D_{d,k} = D_0 - h_k \quad (5)$$

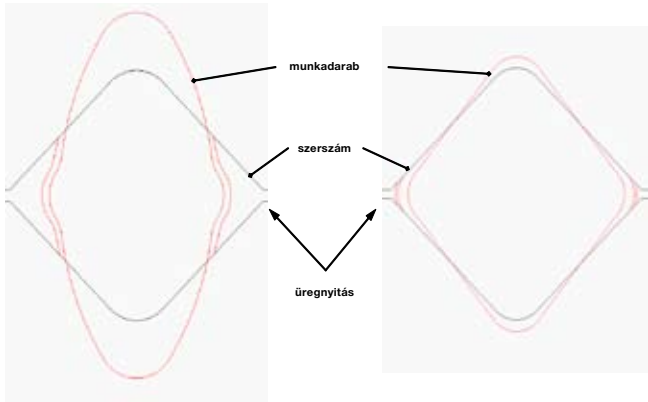
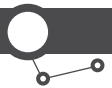
A közepes dolgozó hengerátmérő az adott üreggel jellemezhető intervallumon belül állandó.

A részintervallumokhoz tartozó lefejtési sugarak alapján meghatározható egy eredő lefejtési sugár. Az előresietés nélküli eredő lefejtési sugár összehasonlítható az optikai digitalizálás kiértékelésénél említett állandó sugarú gördülőkörrel. A kettő különbsége megadja a lefejtő sugar módosításának összesített értékét. Ez jól felhasználható ellenőrzésre.

Korábbi vizsgálataink alkalmával azt tapasztaltuk, hogy 180° lefejtési szögnél még nem jelentkeztek jelentős hosszúsági el-



14. ábra: az anyag előresietése és hátramaradása a hengerrésben



15. ábra: a szélesedések mértéke üregenként eltérő

térések, azt követően pedig nem fokozatos, hanem attól eltérő, ugrásszerűen növekvő eltéréseket tapasztaltunk.

Az eltérések egyrészt az állandó gördülőkörre értelmezett lefejtőeljárás következményeként kialakult fokozatosan növekvő hosszeltérésekből, másrészt pedig a valós szegmensek gördülőkörének csúszási korrekcióiból tevődnek össze.

AZ ELŐRECSÚSZÁS FIGYELEMBEVÉTELE A GÖRBÉRE HAJLÍTÁSÁNÁL

Az eddigiek alapján belátható, hogy a munkadarab előresietésénél a gördülőkör átmérőjét növelni kell. A munkadarab egy kijelölt intervallumához a hengerszegmensen egy középponti szög tartozik. Ennek a középponti szögnek az értéke csökkenni fog, ha az előresietés

figyelembevételével a gördülőkör átmérőjét növeljük. A csökkentett középponti szög hatására a szöghöz tartozó alakító üregrész térfogata is csökken. A görbére hajlításnál ezt úgy lehet figyelembe venni, hogy módosítjuk a szűrasterv szerinti geometriai modellt, pontosabban az érintett rész térfogatát is csökkentjük. A módosítást a szűrasterv szerinti geometriai modellel minden részen elvégezve megállapítható az új modell térfogata. A görbére hajlításnál ezt kell kívánt térfogatnak tekinteni, az optimalizálómodullal végzett korlátozott szélsőérték-számításnál ezt kell kényszerként alkalmazni.

ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK

Megvizsgálva a görbére hajlítás és a lefejtőeljárás jellegzetességeit, meghatároztuk a módszer javításának lehetőségét, kijelöltük a szükséges korrekciós irányokat.

A kutatási folyamat nem zárult le. További feladat a szűrasterv szerinti geometriai modellel megfelelő pontosságú módosításának integrálása az eddigi algoritmusba. Távolati célkitűzés a teljes szerszámtervezési folyamat integrálása a görbére hajlítás módszerével.

Az integrált tervezői algoritmus lehetővé teszi a szerszámtervezésre fordított mérnökörák és ezen keresztül a tervezési költségek drasztikus csökkentését, mivel több munkanapot igénybe vevő bonyolult feladat redukálódik nem egészen 25–30 perces időtartamra.

További lényeges költségcsökkenés a hengerlőszerszámok minősített kipróbálásának elhagyhatóságától várható, ugyanis egy stabil, konzekvens, egyszerű és megfelelően pontos módszer kerül bevezetésre.

Az új algoritmusokat a valós szerszámtervezéssel még tesztelni szükséges. ●

IRODALOM

- [1] Dr. Dr. h. c. Geleji Sándor: A fémek képlékeny alakításának elmélete, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1967
- [2] Tancsics Ferenc, Kiss Balázs, dr. Halbritter Ernő Ph.D.: A MathCAD és a Pro/Engineer szoftverek újszerű felhasználása a kovácshengerlési szűrasterv készítésének területén, A jövő járműve, 2009/3–4. pp. 43–46.
- [3] Tancsics Ferenc, Kiss Balázs, dr. Halbritter Ernő Ph.D.: A MathCAD és a Pro/Engineer szoftverek újszerű felhasználása a többszűrűs kovácshengerlési szűrasterv készítésénél, OGÉT 2010 XVIII. Nemzetközi Gépészeti Találkozó különszáma – 2010, pp. 432–435, EMT ISSN 2068-1267
- [4] Alejandro Rivera Muñiz: Non-Linear finite Element Method Simulation and Modeling of The Cold and Hot Rolling Processes, Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Mechanical Engineering, January 8th, 2007 Blacksburg, Virginia
- [5] Dobos Norbert: A szerszámtervezés korszerűsítése az RB.1394400 rajzszerű. mellső tengely kovácshengerlésénél, Széchenyi István Egyetem Műszaki Tudományi Kar, Jedlik Ányos Gépész-Informatikai és Villamosmérnöki Intézet, 2010, Győr
- [6] Kohó- és gépipari műszaki irányelvek: Hengszegmensek szerkesztése – KGMI 29.582-74

Szerelősor és komplex anyagellátási folyamatok szimulációs analízise

OLLÉ SÁNDOR

kutató,
Széchenyi István Egyetem,
Járműipari Regionális
Egyetemi Tudásközpont

JÓSVAI JÁNOS

egyetemi adjunktus,
Széchenyi István Egyetem,
Anyagismereti és
Járműgyártási Tanszék

A cikk egy szerelősor anyagellátási rendszerének modellezésével foglalkozik. A folyamatokban részt vevő eszközök különböző állapotainak, jellemzőinek vizsgálatát célozta elsődlegesen a feladat, melynek ismertetése során kitérünk a valós rendszer ismertetésére, a modellépítés kérdéseire, és végül ismertetjük a különböző kiértékelési és elemzési lehetőségeket.

This paper deals with the modelling of the material supply system of an assembly line. The primary objective of the task was to analyze the different states and conditions of the means take part in the processes. We describe the real system, the issues of model building and finally present the different options of evaluation and analysis.

1. BEVEZETÉS

A termelési folyamatok általában igen komplex rendszerként jellemezhetők. A folyamatban részt vevő eszközök, berendezések, áramló anyagok aktuális állapotai nehezen vagy csak bonyolult számítási eljárásokkal meghatározhatóak, általában csak kis időintervallumon belül lehet egyértelműen megjósolni őket. Mivel a termelési rendszerek elemeit nemcsak időben, hanem állapotukban is diszkrétnek tekinthetjük, ezért ezeket a folyamatokat eseményvezéreltnak tudhatjuk. [1]

A dinamikus időben diszkrét eseményvezérelt termelési folyamatok modellezésére alkalmas a Plant Simulation szoftver objektumorientált környezete.

2. MODELLEZÉSI FELADAT

A feladat egy járműmotor-szerelősor anyagellátási folyamatainak modellezése volt. A késztermékek szerelését egy három szakaszból álló szerelősorton végzik, a beépülő alkatrészek egy hánya-

dának megmunkálása szintén a telephelyen történik. Az adott szerelősor, illetve a hozzá kapcsolódó mechanikus megmunkálóterületek alap- és nyersanyagellátását egy szériaraktárból különböző eszközökkel biztosítják. A kiszolgálásban részt vevő eszközök tevékenysége általában nemcsak a sori feladatokra korlátozódik, hanem általában több feladatot végeznek a raktár területén is, és mivel ezeknek az eszközöknek a feladatai egy időben akár több területet is érintenek, ezért az anyagellátási rendszer komplex modellezésekor nemcsak a szerelősor, hanem a megmunkálóterületek, valamint a szériaraktár felépítése is szükséges volt.

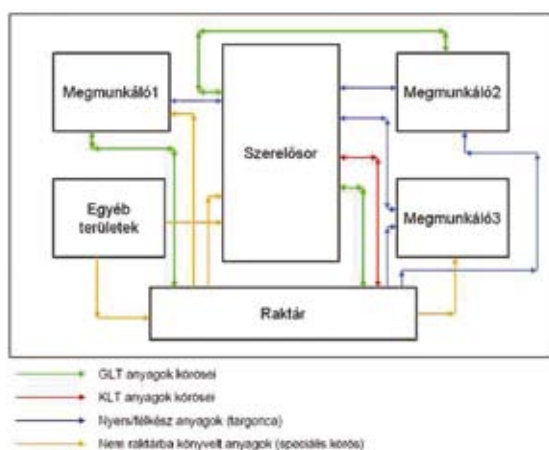
Az érintett területeket és a köztük megvalósuló anyagáramlási kapcsolatokat az anyagellátási módok szerint az **1. ábra** szemlélteti.

A fent ismertetett információk alapján a felépítendő modell kereteit úgy állapítottuk meg, hogy az anyagellátásban részt vevő funkciók lehetőleg minden tevékenysége le legyen képezve. A modell kereteit a szerelősorton/megmunkálóterületen beépülő alkatrészek, illetve tartók állapotaival jellemezhetjük:

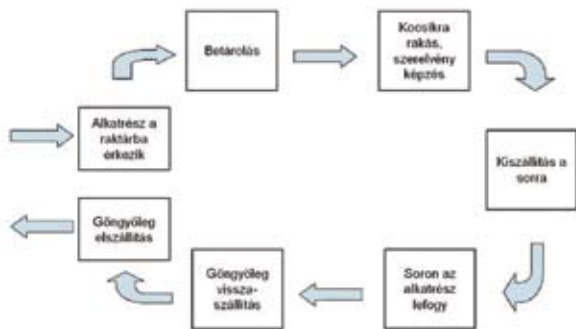
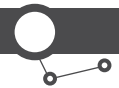
1. Alkatrész a szériaraktárba érkezése platós kocsi-szerelvényeken.
2. Raktári tevékenységek (betárolás, kezelés, tárolás, kitárolás stb.).
3. Kiszállítási egységek rendezése.
4. Kiszállítás a sor melletti beépítési helyekre, polcokra.
5. Sor melletti készletek tárolása, alkatrészek felhasználása.
6. Kiürült tartók (göngyöleg) elszállítása a raktárba.
7. Göngyöleg tárolása, majd elszállítása a raktárból.

A modellezési feladat elsődlegesen az anyagellátási rendszer vizsgálatát jelentette, ezért a gyártási, szerelési műveletek – tehát a szerelősor és a megmunkálóterületek munkaállomásai – esetében jelentős absztrakcióval éltünk. A kiszolgálást végző eszközök, funkciók, illetve ennek egyéb objektumai (raktár, sor melletti polcok stb.) esetében viszont részletes leképezés volt szükséges. Mivel a különböző alkatrészek esetében mind a beépülő mennyiség, mind a tárolóeszközök kapacitása jelentős változatosságot mutat, ezért egészen „alkatrészszintig” le kellett képezni a valós folyamatokat, ami azt jelenti, hogy a modellben minden egyes alkatrész megjelenik, állapota folyamatosan nyomon követett, egészen a beépüléséig, és ugyanez igaz a különböző tartókra is, egészen a raktárból való elszállításukig.

A modellépítés célja összefoglalva az volt, hogy a modellen végzett szimulációs futtatások során lehetőségét biztosítson:



1. ábra: anyagáramlás irányai kezelési módok szerint



2. ábra: GLT anyagok kezelése

- a különböző anyagellátó eszközök, funkciók állapotainak, paramétereinek lehető leg szélesebb körének gyűjtésére, rögzítésére;
- mind a raktár, mind a sor melletti pufferek, polcok kihasználtsági mutatóinak figyelésére, rögzítésére;
- a gyártási program különböző változatai esetén összehasonlítható legyen a rendszer és egyes elemeinek a kiterheltsége;
- egyszerűen megoldható legyen számos változó paraméter megadása a különböző változatok vizsgálata céljából (pl.: alkatrészlisták, termelési programok, műveleti idő adatok, alkatrész-puffer összerendelések stb.);

3. A VIZSGÁLT FOLYAMAT JELLEMZÉSE

A vizsgált termelési folyamat igen összetett, ismertetését cikkünkben a modellben felépített területek jellemzésével, majd a különböző anyagkezelési módok leírásával, és végül a kiszolgálási folyamatot ellátó funkciók bemutatásával végezzük.

3.1. Érintett területek:

A modellezett termelési folyamat központjában a három szakaszból felépülő szerelősor áll, emellett három megmunkálóterület, a szériaraktár, valamint egyéb – az anyagellátás szempontjából érintett – területek kerültek modellezésre.

A szerelősor három szakaszból áll, melynek munkaállomásai között a munkadarabot szállítószalag továbbítja. A munkaállomásokon végzett munka és a köztük történő mozgás időszükséglete egyértelműen megadásra került a rögzített ütemidő által. Mivel a konkrét műveletek modellezése nem volt cél, ezért a munkaállomásokon a munkadarab állapotváltozásai nem kerültek leképezésre, a műveleti idő alatt az adott típushoz rendelt alkatrészek fogyása történik a megfelelő sor melletti pufferekből.

A megmunkálóterületek esetében a szerelősorhoz hasonló absztrakcióval éltünk, külön leképezve a kibocsátott félkész termékek puffelését, mivel azok sorra mozgása szintén vizsgálendő folyamat.

Mind a szerelősor, mind a megmunkálóterületek esetén mérethelyesen felépítésre kerültek a közlekedőutak, és a valóságnak megfelelő helyszínekre a különböző sori pufferek.

A szériaraktár részletes felépítése magába foglalta mind a közlekedőutakat, mind a különböző tárolási módokat szerinti tárhelyeket, polcokat. Felépítésre kerültek továbbá a különböző helyszínek, mint a beérkező alkatrészeket szállító szerelvények tárolási, kezelési helyei, a göngyölegeltárolás helyszínei, könyvelési pont stb. A raktár két nagy részre tagozódik, az anyagkezelési eljárások változatai szerint. Ennek részleteit később taglaljuk.

Egyéb, a konkrét gyártási folyamathoz nem kapcsolódó területek felépítése is szükséges volt, mivel egyes alkatrésztípusok nem a vizsgált szériaraktárból kerülnek a sor mellé, hanem az üzem más területéről egy speciális feladatokat ellátó körös által. Ezen egyéb területeket normális állapotot feltételezve képeztük le, oly módon, hogy a kívánt alkatrészek mindig rendelkezésre állnak.

3.2. Anyagkezelési módok

A különböző alkatrészek súlya, tartóinak mérete és tartalma valamint jellemző fogyási intenzitásuk jelentős változatosságot mutat, ezért három különböző jellemző módon kezelik ezeket. Minden alkatrész EUR-raklap alapú egységekben érkezik a raktárba az áruátvételi területről platós kocsiszerelvényeken.

Bizonyos alkatrészek olyan ládákban érkeznek, melyek megközelítőleg egy paletta méretűek, változatos magassággal, ezeket hívjuk nagyméretű (GLT) ládáknak. A raktárba érkezés után a számukra rendelt polcok valamely dinamikusán kezelt (nem rögzített, hogy melyik polchelyre, milyen anyag kerülhet) tárhelyére beraktározzák. Amikor felhasználása időszerű, akkor onnan leemelik, majd egy speciális, megfelelő méretű kocsira kerül. Az így előkészített kocsikból szerelvényt képeznek, ezeket húzza ki egy vontató a szerelősorra a megfelelő beépítési helyhez. Itt az adott kocsit lecsatolják, és az alkatrészek innen kerülnek kiemelésre és beépítésre. Az üressé váló kocsikat ugyanezen vontató húzza vissza a raktárba, ahol az áruátvételtől érkezett, de leürült platós-kocsikra rakják, és ezeken kerülnek elszállításra a ládák.

A GLT anyagok kezelési logikáját a **2. ábrán** szemléltettük.

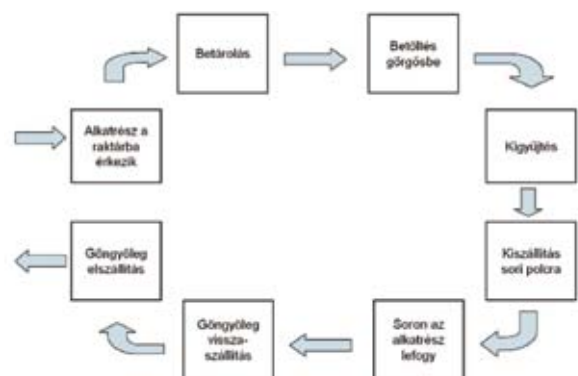
Az alkatrészek másik nagy csoportja kisebb méretű ládákban (KLT) érkezik, melyek egy palettán vannak kötegelve. Az, hogy egy palettán hány láda van, az a KLT-k méretétől és összsúlyától függően változik. Ezen alkatrészek kezelése összetettebb. A raktárba érkezés után a KLT raktárrész dinamikusán kezelt második vagy magasabb polcra kerülnek beraktározásra. Kiszállításuk viszont ládanként történik, a raktárrész polcrendszereinek első szintjéről két különböző kezeléssel. Az egyik módozat szerint a palettákat leemelik, megbontják, és egy görgős polcba töltik a ládákat, mely görgős polcnak rögzített a polchely-alkatrész összerendelése. A másik módozat a nagyobb intenzitással fogyó KLT-s alkatrészek esetén alkalmazott, e szerint a palettát egy rögzített első szint helyre emelik, és a csomagolás eltávolítása után a ládák hozzáférhetőek. A sorra történő kiszállítást KLT ládából kötegek összeállításával végzik, melyeket adott körösök húznak ki a sorra, és az egyes sor melletti polcokra betöltik az oda rendelt ládákat. A kiürült ládákat a sor melletti polcokról ugyanezen körösök szállítják vissza a raktárba, ahonnan platós kocsikon elszállítják.

A KLT anyagok kezelésének lépéseit a **3. ábra** szemlélteti.

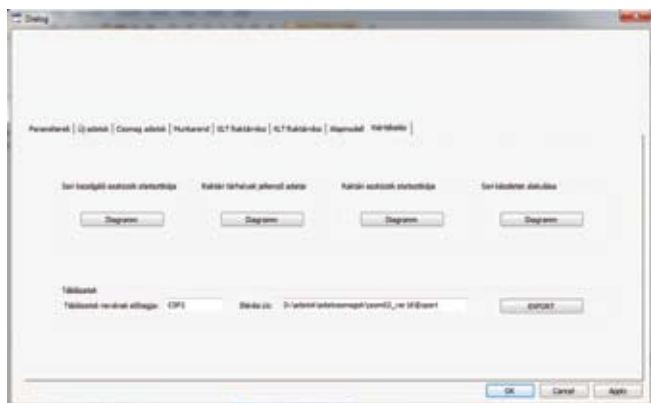
Az anyagkezelés harmadik módja bizonyos megmunkálóterületek nyersanyagait érinti. Ezen anyagok szintén palettán érkeznek, adott helyre kerülnek beraktározásra, viszont főleg a kötegek súlya miatt palettánként egy targonca által szállítva kerülnek az adott megmunkálóterület beépítési helyei mellé.

3.3. Kiszolgálást végző eszközök, funkciók

A vizsgált anyagellátó rendszer igen összetett, a különböző kezelési módokat különböző és különböző feladatokat ellátó eszközök, funkciók biztosítják.



3. ábra: KLT anyagok kezelése



4. ábra: a kezelőfelület kiértékelési panelje

A GLT-s anyagok közvetlen sorra juttatását két vontató végzi, egyenként két különböző kör teljesítve. A raktárban összerendezett szerelvényt kihúzzák az adott útvonalon, és minden érintett beépítési helynél megállva – ha van ide rendelt anyag, akkor – a kocsit lecsatolják, és rendezik, valamint az esetleges göngyöleget felcsatolják. A kör végén visszatérnek a raktárba, az üres ládákat tartalmazó kocsikat lecsatolják, és – ha még nem áll készen – megvárják a következő feladathoz a szerelvény összeállítását, majd ismét kiindulnak a sorra. A szerelvényképzésnek minden helyszínen korláta, hogy maximum hat kocsiból állhat a szerelvény.

A KLT-s anyagokat három különböző körös juttatja a sorra, ahol az adott polcra betöltik a megfelelő ládákat, kigyűjtik az üreseket. A kör végéig a raktárban lerakják a göngyöleget, és felcsatolják az újabb kiszállítandó ládákat tartalmazó kocsit, amelyet egy-egy adott körshöz rendelt gyűjtő gyűjt ki, amíg a körös a sori tevékenységét végzi.

A raktári anyagmozgatási feladatokat négy targonca látja el. Az egyik feladatköre elsődlegesen a GLT-s anyagokhoz kötődő feladatok (be-, illetve kitárolás, göngyölegmozgatás stb...) ellátása, a második elsődlegesen a KLT-s anyagok kezeléséért (betárolás, görgős polcra betöltés, palettakezelés stb...) felel, míg a harmadik vegyesen tevékenykedik, tehermentesítve a másik két funkciót.

A negyedik targonca felel a mechanikus nyersanyagok beépítési helyre való mozgatásáért, tehát azok raktárból a sorra történő szállításáért, valamint a mechanikus területek késztermékeinek a szerelősorra való továbbításáért.

Azon anyagok kezelését, melyek nem az áruátvételtől érkeznek a raktárba, hanem az üzem más területeiről egy speciális feladatokat ellátó körös végzi. Vegyesen szállít KLT-s és GLT-s kezeléssel anyagokat közvetlenül a sorra, illetve az üzem más területeire el-megy ezekért, bizonyos anyagok esetében nem közvetlenül a sorra mozgatja ezeket, hanem a raktár egy kijelölt részére, majd onnan a sor melletti pufferekbe. Ily módon tevékenysége egyaránt érint mind a raktárt, mind a szerelősor/megmunkálóterületeket, illetve a közvetlen gyártási folyamatot nem érintő egyéb területeket is.

A fent ismertetett funkciókon felül leképezésre kerültek azok alternatív megfelelői is, ugyanis a műszakrend sajátosságait is figyelembe kellett venni. Vannak olyan műszakok, amelyekben a szerelősor nem üzemel, egyes mechanikus területek viszont igen, ilyenkor a felmerülő feladatokat kisebb létszámú, a megfelelő tevékenységek ellátására szolgáló eszközök tevékenykednek.

4. A MODELL KEZELÉSE, KIÉRTÉKELÉSI LEHETŐSÉGEK

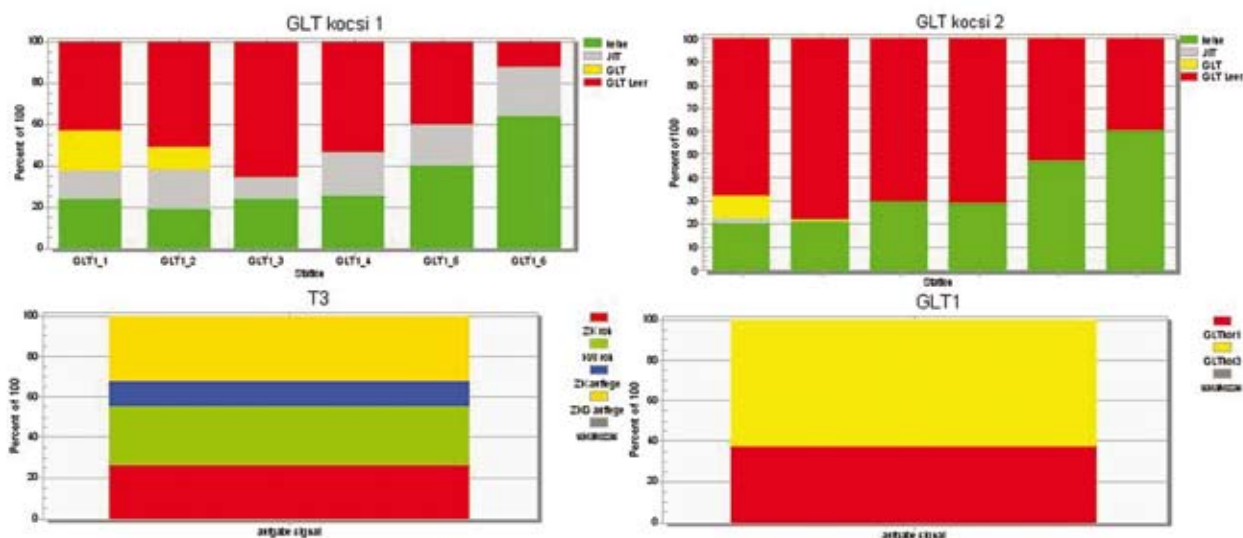
A modellépítés meghatározott céljain kívül fontos szempont volt, hogy a különböző futtatások kezelése és kiértékelése megvalósítható legyen oly módon, hogy az ne igényeljen különleges szimulációs ismereteket.

4.1. Kezelőfelület

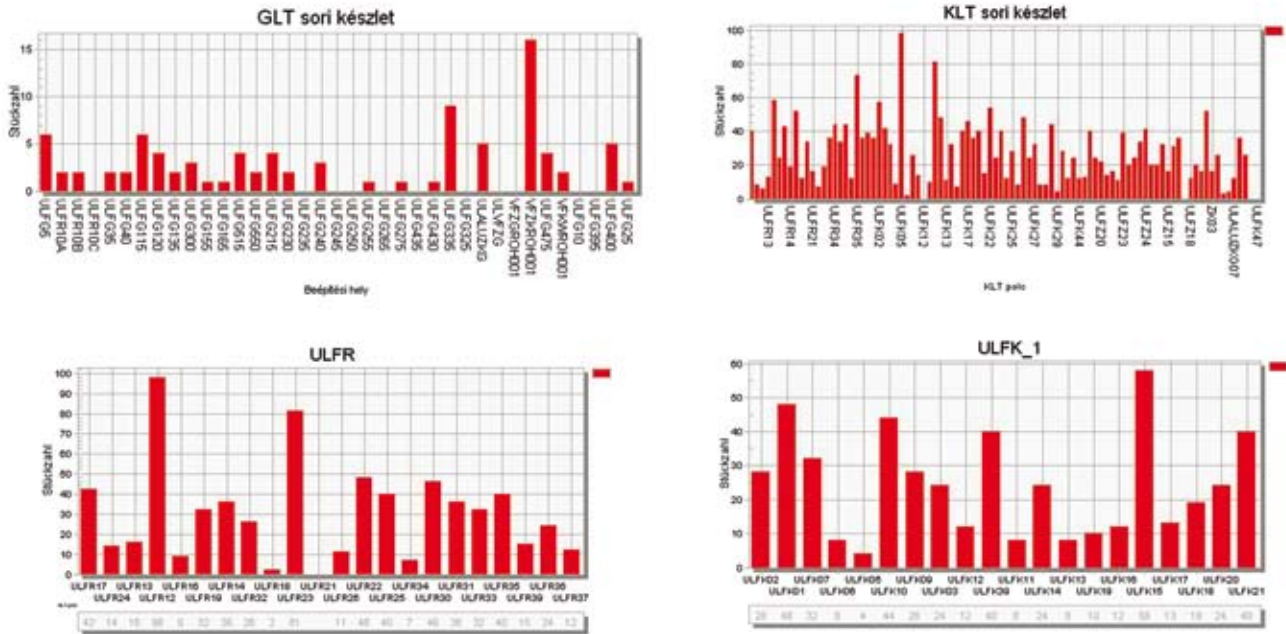
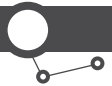
A szimulációs futtatások kezelésére készült egy felhasználó-kezelő panel, amelyen a változtatható paraméterek megadása, adatsorok feltöltése lehetséges. A szimulációs környezet Excel alapú adatkommunikációt biztosít, így különböző táblázatok beolvasásával is parametrizálhatók a szimulációs futtatások.

A teljesség igénye nélkül példák a különböző állítható/be-tölthető adatokra:

- Minden egyes műveletre vonatkozó időszükséglet megadható, változtatható. Területenként állítható az ütemidő.
- Területek és funkciók/eszközök műszak- és munkarendje változtatható egyenként.
- Táblázatos formában feltölthetők a különböző programadatok:
 - Gyártási programok;
 - Alkatrészlisták minden típusra;
 - Raktári kezdőkészlet;
 - Áruátvételtől beérkező alkatrészlisták;



5. ábra: kiszolgálóeszközök állapotait szemléltető diagramok



6. ábra: sor melletti készletek aktuális értékei

- Egyéb táblázatosan megadható adatok:
 - Sori pufferek/polcok és alkatrészek összerendelése,
 - Munkaállomások és sori pufferek/polcok összerendelése.
- A kezelőfelület több panelből áll, melyeken különböző specifikus adatok megadása lehetséges, illetve a szimulációs futtatások kezelése és a kiértékelési lehetőségek kezelőfelületei is. Ezt szemlélteti a **4. ábra**.

4.2. Kiértékelés

A különböző adatok módosítása és azokkal szimulációs futtatás elvégzése után, illetve akár a futtatás közben is a modell lehetőséget nyújt a folyamatban részt vevő eszközök különböző állapotainak, üzemi mutatóinak figyelésére, így vizsgálható nemcsak az egyes elemek üzem közbeni viselkedése, de következtetéseket is le lehet vonni az egyes paraméterek változtatásának hatásairól. A modell futtatása elméletben – ha rendelkezésre áll minden szükséges napi aktualitású adatsor, mint például napi program, árubeérkezés stb., akkor – tetszőleges időintervallumon lehetséges, de a jelentős számítási kapacitásigényből adódó hosszú futtatási idő miatt praktikus egyheti termelés szimulációját ajánlott elvégezni különböző beállítások mellett.

A kiértékelésre rendelkezésre álló lehetőségek így is komoly feldolgozandó adatmennyiséget jelentenek. A kiértékelést segítik különböző diagramok, illetve számos adatot táblázatok exportálásával lehet kinyerni (többek között az előre definiált diagramok adatsorait is).

Az eszközök, funkciók tekintetében minden esetben rögzítésre került az egyes feladataikkal töltött idő aránya, az összes mozgatott láda száma, illetve egyéb az egyes feladatokra vonatkozó jellemzők is. Terjedelmi okokból pár jellemző példát említünk csak.

A sori kiszolgálást végző eszközök esetében (GLT- és KLT-körösök) például a különböző beépítési helyekhez való érkezésük időpillanatai, amelyek kiértékelése segítséget nyújthat körjárataik

tervezésekor. Ugyanígy lekérdezhető, hogy adott időintervallum alatt hogyan alakult a szállított teli-üres láda aránya.

A GLT-körösök esetében nyomon követhető, hogy a maximum hat kocsinyi szerelvény kihasználtsága időben hogy alakult (teli-üres ládát húzott vagy kevesebb mint hat kocsiból állt a szerelvény...).

A KLT-körösök esetében rögzítésre került, hogy mennyi időt töltenek várakozással már a raktárban, amíg a gyűjtőik összeállítják az újabb köteget, amit ki kell szállítaniuk.

A kiszolgálóeszközök különböző jellemzőiről készülő diagramokra példa az **5. ábrán** látható:

Mind a sor melletti pufferek, polcok, mind a raktári polcok esetében folyamatosan gyűjthető információ azok állapotáról. Nyomon követhető, hogy foglalt vagy üres-e az adott tárhely, illetve a raktári polcok esetén az is, hogyha csak lefoglalt, tehát még nincs betárolva oda az adott tartó, de már úton van. Ezen adatokat alkatrészszerint rögzíti a modell, így nyomon követhető az adott pillanatban készleten lévő áruk értéke is.

A sori készletek figyelésére szolgáló megoldásokat szemlélteti a **6. ábra**.

ÖSSZEFOGLALÁS/SUMMARY

Cikkünkben bemutattuk egy szerelősor igen összetett anyagellátási rendszerét. A vizsgált folyamatok analizésére készült egy modell, melynek felépítési kérdéseit ismertettük, valamint betekintést nyújtottunk a szimulációs futtatások során nyerhető adatok köréről, kiértékelési-elemzési lehetőségekről.

This paper, we presented a very complex system of material supply of an assembly line. A computer model has been built for the analyze task, which aspects of construction we described, and have provided insight into the scope of the data obtained during the simulation runs, evaluation, analysis options. ●

IRODALOM

- [1] Steffen Bangsow: Fertigungssimulationen mit Plant Simulation und SimTalk, Karl Hanser Verlag, 2008.

Belső égésű motorok vezérműtengelyeinek mérése és kiértékelése

DR. SOLECKI LEVENTE

főiskolai docens
Széchenyi István Egyetem/
Anyagismereti és
Járműgyártási Tanszék/

Vezérműtengelyek bütykeinek mérésére egyedi mérőeszközök állnak rendelkezésre (ADCOLE, HOMMEL) és egyetemes mérőkészülékek – pl. koordináta-mérőgépek – is alkalmasak lehetnek erre a célra. Ezek a berendezések azonban csak korlátozottan teszik lehetővé a mérést és a kiértékelést, hiszen többnyire csak egyetlen vagy néhány típus vizsgálatára alkalmasak, egyedi minőség-ellenőrzési célokkal, és nem általános mérési lehetőségekkel és kiértékelőrendszerrel. Ebben a cikkben tetszőlegesen megválasztott vezérműtengely teljes körű mérésére és kiértékelésére mutatok módszert, alapul véve a Taylor Hobson Talyrond 365 típusú köralakvizsgáló berendezést.

For the measurement of the camshafts unique instruments (ADCOLE, HOMMEL) are available. Universal devices – e.g. 3D co-ordinate measuring machines – can be applied for this purpose however the measured data can be evaluated by them only partly. In this paper the measuring of the camshafts based on the tool for roundness geometry of Taylor Hobson Talyrond 365 and the evaluation of the data are described.

A VEZÉRMŰTENGEY RÖGZÍTÉSE

A mérésekhez alkalmazott Taylor Hobson Talyrond 365 típusú köralakvizsgáló berendezés asztalos kivitelű, a legnagyobb mérhető munkadarabméretek:

Magasság: 500 mm,

Átmérő: 450 mm,

Tömeg: 50 kg.

Az induktív érzékelő méréstartománya 2 mm, az érzékenység 10 nm. A vezérműtengelynek a tárgyasztalon való rögzítésére a legcélszerűbb megoldás az, hogy a vezérműtengelyek hajtásoldalán található menetes furatnál egy lapos tárcsát rögzítünk a vezérműtengely végére. Ezen a tárcsán mérés közben biztosan áll a vezérműtengely, minden fontos felületéhez hozzáférünk, és a függőleges méréstartományból is csak a tárcsavastagságot (3–5 mm) veszítjük el. Mivel a vizsgált vezérműtengelyünknek nagyobb átmérőjű csapágyhelyei vannak, mint a bütykök, ezért a szélső csapágy homlokfelületére lehet állítani a tengelyt. A rögzítésnél figyelembe kell venni, hogy a körbeforgatásnál az érzékelőnek a csapágyhelyek közelébe állításánál a látható ütés ne legyen nagyobb, mint az érzékelő méréstartománya (2 mm). A mérőberendezés több lépcsőben, automatikusan állítja a munkadarabot a vezérműtengely két végén lévő hengeres felületek (pl. behajtófelület és az utolsó csapágyhely) közös tengelyéhez. Ehhez a tárgyasztalt eltolja (center) és elbillenti (level) a mérőgép forgástengelye körül.

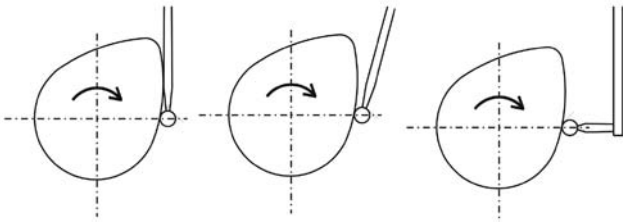
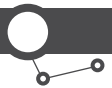
A MÉRÉS MENETE

A forgástengellyel egytengelyű hengeres felületek – csapágyhelyek és a behajtófelület – mérése a köralakvizsgáló berendezés alapfunkciójához tartozik, tehát semmi különösebb gondot nem okoz.

A bütykök vagy a forgástengellyel nem egytengelyű hengeres felületek (excenter) mérése – mivel ekkor az érzékelő méréstartományánál jóval nagyobb méréstartományra lenne szükség – csak akkor lehetséges, ha a köralakvizsgáló érzékelőjének vízszintes karját mérés közben úgy mozgatjuk, hogy az érzékelő mindig a méréstartomány közepén maradjon. Ez a mérés közben történő követő vezérlés (follow) a Talyrond 365 berendezéssel megoldható. A bütyökméréshez egyrészt kisebb



1. ábra: vezérműtengely behajtófelületének köralakmérése



2. ábra: ferde vagy szögben tört tapintóval lehet elkerülni, hogy a tapintószár hozzáérjen a bűtyökprofilhoz

fordulatszámot kell választani, másrészt vagy nagy ($R > 10 \text{ mm}$) görbületi sugarú vagy szögben megtört szárú tapintót, mivel kis gömbben végződő egyenes tapintóval csak kedvezőtlenül meredek szögben állítva tudnánk elérni, hogy a tapintószár ne érjen hozzá a bűtyökhöz, **2. ábra**.

KIÉRTÉKELÉS

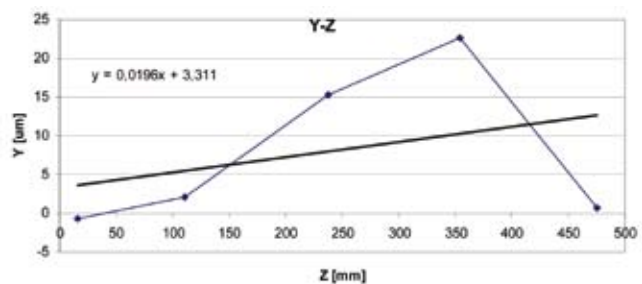
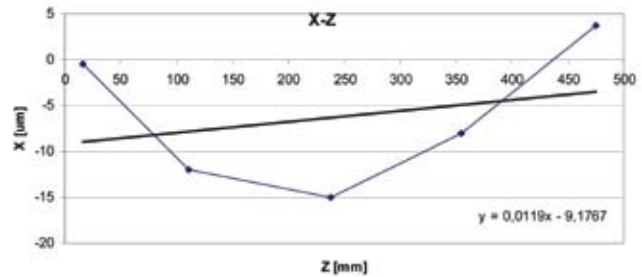
Egysoros, négyhengeres motor behajtófelületének, 5 csapágyhelyének, 4 szívó és 4 kipufogóbűtykének kiértékelését fogom ismertetni.

Miután az összes felület mérését elvégeztük, először meg kell határozni az 5 csapágyhely közös forgástengelyét. Ehhez az



3. ábra: az első csapágyhely mérőlapja a köralak és az egytengelyűségi hibákkal

egyes csapágyhelyek mérőlapjairól polárkoordinátákkal elérhető az adott csapágyhelyet legjobban közelítő (vagy legkisebb köré írható) kör középpontja a köralakvizsgáló forgástengelyéhez, mint bázishoz viszonyítva.



4. ábra: a csapágyhelyeket legjobban közelítő tengelyek két síkban

Az 5 csapágyhely közös tengelyének meghatározásához használhatunk egy CAD-rendszert, koordináta-mérőgép kiértékelő apparátust, vagy akár dolgozhatunk az Excelben is úgy, hogy az 5 térbeli pont közös tengelyének meghatározását visszavezetjük két egymásra merőleges (X-Z és Y-Z síkokban) síkbeli közös egyenes keresésére.

Az így meghatározott közös tengely lesz az, amely körül a vezérműtengely működés közben forogni fog. Az egyes csapágyhelyek egytengelyűségi hibáját ehhez a tengelyhez képest kell meghatározni, ha ugyanis a csapágyakat hézag nélkül illesztjük, akkor ennek az egytengelyűségi hibának megfelelő mértékben kell minden körülforduláskor a tengelyt hajlítgatni. Ha viszont az egytengelyűségi hibának megfelelő játékkal illesztjük a csapágyhelyeket, akkor ez a játék rontja a tengely megvezetését.

		CS1	CS2	CS3	CS4	CS5
Z	mm	15,999	110,489	237,71	354,234	475,002
szög	fok	240,8	169,9	134,6	109,6	10,5
excentricitás	um	0,84	12,18	21,42	23,96	3,84
X	um	-0,4098	-11,9912	-15,0401	-8,03742	3,775699
Y	um	-0,73325	2,135967	15,2516	22,5717	0,699784
Xközelítő	um	-8,98631	-7,86188	-6,34795	-4,96132	-3,52418
Yközelítő	um	3,62458	5,476584	7,970116	10,25399	12,62104
Xhiba	um	8,57651	4,129368	8,692167	3,076104	7,299875
Yhiba	um	4,357835	3,340618	7,281482	12,31771	11,92125
eredő	um	9,620148	5,311441	11,33904	12,696	13,97872

1. táblázat: a csapágyhelyek mért excentricitásai, a közelítő egyenesek két síkban, az eltérések a közelítő egyenesektől és az eredő egytengelyűségi hibák a közös tengelytől

		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Z	mm	36,420	85,973	158,734	204,725	266,008	316,358	388,466	439,340
X	um	-4,091	9,820	-3,003	-19,275	-1,005	-45,627	-17,028	8,143
Y	um	25,171	5,479	22,295	45,871	41,782	5,385	17,157	-4,506
Xközelítő	um	-8,743	-8,154	-7,288	-6,740	-6,011	-5,412	-4,554	-3,949
Yközelítő	um	4,025	4,996	6,422	7,324	8,525	9,512	10,925	11,922
Xhiba	um	4,652	17,974	4,285	12,534	5,007	40,215	12,474	12,092
Yhiba	um	21,146	0,483	15,873	38,547	33,257	4,127	6,233	16,428
eredő	um	21,652	17,981	16,441	40,534	33,632	40,427	3,945	20,398

2. táblázat: a bűtyök alapkörének helyzethibái a vezérműtengely forgástengelyéhez képest

A bűtyök esetében is fontos az egytengelyűség, hiszen a bűtyök alapkörének kör alakjával együtt ez biztosítja, hogy az alapkörön bárhol mérhető, illetve állítható a szelephézag.

A bűtyök kiértékelése három szempont szerint történik:

1. egytengelyűségi hiba,
2. szöghiba,
3. alakhiba.

A kiértékeléshez a bűtyökprofil mért pontjainak koordinátái csv kiterjesztésű fájlba exportálhatók és Excellel értékelhetők. Az XYZ derékszögű koordináta-rendszerben 0,1 fokként kapjuk a bűtyök profiljának 3600 pontját.

Mivel a köralakvizsgáló mért sugárértéke csak összehasonlító érték, ezért először a kapott profilpontokat sugárirányban a helyes pozícióba kell tolni. A radiális értékek sugárirányú eltolása valamelyik csapágyhely köré írható és egy abszolút méretet adó mérőeszközzel (pl. mikrométerrel vagy passzaméterrel) meghatározható kör sugarának a különbsége.

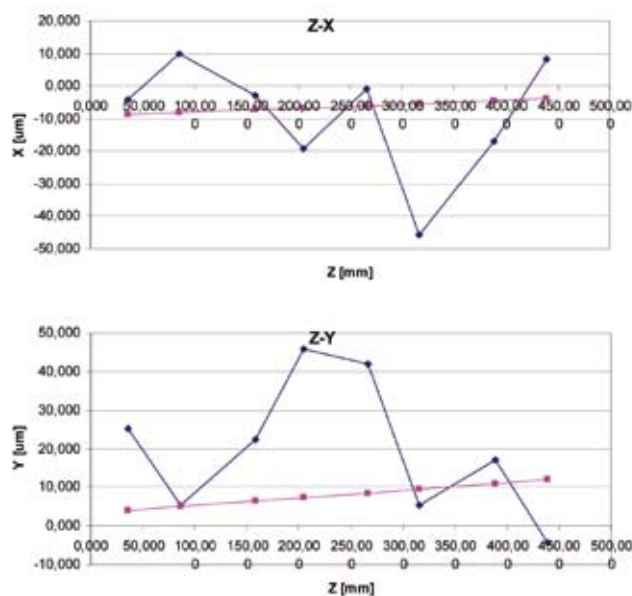
A bűtyök egytengelyűségi hibáját úgy kapjuk meg, hogy megkeressük az alapköri pontokat legjobban közelítő kört és annak középpontját viszonyítjuk a csapágyhelyek közös tengelyéhez.

A 2. táblázat a bűtyök alapkörének középpontjait, a középpontoknak az X-Z és az Y-Z síkban a vezérműtengely forgástengelyétől (az 5 csapágyhely közös tengelyétől) való eltéréseit, valamint az eredő egytengelyűségi hibákat (lilával jelölve a legnagyobb hibát) tartalmazza.

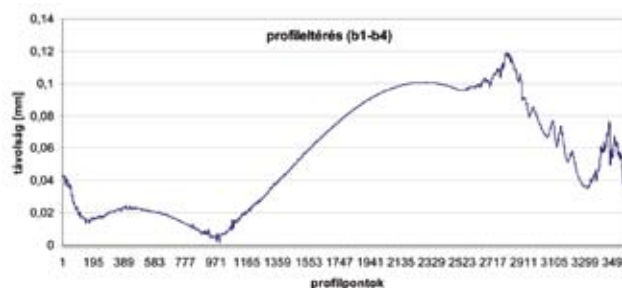
lyétől (az 5 csapágyhely közös tengelyétől) való eltéréseit, valamint az eredő egytengelyűségi hibákat (lilával jelölve a legnagyobb hibát) tartalmazza.

Az 5. a-b ábrák a bűtyök alapkörének helyzethibáit mutatják az X-Z és az Y-Z síkban.

A bűtyök szöghibái és profilhibái egymással összefüggnek. Hogyha ismerjük a bűtyök névleges profilját, akkor a mért profilt ahhoz kell hasonlítani. A példaként vett vezérműtengely esetében nem álltak rendelkezésre a névleges bűtyökprofilok, ezért a szívóbűtyöket és a kipufogóbűtyöket egymással hasonlítottuk össze, keresve a legnagyobb profilhibát. A bűtyök szöghibája összemérhető a profil hibájával úgy, hogy a bűtyökprofilokat az alapkörük középpontjaiban először egymásra toljuk, majd az egyik bűtyökprofilt az alapkör középpontja körül addig forgatjuk, míg a profiljának az eltérése a másik bűtyökprofiltól minimális



5. ábra: a bűtyök alapkörének helyzethibái a vezérműtengely forgástengelyéhez képest



6. ábra: az 1-es és 4-es bűtyök profilpontjainak eltérései

nem lesz. A forgatás szöge lesz a két bűtyök egymáshoz képesti szöghelyzete, a legnagyobb alakhiba pedig a két bűtyök profiljának egymáshoz képesti alakhibája.

Az 1-es és 4-es bűtyök összehasonlítása: a 4-es bűtyök 89,95 fokkal kell elforgatni ahhoz, hogy összességében a legkisebb alakhiba adódjon, és ekkor a két bűtyök profilpontjai közötti eltérés a 6. ábra szerint adódik. Tehát az 1–4 bűtyök legnagyobb alakeltérése 0,12 mm és ez a 2811-es profilpontnál jelentkezik.

ÖSSZEFOGLALÁS

A vezérműtengely bűtyökmérése viszonylag egyszerű kiértékeléssel megoldható a Talyrond 365 köralakvizsgáló berendezéssel.

A kiértékelés továbbfejleszhető úgy, hogy az egyik bűtyöt (vagy a névleges bűtyökprofilt) szakaszonként körívvel közelítjük és egy-egy profilpont távolságát ezektől a körívektől számítjuk. ●

A járműhajtások fejlesztési tendenciái

SZABADOS GYÖRGY

tudományos segédmunkatárs,
KTI, Járműtechnikai,
Környezetvédelmi és
Energetikai Tagozat

Ezzel a címmel tartott előadást 2010. október 14-én Prof. Dr. HANS-PETER LENZ, a Bécsi Műszaki Egyetem Belső Égésű Motorok és Gépjárművek Intézetének (IVK) nyugalmazott vezetője, az Osztrák Járműtechnikai Egyesület (ÖVK) tiszteletbeli elnöke a Közlekedéstudományi Intézet dísztermében. A cikk rövid összefoglalót ad az előadáson elhangzottakból, kiemelten két témakörre, a belső égésű motorok fejlesztésére és az akkumulátor-elektromos hajtású járművekre vonatkozóan.

Prof. Hans-Peter Lenz, the retired head of the Austrian Society of Automotive Engineers and the President of the Institute for Powertrains and Automotive Technology hold a presentation with the same title in the saloon of the Institute for Transport Sciences. This article is a short summary about his presentation containing two main parts regarding the development of the four strokes engines and the electric vehicles.

Hans-Peter Lenz a reál gimnázium elvégzése után az Aacheni Műszaki Főiskolán (RWTH Aachen) folytatta tanulmányait. Egyetemi éve alatt többek között az újonnan fejlesztett Leopard tankok menetvizsgálatai tartoztak a feladatai közé. Az aacheni évek után a Zürichi Műszaki Egyetemen kezdett el a belső égésű motorokkal, ezen belül a keverékképzéssel foglalkozni. Majd 10 éves, az iparban különböző területeken (Komponensfejlesztés a Solexnél, dízel motorok fejlesztése a Deutznál és az Otto-motorok fejlesztése a Daimler-Benz-nél) eltöltött gyakorlat után került a Bécsi Műszaki Egyetemre. 1974–2002-ig az egyetem Belső Égésű Motorok és Gépjárművek Intézetének (IVK) vezetője volt. Jelenleg az Osztrák Járműtechnikai Egyesület (ÖVK) tiszteletbeli elnöke. Hans-Peter Lenz neve fémjelzi a motorfejlesztők mekkájának tartott Bécsi Motorszimpóziumot, amelyet ez idáig 31-szer rendeztek meg.



Prof. Dr. Hans-Peter Lenz

BEVEZETÉS – EGYETEMES TENDENCIÁK

A járműhajtások kialakításánál a vevői igények és a törvényi előírások játszanak döntő szerepet. A vevők sokszínűséget követelnek meg a járműhajtás vonatkozásában, a nagy teljesítménytől kezdve, a környezetkímélő és extrém kis fogyasztású hajtásokig. A környezetkímélő jellemzőt a törvényi előírások is támogatják, sőt kikényszerítik. Az ember számára nem közvetlenül szükséges a nagy teljesítményű hajtás, de egészen általánosan egy bizonyos igény áll fenn a luxus javak iránt, és ez az autónál, illetve a járműhajtásnál is megjelenik. A középkategóriás járművek hajtásának ki kell elégíteni nagy komfortszinttel magasra állított elvárásokat, míg az alsó teljesítménykategóriában, a járműnek, illetve a hajtásnak költség és fogyasztás szempontjából a lehető legkedvezőbbnek kell lennie, ami két gyakran egymással szemben álló követelmény.

Minden hajtásnak természetesen ki kell elégítenie az érvényes kipufogógáz- és zajelőírásokra vonatkozó követelményeket. Jelenleg 3 fő fejlesztési irányba sorolhatók a járműhajtásokra vonatkozó fejlesztések: a belső égésű motorok fejlesztése, a hibridizálás és a tisztán elektromos hajtás.

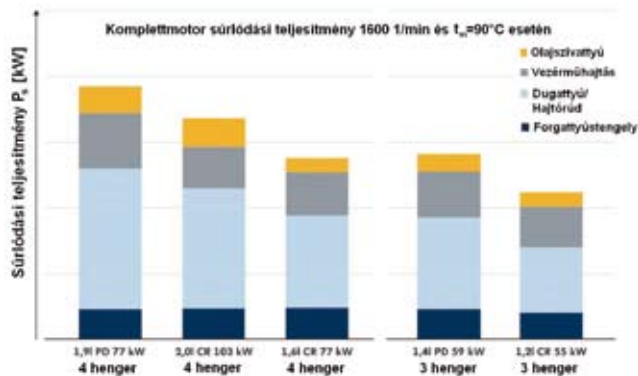
A BELSŐ ÉGÉSŰ MOTOROK FEJLESZTÉSE – SOK KICSI, SOKRA MEGY

Ezen a területen minden teljesítménykategóriában állandó jelleggel, jelentős javító intézkedéseket céloznak meg, a motor minden részletére kiterjedően. Kevesebb nagy hatékonysági ugrás van, a sok kismértékű javulás – amelyek egyenként az 1 százalékos vagy az alatti tartományba esnek – a jellemző, de ezek összességében nagy előrelépést jelentenek. A fejlesztések főleg a feltöltés, a töltetcsere, a befecskendezés, gyújtás, égés, kipufogógáz-utánkezelés és a súrlódáscsökkentés területein zajlanak. További irányok a motor méretcsökkentése (downsizing), az elektronizáltsági fok növelése és a mellékhatásoknak az igények szerinti szabályozott működtetése.

2010. áprilisában, a 31. Bécsi Motorszimpóziumon mutatták be a Volkswagen új 1,2 l TDI motorját. Ezzel a motorral a Volkswagen egy teljesen új, 3 hengerű dízel motort mutatott be, amely az ismert és sikeres 1,4 l PD-TDI motort váltja. A 2009 elején bevezetett 4 hengerű 1,6 l TDI motort alapul véve fejlesztették az új motort. A 3 hengerű motorkonceptió használata a dízel motorok méretcsökkentésének aspektusából egészen különösnek tekinthető. Az egyszerű hengorszám-csökkentéssel kialakított új motor előnye, hogy egyrészt az égéstér nagyságát és kialakítást a nagyobb hengorszámú motorból egyszerűen átvesszik, és ilyen



1. ábra: a Volkswagen új 1,2 literes TDI motorja



2. ábra: a súrlódási teljesítmények alakulása 3 és 4 hengerű dízelmotorok esetén (Forrás: [2])

módon az értelmes minimális égéstértérfogatot lefelé nem lépik át. Ellentétben az egy hengerre vonatkozó lökettérfogat-csökkentéssel, amely az égéstér térfogatának csökkentése által érhető el, és termodinamikai hatásokkal veszteséggel kell számolni. Másrészt a csökkentett hengerszámból adódó súlycsökkenés és a veszteségteljesítmény-csökkenés előnyt jelent a tüzelőanyag-fogyasztásban.

A legjelentősebb megemlítendő változtatások a forgattyús házban, a tömeget kiegyenlítő tengely és az olajszivattyú hajtásán, a súrlódási teljesítmény csökkentése, a befecskendezés és a kipufogógáz-utánkezelés területén voltak.

A SÚRLÓDÁSI TELJESÍTMÉNY CSÖKKENTÉSE

A hosszabb hajtórúd miatt, a dugattyúra ható oldalerő csökken, ellentétben a hosszúlökötű 1,4 literes TDI motorral. A 10%-kal csökkentett közepes dugattyúsebességgel és a dugattyúgyűrűk csökkentett tangenciális erejével csökkentették a henger futófelületén kialakuló súrlódási teljesítményt. A bázismotorral összehasonlítva a súrlódási veszteségteljesítmény csökkentése, a mechanikai hatások javítása érdekében a további változtatásokat eszközölték: csökkentett fogasszíjszélesség (30 mm-ről 25-re), csökkentett szeleprugóerő, továbbá a tömeget kiegyenlítő tengelymodul hajtásoptimalizálása kisebb láncerokkal és súrlódási veszteségekkel. A 2. ábrán a 3 és 4 hengerű dízelmotorok (1,4i TDI és 1,2i TDI) súrlódási veszteségeinek összehasonlítása látható.

Összefoglalva, a Volkswagennek sikerült, 1,4 PD-TDI motorból kiindulva, méretcsökkentéssel, a súrlódási teljesítmény csökkentésével, súlycsökkentéssel, a legmodernebb befecsk-



3. ábra: a Lohner-Porsche féle kerékagymotoros autó 1900-ból (Forrás: [3])

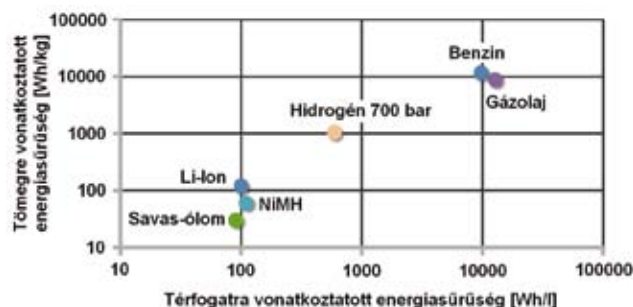
kendezési technológia segítségével, egy 0,44 l/100 km mértékű tüzelőanyagfogyasztás-csökkentést elérni, ami a CO_2 -kibocsátás tekintetében a 99 g CO_2/km értékről 87 g CO_2/km értékre való csökkenést jelent.

A TISZTÁN ELEKTROMOS HAJTÁS HÁTRÁNYAI – ELEKTROSZKEPTICIZMUS

A következőkben megfogalmazott jellemzők a tisztán elektromos hajtású járművek közül az ún. akkumulátor-elektromos járművekre vonatkozik, tehát amikor a villamos energia forrása kizárólag az akkumulátor és nem tüzelőanyag-cella. Az elektromos autó egyáltalán nem új, a Lohner-Porsche kerékagymotoros elektromos hajtású járműve 1900-ból származik (3. ábra). Az ilyen hajtásrendszerű járművek területén a fejlesztések folyamatosak.

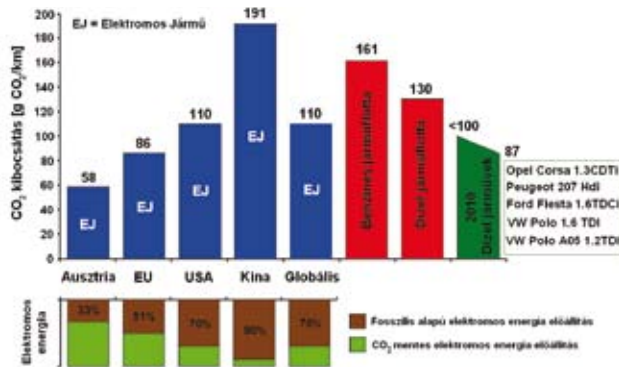
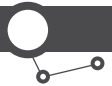
Az akkumulátor-elektromos hajtás hátrányai:

- A kívánt hajtási teljesítményszükségleteknek megfelelő akkumulátor ára 10 000–15 000 euró között mozog, de az akkumulátor élettartama a mai fejlettségi szinten 70 000–100 000 km. Így azonos összehasonlítási alapokat véve, az elektromos autó ára négyszerese is lehet a belső égésű motorral hajtottaknak, miközben a vele elérhető hatótávolság 6-od, 7-ed része a hagyományos erőforrással rendelkező járműének.



4. ábra: a különböző energiahordozók energiasűrűség-adatai (Forrás: [4])

- Az a tény, hogy az akkumulátor-elektromos járművek 150 km-es maximális hatótávolságot érnek el, egy korlátozott vevői érdeklődést von maga után, mivel a vevők által elvárt hatótávolságok sokkal nagyobbak. A range-extender járművek itt javulást hozhatnak.
- Kevesebb komforttal rendelkezik. Jelenleg a konvencionális hajtású járművekkel összehasonlítható menetkomfort csak a hatótávolság romlásával érhető el, mivel pl. a klímaberendezést vagy utastérfűtést elektromos energiaforrásból lehet táplálni.
- A tisztán elektromos hajtású gépjárművekhez kapcsolódó infrastruktúra csak kismértékben elterjedt.
- A tankolási idő pár perc helyett több óra.
- Az akkumulátorokhoz szükséges nyersanyagkészletek nagyságára vonatkozó kérdések is felmerülnek, amelyek még nem tisztázottak.
- Az elektromos autó gyártása nagyobb energiát igényel, kb. dupla akkora energiára van szükség a gyártásához, mint a hagyományos jármű gyártásához. A teljes életciklusra vonatkozó energiafelhasználásnak az 50%-át a gyártásához használják fel, ellentétben a 15%-os aránnyal a hagyományos motorú gépjárműnél.
- Jelentős hátrányt mutatnak az akkumulátorok energiasűrűségi jellemzői a benzinhoz, illetve a gázolajhoz képest. A 4. ábra mutatja a különböző energiahordozók energiasűrűségét.



5. ábra: a Well-to-Wheel CO₂-kibocsátások összehasonlítása (Forrás: [5])

A járműgyártók az elektromos autók bevezetésének alapvető okaként a klímaszempontokat hivatkozzák meg, azaz a kisebb CO₂-kibocsátást a belső égésű motorú járművekkel szemben. Ez az érv hibás, amit a 5. ábra támaszt alá. Az akkumulátor-elektromos járművek csak a 100%-osan CO₂-semleges elektromosenergia-előállítással (víz, szél, atomerőmű) nyújtanak előnyöket a fenntarthatóság, klímavédelem és az ellátásbiztonság területén. Azonban a jövőben sem várható a globális százalékos növekedése a megújuló energiáknak.

ÖSSZEFOGLALÁS

A járműhajtásra vonatkozó fejlesztési tendenciák a következők:

- A felsőkategóriás járművekben 600 LE maximális teljesítményig továbbra is maradnak a nagy motorok, a megfelelő teljesítmény elérése után másodrangú kérdés az emissziós előírások teljesítése és harmadrangú a tüzelőanyag-fogyasztás. Teljesítményerős, de fogyasztás szempontjából kedvező motorokkal (2–3 hengerű) szerelt járművek az alsó kategóriákban (kisebb 90 g CO₂/km kibocsátással).
- A hibridizálás az alsó teljesítménykategóriás motorokra koncentrál. A start-stop rendszerek egyetemes elterjedése látszik. Teljes hibridek még alig vannak.
- A motor igényeinek megfelelő szabályozott működtetésű mellék-hajtások kerülnek előtérbe.
- A tisztán elektromos hajtású járműveket majdnem minden autógyártó reklámozza. Nagyobb darabszámú eladási áttörés az elkövetkező 10–20 évben valószínűtlennek látszik.

Prof. Dr. Hans-Peter Lenz ezt az előadást a Széchenyi István Egyetem Audi Hungaria Belső Égésű Motorok Tanszéke és az Audi Akadémia közreműködésével szervezett „Motorteknika előadás-sorozat” keretén belül, 2010. október 7-én is elmondta. ●

IRODALOM

- [1] Hans-Peter Lenz: Tendenzen in der Entwicklung der Fahrzeugantriebe, szakmai előadás 2010.10.14, KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.
- [2] Rudolph, F.: Der neue 1,2l TDI® von Volkswagen - Innovation mit 3 Zylindern für niedrigsten Verbrauch - 31. Internationales Wiener Motorsymposium
- [3] Peier, O.: Alternative Antriebssysteme ACVR, Wien 25.1.2010
- [4] Grebe, U.D.: Motor und Umwelt 2009, Graz AVL
- [5] Demel, H.: Energiebedarf im gesamten Lebenszyklus für verschiedene Fahrzeugkonzepte - 30. Internationales Wiener Motorsymposium

Hajtáslánc-irányító funkciószoftver fejlesztése automatizált nehézhaszonjármű-sebességváltóhoz

BÓKA GERGELY

PhD-hallgató
Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi
Egyetem

TRENCSENI BALÁZS

projektvezető, TRUCKDAS
BME EJJT

DR. NÉMETH HUBA

kutatói igazgató
BME EJJT

DR. PALKOVICS LÁSZLÓ

fejlesztési igazgató
Knorr-Bremse
stratégiai
rektorhelyettes
Kecskeméti Főiskola

A cikk a TRUCKDAS projekt keretében, nehézhaszonjárművek számára kifejlesztett elektromechanikus sebességváltó-működtető egységhez készített hajtáslánc-irányító funkciószoftvert ismerteti. A moduláris felépítésű szoftver – bár a jármű teljes funkcionalitását biztosítja – kifejezetten a működtető tesztelésére készült, és így a tapasztalatokon és hosszú hangolási folyamatokon alapuló megoldások helyett modellalapú, rugalmas algoritmusokra épül. Az egyes modulok ismertetése után a cikk a teljes szoftver működését tesztelési mérések segítségével mutatja be.

This paper presents the transmission control function software built up for the electro-mechanical actuator unit developed for heavy duty automated mechanical transmissions within the project TRUCKDAS. The modularly structured software was constructed directly for the testing of that actuator unit, so instead of solutions requiring a lot of experience and fine tuning, model based, flexible algorithms were preferred. After describing the function of the modules, the operation of the complete software is presented through results of bench tests.

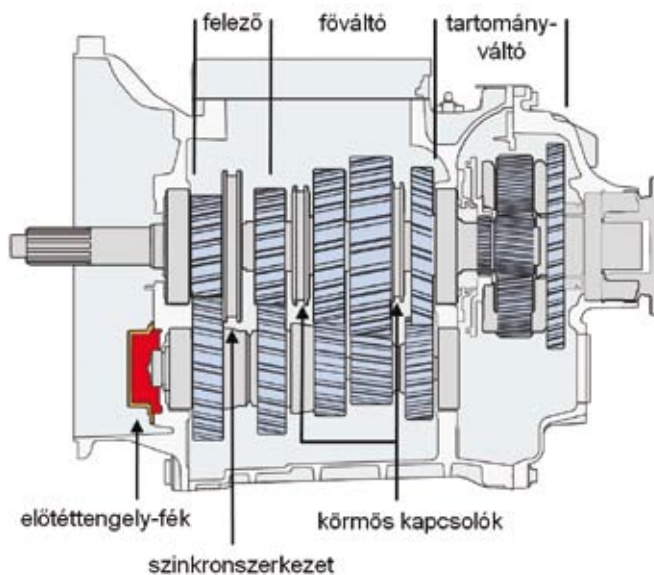
BEVEZETÉS

A kézi kapcsolású sebességváltók magas hatásfokát a hajtáslánc-működtetés automatizálásának minden előnyével párosító automatizált sebességváltók a gazdaságosság, terhelhetőség és élettartam szempontjából kihívást jelentő nehézhaszonjármű kategóriában a ma elérhető legkedvezőbb megoldást képviselik. A hajtáslánc-irányításban rejlő, a vezetési komfort növelésével, valamint a fogyasztás és a CO₂-kibocsátás csökkentésével kapcsolatos potenciálok miatt az alkalmazott konstrukciós megoldások és szoftveres funkciók az utóbbi időben jelentős fejlődésen mentek keresztül.

A nehéz haszonjármű kategóriában az automatizált sebességváltók a kézi kapcsolású sebességváltókkal azonos mechanikai felépítéssel rendelkeznek, az egytárcsás súrlódó tengelykapcsoló és a kapcsolórúdak működtetését azonban nem a vezető, hanem elektronikusan irányított beavatkozókön keresztül a hajtáslánc-irányító egység (Transmission Control Unit, TCU) végzi. Az ebben futó hajtáslánc-irányító szoftver a rendelkezésre álló jelek alapján önállóan dönt egy sebességváltás szükségességéről, valamint a vezető beavatkozása nélkül végre is hajtja azt.

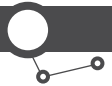
A magas fokozatszámot és széles áttételtartományt a lehető legkevesebb fogaskerékpárral úgy valósítják meg, hogy a jellemzően 3 vagy 4 fokozatú, ún. főváltót felezővel, valamint bolygóműves tartományváltóval egészítik ki, melyek a főváltó fokozatszámát – a hátrameneti fokozatot is ideértve – megnégyszerezik (**1. ábra**). A felező és a tartományváltó kapcsolóvillája egy-egy saját beavatkozával mozgatható. A főváltóban található jellemzően 2 vagy 3 kapcsolóvilla működtetéséhez általában szükség van keresztdíszirányú válogatásra is, a működtetés ilyenkor két mozgatói irányt igényel.

A modern automatizált váltóknál a főváltó nem szinkronizált, a benne található körmos kapcsolószerkezetek szinkronizálását még a kapcsolás előtt el kell végezni. Ehhez üres állásból történő sebességváltáskor, illetve haladó járműnél felváltáskor



1. ábra: 12 sebességű, szinkronizálatlan főváltójú automatizált nehézhaszonjármű-sebességváltó kinematikai vázlata

az előtét-tengelyt egy ún. előtét-tengelyfék fékezi le a megfelelő fordulatszámra. Visszaváltáskor a motor fordulatszámának az alacsonyabb sebességfokozathoz tartozó magasabb értékre történő növelése után az előtét-tengely fordulatszámát a tengelykapcsoló részleges vagy teljes zárásával növelik a megfelelő értékre. Így módon a főváltó szinkronszerkezetei elhagyhatók, a felszabadult hely pedig a fogszélesség, és így a váltó teherbírásának növelésére használható.



Ezen folyóirat hasábjain már bemutatásra került egy kifejezetten nehéz haszonjármű automatizált sebességváltók számára kifejlesztett váltóműködtető egység [1], amely a fokozatok kapcsolását a kategóriában elterjedt elektropneumatikus működtetéssel szemben elektromotorokkal végzi. A felezőt és a tartományváltót egy-egy egyenáramú (DC) motor kapcsolja, a főváltó működtetéséhez szükséges kétirányú mozgást pedig két, közös tengely köré épített háromfázisú AC motor állítja elő, melyek összehangolt szabályozásával a közös tengely tetszőleges forgó vagy haladó mozgása megvalósítható. Az átalakítás nem érintette az előtétengelyféket és a tengelykapcsoló működtetőjét, melyek továbbra is elektropneumatikusak. [1]-ben a működtetőegység ismertetése mellett a tesztptadi üzemeltetéshez szükséges teljes rendszerarchitektúra is bemutatásra került. Ennek egyik központi eleme a tesztptadi „virtuális jármű”, majd későbbiekben a valós tesztjármű funkcionalitását biztosítani képes hajtáslánc-irányító funkciószoftver.

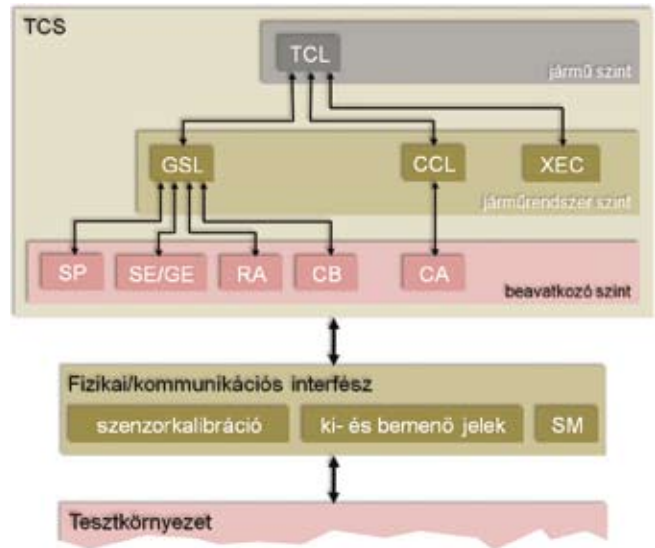
Jelen cikk ezt a funkciószoftvert ismerteti, melynek moduláris architektúrája a szoftver felépítését és így a bemutatott eredményeket magától a működtetőtől nagyrészt függetlenné teszi. A szoftver felépítésének és az egyes modulok működésének ismertetése után végül az egész szoftver működését tesztptadon elvégzett mérések segítségével demonstráljuk. A cikkben használt angol elnevezéseket – a magyar jelentés megadása mellett – a nemzetközileg elfogadott terminológiához való illeszkedés indokolja.

A FUNKCIÓSZOFTVER STRUKTÚRÁJA

A hajtásláncirányítás komplex feladata bármely járműkategóriában hatékonyan csak moduláris felépítéssel oldható meg, melyben az egyes modulok jól elhatárolt feladattal és csatlakozási felülettel rendelkeznek. Ez lehetővé teszi azok különálló tesztelését és ezzel a szoftveres hibák módszeres kiszűrését, a szoftver hordozhatóságát különböző hardveres kialakítások között pusztán a szükséges modulok cseréjével, illetve a jármű funkcionalitásának növelését újabb modulok hozzáadásával (pl. hibrid modul az elektromotor irányításához), melyek együttesen a fejlesztési idő és költségek drasztikus csökkentését eredményezik [2–4].

A **2. ábra** a bemutatott hajtáslánc-irányító rendszer (Transmission Control System, TCS) felépítését mutatja, ami az alapkoncepció szerint az irányítást tehát moduláris rendszerben, az elterjedt jármű – járműrendszer – beavatkozásszintekre bontva valósítja meg.

A járműszintű hajtáslánc-irányító modul (Transmission Control Logic, TCL) a hajtáslánchoz kapcsolódó irányítható járműrendszerek koordinációját végzi a jármű gazdaságos és biztonságos üzeme érdekében. A jármű egészének viselkedését meghatározó alapvető jellemzőkön túl a járműszintű modul független a járműrendszerek kialakításától, és különösen azok beavatkozótól. A járműrendszer-szintű irányítás elemeit külön a sebességváltó (GearShift Logic, GSL), a tengelykapcsoló (Clutch Coordinator Logic, CCL) és a belső égésű motor (eXternal Engine Control, XEC) koordinációjáért felelős modulok alkotják. A modulok felépítését már meghatározza az adott járműrendszerben megvalósítható beavatkozások jellege, viszont függetlenek a saját működtetésük módjától (pl. elektropneumatikus vagy elektromechanikus) és attól, hogy az adott járműrendszer milyen járműbe került beépítésre. A járműrendszerek beavatkozóinak irányításáért felelős modulok alkotják a funkciószoftver beavatkozó szintjét. A modulok felépítését kizárólag a beavatkozók maguk határozzák meg, függetlenül attól a járműtől és járműrendszertől, amibe beépítésre kerültek. A beavatkozásszint csak a sebességváltó és a tengelykapcsoló működtetőit tartalmazza, a motor beavatkozóinak irányítása ugyanis a motorvezérlő egység feladata. Az architektúra nem zárja ki,



2. ábra: a TCS funkciószoftver moduláris felépítése

hogy egy adott működtető mindkét járműrendszer irányításában részt vegyen, amelyre demonstrátor járművek esetében létezik példa. A bemutatott funkciószoftver egy kuplungműködtető modul (Clutch Actuator, CA) mellett négy sebességváltó-működtető modult tartalmaz, a felező (Split, SP), a főváltó, a tartományváltó (Range, RA), valamint az előtétengely-fék (Countershaft Brake, CB) számára. A főváltó kombinált működtetőjének két motorját egy közös modul (Select/Gear, SE/GE) koordinálja, hiszen mind a válogatás, mind a kapcsolás a két motor összehangolt működtetését igényli.

A felépített hierarchia értelmében minden modul hozzáfér bármely, a rendszerbe érkező külső jelhez, azonban a modulok közötti kommunikáció csak a **2. ábra** szerinti függőleges irányban engedélyezett. Abban az esetben, ha azonos szinten lévő modulok közötti kommunikáció válik szükségessé, pl. a GSL a tengelykapcsolóval történő szinkronizálásra való igényét jelzi a CCL felé, akkor az csak a TCL-en keresztül, az egész hajtáslánc koordinációja szempontjából ellenőrzött módon történhet meg.

A funkciószoftver a fejlesztési folyamat egyes fázisai során más és más környezetben kerül tesztelésre. A szoftveres (Software-in-the-Loop, SIL), a tesztptadi (Hardware-in-the-Loop, HIL) valamint a későbbi járműves tesztek esetén a bejövő jelek forrása és minősége, illetve a kimenő jelek felhasználása lényegesen eltérő. A TCS változatlan formában való működését a fizikai/kommunikációs interfész modul biztosítja. Ebben történik meg a be-, illetve kimenő jelek feldolgozása, illetve skálázása és a szenzorok kalibrációja, ily módon a TCS be- és kimenő jelei, és így a teljes funkciószoftver minden tesztkörnyezetben azonos maradhat. A későbbiekben ebben a modulban kerül majd elhelyezésre a lehetséges meghibásodásokat és üzemzavarokat kezelő almodul (Safety Management, SM) is, amelynek feladata a hajtáslánc hibáiból eredő balesetek és a további károsodások megelőzése.

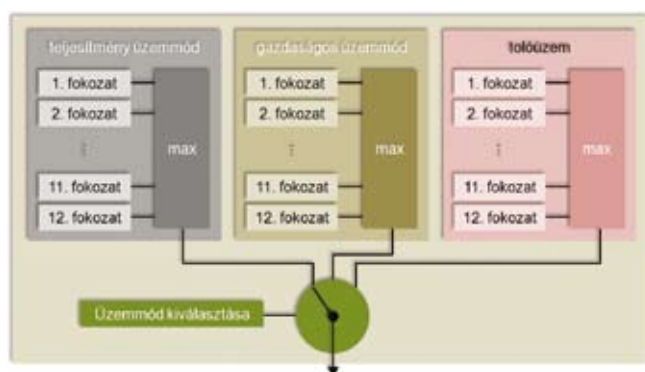
A MODULOK MŰKÖDÉSE

1. Hajtáslánc-irányító modul (TCL)

A hajtáslánc-irányító modul feladata a rendelkezésre álló jelek feldolgozásával a pillanatnyi viszonyoknak leginkább megfelelő sebességfokozat kiválasztása, valamint a motor, a sebességváltó és a tengelykapcsoló koordinálásával a jármű elindulásának és a kiválasztott sebességfokozat kapcsolásának koordinálása.

1.1. Az adaptív fokozatkiválasztó algoritmus

Az optimális sebességfokozat kiválasztásának képessége a hajtáslánc-irányítás egyik központi, a vezethetőséget, gazdaságosságot és az általános vezetői elégedettséget leginkább befolyásoló tényezője. Ezt a feladatot a TCL-ben elhelyezett adaptív fokozatkiválasztó algoritmus valósítja meg. A különböző hajtáslánc-irányító rendszerek esetében ezt legtöbbször a váltási pontokat jelző görbeseregek halmazával oldják meg [5-6], ekkor azonban a rendszer finomhangolása tesztek hosszú sorozatát és sok tapasztalatot igényel. A haszonjárművek teljes terhelésre optimalizált fokozatkiosztása fékezéskor mindenképp, kevésbé vagy nem terhelt jármű esetén pedig gyorsításkor is szükségessé teszi egyes sebességfokozatok kihagyását. Ezek a fokozatugrások a görbeseregekkel csak nehézkesen valósíthatók meg. Mindezek miatt az előremeneti fokozat kiválasztására az ismertett szoftverben alkalmazott algoritmus (3. ábra) modellalapú és a lehető legkevesebb hangolandó paramétert tartalmazza, melyek ráadásul általában valamilyen könnyen megérthető fizikai jelentéssel is rendelkeznek.



3. ábra: az adaptív fokozatkiválasztó algoritmus felépítése

A vezető szándéka szerint az algoritmus három üzemmód közül választhat, ezek a teljesítmény üzemmód, gazdaságos üzemmód és a tolóüzem. Az egyes üzemmódokhoz tartozó ajánlott sebességfokozat kiválasztása az összes sebességfokozat három szempont szerinti valós idejű súlyozásán és összehasonlításán alapszik, melyek a vonóerő, fajlagos fogyasztás, valamint motorféknyomaték szempontjából ideális fokozat meghatározását teszi lehetővé. A súlyozás egy prediktív járműmodell segítségével történik meg, amely előrejelzi a jármű mozgásállapotát minden potenciális sebességváltás utáni állapotban, figyelembe véve a sebességváltás alatti folyamatokat (pl. fékezés), a jármű aktuális tömegét, valamint az út topológiáját. Becslés történik továbbá a potenciális sebességfokozatban eltöltött időre is, amely lehetővé teszi a felesleges sebességváltások kiszűrését, és így a fokozatugrások lehetőségét biztosítja. A pillanatnyi járműsebességhez alkalmatlan sebességfokozatok 0 súllyal szerepelnek.

Az üzemmód kiválasztása kizárólag a vezető szándékának felismerésével történik, a gázpedál helyzetének és lenyomási sebességének elemzésével. Az alapvető járműdinamikai szerepük miatt az algoritmus, s így a TCL nem lehet teljesen független a sebességváltótól és a motortól, az elérhető sebességfokozatok száma és áttétele, illetve a motorteljesítmény és fajlagos fogyasztás jellemzői az algoritmus számára bemenő adatokként szerepelnek, s így az algoritmus rugalmas paraméterezhetőségét biztosítják. Az adaptív fokozatkiválasztó algoritmus kimenete az optimális sebességfokozat, a TCL által megvalósított fokozat azonban nem lehet alacsonyabb, mint a vezető által kiválasztott indulófokozat.

1.2 A jármű elindulása

A jármű elindulásakor a sebességváltó kezdetben álló behajtótengelyét a tengelykapcsoló csúsztatásával kell felgyorsítani a motor fordulatszámára. A csúsztatást úgy kell kivitelezni, hogy az a jármű finom, rángatásmentes, de a vezető szándékának megfelelő dinamikájú elindulását biztosítsa, ami a tengelykapcsoló és a motor összehangolt szabályozásával érhető el. A vezető szándékát egyedül a gázpedálállás fejezi ki, a jobban lenyomott pedál dinamikusabb elindulásra való igényt jelez.

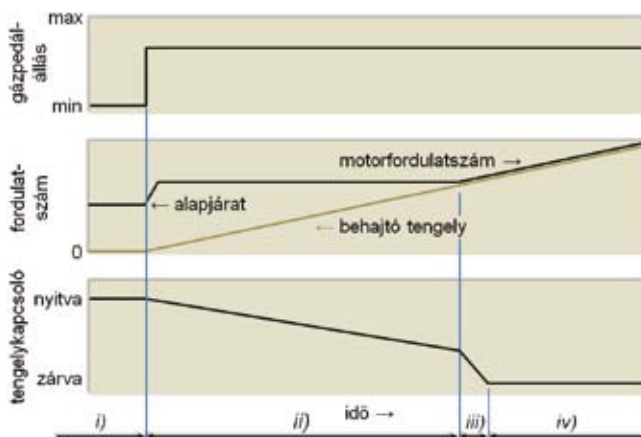
Mivel a tengelykapcsoló kopását meghatározó, a csúsztatás során eldisszipált energia a csúsztatás alatt állandónak feltételezett motorfordulatszám négyzetével arányos, a súrlódó betétek élettartama szempontjából a lehető legalacsonyabb motorfordulatszám előnyös, legkedvezőbb esetben az alapjárat. A csúsztatás alatt akkor szükséges az alapjáratnál magasabb fordulatszám, ha a vezető által megkívánt dinamikájú elindulás a motor alapjáraton elérhető nyomatékával nem valósítható meg. A tengelykapcsoló elinduláskor bekövetkező kopásának alacsonyan tartása azért alapvető, mert a jármű üzeme során máskor érdemi kopás nem következik be.

A fentiek figyelembevételével a jármű elindulására a 4. ábra szerinti módszer került kidolgozásra. Az elindulásra kész jármű bekapcsolt indulófokozattal és nyitott tengelykapcsolóval várakozik (i) arra, hogy a vezető a gázpedál lenyomásával jelezze indulási szándékát. Ekkor a motor a gázpedálállástól függő fordulatszám-értéket vesz fel és tart (ii), amely érték alacsony pedálállásnál továbbra is az alapjárat, nagyobb pedálállásoknál pedig egyre magasabb. Ezzel párhuzamosan megkezdődik a tengelykapcsoló fokozatos összehúzása, szintén a gázpedálállástól, valamint a jármű tömegétől függő zárési sebességgel. A behajtótengely és a motor fordulatszámának kiegyenlítődése után a tengelykapcsoló gyorsan összehúz (iii), amellyel befejeződik az elindulási folyamat. Ezután a vezető visszanyeri a motor feletti irányítást, és szándékának megfelelően haladhat a járművel (iv).

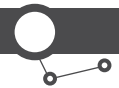
1.3. A sebességváltási folyamat

Az elinduláshoz hasonlóan, a sebességváltások végrehajtására az egyes gyártók hosszú fejlesztési folyamat során rájuk jellemző sajátos szekvenciákat alakítottak ki, melyek azonban a vezető szempontjából csaknem ugyanazt a váltási sebességet és komfortot biztosítják.

Haladó jármű esetén a sebességváltási folyamat első lépése minden esetben a főváltó oldandó kapcsolószerkezetének tehermentesítése, terhelés alatt ugyanis a kapcsolószerkezetek nem vagy csak nehezen oldhatók. Ez vagy zárt tengelykapcsoló mellett a motor finom nyomatékszabályozásával vagy a tengelykapcsoló



4. ábra: a jármű elindulásának koordinálása



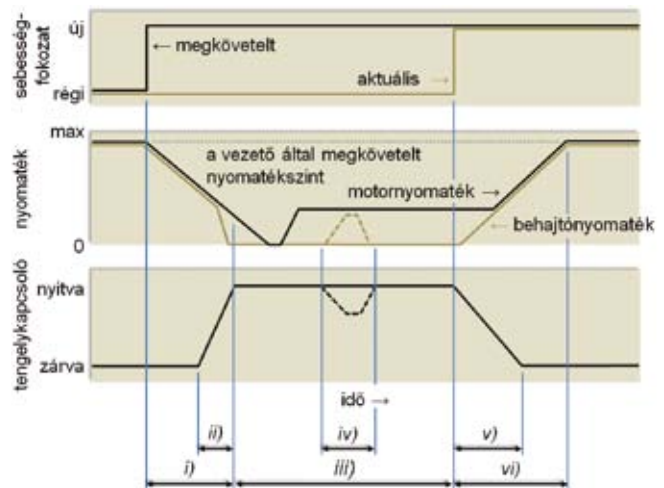
nyitásával érhető el. Ez utóbbi megoldás az általánosabb, mert a motor zárt tengelykapcsoló melletti nyomatékszabályozását egyszerűbbé teszi, viszont az teljesen el nem hagyható. A tengelykapcsoló nagy motorterhelés melletti gyors nyitása ugyanis erőteljes hajtáslánc lengéseket és a járműfelépítményen is érezhető bólintást okoz [7], ami a motor nyomatékának a tengelykapcsoló nyitása előtti fokozatos leépítésével előzhető meg. A főváltó üresbe váltása után elvégezhető a felező, illetve a tartományváltó kapcsolása, ami megtörténhet nyitott vagy előzőleg visszazárt tengelykapcsoló mellett is. Utolsó lépés mindig a szinkronizálatlan főváltó kapcsolása, amely azonban csak az előzőleg elvégzett fordulatszám-szinkronizálás után történhet meg. A fordulatszám-szinkronizálás felváltáskor a behajtótengely fékezéséhez igényli, ami zárt tengelykapcsoló mellett a motorfékkel és az előtét-tengely-fékekkel együttesen történhet meg, nyitott tengelykapcsoló mellett kizárólag az előtét-tengely-fékekkel. Felváltáskor a behajtótengely fordulatszámának növelése mindenképpen igényli a tengelykapcsoló legalább részleges összezárását, ami után a tengelykapcsoló összezárva maradhat, vagy újra kinyithat. A főváltó kapcsolása után – amennyiben az még nem történt meg – a tengelykapcsoló összezárandó, és végezetül a motor vezető által megkívánt nyomatékának felépítése, vagyis a hajtáslánc fokozatos terhelése következik.

A lehetséges koncepciók elemzése után a kézi kapcsoláshoz leginkább hasonló szekvencia (**5. ábra**) alkalmazása mellett döntöttünk, amely a leggyorsabban implementálható, viszont a teljes funkcionalitást biztosítja. A sebességváltási folyamat tehát a motor nyomatékának leépítésével (i) kezdődik, melyet a tengelykapcsoló gyors nyitása (ii) követ. A megkívánt fokozat bekapcsolása (iii) a szükséges beavatkozók működtetésével nyitott tengelykapcsoló mellett, a GSL modulban meghatározott váltóspecifikus szekvencia szerint történik meg (*lásd: 4. fejezet*), miközben a motor eléri és tartja az új fokozathoz tartozó fordulatszámot. Felváltáskor a szinkronizálás a motorfordulatszámától függetlenül az előtét-tengely-fékekkel történik meg, visszaváltáskor pedig a megfelelő motorfordulatszám elérése után a tengelykapcsoló részleges zárása majd visszanyitása során (iv). Az új fokozat bekapcsolása után a tengelykapcsoló gyors zárásával (v) párhuzamosan kezdődik meg a motornyomaték eredeti, a vezető által megkívánt szintjére történő visszaállítás (vi).

Álló jármű esetén nem szükséges a motornyomaték és -fordulatszám szabályozása, a motor végig alapjáraton jár. A fokozatkapcsoláshoz szükséges működtetési sorrend megegyezik a haladó járműnél alkalmazottal, a főváltó szinkronizálása üresből történő sebességváltáskor az előtét-tengely-fékekkel, két üresből különböző fokozat között való kapcsoláskor pedig a tengelykapcsolóval történik meg. Üresbe történő váltáskor nem szükséges szinkronizálás, és ezt követően a tengelykapcsoló a beavatkozó tartós terhelését elkerülendő összezár. Üresből különböző megkívánt fokozat bekapcsolása után a tengelykapcsoló mindaddig nyitva marad, amíg a vezető a gázpedál lenyomásával az elindulási szándékát nem jelzi. Ekkor a jármű a tengelykapcsoló csúsztatásával az előző fejezetben leírt módon indul el.

2. A KÜLSŐ MOTORIRÁNYÍTÓ MODUL (XEC)

A külső motorirányító modul (eXternal Engine Control, XEC) a belső égésű motor elindulás, illetve sebességváltás alatti szabályozásáért felelős, amihez a jármű szabványos CAN csatornáján keresztül kommunikál a motort fordulatszám-szabályozás, nyomatékszabályozás vagy fordulatszám/nyomaték korlátozás módban szabályozni képes motorvezérlő egységgel. A rendszernek a későbbi tesztjárművel való kompatibilitása érdekében a kommunikáció már a tesztpadon is a J1939 szabványnak [8] megfelelő üzenetekkel történik.



5. ábra: a sebességváltó, a tengelykapcsoló és a motor koordinálása a sebességváltás alatt

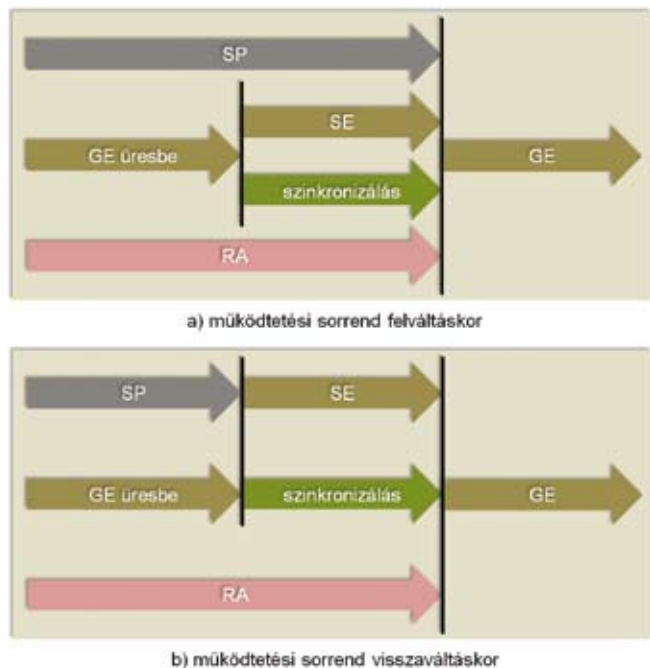
Az elinduláskor történő tengelykapcsoló csúsztatás alatt a motor fordulatszám-szabályozás módban van a gázpedálállástól függő megkövetelt fordulatszámmal, a csúsztatást követő gyors összezárás alatt pedig nyomatékszabályozás módban, mely során a motornyomaték lineárisan megy át a vezető által megkívánt értékre. A sebességváltási folyamat részeként a motornyomatéknak a tengelykapcsoló nyitása, illetve zárása utáni fel-, illetve leépítése szintén nyomatékszabályozás módban, lineárisan történik. A sebességváltás alatt a megkívánt sebességfokozathoz és az aktuális járműsebességhez tartozó fordulatszám minél gyorsabb elérése után a motor fordulatszám-szabályozás módban van.

3. FOKOZATKAPCSOLÓ MODUL (GSL)

A fokozatkapcsoló modul (GearShift Logic, GSL) alapfeladata a TCL által megkövetelt sebességfokozat kapcsolásához szükséges váltóműködtetések meghatározása és azok időbeli koordinálása. A kapcsolandó váltószekciókat az aktuális és a megkívánt sebességfokozat határozza meg. Az egyes beavatkozók működtetésének lehető legnagyobb fokú párhuzamosítása a sebességváltási idők alacsonyan tartásának kulcsa.

A **6. ábra** az alkalmazott működtetési sorrendet mutatja azokra az esetekre, amikor mindhárom váltószekció kapcsolása szükséges, lényeges, hogy az ábrán az egyes működtetőkhöz tartozó nyilak nem a folyamat hosszát szimbolizálják, hanem a továbblépéshez szükséges feltételeket jelzik. A fel- és visszaváltások a főváltó üresbe kapcsolásával és a felező, illetve a tartományváltó egyidejű átkapcsolásával kezdődnek. A beavatkozók dinamikája olyan, hogy a főváltó eléri az üres állását, mire a másik két szekcióban az új fokozat kapcsolása megkezdődne. Felváltáskor a keresztirányú válogatás és a főváltó előtét-tengelyfékekkel történő szinkronizálása az üresbe kapcsolás után közvetlenül megkezdődhet, visszaváltáskor a tengelykapcsolóval történő szinkronizálással meg kell várni a felező kapcsolásának befejeződését, hiszen ahhoz szükség van a felező nyomatékvitelére is. Amikor minden más működtetés befejeződött és a főváltó a megcélzott, lényegében szinkronizált állapotba került (lásd: 4.4. fejezet), akkor mind a fel-, mind a visszaváltások utolsó lépése a főváltó kapcsolása.

A GSL független a váltóműködtetők konstrukciós kialakításától, a fokozatkapcsoló-működtetőktől a nevezetes állások (két szélső, illetve középső, ha van) valamelyikét kívánja meg, a szinkronizálás-



6. ábra: a működtetési sorrend a) fel- és b) visszaváltáskor olyan esetben, amikor mindhárom váltószekció kapcsolása szükséges

ra való igényét pedig az előtétengely-fék modulnak vagy a TCL-en keresztül a tengelykapcsoló koordináló modulnak jelzi. A GSL a beavatkozó szintű moduloktól kapott, mért kapcsolórúd-pozíció jelek alapján képes az aktuális sebességfokozat megállapítására. A mért pozíciójelek a motorok szabályozásában nem vesznek részt, azok saját elfordulásszenzorokkal rendelkeznek. Ez a pozícióérzékeléssel kapcsolatos redundancia a rendszer biztonsági szintjét növeli.

4. VÁLTÓMŰKÖDTETŐ MODULOK

4.1. Felezőműködtető modul (SP)

A modul feladata, hogy a felező működtetőjének a GSL által megkövetelt nevezetes állását fizikai pozícióvá alakítsa, és azt megvalósítsa. A modul felépítését kizárólag a működtető típusa határozza meg; elektropneumatikus váltóműködtetés esetén a modul kimenetei az adott munkahengerhez tartozó szelepek parancsai, elektromechanikus váltóműködtetés esetén pedig a kapcsolómotor árama, melyet a beavatkozó teljesítményelektronikájába épített áramszabályozó valósít meg. Az elektromechanikus működtetés szabályozhatóságát jól kihasználó, a kapcsolószerkezet működéséhez igazított kapcsolási folyamat leírása [1]-ben található. A modul inicializálási feladatokat is ellát: a végfokozat paramétereinek beállítását, valamint a motor- és a váltórúd-pozíció összerendelését.

4.2 Főváltó-működtető modul (MA)

A kombinált főváltó-működtetőhöz kifejlesztett modul a GSL-től érkező megkívánt nevezetes kereszt- és hosszirányú állásokat azoknak fizikai pozícióvá történő átalakítása után valósítja meg. A két megkívánt helyzet együttesen határozza meg mindkét motor szükséges pozícióját, az alábbi, kettős felület szerint (7. ábra).

A motorok egymástól független pozíciószabályozása biztosítja ugyan a kívánt helyzetek elérését, de bizonytalanságokat okozhat a működtetés során bejárt pályában. Az igényelt tisztán kereszt-

vagy hosszirányú mozgatus úgy valósítható meg pontosan, hogy az egyik motor célpozíciója a másik motor helyzetének függvényében folyamatosan frissül.

4.3 Tartományváltó-működtető modul (RA)

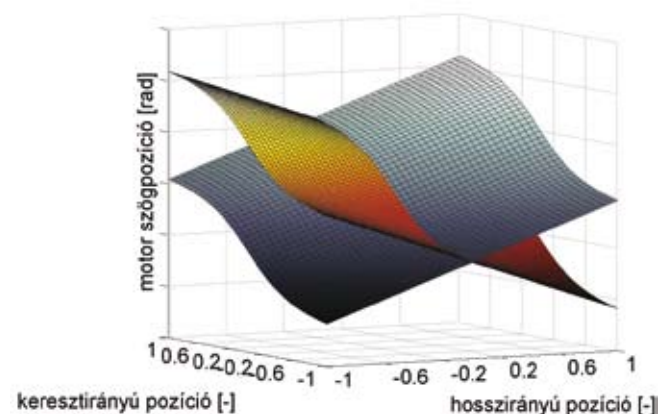
Mivel a felezőt és a tartományváltót azonos motorok kapcsolják, valamint a két váltószekciótól megkövetelt funkcionalitás is megegyezik, ez a modul teljesen azonos a felezőműködtető modullal. A tartományváltó szinkronszerkezete azonban lényegesen nagyobb inerciákat magasabb fordulatszám-különbségről szinkronizál, mint a felezőé, ami a kapcsolómotor számára is nagyobb terhelést jelent. A működtetési paraméterek ezért a felezőtől eltérőek, hogy a működtetés az eltérő fizikai paraméterekhez igazodjon.

4.4 Előtétengelyfék-működtető modul (CSB)

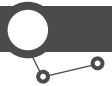
Az előtétengelyfék-működtető modul álló járműnél az üresből történő váltáskor, illetve mozgó járműnél azoknál a felváltásoknál jut szerephez, melyek a főváltó kapcsolását is igénylik. E két eset az algoritmus szempontjából is szétválasztásra került, melyet a sebességváltóban található homlokkörmos kapcsolószerkezetnek a két esetben mutatott lényegesen eltérő kapcsolódási jellemzői indokolnak [9]. A szinkronizáló algoritmusok célja a torziós lengések és a kapcsolódási zaj minimalizálása a „fog-a-fogon” felakadás biztos elkerülése mellett. Mivel az optimális kapcsolódási körülményeket a kapcsolódás pillanatára kell elérni, az algoritmusban figyelembe kell venni a kapcsolószerkezet dinamikáját is. Az optimális kapcsolódási körülmények a fordulatszám-különbség és a szinkronizálásból megmaradt fékezőnyomaték megfelelő kombinációjának biztosításával érhető el. Álló jármű esetén ez az előtétengely-fék kamra nyomásának nyomásmegfigyelő alapú szabályozásával történik, ahol a megkívánt nyomás arányos az előtétengely még fékezendő fordulatszámával. Mozgó jármű esetén ezzel szemben egy sajátos, numerikus szimulációkkal előre generált jelleggörbékben alapuló, egyetlen szelephúzást igénylő algoritmus került kifejlesztésre. A módszer a szinkronizálási folyamatot a fordulatszám-különbség – előtétengely-fék kamrayomás grafikonon vizsgálja, és a kamra töltését egy ún. határgörbe eléréséig tartja fenn. Ennek elérése után a kamra ürítése és a tolókerék elindítása egyszerre történik meg. A módszer részletes leírása [10]-ben található meg.

5. TENGYELYKAPCSOLÓ-IRÁNYÍTÓ MODUL (CCL)

A tengelykapcsoló-koordináló modul (Clutch Coordinator Logic, CCL) feladata a tengelykapcsoló TCL-től érkező megkívánt



7. ábra: az egyes főváltómotorok szögpozíciója a kereszt- és hosszirányú kapcsolórúd-pozíció függvényében



üzem módjának megvalósítása. Ezek az üzemmódok az alábbiak lehetnek:

- fogásponttanulás és jelleggörbe-frissítés,
- kuplung csúsztatása elinduláshoz,
- kuplung gyors zárása,
- kuplung nyitása a fogáspont fölé,
- szinkronizálás visszaváltáshoz.

Mivel járműdinamikai szerepe az aktuálisan átvihető nyomatéknak, és nem a kuplungpozíciónak van, a modul mindegyik üzemmódhoz valamilyen – időben állandó vagy változó – kuplungnyomatékot rendel. A beavatkozásra azonban már a tengelykapcsoló-működtető a megkívánt pozícióját küldi tovább. A nyomaték és löket összerendelését a fizikai jellemzőkön alapuló, de a kölcsönös egyértelműség miatt a fogáspont előtt módosított átvihető nyomaték – löket karakterisztika biztosítja.

A tengelykapcsoló fogáspontjának aktualizálását a TCL közvetlenül motorindítás után kérheti. A folyamat a behajtótengely fordulatszámának a teljes kuplungnyitást követő fokozatos zárás alatt tapasztalható változásán alapul. Tanulás után a modulban eltárolt teljes, ún. kezdeti jelleggörbe a fogáspontnak a tanult pozícióra való helyezésével frissítésre kerül.

A jármű elindulásához szükséges kuplungcsúsztatás üzemmód alatt a tengelykapcsoló által átvihető nyomaték lineárisan növekszik a gázpedálállástól függő meredekséggel. A nemlineáris nyomaték – löket jelleggörbe miatt a lineárisan növekvő átvihető nyomaték időben nemlineárisan változó tengelykapcsoló-pozíciót eredményez.

6. TENGELYKAPCSOLÓ-MŰKÖDTETŐ MODUL (CA)

A tengelykapcsoló teljes lökettartományában történő, a nagyfokú nemlinearitás ellenére is gyors és pontos irányításához a beavatkozó szint több irányítási módot tartalmaz, melyek a következők:

- pozíciószabályozás teljes állapot-visszacsatolással,
- minden szelep zárva,
- minden töltőszelep nyitva, minden ürítőszelep zárva,
- minden ürítőszelep nyitva, minden töltőszelep zárva.

A fenti irányítási módok közül csak az első szabályozás, a másik három nyílt hurkú vezérlés. Az előbbi, mely egy LQ szervo-szabályozóval kerül megvalósításra, a parametrikus bizonytalanságokkal és környezeti zavarásokkal szembeni robusztusságának köszönhetően kis beállási hibát eredményez, viszont lassabb dinamikát biztosít. A szabályozó hangolása kimondottan a fogáspont környezetében való minél finomabb zárást szolgálja. Vezérléssel a tengelykapcsoló nyitása, illetve a fogáspont alatti zárása kerül megvalósításra, ahol a tengelykapcsoló dinamikája sokkal lényegesebb, az esetleges nagyobb túllövés pedig nem okozza a vezetési komfort csökkenését. A szabályozás és vezérlés megfelelő kombinációjával hatékonyan megvalósítható a tengelykapcsoló minden megkövetelt mozgása.

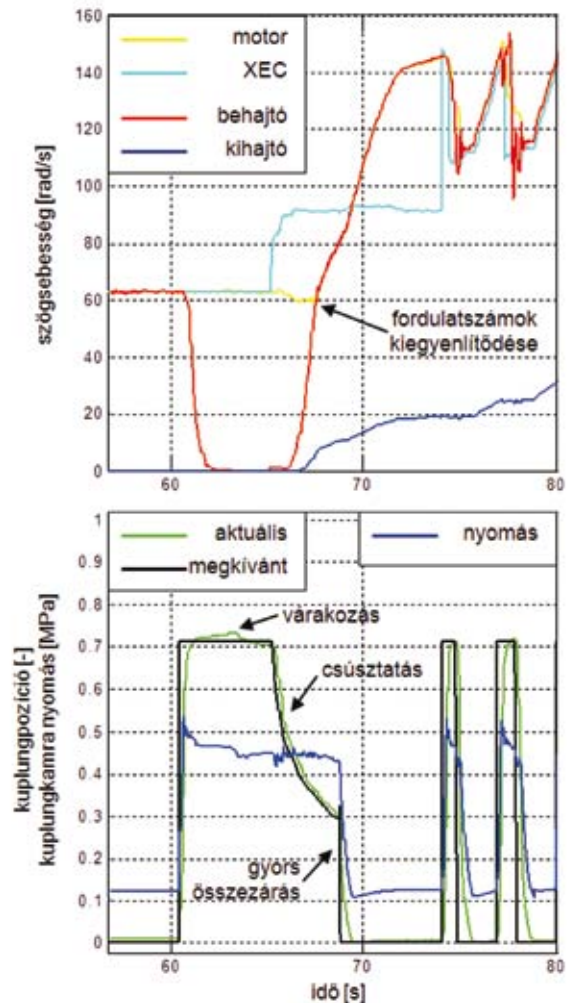
TESZTEREDMÉNYEK

Ebben a fejezetben az előzőekben ismertetett funkciószoftver működését mutatjuk be. A mérési eredmények tesztpadon, HIL szimulációban születtek, a padhoz kifejlesztett részletes, valós idejű hosszirányú járműmodell, illetve a tényleges gáz- és fékpedál, valamint az indulófokozat kiválasztására szolgáló forgókapcsoló azonban egy csaknem teljes értékű virtuális járművet eredményezett.

A **8. ábra** a jármű elindulását mutatja be. A vezető 61 s-nél választja ki indulófokozatot, amelynek bekapcsolása és némi

várakozás után, gázadással 65 s-nél indul el a járművel. Megfigyelhető a tengelykapcsoló csúsztatás alatti finom pozíciószabályozása, majd a fordulatszám-kiegyenlítődes utáni gyors összezárása. Az ábrán még látható az elindulást követő első sebességváltás is.

A **9. ábra** a jármű gyorsítását mutatja négy különböző gázpedál-állás mellett, egy megszakítás nélküli mérésen keresztül. A gyorsítások között erőteljes fékezés történt az indulófokozatba történő visszaváltásig. Megfigyelhető, hogy nagy gázpedálállás mellett a



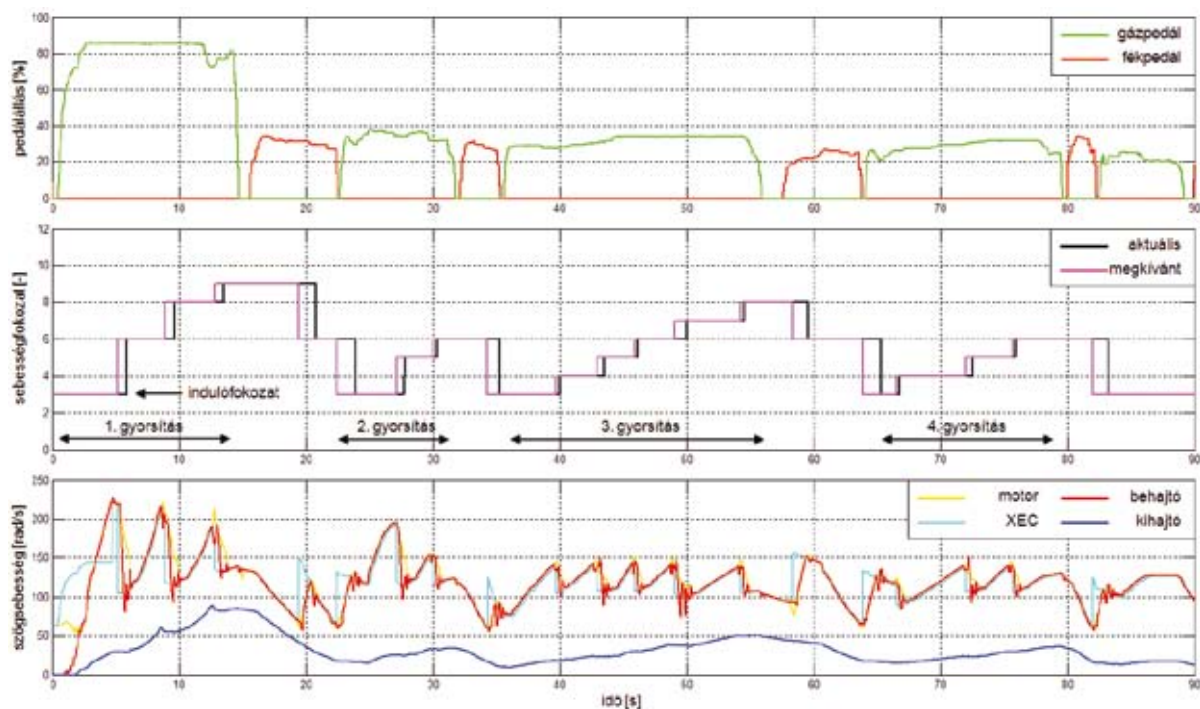
8. ábra: kuplungcsúsztatás elinduláskor

sebességváltások magasabb fordulatszámon történnek és jellemzőek a fokozatugrások, kis pedálállás mellett pedig az alacsony fordulatszámon történő szekvenciális fokozatkapcsolás. Figyeljük meg, hogy fékezéskor is jelentős ugrások vannak a kapcsolt fokozatban, ami a motorfék hatékonyabb kihasználását segíti.

A tesztelési mérések alapján a kifejlesztett funkciószoftver viselkedése és a vezető szándékához való alkalmazkodása gyakorlatilag megegyezik bármely széria automatizált rendszerével.

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben bemutatásra került az [1]-ben ismertetett, nehéz haszonjárművekre szánt elektromechanikus sebességváltó-működtető üzemeltetéséhez kifejlesztett hajtáslánc-irányító



9. ábra: a jármű gyorsítása különböző gázipedálállások mellett

funkciószoftver. Az egész szoftver kialakítása során arra törekedtünk, hogy az a lehető legkevesebb tesztelés árán, rugalmasan átalakítható legyen különböző járművekhez. Ehhez egyrészt modellalapú algoritmusok kerültek alkalmazásra, másrészt a hajtáslánc irányítása három szintre bontva valósult meg. A járműszint az optimális sebességfokozat kiválasztásáért és a sebességváltások koordinálásáért felel. Az alsóbb két szint modulokból áll, a járműrendszer szint az egyes irányítható rendszereket – a motor, a tengelykapcsoló és a sebességváltó – külön koordinálja, míg a beavatkozási szinten az egyes működtetők szabályozása, illetve vezérlése történik meg. A sebességváltásban érintett váltószekciók kapcsolása a sebességváltás minél rövidebb időszükséglete érdekében a lehető legnagyobb

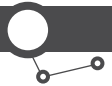
mértékben párhuzamosított, az előtét tengely-fék működtetése pedig egy nagymértékben rugalmas, jelleggörbéken alapuló módszerrel történik. A tengelykapcsoló működtetése teljes állapot-visszacsatolásos szabályozás és nyílt hurkú vezérlés kombinációjaként valósul meg. A felépített szoftver a jármű teljes funkcionalitását képes biztosítani, melyet a cikk végén mérési eredmények demonstrálnak.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatómunkát a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal (NKTH) támogatta a TRUCKDAS projekt keretében. ●

IRODALOM

- [1] Bóka, G. Trencsényi, B., Németh, H. Dr. Palkovics, L., Dr. Elektromechanikus működtetőegység fejlesztése automatizált nehézhaszonjármű-sebességváltóhoz, A jövő járműve, 2010 (1–2) pp. 64–69.
- [2] Behrenroth, J. et al. Modular software architecture for automated transmissions: reduced cost & complexity, 8th International CTI Symposium, 2009
- [3] Papakonstantinou, N. Dr.-Ing. et al. Test-Driven Development of DCT Control Software, 8th International CTI Symposium, 2009
- [4] Steinhäuser, K. Dipl.-Ing. et al. Hightech im Antriebsstrang: Vernetzte Funktionen und Entwicklung, Automotive Systeme, 2007. október
- [5] Spiegel, L. Dr.-Ing et al. Antriebsmanagement bei Sportfahrzeugen zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs. 29. Internationales Wiener Motorensymposium, 2008
- [6] Küçükay, F. Prof. Dr.-Ing. Grundlagen und Praxis der Fahrzeuggetriebe, Antriebsstrangmanagement Teil 1, 5th International CTI Symposium, 2006
- [7] Trencsényi, B., Németh, H. Dr. Integrated powertrain modelling to enhance comfort of heavy duty vehicles, JUMV 2009
- [8] SAE Surface Vehicle Standard J1939/71, Vehicle Application Layer, 2006
- [9] Bóka, G., Lovas, L., Márialigeti, J., Trencsényi, B. Engagement capability of face-dog clutches on heavy duty automated mechanical transmissions with transmission brake. Proc. IMechE, Part D: J. Automobile Engineering, 2010, 224 (D9), 1125–1139. DOI 10.1243/09544070JAUTO1435
- [10] Bóka, G., Trencsényi, B., Németh, H. Dr. Look-up Based Synchronizer Logic for the Effective Actuation of the Countershaft Brake in a Heavy Duty AMT with Face Dog Clutch. In: Proceedings of FISITA World Automotive Congress 2010. Budapest, GTE, pp. 1-6. Paper F2010C097 (2010)



Motorfékek típusai és azok vizsgálata fékpadon

KISFALUSI KRISZTIÁN

ügyvivő szakértő
BME EJJT

DR. NÉMETH HUBA

kutatói igazgató
BME EJJT

Napjainkban a tehergépkocsik területén is a fő cél, hogy mindenre kiterjedően fokozzuk a gazdaságosságukat. Ahhoz, hogy ezt megtehessek, a motorfék teljesítményét is növelnünk kell, mivel a kerékfékek nem alkalmasak a hosszú ideig tartó, tartós fékezésekre és az ezt megvalósító egyéb rendszerek pedig komplexitásuk révén drágák. A gazdaságosság elérhető számos erőátviteli berendezés segítségével, amelyek közül a két legfontosabb a kipufogófék és a dekompresziós motorfék.

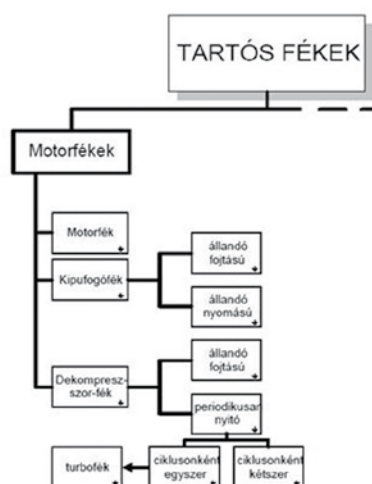
Nowadays in the field of the commercial vehicles the main target is to enhance the overall economy. In order to reach this it is also necessary to increase the engine braking performance because the wheel brakes cannot be used for a long time constant braking and the additional systems for this operation are complex and expensive. Engine braking can be realized with the help of several power train technologies from which the two most important ones can be the usage of the exhaust brake and decompression engine brake.

1. BEVEZETÉS

Ahogy a betekintőben már megfogalmaztuk, olyan típusú motorfék-berendezésekről szeretnénk egy rövid összefoglalót adni, amelyek egyre inkább teret nyernek a haszongépjárművek területén, kis és nagy kategóriában egyaránt, köszönhetően a gazdaságosságuknak, kis helyszükségletüknek és kis többlettömegüknek. Természetesen ahány gyártó, annyi típus, így számtalan fajtája megtalálható ezeknek a berendezéseknek ma a piacon. A teljeség igénye nélkül a következőkben azokat a típusokat mutatjuk be, amelyek valamiért (ötlet, megvalósítás stb.) kiemelkednek a többi közül. A cikk végén szó lesz egy olyan fékpadról is, amely kifejezetten a dekompresziós fékek vizsgálatára alkalmas.

2. MOTORFÉKEK CSOPORTOSÍTÁSA, MŰKÖDÉSE

Ahhoz, hogy megértsük a motorfékek működését, először magát a fogalmat kell tisztába rakni, elhelyezni a különböző féktípusok között. Az alábbi ábra a motorfékek csoportosítását mutatja be, segítséget adva ezzel a pontosabb megértéshez.



1. ábra: motorfékek csoportosítása [3]

Látható, hogy a motorfékek csoportjába tulajdonképpen 3 fő típus tartozik, motorfék (a motor belső súrlódása által), kipufogófék, dekompresziós fék, és ezeken belül is tovább bonthatóak az egyes típusok. Visszatérve a fogalomra, azt mondhatjuk, hogy a motorfékek olyan „fékberendezések”, ahol a motorfék-teljesítmény az alábbiakból tevődik össze:

- a motor súrlódási veszteségeiből, segédberendezéseinek teljesítményfelvételéből (kenés, hűtés, szelepvezérlés, légkompresszor, szervoszivattyú stb.)
- a motor forgatásához szükséges indikált teljesítményből.

Ebből látható, hogy az első összetevő minden belső égésű motorban megtalálható, mivel a súrlódás mindig jelen van, még ha egyre lejjebb is tudják szorítani speciális kenőanyagokkal, anyagpárosításokkal, ötvözőkkel. Természetesen a segédberendezések teljesítményfelvételét azok számával, villamos hajtásúra cserélésével lehet csökkenteni, de csak egy bizonyos mértékig. Azt lehet mondani, hogy a motorfék-teljesítmény kb. 20%-a az indikált teljesítményből, ennek 10%-a a segédberendezések teljesítményfelvételéből, a maradék 60% pedig a motor súrlódásából származik [1]. Az előzőekben leírtak mind a motorfék-teljesítmény csökkentéséről szólnak, pedig valójában a növelésére lenne szükség a fékhatás hatékonyságát illetően. Természetesen azt szeretnénk, ha a motorunk a legnagyobb hatásfokkal működne, a súrlódási veszteségeink pedig a lehető legkisebbek lennének, és így érnénk el minél nagyobb motorfék-teljesítményt. Így nem marad más, mint a második összetevő növelése. De hogy lehetséges ez? Ahogy látható, a motorfék-teljesítmény az indikált teljesítménnyel van kapcsolatban, amely a következőképpen számolható ki:

$$P_i = 2 \frac{p_i V_H n}{i}, \text{ ahol} \quad (1)$$

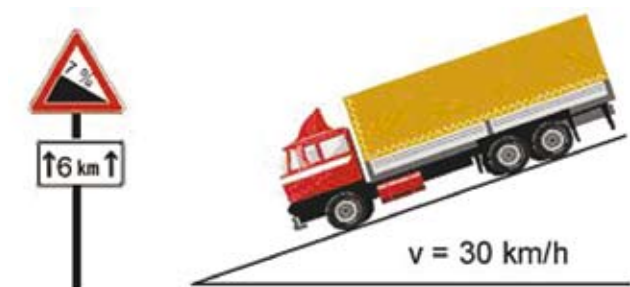
P_i : az indikált középnyomás;

V_H : az összlökettérfogat;

n : a forgattyústengely időegység alatt megtett fordulatainak a száma;

i : az egy munkaciklus alatt megtett löketek száma ($i = 2$: két-ütemű, $i = 4$: négyütemű);

A képletből látható, hogy néhány tag nem változtatható meg, az a motorra jellemző érték. Ilyen az összlökettérfogat és az ütemszám. Két érték viszont üzem közben is változhat, ilyenek a forgattyús tengely fordulatszáma és az indikált középnyomás. Nem mindegy azonban, hogy a fordulatszám miként változik. Motorfék-üzemben ma már szinte minden korszerű haszongépjárműben megszűnik az üzemanyag-bevezetés. Ha ilyenkor visszaváltunk, akkor a fordulatszám magasabb lesz, a motor belső súrlódása is megnő, így a motorfék-teljesítmény is megnő, elérve, hogy a jármű ne gyorsuljon tovább, vagy akár lassuljon is, attól függően, hogy éppen milyen meredekségű lejtőn haladunk. Ezt általában hosszú, kis meredekségű lejtőkön szokták alkalmazni az üzemi fékek kímélése céljából. Azonban a „sima” motorfék nem mindig elég. Ahhoz, hogy nagyobb meredekségű lejtőkön is megfelelő lassulást érzünk el, hatékonyabb eszközre van szükség, ilyen pl. a kipufogófék, dekompressziós fék. Nem véletlen tehát, hogy az ún. tartós fék előírt hatékonysága: a teljes terhelésű jármű 7%-os lejtőn legalább 6 km hosszon 30 km/h alatt tartsa a jármű sebességét [5].



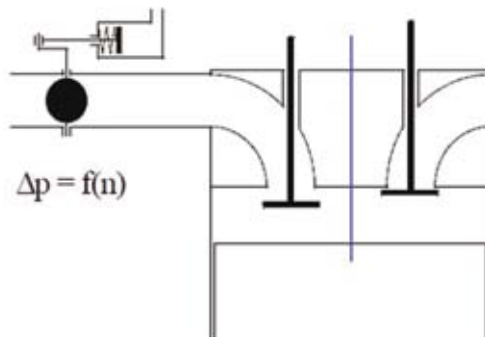
2. ábra: a tartós fékre vonatkozó előírások [2]

Az (1)-es képletben még maradt egy tag, ami változtatható, ami a kulcsa a motorfék-teljesítmény növelésének. Ez a tag pedig az indikált középnyomás, amely az indikátordiagram pozitív és negatív területei előjel szerinti összegzésének megfelelő indikált munka és az összlökettérfogat hányadosa.

2.1 Kipufogófék

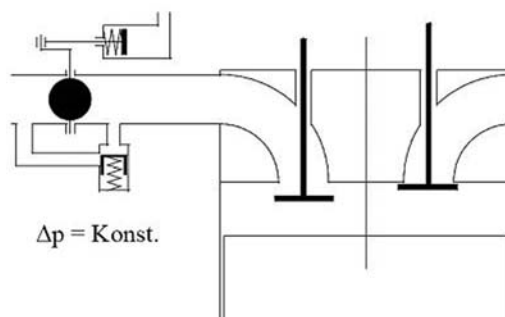
Ahogy a csoportosításból látszik, két alapvető fajtája van a kipufogófékeknek, az egyik az állandó fojtású, míg a másik az állandó nyomású. Az előbbi a legegyszerűbb és a legkorábban megjelent motorfék, ahol a motor a kipufogó-gyűjtőcsőbe épített pillangószelep zárásával létrehozott térbe szállító kompresszorként dolgozik. A kipufogófék teljesítménye a fordulatszámtól, a kipufogó-gyűjtőcső térfogatától és a pillangószelep-fal közötti rés méretétől függ, azaz a kipufogó-gyűjtőcsőben levő ellennyomástól. Ez a nyomás azonban nem növekedhet korlátlanul a fékteljesítmény növelése céljából, mivel a szívó ütem elején – amikor a hengerben depresszió alakulhat ki – a kipufogószelep-tányér hátoldalára ható nyomás elérheti azt a kritikus szintet is, amely elég ahhoz, hogy a szelepet kinyissa. Az ezt követő zárásnál a szelep, felütközése miatt erősen igénybe van véve, komoly sérülést szenvedhet, ezért van korlátozva a kipufogócsatornában kialakuló nyomás. Ezzel a fajta motorfékkel az elérhető motorfék-teljesítmény névleges fordulatszámon kb. 10 kW/l, ami a névleges teljesítmény kb. 30–35 %-a, amely azonban a fordulatszám csökkenésével négyzetesen csökken [1]. A másik típus az állandó ellennyomású kipufogófék, amely tulajdonképpen nagyon hasonlít az előzőleg bemutatott típusra, annyi különbséggel, hogy itt a pillangószelepet megkerülő csatornába egy nyomásszabályozó szelep van beépítve, ezzel érik el a közel állandó nyomást. Ez a típusú kipufogófék egyébként aszimmetrikusan elévelt tengelyű pillangószeleppel

is létezik, ahol éppen az aszimmetria miatti nyomatékülönbség állítja be az egyes pillangószelep-pozíciókat, és hozza létre így a közel állandó nyomást.



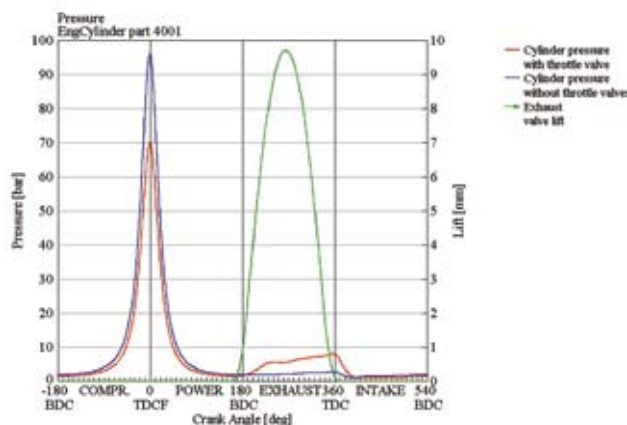
3. ábra: állandó fojtású kipufogófék [1]

Mivel a motorfék-teljesítmény a fordulatszámmal és a kipufogócsőben uralkodó nyomással is arányos, és ez utóbbi az előző esettel ellentétben közel állandó, kis és közepes fordulatszám-tartományban növeli a kipufogófék hatékonyságát (pl. Volvo EPG = Exhaust Pressure Governor) [2].

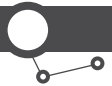


4. ábra: állandó nyomású kipufogófék [1]

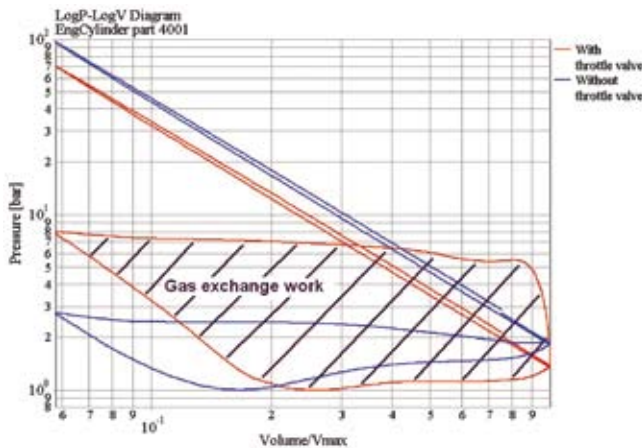
Ahogy a fejezet elején látható, a motorfék-teljesítmény nagyban függ az indikált középnyomástól. Az alábbi ábrán egy motor-szimulációs szoftverrel (GT-Power [6]) készített diagram látható, melyen egy dízelmotor hengernyomásai láthatóak a forgattyústengely-szög függvényében kipufogófékkel ellátva és anélkül (5. ábra).



5. ábra: hengernyomás kipufogófékkel és anélkül [4]



A kipufogócsőben természetesen ennél kisebb nyomások (kb. 4-5 bar) fognak kialakulni az áramlási veszteségeknek köszönhetően. Érdekes megvizsgálni ugyanezeket a hengernyomásokat a logp-logV diagramon is, ahol sokkal jobban látható a két eset közötti különbség (6. ábra).



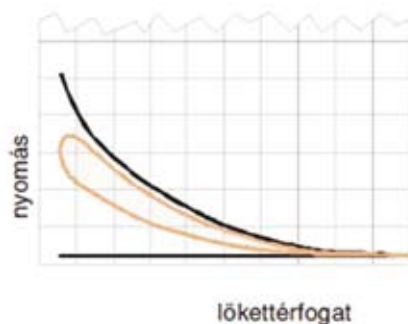
6. ábra: hengernyomás kipufogófékkel és anélkül (logp-logV) [4]

A töltetcseremunka a kipufogófékkel ellátott esetben sokkal nagyobb, köszönhetően a nagyobb kipufogógyűjtőcső-nyomásnak.

2.2 Dekompressziós fék

A dekompressziós fék a kipufogófékkel ellentétben nem a kipufogás ütemben fellépő veszteségeket, ill. a kipufogó-gyűjtőcső nyomását növeli meg, hanem a kompressziós és expanziós munkafolyamatba avatkozik be. Normál esetben a munkát, amit a kompressziós ütemben befektetünk, az expanziós ütemben visszakapjuk.

A legegyszerűbb dekompressziós fék úgy módosítja a fenti említett két munkafolyamatot, hogy fékezéskor egy külön beépített dekompresszor szelepet nyit ki, így csökkentve a sűrítési munkát, de az expanziós munka, amit az expanziós ütemben visszanyernénk még ennél is kisebb lesz, így jelentősen lassítva a járművet.



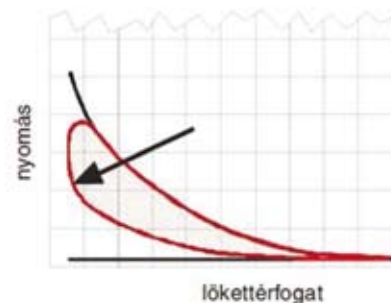
7. ábra: állandóan nyitva tartott dekompressziós fék diagramja [2]

Nagyobb fékhatás érhető el, ha olyan dekompressziós motorféket alkalmazunk, amely munkaciklusonként egyszer, de ütemezve, így a felső holtponthelyzet táján nyit a dekompresszor vagy a kipufogószelep. Ekkor a sűrítési munka kis mértékben nőhet, viszont az expanziós munka sokkal nagyobb mértékben csökken, mint az előző esetben (8. ábra). A következő két diagramon is ez az eset látható, amelyek hasonlóan a kipufogófék esetéhez ugyanazzal a motorszimulációs szoftverrel készültek,

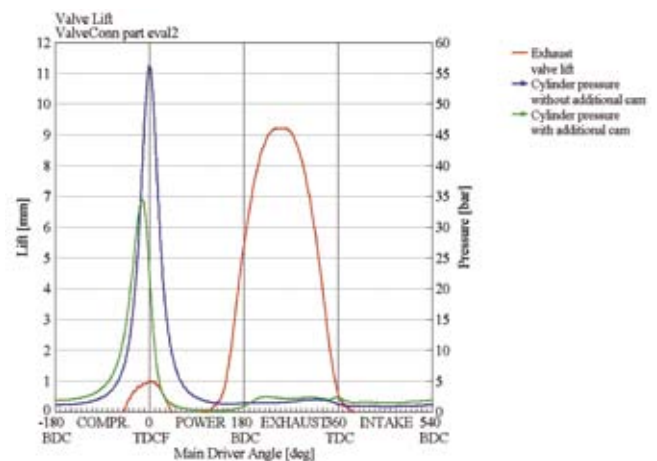
itt a dekompressziós bütök pozíciója és elmozdulása is nyomon követhető (9. és 10. ábra).

Ha egy második nyitást is ütemezünk a sűrítési ütem elején, akkor a kipufogófék által feltorlasztott levegő egy része visszaáramlik a hengerbe, így a sűrítés magasabb nyomásszintről kezdődik, a sűrítési munka megnő. A második nyitás ugyanakkor történik, mint a munkaciklusonként egyszer nyitó dekompressziós motorfék esetében, és hasonlóan alakul az expanziós munka is. Egy így működő dekompressziós fék diagramja látható a 11. ábrán. A Volvo által kifejlesztett VEB (Volvo Engine Brake) motorfék ezen az elven működik.

Az ilyen dekompressziós fékek működésének lényege, hogy a szelepeket aktiváló dekompresszor bütök emelése kisebb legyen, mint a szelephézag, így motorüzemben, amikor nincs rá szükség, nincs motorfékhatás, míg ha valamilyen módon pl. hidraulikusan vagy mechanikusan megszüntetjük a szelephézagot, akkor a bütök már működtetni fogja a kipufogószelepeket.

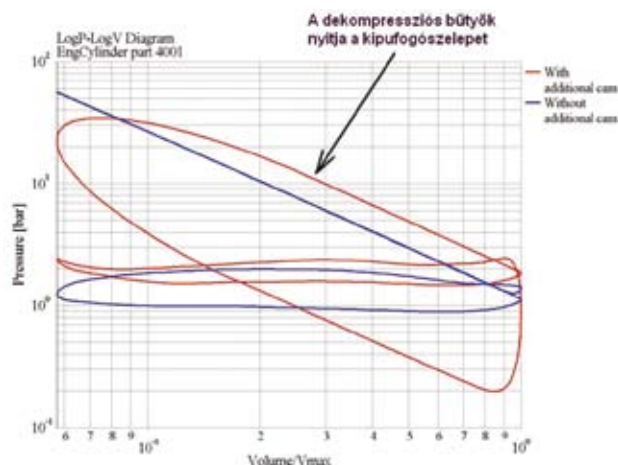


8. ábra: munkaciklusonként egyszer nyitó dekompressziós fék diagramja [2] (nyíl: szelepnitítás)

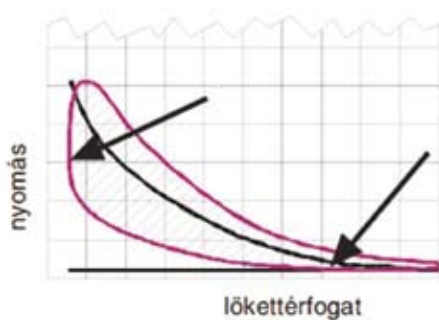


9. ábra: hengernyomás dekompressziós bütökkel és anélkül [4]

Manapság egyre inkább terjednek a változtatható geometriájú turbófeltöltők (VTG – Variable Turbine Geometry) a haszongépjárművekben is. Ezt kihasználva és a munkaciklusonként egyszer nyitó dekompressziós motorfékkel kombinálva egy új és hatékony eszköz jött létre a motorfékhatás további növelésére, amely turbófék néven vált ismertté. Az Iveco által alkalmazott turbóféknél a dekompresszor hatást szelephézagban belüli dekompressziós bütökkel valósítják meg, míg az aktiválásához az excentrikusan ágyazott szelephimba tengelyét fordítják el, ennek következtében az lesüllyed, és így a hézagot megszünteti. Emellett fékezéskor a turbina belépő nyílását leszűkítve a feltöltő fordulatszáma és így a



10. ábra: hengernyomás dekompresziós bűtyökkel és anélkül (logp-logV) [4]



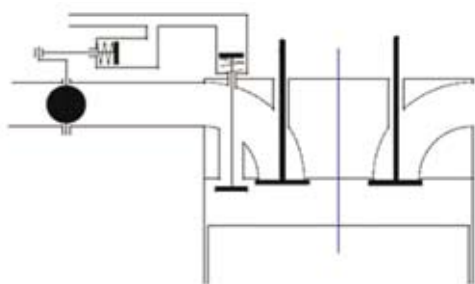
11. ábra: sűrítési ütem elejére és végére ütemezett kipufogószelep nyitású dekompresziós fék diagramja [2] (nyíl: szelepnnyitás)

feltöltőnyomás is megemelkedik. A nagyobb feltöltőnyomás növeli a sűrítési ütem kezdeti nyomását, így a hatása olyan, mint az előbbiekben tárgyalt VEB motorfékek. A turbófékes alkalmazások előnye, hogy fékezéskor a töltőlevegő tömegárama nem csökken jelentősen, ellentétben a kipufogófékes megoldásokkal, ahol a beszívott levegő mennyisége csökken a zárt pillangószelepnek köszönhetően, így az égéstér túlmelegedhet, a befecskendező-szelep károsodhat a kialakuló lerakódásoknak köszönhetően.

Több gyártó is fejlesztett a fentiekhez hasonló dekompresziós fékmegoldásokat, melyekből rengeteg szabadalom is született. A következőkben ezekből mutatunk be néhány megoldást.

2.2.1 Dekompresziós féktípusok

A kipufogófékekhez hasonlóan, a dekompresziós fékeknel is létezik az állandó fojtással ellátott típus. A 12. ábrán látható típust a



12. ábra: állandó fojtású dekompresziós fék [1]

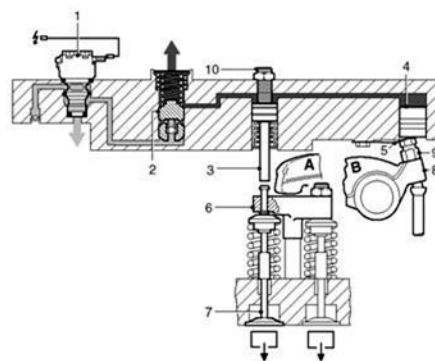
Mercedes-Benz 1989-től alkalmazza, a lényege, hogy a kipufogószelep mellé egy dekompresziós szelepet helyeztek el párhuzamosan. Ez utóbbi szelep akkor nyit, amikor a kipufogóféket sűrített levegővel aktiváljuk, tehát fékezés közben folyamatosan nyitva van. A működése a 7. ábrán már bemutatott módon történik.

Ahogy az előző fejezetben már bemutattuk, vannak olyan dekompresziós motorfékek, amelyek periodikusan nyitnak. Ilyenkor azt kell biztosítani, hogy a dekompreszor szelep normál működés közben folyamatosan zárva legyen, azonban fékezés közben ütemezve nyisson. Belátható, hogy ez a fajta működtetése a szelepnek kissé bonyolultabb, mint az állandó fojtású, így a szelepvezérlési rendszer is nagyobb átalakítást igényel.

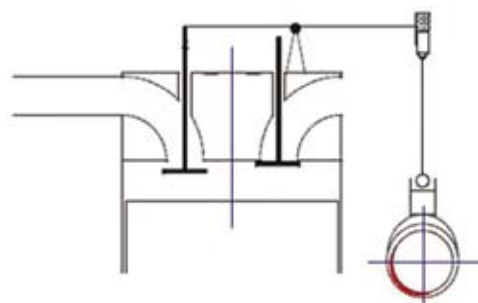
A leggyakoribb megoldás a hidraulikus, de léteznek mechanikus elven működő dekompresziós fékek is. A gyártók mindkét elvre több megoldást dolgoztak ki, az alábbiakban ezek közül mutatunk be néhányat.

A Jacobs hidraulikus elven működő rendszert dolgozott ki, amelyet a hengerfejbe épített be. A 13. ábrán látható rendszer ki- és bekapcsolásáról egy mágnesszelep (1) gondoskodik. A vezérműtengely által – nyomórúd közvetítésével – működtetett himba (8) a dugattyút (4) függőleges irányban fölfelé mozditja, így növelve az olajnyomást az olajvezetékben. Amikor a nyomás eléri egy meghatározott szintet, akkor a kipufogószelep kinyit a (3)-as rúd segítségével. Az olajáramlást, így az olajnyomás felépülését vezérelhetjük a mágnesszelep segítségével.

A Dynatard (Mack) változatnál a himbába van beépítve egy hidraulikus munkahenger, amivel a szelephézag megszüntethető, így aktiválva a kipufogószelepet.

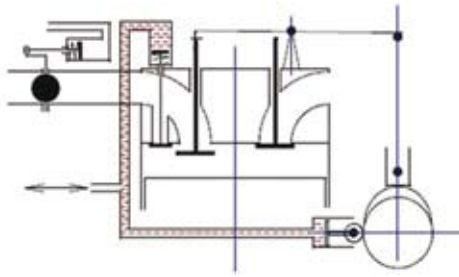
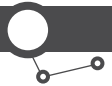


13. ábra: hidraulikus elven működő dekompresziós fék (Jacobs)



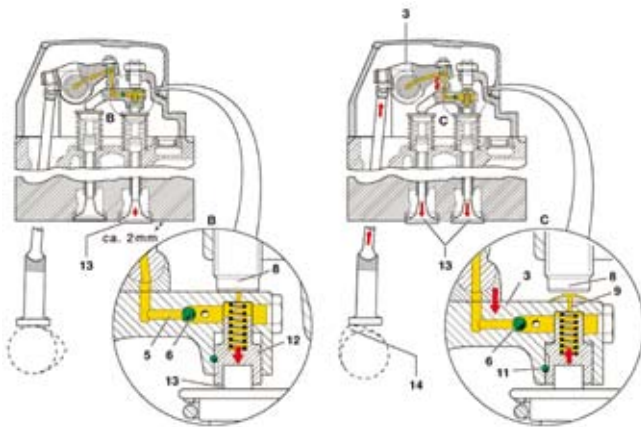
14. ábra: hidraulikus elven működő dekompresziós fék (Dynatard)[1]

Ehhez képest a Mitsubishi által fejlesztett Powertard változatnál a kipufogószelep bűtyke aktiválja a dekompreszor szelepet hidraulikus közvetítéssel. A 16. ábrán látható MAN EVB is a kipufogószelep újbóli nyitását alkalmazza, tehát munkaciklusonként egyszer nyitó dekompresziós féknek felel meg, de a megvalósítás annál érdekesebb. A himba nem egy egyszerű himba,



15. ábra: hidraulikus elven működő dekompresziós fék (PowerTard) [1]

hanem egy hidraulikus szerkezetet építettek bele dugattyúval, visszacsapószeleppel, rugóval. A szerkezet lényege, hogy amikor a kipufogófékét aktiváljuk, a kipufogó-gyújtócsőben a nyomás megnő és a szívóütem végén a kipufogószelep egy kis ideig kinyit. Ekkor a motor olajnyomásával támasztott dugattyú (12) követi a szelepszárat, kiegyenlíti a szelephézagot, és nem engedi a szelepet visszazárni. A keletkezett emelés kb. 1-2 mm, a hengerből a levegő itt tud eltávozni. Az olaj két irányban is el tudna szökni, de az egyik oldalról egy visszacsapószelep, a másik oldalról pedig egy a himba felett elhelyezkedő támasz zárja el az útját. Ennek a támasznak adódik át a szeleprugó ereje, így a szelepvezérlő mechanizmus nincs terhelve. Amikor az expanziós ütem után újra nyit a kipufogószelep, a himba lefelé mozgásával megnyitja az olaj kivezető furatát és a dugattyú alaphelyzetébe tér vissza. A szívó ütemben a kipufogószelep teljesen zár, majd az ütem végén a folyamat kezdődik előlről.



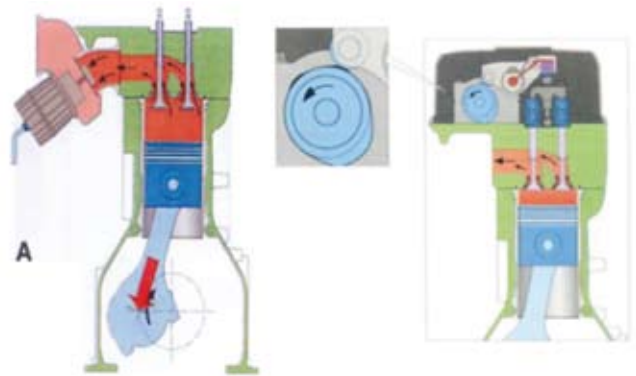
16. ábra: EVB (Exhaust Valve Break MAN/SNF)

A Volvo által kifejlesztett VEB motorfék a VCB (Volvo Compression Brake) és az EPG (Exhaust Pressure Governor) kombinációja. Az EPG-nek valójában több funkciója is van, az egyik, hogy növelje az égési hőmérsékletet alacsony motorfordulaton, amely hatékonyabb égést és jobb emissziós értékeket eredményez. Alkalmazzák hidegindításnál is, mikor az indítómotor működik és a motor alacsony hőmérsékletű, az EPG bezár néhány motorciklus erejéig, az üzemanyag-befecskendezés előtt, megnövelve ezzel a hőmérsékletet a hengerekben, az égés így hamarabb megindul. Az EPG-t kipufogófékként is használják, ahol a kipufogócsövet egy pneumatikus munkahenger segítségével működtetett szeleppel zárják le.

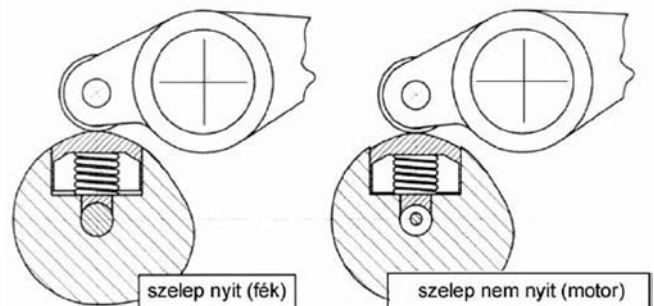
A VCB dekompresziós fék a közvetítő közeget tekintve megegyezik a fentebb említett változatokkal (Jacobs, Dynatard, PowerTard), viszont annyiban különbözik, hogy itt a kipufogószelep munkaciklusonként kétszer nyit a vezérműtengelyen elhelyezett két dekompreszorbütyöknek köszönhetően. Így nemcsak a sűrítési

ütem végén, hanem az elején is nyit, amivel a sűrítés nagyobb nyomásról kezdődik, mivel a kipufogó-gyújtócsőben lévő sűrített levegő egy része visszaáramlik a hengerbe (11. ábra). Ez utóbbi hatás megfelelő kiaknázásához természetesen olyan kipufogófék szükséges, amely elegendően nagy nyomást tud létrehozni a kipufogócsőben. A Volvo egyébként ezt a féket 1993-tól kezdve sorozattermékként kínálja.

Egy másik érdekes megoldás a FEV EBS (Energy Brake System) rendszer. Itt a kipufogószelep nyitását, egy a vezérműtengelybe süllyeszthető dekompresziós bütyökprofil végzi. Normál üzemből a bütyökprofil a vezérműtengely alapkörén belül helyezkedik el, így a kipufogószelep működését nem befolyásolja. Azonban amikor fékezzünk, a bütyökre ható olajnyomás kiemeli azt, így működtetve a kipufogószelepet.



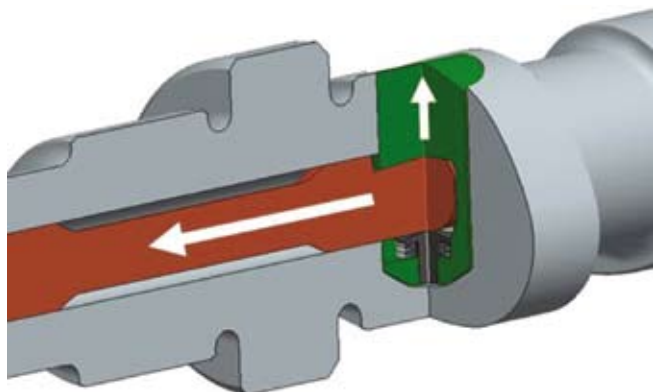
17. ábra: VEB motorfék (Volvo Engine Brake)



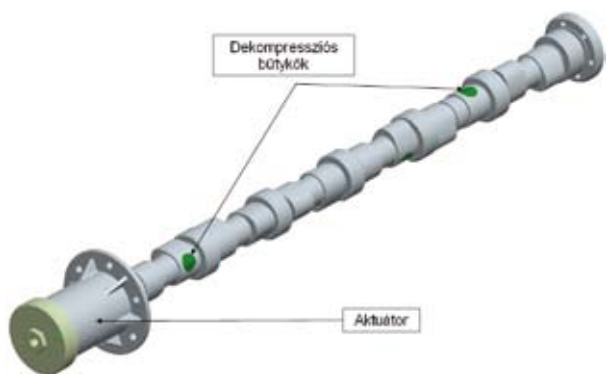
18. ábra: FEV EBS (Energy Brake System)[1]

A FEV EBS rendszerhez hasonló, ám mégis eltérő megoldást dolgozott ki a Knorr-Bremse (WEB – Wedge Engine Brake) [7]. A bütyökprofil mozgatása itt nem hidraulikus elven az olajnyomás által történik, hanem az ékhatáson alapul. Egy működtetőrúd – amely a vezérműtengelyben helyezkedik el és hengeres profilját ékpályák tagolják ott, ahol a bütyköt emelni kell – axiális elmozdulása a bütyök radiális irányú elmozdulását okozza (19. ábra). Amikor a himba és bütyökprofil között a kapcsolat megszűnik, vagyis a bütyökre nem hat felülről nyomóerő, és a működtetőrúd is visszafelé mozog (nyíllal ellentétes irányban), akkor a működtetőrúd és a bütyök közé beépített rugó gondoskodik arról, hogy a bütyök eredeti helyzetébe térjen vissza.

A működtetőrúd axiális mozgatásáról egy pneumatikus munkahenger gondoskodik (20. ábra). Ennek a fajta dekompresziós féknek az az előnye, hogy a szelepvezérlés átalakítása nélkül, pusztán a vezérműtengely cseréjével építhető be utólag egy adott konstrukcióba.



19. ábra: vezérműtengelyben elhelyezkedő vezérlőrúd és dekompresziós bűtyök (WEB)

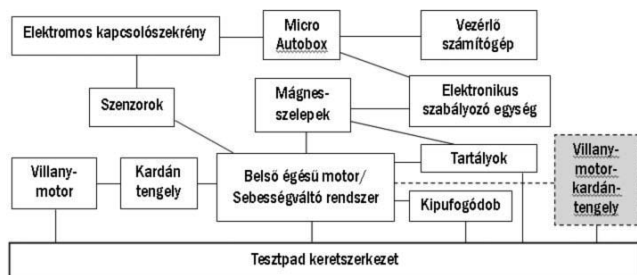


20. ábra: vezérműtengely a hozzá kapcsolódó munkahengerrel (Knorr-Bremse WEB)

3. MOTORFÉKEK FÉKPADI VIZSGÁLATA

A 2009-ben indult 3 éves TruckDAS projekt (Vezetéstámogató elosztott rendszerek innovációja haszongépjárműves platformra) keretében olyan fékpad tervezése kezdődött meg, amely képes mind kipufogófékek, mind dekompresziós fékek vizsgálatára.

A tesztpad, a komponensek és azok környezetének megtervezésénél a minél egyszerűbb kialakításra, minél olcsóbb gyárthatóságra, viszont a funkcionális igények maximális kielégítésére törekedtünk. A fékpad tervezésénél az is követelmény volt, hogy a belső égésű motor helyett, egy sebességváltómű is beépíthető legyen, ezért van szükség egy második villanymotorra is, amely azonban a motorfékek tesztelésénél nem üzemel (21. ábra).



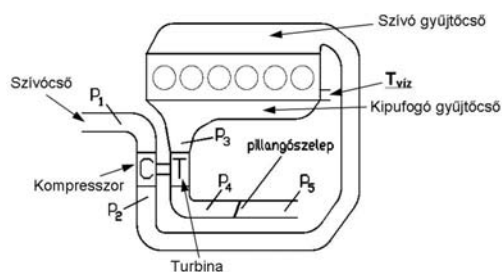
21. ábra: motorfékpad-elrendezés

Fékezéskor a belső égésű motor tolóüzemben működik (a motorvezérlés elveszi az tüzelőanyagot a motortól), így annak meghajtásáról egy villanymotor gondoskodik, a nyomatékot a két motor között kardántengely viszi át. Szinte az összes komponens, beleértve a két villanymotort is – amelyek egyébként a legnehezebb egységek – egy keretszerkezetre vannak felszerelve, amelynek több funkciót is el kell látnia: megfelelő teherbírással kell rendelkeznie a felszerelt komponenseket illetően, el kell viselnie a motortól származó erőket a maximális fordulatszámnál is és ugyanezeket az erőket kell csillapítva továbbítani a talajra, amiről a keretszerkezet alá szerelt rezgéscsillapító elemek gondoskodnak.

Az egyszerűség kedvéért a hűtőkörbe külön hőcserélőt nem terveztünk a padhoz, helyette egy nagyméretű víztartályt alkalmaztunk, amely gondoskodik a motor hűtéséről.

Mivel a kipufogófékek túlnyomórészt pneumatikus működtetésűek, így szükség volt mágnesszelepeket is elhelyezni a padon, ezek segítségével működtethetőek a kipufogófékek, melyekhez a levegőt a központi levegőellátóra csatlakozó légtartályok szolgáltatják. A csendesebb üzem miatt, a kipufogócsőre egy kipufogódob is felkerült, nagymértékben csökkentve ezzel a zajterhelést, főként motorféküzemben.

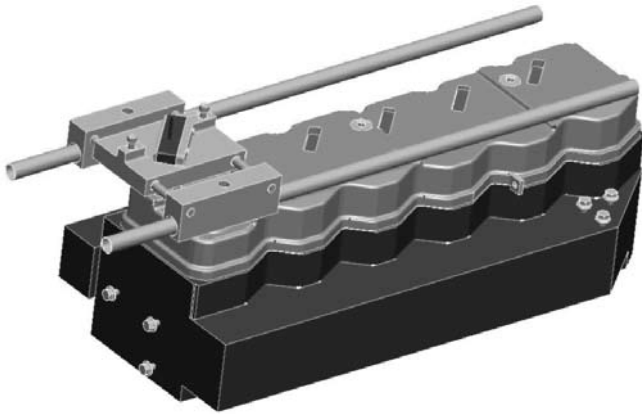
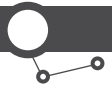
Ahhoz, hogy a szükséges vizsgálatokat, tesztek el tudjuk végezni, elengedhetetlen a megfelelő érzékelők beépítése. Ennek megfelelően nyomás, hőmérséklet, nyomaték és pozíció-jeladók kerültek beépítésre. A mért jelek feldolgozásához egy elektromos kapcsolószekrényt terveztünk, ide fut be az összes jel, ahonnan aztán a megfelelő átalakítás után egy ún. MicroAutobox számítógépbe megy. Ez az eszköz számos analóg és digitális ki- és bemenettel rendelkezik, melyek segítségével a kapcsolószekrényektől érkező jeleket lehet feldolgozni, tárolni. Ehhez az eszközhöz tartozó szoftver segítségével pedig az összes érzékelő aktuális értéke megjeleníthető egy számítógép képernyőjén. A jeladók elhelyezése a 22. ábrán látható, azzal a kitétel, hogy a megjelölt nyomások közül csak a P_2 , P_3 és P_4 van mérve. A másik két nyomás közül egyébként a P_5 jó közelítéssel megegyezik a környezeti nyomással. Az ábrán T_{viz} -zel jelölt érzékelő a motorból távozó víz hőmérsékletét méri, emellett még az olajhőmérséklet és a víztartályban levő víz hőmérsékletét mérjük. Ez utóbbi azért is fontos, mivel ha a víz hőmérséklete eléri egy kritikus szintet, akkor a padot nem szabad tovább működtetni. A korábban már említett mágnesszelepek vezérlése is a képernyőn keresztül történhet, a megfelelő vezérlő jelek kiadásáról pedig egy elektronikus szabályozó egység (ECU) gondoskodik.



22. ábra: szenzorok elhelyezkedése

Mivel a fékpadra szerelt motort csak tolóüzemben használjuk, így üzemanyagra elméletileg nem lenne szükség, de az üzemanyag-szivattyú kenése miatt mégis szükség van egy kisméretű üzemanyagtartály felszerelésére.

Dekompresziós fék vizsgálatok a legfontosabb mért jelek a kipufogószelep elmozdulása, a forgattyús tengely elfordulási



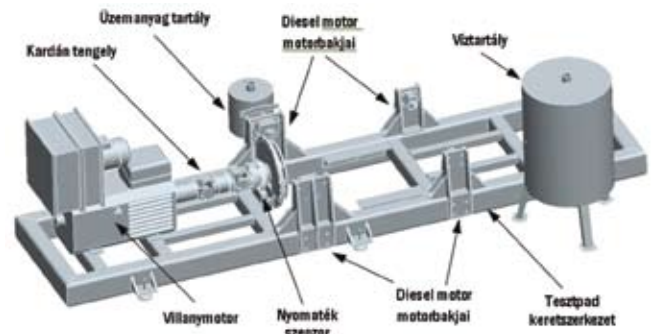
23. ábra: szelepelmozdulás mérésére használt eszköz

szöge és a hengernyomás. Ez utóbbi mérését elvetettük a hengerfej átalakítása miatt. Az elkészített dinamikus modell alapján azonban jó közelítéssel számolhatóak a nyomások értékei a hengerekben. Külön érzékelőt a forgattyústengely-szög mérésére sem építettünk be, mivel a belső égésű motor, gyárilag beépített szenzora által szolgáltatott értékek megfelelőek számunkra. Emellett egyébként még két lehetőség van a forgattyús tengely elfordulási szögének a mérésére. Az egyik a villanymotor által szolgáltatott jel alapján, a másik pedig a nyomaték-mérőbe épített szögmérő jele alapján, mely közül ez utóbbi ad pontosabb értéket, mivel itt nem mérjük bele a kardántengely torziós merevsége által létrejött szögelfordulást, és az esetleges ketyogást.

A kipufogószelep elmozdulásának mérése bonyolultabb. Az ötletet a **23. ábra** mutatja, amely két egymásra merőleges sín párból áll, mindegyik sín páron egy ún. futómacska csúszik, és a fő tengelyre merőlegesen mozgó futómacskába van egy lézeres pozícióérzékelő beépítve. Az eszköz így két szabadsági fokkal rendelkezik. A harmadik szabadsági fokra – az előző két elmozdulás által kifeszített síkra lenne merőleges – azért

nincs szükség, mert egy helyesen választott – elegendően nagy mérési tartományú – pozíciószenzorral az elhagyható, így maga az eszköz is egyszerűbbé, merevebbé válik, amely ebben az esetben kifejezetten fontos. A szelepek elmozdulásának méréséhez használt lézer-útmérőhöz a szelepfedélen minden egyes henger fölött megfelelő méretű nyílásokat kellett kiképeznünk.

A fékpad axonometrikus modellje a főbb komponensekkel a **24. ábrán** látható.



24. ábra: motorfékpad háromdimenziós modellje

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben bemutatottuk a tartós fékek egy típusát, a motorfékeket, azok csoportosítását, működési módjukat. Bemutatásra kerültek a kipufogófékek típusai, működési elvüket diagramokon is szemléltettük. Részletesen bemutatottuk a dekompressziós fékek típusait, kifejezetten a hidraulikus és mechanikus elven működő típusokra koncentrálna. A cikk végén egy még jelenleg is folyó projektről volt szó, amelynek célja egy olyan motorfékpad tervezése, amely mind kipufogófékek, mind dekompressziós fékek vizsgálatára is alkalmas. ●

IRODALOM

- [1]. Dr. Emőd István: Tartós fékek, Motorfék – Kipufogófék – Dekompresszorfék – Örvényáramú fék – Hidrodinamikus fék, www.webkresz.hu/letoltesek/Tartos_feketek.pdf
- [2]. Dr. Emőd István: Tartós fékrendszerek új generációi, <http://autotechnika.hu/uploads/files/archiv/2003/10/14-19.pdf>
- [3]. Dr. Németh Huba: Töltetcsere és feltöltés előadások, 2010 <http://www.auto.bme.hu/sites/default/files/nhgjmotorokiitcsea.pdf>
- [4]. Zoltán Dudas: Analysis and Design of a Decompression Cam Profile, MSc Thesis, BME KSK, Budapest, 2009
- [5]. ECE-Regulation13
- [6]. GT-Suite, Gamma Technologies <http://www.gtisoft.com>
- [7]. Herges Michael, Németh Huba, Fojtayik Gábor, Kisfalusi Krisztián, Riba Zoltán: WO/2009/068224 Valvetrain of an internal combustion engine with means for engine braking

Torziós lengéscsillapító termikus vizsgálata és szimulációja

DR. AILER PIROSKA

Kecskeméti Főiskola, Gépipari
és Automatizálási Műszaki
Főiskolai Kar

ÉRSEK PÉTER

Knorr-Bremse Fékrendszerek
Kft. Kutatási és Fejlesztési
Központ

PROF. DR. PALKOVICS LÁSZLÓ

Kecskeméti Főiskola, Gépipari
és Automatizálási Műszaki
Főiskolai Kar

A dugattyús motor főtengelyének szabad végére felszerelt torziós lengéscsillapítók egyre növekvő követelményeknek kell hogy eleget tegyenek. Egyre pontosabb számítások elvégzésére van szükség, különös tekintettel a termikus viselkedésre, a hőmérsékletmező meghatározására. A hőátadási tényező tekintetében azonban a rendelkezésre álló egyenletek leginkább kísérleteken és tapasztalatokon alapulnak.

Az Iwamoto egyenletből számolt hőátadási tényezőket, mérésekkel validált CFD szimulációs modellekkel hasonlítottuk össze hűtőbordák nélküli és azzal rendelkező lengéscsillapítók esetére. Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy alapesetben a hőátadási tényezőt számító tapasztalati összefüggés jó egyezést mutat a validált modellekkel. A hűtőbordákkal ellátott lengéscsillapítók esetében azonban a tervezés pontosításához az egyenlet módosítására van szükség.

Torsional vibration dampers located at engine crankshaft free-end have to meet increasing demands. More and more accurate calculations and simulations are required with special attention to the thermal behavior and the determination of the temperature-field. With regard to the heat transfer coefficient the available equations are derived from measurements and experiences.

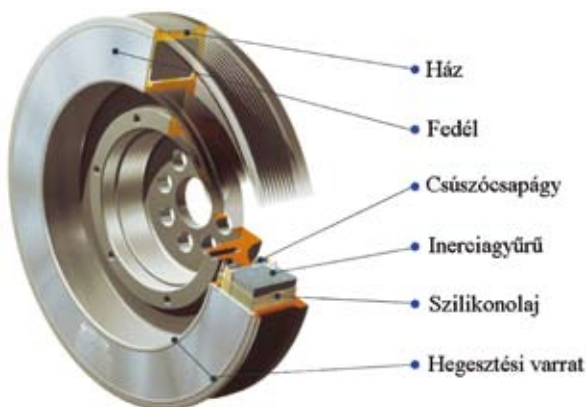
The heat transfer coefficient derived from Iwamoto equation is compared to the validated CFD simulation models for dampers without and with cooling fin. Based on the results we concluded that the experimental equation is in good agreement with validated simulation model for dampers without cooling fin. If cooling fin is attached to the damper the experimental equation has to be modified for an accurate design calculation.

BEVEZETÉS

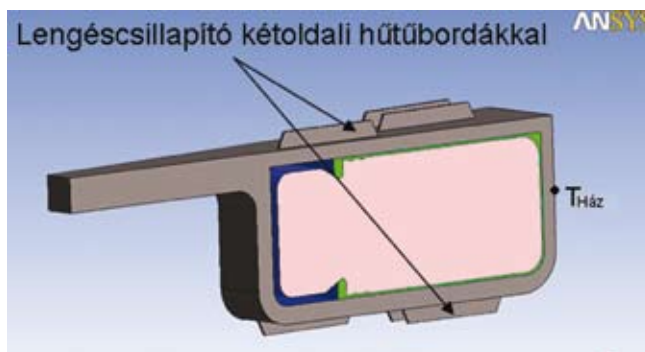
A motor működése során a forgattyús hajtóművet váltakozó mechanikai igénybevételek terhelik, melyek a főtengely fárasztó terhelését jelentik. Ha ezek a terhelések a forgattyús tengely saját rezgéseivel azonos frekvenciával lépnek fel, akkor a forgattyús tengely eltörhet. Ennek megakadályozására csak azok a megoldások jöhetnek számításba, melyek nem növelik lényegesen a forgattyús hajtómű tömegét, de kellő nagyságban csökkentik a csavaró lengések amplitúdóit. Ezt a célt szolgálják a különböző lengéscsillapítók. Az esetek jelentős részében a lengéscsillapítót a forgattyús tengely szabad végére szerelik fel.

VISZKÓZUS LENGÉSCSILLAPÍTÓ

A legelterjedtebb torziós lengéscsillapító konstrukció az úgynevezett viszkózus lengéscsillapító **(1. ábra)**. Itt egy zárt térben,



1. ábra: viszkózus lengéscsillapító felépítése

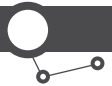


2. ábra: hűtőbordákkal szerelt lengéscsillapító

szabadon forgó gyűrű alakú tömeg van, amit vékony szilikonolaj réteg vesz körül. Ezt a tömeget, a torziós lengésben lévő főtengely csak folyadéksűrűdással tudja magával vinni. Így az mindig lemaradva tudja követni az ide-oda lengő főtengelyt. A lengési energia eközben felemésztyődik, hővé alakul, ami a lengéscsillapító felmelegedéséhez vezet.

A motor gyújtási sorrendjéből és gáz- és geometriai adataiból a motor fő- és másodlagos harmonikusai, valamint a forgattyús-tengely vibrációs amplitúdói meghatározhatók. A lengéscsillapítót úgy kell az adott motorhoz megválasztani, hogy a főtengely vibrációs amplitúdói a teljes fordulatszám-tartományban egy előre meghatározott érték alá csökkenjenek. A számítások egy fontos paramétere a szilikonolaj viszkozitása, amely azonban erősen hőmérsékletfüggő. A hőmérséklet növekedése a lengéscsillapítóban a szilikonolaj viszkozitásának csökkenésével jár, ami kisebb csillapítást eredményez. Ezért a szilikonolaj hőmérsékletének pontos számítása és csökkentése fontos feladat.

Ennek érdekében a lengéscsillapítót indokolt esetben egy- vagy kétoldali hűtőbordákkal veszik körül **(2. ábra)**. A bordák a lengéscsillapító körül turbulens áramlást hoznak létre, javítva, növelve ezzel a lengéscsillapító hőátadási tényezőjét.



IWAMOTO-EGYENLET

Forgó testek és az azokat körülvevő, körüláramló levegő közötti hőátadással S. Iwamoto [3] foglalkozott, aki a hőátadási tényezőt kísérletekkel vizsgálta. Ezeknek a vizsgálatoknak a legfontosabb eredménye egy tapasztalati képlet, amiből a lengéscsillapító-ház külső hőmérséklete $T_{h\acute{a}z}$ meghatározható:

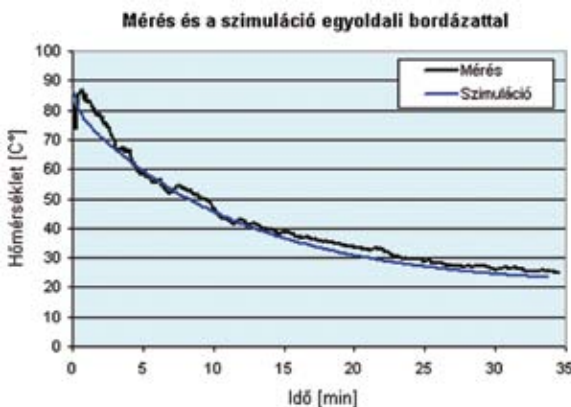
$$Q_{Iwamoto} = 105 \cdot a_m \cdot \omega_{h\acute{a}z}^{0,8} \cdot A_d^{1,3} \cdot (T_{h\acute{a}z} - T_k) \quad (1)$$

ahol T_k a környezeti hőmérséklet, $Q_{Iwamoto}$ a lengéscsillapítóról a levegőnek egységnyi idő alatt átadott hő, $\omega_{h\acute{a}z}$ a lengéscsillapító házának szögsebessége, A_d a lengéscsillapító teljes hőátadó felülete és a_m a lengéscsillapító méretétől függő tényező.

A fenti egyenlet átalakításával kapjuk a következő összefüggést a hőátadási tényezőre:

$$\alpha = 0,43167 \cdot \omega_{h\acute{a}z}^{0,8} \cdot A_d^{1,3} \quad (2)$$

Mivel az Iwamoto-képlet nem veszi figyelembe a hűtőbordákat, így erre – a tapasztalatok alapján – egy, a hőátadó felületet szorzó, azt megnövelő paramétert vesznek fel.



3. ábra: a lehűlés folyamata: mérési és tranziens szimulációs eredmény

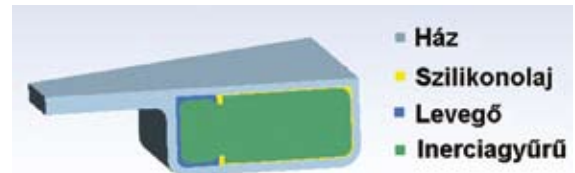
TRANZIENS SZIMULÁCIÓ ÉS VALIDÁCIÓ

A paraméterek pontosabb meghatározásához áramlástani szimulációs modellt építettünk fel (ANSYS-CFX 11.0-ban), amiből a lengéscsillapító hőátadási tényezőjét és hőmérséklet-eloszlását lehet meghatározni. A szimuláció célja, hogy a tapasztalati összefüggést a szimulációk eredményeivel összehasonlítsuk és szükség esetén a tapasztalati egyenletet módosítsuk. Ehhez első lépésben a szimulációt mérési eredményekkel validáltuk.

A méréseknel először is a lengéscsillapítót egy magas hőmérsékletű szárítókamrában felfűtöttünk, majd a lengéscsillapítót egy állandó fordulatszámmal forgó tengely végére szereltük fel. Ezek után folyamatosan rögzítettük a lengéscsillapító – annak háza külső átmérőjén mért – hőmérsékletének időbeli változását, csökkenését. A mérést több fordulatszámon megismételtük. A méréseket hűtőborda nélküli, ill. egy- és kétoldali hűtőbordákkal rendelkező lengéscsillapító eseteire is végrehajtottuk.

Az időfüggő CFD szimuláció felépítésekor pontosan követtük a mérés beállításait: a geometriát, a kezdeti – teljesen egyenletesnek feltételezett – hőmérséklet-megoszlást a lengéscsillapítón belül, valamint a forgó tengely fordulatszámát.

A mérési és szimulációs eredményeket, azok összehasonlítását egy adott beállításhoz mutatja a **3. ábra**, ahol a lengéscsillapító egyoldali hűtőbordázattal volt felszerelve.



4. ábra: a stacioner modell felépítése

A mérések a szimulációval minden esetben – minden fordulatszámon és különböző lengéscsillapító geometria esetén is – jó egyezést mutatnak. Ezek azonban tranziens (időfüggő) számítások, amellyel ugyan a hőmérséklet csökkenése jól nyomon követhető, de a szimuláció nagy számítási és idő igényű. Erre csak a mérésekkel való összehasonlíthatóság miatt volt szükség.

A továbbiakban az Iwamoto-egyenlet vizsgálatához elegendő az állandósult állapotokhoz tartozó stacioner szimulációkat elkészíteni.

STACIONER SZIMULÁCIÓ

A stacioner (időben állandósult) modellnél az a célunk, hogy a lengéscsillapítón adott hőforrás- és szögsebesség-érték mellett meghatározzuk a kialakuló hőmérséklet-eloszlást és a hőátadási tényezőt. A szimulációs modell felépítését a **4. ábra** mutatja.

Előzetes számításokból meghatároztuk, hogy a lengéscsillapító adott fordulatszámon és vibrációs amplitúdó mellett mennyi teljesítményt disszipál el a szilikonolaj nyírásával. Ezt a disszipációt a szilikonolaj határoló felületére definiáltuk mint belső hőforrást. A $P_{disszipált}$ disszipált teljesítményből a belső hőforrás a következőképpen számítható:

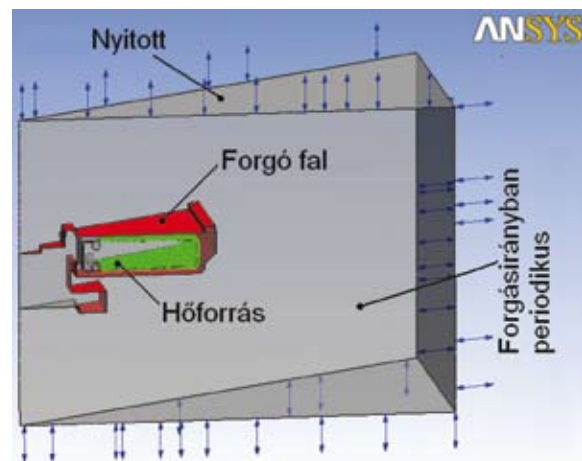
$$Q_{olaj} = \frac{P_{disszipált}}{V} \quad (3)$$

ahol V a szilikonolaj teljes térfogatát és Q_{olaj} a számított belső hőforrást jelöli.

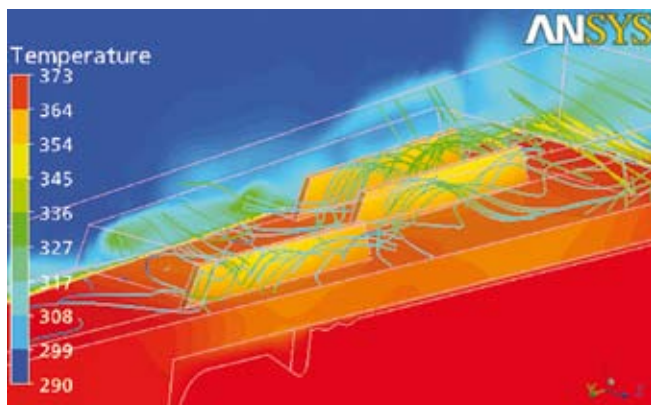
A szimulációs modellben a szabad be- és kiáramlás megvalósítása érdekében az áramlási teret körülhatároló felületen „nyitott” peremfeltételt adtunk meg, azon belül légköri nyomást és környezeti hőmérsékletet 21 °C-ot definiáltunk. Ezzel biztosítottuk, hogy a levegő áramlási képe szabadon, a lengéscsillapító forgásának, fordulatszámának megfelelően alakuljon ki.

Az áramlási tér és a lengéscsillapító-ház közös felületén „forgó fal” peremfeltételt adtunk meg. Itt lehet megadni a lengéscsillapító aktuális, vizsgált szögsebességét.

A lengéscsillapítóból csak egy kicsi, 6°-os szelet lett modellezve, mivel az forgásszimmetrikus. Ezért az áramlási tér és a



5. ábra: a szimuláció peremfeltételei



6. ábra: turbulens áramlás

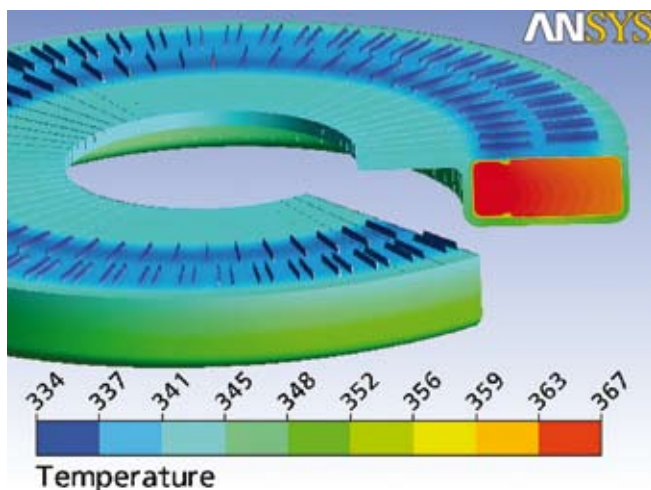
lengéscsillapító elmozdított oldalfalain „forgásirányban periodikus” peremfeltételt definiáltunk.

A definiált peremfeltételeket az **5. ábra** mutatja.

EREDMÉNYEK

A **6. ábra** a hűtőbordák által keltett turbulens áramvonalakat mutatja. Hűtőborda nélküli esetben sokkal nagyobb fordulatszám-tartományig lamináris marad az áramlás. Ezeken a magas fordulatszámokon viszont már egy kis zavarás hatására is robbanásszerűen végbemegy az átalakulás, és kialakul ez az örvényekre szétbomló, igen bonyolult, turbulens áramkép. A hűtőbordáknak pontosan ez a feladata, vagyis hogy a lengéscsillapító körül már alacsonyabb fordulatszámokon is kialakuljon a turbulens áramlás, növelve ezzel a lengéscsillapító hőátadási tényezőjét.

A **7. ábra** a lengéscsillapítóban kialakuló hőmérséklet-mezőt mutatja. Látható, hogy az egyoldali hűtőbordázás egyik hatása, vagyis a bordákkal szerelt felületnek alacsonyabb a hőmérséklete,

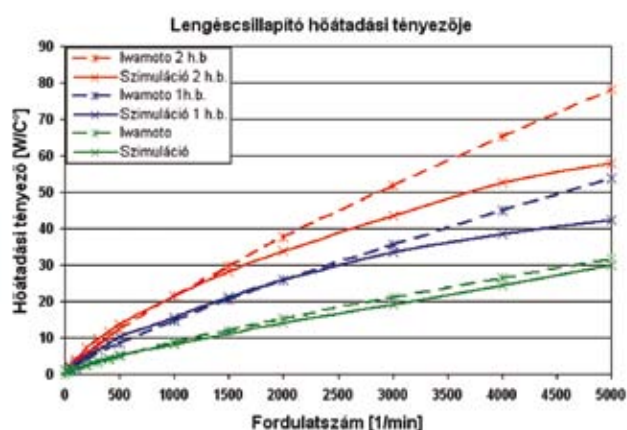


7. ábra: hőmérsékletmező

mint a hűtőborda nélküli oldalnak. Ez hűtőborda nélküli és kétoldali, szimmetrikus bordázás esetén természetesen nem áll fenn.

A **8. ábrán** a tapasztalati képletből, az Iwamoto-egyenletből és a stacioner szimulációból nyert hőátadási tényezők összehasonlítása látható: hűtőbordák nélküli, egyoldali (1 h.b.) és kétoldali hűtőbordákkal (2 h.b.) szerelt lengéscsillapító eseteire.

Hűtőbordák nélkül a számítás jó egyezést mutat az Iwamoto-egyenletből nyert eredményekkel. Jelentős eltéréseket a hűtőbordákkal felszerelt lengéscsillapítónál kaptunk, különösen nagyobb fordulatszámokon. Ennek legfőbb oka, hogy az Iwamoto-képletben a hűtőbordákat, a hőátadó felület egy konstans számmal való felszorzásával vesszük figyelembe, de ez így az ábráról láthatóan nem pontos.



8. ábra: hőátadási tényezők: Iwamoto-egyenlet és szimuláció eredményei

ÖSSZEGZÉS

A torziós lengéscsillapítók pontos számításához ismernünk kell a csillapító folyadék hőmérsékletét. A hőmérséklet-számítás kritikus pontja a forgó lengéscsillapítóról a levegőnek átadott hőmennyiség, a hőátadási tényező ismerete. Korábban csak tapasztalati összefüggés állt rendelkezésre, amelynek ellenőrzésére és fejlesztésére időfüggő és időben állandósult szimulációs modelleket fejlesztettünk. Fontos lépés, hogy a tranziens CFD szimulációkat validáltuk, a szimuláció eredményeit mérésekkel vetettük össze.

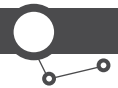
A szimuláció a hűtőborda nélküli esetre jó egyezést mutat a tapasztalati képlettel. Egy- és kétoldali hűtőbordák esetén nagy eltéréseket kaptunk, különösen a magas fordulatszám-tartományban. Az Iwamoto-egyenlet másik pontatlansága, hogy nulla fordulatszámon nem számol hőátadást, amely természetesen nem valóságszerű. Így indokolt a tapasztalati összefüggés módosítása.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal támogatásával készült, a pályázati azonosító: TRUCKDAS.

IRODALOM

- [1] K. E. Hafner, H. Maass: Torsionsschwingungen in der Verbrennungskraftmaschine Band 4, Springer-Verlag, 1985
- [2] R. B. Bird; R. C. Armstrong; O. Hassager: Dynamics of Polymeric Liquids. Volume 1, Second Edition, Wiley, 1987
- [3] Dr. Lajos Tamás: Az áramlástan alapjai, Műegyetemi Kiadó 2004
- [4] Dr. Gróf Gyula: Hőközlés jegyzet, 1999.



Szubmikroszkopikus közúti modell fejlesztése

DR. BÉCSI TAMÁS

adjunktus,
BME Közlekedés-
automatikai Tanszék

DR. GÁSPÁR PÉTER

Tudományos tanácsadó
MTA-SZTAKI

A cikk egy jelenleg is folyamatban lévő kutatás-fejlesztési projekt jelen állását ismerteti, amely egy moduláris felépítésű szubmikroszkopikus forgalmi szimuláció fejlesztésére irányul. Áttekintésre kerülnek a közúti közlekedés modellezési paradigmái, továbbá a szubmikroszkopikus modellek tervezésének főbb aspektusai.

The article presents the development state of a currently ongoing research and development project aiming the development of a modular submicroscopic road traffic simulation environment. After a short survey on the paradigms of road traffic modelling, the main aspects of the planning of submicroscopic models are outlined.

BEVEZETÉS

A szubmikroszkopikus modellek megalkotásához a motivációt a Truckdas K+F projekt egy részprojektje adta, amely baleseti szituációk és gócpontok vizsgálatára irányul.

A projekt célja elemzés végzése, mely valós forgalomban használt járművek biztonsági rendszereinek működését vizsgálja. Ennek érdekében egy szubmikroszkopikus szimulációs rendszer kerül kifejlesztésre, amely képes a forgalomban részt vevők közötti konfliktushelyzetek feltárására. Egy súlyos forgalmi konfliktus folyamata tehát csak az utolsó fázisában és közvetlen előzményében különbözik a balesetétől. Ennek az elemzésnek közvetlen célja a különböző forgalmi pontok veszélyességének meghatározása és besorolása a lehetséges forgalmi konfliktushelyzetek alapján, azaz még a baleset megtörténte előtt. Az elemzés közvetett célja annak meghatározása, hogy a későbbiekben tervezett valós távdiagnosztikai mintarendszerben milyen adatok gyűjtésére van szükség ahhoz, hogy egy vizsgálandó forgalmi pontról statisztikai elemzéssel alátámasztott minősítés legyen elvégezhető. A szubmikroszkopikus szimulációs rendszer és a távdiagnosztikai rendszer egyaránt segíthet az új fejlesztésű jármű- és közlekedésbiztonsági rendszerek vizsgálatában, valamint a törvényhozási és a műszaki K+F irányvonalak pontosabb meghatározásában.

A projekt eredménye egyrészt segíthet a jövőben a törvényhozási és a műszaki kutatás-fejlesztési irányvonalak pontosabb meghatározásában, másrészt a távdiagnosztikai rendszer, valamint a kidolgozott elemzési módszertan az új fejlesztésű jármű- és közlekedésbiztonsági rendszerek vizsgálatát is megkönnyítheti.

A SZUBMIKROSKOPIKUS FORGALOMMODELLEZÉS

Más tudományterületeken a „szubmikroszkopikus” kifejezés a részecskeméretű világot jelenti, a közúti közlekedési modellek esetében azonban – alkalmazkodva a már kialakult terminológiához –, egy sokkal magasabb szintű megközelítést jelent. A közúti forgalom modellezésére sokféle technika terjedt el. A szimulációs modellek részletessége a makroszkopikus modellezéstől indulva a mezoszkopikuson át a mikroszkopikus, illetve szubmikroszkopikus modellekig terjednek.

A makroszkopikus modellek lényege, hogy a forgalmat egy közeg áramlásaként kezeljük és a forgalom változását néhány fő jellemző (forgalomáramlás, forgalomsebesség, forgalomsűrűség) funkciójaként határozzuk meg. Ezek a modellek a legegyszerűbb lineáris kapcsolattól [1] egyre bonyolultabb és összetettebb irányba fejlődtek [2] (Greenberg, NWU modell, Drew modell, diffúziós modellek). A makroszkopikus modellezés kiválóan alkalmas hálózati szintű vizsgálatra, ám nem ad semmilyen információt az egyénekről, bár hozzá kell tenni, hogy ez nem is feladata.[1][7][8]

A mezoszkopikus modellek kötik össze a makro- és a mikromodelleket. Az ilyen jellegű modellekben már megjelenik a jármű entitásként, de viselkedése még vagy a makroszkopikus jellemzőktől függ, vagy nagyon alacsony szintű modellezést alkalmaz, illetve nem minden esetben jelentkezik az összes valós résztvevő a szimulációban, csak egyes elemek viselkedését vizsgáljuk. Ezek a modellek igen sok formát ölthetnek. Egyrésztől tekinthetőek a járművek valamilyen csoportba szervezett, és e módon átvezetett egységeknek, de számos irodalom joggal ide sorolja az automata modelleket is (pld. Nagel-Schreckenberg modell [6]). A mezoszkopikus modellek leginkább az ún. „Dynamic Traffic Assignment”, azaz dinamikus forgalomszétosztás vizsgálatára alkalmasak.

A mikroszkopikus modellek esetében már minden jármű külön egyedként szerepel a modellben és a járművek (illetve járművezetők) viselkedése már a közvetlen környezetüktől függ. Az általános mikroszkopikus modellek alapeleme a járműkövetési, sávvalasztási, illetve útvonal-választási modell. E modellek általában egy modelleként kezelik a jármű-járművezető rendszert [11]. A kezdeti modellek az ún. cellás (diszkrét) modellek voltak, ekkor az útszakaszt egység hosszúságú cellákra osztották, és a járművek ezeket a diszkrét pozíciókat vehették fel.

Az emberi viselkedés vizsgálatára a legjobban az ún. szubmikroszkopikus modellek felelnek meg. E modellek esetén teljesen szét van választva a – már többdimenziós – pálya, a jármű és a járművezető.

ALKALMAZÁSI TERÜLETEK

A bevezetőben felsorolt felhasználási területek közül a járműfedélzeti rendszerekkel kapcsolatos felhasználások igényeit térképezzük fel ebben a fejezetben.

Az elmúlt években és jelenleg is nagyon sok kutatás foglalkozik a mikroszkopikus modellek továbbfejlesztésével. Mivel a mikroszkopikus modellek alapvetően az egyben kezelt jármű-járművezető egységek közötti interakciókat írják le, így nem elégségesek a járművek és a járművezetők viselkedésének részletesebb modellezéséhez. Azonban sok autóiipari alkalmazás megköveteli a komplexebb jármű és járművezető modellek alkalmazását. Ilyenek lehetnek a járművek fogyasztását és károsanyag-kibocsátását csökkentő fejlesztések, továbbá a különböző – a járművek viselkedését befolyásoló – fedélzeti berendezések kifejlesztésének támogatása. Konkrét példaként említhetők az adaptív sebességtartó automatikák, ütközésre és sávelhagyásra figyelmeztető (elkerülő) rendszerek alkalmazásai, különös tekintettel az elővárosi és városi környezetre. Ide sorolhatók – a még kutatási fázisban lévő – járművek közötti kommunikációs rendszerek. A jelenlegi kutatások (pl.: [9]) a mikroszkopikus közlekedési modelleket integrálják számítógép-hálózati modellekkel, hogy az újonnan kifejlesztett hálózati protollokat (pl.: hálózatfelépítési eljárások, speciális útválasztó algoritmusok) teszteljék. Ezekhez alapvetően elegendőek a mikroszkopikus modellek is. Azonban abban az esetben, ha a kommunikációs rendszert használó alkalmazást (pl.: kommunikációalapú ütközésmegelőző rendszer) is modellezni szeretnénk, már nem elég a mikroszkopikus modell.

A másik fontos felhasználási terület lehet a balesetveszélyes területek és helyzetek szimulációja. Itt előtérbe kerül a jármű-pálya kapcsolat modellezése, valamint a járművezető viselkedési modellje.

Megállapítható, hogy a fenti két fő problémakörhöz a szubmikroszkopikus modellek a legmegfelelőbbek.

MODELLÉPÍTÉS

A közúti forgalom szubmikroszkopikus modellezésének megközelítése során nagyon fontos betartani néhány alapvető szabályt. Ellentétben például a makroszkopikus modellekkel, ahol a szimuláció alkotóelemei a lehető legszorosabb kapcsolatban állnak egymással, szubmikroszkopikus esetben az alkotóelemek lehetőségei szerinti legjobb szétválasztása a cél. Ennek oka az is, hogy ebben az esetben már igen nagy különbség lehet az egyes döntési modellek, illetve jármű alkotóelemek mintavételi idő igényében. A járművezető taktikai vagy operatív döntései sokkal ritkább feldolgozást igényelnek, mint például egy sebességváltás, vagy akár a jármű-út kapcsolat modellezése. Az ilyen modell adatstruktúráját célszerű tehát úgy megalkotni, hogy az egyes elemek függetlenül tervezhetőek, módosíthatóak legyenek. Ahhoz azonban, hogy ez számítástechnikailag megvalósítható legyen, definiálni kell egy olyan keretet, amely a különböző modelleket keretbe foglalja. A szubmikroszkopikus modell legfontosabb eleme tehát a megfelelő interfészek definiálása, a hálózat-jármű-vezető hármas között. Amennyiben ez megvalósul, az egyes alkotóelemeket lehet úgy tervezni, hogy azok tetszés szerint variálhatóak, illetve bővíthetők legyenek.

Egy egyszerű példa erre az, ha megnézzünk két vizsgálati célt: az egyik a baleseti szituáció vizsgálata, a másik pedig egy kereszteződés forgalmának vizsgálata. Az előbbi esetben a jármű lehető legmélyebb modellezése a cél, míg a második esetben ez másodlagos.

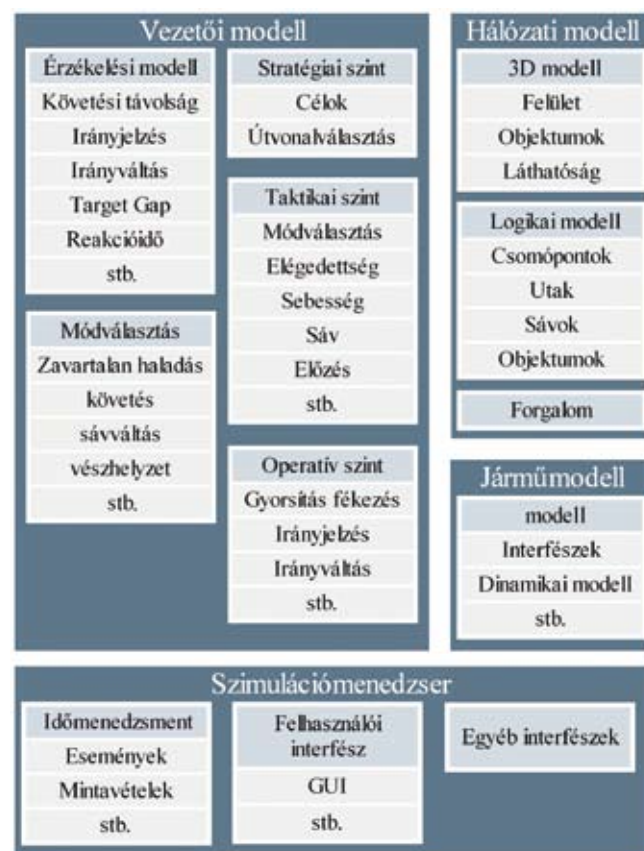
Az ilyen jellegű modularitás lehetővé tesz olyan vizsgálatok megfelelő sebességgel történő elvégzését, amely a modularitás hiányában túlzottan és fölöslegesen számolásigényes lenne. Például a kamion „platooning” vizsgálatok végzésekor a járművek környezetében nagyszámú egyéb jármű jelenik meg, amelyek hatással vannak a szabályozásra. Ezeket a járműveket ilyen struktúra mellett lehet kezelni egyszerűbb modellel, míg a ténylegesen vizsgált járműveket bonyolultabb modell felhasználásával.

ÁLTALÁNOS

A modellépítés során figyelembe kell venni a modell informatikai megvalósíthatóságának kérdéskörét is, ezért az ismertett modellelemek és rendszerkapcsolatok általános leírása mellett figyelmet kell fordítani az implementáció lehetőségeire is. Egy szubmikroszkopikus modell alapvetően a következő elemekből áll:

- hálózati, illetve pályamodell;
- járműmodell és
- járművezetői modell.

Természetesen e modellek mind több részegységből épülnek fel (**1. ábra**).

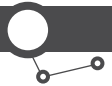


1. ábra: fő modellcsoportok és döntések

HÁLÓZAT

A makroszkopikus modellek esetében a hálózatot csomópontokból és utakból álló gráfként lehet leírni. Sok esetben a modellezés szintje még azt sem követeli meg, hogy az egyes sávokat külön kezeljük. A mikroszkopikus modelleknél már egyértelműen szerepet játszanak a sávok, illetve a különböző sorolási megkötések, de ezen a szinten is az adott sáv kvázi egydimenziósnek tekinthető.

A szubmikroszkopikus modellek esetében, miután vizsgálni kívánjuk a jármű-út kapcsolatot is, a hálózati modellnek tartalmaznia kell a pálya felületét leíró háromdimenziós modellt, hozzáátve a különböző helyeken a különböző útminőségi paramétereket is. Természetesen a járművezetői döntések segítéséhez, illetve a szimuláció sebességének javításához szükséges felvenni a hálózat ún. logikai modelljét is, amely megegyezik a mikroszkopikus hálózatrepresentáció formájával.



JÁRMŰ

A mikroszkopikus modellek esetén a jármű-vezető kettős egyetlen, szoros egységet képez, a szubmikroszkopikus esetben azonban ezeket külön kell választani. Egy ilyen modellt ismertet A. Hochstädtter et al. [4] a PELOPS rendszerkoncepcióban. A szubmikroszkopikus járműmodell alapvetően két interfésszel rendelkezik, kapcsolódik az út háromdimenziós modelljéhez, illetve a jármű-vezetőhöz. A járművezetővel létesített kapcsolat értelemszerűen a kezelőszervek állásainak információját tartalmazza, tehát a kormány gáz-, kuplung- és fékpedált, illetve a sebességváltót. Az irodalomban található különböző járműmodellek különböző modellezési mélységeig mennek el, függően attól, hogy együtt kezelik-e a hajtásláncot, vagy külön, ám egyik modell sem megy az egyes alkotóelemek logikai modelljénél mélyebb szintre (fogaskerék-kapcsolatok mechanikai modellje, motorégéstér stb.) Ennek három igen jól alátámasztható oka van, ugyanis a vizsgálatok céljai az ilyen mélységű modellezést nem indokolják, a fejlesztési költségekben és időben ez igen nagy pluszt jelentene, továbbá a jelenlegi számítási kapacitásokat figyelembe véve a szimulációt nem lehetne elvárható sebességgel futtatni. Amennyiben azonban komolyabb vizsgálatokat szeretnénk folytatni a modellen, nem hanyagolhatjuk el a jármű mechanikai tulajdonságait, azaz a súlypontok és felfüggesztések dinamikáját, a megfelelő tapadás modellezése végett. A kutatás jelen fázisában az alábbi részegységek modellezése tűnik indokoltnak:

- humán interfész (kormány, pedálok, sebességváltó);
- út interfész (kerékerők, tapadás);
- mechanikai modell;
- súlypontok, felfüggesztés;
- motor, váltó, tengelykapcsoló, hajtás, kerekek;
- általános elektronikai vezérlések;
- opcionális lehetőségként speciális vezérlőmodul-interfész.

VEZETŐ

A szubmikroszkopikus modellek vezetői modellje hasonló működésű a mikroszkopikus modellek jármű-vezető modelljével, jelen fejezet a főbb hasonlóságokat és különbségeket ismerteti.

Koppa a vezetési feladatokat három fő részre bontja: [5]

- Navigáció és időzítés (Stratégiai szint): Útvonalválasztás és utazásidőzítés. Ezek a döntések a vezető hálózatismeretén és a hálózati kondíciókon alapulnak, beleértve az esetleges valós idejű információkat is.
- Vezetés (Taktikai szint): a jármű kvázi-kétdimenziós útvonalának „tervezése” a forgalomban. Ezeket a döntéseket a vezető biztonsági szempontjai, az útvonalhoz való ragaszkodás és a vezetési tapasztalata (vezetési komfort, sebességválasztás) befolyásolják.
- Vezérlés (Operatív szint): folyamatos tevékenység, amely a jármű vezetésére vonatkozik (kormányzás, gyorsítás, fékezés).

A különbséget a két modellezési paradigma között azonban több tényező is meghatározóvá teszi.

- A járművezető a mikroszkopikus modellek esetén direkt gyorsítási, illetve fordulási utasítást ad, amelyet a jármű végre is hajt, míg jelen esetben csak a jármű-interfésznek továbbítja az utasításokat.
- A járművezető, ellentétben a mikroszkopikus modellekkel nem érzékeli a teljes környezetét, pl. a kereszteződésbe takarásból érkező járműveket.
- A járművezető nem ismeri a teljesen pontos távolság-, sebességadatokat, csak valamilyen közelítő jellemzőt.
- A járművezető a különböző döntési szinteken a hálózat különböző modelljeit alkalmazza. Stratégiai szinten a hálózat

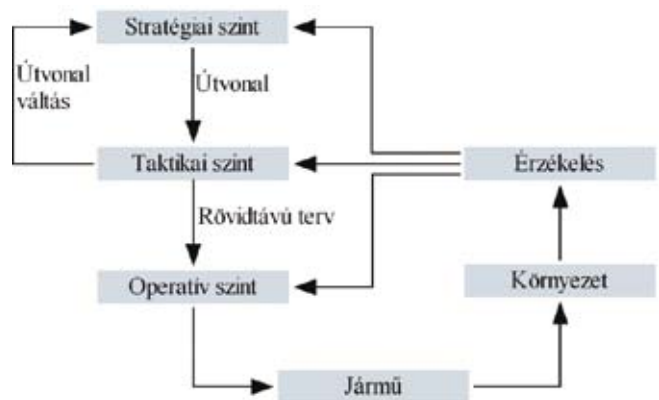
logikai modelljét, mivel az útvonalválasztáshoz ez elegendő, operatív szinten a háromdimenziós modellt, mivel az operatív döntésekhez a szubmikroszkopikus környezet ismerete elengedhetetlen, a taktikai szinten pedig mindkettőt, a szituációnak megfelelően.

A fentiek figyelembevételével a járművezetői modell az alábbi alkotóelemekből kell hogy felépüljön:

- Érzékelési modell, elsősorban a látás modellezése;
- Döntési modellek:
 - Operatív,
 - Taktikai és
 - Stratégiai,
- Járműinterfész (jármű kezelésére),
- Út interfész az hálózat logikai és háromdimenziós érzékelésére.

A VEZETŐ DÖNTÉSI SZINTJEI

A különböző vezetési feladatok közötti kölcsönhatást a **2. ábra** szemlélteti. A vezető stratégiai döntéseket hoz: útvonalat választ, és időzíti az utazást. A taktikai döntéseket a vezető környezete is befolyásolhatja: pl. megfelelő sávban kell lennie a továbbhaladáshoz. Amennyiben az utazási terv nem teljesül, a vezetőnek vissza kell térnie a stratégiai szintre. A sáv- és sebességválasztási feladatok pedig hatnak az operációs szintre és e hatások összességükben határozzák meg a vezető-jármű rendszer elhelyezkedését és állapotát a forgalomban.



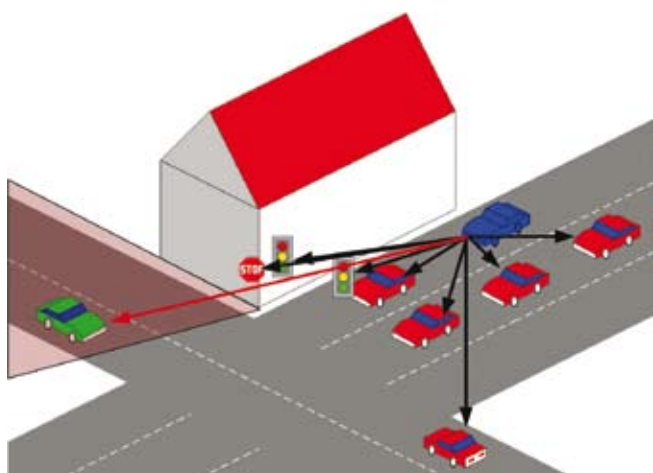
2. ábra: döntési szintek

ÉRZÉKELÉS

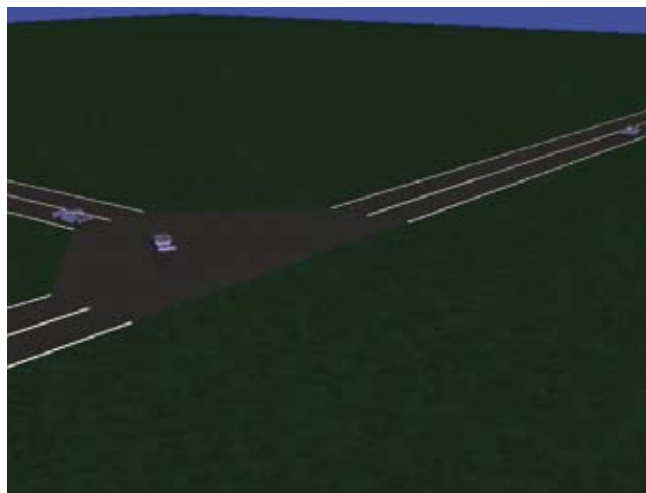
A vezető percepciók modelljének rengeteg információt kell begyűjtenie: (**3. ábra**)

- Saját sáv: Követett jármű/járműsor sebessége, távolsága, gyorsulása, irányjelzései;
- Jelzőtáblák, jelzőlámpák;
- Anomáliák (pl. balesetek);
- Környező sávok: forgalom, környező járművek mozgása;
- Keresztező út forgalma;
- Egyéb jellemzők, mint gyalogosok, kötöttpályás járművek stb...

Könnyen belátható, hogy a legtöbb érzékelni kívánt jellemző a szimuláció logikai modelljéből meghatározható, csakúgy, mint a mikroszkopikus forgalmi modellek esetében. Az adatok elérhetőségének meghatározásához viszont figyelembe kell venni, hogy a járművezető számára elérhetőek-e ezen adatok, azaz a járművezető látja-e azok forrását. Ennek a feladatnak a meghatározásához már a hálózat 3D modelljének segítségét kell igénybe venni.



3. ábra: járművezetői környezet



4. ábra: egyszerű 3D megjelenítés

SZIMULÁCIÓS KERNEL

A szubmikroszkopikus forgalmi modellek szimulációs magja összetettebb felépítésű, mint az alacsonyabb modellezési szintű forgalmi modelleké. A kevésbé részletes modellcsoportok esetén jellemzően egy közös, és nem is feltétlenül túl sűrű mintavételi idő meghatározása elégséges lehet, szubmikroszkopikus környezetben ez nem megvalósítható. A modell magja így sokkal bonyolultabb lesz, ahol a diszkrét eseményű szimuláció és a kvázi-folytonos rendszerek szimulációja egyszerre történik meg. A járműmodellnek például sokkal sűrűbb mintavételi időre van szüksége, mint a vezetői modellnek vagy a szimuláció egyéb részeinek. Ezért a szimulációs kernel egy nagyon szigorú időkövető maggal rendelkezik, amelyekhez az egyes modellcsoportok külön kapcsolódnak. Így megvalósítható, hogy egyszerre jelenjenek meg a szimulációban a DES-alapú modellek, a fix-, illetve változtatható lépésközü vagy a különböző numerikus megközelítésű alrendszerek.

ÖSSZEFOGLALÁS

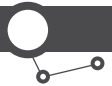
A cikk a szubmikroszkopikus forgalommodellezés területéről ad egy rövid ízelítőt, kitérve az alapvető tervezési szempontokra. Ismertet továbbá egy folyamatban lévő hazai fejlesztés alatt álló rendszert. A kutatás-fejlesztés már jelenlegi állapotában is egy jól használható keretrendszert eredményezett, kimondhatom, hogy minden lényeges rendszerelem implementációja megtörtént. A rendszer további fejlesztése során a kutatók a járművezetői modell érzékelési és döntéshozási alrendszereinek tervezését tartják a legfontosabb kihívásnak.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás az NKTH TECH-08-2/2-2008-0088 pályázat finanszírozásával valósult meg. ●

IRODALOM

- [1] Bokor, J., and Péter, T. (2006) Járműforgalmi rendszerek modellezése és irányításának kutatása; A jövő járműve, járműipari innováció, I. évf. 1–2., X-Meditor, Győr, pp. 19–23.
- [2] Greenberg, H. (1959) An Analysis of Traffic Flow; Operations Research, vol. 7.
- [3] Greenshields, B.D. (1935) A Study in Highway Capacity; Highway Research Board. Proceedings, vol. 14.
- [4] Hochstädter, A., and Ehmanns, D., and Neunzig, D. (1999) PELOPS as a Tool for Development and Configuration of Driver Assistance Systems; Euromotor Seminar, Telematic/Vehicle and Environment, Aachen
- [5] Koppa, R. J.: „Human Factors”, in Revised Monograph on Traffic Flow Theory, Turner-Fairbank Highway Research Center, [online]: <http://www.tfhrc.gov/its/tft/tft.htm>, 1997
- [6] Nagel, K., and Schreckenberg, M. (1992) A Cellular Automaton Model for Freeway Traffic; J. Physique I, 2, 1992, pp. 2221–2229.
- [7] Péter, T. (2007) Nagyméretű közúti közlekedési hálózatok analízise; Innováció és fenntartható felszíni közlekedés, MMA, Budapest
- [8] Péter, T., Stróbl, A., and Fazekas, S. (2007) Hazai szoftverfejlesztés a nagyméretű közúti közlekedési hálózatok folyamatanalízisére; Innováció és fenntartható felszíni közlekedés, MMA, Budapest
- [9] Piorkowski, M., Raya, M., Lugo, A., Papadimitratos, P., Grossglauser, M., Hubaux, J. TraNS: Realistic Joint Traffic and Network Simulator for VANETs; ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, vol. 12, num. 1, 2008, p. 31–33
- [10] TRUCKDAS Vezetéstámogató elosztott rendszerek innovációja haszongépjárműves platformra projekt (<http://www.truckdas.hu>)
- [11] Wiedemann, R., and Reiter, U. (1992) Microscopic Traffic Simulation: The Simulation System MISSION. Background and Actual State; CEC Project ICARUS (V1052) Final Report, Vol. 2 Appendix A. CEC, Brussels



Sávtartó funkció haszongépjárművek számára

HANKOVSKI ZOLTÁN

BME Gépjárművek Tanszék,
PhD-hallgató

KOVÁCS ROLAND

Knorr-Bremse
Fékrendszerek Kft.,
fejlesztési csoportvezető

DR. PALKOVICS LÁSZLÓ

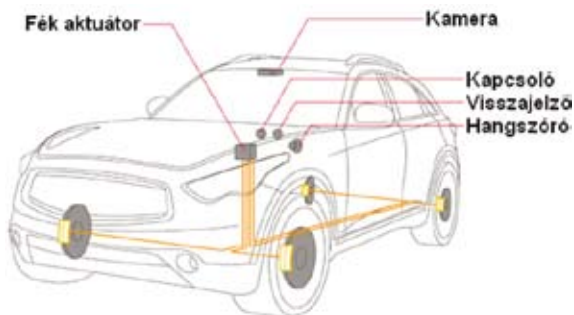
Knorr-Bremse
Fékrendszerek Kft.,
fejlesztési igazgató

Számos sávtartó automatika kapható már jelenleg. Ezek aktív szervomotorral kormányozzák a járművet vagy a kerekek oldalankénti fékezésével. Személygépkocsik esetén mindkét kerék egyidejű fékezése szükséges az adott oldalon. Haszongépjárművek esetén a hátsó kerék fékezése kevésbé effektív, ugyanakkor az első keréké pedig sokkal hatásosabb, mint személygépjárműveknél.

Several lane keeping systems are in the market. We can find solutions with active servo engine, and side-selected wheel braking. In case of passenger cars, both wheels are braked in the selected side. In case of commercial vehicles, the braking efficiency is not the same: in case of only rear axles, the steering effect is less. But in case of front axle braking, the steering effect is much higher, than in case of passenger vehicles.

SÁVTARTÁS ÁLTALÁBAN

A piac már ma is számos megoldást kínál a járművek sávban tartására. Ezek beavatkozási módjai eltérhetnek: a Toyota Lane Keeping Assist [1] és a Honda Lane Keep Assist System megoldásai a kormányzásba avatkoznak be [2] egy aktív szervomotorral. A Nissan Lane Departure Prevention [3] jövőben megjelenő megoldása a kerekek fékezésével [4] éri el a kívánt hatást.



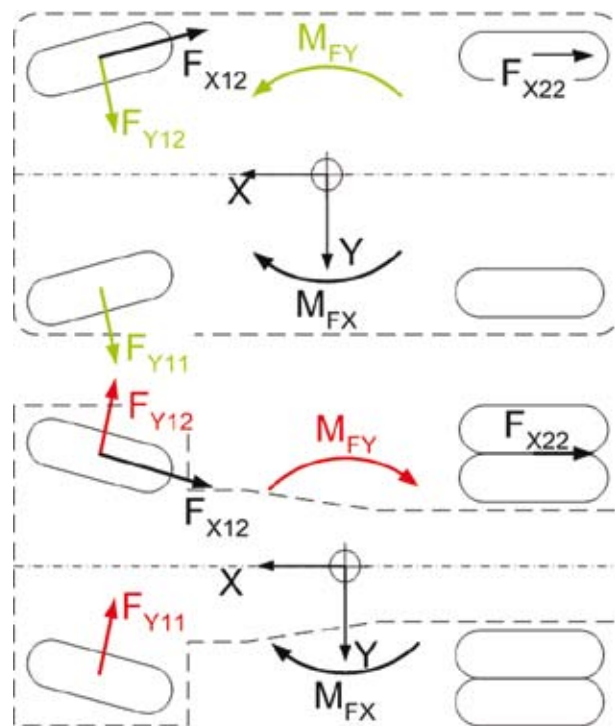
1. ábra: Nissan Lane Departure Prevention rendszerfelépítése, forrás: [3]

A rendszerek felépítésüket tekintve a következő főbb részekre bonthatók – **1. ábra:**

- Sávban elfoglalt pozíció meghatározásához szükséges szenzor vagy szenzorok. Ez az esetek jó részében videoalapú rendszert takar, melyek egy [5] vagy két [6] kamerával pásztázzák az utat. Ugyanakkor infravörös szenzorokkal működő megoldás is található a piacon [7].
- Vezetőt figyelmeztető egységek. Ez a ma kapható rendszerek esetén jelenthet vibrációs figyelmeztetést a kormánykeréken [5] vagy az ülésben [7], valamint hang- és fényjelzést [3].
- Beavatkozóegységek. Ez ma a japán gyártókra jellemző még csak, az európai márkák nem alkalmazzák még ezt a megoldást. Itt, ha a sofőr az előzetes figyelmeztető jelzések ellenére sem avatkozik be, akkor a rendszer közbeléphet. Ám ennek is feltétele minden esetben a vezető felől érkező ráutaló maga-

tartás, azaz egy megkívánt minimális kormánynyomaték – ez általában 20%-a a teljes kormánynyomatéknak. Érdekesség, hogy a tapasztalatok alapján ez a ráutaló magatartás döntött ívű kanyarokban tévesen kerülhet felismerésre [8], és a jármű emberi beavatkozás nélkül maradhat a sávban.

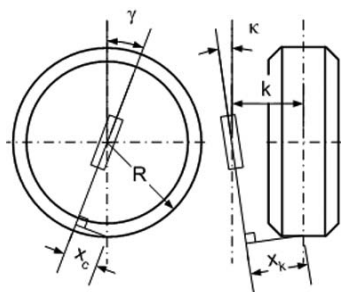
Tehát a fentiek alapján a ma elterjedt rendszerek vagy csak sávelhagyásra figyelmeztetnek, vagy a vezetőt segítik a kormányzásban. Továbbá e rendszerek mindezt csak jól felismerhető sávhatárok, kisívíű kanyarok és közelítőleg 70–140 km/h sebességhatárok között teszik.



2. ábra: féloldalas fékezés hatása személygépjármű (fent) és haszongépjármű (lent) esetén

HASZONJÁRMŰ-FUTÓMŰGEOMETRIA

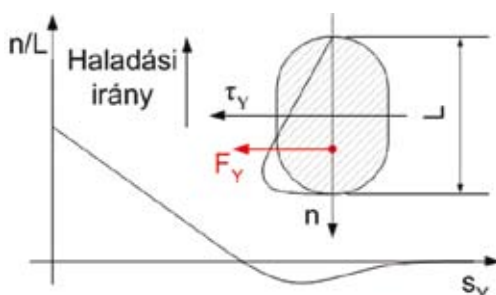
Haszonjárművek esetén, az első tengelyen történő fékezés hatása eltér a személygépjárművekétől. Ennek oka a futómű kialakításában keresendő: modern személygépjárművek esetén a kormánylegördülési sugár értéke kisebb, mint 0 mm. Ezt a trendet a Volkswagen Golf első generációja indította el, 1974-ben. A **2. ábra** szemlélteti a legördülési sugár hatását: a fenti ábrán egy negatív kormánylegördülési sugárral rendelkező személygépjármű látható. Itt a féldoldas fékezés hatására (mely adódhat például az útfelület tapadásának különbségeiből) a fékerőkből adódó perdítónyomatéknak (M_{FX}) tart ellen a szintén a fékerők miatt el-kormányzódó első tengely (M_{FY}). Haszonjárművek esetén azonban nem elterjedt a negatív kormánylegördülési sugár [9] – főleg az alkalmazott tengelyek, csapszegek, kerekek stb. fizikai méretei és az okozott kopás miatt –, ennek eredménye az ábra alsó részén látható eset, ahol az első tengely féldoldas fékezése a kormányzott kerekeket a jobban fékezett oldal felé forgatja, ezzel még segítve a jobban tapadó oldal felé történő elfordulást.



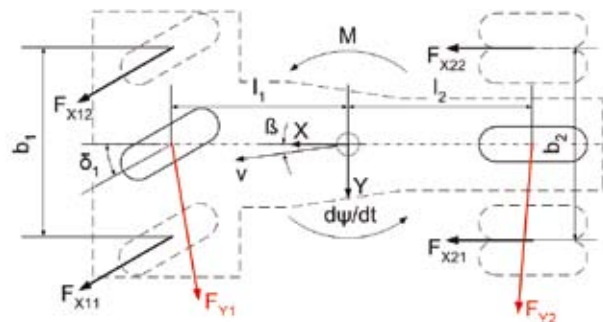
3. ábra: utánfutás és kormánylegördülési sugár módosított értékei

Mindezek eredményeként egyenetlen útfelületen történő fékezés esetén egy negatív legördülési sugárral rendelkező személygépjármű stabilabban viselkedik. A legördülési sugarak mértékére jellemző, hogy személygépjárművek esetén -20 mm körül alakul, haszonjárművek esetén pedig +60 mm felett is lehet az – jó összehasonlítást nyújt [10], mely szerint a csökkentett kormánylegördülési sugár növeli a jármű stabilitását transziens jelenségek közben, szintén növeli az elérhető oldalgyorsulást, csökkenti féldoldas fékezés során a jármű oldalirányú elmozdulását, ugyanakkor a kormányzási érzetet is tompítja, kevésbé közvetlen kapcsolatot tesz lehetővé.

A **3. ábra** szemlélteti az utánfutás és a kormánylegördülési sugár módosított definícióját. Eredetileg ezek az értékek a gumibroncs talajjal való érintkezési felületének középpontja és az egyes képzeletbeli tengelyek szintén talajon értelmezett dőléspontjainak távolságai. Azonban a fizikai egyenletek felírásakor nem ezen értékek a mérvadók, hanem a képzeletbeli tengelyekre állított merőlegesek hosszai. Egy ZF RL 85A [11] típusú kormányzott első



4. ábra: tapadási középpont eltolódása keresztirányú szlip függvényében



5. ábra: kiterjesztett biciklimodell

tengely esetén (melyet főleg alacsony padlós városi buszokhoz használnak 295/80R22.5 kerékmérettel) saját méréseink alapján a legördülési sugár módosított értéke +63 mm, az utánfutás módosított értéke pedig 29 mm.

Az utánfutást illetően további figyelembeveendő tény az erőátadási középpont eltolódása [12]: kis szlipek esetén az oldalerő támadáspontja a geometriai keréktalppont mögött található [13]. Az előbb említett futómű gumibroncsához tartozó maximális tapadási középpont eltolódás nagyságrendileg maximálisan 25–30 mm körül lehet becsléseink alapján. Eszerint az utánfutás 29 mm-es értékével megegyező nagyságrendű és nagyságú érték jelentősen befolyásolja a keresztirányú abroncsrok által a kormánycsapra kifejtett nyomaték nagyságát.

KORMÁNYZÁSI LEHETŐSÉGEK

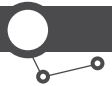
Az eddigiek alapján tehát haszonjárművek igen jól kormányozhatóak valamely első kerék differenciális fékezésével. Célunk speciálisan haszonjárművekre tervezett sávtartó logika kifejlesztése fék alapon [14]. Jelen esetben ehhez szükséges volt az egyes kormányzási lehetőségek keresztirányú dinamikára gyakorolt hatásainak tisztázása. Vizsgáltunk kormányzással (a vezérjel kormánynyomaték volt, nem pedig kormányzó), csak első és csak hátsó kerékek elérhető oldalgyorsulásokat. Legyezési szögsebességre a rendszer nincs tekintettel – teszi mindezt több okból is. Egyfelől a felírható egyenletek közvetlenül nem tartalmaznak legyezési szögsebességet, csak szöggyorsulást. Másrészt a szabályzó logika egyedül a jármű sávbán elfoglalt oldalirányú pozíciójára figyel – mindezt a járműnek kivezérelt oldalgyorsulás parancsokkal teszi. Továbbá pedig statikus elvi modell esetén az oldalgyorsulás csak az oldalerőktől függ, sebességtől nem (a valóság ezt kissé módosítja azonban, lásd később). Az **5. ábra** alapján a lenti egyenletek írhatóak fel. Az ábra egy kiterjesztett biciklimodellt ábrázol, melyre az M nyomatékot az egyes kerekek hosszirányú erőkomponensei (F_{Xij}) képezik a nyomtávolságukat figyelembe véve.

$$a_Y \cdot m = F_{Y1} + F_{Y2} \quad (1)$$

$$\ddot{\psi} \cdot I_Z = F_{Y1} \cdot l_1 - F_{Y2} \cdot l_2 + M \quad (2)$$

$$F_{Y1} = \left(a_Y \cdot m - \frac{M - \ddot{\psi} \cdot I_Z}{l_2} \right) \cdot \frac{l_2}{l_1 + l_2} \quad (3)$$

Az (1) és (2) egyenletek alapján felírható a (3) képlet az első oldalerő számítására. Feltételezésünk, hogy a vezető nem gyakorol semmilyen hatást a kormányműre, vagyis a tőle származó kormánynyomaték értéke zérus.



Első kerék differenciális fékezése

Első kerekek fékezésekor a differenciális fékerőkből származik a teljes kormánynyomaték (4) – így azon keresztül az első tengely keresztirányú erőkomponense – és a járműre ható perdítónyomaték is (5). Mindebből (3) egyenletbe történő visszahelyettesítéssel és átrendezéssel adódik az adott gyorsuláshoz létrehozandó fékerő-különbség az első tengelyen (6). A legyezési szöggyorsulási igényt a később bemutatandó tesztek során zérusnak vettük.

$$F_{Y1} = -(F_{XFL} - F_{XFR}) \cdot \frac{x_K}{x_C} \quad (4)$$

$$M = -(F_{XFL} - F_{XFR}) \cdot \frac{b_1}{2} \quad (5)$$

$$-(F_{XFL} - F_{XFR}) = \frac{a_Y \cdot m \cdot l_2 + \ddot{\psi} \cdot I_Z}{\frac{x_K}{x_C} \cdot (l_1 + l_2) + \frac{b_1}{2}} \quad (6)$$

Hátsó kerék differenciális fékezése

Elvi modell alapján ez esetben az első kormányon ébredő nyomaték értéke zérus (7). Így pusztán a hátsó tengely kerekein jelentkező fékerőkülönbség fordítja a járművet a kívánt irányba (8). Ha mindezt át akarjuk előbb látott módon oldalgyorsulás értékre fordítani, akkor szintén behelyettesítéssel és átrendezéssel adódik (9).

$$F_{Y1} = 0 \quad (7)$$

$$M = -(F_{XRL} - F_{XRR}) \cdot \frac{b_2}{2} \quad (8)$$

$$-(F_{XRL} - F_{XRR}) = (a_Y \cdot m \cdot l_2 + \ddot{\psi} \cdot I_Z) \cdot \frac{2}{b_2} \quad (9)$$

Kormánynyomaték definiálása

Ilyenkor a kormánykeréken egy általunk ismert M_1 nyomaték kivezérlése a cél – ez hozza létre az első tengely laterális erejét (10). Fontos, hogy az akarjuk kormányszögére történik a szabályozás,



6. ábra: a beépített kormányrobot és fékvezérlő kommunikációs vonal

sőt a rendszer nem is veszi azt semmilyen módon figyelembe. Mivel nem történik differenciális fékezés ebben az esetben, így perdítónyomaték sem hat a járműre (11). Az előzőekben ismertetett (3) egyenlet bevonásával pedig adódik (12), mely az oldalgyorsulás-igényhez tartozó kormánynyomatékot definiálja.

$$F_{Y1} = \frac{M_1 \cdot i_\delta}{x_C} \quad (10)$$

$$M = 0 \quad (11)$$

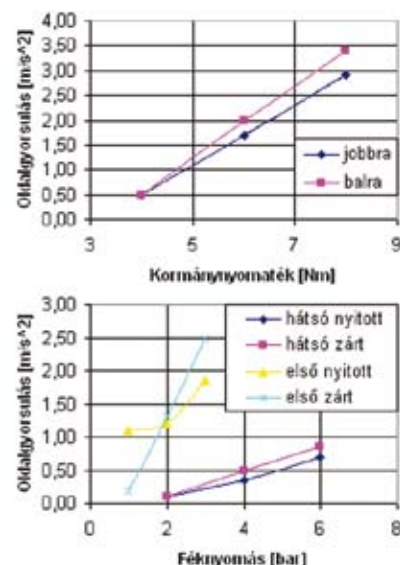
$$M_1 = \frac{a_Y \cdot m \cdot l_2 + \ddot{\psi} \cdot I_Z}{l_1 + l_2} \cdot \frac{x_C}{i_\delta} \quad (12)$$

Mérési eredmények

Az eddig elmondottak alapján egy haszonjárműnek kiválóan kell reagálnia első tengely differenciális fékezésére, viszonylag érzéketlennek kell lennie hátsó tengely differenciális fékezésére, és lineáris jelleget kell biztosítani a taglalt beavatkozási lehetőségeknek az oldalgyorsulásra tekintve kvázi-statisztikus helyzetben. Hogy feltevéseinket bizonyítsuk, méréseket végeztünk egy Ikarus 405 típusú midi busszal, melyen módosított kormányrendszer és Knorr-Bremse EBS 2.2 [16] típusú elektronikus fékrendszer található. A kormányrendszerre felszerelésre került egy kormányrobot, mellyel előre beállított nagyságú kormánynyomatékot volt lehetőségünk kivezérelni.

A mérési eredmények alapján több dolog egyértelműen látszott: nem mindegy például, hogy nyitott vagy zárt hajtáslánccal vannak az egyes manőverek végrehajtva. Abban az esetben, ha a beállított sebességet sávkorrigálási beavatkozás közben is tartani kívánjuk, a hajtónyomaték fékalapú sávkorrigáláskor jelentős eltéréseket hozhat létre. Ugyancsak fontos tapasztalati eredmény, hogy a kormányrendszer leragadása (kezdeti holtjátéka) jelentős tényező. A mérések alapján 3 Nm kormánynyomatékot a busz kormányrendszere képes Coulomb súrlódások és egyéb mechanikai veszteségek formájában elnyelni.

A 7. ábra szemlélteti a kapott értékeket. A tesztek 10–15 m/s járműsebesség mellett lettek végrehajtva. Az első kerekre



7. ábra: mérési eredmények

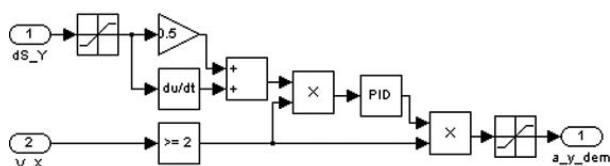
1 bar féknyomás 2150 N fékerőt, a hátsókra pedig 2230 N fékerőt jelent jó közelítéssel. A busz tengelytávolsága 2144 mm, tömege 5550 kg. A fent bemutatott módosított utánfutás és kormányegördülési sugar paraméterei 0 mm és 67 mm. Előbbi azt jelenti, hogy a jármű Rába típusú első kormányzott tengelye nem rendelkezik a futómű-geometriából adódó utánfutással, vagyis a csapszeg hosszirányú dőlése 0° (a manapság használatos személygépjárművek kivétel nélkül rendelkeznek utánfutással, de haszonjárművek esetén is igen gyakran tekinthető a $3-5^\circ$ -os utánfutás [9]). Eszerint a **3. ábra** x_c -vel jelölt statikus értéke, valamint a (6), (9) és (12) egyenletek hasonló értékei szintén zérusértékűek. Vagyis (12) alapján kormánynyomatékkal nem lehetne kormányozni a járművet. Természetesen ez nem igaz, mivel a **4. ábra** alapján x_c értéke dinamikusan nem zérus. A kerek elfordításával oldalirányú szlip jön létre, az pedig „eltolja” a tapadási középpontot, így lehetséges oldalról kiejtése. A kapott mérési eredményekből a már említett körülbelül 25 mm-es érték megfelelő ebben az esetben is, a kapott eredmények számításokkal igazolhatóak.

A hátsó tengelyt tekintve a fékezés eredményessége nyitott hajtáslánccal a féknyomás emelkedésével kevésbé jó, mint zárt hajtáslánccal. Ennek oka, hogy ha csak a féknyomaték hatott a hátsó tengelyre, akkor fékezett kerek előbb lett ABS-aktív. Abban az esetben, ha a tengely hajtva volt, a fékezett oldalra is ható hajtónyomatéknak köszönhetőn a kerek később lett ABS-aktív, miközben a két oldalra ható hajtóerő különbsége ugyanúgy fennállt, mint oldott hajtáslánc esetén. Az első tengely fékezéssel kapott eredményeit nézve az zárt hajtáslánccal mutat igen jó közelítéssel lineáris jelleget, és mindez a kormányrendszerrel ismertett módon egy nem nulla értéknél metszi a vízszintes tengelyt, vagyis ebben az esetben is elnyel a kormányrendszer egy kezdeti nyomatékértéket. A hátsó tengely görbéi a vízszintes tengelyt a zérus értéknél metszik. Ennek magyarázata abban rejlik, hogy első tengelyfékezésnél és kormánykerék nyomatékdefiníálásnál közvetlenül a létrehozandó kormányzó erőhatás ellen dolgozik a kormánymű kezdeti beragadása, vagyis (6) és (12) egyenletek bal oldalából kell levonni ezt a kezdeti súrlódási értéket, míg a (9) egyenlet esetén a jobb oldalra kerül ugyanez a hatás.

Érdekesség az első tengely nyitott hajtáslánccal végzett mérés-sorozatának eredménye. Ez 2 bar és 3 bar féknyomások esetén alacsonyabb hatékonyságot mutat, mint zárt hajtáslánccal – ennek magyarázata ismét a kerekre ható összesített nyomatékban rejlik, zárt hajtáslánccal a jármű „tolja” az első kereket, így az később lett ABS-aktív. Nyitott hajtáslánccal 1 bar féknyomással viszont igen magas oldalgyorsulás volt mérhető, ennek miértjei még jelenleg is tárgyalás alatt állnak – valószínű, hogy a kormányrendszer kezdeti bizonytalanságainak eredménye a nem lineáris jelleg.

SZIMULÁCIÓS TESZTEK

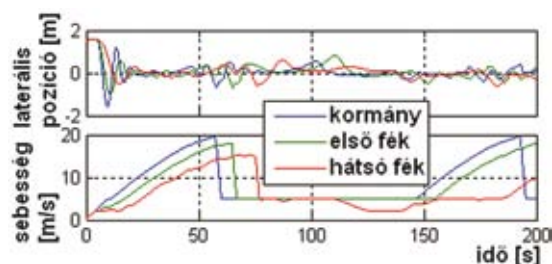
A fentiek tükrében mérési adatokkal is igazolt járműmodell megépítésére nyílt lehetőségünk számítógépes környezetben, és ezzel sávtartási algoritmusok kidolgozása vált lehetővé szimulációs úton.



8. ábra: a szabályozó

mulációs úton. Előbbi a SimPack programmal, utóbbit a Matlab/Simulink szoftverrel végeztük. A tesztekhez pálya definiálására is szükség volt. A megvalósítás során a sávinformációk forrását nem tárgyaljuk, jelenleg hiba nélkül ismertnek tekintjük azt, így a szimulált pálya adatai jármű koordináta-rendszerbe történő konvertálás után közvetlenül kerültek felhasználásra. A pályát jelen esetben egy középvonal jelentette, sávszélek nem kerültek definiálásra. A sávtartás kontrolljele a már említett módon kizárólag a jármű sávban elfoglalt helye volt [15]. Ez a laterális pozíció definiált minden esetben egy a sávhoz viszonyított oldalirányú sebességet mint megvalósítandó követelményt. Az oldalirányú sebességek maximalizálásától eltekintve a laterális pozíció és a megkívánt oldalirányú sebesség kapcsolata lineáris jellegű volt. A jármű sávközéphez tekintett pozícióváltozásából és az előbbi szerint definiált kívánt oldalsebességből képzett különbség képezte azon kontrollbemenetet, mely egy PID szabályozón áthaladva meghatározta a (6), (9) és (12) egyenletek számára a bemenő kívánt oldalgyorsulás értéket – mindezt pedig csak egy meghatározott sebesség felett tette a rendszer, a **8. ábra** esetén 2 m/s volt a limit.

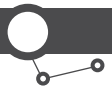
Visszatekintve a (6), (9) és (12) egyenletekre, valamint figyelembe véve, hogy célunk volt 1 m/s² alatti oldalgyorsulásokkal vezérelni a járműveket, felmerülhet a kérdés, hogy az amúgy is linearizált járműmodell alapján felírt egyenleteket, egy linearizált (végtelen sugarú pályagörbére) pályára helyezve fel lehet-e írni a teljes rendszert egy egyenletrendszerbe? Fel lehet írni, és tettünk



9. ábra: egyes megoldásokkal elért eredmények

is kísérletet ilyen irányú szabályozásra. Azonban tapasztalataink alapján a szabályozott jellemző (oldalgyorsulás) és a szabályozási cél (oldalirányú pozíció) ilyen módú egymáshoz közelítése nem végezhető el megfelelőképpen. A jármű viszonylag hamar képes kilépni a sávhoz viszonyított szögpozícióját tekintve a linearizálható tartományból. Ennek eredményeképpen igen mérsékelt nagyságú és frekvenciájú kontrolljel alkalmazható csak, így viszont már egyszerű PID szabályozóval könnyebben szabályozható a rendszer. Hasonlóképp H_∞ szabályozóval megkíséreltük (6), (9) és (12) egyenletek helyettesítését is (azok statikus értékekkel dolgoznak, ami nem tartalmazza például a kéréktalppont erőátadási középpontjának eltolódását), de a pozíciószabályozással egy hurokba kötve nem sikerült stabil rendszert elérni – viszont a **8. ábrán** bemutatott rendszer elég robusztus önmagában ahhoz, hogy bár a kívánt oldalgyorsulás értékek nem felétlenül pontosan valósulnak meg, de a pozíciószabályozás megfelelően történjen.

A **9. ábra** mutatja a három megoldással kapott eredményeket. A tesztek egy ovális pályán végeztük, melynek két végén 100 m sugarú ívek találhatók, a megközelítőleg 600 m hosszú egyenesekben pedig szimulált sávváltásokat végez a jármű a pályáit követve – egy sávváltás az európai uniós szabványoknak megfelelő autópálya-sáv szélességhez közelítve 4 m oldalirányú elmozdulást igényel, és mindezt 120 m hosszan. Jól látható, hogy képes mindhárom megoldás azonos hibamérettel a sávot



tartani, ugyanakkor az elért járműsebesség erősen különbözik. Az egyenesek végén 5 m/s-ra lassított a jármű minden esetben, hogy a jármű képes legyen a pályáivet az előírt oldalgyorsulás alatt lekövetni – nagyobb sebességnél a rendszer előre definiált maximális oldalgyorsulási igénykérelme miatt a jármű egyszerűen nem képes lekövetni az ívmenetet.

KONKLÚZIÓ

Összességében elmondható, hogy sikerült feltárni a haszonjárművek mellső tengelyén történő differenciális fékezésben rejlő lehetőségek potenciálját. A **9. ábrán** láthatóak szerint minimális

sebességvesztés mellett egy a várható igényeket helyenként túlteljesítő pályáivet le tud követni egy ilyen rendszer megfelelően, a kormányzásalapú megoldással összehasonlítva. Előnye, hogy a már létező EBS-alapú rendszerekhez az aktuátorok csupán a szoftverfunkció kiegészítését igénylik. Energiaigénye pedig akár kisebb is lehet esetenként, mint egy hagyományos hidraulikus kormány szervó vagy elektromos kormány szervomotoré.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal által támogatott TRUCKDAS projekt keretében valósult meg. ●

IRODALOM

- [1] Toyota LKA, safetytoyota.com, http://www.safetytoyota.com/en-gb/lane_keeping_assist.html#tab_technology
- [2] N. Minoiu Enache, M. Netto, S. Mammar, B. Lusetti: Driver steering assistance for lane departure avoidance, Control Engineering Practice, Volume 17, Issue 6, June 2009, Pages 642-651
- [3] Nissan LKAS, nissan-global.com, <http://www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/INTRODUCTION/DETAILS/LDP/>
- [4] Jeonghoon Song, Woo Seong Che: Comparison between braking and steering yaw moment controllers considering ABS control aspects, Mechatronics, Volume 19, Issue 7, October 2009, Pages 1126-1133
- [5] Daimler, MB LKA, <http://www.daimler.com/dccom/0-5-1210220-1-1210351-1-0-0-1210338-0-0-135-7165-0-0-0-0-0-0-0.html>
- [6] KIA LDWS, <http://kia-buzz.com/?p=4040>
- [7] Citroën LDWS, citroen.com, <http://www.citroen.com/CWW/fr-FR/TECHNOLOGIES/SECURITY/AFIL/>
- [8] Tóth Zoltán: Utas voltam a vezetőülésben, totalcar.hu, 2008.09.11. <http://totalcar.hu/magazin/technika/accordadas/2/#szoveg>
- [9] MAN Nutzfahrzeuge: Grundlagen der Nutzfahrzeugtechnik: Basiswissen Lkw und Bus, ISBN-10: 3781217272 ISBN-13: 9783781217270, München, 2009
- [10] Scrub radius and SUV handling, SAE Automotive engineering online, <http://www.sae.org/automag/scrubradius/>
- [11] ZF-Steering front axle RL 75A / RL 85 A for City Buses, www.zf.com
- [12] Prof. Dr. Georg Rill: Vehicle Dynamics Lecture Notes, Hochschule Regensburg, University of Applied Sciences, March 2009
- [13] Prof. dr. Zobory István: Járműrendszer-dinamika 2., órai jegyzet, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vasúti Járművek Tanszék, 2010. március
- [14] L. Gianone, G. Kovács, J. Bokor, P. Széll, P. Frank: System for detection and prevention of unintended lane-departure of vehicles, IFAC World Congress, Beijing, 1999
- [15] C. R. Jung, C. R. Kelber: A lane departure warning system using lateral offset with uncalibrated camera, Intelligent Transportation Systems, Vienna, 2005
- [16] Knorr-bremse EBS 2.2, knorr-bremse.hu, <http://www.knorr-bremse.hu/magazin/200002/hun-old5.htm>

Haszongépjárművek trajektória- és fékezési adatainak megjelenítése és elemzése

**FAZEKAS ZOLTÁN
GÁSPÁR PÉTER**

MTA Számítástechnikai
és Automatizálási
Kutatóintézet

KOVÁCS ROLAND

Knorr-Bremse
Fékrendszerek Kft.

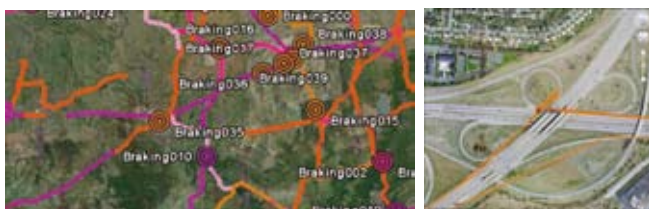
Haszongépjárművek trajektória-, illetve fékezési adatainak – pl. útvonal-ellenőrzési, közlekedésbiztonsági célú – megjelenítésére is jól használhatók a világszerte immár széles körben alkalmazott földrajzi és navigációs programok. Az említett programok ilyen célú felhasználásának demonstrálása után a közutak közvetlen környezete, valamint a konkrét közúti helyek vonatkozásában közlekedési, közlekedésbiztonsági szempontú, szabályalapú besorolási rendszerre teszünk javaslatot. A javasolt besorolási rendszer elsősorban a haszongépjárművek által használt utakra, illetve úttípusokra alkalmas. A haszongépjárművek által végzett szállítási, közlekedési manőverekre, feladatokra is következtethetünk a trajektória-, valamint sebességadatokból. E manőverfelismerési feladatra egy matematikai nyelvészeti módszert vázolunk. Végezetül, a javasolt út-környezet kategóriák gyakorlati alkalmazhatóságának demonstrálása céljából, néhány konkrét haszongépjárműre vonatkozó, kategorizált fékezési adatokat értékelünk ki egy ismert klaszterezési eljárással.

Firstly, the visualisation of truck trajectory and braking data for traffic safety monitoring and other purposes is demonstrated using popular geographical/navigational programs and tools. Then rule-based categorizations of road-surroundings and of actual road locations are outlined and their automatic implementation is considered. It is followed by the presentation of a linguistic approach to describe truck activities. Some examples of clustering-based evaluation of the categorised braking data are also given.

1. BEVEZETÉS ÉS MOTIVÁCIÓ

Haszongépjármű-flottát üzemeltető szállítmányozási cégek nyilvánvaló és érthető üzleti szándéka, hogy megfelelő módon nyomonkövessék és ellenőrizzék a haszongépjárműveik által végzett fuvarokat, megtett utakat, lefutott kilométereket; ezzel is elősegítve e nagy értékű járműveknek a cég szempontjából előnyös, nyereséges használatát. A nagyobb haszongépjármű-flottával rendelkező, valamint a nemzetközi fuvarozásban érdekelt szállítványozási cégek vonatkozásában egyértelműen megállapítható, hogy a gépjárművek trajektóriaadatainak alapos elemzése, ellenőrzése rendkívül időigényes feladat, melynek számítógépesítése, automatizálása fontos és időszerű.

Amennyiben az útvonaladatok feldolgozása még nem teljesen automatizáltan történik, úgy az útvonal-ellenőrzés egyik fontos lépése a rögzített útvonaladatok számítógépes megjelenítése, vizualizációja. A szorosan vett trajektóriaadatokon kívül célszerű legalább a gépjármű sebességét mérni és adott időközönként (pl. 0,5–1 percenként) rögzíteni. Természetesen más az üzemeltetés gazdaságosságát befolyásoló mennyiségek mérése is hasznos, sőt fontos lehet. Ilyen mennyiségek például a pillanatnyi, ill. átlagos üzemanyag-fogyasztás vagy a külső hőmérséklet.



1. ábra: haszongépjárművek útvonal- és fékezési adatainak megjelenítése a Google Earth programmal

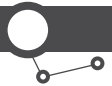
A rögzített trajektóriaadatok „kézi” kiértékelését jelentősen megkönnyíti, gépi ellenőrzését pedig megbízhatóbbá teszi, ha a vizsgált trajektóriákat sikerül olyan, a további feldolgozásban használható részekre – trajektóriaívekre – bontani, amelyek valamilyen gépjármű-tevékenységgel szoros kapcsolatba hozhatók, ill. azoknak egyértelműen megfeleltethetők.

2. HASZONGÉPJÁRMŰVEK ÚTVONAL- ÉS FÉKEZÉSI ADATAINAK SZÁMÍTÓGÉPES MEGJELENÍTÉSE

Haszongépjármű-útvonalak vizsgálatához, fékezési adataik megjelenítéséhez, az adatokkal, ill. a feldolgozó módszerekkel való ismerkedéshez, kísérletezéshez elsősorban a világszerte ismert és használt Google Earth földrajzi/navigációs adatbázist és megjelenítőprogramot használtuk. Az **1. ábrán** egy néhány gépjárműből álló flotta által befutott útvonalak és az erőteljesebb fékezések földrajzi helyei láthatók.

A trajektória-, valamint a fékezési adatokat először egy XML-szerű formátumba, a Google cég által definiált és használt kml formátumba konvertáltuk. Az így nyert kml formátumú adatállományok megjeleníthetők a Google Earth programmal. Az **1–4. ábrák** – útvonalakat, fékezési helyeket is megjelenítő – műholdas képei is így módon készültek. A programmal például ráközelíthetünk a fékezési helyekre, vagy akár virtuális repülőgépről követhetünk egy mozgó objektumot, adott esetben konkrétan egy haszongépjárművet.

A Google Earth hasznos kiegészítője a StreetView program. E program segítségével valamely helyszínről, esetünkben valamely közúti helyről, nyerhetők szokásos fényképállásból felvett képek. E képeket a programot kiszolgáló háttérrendszer a Google cég rendelkezésére álló nagyszámú körpanorámás felvétel alapján generálja. A **2. a ábrán** egy célállomást és az egy oda vezető trajektóriáját láthatunk. A **2. b ábrán** a célállomás környékén felvett körpanorámás fénykép egy kis részlete látható a célállomáson álló kamionokkal.



2. ábra: egy szokásos haszongépjárműves célállomás és az ahhoz vezető útvonal. A megjelenítéshez a Google Earth, ill. StreetView programokat használtuk

Diszkrét időpontokban nyert adatok esetén, így a rendelkezésünkre álló távérzékelte haszongépjárműves trajektória-, sebesség- és fékezési adatok esetén is, foglalkozni kell a mintavételezés, valamint a minták közötti interpoláció kérdésével. Amennyiben például, a gépjármű 100 km/óra körüli sebességgel halad, és mondjuk félméterenként mérjük a gépjármű földrajzi helyzetét, úgy egyszerű lineáris interpolációt használva a nyert törtvonal el-hagyja az útpályát, különösen, ha az út kanyargós.

Az 1. b ábrán például egy meglehetősen kanyargós autópálya-csomópontot láthatunk. Az ábrán jelölt interpolált trajektória igen csak elhagyja az útpályát.

A haszongépjárművek trajektóriáit célszerű és hasznos tagolni a további adatfeldolgozáshoz. Ehhez természetes segítséget nyújtanak az út során a haszongépjármű által érintett szállítási célállomások, megállók, pontosabban az ezen állomások, megállók idő-, valamint helykoordinátái.

Szokásos haszongépjármű-célpontok esetében például megfigyelhető, hogy viszonylag kis területen viszonylag sokat időzik a gépjármű. E területen többnyire kanyargós, szaggatott a mozgás. A 2. a ábrán például egy haszongépjárműves célállomáshoz vezető, jellegzetesen kanyargó útvonal látható. A 2. b ábrán pedig, mint azt már az előzőekben említettük, a célállomásnak egy, a területen kívülről látható részletét jelenítettük meg a Google StreetView programmal.

3. HASZONGÉPJÁRMŰVEK ÚTVONALÁNAK SZEGMENTÁLÁSA ÉS LEÍRÁSA

A haszongépjárművek útvonalának ellenőrzési, ill. közlekedésbiztonsági célú megjelenítése során előnyös lehet ezen útvonalak részekre bontása, s e részek – trajektóriaívek – osztályozása. Az osztályozáshoz egyrészt az út során rögzített pozíció- és sebességadatok, másrészt az adott szállítmány vonatkozásában ismert,



3. ábra: egy tejjüzemhez vezető, ill. az onnan elvezető haszongépjármű-trajektória, valamint a trajektória egyes szakaszaihoz tartozó egyszerű gépjármű tevékenységek. A megjelenítéshez a Google Earth, StreetView, ill. a MATLAB programokat használtuk

ill. korábbi szállítási adatok, harmadrészt pedig a használt utakra vonatkozó geodéziai, földrajzi adatok használhatók.

Az osztályozás során egy adott trajektóriaívhez valamilyen gépjárműmanővert rendelünk. A gépjárműmanővereket csoportosíthatjuk például az alábbi, egyszerű módon: nagy sebességű haladás az úton, alacsony sebességű manőverek, rövidebb-hosszabb megállások.

A szállítási adatokhoz sorolhatók az aktuális, ill. korábbi kiinduló- és célállomások, gyakran használt szállások, üzemanyag-töltő állomások földrajzi helyzete, valamint ezen állomások, szállások szöveges, ill. térképi leírása. Fontos, hogy az utakra vonatkozó geodéziai, földrajzi adatok alapján az egyes útszakaszok közlekedési, közlekedésbiztonsági szempontból osztályozhatók legyenek. Ilyen kategorizálásra hoz példát a 4. ábrán látható táblázat.

A huzamosan nagy sebességgel haladó haszongépjárművek esetében, egyebek mellett a mozgás időtartama, a haszongépjármű átlagsebessége, a felhasznált üzemanyag mennyisége, valamint a mozgás kezdő- és végpontjának a geodéziai koordinátái azok az adatok, amelyek a szállítmányozási cég számára fontosak.

Az alacsony, valamint nulla sebességű gépjármű-manőverek, manőversorozatok esetében, ezek térbeli, időbeli lefutása is fontos, hiszen – az adott helyre vonatkozó geodéziai, földrajzi adatokkal együtt – ez adhat támpontot arra vonatkozóan, hogy mi is történik a haszongépjárművel, ill. a szállított áruval.

	Urban	Residential	Industrial commercial	Rural	Test
High speed					
Medium speed					
Low speed					
Stop					
Turn					
U-turn					
Intersection					
Roundabout					
Bridge					
Tunnel					
Other					

4. ábra: példák a különböző útkörnyezetekre, valamint a közúti helyekre vonatkozó közlekedésbiztonsági kategóriákra

A haszongépjármű-trajektóriák fentebb már említett tagolása, szegmentálása segíthet egyes közlekedési szabálytalanságok detektálásában, vagy akár felhívhatja a figyelmet gyanús gépjárművezetői tevékenységekre. Ha azonban tökéletesen megbízható sofőrökkel van dolgunk, továbbá az adott szállítmányozási cég – valamilyen oknál fogva – különösen érdekelt a sofőrök ember-séges munkakörülményeinek, pihenésének biztosításában, akkor az összegyűjtött járműállás-adatok segíthetik a céget a fuvarok kedvező tagolásában, valamint az egyéni vezetési, pihenési szokásokhoz jobban alkalmazkodó munkaelosztásban.

A haszongépjármű-manőverek és megállások – pl. egy út menti parkolóban történő megállás és továbbindulás, vagy egy telephelyen történő be-, kirakodás – érzékeltesére, ill. leírására egyszerű grafikus leíró nyelvet definiáltunk és használtunk. A leíró nyelvet Pictorial Truck Action Description Language-nek, rövidítve PTADL-nak, magyarul képi haszongépjármű-tevékenység leíró nyelvnek neveztük. A haszongépjármű PTADL-leírása elsősorban a trajektória térbeli tulajdonságait veszi figyelembe, de nyilvánvalóan a gépjármű sebessége sem hagyható teljesen figyelmen kívül a leírásnál.

Némileg hasonló leíró térbeli, időbeli leíró nyelvre már korábban is tettek javaslatot [1]. Az azonban jóval bonyolultabb, a leírható mozgó objektumok vonatkozásában átfogóbb, komplex adatbázis-nyelvet eredményezett. A PTADL esetében inkább a szállítmány

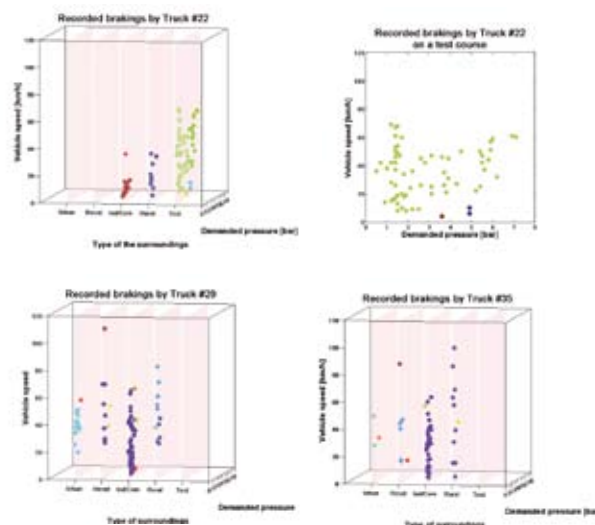
biztonsága szempontjából kritikus alacsony, ill. nulla sebességű manőverekre (pl. parkolás, telephelyen történő mozgás, be-, kirakodás) koncentráltunk, valamint kihasználtuk, hogy a mozgó objektum egy közúti haszongépjármű.

4. HASZONGÉPJÁRMŰ-FÉKEZÉSI ADATOK KÖZLEKEDÉSBIZTONSÁGI ÉRTÉKELÉSE

A haszongépjárműves közúti balesetek megtörténtében általában több tényező is szerepet játszik. E tényezőket, körülményeket – kezdve a rossz látási viszonyoktól, a kedvezőtlen időjárásról át, egészen az útburkolat rossz minőségéig – részletesen tárgyalja Knipling kézikönyve. Jelen cikkünkben, az ott említett közlekedésbiztonsági körülmények közül az utak környezetével, valamint a közúti helyeknek kereszteződésekre, közlekedési műtárgyakhoz viszonyított elhelyezkedésével foglalkozunk. Haszongépjárművek vonatkozásában végzett közlekedésbiztonsági vizsgálatainkhoz öt út-környezet kategóriát definiáltunk és használtunk. Ezek az alábbiak voltak: városi jellegű környezet, kertvárosi/falusi környezet, ipari/ mezőgazdasági/kereskedelmi épületekből álló környezet, beépítetlen környezet, valamint haszongépjárművek tesztelésére szolgáló környezet. Valamely közúti hely környezetét a fenti kategóriák valamelyikébe soroltuk be. Itt említjük, hogy az általunk használt kategóriákhoz hasonló, de azoknál jóval részletesebb besorolást használ [2]. Különböző útkörnyezetekre, valamint közúti helyek kereszteződésekre, valamint más közlekedési műtárgyakhoz való közeli elhelyezkedésére a **4. ábra** képtáblázata mutat példákat.

Vizsgálatainkhoz a fékezési helyek út-környezeti besorolását manuálisan állítottuk elő. A fékezési helyekre a Google Earth programmal, valamint szükség esetén a StreetView programmal, ráközelítettünk és a fékezési hely környezeti besorolását a műholdas, ill. fényképfelvételeken látható épületek száma és jellege alapján határoztuk meg. A környezeti besorolás automatizálására használhatóak lennének népsűrűségi adatok, vagy ezek hiányában, például a közelben lévő iskolák, bevásárlóközpontok számára vonatkozó adatok. Ilyen és ehhez hasonló adatok akár valamely publikus adatbázis lekérdezésével is kinyerhetők. A fékezési helyek kereszteződésekre, ill. más közlekedési műtárgyakhoz (pl. autópálya-csomópontokhoz, parkolókhöz) való közelségét is a fentiekhez hasonlóan, kézzel határoztuk meg. E részfeladat automatizálására is van azonban lehetőség, pl. megfelelően hangolt sarok-, él-, ill. vonaldetektáló rutinok alkalmazásával. A parkolók észleléséhez a szabályosan ismétlődő parkolóhelyek vonalai és sarkai alkotta textúra detektálása teremt lehetőséget.

Három, különböző személyek által vezetett haszongépjármű kategorizált fékezési adatainak klaszteres kiértékelése az **5. ábrán** látható. Az ábrán látható adatmegjelenítés MATLAB környezetben készült. A koordináta-tengelyeken a haszongépjármű sebességét, a járművezető által indikált féknyomást, valamint az út-környezet azonosítót tüntettük fel. A Mahalanobis-távolságon alapuló klaszterezéssel nyert klasztereket az ábrákon színekkel azonosítottuk. Az **5. a ábra** diagramjától az **5. c**, valamint az **5. d ábrák** diagramjai



5. ábra: kategorizált fékezési adatok klaszterezése három, különböző személyek által vezetett haszongépjármű vonatkozásában

legmarkánsabban a gépjárművek tesztelésre szolgáló környezet síkján térnek el. Az **5. a ábra** adatai között számos teszt pályán mért adat szerepelt. A diagramok részletesebb tanulmányozásával a gépjárművezetők vezetési stílusa is elemezhető.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

Cikkünkben a közkedvelt Google Earth programot használtuk fel haszongépjárművek trajektória-, valamint fékezési adatainak útvonal-ellenőrzési, közlekedésbiztonsági célú megjelenítésére. A trajektóriaadatokat két szemantikus szinten vizsgáltuk. Az alacsony szintű feldolgozás során a trajektóriákat rövid –mindössze néhány egymást követő mintapontból álló – trajektóriaszakaszokra osztottuk fel. E trajektóriaszakaszoknak egyszerű gépjármű-tevékenységeket (pl. gyors/lassú egyenes haladás, gyors/ lassú bal/ jobb irányba történő eltérés, gyors/lassú balra/jobbra kanyarodás, megállás, várakozás) feleltettünk meg. Magasabb szemantikus szinten pedig – az említett trajektóriaszakaszokból konkatenálással képzett – trajektóriaíveket vizsgáltuk. Ezekhez – matematikai nyelvészeti módszereket alkalmazva – egyszerűbb vagy bonyolultabb gépjármű-manővereket rendeltünk. Különösen a kis, ill. nulla sebességű gépjármű-manővereket, manőversorozatokat vizsgáltuk, minthogy szállítmánybiztonsági szempontból talán éppen ezek a legkritikusabbak. A gépjármű-manőverek érzékeltesére, ill. leírására egyszerű grafikus leíró nyelvet javasoltunk és használtunk. Az utak környezetét, valamint az utakon elhelyezkedő geodéziai helyeket – közlekedésbiztonsági szempontból – kategorizáltuk, s az így nyert környezet-, ill. helyleíró kategóriákat a gyakorlatban is teszteltük egy kisebb haszongépjármű-flotta által lefutott több száz kilométernyi út során detektált vészfékezési adatokon. ●

IRODALOM

- [1] Vazirgiannis M. and Wolfson O., A spatiotemporal model and language for moving objects on road networks. In: Advances in Spatial and Temporal Databases, Jensen, C. S. et al. (Eds.), Lecture Notes in Computer Science, vol. 2121, pp. 20-35, Springer, 2001.
- [2] Knipling R. R., Safety for the long haul: large truck crash risk, causation and prevention. American Trucking Associations, 2009.
- [3] Fazekas Z. and Gáspár P., Visualisation and safety evaluation of truck route and braking data. 11th International Congress on Automotive and Transport Engineering, Brasov, Romania, Vol. IV, pp. 111-116, 2010.
- [4] Luculescu, M. C. and Enache, C. J., Digital system for monitoring and management of individual or fleet automotive vehicles. 11th International Congress on Automotive and Transport Engineering, Brasov, Romania, Vol. IV, pp. 143-150, 2010.



Oszlopban haladó járművek irányítása a környezeti tényezők figyelembevételével

GÁSPÁR PÉTER
NÉMETH BALÁZS
BOKOR JÓZSEF

MTA Számítástechnikai
Kutatóintézet
Rendszer- és Irányításméleti
Kutatólaboratórium

A cikk egy járműoszlop irányítástervezési módszerét ismerteti. A módszer a string stabilitás elmélete alapján az oszlop menetstabilitását biztosítja, valamint a járműoszlop pályája során jelentkező domborzati viszonyok és sebességkorlátozások hatásait figyelembe veszi. A járműoszlop optimális sebességének megválasztásával az útemelkedésekből és sebességkorlátozásokból adódó szükségtelen gyorsítási és fékezési beavatkozások száma jelentősen csökkenthető. A bemutatott irányítástervezési módszer hatékonysága az M1-es autópálya térképészeti adataira épülő szimuláción kerül bemutatásra.

The paper focuses on the design of a platoon control system which takes into consideration safe travel by using the string stability theorem and the knowledge of the inclinations and velocity regulations along the route. By choosing the velocity of the platoon fitting in with the inclinations of the road the number of unnecessary accelerations and brakings can be reduced, thus so can the operations of the actuators of the vehicles. The efficiency of the proposed method is demonstrated on the geographical data of the Hungarian highway M1.

1. OSZLOPBAN HALADÓ JÁRMŰVEK IRÁNYÍTÁSI FELADATA

Az oszlopban haladó járművek irányítása azt a jellegzetes forgalmi szituációt kíséri meg automatizálás által biztonságosabbá és költséghatékonyabbá tenni, amikor több jármű, hosszú távon, azonos útszakaszon halad. Emellett a környező járművek aktuális pozíciójának pontos ismerete segítheti a ráfutásos balesetek kiküszöbölését is. Az oszlopban haladó járművek egyfajta elosztott szabályozási kört alkotnak. Egy ilyen rendszerben a pozíciómeghatározás és kommunikáció bizonytalanságai miatt különböző mértékű és jellegű lengések alakulhatnak ki. Ezek elsősorban hosszirányúak lehetnek, de útszakasztól függően keresztirányú lengések is kialakulhatnak. A lengések a rosszabb komfortérzet mellett elsősorban közlekedésbiztonsági kockázatot jelenthetnek [1].

Az irányítási feladatban alapvető szerepet játszanak a szenzor-fúziós eljárások és a járművek közötti kommunikációs módszerek. A szokásos pozíciómeghatározási módszereket (GPS) a járművön megtalálható egyéb érzékelők (sebesség, oldalgyorsulás, radar)

adataival kiegészítve célszerű kezelni. Ez az eljárás lehetőséget nyújt a pozíció magas mintavételi gyakorisággal történő meghatározására. Emellett a szenzor-fúziós eljárások segítségével ellenőrizhetők a kommunikációs eszköz által szolgáltatott adatok is.

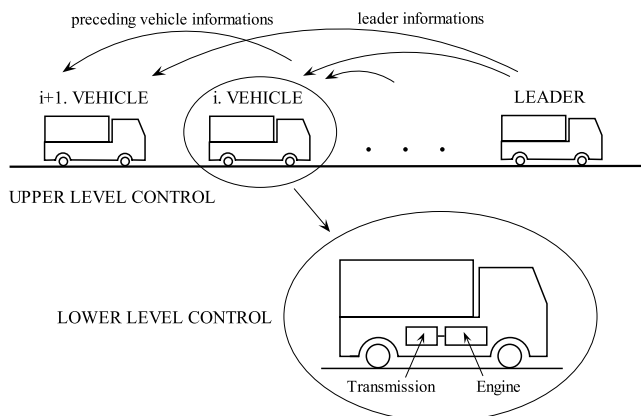
A járműoszlop irányításának egy fontos feladata a járművek energiafelhasználásának minimalizálása. A GPS rendszerek fejlődésének köszönhetően ma már technikailag lehetőség nyílt arra, hogy egy jármű képes legyen figyelembe venni pályájának várható emelkedéseit, lejtéseit és a jövőbeli sebességkorlátozásokat (ún. look-ahead szabályozás) [2]. Tekintetbe véve, hogy egy járműoszlop esetében egyszerre több jármű irányítása tartható kézben, az egyedi járművek tekintetében elért energiaoptimalizáló törekvések eredményeit érdemes kiterjeszteni járműoszlopok irányítására, növelve ezáltal a rendszer egészének energiafelhasználási hatékonyságát.

MEGOLDÁSI ELVEK

Normál működési körülmények esetén a követő járművek irányítása szétcsatlakozhat egy sebességszabályozási feladatra (hosszirányú irányítás) és a sávon belüli pozicionálásra (oldalirányú irányítás). A sebességszabályozó kimenete a féknyomás vagy a pillangószelep-állás / tüzelőanyag-dózis és a sebességváltó fokozata, amelyek a jármű kívánt gyorsulásának beállítására szolgálnak.

A szabályozó bemenetei az alkalmazott irányítási módszertől függően változhatnak, de a vezető, illetve közvetlenül a vizsgált jármű előtt haladó jármű gyorsulása, sebessége és pozíciója rendszerint szükségesek (1. ábra).

A sebességszabályozó feladata a járműoszlop stabilizálása, amely irányítástechnikai szempontból a string stabilitás garantálásával valósítható meg. A string stabilitás biztosítja, hogy az egyes járművek elérjék a számukra előírt pozíciót a járműoszlopon belül, továbbá garantálja, hogy a konvoj elején – például a vezető jármű fékezése miatt – keletkező követési hiba folyamatosan egy járműoszlop mentén csökkenő hibát okozzon. Ezzel elkerülhető, hogy a vezető jármű egy hirtelen fékezése ráfutásos ütközést váltson ki a konvoj végén.



1. ábra: járműoszlop információs rendszere

2. KÖRNYEZETI TÉNYEZŐK FIGYELEMBEVÉTELE AZ IRÁNYÍTÁSTERVEZÉSBEN

Az oszlopban haladó járművek mindegyikére egymástól függetlenül meghatározhatóak az útviszonyok és forgalmi viszonyok szempontjából kívánatos sebességek. Ezek a sebességértékek egy optimalizálási eljárás keretében képesek figyelembe venni a következő domborzati viszonyokat és sebességkorlátozásokat. Ugyanakkor a járműoszlop sebességét a vezető jármű határozza meg és a járműoszlop minden egyes tagjának állandósult állapotban ugyanazzal a sebességgel kell haladnia. Emiatt az egyedileg számított optimális sebességeket módosítani szükséges.

A járműoszlop tagjainak sebességét ($\dot{\xi}_{0,j}$) úgy kell megválasztani, hogy a közös sebesség és az egyedi megkívánt sebességek (λ_j) közötti különbség minél kisebb legyen.

A járműoszlop sebességének megválasztásakor arra is ügyelni kell, hogy az egyes járművek dinamikai mozgásában interakciók vannak, ami azt jelenti, hogy az egyes járművek csak késleltetve képesek az előírt sebességet felvenni. A járművek sebességei közötti kapcsolat:

$$\dot{\xi}_{0,j}(t) = \dot{\xi}_{0,j}(t_0) + (\dot{\xi}_{0,j-1}(t) - \dot{\xi}_{0,j}(t_0))(1 - e^{-(t-t_0)/T}) \quad (1)$$

ahol T a késleltetés hossza. Ez a kapcsolatot a $\dot{\xi}_{0,j} = G_j \dot{\xi}_{0,j-1}$ összefüggéssel közelíthetők.

2.1. IRÁNYÍTÁSI FELADAT

A járműoszlop egyes járműveinek sebességét az egyedileg számított optimális járműsebességek alapján a következő minimalizálással határozhatjuk meg:

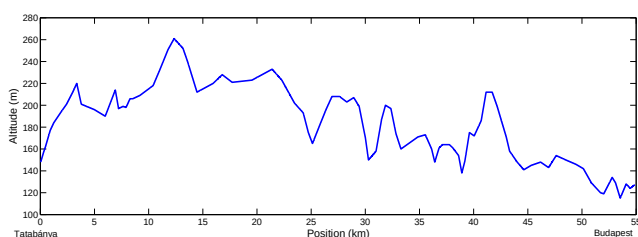
$$\sum_{j=1}^n |\lambda_j - \dot{\xi}_{0,j}| \rightarrow 0 \quad (2)$$

A járművek közötti sebességek közötti összefüggések alapján az optimalizálási feladat a következő kvadratikusan alakban is felírható:

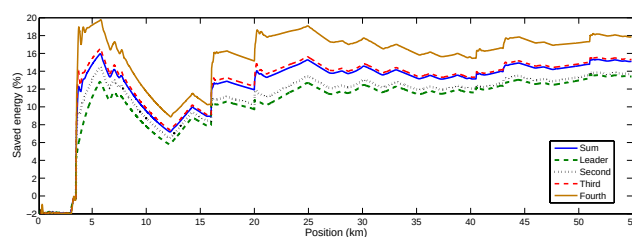
$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^2 + \sum_{j=1}^n \left(\prod_{k=1}^{j-1} G_k \bar{\lambda}_1 \right)^2 - 2 \sum_{j=1}^n (\lambda_j \prod_{k=1}^{j-1} G_k \bar{\lambda}_1) \rightarrow 0 \quad (3)$$

Feltéve, hogy az optimalizálás a zérushoz tart, az ismeretlen $\bar{\lambda}_1$ változó, azaz a vezető jármű sebessége a következő összefüggés alapján kiszámítható:

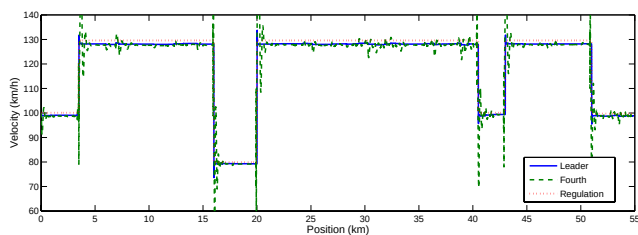
$$\bar{\lambda}_1 \cong \frac{\sum_{j=1}^n (\lambda_j \prod_{k=1}^{j-1} G_k)}{\sum_{j=1}^n \left(\prod_{k=1}^{j-1} G_k \right)^2} \quad (4)$$



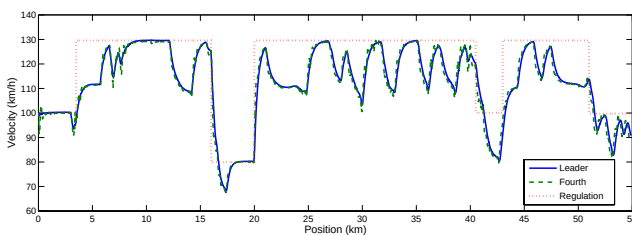
(a) Magasságváltozás



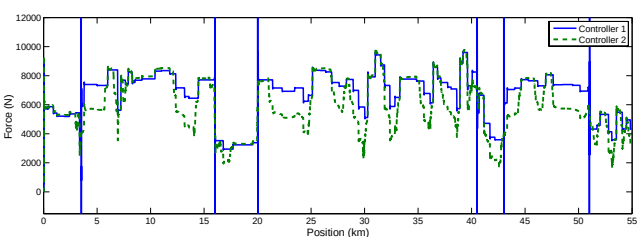
(b) Energiamegtakarítás



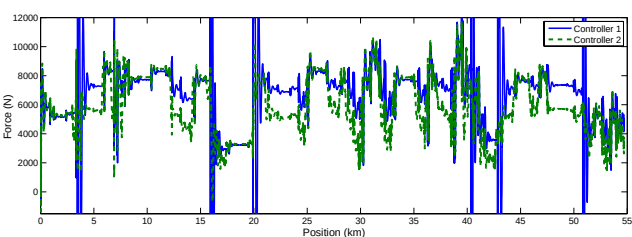
(c) Sebességváltozás hagyományos módszerrel



(d) Sebességváltozás a javasolt módszerrel

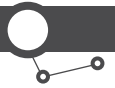


(e) Hosszirányú erő hagyományos módszerben



(f) Hosszirányú erő a javasolt módszerrel

2. ábra: Tatabánya–Budapest autópályán kapott szimulációs eredmények



2.2. HOSSZIRÁNYÚ STABILITÁS VIZSGÁLATA

Az irányítás által generált hosszirányú erők alapján a járműoszlop string stabilitása ellenőrizhető. Az egyedi járműre meghatározott hosszirányú erő összefüggése az alábbi [3]:

$$F_{i,1} = G_a \ddot{\epsilon}_j - G_v \dot{\epsilon}_j - G_p \epsilon_j - G_{vt} (\dot{\xi}_{0,j} - \dot{\xi}_{0,1}) - G_{pt} (\xi_{0,j} - \xi_{0,1} - \sum_{j=1}^j L_j) \quad (5)$$

ahol G_a , G_v , G_p az előttünk lévő jármű gyorsulására /sebességére / pozíciójára vonatkozik, míg G_{vt} , G_{pt} a vezető jármű sebességére/elmozdulására. Az azonos tömeg gyorsulásokra vonatkozó összefüggés $\ddot{\xi}_{j,0} - \ddot{\xi}_{j-1,0} = \ddot{\epsilon}_j$ felhasználásával a string stabilitás a következő normafeltétellel garantálható:

$$\|H\|_{\infty} = \left\| \frac{\epsilon_j}{\epsilon_{j-1}} \right\|_{\infty} < 1 \quad (6)$$

3. VALÓS ADATOKON ALAPULÓ SZIMULÁCIÓS PÉLDA

Az oszlopban haladó járművek irányítását az M1-es autópálya 56 km hosszú Tatabánya–Budapest viszonylatában érvényes valós geográfiai adatain illusztráljuk. Az útpálya emelkedőket,

lejtőket és sebességhatárolásokat egyaránt tartalmaz. Jellemző az autópálya terepviszonyaira, hogy a vizsgált szakaszon a legnagyobb szintkülönbség 45 m; a megengedett legnagyobb sebesség a KRESZ előírásainak megfelelően 130 km/h, de bizonyos szakaszokon sebességhatárolások vannak érvényben (80 km/h, illetve 100 km/h).

A példában egy hagyományos szabályozástervezési eljárással irányított járműoszlop viselkedését hasonlítjuk össze a domborzati viszonyok figyelembevételével tervezett szabályozott járműoszlop-pal **(2. ábra)**. Az első esetben a járműoszlop pontosan követi az előírt maximális sebességeket mint referenciasebességeket; míg a második esetben a járműoszlop a vezető jármű sebességét az autópálya domborzati viszonyait figyelembe véve módosítja, azaz képezi az optimális referenciasebességet. Az oszlopban résztvevő többi jármű az alkalmazott string stabilitást biztosító szabályozó segítségével követi a vezető járművet. A vizsgált járműoszlop 2023 kg össztömegű, 402 LE motorral, hatsebességű váltóval szerelt felsőkategóriás járművekből áll. Az új módszer szerinti menetciklusban az 56 km-es útszakaszon a járműoszlop átlagosan közel 15%-os hosszirányú energiamegtakarítást képes elérni, ugyanakkor a menetidő összesen 2 perccel hosszabbodik meg. Továbbá megfigyelhető, hogy az új módszerrel tervezett szabályozó esetében a sebességhatárolások hatására bekövetkező transziens sebességváltozási jelenségek hatása jelentősen csökkenthető. Ez a gépjármű számára finomabb mozgással és beavatkozással jár, ami nagyban hozzájárul a jármű élettartamának növekedéséhez. ●

IRODALOM

- [1] Alvarez, L. and Horowitz, R. (1999). Safe platooning in automated highway systems. *Vehicle System Dynamics*, 23–84.
- [2] Ivarsson, M., Aslund, J., and Nielsen, L. (2009). Look ahead control - consequences of a nonlinear fuel map on truck fuel consumption. *Proc. Institution of Mechanical Engineers, Part D, J. Automobile Engineering*, 223, 1223–1238.
- [3] Swaroop, D. and Hedrick, J. (1996). String stability of interconnected systems. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 41, 349–357.

Vezeték nélküli átviteli technológiák jövője a közúti közlekedésben

ARADI SZILÁRD

tanársegéd, BME Közlekedés-
automatikai Tanszék

DR. BÉCSI TAMÁS

adjunktus, BME Közlekedés-
automatikai Tanszék

A vezeték nélküli kommunikációs technológiák és a számítástechnika rohamos fejlődésével, egyre nagyobb lehetőségek nyílnak a közúti járművek, valamint a pálya menti berendezések fejlesztésében. A folyamatosan növekvő forgalom, valamint a közúti balesetek nagy száma megteremti az igényt a hatékonyságot és biztonságot növelő berendezések iránt. A cikkben bemutatjuk, hogy milyen technológiák állnak rendelkezésre aktuálisan a járművek közötti (V2V), valamint a jármű és az út menti berendezések közötti (V2R) kommunikációra. Kitérünk továbbá a jelenleg fejlesztés alatt álló technológiákra, alkalmazási lehetőségekre és a megoldandó problémákra. Megvizsgáljuk a mobil vezeték nélküli hálózatok (MANET) biztonsági és titkosítási kérdéseit, amelyek a tárgyalt rendszerek egyik sarokkővet jelentik.

The wireless communications technology and the rapid development of computer technology give more and more opportunities for the development of vehicle on-board units and track-side equipments. The increasing traffic and the large number of road accidents create the need for equipments, which improve safety and efficiency. The article explains the technology is currently available for vehicles-to-vehicles (V2V) and vehicle-to-infrastructure communications. We examine the mobile wireless network's (MANET) security and encryption issues, which is the most important property of the systems discussed.

BEVEZETÉS

Az emberek életében már napjainkban is mindenütt jelen vannak a hordozható információs eszközök (PDA, mobiltelefon stb.), és ezen eszközök száma, valamint az adatátvitel sebessége folyamatosan növekszik. Működésük alapját a kommunikációs hálózatokhoz való csatlakozás képezi, ezért a vezeték nélküli hálózati technológiák egyre fontosabbak lesznek.

Általánosan kétféle lehetőség adott arra, hogy a vezeték nélküli hordozható eszközök egymással kommunikáljanak: az infrastrukturális és az ad hoc hálózat.

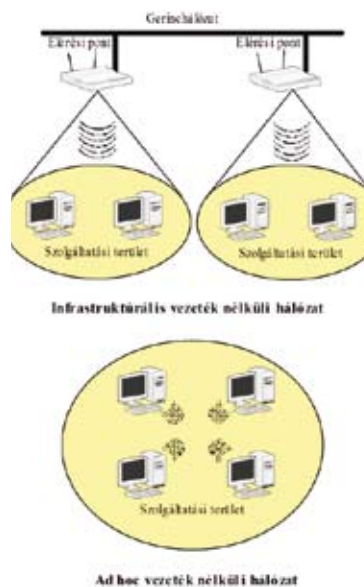
A mobiltelefon-hálózatok hagyományosan cellákat használó technológiát alkalmaznak, emiatt erősen függnek a megfelelő infrastruktúrától (elegendő számú bázisállomás).

Az elmúlt években a vezeték nélkül kommunikáló eszközök rohamos elterjedése arra ösztönözte a fejlesztőket, hogy olyan önszerveződő hálózatokat találjanak ki, amelyek nem igényelnek előre telepített infrastruktúrát. Ezeket hívjuk ad hoc hálózatoknak. Jellemzően önálló csomópontokból állnak és egymással együttműködve továbbítják az információkat. Általában ezek a csomópontok rögzített és hálózati irányító eszközök (pl.: routerek) is egyszerre.

Az ad hoc hálózatokat manapság két csoportba sorolják: telepített és mozgó. A telepített ad hoc hálózatokban a csomópontok nem változtatják a pozíciójukat. Ilyen például, amikor több számítógép közvetlen kapcsolatot létesít egymással Wi-Fi (Wireless Fidelity) adapter segítségével.

A mozgó ad hoc hálózatokban a rendszer elmozdulhat, melyeket angol rövidítéssel MANET-ként (Mobile Ad hoc Network) emleget a szakirodalom.

A MANET vezeték nélküli mozgó csomópontok egy csoportja, amelyek hálózatot alakítanak ki információtovábbítás céljából, anélkül hogy bármilyen telepített hálózati infrastruktúrát vagy központi irányítást használnának. A legnagyobb fejlesztések a járműipar területén a MANET-ek témájában folynak, mivel ezek használata rendkívül gazdaságos, hiszen nem igényel út menti infrastruktúrát. A járművek közötti MANET-et Vehicular Ad hoc Networknek (VANET) nevezik.

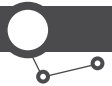


1. ábra: példa az infrastrukturális és ad hoc vezeték nélküli hálózatra

TECHNOLÓGIA ISMERTETÉSE

A MANET csomópontok vezeték nélküli adó-vevővel, valamint körsugárzó vagy irányított antennával ellátott egységek. Egy adott időpillanatban, a csomópontok pozíciójának, adó-vevőjük lefedettségi területének, adóteljesítményének és a csatornák közötti interferenciáknak a függvényében kialakul egy véletlenszerű hálózat a csomópontok között. Ez a topológia időben folyamatosan változhat a csomópontok mozgása és adó-vevő paramétereik változása miatt. Ilyen környezetben – elsősorban az adatátvitel hatótávolsága miatt – szükséges, hogy egy mozgó csomópont igénybe vegye a többi csomópont segítségét, hogy az üzenete eljusson a címzetthez.

Mivel a mobil ad hoc hálózatok sűrűn és előzetes jelzés nélkül változtatják a topológiájukat, az útválasztás komoly kihívást jelentő



feladat. Ezen kívül az adatátviteli típusok is egészen eltérőek, mint az infrastrukturális vezeték nélküli hálózatokban:

- Pont-pont (Peer-to-Peer): a kommunikáció a két fél között közvetlenül zajlik.
- Távoli-távoli (Remote-to-Remote): a kommunikáció a két fél között nem közvetlenül történik, de állandó adatút áll fent közöttük. Az adatok több csomópont érintésével jutnak el a címzetthez.
- Dinamikus adatátvitel (Dynamic Traffic): akkor áll fenn, amikor a felek folyamatosan mozognak. Az adatátviteli utakat állandóan újra létre kell hozni, ami rossz minőségű kapcsolatokat és rövid lökészerű hálózati aktivitásokat eredményez.

Értelemszerűen a mobil ad hoc hálózatokra a dinamikus adatátvitel jellemző. Az ilyen jellegű hálózatok főbb tulajdonságai a következők:

Autonóm végberendezések:

A MANET-ekben minden mozgó végberendezés egy autonóm csomópont, amely hostként (végpont) és routerként (útválasztó) is funkcionál. Azaz minden végberendezés alapvetően végpontként működik, azonban szükség esetén ellát router funkciókat is.

Megosztott irányítás

Tekintettel arra, hogy a hálózati műveletek központi irányításához nincs a háttérben hálózati infrastruktúra, ezért a hálózatkezelés és irányítás el van osztva a végberendezések között. A hálózathoz tartozó csomópontoknak együtt kell működniük, és ha szükséges, átjáró állomásként kell funkcionálniuk, hogy elássanak egyaránt biztonsági és útválasztási feladatokat.

„Multihop routing”

Az ad hoc hálózatok használhatnak ún. singlehop és multihop routingot (útválasztás), attól függően, hogy milyen protokollt használnak a kapcsolati rétegben. A singlehop módszer a hálózati struktúra és az algoritmusok szempontjából jóval egyszerűbb, mint a multihop. Használhatósága és funkcionalitása azonban jóval korlátozottabb, mivel az egyes csomópontok csak a velük közvetlen kapcsolatban állóknak képesek üzenetet küldeni, azaz a saját adó-vevő körzetükben lévőnek. A multihop módszer viszont, több közbenső csomópont segítségével, távolabbi célpontokhoz is képes eljuttatni az információt.

Változó hálózati topológia

Mozgó csomópontok esetén a hálózati topológia hirtelen és véletlenszerűen megváltozhat, aminek következtében az egyes terminálok összekapcsolhatósága időben változik. A MANET-eknek alkalmazkodniuk kell a változó adatforgalmi feltételekhez, valamint a csomópontok mozgási mintázatához. A csomópontoknak folyamatosan változó adatútvonalakat kell kialakítaniuk egymás között, a mozgásuk függvényében. Ezen felül előfordulhat, hogy egy felhasználó a MANET-ben nemcsak az ad hoc hálózatot szeretné használni, hanem hozzáférést igényel egy nyilvános, telepített hálózathoz is.

Ingadozó hálózati kapacitás

A vezeték nélküli kapcsolatok magas bithibaarányai MANET-ekben még nagyobbak lehetnek, amelynek okai a következők. A csatorna, amelyen keresztül a berendezések kommunikálnak, eleve jóval zajosabbak, valamint nagyobb a csillapítás, interferencia és kisebb a sávszélesség, mint a vezetékes hálózatokban. Ráadásul a mobil ad hoc hálózatokban sok esetben az adatutak erősen heterogén hálózatokon keresztül jönnek létre, ami további zajszintnövekedést eredményez.

Valószínűségi Quality of Service (QoS) paraméterek

Ideális hálózatokban garantálhatóak a QoS előírásokat a hálózati kapcsolatok teljes időtartama alatt. Sajnos ez nem lehetséges az időben változó hálózati környezetben. Ennek oka, hogy a kapcsolatok véletlenszerűen megszakadhatnak, a felhasználók mozgása miatt. Sokkal célszerűbb valószínűségi QoS paramétereket meghatározni, azaz a kapcsolati hibákat egy előre meghatározott küszöbérték alatt tartani.

Egyszerű terminál

A legtöbb esetben a MANET-ek csomópontjai olyan mobil eszközök, amelyek aránylag kis processzor teljesítménnyel, kevés memóriával és korlátozott energiaforrással rendelkeznek. Az egyszerű terminálok optimalizált algoritmusokat és módszereket igényelnek a számítási és kommunikációs feladatokhoz.

Összefoglalva, a mobil ad hoc hálózat önálló mobil csomópontok egy csoportja, amelyek egy dinamikus, célirányos, multi-hop, vezeték nélküli, decentralizált hálózatot alkotnak. A hálózati topológia folyamatosan változik, ahogy az egyes csomópontok csatlakoznak, illetve kiválnak a hálózathoz. A csomagtovábbítást, az útválasztást és más hálózati tevékenységeket a független csomópontok bonyolítják le egymással.

ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEK

A mobil ad hoc hálózatok fő felhasználási területe a közúti közlekedés, ahol az ilyenfajta hálózatot Vehicular Ad hoc Networknek (VANET) nevezik. A fejlesztők távlati célja, hogy kidolgozzanak olyan egységes kommunikációs szabványokat és hálózati protokollokat, amelyek használatával a különböző gyártók járművei képesek egymással biztonságos ad hoc hálózatok kialakítására.

Több jelentős európai kutatás is indult ebben a témában az elmúlt években:

- CVIS (Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems): alap technológiai fejlesztés.
- SAFESPOT: autógyárak fejlesztései.
- COOPERS (Co-operative Systems for Intelligent Road Safety): közútkezelők fejlesztései.

Ezekon kívül 2007-ben megalakult CAR 2 CAR Communication Consortium, amely autógyárak, egyetemek és kutatóintézetek bevonásával dolgozik egy egységes kommunikációs platform kifejlesztésén.



2. ábra: járművek közötti vezeték nélküli ad hoc hálózat (VANET) (forrás: <http://car-to-car.org>)

- A VANET alkalmazásai alapvetően három csoportra oszthatók:
- közlekedésbiztonságot javító alkalmazások,
 - a közlekedés hatékonyságát növelő alkalmazások,
 - információs szolgáltatások.

A **közlekedésbiztonság** javítására a következő alkalmazások használhatók.

Ráfutásos balesetet megelőző alkalmazás

A ráfutásos balesetek jelentős hányadát adják az összes baleseti számnak. Fő okai a vezetői figyelmetlenség és az elől haladó jármű hirtelen fékezése. Normál körülmények között az egymás közelében haladó, hálózati eszközzel felszerelt járművek folyamatosan információkat küldenek egymásnak a pozíciójukról, sebességükről és irányukról. Ahhoz, hogy a ráfutásos baleseteket elkerüljék, a járművek figyelik a sofőr tevékenységét és – a kapott információk alapján – a szomszédos járművek viselkedését. Ha a jármű veszélyes megközelítést érzékel, vagy egy másik közeli jármű vészjelzést ad, akkor hang- és fényjelzéssel figyelmezteti a vezetőt. Egy ilyen rendszer feltételezi a nagyon pontos pozíciómérést, valamint a környező járművektől érkező adatok megbízhatóságát. Az alkalmazás működéséhez elegendő lehet a singlehop üzenettovábbítás, azaz minden jármű csak a saját adó-vevő körzetében (kb. 200 m) lévő járművekkel kommunikál.



3. ábra: a veszélyes helyre figyelmeztető alkalmazás működése (forrás: <http://car-to-car.org>)

Ütközésetektáló alkalmazás

Ez az alkalmazás tulajdonképpen a ráfutásos baleseteket megelőző alkalmazás folytatásának is tekinthető. Ennek során feltételezzük, hogy az ütközés elkerülhetetlen. Hasonlóan az előzőekben leírtakhoz, itt is fontos a pozíció, irány és sebesség adatok folyamatos küldése. Amikor olyan szituáció lép fel, hogy az ütközést már semmilyen módon nem lehet elkerülni, akkor a részt vevő járműveknek végre kell hajtaniuk egy nagyon gyors és megbízható adatcserét. Ennek során pontosítják a pozícióadatokat és további járulékos adatokat (pl.: a jármű tömege) is küldenek, amelyek segítik a biztonsági berendezések megfelelő működését. Ezen adatok alapján mindkét jármű felkészül az ütközésre, meghatározza a légzsák, az övfeszítő és az egyéb passzív biztonsági eszközök működési paramétereit.

Az előzőhöz hasonlóan itt is nagyon fontos a pontos pozíció-mérés és az adatok megbízhatósága, és szintén elegendő a singlehop adatküldés.

Veszélyes útszakaszra figyelmeztető alkalmazás

Az alkalmazás célja, hogy a járművek figyelmeztessék egymást, amennyiben veszélyes útszakaszra (pl.: kátyú, csúszós út stb.) érnek. A fő feladat ebben az esetben az út tulajdonságainak

meghatározása. Az egyik kiindulási alap lehet a menetstabilizáló rendszer aktivitása. Ezt az információt, a pontos pozícióval együtt szét lehet küldeni egy adott körzet járműveinek, így figyelmeztetni lehet a vezetőt a veszélyes útszakaszra. A rendszer kiterjeszthető út menti berendezésekre is. Ezek figyelmeztethetnek többek között útépitésre, sávelhúzásra, sebességkorlátozásra.

Ennél az alkalmazásnál már nem elég a singlehop adatátvitel, mivel az adatokat néhány kilométeres körzetben érdemes továbbítani. Ezért az adatátviteli rendszernek képesnek kell lennie egy adott területen belül multihop módszerrel eljuttatni az adatokat a címzettekhez.

A következő nagyon fontos alkalmazási csoport a **közlekedés hatékonyságát** növeli. Hasonlóan nagy fontossággal bír, mint a biztonsági alkalmazások, hiszen a közúti közlekedés másik nagy problémáját hivatott enyhíteni. A lehetséges alkalmazások a következők.

Fejlett útvonaltervező és navigációs alkalmazás

Ez a rendszer az eddigiektől eltérően út menti infrastruktúrát is igényel. A járművek a kihelyezett elérési pontokon keresztül letöltik a szükséges forgalmi információkat, amelyek segítik az optimális útvonal meghatározását. Egy ilyen alkalmazás feltételez egy nagyon fejlett közlekedési információs hálózatot, amely körzetekre lebontva folyamatosan friss forgalmi adatokkal rendelkezik. Természetesen itt is nagyon fontos az adatok megbízhatósága, mert rosszindulatú támadásokkal komoly torlódásokat is elő lehet idézni egy adott útszakaszon.

Intelligens kereszteződés

Ebben az esetben is részben infrastrukturális hálózatról beszélhetünk. A jelzőlámpás csomópontokhoz érve a járművek kapcsolódnak a forgalomirányító berendezéshez és elküldik adataikat (pozíció, sebesség, irány stb.), valamint letöltik a kereszteződés elsőbbségi viszonyait és a jelzőlámpák állapotát. A kapott adatok és előre meghatározott kritériumok alapján a forgalomirányító berendezés előállítja a fázis-időtervet. A rendszer ezen felül képes elsőbbséget biztosítani a megkülönböztető jelzéssel ellátott járműveknek, valamint a járművek a jelzőlámpa adatai alapján segíthetnek a vezetőnek az optimális sebesség megválasztásában.

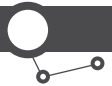
Besorolást segítő alkalmazás

Ez az alkalmazás segítséget nyújthat a járművezetőnek biztonságosan besorolni egy másik sávba anélkül, hogy az adott sáv forgalmi áramlatát megtörné. Amikor a jármű például egy autópálya-feljárón halad, akkor elkezd kommunikálni a közelben lévő és a manőverben érintett járművekkel. A besorolni kívánó jármű kérést küld, amely jelzésre kerül az érintett járművezetők felé, akik például a belső sávba történő behúzóddással segíthetik a besoroló járművet.

Oszlopban haladó járművek

Ez az alkalmazás azt a jellegzetes forgalmi szituációt kísérli meg automatizálás által biztonságosabbá és költséghatékonyabbá tenni, amikor több jármű, hosszú távon, azonos útszakaszon halad. Különösen tehergépjárművek (nyerges vontatók) esetében lehet hasznos a követési távolság drasztikus csökkentése, mivel így a légellenállás és ezáltal a tüzelőanyagfogyasztás jelentősen mérhető.

Az információs szolgáltatások közé soroljuk azokat, amelyek nem közvetlenül a biztonság vagy a hatékonyság növelését szolgálják. Ezek elsősorban kényelmi és üzleti jellegű információkat szolgáltatnak. Ezek közül a főbb szolgáltatások a következők.



Internetelés

E funkció révén bármilyen IP alapú szolgáltatás elérhetővé válhatna a járművekben. A rendszerhez szükség van út menti internetelési pontokra, amelyek hálózati átjáróként is funkcionálnak. Ha egy jármű nem tartózkodik egy elérési pont szolgáltatási területén sem, akkor a többi járművön keresztül multihop adatúton keresztül létesíthet internetkapcsolatot.

Hasznos helyek jelzése (Point of Interest)

A hasznos helyek jelzése (POI) nagyon sok lehetőséget rejt magában, kezdve a közeli benzinkutak felsorolásától egészen a turisztikai látnivalók bemutatásáig. Az előzőhöz hasonlóan ez is kényelmi funkció, azonban ebben nagyon sok szolgáltatócég érdekelt lehet, ami meggyorsíthatja a fejlesztést.

Távdiagnosztika

A vezeték nélküli hálózati adapterek kiválthatják a járművek diagnosztikai csatlakozóját, ami gyorsabb és kényelmesebbé teszi a járművek szervizelését.

Díjfizetés

Ide tartozik minden olyan alkalmazás, amely pénzügyi tranzakció lebonyolítását igényli. Használható útdíj, parkolási díj és egyéb helyfüggő szolgáltatások díjának kifizetésére. Ez az alkalmazás van leginkább kitéve a rosszindulatú támadásoknak.

Biztonsági kérdések

Mielőtt megoldásokat keresnénk a rendszer biztonsági funkcióinak ellátására, fel kell tárnunk a lehetséges veszélyforrásokat. Fontos a tipikusan járművek közötti vezeték nélküli hálózatok esetében fennálló támadási lehetőségek feltárása, hogy a biztonsági részek tervezése során megtaláljuk az optimális megoldásokat. Az alkalmazástól függően három csoportra oszthatjuk a veszélyforrásokat:

Támadás a biztonsági alkalmazások ellen

A biztonsági alkalmazások a legfőbb ösztönzői a járművek közötti kommunikációs fejlesztéseknek. A magas fokú megbízhatóság mellett, hasonló mértékben kell figyelembe venni a biztonságot is az ilyen alkalmazások fejlesztésénél. Hiszen egy ilyen támadás nemcsak kellemetlenséget okozhat (pl.: forgalmi dugók), hanem akár halálos kimenetelű balesetet is.

Támadás a díjfizetést támogató alkalmazások ellen

A járművek közötti kommunikációs alkalmazások egy részét pénzügyi tranzakciók lebonyolítására fejlesztik (pl.: útdíjfizetés, helyfüggő szolgáltatások stb.). Emiatt feltétlenül számítani kell a pénzügyi rendszer elleni támadásokra, különösen a vezeték nélküli hálózatok nyitottsága miatt.

Támadások a magánszféra ellen

Az egyik legnagyobb nyugtalanságot a magánszféra védelmének kérdése váltja ki a jövőbeni járművek közötti hálózatokkal

kapcsolatban. Tény, hogy ha megvalósul a járművek közötti információcsere, akkor könnyen lehetővé válik a járművek (és utasaik) követése.

A következőkben bemutatásra kerül néhány példa a járművek közötti hálózatokban végrehajtható támadásokról.

Hamis információ

Ebben az esetben a támadó téves információkat sugároz a hálózatban, hogy ezzel befolyásolja a járművezetők döntéseit. Például az **4. ábrán** néhány sofőr összejátszik a gyorsabb haladás érdekében. Az A2-es jármű üzeneteket küld, hogy jelezze az összes őt követőnek, hogy nem messze torlódás alakult ki az úton. Ez azt eredményezi, hogy ezek a járművek megváltoztatják az útvonalukat (letérnek egy másik útra), hogy elkerüljék a torlódást. Emiatt az A1-es jármű előtt felszabadul az út, és így gyorsabban haladhat. A fent leírt okok ésszerűnek tűnnek, azonban van egy veszélyesebb támadási indok is, amit ugyanezzel a módszerrel lehet megvalósítani. Előfordulhat, hogy torlódást akarnak generálni egy adott útszakaszon bűncselekmény előkészítésének céljából. Ez a támadási fajta az 1. kategóriába sorolható.

A hálózat működésének akadályozása (Denial of Service)

Az ilyen jellegű támadások célja, hogy meggátolja a biztonsági célú funkciók működését. Nagyon sokféle módja van a támadások kivitelezésének. Akár olyan üzenetek küldésével, amely hibás működést eredményez, akár a vezeték nélküli csatorna zavarásával, ami azt eredményezi, hogy a járművek nem tudják továbbítani a biztonsági jellegű üzeneteiket. A DoS támadás annyira megzavarja a vezeték nélküli csatornát, hogy az nem képes a további kommunikációra. Ez a támadási fajta használható a biztonsági és az díjfizetést támogató alkalmazások ellen is. Ez az egyik legnagyobb biztonsági probléma a járművek közötti hálózatokban.

Azonosító, sebesség- vagy pozícióadatokkal megváltoztatása

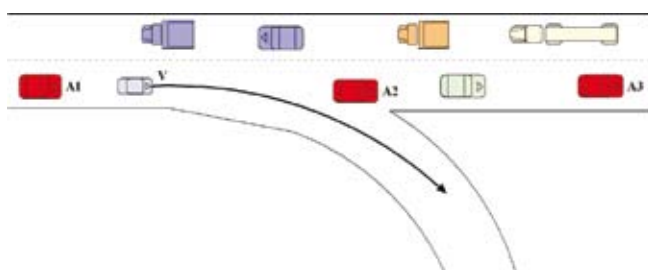
Bizonyos baleseti szituációkban, ahol a felelősség megállapítása bonyolult, a járművezetőknek érdekében állhat meghamisítani a járművük pozíciójára vonatkozó információkat. Ezt elősegítheti a pozíció adatainak megváltoztatásával. Ahhoz, hogy az ilyen rendszerek a későbbiekben a jog által is elismertek legyenek, ezeket a biztonsági problémákat is ki kell küszöbölni. Más példa lehet az azonosító megváltoztatása, amely a díjfizetési alkalmazások elleni támadásokkor lehetnek célra vezetők.

Azonosító feltörése

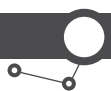
Ez esetben az ún. „Nagy Testvér” szituáció valósul meg, amikor egy megfigyelő követi a járműveket, hogy az így szerzett adatokat később felhasználhassa (pl.: konkurens cég utáni kémkedés). A megfigyeléshez a támadó átveszi a hatalmat az út menti infrastruktúra vagy a járművek kommunikációs számítógépei felett vírusok vagy kémsoftverek segítségével. Ilyen formán a támadó passzív, lehallgatja a környezetében lévő járműveket, emiatt az ilyenfajta támadás, gyakorlatilag észrevehetetlen. Ez a támadás az utolsó kategóriába sorolható.

Amint a fenti példák jól látható, nagyon sok biztonsági problémát felvet a VANET-ek használata. A vezeték nélküli hálózatok sebezhetősége hamar nyilvánvalóvá vált a személyi számítógépek közötti hálózatok esetében is. Azonban a közlekedési területen való alkalmazásuknak jóval nagyobbak a kockázatai. Alapvető elvárás az adatok megbízhatósága és biztonságos továbbítása.

További kérdést vet fel azonban a forgalomban részt vevők azonosíthatósága. A rendszer működése szempontjából megfelelőek az anonim járművek, és ennek a technikai feltételei is adóttak.



4. ábra: hamis információ küldésén alapuló támadás



Azonban így nagyon nehézé válik a támadások kivédése, valamint a rendszer alkalmatlanná válik a felelősségi kérdések megválaszolására. Ha minden jármű egyedi azonosítóval rendelkezik, akkor egy baleseti szituációt sokkal könnyebb rekonstruálni. Ez azonban minden bizonnyal társadalmi ellenállásba ütközne, hiszen így nagyon könnyen megfigyelhetővé válnak a járművek.

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk elsőként a mobil ad hoc vezeték nélküli hálózatok (MANET) alapvető jellemzőit tárgyalja. Kitért az ilyen hálózatok speciális tulajdonságaiból eredő megoldandó problémákra. Csoportosítja és bemutatja a közúti közlekedés területén használható MANET-et igénylő alkalmazásokat. Megvizsgálja az

előre láthatólag számításba jöhető veszélyforrásokat és példákat mutat be.

Mindezekből az alábbi következtetéseket hoztuk. Funkcionálisan a legnagyobb nehézséget a dinamikusan változó hálózati topológia jelenti. Ez megnehezíti az útválasztó algoritmusok kifejlesztését, valamint csak valószínűségi QoS paraméterek meghatározását engedi.

Biztonsági szempontból a legnagyobb probléma, hogy a hálózat bárki számára hozzáférhető. Így bárki által lehallgatható, valamint könnyen korlátozni lehet a működését egyszerű DoS támadásokkal. Ezért nagyon fontos az adatok titkosítása, valamint a hálózat fizikai rétegében speciális átviteli módszerek kidolgozása a DoS támadások kivédésére. Végül nagy hangsúlyt kell fektetni a magánszféra védelmére, egyrészt a már említett titkosítással, másrészt a megfelelő azonosítási technikák kidolgozásával. ●

IRODALOM

- [1] Raya, M., and Hubaux, J-P.: „Securing vehicular ad hoc networks”, Journal of Computer Security 15, 2007, pp. 39-68.
- [2] Raya, M., and Hubaux, J-P.: „Security Aspects of Inter-Vehicle Communications”, 5th Swiss Transport Research Conference, 2005
- [3] Raya, M., Papadimitratos, P., Hubaux, J-P.: „Securing Vehicular Communications”, IEEE Wireless Communications Magazine, Special Issue on Inter-Vehicular Communications, October 2006
- [4] Raya, M., and Hubaux, J-P.: „Securing vehicular ad hoc networks”, Journal of Computer Security, Special Issue on Security of Ad Hoc and Sensor Networks, Vol. 15, Nr. 1, pp. 39 - 68, 2007
- [5] Jun-Zhao Sun: „Mobile Ad Hoc Networking: An Essential Technology for Pervasive Computing”, Proc. International Conferences on Info-tech & Info-net, Beijing, China, 2001.
- [6] <http://car-to-car.org>
- [7] Car2Car Communication Consortium Manifesto, version 1.0, 21st May 2007
- [8] <http://www.cvisproject.org>
- [9] <http://www.safespot-eu.org/>



Járművek formatervezése

„ÉLVEZZE A VEZETÉST!”

DR. FÜLEP TÍMEA, PH.D.
egyetemi tanársegéd,
BME GJT

DR. PÁLYI ISTVÁN, PH.D.
okl. építészmérnök
okl. közlekedésmérnök

Minden jármű – még a kifejezetten teherszállító járművek is – végső soron emberi szükségleteket elégít ki és működésük, üzemeltetésük során változatos, emberi környezetben jelennek meg. A teljesen automatizált szállítóberendezéseken kívül működtetésükhöz is közvetlen emberi beavatkozás szükséges. Fokozottan érvényes az állandó emberi jelenlét a személyszállító járműveknél. Különösen érzékenyek az utasok a hosszabb időben és nagyobb távolságokra szállító járművek külső és belső formai kialakítására. A nagy távolságokra szállító járműnek mind külseje, mind belsője ergonómiai és esztétikailag is igényes kialakításúnak kell lennie.

Every vehicle – even heavy vehicle definitely – fulfils customer demands and appears in changeable conditions during operation. In spite of being operated fully automatically direct human intervention is needed. Human presence is increasingly important in passenger transport. Passengers are extremely sensitive to external and internal design of long run vehicles. Both ergonomically and aesthetically long run vehicles should be designed of a high standard regarding the exterior and the interior, as well

BEVEZETÉS

A cikk hivatkozik Balvin Nándor doktorandusz két korábban, ebben a folyóiratban megjelent írására [1, 2], de nem foglalkozik a műszaki következményekkel (tervezés, karosszéria méretezése véges elemes számítás előkészítéssel), pedig elsősorban az általános szimmetriatulajdonságoknak igen nagy szerepe van az autótervezés megkönnyítésében. A cikk folytatása lesz hivatott az említett műszaki kérdéseket részletezni.

Amit a mérnöknek-konstruktőrnek tudnia kell (Vitruvius tanítása nyomán [3, 7] (1. ábra), de kiegészítve a XXI. századi követelményeivel):

- A mérnök tudását sok tudomány és különféle ismeretek ékesítik. Ezáltal ítéli meg mindazt, amit más mesterségek alkotnak. Ez a tevékenység kézművességből és elméleti gondolkodásból születik. A kézművesmunka a hasznosság folytonos és megszakított gyakorlása, tekintettel az alakítás céljára, amelyet anyagból, kézzel végeznek aszerint, hogy a mű milyen anyagból van. Az elméleti megfontolás pedig a kézi munkával készített dolgokat aszerint tudja bemutatni és magyarázni, milyen viszonyban áll bennük az ügyesség és gondolkodás.
- Ezért azok a mérnökök („stilus-művészek”), akik tanultság nélkül akartak gyakorlott kézre szert tenni, nem voltak képesek elérni, hogy fáradozásukkal tekintélyt szerezzenek, akik pedig csak az elméletben és a könyvekben bíztak, mintha a dolog helyett annak árnyékát kergették volna. Ám azok, akik mind a kettőt megtanulták, mivel teljes fegyverzet díszítette őket, hamarabb tekintélyre szert téve érik el céljukat.
- Ha pedig minden dologban, akkor kiváltképp a mérnöki-művészetben két dolog van: az amit jelölünk, és az ami jelt ad. Amit jelölünk az az elképzelt dolog amiről szó van, ezt pedig a tudományok érveivel kifejtett bemutatás jelzi, fogalmazza meg. Ezért annak aki magát mérnök-művésznek vallja, mindkettőben gyakorlottnak kell lennie. Így tehát tehetségesnek és tanulékonynak kell lennie a tudományban, ugyanis sem a tehetség tudomány nélkül, sem a tudomány tehetség nélkül nem tehet valakit tökéletes mesterré. És legyen tanult ember, tudjon rajzolni a számítógéppel, értse a számítógép működését, ismerje jól a technika és a tudomány történetét, szorgalmasan hallgassa a kor követelményeit megjelenítő gondolkodók előadásait, fedezze fel pl. a Fourier-analízis nagyszerű voltát, legyen járatos a diagnózisok világában, ismerje meg a törvényi előírásokat, a

szabályozók érvelését, a jogi igazgatási hátterüket, a közlekedérendészeti és biztonsági előírásokat, tanúsítson jártasságot mindezekben országonkénti és nemzetközi megkülönböztetés során is.

- Mindennek az okai a következők: a mérnök-művésznak az általános műveltségben is erősnek kell lennie, hogy emlékezetét ezáltal is állandóan ébren tarthassa. Így tehát az emlékezet által, valamint a többi felsorolt képesség segítségével lesznek megtalálhatók azok a gondolkodási folyamatok, amelyek az esztétika és ízlés legfontosabb alapkritériumait az arányok és a szimmetriák nehéz feladatait a legmegfelelőbb módon képesek és tudják megoldani.
- Mivel tehát így nagy ez a tudomány, oly sok és változatos ismeretekkel ékes és bővelkedő, ezért nem hihető, hogy valaki joggal nevezhetné magát mérnök-művésznek az, aki nem haladt végig gyermekkorától fogva a tudományoknak ezen lépcsőfokain, s nem sokféle műveltség és mesterség tudásával táplálva érkezik a csúcra, az autóművészet templomába.

A képzetlen emberek számára talán csodásnak tűnhet, hogy az emberi természet képes lehet így sok tudományt megtanulni és emlékezetben tartani. Viszont mihelyt világossá válik előttük, hogy valamennyi tudomány a dolgok révén összeköttetésben és



1. ábra: Vitruvius ábrázolása (jobb oldalon) 1684-ben a *Tíz könyv az építészetéről* című munkája bemutatásakor Augustusnak

közösségben áll egymással, könnyen elhiszik, hogy ez lehetséges, az enciklopédikus tudás ugyanis belőlük tevődik össze, mint test a tagokból. Ezért azok, akiket zsenge koruktól különböző ismeretekre tanítanak, minden írásban felismerik ugyanazokat a jegyeket, s valamennyi tudomány kapcsolatát, s ezáltal mindent könnyebben értenek meg. Ezért aztán a mérnök-művésznek valamennyi mesterségben és tudományban többet kell tudnia véghezvinni, mint azoknak, akik az egyes dolgokat saját igyekezetükkel és gyakorlottságukkal a legnagyobb hírre vitték.

A MÉRNÖK-MŰVÉSZETI SZEMLÉLET ALAPFOGALMAI

A mérnök-művészet részei a következők:

- **Ordinatio:** görögül taxis, a létrehozott mű, autó tagjainak megfelelő méretezése külön-külön s együttes arányainak a szimmetriához való viszonyítása. Ez abból a mértékből tevődik össze, amit görögül posztótesznek mondanak. Az egységnyi mérték pedig a magából a műből vett modulus, amely az egyes részekből kiindulva a teljes mű összhangját biztosítja.
- **Dispositiv:** görögül diathesisz, a dolgok alkalmas elhelyezése és a jó minőségben kivitelezett mű választékos hatása, valamint milyensége. A dispositiv fajtái, amelyeket görögül ideainak neveznek, a következők:
 - **ikhnographia:** a számítógép és a megfelelő szoftver (AutoCAD, ArchiCAD stb.) megfelelő használatával arányosan kicsinyített rajz, amelyből a formák különböző nézeti rajzait nyerjük.
 - **orthographia:** a különböző nézetrajzok függőleges, tagoltan színezett képe, a leendő alkotás, (jár)mű jellegzetes arányos ábrázolása.
 - **szkenographia:** a nézetrajz és a hátraható oldalak látszati rajza, ahol az összes vonal egyetlen középpontba fut. Ezek a gondolkodás és a lelemény szülöttei. A gondolkodás gondos törekvés egy cél gyönyörűségével. A lelemény a homályos kérdések magyarázata és az eleven szellem által feltalált újítások kifejtése.
- **Eurüthmia:** ékes megjelenés és a tagok összetételében álló kellemes látvány. Ez akkor jön létre, ha a mű tagjai megfelelnek egymásnak: a magasság a szélességgel, a szélesség a hosszúsággal arányos, egyszóval valamennyien megfelelnek a (jár)mű szimmetriájának.
 - **szimmetria:** a mű tagjaiból eredő megfelelő összhang és a külön-külön vett részekből számított mértéknek arányos megfelelése az egész alkotás képével.
 - **decor:** a tekintély által elfogadott bevált formákból szerkesztett mű hibátlan megjelenése, vagy a megszokás (amit görögül thematizmosznak neveznek) hozza létre, vagy a hagyomány, vagy a természet.

Distributio: görögül oikonomia, a készletek és a hely célszerű elosztása, amely a költségek takarékos és ésszerű mérséklését feltételezi. Ennek felelünk meg, ha elsősorban az alkotó nem kíván olyasmit, amit nem lehetséges, csak legfeljebb nagy áron. Ez a distributio első foka. A második fok, amikor az alkotás a pénz bőségének megfelelően vagy a méltóság követelményeire illően igazodik. Mert másként kell elgondolni az egyszerűséget és másként a bőséget, illetve azon hatalmasok szempontjait, akiknek a gondja az állam vagy a globalizált világ kormányzása. A XXI. század mérnökének (űrkutató, távközlő, bio-) szóló több mint 2000 éves üzenetet Julius Caesar idejéből frappánsabban nem is tudnánk megfogalmazni, van azonban egy lényeges különbség Vitruvius kora és a XXI. század között. Vitruvius a „barbár” római és az utólrétegetlennek tartott görög tudomány és művészet

büvöletében élt, írt és alkotott. A görögök tudománya és művészete a rómaiak szemében befejezett, lezárt és teljes volt, amely magában foglalta az egyiptomi és mezopotámiai előzményeket is. Ezt a zárt tudományt és művészetet el lehetett sajátítani egy-egy kitűnő iskolában, vagy egy-egy kitűnő mester mellett. A XXI. században azonban tudjuk, hogy sem a tudomány, sem a művészet nem zárt, nem befejezett, hanem egyre gyorsulva fejlődik. Az iskolák nem adhatnak lezárt ismereteket hallgatóiknak. A XXI. század mérnökeinek munkájuk során lépést kell tartaniuk ezzel a gyorsuló fejlődéssel.



2. ábra: a közlekedés statikus és dinamikus szereplői

JÁRMŰVEK FORMATERVEZÉSE

Az ergonómiai és esztétikai követelmények nem egyértelműek, függnek az éghajlati viszonyoktól, az eltérő antropometriai méretektől, az adott üzemeltetési területen történelmileg kialakult társadalmi szokásoktól, mentalitásbeli különbségektől, sőt a lokális divattól is. (Arab országokban elkülönített nőkabin létesítése, Indiában harsány színekre festett túl díszes külső megjelenés, Indonéziában a nálunk szokásosnál kisebb méretű ülések, egyes afrikai államokban vizeletálló belső hézagmentes burkolat stb.)

A külső forma és a belső berendezés tervezése jelenleg nem a járműtervező főkonstruktor vagy vezető tervező gépészmérnök feladata. A jelentősebb járműgyártók külön formatervező művészeket bíznak meg e feladatokkal, hasonlóképpen az elkülönült motor-, futómű-, fékrendszer-, elektromos hálózat- stb. tervezéshez. A járműben azonban a sok részletnek harmonikusan illeszkednie kell egymáshoz. Az összhang megteremtése a főkonstruktor, (vezető tervező, főtervező) feladata. Amíg a különböző műszaki csoportok ellentmondó részletmegoldásainak összhangját műszaki érvekkel lefolytatott vitákban racionálisan lehet megalkotni, addig az esztétikai, formai kérdésekben a racionális érvek mellett az ízlésbeli nézetek is döntőek lehetnek. Ez különösen nehézé teheti a vezető mérnök döntéseit. Nem célunk a formatervezés művészetének (vagy tudományának) a részletes kifejtése (vagy megtanítása), de a jövő járműtervező mérnökeinek ismernie kell a formatervező művész gondolkodásmódját, intuitív munkamódszerét legalább főbb vonásaiban annyira, hogy adott esetben képes legyen vele vitatkozni, érveket és ellenérveket mérlegelni és helyes döntéseket hozni.

A formatervező hangsúlyozottan a járművet használó embert (vezetőt, utast, kezelőt) tekinti a tervezés kiindulópontjának, és törekszik a formán kívüli műszaki részleteket is ennek a szempontnak alárendelni. Az alacsony padlójú városi autóbuszok különleges kerékelfüggesztését és hajtáselrendezését végső soron a formatervezők kényszerítették ki a gépészeti tervezőkből.

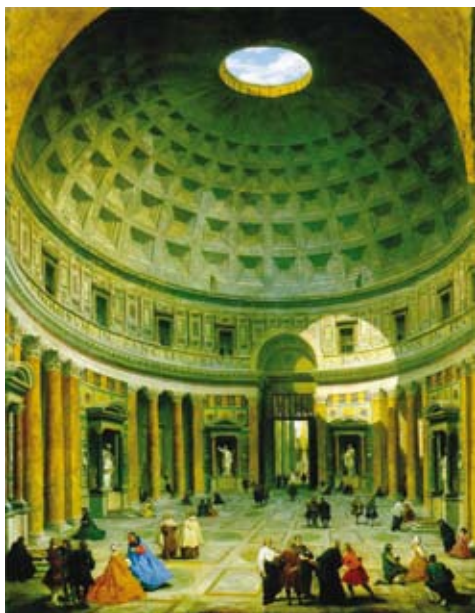


1. A jármű-architektúra kialakulása

Az előzőek szerint a jármű – a maga alapvető szállítási funkcióján kívül – huzamosabb ideig emberi tartózkodásra is szolgáló zárt vagy részben nyitott, az időjárás hatásaitól többé-kevésbé védett, elkülönített tér. Ez a fogalom nagyon közel áll az épületek definíciójához, és ebből a rokonságból ered a kocsiszekrény- (jármű) architektúrája kifejezés, valamint az alvázakra épített „felépítmény” elnevezés is. Az építészetben (építőművészetben) kialakult fogalmak, szemléletek, esztétikai normák a járműépítésben is (bár számos módosulással) érvényesülnek. Sikeres járműtervezéshez jól képzett, egyúttal ösztönös tehetséggel is rendelkező iparművészek, formatervezők szükségesek.

Az épület és a jármű kétségtelen rokonsága ellenére természetesen lényegesen különbözik szerkezetében, anyagában, funkciójában és az esztétikai követelmények tekintetében is. A legfontosabb különbségek:

- Az épület áll, a jármű mozog **(2. ábra)**.
- Az épületnek egy adott természeti vagy mesterséges környezethez kell illeszkednie, a jármű állandóan változó környezetben mozog (még egy városi jármű is eltérő korú és stílusú városrészekben üzemelhet).
- Az épületek egyedi tervek alapján, többnyire kis darabszámban készülnek, a járművek jó része tömeggyártással készül (akár milliós példányszám is előfordulhat).
- A jármű méretei (kubusa) és ezek arányai is a közlekedési előírások és funkcionális szempontok miatt sokkal kötöttebbek, mint az épületek méretei. (Előírt magasság, szélesség, hosszúság, tengelytáv, első-hátsó terepszög, hasmagasság, úrszelvény, fordulófolyosó stb.).
- Az épület egyetlen éghajlati zónában létezik, a jármű üzemeltetése során különböző éghajlati zónákba kerülhet.
- Bár mind az épület, mind a járművek jó része huzamosabb idejű emberi tartózkodásra szolgál, de a járműben töltött idő általában lényegesen rövidebb.
- Az épületen belül rendszeres a helyváltoztatás, a járműben általában ülünk (esetleg állunk vagy fekszünk).
- A járművekben a fajlagos (egy emberre jutó) légtérfogat lényegesen kisebb, mint épületben.
- Az épület belső terét a használó is alakíthatja, a jármű belső tere, berendezése alig változtatható.



3. ábra: a római Pantheon beltere

- Különösen a haszonjármű színében, díszítésében illeszkedik a használó (megrendelő) céges jellegzetességeihez (pl. BKV autóbuszok kék-ezüst, villamosok sárga-fehér színe).
- Az épületek tartósak (évszázadokig is megmaradhatnak) szemben a járművek rövid, legfeljebb néhány évtizedes üzemelésével **(3. ábra)**.

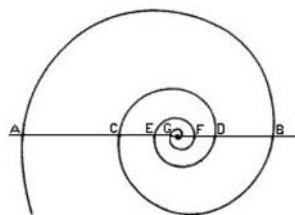
2. Az esztétikai tervezés művészi fogásai

Ismételten hangsúlyozzuk, hogy a cikk nem formatervezők számára készült, de a közlekedési, gépészeti és technológiai tervezőknek ismerniük kell a formatervező művészek gondolkodását és az általuk fontosnak tartott művészi szempontokat (esztétikai „törvényeket”). Természetesen a kölcsönös kapcsolat fordított irányban is megköveteli a művésztől a közlekedési folyamatok, a járműépítésben felhasznált szerkezeti anyagok tulajdonságainak és a gépszerkezetnek ismeretét, ezek nélkül ugyanis a formaterv teljes mértékben kiüresedne, funkcióval is rendelkező használati tárgy helyett csak díszítő szerepet betöltő szobrokat készítené. A nagyobb autógyártók által időnként bemutatott „fantázia autók” sokszor elszakadnak a reális elképzelésektől (funkciótól, gépészettől stb.), mégsem tekinthetők öncélú alkotásoknak, mert ezekkel a formákkal egyrészt a vásárló közösség ízlését vizsgálják, másrészt e „fantáziatervek” ötleteket adhatnak, adnak gépészeti és technológiai kutatásokhoz, fejlesztésekhez.

2.1. Harmónia a jármű eleje és vége között, szerkezeti arányok megválasztása

Külső szemlélőnek a mozgó jármű eleje (közeledő) és vége (távolodó) a legfeltűnőbb. Általában ezekre a részletekre emlékeznek, ezeken összegzik a gyártó cég jellegzetes formai elemeit (hűtőrácszat, lámpák elhelyezése, lökhárítók kiemelése stb.). A jármű két végét összekötő rész kevésbé jellegzetes, viszont illeszkednie kell mindkét véghez. A végek folytonosan változó görbületű térbeli felületek, a középső rész azonban többnyire – különösen hosszú járműveknél – egyszerű hengeres test, melynek csak egy irányban van görbülete. Az átmenet a térben görbült és hengeres rész között különösen érzékeny a formatervezés során, mert a szemlélő a görbületi sugar ugrásszerű változását optikailag törésnek érzékeli, ami a jármű egységes képét megbontja. A klasszikus gépészetben megszokott adott sugarú lekerekítés tehát a karosszériertervezésben legtöbbször szóba sem jöhet.

Az átmeneteken kívül ügyelni kell arra is, hogy a kocsiszekrény eleje és hátulja – bár funkcionálisan nagyon különbözhet (kilátás, hűtés, szellőzés, ütközés) – formailag rokon elemekből épüljön fel, hangsúlyozva a közös funkcionális elemeket (pl. relációtábla, első és hátsó lámpák, oldalvillogók stb.). Igen fontos a karosszéria egyes részei közötti méretarányok megválasztása. Közismert pl. a művészetekben az aranymetszés szabálya, amely szerint pl. egy téglalap akkor szép (harmonikus), ha a nagyobbik és kisebbik mérete között az $a:b = b:(a-b)$ arány áll fenn **(4. ábra)**.



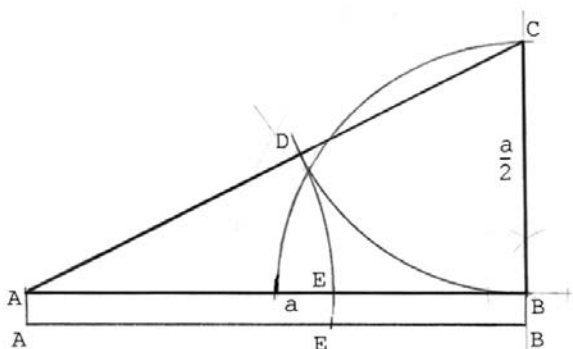
4. ábra: az „aranymetsző” természet

Az esztétikum alapját képező szabály az emberiség egyik legjobban kimunkált, legtiszteltetreméltóbb aránypárja. Két rész közül az egész úgy aránylik a nagyobbikhoz, mint az a kisebbhez. Az emberi testtől az építészetten át a képzőművészetig egy sor gyönyörű példája van annak, hogy ez így jó. A nagyobbik rész nem kétharmada az egésznek, hanem kicsit kevesebb. Így szép! Mindeközben pedig, a tökéletesedésért folytatott harc tovább fokozódik.

Mint az könnyen belátható, az $\frac{a}{b}$ arány irracionális számra vezet (1):

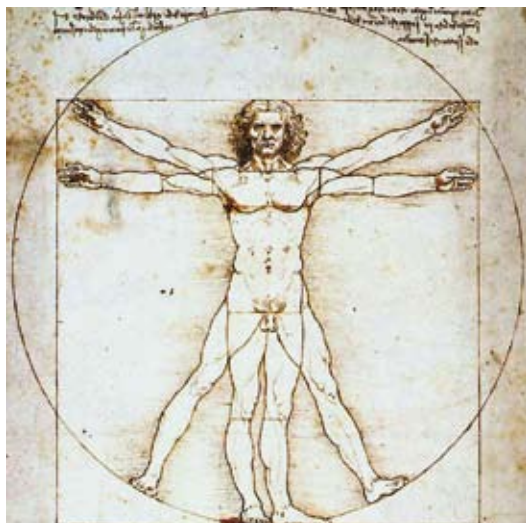
$$\frac{a}{b} = \frac{1 \pm \sqrt{5}}{2} = \begin{cases} 1,618034... \\ -0,618034... \end{cases} \quad (1)$$

szerkesztéssel természetesen a kívánt pontossággal megrajzolható pl. egy adott b-hez tartozó a méret (5. ábra).



5. ábra: az aranymetszés szerkesztése

A gyakorlatban azonban a művészek a Fibonacci-számsorozat két szomszédos tagjának az arányával közelítik a pontos értéket. (A Fibonacci-számsor első két eleme 1, a további elemeket mindig az utolsó két elem összegéből képezzük). Tehát az 1,1,2,3,5,8,13,21,34,55,... számsorozat bármely két szomszédos elemének aránya az a/b hányadost közelíti éspedig vagy alulról vagy felülről. A közelítés annál jobb, minél nagyobb szomszédos



6. ábra: Leonardo da Vinci: Vitruvius-tanulmány



7. ábra: arányok érzékeltetése – Peugeot 406 Coupe

elemeket választunk. A művészeti gyakorlatban leginkább a 13/8 közelítés terjedt el. Az arányszám közelítőleg az átlagos emberi magasság és a derékmagasság arányával egyezik (6. ábra).

A járműfelépítmény szerkezeti arányai szorosan kapcsolódnak a felépítmény részekre tagolásához (7. ábra). A többségében kéttengelyű járművek (az ikertengelyeket egyetlen egységnek tekintve) hosszában három részre tagolódnak, vízszintesen pedig a tető-, ablak-, mellő alatti rész ugyancsak három sávra bontja a személyszállító kocsiszekrényt. A felosztás többnyire jellegzetesen páratlan számú részre történik, ami erősen emlékeztet az építészetben is szokásos páratlan számú részből komponált épületekre. (Barokk paloták, középületek jellegzetes 3-5-7 osztású szerkezete, mely még a 19. században is divatban maradt.)

2.2. Szimmetriák

A szerkezeti szimmetria tudatos felhasználása a kocsiszekrény esztétikai megjelenésének talán a legfontosabb eleme. Használata a kocsiszekrény egészen kívül kitér a részletekre is (pl. kormánykerék szimmetriája, a gyári emblémák (logók) szimmetriája stb.) A köznap életben a szimmetriát leszűkítik a feltűnő tükrös szimmetriára, pedig a szimmetria fogalma sokkal gazdagabb, és a formatervezők is több formáját használják. Tekintsük át ezeket és felhasználásukat:

Tükrös szimmetria a jármű hossz tengelyén átmenő, függőleges síkra. Ez a szimmetriafajta szinte univerzális minden járműfajtánál (repülő, hajók, közúti és vasúti járművek). A jármű esztétikai megjelenését nem zavarja, hogy közlekedésszabálysági okokból a jármű vezetőjét és a vezetéshez szükséges kezelőszerveket, esetleg a jármű belső berendezéseit a helykihasználás javítása érdekében tudatosan aszimmetrikusan rendezzük el.

Tükrös szimmetria a jármű súlypontján átmenő kereszt tengelyt tartalmazó függőleges síkra. Jellegzetes a vasúti személy- és teherkocsik építésében, de előfordulhat részlegesen autóbuzsoknál is.

Pontszimmetria többnyire a gyári emblémákon jelenik meg. Jellegzetes példája a Renault torzított rombusza, illetve a Suzuki



8. ábra: emblémák – Suzuki, Seat, Renault

S betűje, amely – szemben a Seat-logóval – erőteljesen dinamikus hatást kelt (8. ábra).

Körszimmetriát elsősorban a kerekek tartalmaznak, de előszeretettel használják a gyári emblémákon tükrös vagy pontszimmetriával kombinálva.

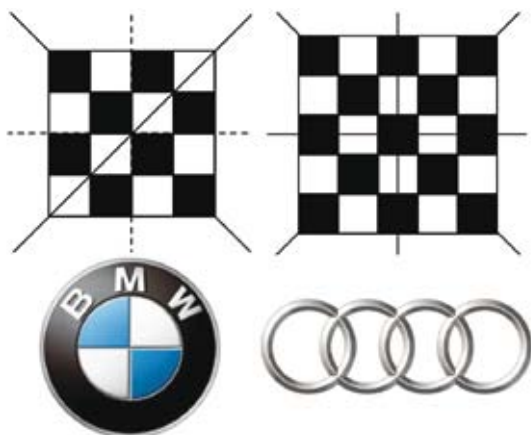
Eltolási szimmetria jelenhet meg a ritmikus ablakosztásban, ajtóosztásban, üléselrendezésben. De használható a gyári embléma egyszerű megjelenítésében is, pl.: Fiat-logó (9. ábra).

Zavart szimmetriák. A művészek néha tudatosan keverik a szimmetrikus és nem szimmetrikus, ill. kifejezetten antimetrikus formákat.



9. ábra: FIAT(al)os stílus

Ezek hatása a külső szemlélőt többnyire meglepi, egyúttal feltűnőségével emlékeztetést tehet egyes gyártmányokat, esetleg cégeket. Ilyen különleges hatást érhetünk el pl. a sakktábla mezőinek páros vagy páratlan használatával (A 10/a ábrán a két átló szimmetriatengely, az oldal felező tengelyekre azonban a mintázat antimetrikus, a 10/b ábrán viszont négy szimmetriatengely létezik). A sakktábla egyébként eltolási és pontszimmetriát is mutat. Ha a mintázatban a sorok és oszlopok száma eltérő, akkor az átlók szimmetriatengely szerepe megszűnik, az oldalfelezők szerepe változatlan. A sakktábla-mintázatokat esetenként a négyzetes elemektől eltérő mintákkal is felépíthetjük (téglalap, rombusz stb.).



10/a ábra: páros sakktáblamezők 10/b ábra: páratlan sakktábla

Ugyancsak a zavart szimmetria területére esik a Ford és Nissan logója, melyek szigorú, két szimmetriatengelyes tükrörszimmetrikus keretbe helyezik el a semmilyen szimmetriát nem mutató feliratot (11. ábra).



11. ábra: emblémák – Ford, Nissan

2.3. Optikai fogások a kocsiszekrény-tervezésben

Az előzőekben tárgyalt zavart szimmetriák vezetnek át a művészek által előszeretettel használt optikai fogások területére [10]. Az emberi érzékelés tudatosan megtéveszthető. Egy nem elegendően hosszú tárgyat hosszanti csíkozással látszólag megnyújthatunk, egyúttal látszólagos magasságát csökkenthetjük. Nagyméretű tárgy sötét színezéssel kisebbnek, világos színezéssel nagyobbak hat. Nagy összefüggő fényezett felületet egy polírozott fém díszléccel vagy matt műanyag, esetleg fekete gumi díszléccel különálló részekre bonthatunk. Fényezett és üvegfelületek határvonalát fekete műanyag vagy krómozott fémkontúrral kiemelhetjük.

Személyszállító járművek ablakoszlopainak függőleges keresztirányú síkban a kocsi közepe felé döntése oldalról nézve a közeledő járművön hátradöntött hatást, a távolodó járművön előre döntött hatást keltenek, ezek felidéznek a suhanó nyíl vagy az elrugaszkodó futó képzetét.

Személygépkocsiknál a szélvédőoszlop és hátsó oszlop oldalnézeti képeleti meghosszabbításának találkozási pontján átmenő középső oszlop a nézőben a stabilitás érzetét kelti (12. ábra).



12. ábra: az érzékelhető stabilitás

Természetesen a kényelmes beszállás fontosabb az esztétikánál, ezért ez a szempont néha nehezen vagy nem teljesíthető, de a hátsó oszlop íves vonalának és változó szélességének kialakítása (a görbület folyamatos változtatása) lehetővé teszi a tervező „szabad” játékát.

A színezés nagyító, ill. kicsinyítő hatásán kívül fontos figyelemfelkeltő hatást is megvalósíthat. Pl. tömegközlekedési járműveken célszerű a felszálló- és leszállóajtókat elütti színezéssel is megkülönböztetni. Ezt az IKARUS gyár kezdeményezte az 1960-as években. Kezdetben a felhasználók, sőt a gyáron belüli szakemberek egy részének ellenállása ellenére sikerült csak bevezetni. Jelenleg teljesen elfogadott. A kocsiszekrények élénk színezése, a lökhárítók esetleges feltűnő csíkozása javítja a láthatóságot, és ezzel elősegíti a balesetek elkerülését.

Sokszor látszólag egészen apró fogással lehet javítani egy-egy jármű esztétikai megjelenését. Az 1950-es években egyedi megrendelésre készült az IKARUS-ban egy távolsági autóbusz (ún. Genfi busz). A busz orrmotoros elrendezésű volt, a motorhűtő a homlokfalon volt elhelyezve. A kellő hűtés érdekében ritka, függőleges díszrácsot lehetett csak alkalmazni. A rács mögött a hűtő sötét tömbje látszott, hasonlított egy barlangbejáratra. A kellemetlen benyomáson a főtervező merész ötlettel változtatott. Minden díszrácsa közben egy-egy keskeny, élénkpiros csíkot festetett a hűtőtömbre. Távolról ezek a csíkok egyáltalán nem látszottak, de a barlangtorok hatás megszűnt.

2.4. A mozgás esztétikai megjelenítése

A rohanó (vágató) állatok (párduc, ló), a sebesen úszó delfin, hal főbb vonalainak vagy az esőcsepp alakjának megjelenítése a karosszériaformában (hangsúlyos, lekerekített fej, elnyújtott test, elvékonyodó farok) még álló helyzetben is mozgást sugall **(13. ábra)**.



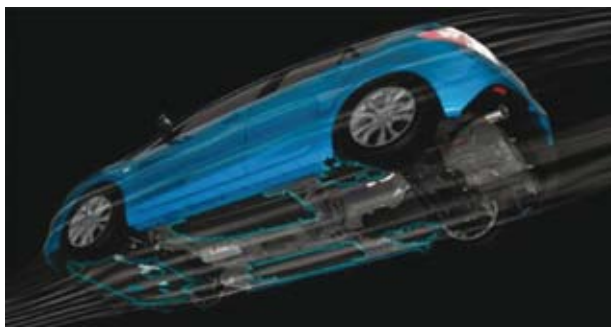
13. ábra: állati jó formatervezés

Személygépkocsiknál a kiemelkedő kupé lendületes, egyetlen ívvel meghatározott vonala, az orr-rész áramvonalazása, a farokuszonyok kihangsúlyozása, a kocsitest ék alakja mind a mozgást érzékelteti **(14. ábra)**.



14. ábra: természetes vonalvezetés

A 20. század közepén a sármentők és az oldalsó fellépő hangsúlyos megrajzolása helyettesítette a valódi légellenállást lecsökkentő, kikísérletezett, kedvező aerodinamikai formát. Jelenleg díszítés helyett szélcsatornában gondosan bevizsgált és a mérési eredmények alapján korrigált formákat fogadnak el a gyártócégek. Az áramlástan vizsgálatok **(15. ábra)** természetesen igen komplexek, a légellenálláson kívül vizsgálják a szellőzést, hűtést, menetstabilitást is.



15. ábra: áramlástan modellezés

A sokféle hatás közös optimumának megkeresése az egyik legnehezebb tervezői feladat. Az ellentmondó szempontok fontossági sorrendje ugyanis a jármű felhasználási területétől is függ. Meleg éghajlaton a kis légellenállású, erősen döntött, nagyméretű szélvédő csak klimatizálással együtt használható. Száraz, sivatagos körülmények között a porosodási hajlam csökkentése a legfontosabb stb. Bármilyen döntést hozunk, mindenképpen befolyásolja az eladási árat és az üzemeltetési költségeket, tehát végső soron kihat a piaci értékesítésre.

2.5. Hagyomány, arculat, divat, kölcsönhatás a környezettel

Mint a fejezet bevezetőjében megállapítottuk, a több évszázados állati vontatású járműépítési hagyomány kezdetben teljesen meghatározta az erőgéppel mozgatott jármű felépítményét is. A gépészet fejlődése természetesen a kocsiszekrényt is fokozatosan átalakította, a jelenlegi vasúti kocsik, személy- és teherautók, buszok alig emlékeztetnek a kezdeti járművekre, de néhány részlet makacsul megőrződik **(16. ábra)**. Ilyen hosszú ideig megőrzött formai elemek pl. a már említett vállalati emblémák, logók vagy a személygépkocsiknál a hűtőmaszkok.

A Daimler-Benz és BMW már több évtizede használja jellegzetes hűtőmaszkját. Természetesen a kocsi építési magasságának és a korszerűbb hűtők méretének csökkenésével a hűtőmaszkot is alacsonyabbá és kisebbé formálták, de az eredeti hűtőmaszk stílusjegyeit megtartották **(17. ábra)**. A logó is és a hűtőmaszk is a jármű elején helyezkedik el. Megtartásuk abból a megfigyelésből magyarázható, hogy álló vagy más járműben ülő vezető, utas a közeledő jármű homlokfalát érzékeli a leghosszabb ideig, az oldalnézet csak futólagos látnivaló és a hátfal is többnyire érdektelen. A homlokfal hangsúlyos, a gyártó cégre jellemző karakteres kialakítása a kelendőség érdekében elengedhetetlen.

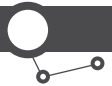


16. ábra: 2 az 1-ben – régi-új vonalak



17. ábra: stílusjegyek – Mercedes, BMW

Ettől eltérő filozófiát csak néhány francia autógyártó, elsősorban a Citroën követ. A Citroën nem a részletek tradíciójának megőrzésében, hanem a teljes formaterv meghökkentő kialakításával versenyez. A rendkívül elegáns és egyedi cápa **(18. ábra)** után, kialakította a Picasso **(19. ábra)** megdöbbentő formáját, de a Citroën gyártotta évtizedekig a népszerű 2CV-t, amely hangsúlyozottan



igénytelen formájú, olyan csúnya, hogy már szép, megteremtve ezzel a VW bogár francia konkurensét (20. ábra).



18. ábra: a C4pa – Nagyhalak egymás közt (Citroën, BMW)



19. ábra: Citroën Picasso



20. ábra: Citroën 2CV – La concurrence

A személygépkocsik alakja az idő függvényében a szögletes és lekerekített forma között hullámzott. A szögletes kivitel javítja a helykihasználást, növeli az utas- és csomagteret, a lekerekített pedig a légellenállást és sárosodási hajlamot csökkenti. Egy-egy divatperiódus 5–10 évig tart (amíg a sajtólószerszámok tönkre nem mennek). A személygépkocsi-gyártók többsége együtt halad a divattal, mely erősen függ a gazdasági helyzettől, az üzemanyagok árától. A divatot jelentősen befolyásolják egyes cégek által bemutatott formatervi „tanulmányautók” is. Ezeken tesztelik a közönség reagálását az új formákra. A változatos igényekhez a gyártók a típusvariánsok számának növelésével igyekeznek alkalmazkodni. A lekerekített és szögletes formák átmenetileg egymás mellett is élhetnek: pl. a jelenleg divatos lekerekített személygépkocsi mellett igen népszerűek a kifejezetten szögletes terepjáró gépkocsik.

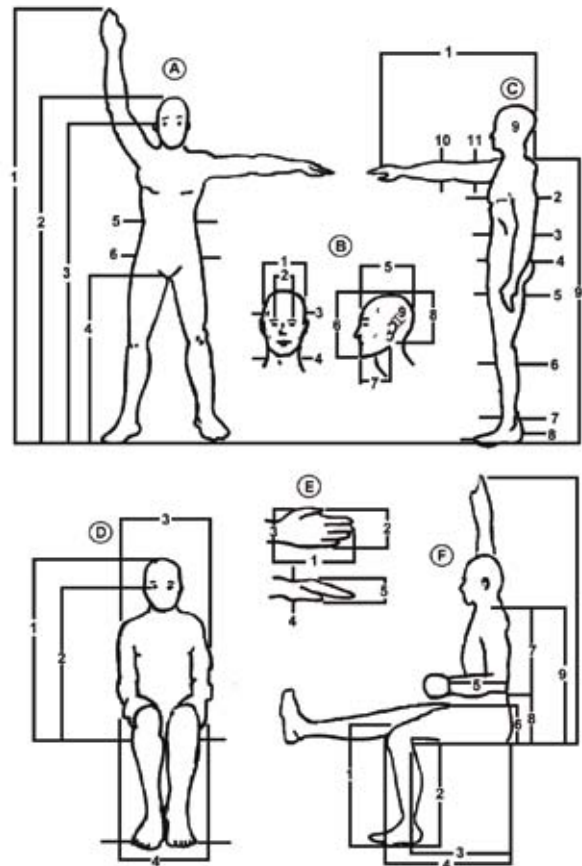
Korunkban a személygépkocsi-ipar határozza meg a városi utcák és országutak arculatát. A haszonjárműgyártók némi késéssel ehhez alkalmazkodnak. Szögletes személygépkocsit szögletes teherkocsifülke, ill. szögletes furgon és szögletes autóbusz követ, lekerekítettet pedig lekerekített. A tehergépkocsik árufelfogadó része azonban egyelőre még funkcionális (akár gépészmérnök is tervezheti).

Alapvető különbség a személygépkocsi- és haszonjármű-formatervezésben, hogy kis méretei miatt a személygépkocsi jelenleg térben görbe felületekből állítható elő. A haszonjárművek zöménél

(vasúti kocsik, autóbuszok) a nagy méret miatt mindig található egy viszonylag hosszú egyenes alkotókból álló hengeres szakasz. Ez különösen nehezíti a kocsivégek tervezését, mert a végtelen nagy görbületű sugárról nehéz véges görbületi sugarú felületben átmenni. A görbületi sugár ugrásszerű változását az emberi szem a felület megtörésének érzékeli.

3. A formát befolyásoló „kemény” feltételek

A kiállítási tanulmánytervekben a formatervező fantáziája szabadon szárnyalhat, szokatlan ötleteivel megdöbbenheti a tervezőket és vásárlókat is, a sorozatgyártás realitása és a felhasználási körülmények azonban kemény korlátok közé szorítják a fantáziát. A korlátok részben természeti törvényeken (pl. emberi méreteken), részben műszaki feltételeken, esetleg jogi, rendészeti előírásokon alapulnak. Természetesen a formát a vásárlóközönség ízlése is befolyásolja, a tanulmánytervek bemutatása ezért mindenkor a jövőbeli eladhatóság próbájának is tekinthető. A továbbiakban önkényesen három csoportba soroljuk a formatervező munkáját befolyásoló legfontosabb feltételeket, megengedve, hogy egyes szempontok más besorolást is kaphatnak.



21. ábra: az emberi test jellegzetes méretei

3.1. Természeti feltételek a formatervezésben

A formatervezés célja az emberi szükségletek kielégítésére szolgáló tárgyak használhatóvá, kellemessé és széppé alakítása. Járművek tervezésekor a befoglalóméret megválasztásával ezért az emberi test méreteiből kell kiindulni, de figyelemmel kell lenni a kellemes klíma, a megfelelő friss levegőellátás, a jó kilátás és a balesetvédelem megvalósítására is.

Antropometria: az emberi test jellegzetes méreteit (21. ábra) többnyire országonként (esetleg földrészenként) szokták tábláza-

tokba foglalni. A nagyfokú variabilitás miatt célszerű a közepes méretek mellett az 5 és 95%-os valószínűséghez tartozó adatokat (vagy az egyes méretek szórását) is megadni. A tervezést a közepes méretekre végezzük (50%-os valószínűség), a szórás, ill. a szélső értékek a változtatható méretek (ülésmagasság és elhelyezés, kormányoszlophossz stb.) állítási tartományának megállapításához szükségesek. Az egyes országok adatai mind középértékben, mind szórásban jelentősen eltérhetnek egymástól. A megváltozott táplálkozási szokások és intenzív népességekveredés miatt az antropometriai adatok az idő függvényében is változhatnak, általában kis mértékben növekednek (acceleráció). Az antropometriai méretek gondos elemzése különösen exportáló gyárak számára fontos (pl. Indonéziába szállított autóbuszokba csökkentett méretű üléseket kellett építeni).

Az antropometriai adatok ismerete a járművek belső terének, kezelőszervének (kormány, fék, kapcsológombok elhelyezése), üléseinek, felszállólépcsőinek, kapaszkodók elhelyezésének stb. tervezésekor nélkülözhetetlen.

Kilátás: a vezetői és utaskilátás (előre, oldal és hátrafelé) nélkülözhetetlen a biztonságos közlekedéshez és az utas közérzetének javításához. Az egyre növekvő üvegezett felületek és az ablakoszlopok keskenyítése mind ezt a célt szolgálja. A vezetői kilátási tér megszerkesztése és ennek lehetséges növelése a formatervező egyik legfontosabb feladata.

Klíma: a kilátási viszonyok javítása (növekvő és erősebben döntött üvegfalak) együtt jár a nyári klimatikus viszonyok romlásával. Mesterséges klimatizálás vagy kényszerszellőztetés nélkül jelenleg már a mérsékelt égövön sem adható el személyszállító jármű. Az élő állatokat szállító teherjárművek zsúfoltságuk miatt még nehezebb feladatot elé állítják a járműtervezőket.

Balesetvédelem: Barényi Béla passzív biztonsági szabadalmai óta a személy- és áruvédelem esetleges ütközéskor vagy boruláskor kötelező formatervi feladatokat ad. A kocsiszekrény „nemesebb” belső terét, a „barackmagot” ütközéskor jó deformációs munkaemésztő mellső és hátsó karosszériaelemekkel kell kiegészíteni. Ehhez nem elegendő a gondos lökhárító-tervezés, mely a koccanásos balesetknél nyújt csak védelmet az egész karosszériának. Nagyobb sebességgel történő ütközéseknél a teljes motortér, ill. a teljes csomagtér is részt vesz a munkaemésztésben, összegyűrődése után a „barackmag” alá csúszik. Tulajdonképpen ilyenkor nem a járművet, hanem csupán a benne helyet foglaló utasokat védjük. (Természeti mintának tekinthető a madártojás). Boruláskor kisebb kinetikai energiát kell deformációs munkává alakítani. A feladatot többnyire statikus vizsgálatokkal ellenőrzött „túlélési tér” kialakítására vezetik vissza.

Személygépkocsiknál az oldalütközésnél a deformációs munkaemésztés szinte megoldhatatlan, az ajtók, oszlopok munkaemésztő képessége kicsiny, a tető és padlószerkezet deformációja pedig veszélyezteti az utasokat. Szerencsére ez a veszélyes baleseti forma jóval ritkább a homlok- és hátfalütközéseknél.

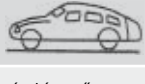
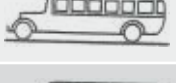
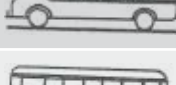
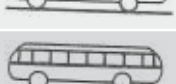
3.2. Műszaki korlátok a formatervezésben

Az előzőekben tárgyalt, a forgalmat befolyásoló természeti adottságokkal szemben inkább a tervezőmérnök döntésén múló műszaki korlátozó szempontokat vesszük sorba:

Funkcionális szempontok: a járművek kialakítását a felhasználás módja, az üzemeltetés körülményei is befolyásolják. Más-más forma tartozik egy városi vagy egy távolsági, esetleg kifejezetten luxus autóbushoz. Más színeket és díszítést kell választani egy gyermekeket szállító iskolabuszhoz, mint a hadsereg vezérkarának készített tárgyalókocsihoz. A formatervezést fontosságban megelőzi az elsődleges szállítási feladat funkciójának teljesítése, pl. a jármű által elfoglalt útfelület minél teljesebb kihasználása, hasznos teherelhelyezés. A funkció a jármű belső kialakítását is befolyásolja. A rövid ideig tartó városi utazás egyszerű belsőt is megenged,

a nagy távolságra közlekedő turistabuszban viszont napokat kell ülnünk, ezért igényes belső teret kell kialakítanunk hozzá. Városi autóbushoz igen fontos a könnyű be- és kiszállás miatt az alacsony padlószint, távolsági autóbushoz ezzel szemben bőséges, padló alatti csomagtérre van szükségünk. (A tetőn elhelyezett külső csomagtér nem védhető meg az esőtől, ezért használata az afrikai országokon kívül szinte már teljesen megszűnt.)

Rendkívül fontos a járművet használók tájékoztatása, így pl. az útvonalat feltüntető relációtáblák a homlokzaton és oldalfalakon (esetleg hátfalon) történő elhelyezése. Ezek megvalósításakor a fuvarozóvállalat korábban kialakult szokásaihoz is alkalmazkodni kell.

ÉV	TÖMEGTERMELÉS	C_x	ÉV	KÍSÉRLETI JÁRMŰ	C_x
1907		0,95	1913		0,25
1927		0,82	1936		0,20
1935		0,56	1934	Járay 	0,26
1947		0,40	1936		0,22
1953		0,45	1940	Kamm 	0,23
	Busz	C_x		Tehergépjármű	C_x
1910		0,80			0,60
1930		0,75			0,65
1950		0,56			0,55
1960		0,45			0,50
1970		0,30			

22. ábra: a légellenállás csökkentésének eredményei

Áramlástanai szempontok: a légellenállás különösen nagyobb sebességeknél (60 km/óra és fölötté) jelentős mértékben növeli az üzemanyag-fogyasztást. Ez már a gépi meghajtású járműgyártás korai szakaszában elindította az áramvonalazást és ezzel a légellenállási tényező csökkentését. A légellenállás csökkentésében kiemelkedő szerepe volt az 1940-es években a magyar származású Járaynak és a vele versengő Kammnak. A légellenállás csökkentésének eredményeit a 20. század első felében a 22. ábra foglalja össze [12]. A XXI. század gépkocsijai is nagyjából az elért $c_x = 0,25 : 0,3$ szintet tartják.



Kevésbé tartják számon a légáramlásból keletkező felhajtóerőt, ill. az oldalszél hatását, pedig a jármű menetstabilitása szempontjából fontos szerepe lehet, hiszen nagy értéknél hatástalanná válhat a kormányzás, ill. a fékezés. Ugyancsak fontos a karosszéria körül kialakuló áramlásban a légnyomás eloszlása, hiszen friss levegőt a túlnyomásos helyeken célszerű bevezetni, az elhasznált levegőt pedig a szíváscsúcsoknál kell kiengedni. Ezek a szempontok a formatervezést fokozatosan eltolják a művészet területéről a kísérletező és számításokat végző mérnök területére.

Szelesebb vidékeken az oldalszél a járművek stabilitásvesztését, szerencsétlen esetekben felfordulását is okozhatja. A jármű magasságának csökkentése, a súlypont alacsonyabbra vitele és keresztirányban kedvező aerodinamikai forma együtt jelentős javulást hozhat a keresztirányú stabilitásban.

Végezetül foglalkoznunk kell a menetszél által felkavart por-, ill. sárlerakódás meggátlásával. A kocsiszekrény két oldalán keletkező örvénycsik a hátsó tengely mögötti karosszériafelettre, elsősorban a hátfalra viszi fel a port és sárt. A hátfal lépcsőzése kissé csökkenti az üveg piszkolódását, de kombi kivitelben hátsó ablaktőlő lapát nélkül a kilátás erősen gátolt.

Gépészeti egységek elhelyezése: a formatervező és a járműtervező mérnök között a legtöbb vitát a hajtáslánc (motor, sebességváltó, kardántengelyek, futóművek) és a segédberendezések (hűtő, akkumulátor, üzemanyagtartály, kompresszor, légtartályok stb.) elhelyezése váltja ki. Ezek a berendezések nemcsak helyigénnyel, hanem zajukkal és hőtermelésükkel is zavarhatják a harmonikus belső tér kialakítását. Mivel ezek döntő többsége kereskedelmi forgalomból vagy a járműgyártó cég más gyáregységéből származik, a formatervező legtöbbször kénytelen alkalmazkodni az adottságokhoz és elfogadja változtathatatlanul [8].

Erőtanai szempontok és korlátok: az építész- és építőmérnöki gyakorlatban a szerkezet főbb vonalait-szépségét az erőtanai szempontok határozzák meg. Egy-egy erőtanilag helyesen kialakított láncc- **(1. ábra)** vagy kábelhíd, esetleg ívhíd még a laikus szemlélőben is helyes erőtanai képzetet kelt. A hidak esztétikai megformálása a statikai megfontolások alapján természetesen „egyszerű”, hiszen a hidaknak „egyetlen” fő terhelésük van, az önsúlyuk és a rajtuk áthaladó súlyos járművek függőleges irányú erőinek elviselése.

Természetesen ez a teher is különféle elrendezésben valósulhat meg, kábelhidaknál számottevő oldalirányú szélterhelés is előfordulhat, de ezek változatossága össze sem hasonlítható az egyenlőtlen úton különféle sebességekkel haladó, esetenként kanyarodó, fékező, gyorsító jármű teher eseteinek sokféleségével. A baleseti viselkedés analízisa (ütközés, borulás) hidaknál szóba sem kerülhet.

Az önhordó járművek (az alvázak nem tartoznak a formatervezők illetékességébe) erőtanilag hangsúlyozott formatervével két fő igénybevételt szoktunk számításba venni:

- hajlítás, melynél az egész jármű függőlegesen terhelte két-támaszú, konzolos tartó;
- csavarást, melynél a jármű négy kerekének talppontja nem ugyanabban a síkban helyezkedik el.

A hajlító igénybevételt az önhordó karosszéria oldalfalai viselik el, a tető- és padlószerkezet a felső és alsó öv keresztmetszeteit egészíti ki. Az ablakok teherviselő szerepe beépítési módjuktól függ (beragasztott kivitelben képesek nyíróerőket felvenni, eltolható kivitelben nincs teherviselő szerepük). Az ilyen hosszú konzolos tartóknál a karosszéria terhelte alakja többnyire felülről domború, ezért a végeken elhelyezett egy-egy erős ablakoszlop közötti tető mint vonórúd csökkenti a kocsiszekrény meggyöngyösödését. Az IKARUS buszok jellegzetes oldalnézeti képe ezt a vonórudas konstrukciót hangsúlyozta [11].

A csavaró igénybevétel felvételére szolgáló legkedvezőbb alak a zárt cső keresztmetszet, ezt a formát a tartálykocsik ideálisan,



23. ábra: Finta László tervezte az 1959-es Ikarus 303-as karosszériáját

a dobozszerkezetek pedig minden tekintetben kielégítően megvalósítják, külön formai elemek alkalmazása szükségtelen.

A szerkezeti részletekben szükség lehet a nagy koncentrált erők (rugóbekötések, motorágyazás stb.) bevezetésének vagy pl. a lökhárítók erőtanai hangsúlyozására, bár ezek az erőbevezetési pontok a lökhárítók kivételével többnyire a kocsiszekrények nem látható, elburkolt szakaszain találhatók.

Ugyancsak erőtanai megfontolásokból – a kihajlási veszély elkerülése érdekében – bordáztuk meg az IK303-as héjszerkezetű autóbusz mellőv alatti részének nyomott oldalát [4, 5]. Ez a bordázott sáv a formaterv hangsúlyos részévé vált, egyúttal egységbe foglalta a mellő és hátsó lámpatesteket, optikailag meghosszabbította a viszonylag rövid járművet, megteremtette a homlokfal és hátfal harmonikus illeszkedését **(23. ábra)**.

Technológiai szempontok: a formatervező munkáját talán leginkább a karosszériaépítésben felhasznált szerkezeti anyagok befolyásolják. A járműgyártás kezdeti szakaszában használt fa vázszerkezet és furnérlemez-borítás (a sarkok lekerékítése a formára gyalult vázelemekkel nem tekinthető a mai sajtolt fémlemez építéstérben görbült felületével egyenértékűnek. Ilyen sík vagy egyszerűen görbült felületekből összeállított kocsiszekrény jelenleg főleg a haszonjárműiparban szokásos. A vasúti kocsik, zárt felépítményű tehergépkocsik, a tartálykocsik zöme még fémből is síkba kiteríthető felületekkel készülnek.

A felhasználható szerkezeti anyagon kívül a kocsiszekrényt gyártó vállalat technológiai felszereltsége, munkásainak képzettsége is korlátozhatja a formatervező művész fantáziáját. A hatás azonban nem egyoldalú, a formatervező igényeivel elérheti a vállalat technológiájának fejlesztését, új anyagok vagy új berendezések beszerzését, a szakembergárda kiegészítését. A formatervező és vállalatvezetés vitáját ilyenkor az elérhető gazdasági siker vagy sikertelenség mértéke dönti el.

3.3. Jogi természetű korlátok a formatervezésben

A közlekedésrendészeti és fuvarozóvállalati előírások a külső méretekre (ürszelvény, szélesség, magasság, hosszúság, hasmagasság, mellő és hátsó túllógás, tengelytáv, fordulókör, fordulófolyosó, nyomszélesség stb.) vagy megengedett terhelésre (tengelynyomás, összgyördülő súly stb.) országonként, sőt esetenként városonként is eltérőek lehetnek. (Például az autóbuszok megengedett szélessége az Egyesült Államokban 2600 mm, Európában 2500 mm, de Finnországban csak 2400 mm). Az előírások az időben is változhatnak. (Pl.: szóló autóbuszok maximális hosszúsága Európában az 1950-es évek 10 m-éről fokozatosan 11, majd 12 m-re növekedhetett, a csuklós buszok mérete is növekedett.) A vasúti ürszelvények és egyéb vasúti méretelőírások változtatása kevésbé látványos, mivel minden változtatás kihat a teljes vasúti infrastruktúrára.

Az előírások részletes tárgyalásától el kell tekintenünk, mert ezek összefoglalása önmagában több, nagy terjedelmű kötetben volna csak lehetséges, ráadásul az időbeli előírás-változások miatt időszakosan frissíteni is kellene az adatokat. Az egyetemi, főiskolai



műszaki oktatásban azonban jogszabály (vagy céges üzleti előírás) gyűjtemény nem képezhet tananyagot. (Régebbi építésű, „történelmi belvárosú” önkormányzatok, még az országosan érvényes előírásoknál is szigorúbb megkötésekkel rendelnek pl. autóbuszokat. Az Egyesült Államokban szinte minden nagyváros más-más előírást rögzít a megrendelésében.)

A sűrűn előforduló balesetek miatt egyre több nemzeti, sőt nemzetközi előírás születik a balesetek káros következményeinek csökkentésére. Az aktív biztonsági intézkedések (fék, kormányzás stb.) nem érintik a karosszériatervezést, a passzív biztonsági előírások azonban formatervi következményekkel is járnak (túlélési tér megmaradása boruláskor, utaskabin védelme ütközéskor stb.). A balesetbiztonság javítása a karosszéria külső formáján is meglátszik (növeli a vásárló bizalmát a termékben), de elsősorban a karosszéria belső terét befolyásolja (pl. borulósos balesetnél kellő sűrűségben diafragmáknak (boruló kereteknek) kell lenniük a karosszériában. A diafragmák merevségét nagymértékben növelheti, ha sikerül a jármű berendezését (pl. üléseket) bekapcsolni a boruláskor keletkező baleseti terhek elviselésébe. Ezek a baleseti előírások jelenleg a leggyorsabban változó jogszabályok, tehát minden új jármű tervezésénél a legfrissebb szabályokat kell alkalmazni. Ezek elmulasztása súlyos büntetőjogi és anyagi következményekkel járhat. Végezetül a formatervezőnek alkalmazkodnia kell a megrendelő cég (üzemeltető) egyedi előírásaihoz, tradíciójához. Ez az előírás a formán kívül vonatkozhat a jármű színezésére, díszítésére, logók használatára, relációtáblákra, a sajátos éghajlati követelmények megfogalmazására (extrém hideg, extrém meleg). (A különleges vállalati előírások szokatlan tétele volt pl. egy afrikai városban az 1970-es években az autóbuszok

belső burkolatának vizeletállóságára vonatkozó követelmény, ill. az Egyesült Államok egyik városában a vandalizmusnak ellenálló belső burkolat előírása.) [9]

ÖSSZEFOGLALÁS

A modern gépjárművel szemben támasztott magas követelmények mind kiterjedtebb fejlesztési és kutatómunkát tesznek szükségessé. A motorok líteteljesítményének a növelése a futómű állandó tökéletesítését vonja maga után. Ahhoz azonban, hogy a teljesítményt teljes mértékben kihasználhassuk az útra is, a kerékfelfüggesztés kifogástalan kinematikáján kívül mindenekelőtt a rugózás és a csillapítás gondos összehangolására is szükség van. Emellett a jármű utasainak kényelmét is ki kell szolgálni, mert hiszen döntő mértékben ettől függ, hogy milyen gyorsan fárad el a vezető és mily gyorsan veszít a reakcióképességéből. Mindezek figyelembevételével és talán ennek ellenére is, a járművet, a haszonjárművet is elfogadható áron kell előállítani, mert az autóipar többnyire fillérekkel kalkulál, kivéve amikor a formatervezők érdekeiről van szó [6]. De mindez bőségesen megéri, ha felhangzik a jól ismert mottó: élvezze a vezetést! Formatervezőink és mérnökeink e mottó jegyében mennek le mindennap a stúdióba. A statisztikák rámutatnak, hogy élete során egy ember éveket tölt az autójában. Fontos, hogy ezek az évek élménydúsak és kellemesek legyenek. Fontos, hogy amikor a vezető lenyomja a gázpedált vagy egy kirakati üvegportálon meglátja magát a volán mögött, akkor mosolyogjon. Mosolyogjon, hiszen vezet és élvezi a vezetést! ●

IRODALOM

- [1] BALVIN Nándor: A Daimler AG és a Moholy-Nagy Művészeti Egyetem közös oktatási programja. A jövő járműve, X-Meditor Lapkiadó, 2009/1–2., 90–95. o.
- [2] BALVIN Nándor: NABI 45 C-LFW CompoBus. A jövő járműve, X-Meditor Lapkiadó, 2008/3–4., 77–82. o.
- [3] MICHELBERGER Pál: A Mérnöki Továbbképző Intézet növekvő szerepe a műszaki értelmiség versenyképességének megtartásában. In: Közlekedéstudományi Szemle LIX (2009) No. 5., 5–6. o.
- [4] FINTA László, MICHELBERGER Pál: Esztétikai fejlődés a magyar autóbuszgyártásban. In: Járművek és mezőgazdasági gépek XIII (1966) No. 1., 2–7. o.
- [5] FINTA László, MICHELBERGER Pál: Художественное конструирование автобусов в Венгрии. In: Техническая Эстетика (1965) No. 1., 24–27. o.
- [6] HOFFMANN H. J.: A lehető legkisebb rántást biztosító rugózás. FISITA 1970 XIII. Nemzetközi kongresszus. Autóipari Kutatóintézet és a Közúti Közlekedési Tudományos Kutatóintézet, Budapest, 1971
- [7] Vitruvius: Tíz könyv az építészetről. Képzőművészeti zsebkönyvtár sorozat. Képzőművészeti Kiadó, Budapest, 1988
- [8] KOCZOGH Ákos: Finta László. Corvina Múterem, Corvina Kiadó, 1978
- [9] MICHELBERGER Pál: Kocsiszekrény-tervezés. Egyetemi előadás kézírata, 2010
- [10] ERNYEY Gyula: Designalapelvek – Válogatás az ipari forma irodalmából. Design Center, Budapest, 1981
- [11] ERNYEY Gyula: Made in Hungary – The Best of 150 Years in Industrial Design. Rubik Innovation Foundation, Budapest, 1993
- [12] PAWŁOWSKI, Janusz: Vehicle Body Engineering. Szerkesztő: Guy Tidbury. Business Books, London, 1969



A projektmenedzsment szerepe a felsőoktatási intézmények és a gazdasági szféra szereplőinek együttműködésében

**DR. DINNYÉS ÁLMOS
DOKTOR ZSUZSANNA**

Széchenyi István Egyetem
Győr

**KEMÉNY MÓNICA
DR. PALKOVICS LÁSZLÓ
TEMPFLI LEHEL**

Knorr-Bremse R&D Center
Budapest

A gazdasági válság egyik hatásaként felmerült az igény az alkalmazott kutatás fejlesztésére és a felsőoktatási intézmények és ipari vállalatok közötti szélesebb körű együttműködésre, melyet már különböző európai uniós programok is támogatnak.

A kitűzött célok elérése érdekében elengedhetetlen, hogy a felsőoktatási intézmények és a versenyszférában részt vevő cégek megtalálják a „közös nyelvet”, amelyen párbeszédet folytathatnak.

Ebben a cikkben összefoglaljuk, hogy miként segíthetik ezt az együttműködést projektmenedzsment módszertanok és eszközök. Példaként bemutatunk egy projektmenedzsment eszközt, amit jelenleg futó konzorciumi projektekben alkalmazunk.

As a response to the challenges of the economic crisis the importance of the applied researches has been growing and because of this the co-operation between the higher education institutes and the industrial sector is becoming more extensive, also the EU supports this kind of co-operation through various programs. To be successful in these programs, the participants have to find a common language, a common methodology. In this article we give a general overview of project management methodologies and tools that can be used for efficient collaboration, and we describe a project management tool that we have applied with success in consortial projects.

BEVEZETÉS

Az Európai Unió már a válságot megelőzően szorgalmazta – a versenyképesség javítása és fenntartása érdekében – a felsőoktatási intézmények és vállalatok hatékony és szoros együttműködését, stratégiai szövetségét. [1]

Az ipari vállalatoknak folyamatosan szüksége van felkészült, naprakész tudással rendelkező szakemberekre. Ezt az igényt az intézmények csak a vállalatokkal való szoros együttműködés révén tudják kielégíteni oly módon, hogy a cégek aktuális információkkal járulnak hozzá az egyetemi oktatási anyagok és a képzési struktúra fejlesztéséhez.

Hazánkban a 2004-es Innovációs Törvény hatályba lépését követően számos egyetem élt azzal a lehetőséggel, hogy maguk által irányított ún. tudásközpontokat alakítottak ki, melyek küldetése az egy szakterületen érdekelt partnerekkel való szövetség kialakítása. A tudásközpontokon keresztül a felsőoktatási intézményeknek lehetősége nyílt az adott témakörben elérhető know-how összegyűjtésére, mely alapján az ipari elvárásoknak megfelelő kutatás-fejlesztésekbe kezdhettek sok esetben a cégekkel együttműködve. Az együttműködés tovább erősödött a gazdasági válság hatására.

Az Európába is begyűrűző gazdasági válság költségcsökkentési hullámot indított el, melynek hatásaként kutatás-fejlesztésre fordított összegek is áldozatul estek. A magyar kormány is felismerte, hogy ez a tendencia komolyan veszélybe sodorhatja a magyar gazdaság egyébként is folyamatosan romló versenyképességét, és azonosította azt a veszélyt, mely szerint sok cég kénytelen a K+F tevékenységekre fordított költségeket csökkenteni, ami hosszú távon komoly veszély a magyar gazdaság számára. Erre a kihívásra válaszként meghirdetett egy programot, amelynek

keretében ha egy egyetem, állami kutatóintézet vagy kis- és középvállalat vállalja, hogy olyan mérnököt foglalkoztat, aki korábban egy nagyvállalatnál kutatás-fejlesztéssel foglalkozott, ám a válság miatt elbocsátották, akkor a kormány két évre átvállalja a foglalkoztatásával kapcsolatos költségeket. Ezzel a lehetőséggel több felsőoktatási intézmény és vállalat is élt. [2]

EGYETEMEK ÉS VÁLLALATOK KÜLÖNBÖZŐ SAJÁTOSSÁGAI

A fentiek érdekében közös munkába fogtak a sok szempontból különböző, eltérő szabályok szerint működő felsőoktatási intézmények és a gazdasági szféra szereplői.

A partnerek közötti alapvető eltérés, hogy a felsőoktatás finanszírozási rendszere hallgatói kvóta alapú, míg a vállalatok piaci bevételeikből tartják fenn magukat. A vállalatok esetében a tulajdonos(ok) mutatószámok segítségével folyamatosan monitorozzák tevékenységeik megtérülését és szükség esetén azonnal beavatkoznak. A felsőoktatásban a tulajdonosi szemléletet teljesen másként kell értelmezni, hiszen az állam tölti be ezt a szerepet.

A felsőoktatás – a vállalatok zömével ellentétben – nem elsődlegesen profitorientált, hanem inkább tudásközpontú szervezet. A felsőoktatási intézmények jellemzően az alábbi projekttevékenységeket végzik:

- oktatási alaptevékenység,
- intézményfejlesztési projektek,
- kutatás-fejlesztési projektek.

Az felsőoktatási intézmények alaptevékenysége, az oktatás esetében a demográfiai adatok és munkaerő-piaci elvárások ismeretében jól prognosztizálható, hogy az egyes szakokra meny-

nyi hallgató jelentkezése várható a jövőben. Az oktatás területén többletbevétel a költségtérítéses képzésekből származik, mint például levelező képzések, posztgraduális képzések és különböző tanfolyamok szervezése. Ezen a területen kiélezett verseny folyik a diákokért, ahol azok az intézmények lehetnek sikeresek, amelyek nem csupán időben felismerik, hogy milyen sajátos igényei vannak a hallgatóknak (pl.: speciális tudás, elektronikus távoktatás stb.), hanem időben képesek reagálni az elvárásokra.

Az intézményfejlesztés szükségként és lehetőségként jelent meg az elmúlt évtizedben a hazai felsőoktatási intézményekben. A nemzetközi pénzügyi támogatásoknak feltétele volt a felsőoktatási struktúra átalakítása, amely intézmények integrációjával és a felsőoktatási intézmények szervezeti átalakulásával járt. Az utóbbi években az európai uniós pályázatok lehetőséget teremtettek az oktatásfejlesztés mellett olyan típusú beruházásokra, mint például az infrastrukturális fejlesztések. A lehetőségek kihasználása érdekében elindult folyamatnak egyik fontos mozzanata volt a vállalati szereplők által használt stratégiafejlesztés fogalmának és gyakorlatának beépülése a felsőoktatási intézmények mindennapjaiba.

A hatékony és innovatív kutatás-fejlesztéshez alkotói szabadságot igényelnek az egyetemi oktatók. Ez az alapja a felsőoktatási intézményekre jellemző erős belső autonómiának, amely egyrészt segíti a kutatási tevékenységet, támogatja a kreatív gondolkodást, másrészt gátolja a centralizált, egységesített folyamatok bevezetését.

Egy vállalat értékét befolyásolja a futó projektjeinek jelenértéke, melyet a jövőbeli hozamokból számíthatunk. A vállalatokat elsősorban pénzügyi mutatók elemzésének segítségével értékelik, ezek képezik az alapját a vállalati rangsorok felállításának

is. A felsőoktatásban is kialakult az intézmények közötti verseny, egyre többen hallhatunk arról, hogy melyik intézmény hányadik helyen áll a különböző intézményi rangsorokban. Ám a felsőoktatási intézmények összehasonlítása sokkal összetettebb felmérések alapján történik, olyan mutatók bevonásával, melyek az üzleti szférában egyrészt nem értelmezhetők, másrészt nem tükrözik a vállalatok tényleges gazdasági teljesítményét. Sokat vitatott téma, hogy milyen értékelési szempontok szerint kaphatunk valós képet az oktatási intézmények versenyképességéről. [3]

A piaci szereplők számára fontos információ új munkaerő felvételekor, hogy a jelentkezők mely intézményekben folytatták tanulmányaikat, szerezték végzettségüket. Az egyetemek és főiskolák ipari vállalatok általi megítélése fontos bázisa a rangsorok felállításának, míg az intézmények egyik kiemelt célja, hogy minél jobb helyezést érjenek el a rangsorolásban. A célok és érdekek ilyen módon összefonódása jól tükrözi a két szféra kapcsolatát és egymásra utaltságát.

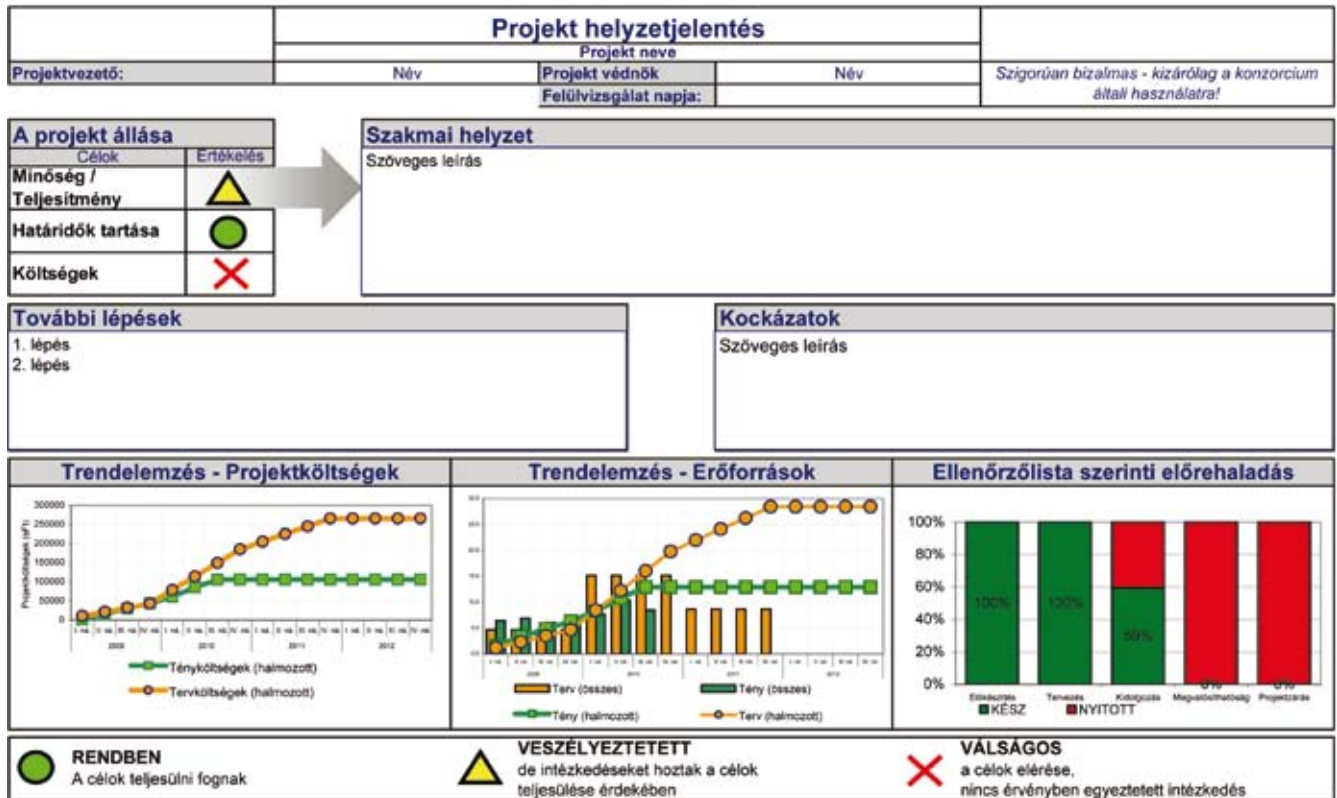
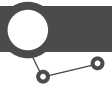
Az előbbiekből felsorolt differenciák és a gördülékeny közös munkavégzés igénye indokolják a konzorciumi projektek esetén az üzleti szférában már bevált projektmenedzsment eszközök használatát. Ezek egy keretet biztosítanak a közös cél elérése érdekében és teret adnak a különbözőségeknek, miközben az illetékesi pontokra összpontosítanak.

PROJEKTMENEDZSMENT A FELSŐOKTATÁSBAN

A gazdasági szféra szereplői által régóta használt projektmenedzsment fogalmak a felsőoktatási intézmények mindennapi életében

Szakaszok	Előkészítés	Tervezés	Kidolgozás	Megvalósíthatóság	Projektzárás
Célok	A projekt felállítása: Célok meghatározása, a projektvezető felhatalmazása	Projekttervezés: A projekt csapat meghatározása, idő- és költségterv elkészítése	A projekt végrehajtása: Több alternatív koncepció kidolgozása, a koncepció kiválasztása értékelés alapján.	A projekt végrehajtása: A koncepció fejlesztése és tesztelése addig, amíg a megvalósíthatóságot funkció-mintákkal nem igazolják.	Projektzárás: Projekt összefoglaló jelentés készítése.
Mérőföldkövek	 Projekt alapítás 1 A projekt hivatalos indítása a Projekt Alapító Okirat (PAO) alapján	Projekt indítás 2 A projekt indítása a PM munkafüzet alapján	Döntés a koncepcióról 3 - Koncepció javaslatok bemutatása és megvitatása - A legelőnyösebb koncepció kiválasztása	Funkcióminta indítása 4 A projekt véglegesítése ill. döntés a fejlesztési ciklusról	Projektzárás 5 Az összes lényeges projektinformáció összegzése, begyűjtése
PM folyamatok	Projekt előkészítés <i>A projekt hivatalos kezdete</i>  - Projektvezető kinevezése - Projekt célok meghatározása - Vázlatos ütemterv elkészítése - A Projekt Alapító Okirat aláírása - A projekt költségvetésének biztosítása - Az 1. sz. felülvizsgálat lefolytatása, jóváhagyás megszerzése	Projekttervezés <i>A projekt sikeres végrehajtásához megfelelő feltételek megteremtése</i> - Erőforrás és költség tervezés - Projekt dosszié létrehozása - A projektszervezet és kommunikáció meghatározása - Projektindító értekezlet megtartása - Részletes ütemterv elkészítése - A 2. sz. felülvizsgálat lefolytatása, jóváhagyás megszerzése	Projektvégrehajtás és -ellenőrzés <i>A megvalósítás szerinti célok elérése</i>  - A végrehajtás figyelemmel kísérése - A munkaegységek / feladatok / határidők / projekt költségek irányítása - Tervezés frissítése - A 3. és 4. felülvizsgálatok lefolytatása, jóváhagyás megszerzése	Projektzárás <i>A projekt tapasztalatok átadása</i> - Tanulságok felhasználása - A Projektszervezet feloszlása, visszahelyezése eredeti munkakörébe / a Projektzáró jelentés aláírása	
Fő tevékenységek		Vázlatos specifikáció kiírása	- Koncepció információk összegyűjtése - Alternatív koncepciók kidolgozása - Termékköltségek számítása - Szabadalmi viszonyok frissítése - Műszaki értékelés - Fejlesztési partnerek ill. szállítók keresése - Koncepciódöntés előkészítése	- A koncepció specifikációja - A funkció mintapéldányának előállításához szükséges dokumentumok elkészítése - Tesztelés összeállítása - Tesztelőforrások megrendelése - A funkció mintapéldányának legyártása (hardver/szoftver) - A funkció mintapéldány tesztelése mérőpadon / járműben - A funkció mintapéldány teszt dokumentációjának áttekintése	Projektzáró workshop

1. ábra: projekt életciklus modell



2. ábra: projekt-helyzetjelentés

is megjelentek. A klasszikus értelemben vett projektmenedzsment jelentése szerint a kitűzött célt a rendelkezésre álló erőforrások felhasználásával, adott költség- és időkeretek között kell megvalósítani. Ez a definíció mind a felsőoktatási intézmények, mind az üzleti szféra szereplői esetében igaz, ugyanakkor a kitűzött célt eltérő környezetben kell megvalósítaniuk, melynek sajátossága, hogy a felsőoktatási intézmények a piaci környezetnél merevebb, alkalmazkodását tekintve követő jellegű szabályozási környezetben működnek.

Általában elmondható, hogy a sajátos belső autonómia miatt még nem jellemző a projektek teljes központi felügyelete és koordinációja a felsőoktatásban. Az intézeteknek, a karoknak vagy akár a tanszéknek is megvan a lehetősége önálló K+F projektek indítására, így nehézséget okoz az intézmény vezetése számára a projektek harmonizálása az intézmény stratégiájával.

A projektek intézményi szintű koordinációja révén lenne biztosítható, hogy a projektek elősegítsék az intézményi stratégia megvalósítását. A projektirányítási módszerek és eszközök használatával elérhető, hogy a felsőoktatási intézmények folyamatainak szerves részét képezzék a projektek, és a korábbi erősen hierarchikus jellegű szervezeti felépítésbe és vállalati kultúrába fokozatosan beépüljön a projektorientált szemlélet.

A projektek célját a „vevői” elvárások határozzák meg. Az oktatási intézményekben futó projektmunkákat vevői oldalról két nagyobb csoportra lehet osztani, a vállalatoktól kapott megbízásokra és a pályázati projektekre. Míg pályázatoknál szigorú jogi és pénzügyi feltételeknek kell megfelelni, a vállalati megbízások esetében a cégek által megfogalmazott saját követelményeket kell megvalósítani a projekt sikeressége céljából. Jelenleg ezek a tevékenységek egymástól függetlenül folynak, de a távlati cél az, hogy egy mederbe tereljék a vállalati és EU-s projekteket, ám ehhez egységes módszertanra és egységes dokumentációra van szükség.

A felsőoktatási intézmények K+F tevékenységének fejlesztéséhez és az oktatási anyagok naprakészen tartásához a forrást olyan pályázatok biztosítják, amelyeknél elvárás az iparban már évtizedek óta alkalmazott projektmenedzsment eszközök és módszerek alkalmazása: például részletes idő- és költségterv készítése, mutatószámok meghatározása, illetve az előrehaladási jelentések révén a megvalósítás folyamatos monitorozása. A felsőoktatási intézmények vezetői felismerték, hogy ezeknek az elvárásoknak való megfeleléshez mélyreható változásokra van szükség mind a belső folyamatokban, mind pedig a vállalati kultúrában a projektmenedzsment szemlélet integrálásával. Mint minden szervezeti kultúrával, ez is egy hosszú folyamat, de az intézményi vezetés elkötelezettsége és a projektmenedzsment terén jártas ipari partnerekkel való együttműködés közös projekteken fel fogja gyorsítani ezt a folyamatot.

ISMERT PROJEKTMENEDZSMENT ESZKÖZÖK

A projektek hatékony tervezésében és megvalósításában számos projektmenedzsment szoftver áll a projektvezetők rendelkezésére, melyek közül a legismertebb a Microsoft által kínált MS Project. Léteznek hasonló célt szolgáló nyílt forrású alkalmazások is, mint például a FreeGantt. Egyéni igények szerint lehetőség van saját fejlesztésű projektkövető eszköz készítésére is. Így járt el a Széchenyi István Egyetem egy SPS (Microsoft SharePoint Server) alapú eszköz létrehozásával, mely több egyetem összefogásán alapuló projektek napi megvalósításában nyújt segítséget. Hasonlóan saját fejlesztésű eszköz a következő fejezetben részletesen bemutatott PM Workbook is.

Különböző projektek és programok együttes kezelése céljából megjelentek ún. projektportfólió-kezelő eszközök. A Microsoft Project Server segítségével egyetlen rendszerben gyűjthető az összes futó projektre vonatkozó információ. Ebben a témában is



elérhető nyílt forráskódú felületek, melyre egy példa a NetOffice dWins (<http://netofficedwins.sourceforge.net/>), ami a kis- és középvállalkozások számára fejlesztett, felhasználóbarát projektportfólió-kezelő alkalmazás.

PM WORKBOOK

Ebben a fejezetben egy Knorr-Bremse által fejlesztett eszközt mutatunk be, amelyet évek óta alkalmaz akár több szervezet is átívelő projektek követésére. [4,5] Többek között, a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal által támogatott TRUCKDAS projektnek is a PM Workbook ad keretet. [6]

Az eszköz előnye, hogy könnyen és gyorsan megtanulható a használata és nem igényel különleges erőforrásokat. Az **1. ábra** az alkalmazott projekt életciklus modellt mutatja be, mely a fontosabb projektmenedzsment és fejlesztési tevékenységeket ábrázolja a projekt élete során. A folyamatot öt nagyobb szakaszra osztottuk: Előkészítés, Tervezés, Kidolgozás, Megvalósíthatóság és Projektzárás. Az előkészítés fázisában a partnerek együttesen meghatározzák a projekt célját, kinevezik a projekt irányításában részt vevő kollégákat, illetve a Projekt Alapító Okirat aláírásával hivatalosan is elkötelezik magukat a projekt mellett. Következő lépésként részletes terv készül idő, erőforrás és költség oldalról. A kidolgozás és megvalósíthatóság fázisában történik a szakmai munka jelentős része: meghatározott követelmények szerint különböző koncepciók kidolgozása, koncepciódöntés, kiválasztott koncepció alapján részletes termékfejlesztés és tesztelés. Az életciklus záró szakasza során a tapasztalatok összegyűjtésére kerül sor, majd egy projektzáró megbeszélés keretében a projekt hivatalosan is lezárul.

A dokumentum különböző célt szolgáló Excel lapok együttese:

- A projekt indításakor a Projekt Alapító Okiratban foglaljuk össze a projekt célját, várható költségeket és a fő mérföldköveket.
- A szervezeti ábrán a projektben részt vevő kollégák és elérhetőségük jelenik meg.
- Az Ütemterv a projekt fő fázisait és mérföldköveit szemlélteti.
- A **2. ábrán** látható Projekt-helyzetjelentés segítségével a projekt aktuális státusza prezentálható. Projekt review-k alkalmával pél-

dául a projektvédnök ennek segítségével kap képet a projekt állapotáról és hozhatja meg a szükséges döntéseket.

- Termékköltségek számítása: alkatrészek tekintetében a termék költségének kalkulációja.
- Projektköltségek: az anyagi ráfordítás negyedéves tervezésére és dokumentálására szolgál (személyi költségek, beruházás, teszt költségek stb.)
- A kiadások részletes dokumentálása a Költségkönyvelés oldalon történik.
- Funkcionális célok és változások: a funkcionális célokat a projekt elején célszerű meghatározni, majd a projekt során bekövetkezett változásokat ezen a felületen kell dokumentálni.
- Az Erőforrások a tervezett és ténylegesen szükséges emberi erőforrások összehasonlítására szolgál.
- Kockázatkezelés: a projekt élete során felmerülő kockázatok leírására, értékelésére és nyomon követésére használandó.
- Az Ellenőrzőlista a projekt mérföldkövek előtt megválaszolandó kérdéseket tartalmazza, mely átvizsgálja, hogy valóban minden szükséges feladat megvalósult az adott fejlesztési fázisban.
- A Mutatók célja a projekt elején kitűzött mérőszámok kalkulációja.
- A Projektzárás a projekt során tanult összegzésére szolgáló felület.

ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatás-fejlesztés nemcsak egy eszköz a válságból való kilábaláshoz, hanem a magyar gazdaság nemzetközi kitorrési pontja is lehet. Ezt nagymértékben elősegíti, ha az ipari vállalatok és a felsőoktatási intézmények összehangolják K+F tevékenységeiket és stratégiai szövetségek keretében együttműködnek. Ezt a folyamatot támogatják különböző európai uniós és hazai programok, amelyekből elérhetőek azok a pályázati források, amelyek lehetővé teszik a kutatás-fejlesztésben rejlő kiaknázatlan lehetőségek megvalósítását.

Ebben a cikkben olyan projektirányítási eszközöket, elveket mutattunk be, amelyek lehetővé teszik, hogy az ipar és a felsőoktatás közösen sikeres K+F projekteket hajtsanak végre, és eredményesen tudják a pályázati forrásokat kihasználni. ●

IRODALOM

- [1] Európai Parlament Plenárisülés-dokumentum (2010. 03. 29), Jelentés az egyetemek és vállalkozások közötti párbeszéd fórumáról: új partnerség az európai egyetemek modernizálásáért (2009/2099(INI))
- [2] Stukovszky Tamás, dr. Palkovics László: A gazdasági világválság hatásai a magyar járműiparra – A felmerülő problémák és kezelésük, A jövő járműve, FISITA 2010 különszám, pp. 38–41.
- [3] Felsőoktatási Műhely 2009/4. szám – Egyetemi, főiskolai rangsorok
- [4] Project Management Institute Global Standards, elérhető: <http://www.pmi.org/PMBOK-Guide-and-Standards.aspx>
- [5] CMMI for Development (CMMI-DEV), v1.2, elérhető: <http://www.sei.cmu.edu/cmmi/>
- [6] <http://www.truckdas.hu/>



Autószalonok, járműipari szakkiállítások 2011-ben

Az alábbi táblázat a 2011-es év legfontosabb járműipari szakkiállításainak, illetve vásárainak – nem teljes körű – felsorolása. A felüntetett időpontok tájékoztató jellegűek, a rendezők a változtatás jogát fenntartják.

IDŐPONT	HELYSZÍN	RENDEZVÉNY
Január 10–23.	Detroit, Egyesült Államok	North American International Motor Show
Január 12–15.	Salzburg, Ausztria	AutoZum
Január 12–16.	Kairó, Egyiptom	International Motor Show
Január 14–23.	Brüsszel, Belgium	International Light Commercial Vehicles Show
Február 17–19.	Szentpétervár, Oroszország	Automechanika St. Petersburg
Március 1–4.	Lipcse, Németország	Zuliefermesse
Március 1–13.	Genf, Svájc	International Motor Show
Március 9–12.	Johannesburg, Dél-Afrika	Automechanika South Africa
Március 16–22.	München, Németország	Internationale Handwerksmesse
Március 24. – április 3.	Belgrád, Szerbia	International Motor Show
Március 30. – április 2.	Madrid, Spanyolország	Motortec – Automechanika Ibérica
Március 31. – április 2.	Kuala Lumpur, Malajzia	Automechanika Malaysia
Március 31. – április 10.	Szöul, Dél-Korea	International Motor Show
Április 5–9.	Zágráb, Horvátország	International Motor Show
Április 7–10.	Isztambul, Törökország	Automechanika Istanbul
Április 9–13.	Lipcse, Németország	AMITEC / AMICOM / AMISTYLE
Április 12–17.	Pozsony, Szlovákia	International Motor Show / Autoservis
Április 12–23.	Amszterdam, Hollandia	International Motor Show
Április 20. – május 1.	New York, Egyesült Államok	International Auto Show
Május 5–15.	Barcelona, Spanyolország	International Motor Show
Május 17–19.	Stuttgart, Németország	Engine Expo / Automotive Testing Expo / Vehicle Dynamics Expo / European Automotive Components Expo
Május 25–29.	Bologna, Olaszország	Autopromotec
Május 25–29.	Kijev, Ukrajna	SIA International Motor Show
Június 3–9.	Brno, Csehország	Autosalon
Június 7–9.	Dubai, Egyesült Arab Emírátsok	Automechanika Middle East
Június 10–19.	Szófia, Bulgária	International Motor Show
Június 14–26.	Buenos Aires, Argentína	International Motor Show
Július 13–15.	Mexikóváros, Mexikó	PAACE-Automechanika
Augusztus 24–27.	Moszkva, Oroszország	Automechanika Moscow
Szeptember 13–17.	Moszkva, Oroszország	Moscow Auto Salon – COMTRANS
Szeptember 13–25.	Frankfurt am Main, Németország	IAA Frankfurt
Szeptember 28. – október 3.	Nyitra, Szlovákia	Motor Show
Október 6–16.	Johannesburg, Dél-Afrika	International Motor Show
Október 11–15.	Párizs, Franciaország	Equip Auto
Október 23–28.	Sao Paulo, Brazília	FENATRAN – International Transport Industry Trade Show
November 4–13.	Athén, Görögország	International Motor Show
November 4–13.	Lisszabon, Portugália	International Motor Show
November 17–20.	Milánó, Olaszország	Transpotec Logitec
November 24–27.	Isztambul, Törökország	International Auto Show
November 26. – december 4.	Essen, Németország	Essen Motor Show
November 30. – december 11.	Tokió, Japán	Tokyo Motor Show
December 7–10.	Sanghaj, Kína	Automechanika Shanghai
Forrás: OICA		

Az Alternatív Hajtású Játéksport Szövetség és az INNO-MOBIL Sportegyesület
nemzetközileg meghirdeti a

VI. Széchenyi Futam[®]

Alternatív Hajtású Járművek Versenyét[®]

www.ahjv.hu



Versenyben a kreativitás és innováció!

A versenyre egyetemi, főiskolai, középiskolai és egyéni csapatok
jelentkezését várjuk Magyarországról és határainkon túlról.

NEVEZZ TE IS ÉS ÉPÍTSD MEG A HOLNAP JÁRMŰVÉT!

Nevezési határidő: 2011. február 1.

NEVEZNI A HONLAPON KITÖLTÖTT PÁLYÁZATI ADATLAPOKKAL LEHET

Tervdokumentációk leadási határideje: 2011. március 22.

A VI. Széchenyi Futam[®] tervezett időpontja: 2011. április vége, május eleje

A verseny helyszíne: Magyarország, Győr

További információ: www.ahjv.hu

facebook

<http://www.facebook.com/szechenyirace>

YouTube

<http://www.youtube.com/szechenyirace>



Partner a kutatásban

Kutatási területek:

1. Járműipari kutatások

- Gyártási technológia optimalizálás
- Gyártási folyamat optimalizálás
- Részegységek fejlesztése, számítógépes szimulációja, tesztelése

2. Elektronikai és informatikai kutatások

- Minőség-ellenőrzési eljárások és berendezések fejlesztése
- Új eljárások, berendezések és szoftverek fejlesztése
- Mikroelektronikai eszközök kutatása

3. Logisztikai folyamatok és csomagolások kutatása

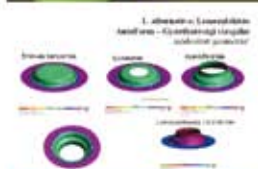
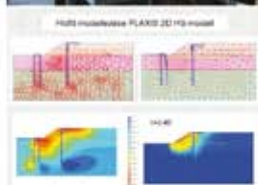
- Logisztikai folyamatok kutatása
- Logisztikai eszközök innovatív fejlesztése
- Logisztikai csomagolások innovatív fejlesztése

4. Közlekedési infrastruktúra kutatások

- Útpályaszerkezetek méretezésének fejlesztése
- Vasúti felépítményszerkezetek fejlesztése
- Hídalépítmények fejlesztése
- Közlekedésbiztonsági kutatások

Elérhetőségek:

web: www.jelkkk.sze.hu
e-mail: kkk@sze.hu
cím: 9026 Győr, Egyetem tér 1.
telefon: +36 96 503 457



Projektmegvalósító:

Universitas-Győr Nonprofit Kft., Győr

Egyetemi közreműködő és támogató:

Széchenyi István Egyetem, Győr

A projekt vállalati partnerei:

Ajkai Elektronikai Kft.
AMB Components Hungary Bt.
BorgWagner Turbo Systems Kft.
BPW-Hungária Kft.
DELTA Informatika Zrt.
ENTAL Kft.
ERFO Kft.
G4S Biztonságtechnikai Zrt.
G4S Készpénzlogisztikai Kft.
General Motors Powertrain Magyarország Kft.
HBM Soletanche Bachy Mélyalapozó Kft.
Heineken Hungária Zrt.
Hödlmayr Kft.
IBM Data Kft.
IBV Hungária Kft.
Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ
LE BELIER Magyarország Formaöntőde Zrt.
Liegl&Dachser Kft.
LITE-ON Kft.
MÁV Zrt.
MOFÉM Zrt. - Teka Fürdőszoba Divízió
NEMAK Győr Kft.
NOKIA Komárom Kft.
RÁBA Futómű Gyártó és Kereskedelmi Kft.
Reining Transport Kft.
Szintézis Informatikai Zrt.
UNILEVER Magyarország Gyártó Kft.
Vill-Korr Kft.

Járműipari, Elektronikai és Logisztikai Kooperációs Kutató Központ

Projekt időtartama: 2008.06. 01. - 2011. 03. 31.



UNIVERSITAS-GYŐR
NONPROFIT Kft.

ÚMFT infovonal, 06 40 638 638, nfu@meh.hu • www.nfu.hu

Befektetés a jövőbe



AZ ŐRÜLTSÉG NEM MÁS,
MINT UGYANAZT TENNI ÚJRA ÉS ÚJRA
ÉS VÁRNI, HOGY AZ EREDMÉNY
MÁS LEGYEN.

nno
mobilitas

2011 • GYŐR