

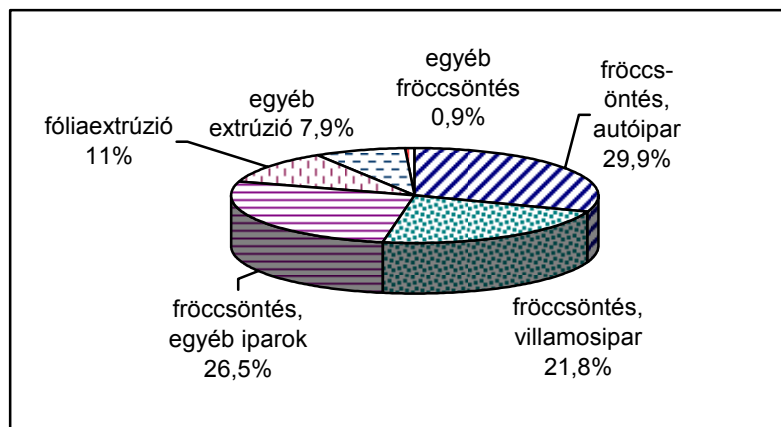
## Célirányosan fejlesztett poliamidkompaundok

A poliamidok a műszaki műanyagok egyik legsikeresebb anyagcsaládját képezik. A széles választékot a különböző kémiai felépítés mellett az adalékolás, az erősítés és a polimerek egymással való keverése teszi lehetővé. Az alábbiakban lényegében az összes jelentős poliamidgyártó fejlesztéseiről, új típusairól olvashatnak.

*Tárgyszavak: poliamid; műszaki műanyag; erősítés; mechanikai tulajdonságok; gyártók; fémhelyettesítés; piaci adatok.*

### Erősödik az európai poliamidgyártók helyzete

Az európai poliamidpiac az elmúlt 3 évben évente átlagosan 3,7%-kal nőtt, ami meghaladta a GDP 2,2%-os növekedési sebességét. Az AMI piackutató cég szerint a következő négy évben ez a növekedési ütem 3,5%-ra fog csökkenni, annak ellenére, hogy Közép-Európában a fejlődés továbbra is gyors, és az egész Unióban továbbra is 2,3%-os növekedést várnak. 2006-ban a PA kompaundok iránti kereslet összességében 863 ezer tonna volt, ami 2010-re várhatóan 986 kt-ra nő. (Az adatok a PA6, PA66 és a hőálló PA típusokra vonatkoznak.)



1. ábra A 2006. évi európai poliamidfelhasználás feldolgozási típusok és alkalmazási területek szerint

Ami a felhasználást illeti (1. ábra), a legnagyobb felhasználó továbbra is az autóipar. Az itteni terjeszkedés oka az volt, hogy nagy sikerrel helyettesítettek poliamiddal számos fémalkatrészt. Mivel a PA jól módosítható erősítő- és töltőanyagokkal, ütésál-

lóságot javító elasztomerekkel és egyéb adalékokkal, az anyag továbbra is nagy innovációs potenciált képvisel. A PA nem csak fémhelyettesítésre használható, hanem jól kombinálható fém alkatrészekkel is (pl. betétes fröccsöntés), koextrúzióval feldolgozható. Az AMI várakozása szerint az autóiipar PA igénye évi 4%-kal nőni fog még stagnáló gépkocsigyártás mellett is, és ez a növekedés alapozza meg a PA gyártás fejlődését. A villamosiparban gyengébb, 2,5%-os növekedést várnak – bár a fejlődés a közép-európai régióban ennél várhatóan gyorsabb lesz. Az is elképzelhető azonban, hogy bizonyos PA igények teljesen „kivándorolnak” Európából a gyártással együtt. A feldolgozó cégek konszolidációja fokozatosan előrehalad: a 100 legnagyobb autóiipari, villamosipari és csomagolóanyag-gyártó cég adta az európai PA felhasználás 32%-át.

Tekintettel arra, hogy az igény csak mérsékelten nő, ugyanakkor a kínálat jó, a gyártóknak és a kompaundálóknak még több figyelmet kell fordítaniuk a vevői igényekre, az új típusokra, ha nem akarják elveszíteni meglévő pozícióikat. A gyártók ezen a *2,6 milliárd EUR értékű piacon* megerősítették pozícióikat a független kompaundálókkal szemben. Csökkentették saját kompaundálási költségeiket, és szemmel láthatóan felosztották egymás között a piacot: nem mindegyik gyártó kínál minden típust. Az egyik legfontosabb fejlesztési irány a *jól folyó típusok kialakítása* volt, elsősorban az autóiipar igényeinek kielégítésére. Az elmúlt másfél évben több PA gyártó (pl. a **DSM** és a **BASF**) a műszaki műanyagok kínálatán belül megpróbálta újradefiniálni saját PA típusainak választékát, és a globális felhasználók világszerte egységes minőségű termékkel történő ellátását tűzték ki célul az összes kontinensen.

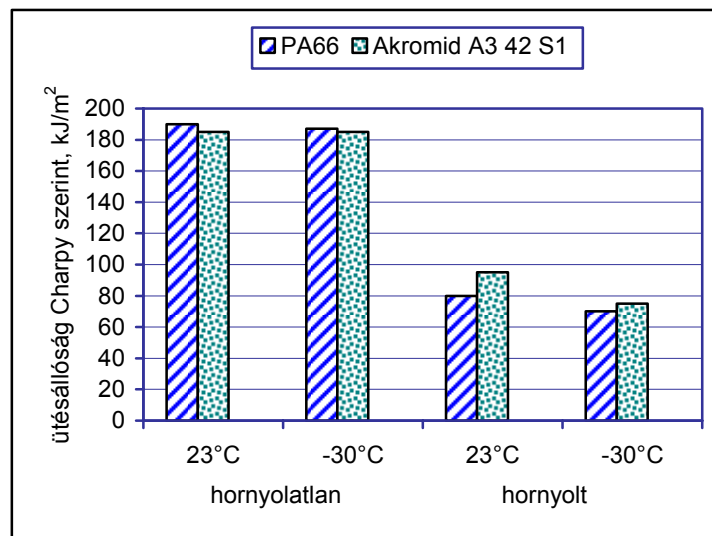
*Az igazán sikeres független kompaundálók száma inkább stagnál, mint nő. Ők főképpen speciális kompaundokra álltak rá, de foglalkoznak újrahasznosítással és bérkompaundálással is.* A kompaundálók nagyobb része nem csak poliamiddal foglalkozik, bár erre is van példa (ld. a **Frisetta** céget). A kompaundálók igyekeznek minél szélesebb választékot kínálni, részben saját kínálatukból, részben disztribútorként vagy kereskedőként. Az újrahasznosított kompaundok gyártását megnehezíti a megfelelő nyersanyag korlátozott hozzáférhetősége, a bérkompaundálás pedig önmagában nem kifizetődő.

## **Célirányosan fejlesztett poliamidkompaundok**

A kőolaj, az üzemanyagok és az energia árának növekedése a gyártókat és a felhasználókat egyaránt rákényszeríti arra, hogy takarékosabban bánjanak az anyagokkal. A gépkocsi- és haszongépjármű-gyártásban ez azt jelenti, hogy növelni kell a motorok hatékonyságát, és csökkenteni kell a járművek tömegét. Ennek része a *külső és belső fémalkatrészek lecserélése műanyagokkal*. A csere azonban rendkívül komplex feladat, amelynek sikeres teljesítéséhez többnyire speciális kompaundokra van szükség. A módosítással nem csak a mechanikai jellemzőket kell optimalizálni, hanem pl. a hőállóságot, a mérettartást vagy a vegyszerállóságot is.

A nem lakkozott alkatrészeknél pl. gondoskodni kell arról, hogy a PA-kompaundok ütésállóak és UV-sugárzással szemben ellenállóak legyenek. A vegyszerállósági követelmények elég komplexek lehetnek, pl. a fagyálló ablakmosó-folyadék a jégmentesítő sóval keveredve  $\text{CaCl}_2$  oldatot képez, amivel szemben a hagyományos PA6 és PA66 nem túl ellenálló, hamarosan fehér lepedék képződik rajta, amit a mátrix

bizonyos fokú kioldódása, majd a műanyag elszíneződése követ. A megfelelően módosított PA66 kompaund (pl. az *Akromid A3 42 S1* az **Akro-Plastic GmbH**-től) ennél sokkal kedvezőbb tulajdonságokat mutat, és ezért az ebből gyártott ablakmosóelemek és egyéb, azzal potenciálisan érintkező alkatrészek (díszrácsok, levegőbevezetést védő rácsok stb.) várható élettartama sokkal hosszabb lesz. A jobb vegyszerállóság mellett a kompaund ütésállóságát is optimalizálták. A hornyolt próbatesten mért ütésállóság mértéke a kompaundban megegyezik a módosítatlan poliamidéval (2. ábra). Ez a felptattanó köveknek és jégzilánkoknak kitett autóalkatrészeknél jelentős előny. Azt is meg kell azonban jegyezni, hogy a nem módosított PA66 CaCl<sub>2</sub> oldattal szembeni csökkent ellenállása valójában inkább csak esztétikai probléma, amely a mechanikai jellemzőket (modulust, szilárdságot, szakadási nyúlást) nem befolyásolja.



2. ábra Hidegen ütésálló PA66 mátrix és egy vegyszerállóság, valamint ütésállóság szempontjából optimalizált PA66 kompaund ütésállósága különböző hőmérsékleteken (baloldali 4 oszlop a hornyolatlan, jobboldali 4 oszlop a hornyolt próbatesteken mért eredményeket ábrázolja)

Az *Akromid* típusok között vannak ún. *RM (reduced moisture) típusok*, amelyek nedvességfelvétele akár 50%-kal is kisebb a poliamidoknál (PA6, PA66) megszokotthoz képest. Ennek hatására javulnak a mechanikai jellemzők és a mérettartóság. Ehhez kétféle kompaundot használnak fel, amelyek egyikében a keverékpártner részben kristályos, a másikban amorf polimer. Amint azt az *1. táblázat* mutatja, a részben kristályos második komponenst tartalmazó keverék mechanikai jellemzői nedvességfelvétel után sem változnak lényegesen a standard PA típushoz képest. A *2. táblázatban* a hosszú idejű áztatási vizsgálatok eredményei láthatók, amelyek szerint az új kompaundban lassabban változnak a tulajdonságok. A részben kristályos második komponenst tartalmazó keverék ugyanolyan jól feldolgozható, mint a tiszta poliamid, és a fázisok eloszlása is homogén, ami jó felületi tulajdonságokat eredményez. Az új

kompaund zsugorodása valamivel nagyobb, mint a tiszta poliamidé, ezt a szerszámtervezéskor figyelembe kell venni. A 30% és 50% üvegszáltartalmú típusokból kapcsolók, konnektorok és elektronikai alkatrészek és házak, valamint különböző motortérbeli alkatrészek készülnek.

1. táblázat

A csökkentett nedvességfelvételű *Akromid RM* típus tulajdonságainak összevetése egy standard üvegszál-erősítésű PA típusal

Tulajdonság	B3 GF 30 RM sw		B3 GF 30 1 sw	
	fröccs-száraz	500 h, 70 °C, 62% páratartalom	fröccs-száraz	500 h, 70 °C, 62% páratartalom
E-modulus, MPa	10 300	7200	9600	5900
Szilárdság, MPa	170	112	175	103
Szakadási nyúlás, %	2,6	4,4	3,0	5,8
Ütésállóság, hornyolt próbatesten, kJ/m <sup>2</sup>	12	16	13	18
Nedvességfelvétel, %	–	1,7	–	2,2

2. táblázat

Az 1. táblázatban bemutatott két poliamid típus mechanikai tulajdonságainak változása hosszú idejű vizes áztatás után

Tulajdonság	B3 GF 30 RM sw			B3 GF 30 1 sw		
	fröccs-száraz	500 h/150 °C	1000 h/150 °C	fröccs-száraz	500 h/150 °C	1000 h/150 °C
E-modulus MPa	10 300	106 000	10 900	9600	9700	10 400
Szilárdság MPa	170	145	142	175	140	138
Szakadási nyúlás, %	2,6	1,7	1,6	3	1,6	1,6
Ütésállóság hornyolt próbatesten kJ/m <sup>2</sup>	12	12	12	13	10	10

A másik kompaund amorf keverékkomponenst tartalmaz. A cél itt fényes, lakkozható felületek, vagy éppen ellenkezőleg: erősen matt felületű belső térbeli elemek előállítása. Az amorf komponens hatására csökken a zsugorodás abszolút értéke és anizotrópiája (vagyis a folyásirányban és arra merőlegesen mért zsugorodás hányadosa). Ennek hatására csökken a vetemedés valószínűsége is. A nagy fényességű típusból oldalfalborításokat terveznek készíteni teherautókban és más haszongépjárművekben, a matt változatot viszont beltérre szánják. Már régen keresnek olyan műanyag felületet, amely elég esztétikus ahhoz, hogy el lehessen tekinteni a lakkozástól.

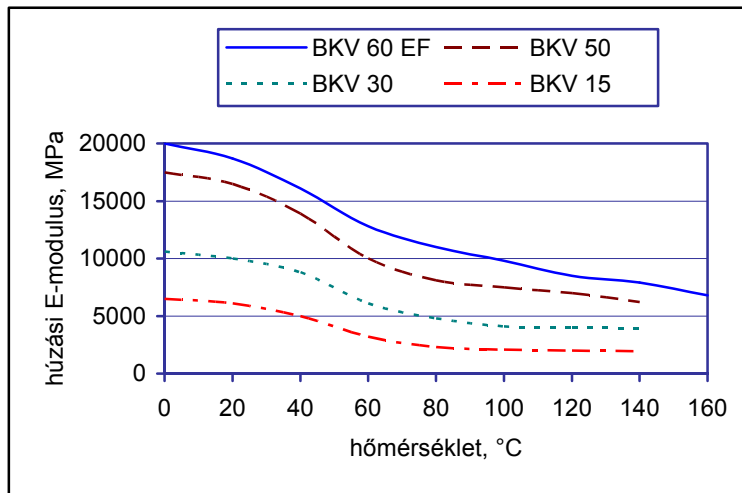
Az Akro-Plastic cégnél – *Akroloy* márkanéven – PA66 és hőálló amorf kopoliamid alapon kifejlesztettek egy kompaundot, amely alkalmas fémek helyettesí-

tésére, pl. sárgaréz kiváltására a higiéniai alkalmazásokban. A polimermátrix természetesen erősítőanyagot is tartalmaz: 50–60% üvegszálat. A higiéniai célú keverékek ivóvízzel is érintkezhetnek. Az új kompaundoknak jobb a hőállósága (magasabb a HDT értéke) és kisebb a nedvességfelvétele, mint a standard típusokénak, a 80 °C-os szakítószilárdság is kb. 15%-kal nagyobb. Néha egy egyszerű töltőanyag-módosítás is nagy változásokat eredményez: egy ásványi anyaggal töltött *Akroloy* blendet (*PA M 40*) jó felületi jellemzői miatt kitűnően lehet lakkozni vagy galvanizálni.

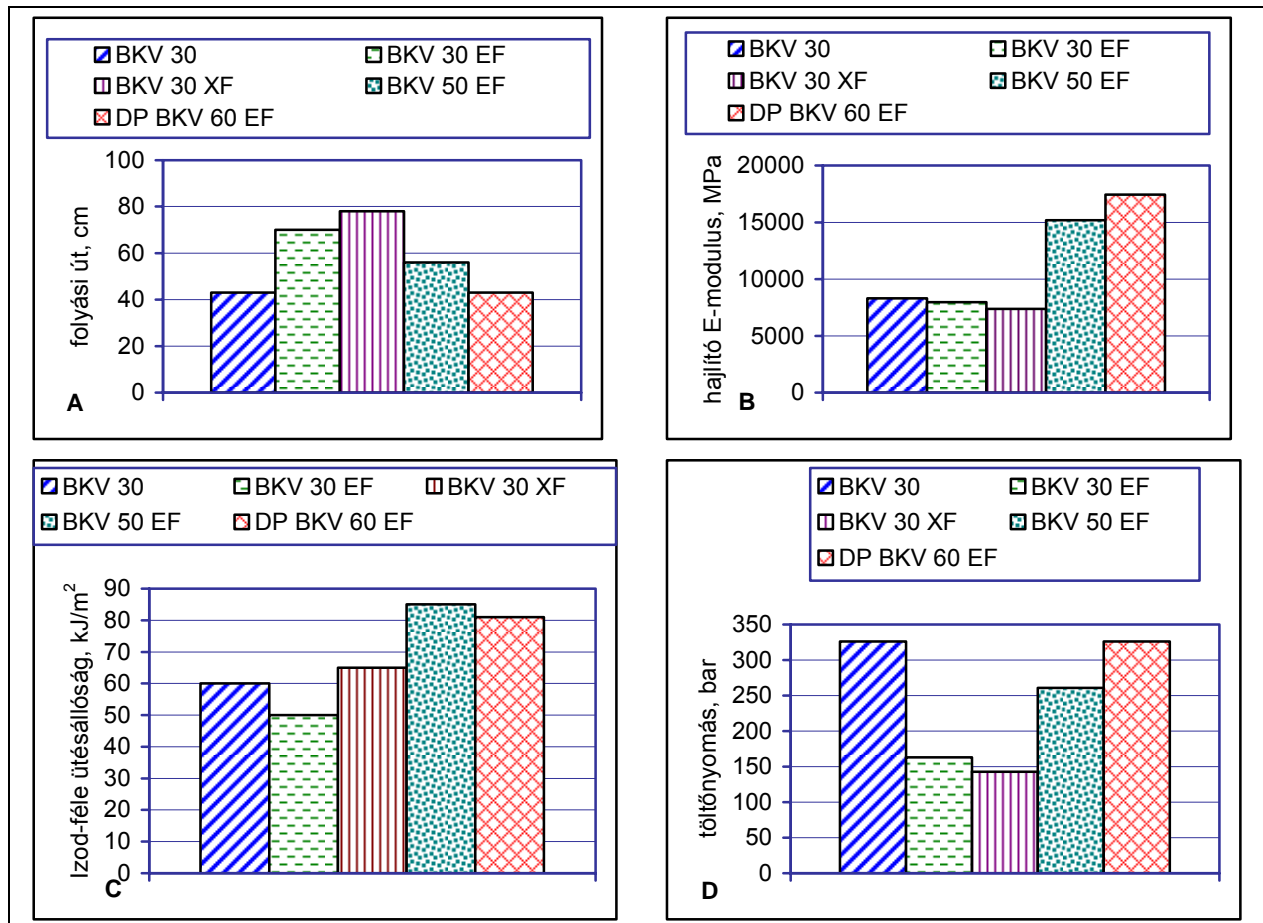
## **Poliamid-fém hibrid konstrukciók**

Manapság az egyik fontos fejlesztési irányzat a *nagy töltöttségű, mégis jól folyó poliamidok* létrehozása. A **Lanxess AG** ezen típusai a *Durethan BKV 50 EF* és a *Durethan DP BKV 60 EF*, amelyek 50, ill. 60% üvegszálat tartalmaznak. Ezeknek a kompozitoknak a jellegzetessége a rendkívül nagy merevség. A 60% üvegszálat tartalmazó anyag húzómodulusa 19 000 MPa (száraz állapotban), ami több mint kétszerese a standard PA-ból készült, 30% üvegszálat tartalmazó *Durethan BKV 30 H2.0* típusénak. A modulus a növekvő hőmérséklettel is lassan csökken (*3. ábra*): a 60% üvegszálat tartalmazó anyag modulusa még 170 °C-on is nagyobb, mint a töltetlen PA6-é 30 °C-on. A nagyobb merevség és a sokkal nagyobb üvegszáltartalom ellenére a *BKV 60*-as típus folyóképessége megegyezik a *BKV 30*-éval (*4. ábra*). A *BKV 50* típusé még ennél nagyobb is. A 30% üvegszálat tartalmazó típushoz képest az erősen töltött típusok ütésállósága is javul, ami ugyancsak nem magától értetődő eredmény, sőt a felület minősége sem romlik. Csökken a hőtágulás és a vízfelvétel, ami javítja a mérettartóságot. A magas hőmérsékleten is megmaradó merevség csökkenti a gyártás ciklusidejét is, hiszen magasabb hőmérsékleten el lehet távolítani a fröccsdarabot a deformáció veszélye nélkül. A nagy töltőanyag-tartalom a hővezető képesség növelése révén csökkenti a hűlési időt is, ami hozzájárul a gyártás gazdaságosságához. Ha összehasonlítjuk a *hosszú üvegszálas PP*-vel (amellyel több alkalmazásban is versenyez), az erősen töltött PA nem csak hogy hőállóbb, de szilárdsága, szakadási nyúlása is nagyobb, valamint stabilabb hegesztett kötések képez. A homogén száeloszlás kisebb szórást eredményez a tulajdonságokban, sőt furcsa módon az anyag inkább izotróp, mint a kevesebb szálat tartalmazó típusok, amely kisebb vetemedést is eredményez.

Az erősen töltött poliamidokból készíthetők tiszta műanyag tárgyak, de fémmel kombinált hibridek is. Az erősen töltött poliamidminták merevebbek, mint a hagyományos típusok, húzásból számított modulusértékeik 70–100%-kal, szakítószilárdságuk 20–50%-kal nagyobb azokénál. A motortérben az új anyagokkal olyan alkatrészek helyettesíthetők, mint a beszívócsövek, szelepfedelelek, olajmodulok stb., amelyeket könnyűfém ötvényekből (alumínium és magnézium) is gyártanak. A peremezett, nagy nyomáson is tömítő alkatrészek, egységek esetében még egy előnye van az erősen töltött poliamidoknak: *a kúszással szembeni ellenállás*, amely pl. hajtóelemeknél vagy olajkádaknál lehet fontos. A merevebb és kisebb kúszást mutató új anyagok lehetővé teszik, hogy csökkentsék az érintkező elemek biztos zárásához szükséges összecsavarozási pontok számát.



3. ábra Különböző Durethan poliamid típusok húzási E-modulusának hőmérsékletfüggése



4. ábra Különböző mennyiségű üvegszál tartalmazó PA típusok fontosabb feldolgozási és fizikai jellemzőinek összehasonlítása  
A: folyási út; B: hajlítómodulus; C: ütésállóság Izod szerint; D: töltőnyomás.

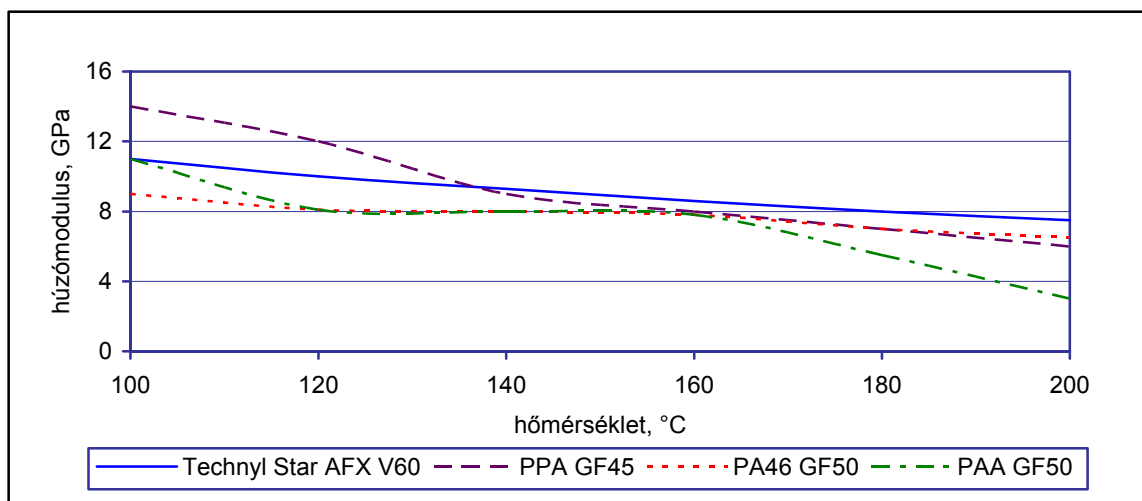
Különösen jól használható a 60% üvegszállal erősített PA6 a fémmel kombinált hibridekben. Összehasonlító vizsgálatok szerint egy U keresztmetszetű, bordázott tartóelemnél a *BKV 30 H2.0* típushoz képest kétszer akkora volt a hajlítás során mérhető maximális erő. Ez azt is jelenti, hogy a szerkezet lényegesen nagyobb energiát tud felvenni tönkremenetel nélkül, vagyis ilyen elemeket jól fel lehet használni a karosszéria merevítésénél. Elvben arra is lehetőség van, hogy a lemezek egy részénél is műanyaggal helyettesítsék a fémet – különösen ott, ahol a műanyag könnyebb alakíthatóságát ki lehet használni (bonyolultabb alakú alkatrészeknél). A hibridtechnológia egyik fontos alkalmazása a hűtőrácsok gyártása, amelyekből 25 millió darabot gyártanak 55 különböző gépkocsitípushoz *Durethan* anyagok felhasználásával. Vannak azonban más fontos alkalmazások is: pl. tetőelemek, gáz- és fékpedálok. A hagyományos típushoz képest a *Durethan DP BKV 60 EF H2.0* alkalmazásával a gyártási költségek 30–40%-kal is csökkenthetők. Az így készült alkatrészek a legigényesebb terhelési vizsgálatokban is jól vizsgáztak. Elvben arra is lehetőség nyílik, hogy 2K fröccsöntéssel két különböző töltöttségű PA típust is kombinálni lehet, és így ugyancsak érdekes hibrid konstrukciókat lehet kialakítani. Olyan hűtőrácsokat is kifejlesztettek, amelyekbe integrálni lehetett a fényszórót. A laposabb, kisebb terhelésnek kitett elemeket a kevésbé merev *Durethan BKV 30 EF H2.0* típusból, a merevebb, teherhordó elemeket pedig a *Durethan DP BKV 60 EF H2.0* típusból készítették, és így mintegy 3 kg tömegcsökkenést értek el.

A Lanxessnél rendelkezésre áll egy olyan szimulációs program is, amellyel ki lehet számítani, hogy a maximális merevség eléréséhez hová és milyen méretű merevítőbordát érdemes elhelyezni. A program a rendelkezésre álló térből indul ki, de figyelembe veszi a termékeltávolítás szempontjait is. Az optimalizálás általában segít a darabsúly csökkentésében is. Miután meghatározták a bordák optimális helyét, egy második, külön lépésben optimalizálják a borda vastagságát. Egy hibrid hűtőrácsszerkezet esetében a program első lépcsőjében 20%-kal, második lépcsőjében további 10%-kal lehetett csökkenteni a vetemedést – azonos minőségű anyag felhasználásával, azonos költségek mellett. A szimuláció fontos szerepet játszik a szálorientáció előrejelzésében is, ami ugyancsak jelentősen befolyásolja a vetemedést. Az úgynevezett integratív szimuláció alkalmazásával összekapcsolják a feldolgozási folyamat szimulációját az utólagos szerkezeti analízissel. Ez az anizotróp ömledékeknél sokkal pontosabb tervezést és optimalizációt tesz lehetővé.

## **Fémhelyettesítés töltött poliamidokkal**

Természetesen nem csak a Lanxess fejlesztett ki nagy folyóképességű, erősen töltött poliamid típusokat, hanem más fontos PA gyártók is, köztük a **Rhodia**. A fémkiváltás területén a versenytársak először olyan különleges poliamidokkal próbálkoztak, mint a poliamid 4,6, a poliftalamid vagy a poliarilamidok. Ma már a PA66 polimerizációs technológiája lehetővé teszi, hogy 60% üvegszálat tartalmazó kompozitokat állítsanak elő, amelyek (különösen magasabb hőmérsékleten) vetekszenek a kisebb

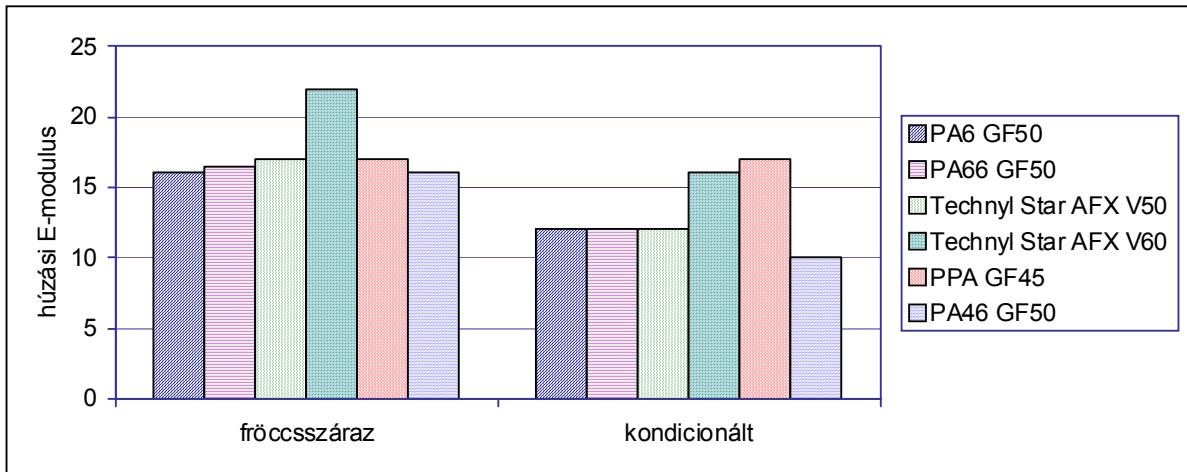
üvegszáltartalmú speciális poliamidok mechanikai tulajdonságaival (5. ábra). Annak ellenére, hogy a műanyagok számos előnyt kínálnak a fémekkel szemben, az átállás nem automatikus. A fémöntvények tervezésében és fejlesztésében több évtizedes tapasztalat áll rendelkezésre, a fémeknek jobb a hőállósága, nagyobb a szilárdsága, meg lehetőségen egyenletesebb a tulajdonságai. Adott alkalmazás azonban ezeket a tulajdonságokat nem igényli feltétlenül, ezért érdemes helyettesítő anyagot keresni, különösen, ha figyelembe vesszük a műanyagok fémekkel szembeni hagyományos előnyeit, mint az olcsóbb anyag, a tervezési szabadság, az utómegmunkálás elmaradása stb. Kompromisszumos megoldást jelentenek a fém-műanyag hibridek. A műanyagok azonban nem csak a fémekkel, de egymással is versenyben állnak. A drága különleges műszaki műanyagokat gyakran próbálják meg olcsóbb műszaki műanyagokat (pl. PA6 vagy PA66-t) tartalmazó kompaundokkal kiváltani. A 6. ábra néhány, fémhelyettesítésre használt poliamidkompaund húzómodulusát hasonlítja össze fröccsszáraz és nedvesen kondicionált állapotban.



5. ábra A 60% üvegszálat tartalmazó PA66 (*Technyl Star AFX V60*) húzómodulusának hőmérsékletfüggése más, speciális poliamid kompaundéval összehasonlítva (PPA = poliftálamid, PA46 = poliamid 4,6, PAA = poliarilamid)

Ahhoz, hogy egy műanyag számításba jöjjön fémek helyettesítésére, minimum a következő követelményeknek kell megfelelnie:

- nagy merevség és mérettartás,
- nagy szakítószilárdság és szívósság,
- a kedvező tulajdonságok magas hőmérsékleten való megtartása,
- versenyképes ár.



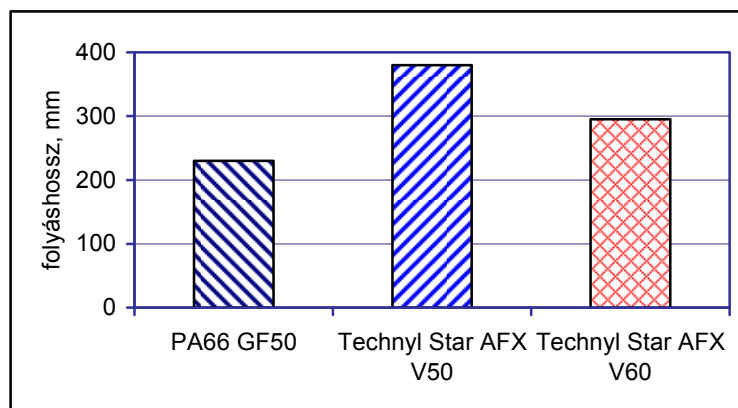
6. ábra Néhány, fém helyettesítésére alkalmas műanyagkompaund húzómodulusa fröccsszáraz (0% nedvességtartalom) és 50%-os relatív páratartalom mellett kondicionált állapotban

3. táblázat

Az 50, ill. 60% üvegszálat tartalmazó *Technyl Star* (Rhodia) típusok néhány jellemzője

	egység	állapot	Technyl Star	
			AFX 218 V50	AFX 218 V60
			fekete 31 N	fekete 31N
Fizikai jellemző				
Vízfelvétel (24 h, 23 °C)	%	–	0,73	0,60
Sűrűség	g/cm <sup>3</sup>	–	1,56	1,69
Zsugorodás (folyásirány)	%	–	0,34	0,32
Zsugorodás (folyásra merőlegesen)	%	–	0,42	0,39
Mechanikai jellemzők				
Húzó E-modulus	MPa	száraz/nedves	17 000/12 000	22 000/16 000
Húzószilárdság	MPa	száraz/nedves	255/180	268/195
Hajlító E-modulus	MPa	száraz/nedves	15 000/-	19 000/-
Hajlítószilárdság	MPa	száraz/nedves	380/-	416/-
Ütésállóság (Charpy, hornyolatlan)	kJ/m <sup>2</sup>	száraz/nedves	100/104	96/101
Ütésállóság (Charpy, hornyolt)	kJ/m <sup>2</sup>	száraz/nedves	15/21	14/22
Ütésállóság (Izod, hornyolatlan)	kJ/m <sup>2</sup>	száraz/nedves	88/91	85/93
Ütésállóság (Izod, hornyolt)	kJ/m <sup>2</sup>	száraz/nedves	17/21	18/21
Termikus jellemzők				
Olvadáspont	°C	–	264	264
Terhelés alatti behajlás (1,8 MPa)	°C	–	256	256

Ebből az következik, hogy az alappolimernek hőállónak kell lennie, sok erősítőszálat kell hozzáadni, és megfelelő adalékot kell alkalmazni az ütésállóság javítása érdekében. A kompaundnak magas hőmérsékleten stabilnak és jól feldolgozhatónak kell lennie. A jó feldolgozhatóság kis viszkozitást jelent, hogy az anyag könnyen behatoljon a kis falvastagságú szakaszokra is. A kisebb molekulatömeg alacsonyabb olvadáspontot és rövidebb hűtési és ciklusidőt is jelent. A felületi jellemzőknek elég jónak kell lenniük, különösen, ha látható termékekről van szó. Ehhez arra van szükség, hogy az erősítőanyag részecskéi jól beágyazódjanak, kívül csak a polimerfelület látszódjék, és az ömledék jól leképezze a szerszám felületét. Mindebben nem csak a viszkozitás játszik szerepet, hanem a kristályosodási sebesség is. Ezek a követelmények eddig is ismertek voltak, de csak mostanra sikerült *megfelelő kompromisszumot elérni a kedvező mechanikai jellemzők, a folyási tulajdonságok és a felületminőség között.* Az 50, ill. 60% üvegszálat tartalmazó *Technyl Star* típusok néhány jellemzőjét a 3. táblázat foglalja össze. Az új típusok folyóképessége sokkal jobb a hagyományos, 50% üvegszálat tartalmazó típusokénál (7. ábra). A jobb folyóképesség azt is jelenti, hogy javul a varratszilárdság, csökken a befagyott feszültség, a töltőanyag-lerakódás a szerszámban és a kopás. Ez utóbbi javítja a szerszám élettartamát és csökkenti a karbantartási költségeket.

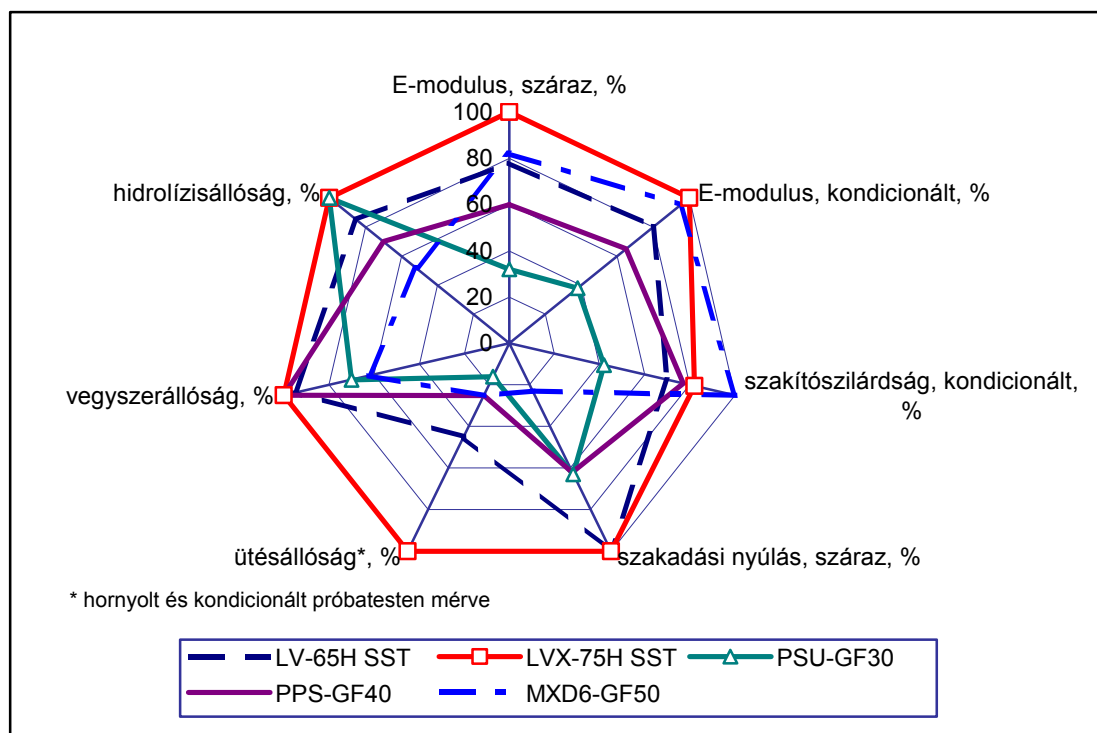


7. ábra Az új polimerizációs technológiát alkalmazó kompaundok (Technyl Star AFX) folyóképessége (spirálszerszámban) a hagyományos típusokkal összehasonlítva

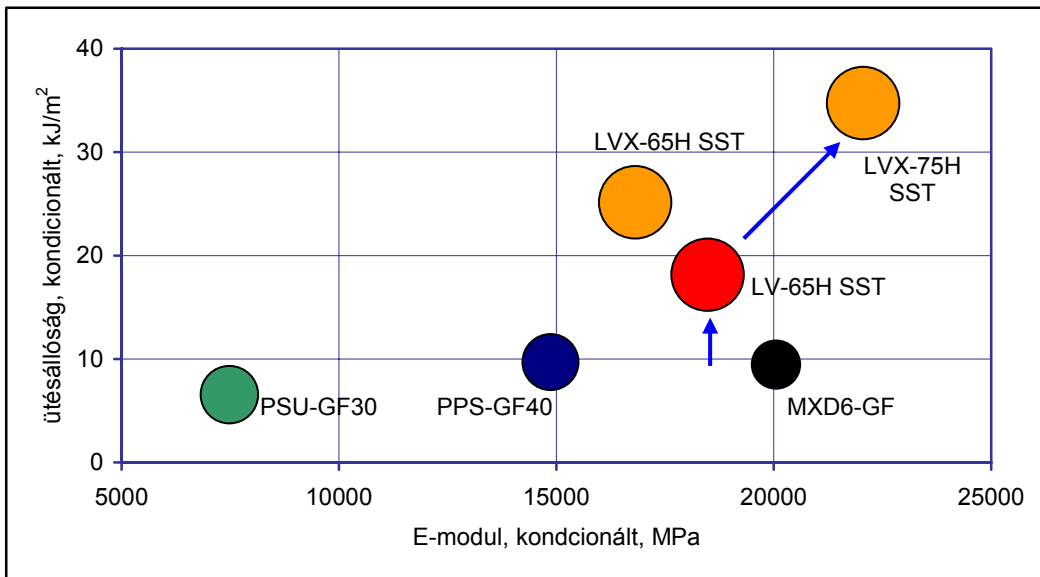
## Merev és szívós PA12 típusok

Az **Ems-Grivory** cég által gyártott *Grilamid* márkanévű PA12 típusok ismert előnyei közé tartozik a többi poliamidhoz képest kisebb vízfelvétel, és a jobb hidrolízis- valamint vegyszerállóság. Ezzel együtt jár a kiváló méretstabilitás, valamint a kitűnő időjárás- és hőrepedés-állóság. Mechanikai tulajdonságai közül kiemelkedik az ütésállóság – még magas hőmérsékleten is. Fémhelyettesítés céljára kifejlesztettek olyan kompaundokat, amelyek merevsége lényegesen nagyobb az alappolimerénél. Ezeket *Grilamid SST* (super stiff and tough, azaz különlegesen merev és szívós) jelöléssel látták el. A harmadik, kiemelten kezelt jellemző ezekben a kompaundokban a szilárdság. Tovább növelik az üvegszállal erősített, már ismert *Grilamid* típusok elő-

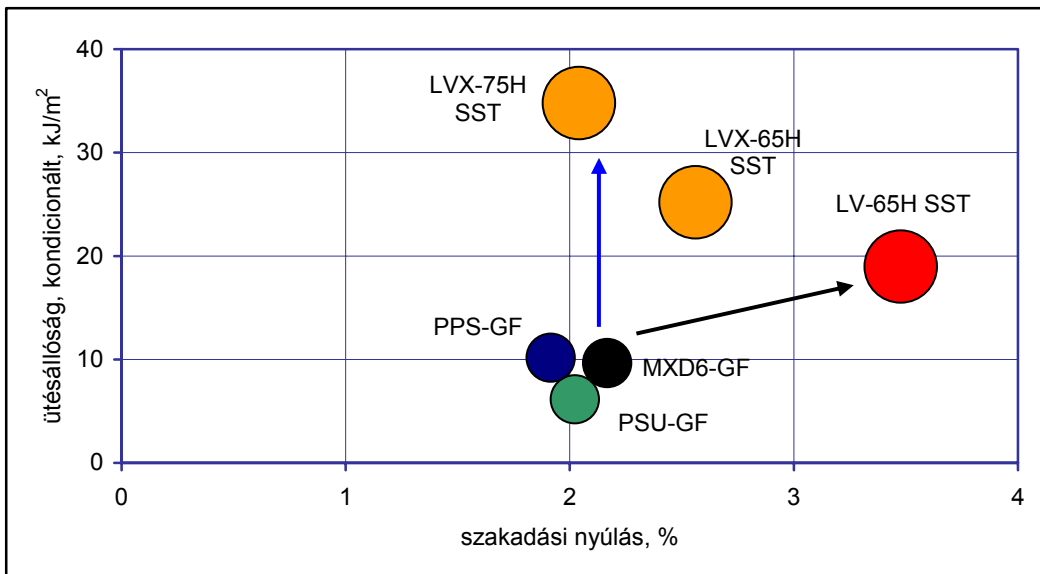
neyeit a szerkezeti alkalmazásokban, így például a tartós és nagy energiafelvételt, ami abban nyilvánul meg, hogy egyszerre javítják a hornyolt próbatesten mért ütésállóságot és a szakadási nyúlást. Ezek az anyagok ideálisan alkalmazhatók különböző laboratóriumi, orvostechnikai, azon belül fogászati berendezések alkotórészeiben, itt ugyanis nem csak nagy merevségre és szilárdságra van szükség, hanem jó vegyszerállóságra és sterilizálhatóságra is. A *Grilamid SST* jellemzői több száz, 134 °C-os, 2 bar nyomáson végzett sterilizálási ciklus után sem romlanak. A *Grilamid SST* legegyszerűbb típusának is 18 000 MPa a modulusa, amivel versenybe szállhat az olyan ismert fémhelyettesítő műanyagokkal, mint a PPS-GF [üvegszálaspoli(fenilén-szulfid)], a PSU-GF (üvegszálaspoliszulfon) vagy a PA MXD6-GF (üvegszálaspoliaromamid). A szakadási nyúlása viszont (3,5%) jóval nagyobb a versenytársakénál, ami nagyobb ütésállóságot és energiaelnyelő képességet jelent (8. ábra). Vannak olyan *Grilamid SST* típusok, amelyek merevsége a 22 000 MPa-t is eléri anélkül, hogy az ütésállóságuk romlana. Ezek a rendkívül ütésálló típusok 25–35 kJ/m<sup>2</sup>-s hornyolt ütésállósággal jellemezhetők. Eddig ilyen ütésállóságot csak hosszú szálaspoli kompozitokkal lehetett elérni, amelyek merevsége azonban kisebb volt, és különleges kivánalmakat támasztottak a feldolgozással szemben is. A különböző konkurens anyagok „tulajdon-ságtérképét” hasonlítja össze a 9. és 10. ábra. A kiváló ütésállóságot a fröccsöntött termékeken végzett ejtővizsgálatok is igazolták, ahol jó korreláció mutatkozott az ejtőtömeges és a hornyolt ütésállósági vizsgálatok eredményei között.



8. ábra Néhány, fém helyettesítésére alkalmas polimertípus jellemzőinek összehasonlítása. 1: Grilamid LV-65H SST, 2: Grilamid LVX-75 H SST „rendkívül ütésálló”, 3: PSU-GF30, 4: PPS-GF40, 5: PA MXD-GF50



9. ábra A kondicionált állapotban hornyolt próbatestenen mért ütésállóság és a modulus közötti összefüggés fém helyettesítésére alkalmas műanyagok esetében



10. ábra A kondicionált állapotban hornyolt próbatestenen mért ütésállóság és a szakadási nyúlás közötti összefüggés fém helyettesítésére alkalmas műanyagok esetében

Akárcsak a korábban bemutatott PA6 és PA66 kompozitoknál, itt is különleges figyelmet szenteltek a vetemedés csökkentésének a folyóképesség javításával. A standard *PA12-GF50* típushoz képest a *Grilamid LVX-65H SST* csak kb. negyedakkora vetemedést mutat. Ez azzal van összefüggésben, hogy a *Grilamid SST* típusok folyóképessége (spirál úthossza) összemérhető a töltetlen PA12 típusokéval. A legkisebb precíziós alkatrészek is problémamentesen és feszültségmentesen előállíthatók, tehát a rendkívül jó ütésállósági jellemzők vékony falú termékek gyártásánál is hasznosíthatók. A falvastagság maximuma kb. 12 mm; ezt az értéket más műszaki műanyagokkal gyakran nehéz megvalósítani a zsugorodási feszültségek és az üregképződés miatt.

A *Grilamid SST* széles hőmérséklet-tartományban feldolgozható, a szerszámhőmérséklet 100 °C alatti. Ez biztonságosabb feldolgozást tesz lehetővé, mint a PPS, PSU vagy a PA MDX6 esetében, ahol a szerszámfal hőmérséklete 160 °C kell hogy legyen – és ez csak olajtemperálással érhető el. A PPS és a PSU ömledék-hőmérséklete 340–390 °C, a feldolgozhatósági tartomány jóval szűkebb. Ez különösen komplex szerszámoknál fontos. A *Grilamid SST* alkalmazásával kis selejthányad, energia- és költségmegtakarítás érhető el. A *Grilamid SST* jól kombinálható lágy műanyagokkal (szilikon, PEBA, TPE, TPU), valamint átlátszó poliamidokkal (*Grilamid TR*) több komponensű fröccsöntési technológiákban. Felhasználható pl. vízzáró kémlelőablakok, képernyők stb. előállítására háztartási, elektronikai, hajózási vagy sporteszközökben.

## Energiahatékonyság és a műszaki műanyagok

A K'2007 kiállításon is látni lehetett, hogy a környezetvédelmi (emissziócsökkentési, vegyszerbiztonsági, újrafeldolgozási) szempontok milyen fontos szerepet játszanak a műszaki műanyagok fejlesztése és marketingje területén. Ezen belül is előkelő helyet foglal el a gépjárműgyártás, ahol nem csak az általános tömegcsökkentést, de a szigorodó kibocsátási és utasbiztonsági előírásokat is figyelembe kell venni. A Lanxess korábban említett *Durethan BKV 35 H2.0* PA6 kompaundjával a **Citroen C4 Picasso** gépkocsijánál 12 kg tömegcsökkenést lehetett elérni. Ehhez hozzájárult a merevítő alkatrész mellett a szerkezeti hab alkalmazása is, amely a katódos merítőlakkozás utáni szárítási fázisban duzzadt meg és kötött hozzá a merevítő alkatrészhez. Az új megoldással nem csak a tömeg csökkent, hanem az utasbiztonság is jelentősen javult. A nehézgépjárműveknél a **MAN** cég a **DuPont Crastin** márkanevű, üvegszálalás PBT típusával ért el jelentős tömegcsökkentést.

A tömegcsökkentést szolgálja a kétkomponensű fröccsöntés is. A *Smart* 1,2 m<sup>2</sup>-s napfénytetője a polikarbonátból (Makrolon AG2677) fröccsöntött egyik legnagyobb alkatrész, amelyre második komponensként öntik rá a PC/ABS (Bayblend DP T95ME) keretet. A keveréket külön erre a célra fejlesztették ki, hogy elég kicsi legyen a zsugorodása és a vetemedése. Az üveg műanyagra cserélése 40%-os tömegcsökkenést eredményezett. A későbbiekben akár 1,7 m<sup>2</sup>-s tetőelemek is elképzelhetők, amelyekbe integrálni lehet a tetőspoilert, a világítást stb.

Az acél alumíniummal történő felváltását segítik elő az alumínium-műanyag hibridek, amelyekkel az **Audi TT** modellben pl. 15%-os tömegcsökkentést lehetett elérni. Ezzel a megoldással számos funkciót integráltak az alkatészbe. A **BASF AG Ultramid Top 3000** márkanévű, PPE + PA66 keverékéből lakkozható karosszériaelemek készülnek, amelyek kibírják a lakkozás és beégetés során fellépő 200 °C-os hőmérsékletet, és amelyekkel elérhető az autóiparban megkövetelt „A” jelű felületminőség.

A **Ticona Hostaform EC140XF** típusát olyan üzemanyag-továbbító rendszerekhez használják, ahol fennáll az elektrosztatikus feltöltődés veszélye. A műanyagnak nem csak vezetőnek kell lennie, hanem nyomásállóknak is, és ki kell bírnia a forró dízelolajjal való érintkezést. A DuPont cég erősítetlen **Zytel** poliamidjából rekordméretű, háromdimenziós, bonyolult alakú fűvott szellőztetőegységet állítottak elő, de ehhez különleges robottechnológiára volt szükség, amely az extrudált tömlőt menet közben pontosan megformázta. A Lanxess egy hasonló célú üreges testet inkább vízutánnomásos fröccsöntéssel készített el nagy folyóképességű **Durethan DP AKV 30 X HR EE** típusából. A víz nagyobb hőkapacitása miatt ezzel a technológiával jóval rövidebb ciklusidő érhető el, mint a gázutánnomásos technológiával. A poliamid hűtőcső tartósan 125 °C-ig, időlegesen 143 °C-ig volt terhelhető. Tartós vegyszerrel történő érintkezés után is jól bírta az 5 bar-os nyomásvizsgálatot –40 és 135 °C között.

A **BASF** ugyancsak több PA6 típust fejlesztett ki vízutánnomásos technológiához, ilyenek pl. az **Ultramid A3HG6 WIT**, az 50% üvegszál-tartalmú **Ultramid B3G10 SI** vagy PBT-ből az **Ultardur B4040G10 WIT**. Az **Ultramid CR** márkanévű PA6 és PA66 típusokat ütészállóság szempontjából optimalizálták, hogy a törési vizsgálatokban megfelelően viselkedjenek. Olyan részletes adatokat szolgáltatnak róluk, hogy a legfejlettebb törésszimulációs vizsgálatok is elvégezhetők legyenek rajtuk.

A **DSM** cég többféle új poliamiddal is jelentkezett a piacon: az **Akulon XP** nagy viszkozitású PA6 típus csomagolástechnikai alkalmazásokra, míg az **Akulon Ultraflow** (PA6) és a **Stanyl High Flow** és **Super Flow** (PA46) nagy folyóképességű típusok. Az **Akulon Ultraflow folyóképessége kb. 80%-kal haladja meg a hagyományos PA6 típusokét**, ami 25%-kal kisebb ciklusidőt és kitűnő felületi tulajdonságokat eredményez. A nagy folyóképességű **Akulon** termékek elérhetők 15–60% üvegszál- vagy 30–40% ásványi anyagos töltéssel is.

A **GE Plastics** (amely tulajdonosváltás miatt ma **Sabic Innovative Plastics** néven szerepel) olyan új **Valox** (PBT) típusokat fejlesztett ki, amelyek halogénmentes égésgátlót tartalmaznak, ezért megfelelnek az EU RoHS (veszélyes anyagok villamosipari és elektronikai felhasználását korlátozó) és WEEE (a villamosipari és elektronikai hulladékokra vonatkozó) irányelveinek. Ezt az anyagot rendszerint csatlakozásokban, relékben és egyéb elektronikai alkatrészekben használják. A **DSM Xantar C** (ABS+PC), **Arnite XG** (PBT) és **Akulon Ultraflow** (PA6) típusaiban is megszüntették a halogénezett égésgátlók használatát. A **Bayer MaterialScience Bayblend DP 3008 HR** néven rendkívül jó hidrolízisállóságú PC+ABS keverékkel jelentkezett, amely ugyancsak brómmentes és nedves körülmények között (mosogatógépek, szárítógépek, akkumulátorházak stb.) is biztonságosan használható. A **Bayer Makrolon** PC típusai is megfelelnek a korszerű égésgátlás követelményeinek és még UV-védelemmel is el

vannak látva. Van két nem erősített átlátszó, ill. áttetsző (2467 és 6357) típus, egy nem erősített opak (6267) és egy 10% üvegszállal erősített (9417) típus is. A Lanxess *Durethan DP 1852/30* és *DPE A30SFN30* típusai megfelelnek a magukra hagyott háztartási berendezések gyúlékonyságára vonatkozó IEC/EN 60335-1 szabványnak, amely lehetővé teszi olyan műanyagok beépítését, amelyek előzőleg sík próbákon kiállták az izzóhuzalos vizsgálatot – tehát el lehet tekinteni a késztermékek izzóhuzalos vizsgálatától.

A **Rohdia Polyamide** a K'2007-en olyan újdonságokkal jelentkezett, mint a nagy folyóképességű PA66, a *Technyl SI* (különleges ütésállósággal), a *Technyl XT* (extrúziós és fúvási típusok) és a *Technyl XCell* (habosítható típus). A **Degussa GmbH** PMMA termékeinek karcállóságát egy, a **Krauss-Maffei** céggel közösen kifejlesztett technológiával javítja: a fröccsprégelt mintát még a szerszámban karcálló reaktív akrilátréteggel borítja, amely nem zavarja a késztermék eltávolítását, és amelyet ezután UV-sugárzással keményítenek ki.

Összeállította: Dr. Bánhegyi György  
www.polygon-consulting.ini.hu

Europe's PA manufacturers strengthen. = *Plastics Engineering*, 63. k. 9. sz. 2007. p. 6.  
Wutke, T.; Bergmann, L.: Werkstoffe für Anwendungen massschneidern. = *Kunststoffe*, 97. k. 12. sz. 2007. p. 116–119.  
Zimnol, R.; Klocke, M.: Konstruieren mit neuen Freiheiten. = *Kunststoffe*, 97. k. 9. sz. 2007. p. 232–236.  
Zschau, A.; Ziemer, W.: Leicht fließendes, hoch gefülltes Polyamid. = *Kunststoffe*, 98. k. 4. sz. 2008. p. 70–72.  
Felsberger, F.: Steif, zäh und beständig. = *Kunststoffe*, 98. k. 2. sz. 2008. p. 78–80.  
Energieeffizienz wird immer wichtiger. = *Kunststoffe*, 97. k. 9. sz. 2007. p. 138–142.

## Röviden...

### Új helyen a MÜKI LABOR Kft.

A MÜKI nevet, s ezzel a hajdani **Műanyagipari Kutatóintézet** szakmai igényességét őrző **MÜKI LABOR Kft.** új helyre, a tizenegyedik kerületi Budafoki út 187-189-be költözött. A megfelelő műszeres felszereltséggel rendelkező akkreditált vizsgálólaboratórium, a cég munkatársainak szakmai tapasztalata, nyelvtudása biztosítja, hogy az ipar bármely területéről érkező, műanyag alapanyaggal, technológiával vagy termékkel kapcsolatos problémára megoldást tudnak nyújtani.

A MÜKI LABOR Kft. tevékenységéről bővebb információ található a cég honlapján.

O. S.

www.mukilabor.hu  
Tel/Fax: (06-1) 226-2819

[www.quattroplast.hu](http://www.quattroplast.hu)