3.2 Újdonságok a műanyagok autóipari alkalmazásának területéről

Tárgyszavak: műanyag; gépkocsi; fényszóró; anyagkiválasztás; fémbevonás; biztonság; gyalogosvédelem; ütközőrendszer; légzsák.

Hőre lágyuló műanyagok alkalmazása a gépkocsi fényszóróiban

A fényszórók fejlesztésekor a tervezők két ellentmondó követelménynek próbálnak megfelelni: az egyik a nagyobb közlekedésbiztonság, a másik a kisebb anyagfelhasználás (aerodinamikus kiképzés, helytakarékos megoldások). Ez oda vezetett, hogy a korábban egyeduralkodó parabolatükör mellett két új, optikai és helyfoglalási szempontból is kedvező alaptípust fejlesztettek ki: a projektív (ellipszoid vagy poliellipszoid) és a szabad síktükrös fényszórókat. A fényforrások között a halogénlámpák mellett megjelentek a gázkisüléses lámpák, amelyek több fényt sugároznak a látható tartományban, és kisebb hőterhelést okoznak a fényszóró szerkezeti elemeiben. Hogy milyen fényszórót és milyen izzót alkalmaznak egy adott gépjárműben, függ a jármű rendeltetésétől, a rendelkezésre álló hely nagyságától és a világítástechnikai adottságoktól.

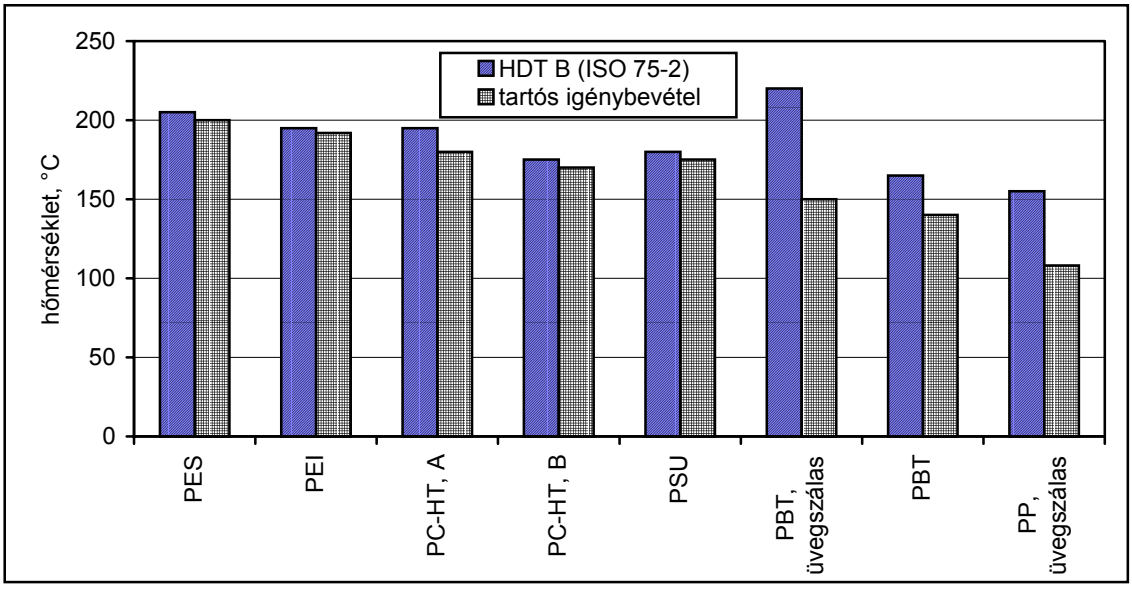
Az anyagkiválasztás szempontjai

A rendszer fejlődésével változtak az anyagokkal szembeni követelmények. A gyártási pontosság, a feldolgozhatóság, a hőstabilitás, az alaktartóság, a szilárdság és a felületminőség iránt – ha lehet – még tovább nőttek a követelmények. Annak érdekében, hogy pl. a szabad síktükrös fényszórókban a jobb fénykihasználás és eloszlás biztosítására ezt a reflektort profilképzés nélkül lehessen gyártani, a fényszóró külső felületeit rendszerint polikarbonátból vagy üvegből gyártják. A kívülről is látható elemekkel szembeni felületi elvárások is szigorodtak. Ahol lehet, a korábban bevált fém, üveg és hőre keményedő műanyagok mellett igyekeznek könnyebben feldolgozható hőre lágyuló műanyagokat alkalmazni. Ezáltal bonyolultabb formák is könnyen létrehozhatók fröccsöntéssel, és a funkcionális elemek utólagos megmunkálás nélkül is beépíthetők.

A fényszóró egyes elemeinek anyagválasztásakor döntőek a felhasználás szempontjai. Az elülső fényszórók kialakításában nagyok a különbségek, de fő szerkezeti elemeik a következők:

- ház,
- világító egység (lámpa, reflektorok, tartószerkezetek),
- lencse, vezérlő vagy fedőrétegek.

Az anyagkiválasztáskor különösen fontos a hőállóság, a felületminőség, amelyeket a konstrukciós és beépítési szempontok határoznak meg. Az alkalmazható hőre lágyuló műanyagok köre elég széles, a polipropiléntől a nagy hőállóságú műanyagokig [pl. poli(éter-szulfon), poli(éter-imid)] terjed *(1. ábra).*



1. ábra Néhány műanyagtípus terhelés alatti behajlási hőmérséklete (HDT-B, ISO 75-2 szabvány szerint) és tartós terhelési hőmérséklete. [Rövid jelek sorban: poli(éter-szulfon), poli(éter-imid), hőálló polikarbonát – A és B típus, poliszulfon, poli(butilén-tereftalát) – üvegszálas és erősítetlen, üvegszálas polipropilén.]

A *fényszóróháznál* a mechanikai szilárdság és a hőállóság a legfontosabb szempont. A nagy főfényszórókban általában kielégítő az üvegszálas PP hőállósága. Az integrált fényszórókban a kisebb, magas hőmérsékletű ködfénylámpák házát nagyobb hőállóságú műanyagból kell készíteni, például PBT-ből (ilyen a BASF Ultradur márkanevű terméke), poli(aril-éter-szulfonból) (PES, PSU, pl. BASF Ultrason), mert ezek nagyobb tervezési szabadságot biztosítanak.

A legmagasabb hőmérséklet természetesen a *világító egység* belsejében lép fel. A reflektorok fémből vagy fémbevonatú műanyagból [hőre keményedő

műanyag vagy amorf hőálló termoplaszt (PC-HT, PEI, PSU, PES)] készülnek. A nagy méretpontossági követelmények és a fémbevonásból adódó felületi követelmények lehetetlenné teszik erősített műanyagok alkalmazását, csak nagy hőállóságú amorf hőre lágyuló vagy lakkozott hőre keményedő műanyagok jönnek számításba. Ezen a területen részlegesen kristályos műanyagokat nem használnak. Ha a hőállósági követelmény >220 ^{o}C, kizárólag fém alkatrész jöhet számításba.

A reflektorgyártásban a BMC (hőre keményedő üvegszálas poliészter fröccsmassza) és a hőre lágyuló műanyagok egymás versenytársai. Bár a hőre keményedő anyagok jóval olcsóbbak, a hőre lágyuló műanyagok alkalmazása számos előnyt kínál:

- feldolgozási előnyök (rövidebb ciklusidő; nincs utólagos megmunkálás, pl. lakkozás; kis fröccstérfogat),
- kitűnő felületminőség, közvetlenül fémmel bevonható termékek,
- jelentős tömeg-megtakarítás (akár 50% is) a kisebb sűrűség és falvastagság miatt,
- nagyobb tervezési szabadság (bonyolultabb alak, funkcionális elemek),
- újrafeldolgozhatóság.

A fenti hátrányok ellenére a nagyobb reflektorokhoz ma még túlnyomóan a BMC anyagot használják, miután itt az anyagköltség a legdöntőbb szempont. A reflektortípustól és a fröccsöntési hőmérséklettől függően a nagy hőállóságú hőre lágyuló műanyagok egymással is versenyeznek. A 180 ^{o}C-ig hőálló nagyobb reflektorok készíthetők PSU-ból; a kisebb reflektorokat, amelyeknek 195 ^{o}C-ot kell elviselniük, hőálló polikarbonátból gyártják; a 210 ^{o}C-ig felmelegedő reflektorokhoz PEI-re vagy PES-re van szükség. A hőre lágyuló műanyagok feldolgozhatósága, folyóképessége, felületkezelhetősége, hőállósága erősen különbözik. A hőálló polikarbonáttal és a poli(éter-imid)-del szemben a BASF Ultrason E és S anyagoknak a következő előnyei vannak:

- magasabb tartós terhelési hőmérséklet (rövid ideig 180-220 ^{o}C),
- magasabb iriszhőmérséklet (Ultrason 212 ^{o}C-ig),
- jobb folyóképesség,
- a PEI-nél jobb tapadás a fémbevonathoz,
- nagyobb ütésállóság.

A sűrűség és az UI-stabilitás tekintetében a PC-HT és a PEI mutat bizonyos fokú előnyt. Ha az anyagtulajdonságok hasonlóak, akkor az anyagár, illetve az adott anyagból elkészíthető darabtömeg alapján kiszámítható termékár a döntő szempont.

A *blendekeret* rögzíti az átlátszó üveglencsét. A blendekereteket általában teljesen fémmel vonják be. A világítástechnikai szempontok mellett a kocsi egyedi jellegét megadó stílusszempontok is egyre fontosabbak. A blendekeretek anyagkiválasztásakor fontos

- a könnyű feldolgozhatóság,
- a kitűnő felületminőség,

- a fémmel való bevonhatóság,
- a környezeti hatásokkal és a nedvességgel szembeni ellenállás,
- a hőstabilitás,
- a mérettartóság.

Gyakran más funkcionális egységeket, például indexlámpákat is integrálnak a blendekeretbe.

Ennek a tulajdonságegyüttesnek számos hőre lágyuló műanyag és polimerkeverék megfelel (pl. poliamidok, polikarbonátok, PBT-PC keverékek, poliszulfon). A poliolefinek használhatósága erre a célra korlátozott, részben gyengébb hőállóságuk, részben a rájuk felvitt fémréteg kisebb tartóssága miatt. Jól alkalmazható a PBT (pl. az Ultradur B4520), amely a kitűnő anyagjellemzőket jó feldolgozhatósággal kombinálja. A PBT-nek csekély vízfelvétele miatt kitűnő a méretállandósága, emellett elég magas hőmérsékletig terhelhető – magasabb hőmérsékletig, mint a polimerkeverékek. A hőálló műanyagok közül az Ultrason E vagy az S 2010 nem jön számításba a magasabb anyagár miatt. A BASF kínálatában számos olyan Ultradur és Ultrason típus található, amelyekkel a műszaki és gazdasági követelmények is kielégíthetők.

Bár a vetítőreflektorokban nagyon fontos szerepük van a lencséknek, a *fedőlencsék* is fontosak, és ezeknél különbséget kell tenni a profillal és anélkül gyártott típusok között. A profilmentesen gyártott külső burkolatoknak optikai funkciójuk nincs, csak védik a reflektor belsejét. Ezeket általában üvegből vagy polikarbonátból gyártják.

Fémbevonás vákuumban

A reflektáló felületeket fémbevonással teszik tükrözőbbé. Vannak olyan berendezések, mint pl. a Leybold Optics cég (Alzenau) DynaMet nevű gyártmánya, amely közvetlenül a fröccsöntő gép után köthető, és amely elvégzi a fémmel bevonandó tárgy behelyezését, előkezelését, magát a fémbevonást, ha szükséges, a fedőréteg felvitelét és a kész tárgy kivételét.

A vákuumban felvitt fémréteg nagyon vékony, ezért a különböző eljárások (felgőzölés, katódporlasztás, plazmás eljárás) hőérzékeny műanyagoknál is alkalmazhatók. A gázt kibocsátó és a durva felületű műanyagokat fémbevonás előtt alaplakkal vonják be. A PBT, PSU, PES szép felülete szükségtelenné teszi az ilyen felület-előkészítést.

A jó tapadás érdekében a műszaki műanyagokat vákuumban kisülésnek vetik alá, ami egyrészt eltávolítja a vízgőzt, másrészt aktiválja a felületet. Ezt a hatást plazmakezeléssel is el lehet érni. Plazmás eljárással helyettesíthető a fedőlakkozás is, amivel megtakarítható maga a lakk, továbbá a lakkozó berendezés és az ezzel kapcsolatos környezetvédelmi berendezések. A fedőréteg anyaga ilyenkor szilíciumvegyület, pl. sziloxán, amely a plazma gerjesztő hatására elbomlik, és makromolekuláris rétegben, egyenletesen bevonja a gyakran bonyolult formájú tárgyat.

A korrózióvédelemként alkalmazott alumíniumréteg vastagsága a reflektorokban mindössze 25–50 nm. Egy erre felvitt, kemény, de ugyancsak vékony polimerréteg törölgetéssel szembeni kopásállóságot ad. A karcállóságot jelenleg csak fedőlakkal tudják kialakítani.

A reflektorokra általában alumíniumréteget visznek fel. A szokásos vákuumos eljárás a szakaszos felgőzölés vagy az automatizálható katódporlasztás.

Az első módszerhez viszonylag egyszerű berendezés szükséges, és kicsi a beruházási költség. A termikus gőzölés megbízható és a fémréteg jó minőségű. Emiatt ezeket a berendezéseket számos helyen alkalmazzák. A szakaszos eljárás hátránya azonban, hogy a fröccsöntés és a fémbevonás között a formadarabokat tárolni kell, és a gőzölögtető tekercseket időnként fel kell újítani, továbbá minden tétel után pótolni kell az alumíniumot. Kényelmetlen az is, hogy az egyes tételek berakásakor maszkkal kell fedni a gőztől védendő felületeket.

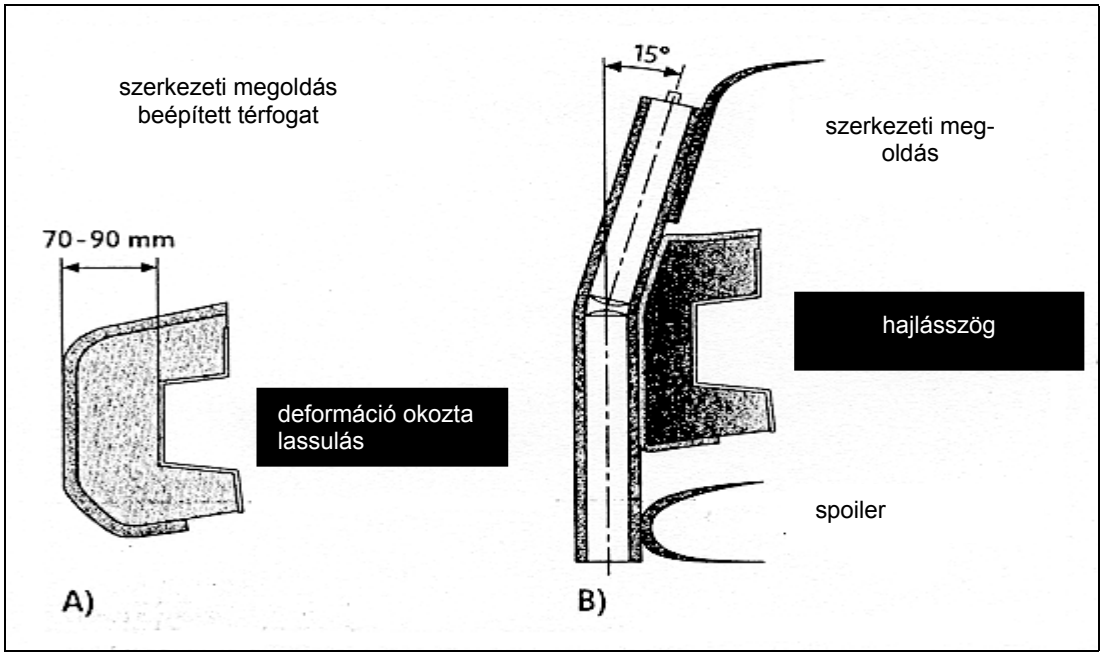
A katódporlasztásos módszerrel dolgozó DynaMet 4V berendezés ezzel szemben folyamatos és automatikus üzemű, ezért kezelése egyszerűbb. A berendezésen körszerű elrendezésben 4 állomás helyezkedik el. A középen forgó dobon vannak a reflektortestet tartó elemek. Az első állomáson veszik ki a kész darabokat és teszik be az újakat; a másodikon történik az előkezelés; a harmadikon megy végbe a fémfelhordás; a negyediken a védőréteg felvitele. A teljes folyamat – beleértve a ki- és berakást – automatikus. A ciklusidő kb. 36 s, ami hasonló nagyságrendű, mint a fröccsöntés és a lakkozás ciklusideje.

Védelmet szolgáló elemek műanyagból

1970 és 2000 között a halálos balesetek száma Németországban évi 21 E-ről 7 E-re csökkent, pedig közben megháromszorozódott az utakon közlekedő gépkocsik száma. A városi balesetekben azonban még mindig a halálos áldozatok harmada gyalogos – sok közülük gyerek. Az autóipar érzékelte felelősségét és 2001-ben kötelezettségként magára vállalta, hogy 2005-től minden új járműben olyan műszaki megoldásokat foganatosítanak, amelyek a gyalogosok védelmét szolgálják egy esetleges baleset során. Elsősorban a fejnek a motorháztetőbe való ütközését és a lábszárak, valamint a térd védelmét próbálják megoldani az ütközőknél. A Bayer cég egy 2001-es műanyagkiállításon bemutatta azokat az elveket, amelyekkel mint nyersanyaggyártó hozzá tud járulni a fenti problémák megoldásához. A Bayer elsősorban széles körű anyagismeretét és konstrukciós tapasztalatát tudja a gépkocsigyártók és a fejlesztők rendelkezésére bocsátani. Manapság a tervezés egy része már pusztán számítógépes szimulációval is elvégezhető.

Példa a passzív védelemre – ütközők

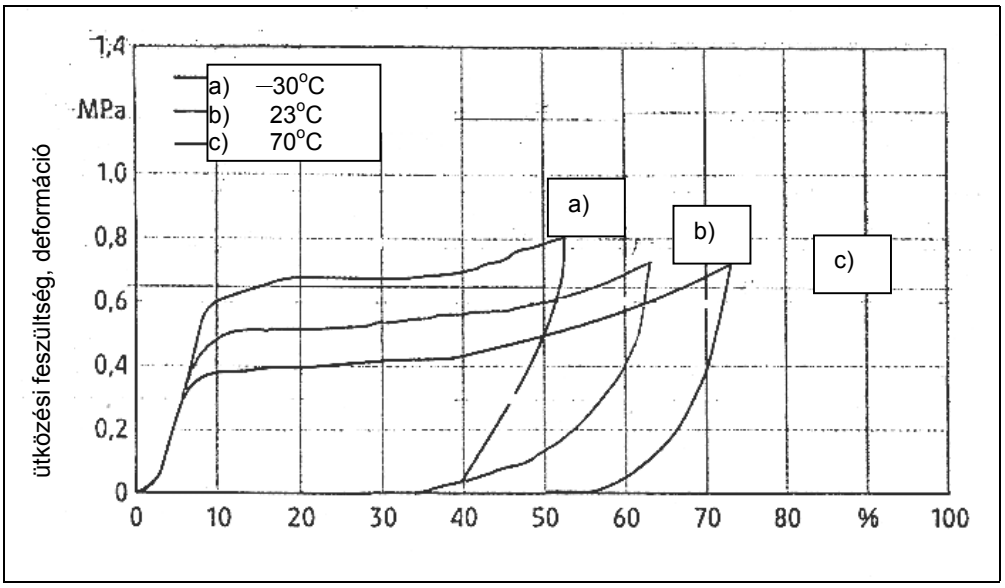
A passzív védelem példája egy ütközőrendszer, amelynek rugalmas külső rétege és energiaelnyelő habmagja van. Ezek a rendszerek már majdnem teljesen érettek a piaci bevezetésre, és biztos, hogy az első generációs, megnövelt biztonságú autótípusokban fontos szerepet fognak játszani. A hangsúly a beépíthető térfogaton van, hiszen az ütközés energiáját ennek kell felfognia. Ehhez legalább 70–90 mm vastag rétegre van szükség *(2. ábra).* Az elv gyakorlati alkalmasságát az EURO-NCAP (European new car assessment programme) „alsó lábszár" tesztjével vizsgálják. A szabvány előírja a maximális deformációt már 150 g-os tömeg esetén, a max. 15°-os behajlást és a próbatest 6 mm-es nyíró deformációját az ütközés során. A ma alkalmazott ütközők nem teljesítik a szabvány előírásait (190 g, 29°, a nyíró deformáció az előírt érték alatt marad). A Bayer cég által kifejlesztett poliuretánhab ütköző az első kritériumnak megfelel, de a deformációs szög 30° körül van. Megfelelő szerkezeti megoldásokkal (spoiler, légzsák) a deformációs szög is a határérték alá szorítható.



2. ábra Az ütközőnél kialakítható passzív védelem elve

Az ismertetett műszaki megoldáshoz használható nyersanyagok: (PC + ABS) keverék (Bayblend), poliészter (Pocan), Bayflex poliuretán a burkolathoz és Bayfill poliuretánhab az energiaelnyeléshez. A burkolatot hőre lágyuló műanyagból vagy PUR-RIM anyagból vékony fallal lehet elkészíteni, ami kis darabtömeget és rövid ciklusidőt jelent.

A PUR-hab energiaelnyelési jellemzői csak kevéssé függenek a hőmérséklettől (*3. ábra*), ami azt jelenti, hogy a védelem szintje nem függ lényegesen a környezet hőmérsékletétől, az évszaktól. Ugyanakkor az anyag kis viszszarugózási energiája biztosítja, hogy ne legyen nagy a sérülés veszélye a másodlagos ütközések során. Jelenleg egy prototípus áll rendelkezésre, de több változatot vizsgálnak különböző kutatóintézetekben. A passzív védőrendszer már kettőt kielégít a három követelményből, de olyan megoldást keresnek, amely a szerkezeti anyagok integrálásával minden követelményt kielégít.



3. ábra Ejtési kísérletek PUR-EA habokkal különböző hőmérsékleteken

Példa az aktív védőrendszerre – légzsák

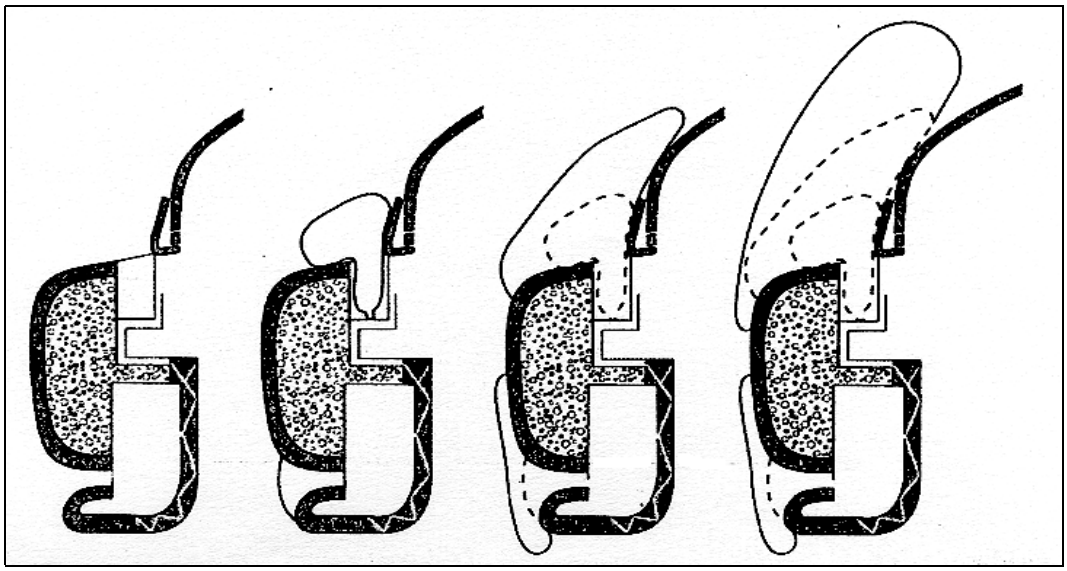
Számos aktív védőrendszert dolgoztak ki, amelyek felveszik az ütközés energiáját. Közülük itt a légzsákot mutatjuk be. Ennek alkalmazása is felvet bizonyos kérdéseket, pl. a biztonságos kioldás mechanizmusát. Olyan szenzorokra van szükség, amelyek közvetlenül az ütközés előtt megbízhatóan jeleznek, és működésbe hozzák a légzsákot. Egy passzív védőrendszernél az energiaátalakítás már 20 ms-mal az ütközés után bekövetkezik. A légzsáknak ennél sokkal hamarabb kell reagálnia. A légzsák, a fedél, az érzékelő és kioldó mechanizmus elhelyezése a karosszériában még nem megoldott. Az aktív rendszerek kidolgozása gondos tervezést igényel – meg kell ismerni a deformációs folyamatokat és az ütközési energia eloszlását. Ez még az ütközések gyors filmfelvételeinek birtokában sem egyszerű feladat. A véges elemes módszerrel végzett számítások pontosabb választ adnak ezekre a részletkérdésekre. Az autók törésvizsgálatára kidolgozott véges elemes programokat eredetileg az autó belsejében fennálló viszonyok jobb megismerésére fejlesz

tették ki, de ugyanolyan jól használhatók az autók külsején végbemenő deformációs viszonyok tanulmányozására is. A valóságban ezred másodpercek alatt lezajló, szemmel nehezen követhető folyamatok a számítógépes szimuláció segítségével sokkal jobban tanulmányozhatók. Ennek segítségével jobban meg lehet érteni:

- hogy mi történik a szerkezet belsejében, mielőtt a légzsák kinyílik,
- milyen feszültségek lépnek fel a külső burokban,
- hogyan viselkedik a tartószerkezet,
- milyen terhelésnek vannak kitéve a fém alkatrészek.

A szimuláció segítségével azonosíthatók a leggyengébb pontok és a geometriai paraméterek változtatásával virtuális modelleken hasonlíthatók össze és optimálhatók a konstrukciós variációk.

A klasszikus kísérletekben a változtatás többnyire próba-hiba módszerrel történik, és sok drága ismétlésre van szükség. Gyakran több mint 100 konstrukciót kell összehasonlítani, mire a megoldás megszületik. Ha szimulációt is végeznek, jóval kevesebb, aktuálisan is végrehajtandó kísérletre van szükség *(4 . ábra).*



4. ábra Az aktív védekezésnél használt légzsák kinyílásának szimulációja

A fenti példák azt mutatták, hogy a nyersanyaggyártók hogyan járulhatnak hozzá a maguk eszközeivel és tapasztalatával a közlekedésbiztonság javításához.

(Bánhegyiné Dr. Tóth Ágnes)

Queisser, J.; Geprägs, M. stb.: Trends bei Automobil-Scheinwerfern. = Kunststoffe, 92. k. 3. sz. 2002. p. 90, 92, 94, 96, 97.

Neuwald, H.-P.; Huland, K-.W.: Fussgängerschutz. = Kunststoffe, 92. k. 3. sz. 2002. p. 102–105.