

## Mikor és hogyan válasszuk ki az új termékhez az alapanyagot?

Egy új termék fejlesztésének első szakaszában célszerű kiválasztani a majdani alapanyagot. Ennek szempontjaihoz kaphatunk az alábbiakban jó tanácsokat és néhány gyakorlati példát

*Tárgyszavak: termékfejlesztés; anyagkiválasztás; átlátszó műanyagok; élelmiszer-csomagolás; autógyártás; tribológia; PC, PA, PBT, PA/PETF.*

A globális piac gyilkos versenyfeltételei között egy új terméket nagyon rövid idő alatt kell kifejleszteni. Nem könnyítik meg a tervezők dolgát az egyre szigorodó követelmények, előírások, szabványok, környezetvédelmi szempontok sem. Ilyen feltételek között versenyképes terméket csak akkor lehet létrehozni, ha a tervezés folyamatát is gondosan megtervezik. A tapasztalatok azt mutatják, hogy a megfelelő alapanyag korai kiválasztása meggyorsítja a tervezést és a költségekre is pozitív hatással van.

## Mikor válasszuk ki az alapanyagot?

Gyakran előfordul, hogy már elkészült a gyártószerszám, amikor megkezdik az alapanyag kiválasztását, néha pedig tudatosan kezdik meg hamarabb a szerszám gyártását, hogy időt nyerjenek. Ilyenkor eléggé leszűkül a szóba jöhető alapanyagok választéka. Kiderülhet, hogy a majdani terméknek fokozottan vegyszerállóan kell lennie, amit részlegesen kristályos polimerrel könnyebb elérni, de a szerszámtervezéskor amorf anyagra számítottak, amelynek mások a zsugorodási és folyási tulajdonságai. Az ilyen szerszám a feldolgozónak sok gondot fog okozni. Vagy a szerszámot a költségtakarékosság érdekében nagy folyóképességű anyagra tervezték, de a jó hőalak tartóság igénye miatt kevésbé jól folyó műanyagot kell választani. Szerencsés esetben csak a beömlőket kell nagyobbra cserélni; peches esetben komoly átalakításokat kell végezni a szerszámon, ami nagy költségtöbblettel jár. Ezért már az új termék tervezésének kezdetekor el kell dönteni, hogy milyen anyagból fogják azt gyártani. A célnak legjobban megfelelő műanyag típus kiválasztásában az alapanyaggyártó sok segítséget adhat. A **Sabic Innovative Plastics** cégnél pl. bevezették a „vásárlói igények mappáját”, amelyben sorra veszik a majdani alapanyag minden olyan tulajdonságát, amely fontos lehet a gyártmány minősége, elfogadása szempontjából.

## Hogyan válasszuk ki az alapanyagot?

Ha elkezdik elemezni a majdani termék alkalmazásának körülményeit és követelményeit, minden egyes szempont szűkíti a lehetséges anyagok választékát. Végül csak kis számú anyag közül kell a legtöbbet ígérőt kiválasztani. A választást befolyásoló szempontokat, a célszerűen felteendő kiegészítő kérdéseket és a lehetséges (indirekt) döntéseket az *1. táblázat* foglalja össze.

A *küllem* elsősorban a felület szépségét jelenti. A késztermékek látható részeiként beépített műanyag elemektől elvárják a hibátlan esztétikus felületet. A töltött műanyagok nyugtalan felülete kasírozással fedhető le. Igény lehet az átlátszóság vagy a meghatározott mértékű fényesség.

A gyártandó *formadarab mérete* meghatározhatja a műanyag folyóképességére vonatkozó követelményeket. Látható helyen jobb méretállandóságuk miatt inkább amorf, töltetlen polimereket, nem látható belső részekben jobb villamos tulajdonságaik miatt inkább töltött kristályos polimereket alkalmaznak.

Az *ütésállóság és a merevség* gyakran egymást kizáró tulajdonságok. Vannak azonban olyan speciális töltőanyagok amelyekkel egyszerre szívós és merev anyagokat is elő lehet állítani. A tartós terhelési vizsgálatok eredményeiből következtetni lehet az *élettartamra*. Ez és a kopásállóság ismerete ugyancsak segít az alkalmas anyag kiválasztásában.

Az anyagokra hatnak a *környezetükben fellépő hatások*, a hőmérséklet-ingadozás, a nedvesség, a vegyszerek. A vizsgálati eredmények felhasználásakor mindig tisztázni kell, hogy a hatást mennyi ideig, milyen hőmérsékleten, vegyszer esetében milyen koncentrációban mérték.

A végtermék tulajdonságprofiljának része lehet a *fény vagy a hang átteresztése vagy elnyelése*. Ilyen igények fellépésekor feltétlenül meg kell adni az adatokhoz tartozó hullámhosszt és frekvenciát, mert a hőre lágyuló műanyagok némelyike nem egyenletesen ereszti át a hullámokat.

Egy termék kifejlesztésekor *ismerni kell* azokat az *előírásokat*, amelyek majdani alkalmazási területén vonatkoznak majd rá. Különösen szigorú törvények szabályozzák az élelmiszerekkel és az ivóvízzel közvetlenül érintkező anyagok használatát, de hasonlóan szigorúak az orvosi technika és a gyógyszeripar szabályai is. Az élelmiszerekkel érintkező műanyagok európai szabályzata (FCEU) mellett célszerű az észak-amerikai FDA irányelveit is figyelembe venni. Az ivóvízzel érintkező anyagokra a KTW, W270, WRAS és NSF61 előírások az irányadók, az orvosi technikában az USPVI vagy az ISO 10993, a gyógyszer-csomagolásban az EuP.

Komolyan kell venni az EU elektromos és elektronikus berendezések hulladékának kezelésére vonatkozó WEEE és a veszélyes anyagok korlátozására vonatkozó RoHS törvényt is, amely megtiltja az ólom, a higany, a kadmium, a króm VI, a polibrómozott bifenilek és difenil-éterek használatát.

A *villamos berendezések biztonságának növelésére bizonyos elemeket csökkentett éghetőségű műanyagból kell készíteni*. Különböző szabványrendszerek (UL, ISO, IEC, EN, DIN, VDE, CSA és mások) foglalkoznak ezzel a területtel. Az éghetőségi

Az alapanyag kiválasztásának szempontjai és a tisztázandó kérdések

Jellemzők	Követelmények	Kiegészítő kérdések	Indirekt döntés
Küllem	matt vagy fényes, opak vagy átlátszó, színes vagy különleges effektusokkal készül	Látható lesz a darab? Texturált a felülete? Megengedhetők a folyási vonalak? Érzékelhető a töltőanyag?	amorf (opak, átlátszó), részlegesen kristályos (opak)
Méretetek	formadarab méretei, falvastagság	Látható vagy rejtett helyen fogják használni?	amorf, kristályos; folyókéesség
Mechanikai tulajdonságok	ütésállóság (ütőmunka) vagy merevség (E-modulus)	Kopásállóság? Anyagkifáradás? Élettartam?	töltött, töltetlen
Környezet	ellenállás hőmérséklettel, fénnel (UV), vízzel, vegyszerekkel szemben	Ellenállás időtartama, koncentráció, hőmérséklet? Milyen vegyszerrel szemben?	nagy hőalaktartóság, hidrolízis/vegyszerállóság
Törvények, előírások	FCEU, FDA, ISO 10993/USPVI, EuP, KTW, W270, WEEE, RoHS...	Feldolgozók kiegészítő tiltólistája (vörös lista)?	listázott anyagok
Villamos tulajdonságok, éghetőség	HB/V2/V1/V0/5VB/5VA, GWFI, GWIT, HWI, HAI, RTI, CTI, BPT, f1/f2, I/F/M, S/SR/ST	Milyen falvastagság mellett? Vasúti kocsiban vagy épületben? Füstképzés? EMI árnyékolás?	listázott anyagok (UL, VDE, DIN 5510, UL 1446)
Optiai, akusztikai tulajdonságok	fény- és hangelnyelés	Milyen hullámhossz, áteresztőképesség, frekvencia?	anyagtulajdonság (fényáteresztés) vagy szerkezeti tulajdonság (hangelnyelés)
Feldolgozás	fröccsöntés, fröccsprézelés, fúvóformázás, extrudálás	2K, többrétegű, hőformázható? Mely komponensek?	feldolgozhatóság hideg/fűtött csatornával; X számú fészekben
Utómegmunkálás	hegesztés, ragasztás, lakkozás, fémfelhordás, nyomtatás, lézeres jelölés	Ultrahang, vibráció, lézer? Nedves vagy porlakk? Galvanizálás vagy fémgőzölés?	átlátszó/opak a lézersugár számára, lézerrel jelölhető, adalékkal vezetővé tehető
Rendszerköltségek	rendszerköltségek/anyagköltségek	utómegmunkálás lépései, kihozatal, ciklusidő	standard anyag/ speciális anyag

kritériumok egyes vizsgálatokban falvastagsághoz vannak kötve, és néha a színtől is függ, hogy a kérdéses anyag eleget tesz-e a követelményeknek. Az anyag kiválasztáskor erre is kell gondolni. *Néha követelmény lehet az EMI árnyékoló hatás is.*

*A alapanyag kiválasztásakor tudni kell, hogyan fogják azt feldolgozni.* Az egyes feldolgozási eljárások eltérő olvadáspontú, folyóképességű műanyagot igényelnek. Azt is tudni kell, hogy hideg vagy fűtött ömledékcsatornákkal készítik-e a szerszámot, hány fészket fog tartalmazni és a fészekbe hány beömlőnyíláson keresztül jut be az ömledék.

Kétkomponenses (2K) fröccsöntéskor anyagpárt kell választani, és nagyon fontos, hogy azok jól tapadjanak egymáshoz, és ezt a tapadást teljes élettartamukra megőrizzék. *Ha két műanyag elemet ultrahangos, vibrációs vagy lézeres hegesztéssel kell egymáshoz kötni, jó előre tisztázni kell, hogy ez lehetséges-e. Ugyanez vonatkozik a ragasztásra és a lakkozásra.*

Az új termék fejlesztésekor nagyon fontos az *összköltségek számbavétele*. A tapasztalatok szerint legtöbbször nem a legolcsóbb anyaggal lehet a legkisebb gyártási költséget elérni. A rövidebb ciklusidő, a kevesebb selejt, a termék hosszabb élettartama, a kevesebb utómegmunkálás bőven ellensúlyozhatja a magasabb anyagárat.

*Az alapanyag adottságainak megfelelően tervezett szerszám jelentősen megnövelheti a gyártott termék és a gyártószerszám élettartamát.* Ehhez járulhat hozzá az alapanyaggyártó által megadott elkészítés (szárítás) és a feldolgozási paraméterek pontos betartása.

## **Átlátszó műanyagok: melyiket válasszuk?**

Az utóbbi években népszerűvé váltak az átlátszó műanyagok a csomagolóeszközök és a műszaki cikkek gyártásában is.

A számos kitűnő tulajdonsággal rendelkező átlátszó *polikarbonátból (PC)* tejespalackokat és más tartós, erős *tartályokat készítettek az élelmiszeripar számára.* Újabban *vita bontakozott ki arról hogy van-e az emberi egészségre érzékelhető hatása a PC polimerizációja után a polimerben visszamaradó biszfenol-A (BPA) monomereknek.* A vita végére még tudományos körökben sem tettek pontot, és rendeletek sem születtek a PC használatának korlátozásáról, a közvélemény és néhány kereskedelmi cég már erősen érdeklődik az ún. BPA-mentes (non-BPA) tartályok iránt. Más átlátszó műanyagok, a PET, az akrilátok, a SAN nem elég tartósak ahhoz, hogy ezeket egyszerűen bevezessék a PC helyett.

Az **Eastman Chemical Corp.** (Kingsport, Tennessee, USA) *Tritan* nevű kopoliészterét kínálja szívós, erős non-BPA anyagként, amelyből egy feldolgozó már megkezdte egy turmixgép tartályának gyártását. A PC feldolgozásához tervezett korábbi szerszámot csekély átalakítás után alkalmazni tudták a *Tritan* feldolgozásához.

PC helyettesítésére ajánlja a **Plastic Selection Corp.** (PSG, Columbus, Ohio, USA) *Kostrate Edge* márkanévű, butadién/sztirol/metil-metakrilát terpolimerjét, amely köztes helyet foglal el a törekeny, rideg és a lágy, gumiszerű átlátszó polimerek között. Ezt az anyagot csecsemőápoló szerek és sportolóknak szánt vizespalackok gyártására

ajánlják. A PC-nél könnyebb (1,21 helyett 1,01 g/cm<sup>3</sup> sűrűségű) és 20–90 °C-kal alacsonyabb hőmérsékleten, 15–45%-kal rövidebb ciklusidővel feldolgozható anyag egyes típusai a fény 93%-át engedik át, homályosságuk mindössze 0,5%. Ez a műanyag nem igényel előszáritást. A PC-hez használt korábbi szerszámokban feldolgozható.

Bár feltételezhető, hogy a palackgyártás a PC számára a közeljövőben nem lesz bővülő terület, bőven marad számára hely a piacon. Egyre valószínűbb, hogy *hamarosan megnő majd a polikarbonátból készített szélvédők, gépkocsiablakok, napfénytetők száma*. A PC-t kivételesen jó optikai tulajdonságai különösen alkalmassá teszik erre az alkalmazásra, gyártástechnológiája pedig üvegből kivitelezhetetlen formák kialakítását teszi lehetővé. A jövőben növekszik az igény a személyre szabott, egyedi megjelenésű gépkocsik iránt, ami érinti az átlátszó felületek mintázását is. A **Resin Express** (Zwingenberg, Németország) egy olyan mesterkeveréket hozott forgalomba, amely bekeverve nem rontja a polimerek (PC, SAN, ABS) átlátszóságát, de Nd:YAG lézerrel fekete feliratok vagy más mintázatok alakíthatók ki rajtuk. A PC ablakok színes kerezése is csökkentheti a gépkocsi monotóniáját.

A PC ablakok 40–50%-kal könnyebbek az üvegablakoknál, ami a gépkocsi ösztömegének csökkenésében sem elhanyagolható. Az optikai tulajdonságok megőrzésére kemény bevonatot visznek a felületre. Az 1990-es évek első PC ablakainak gyártási idejét ennek a rétegnek a lassú térhálósodása növelte meg. A **Mitsubishi Chemical Corp.** újabb, UV-fénnyel térhálósítható bevonatai kétharmadával csökkentik az ablakgyártás időtartamát. A hátsó ablak jégmentesítése is lehetséges rányomatott ezüstpaszta révén. Az ablaktörlő koptató hatása kemény bevonattal küszöbölhető ki.

Az ablakokban a befagyott belső feszültségek egy új technológia, az **Engel Machinery Inc.** (York, Pennsylvania, USA) fröccsöntő-sajtoló „*Coinmelt*” eljárásával csökkenthető. Az ömledék befröccsentésével egy időben a beömlőnyílással szemközt elindul egy mozgó szerszámrész, amely segít az ömledéket egyenletesen szétteríteni a fészekben. Ez az ellennyomás egyúttal csökkenti az ömledékben a fröccsnyomás kiváltotta helyi feszültségeket is.

Az USA-ban még nagyon kevés PC gépkocsiablakot alkalmaznak, mert sem a törvényalkotók, sem a gépkocsigyárak szabályzata nem tartalmaz ilyen elemet. Az *ANSI Z26.1* előírás viszont megköveteli, hogy a szélvédő laminált üvegből készüljön a vezető biztonsága érdekében. A legkevésbé szigorúak a követelmények a tető átlátszó elemére, a többi ablakra közepesen szigorúak.

Ez a helyzet hamarosan megváltozhat, és a könnyebb ablakok kevésbé robusztus karosszériát és tartóelemeket igényelnek majd. A jövő gépkocsija a jelenleginél valószínűleg karcsúbb és kecsesebb lesz.

A **Bayer Sheet Europe** (Darmstadt, Németország) *átlátszó és egyben hőszigetelő PC-lemezeket* forgalmaz *Makrolon Ambient* márkanéven. A lemezek hőszigetelő hatását az anyagukhoz kevert nanogél adja; a lemezek hőátviteli együtthatója vízszintes és függőleges irányban egyformán 0,99 W/m<sup>2</sup>.K. A lemezeket az építőipar számára, épületek átlátszó tetőtetének kialakításához ajánlja. A cég szerint egy 20 m<sup>2</sup> felületű PC

tetővel egy hasonló felületű dupla falú üvegtetőhöz képest évente 1850 m<sup>3</sup> fűtőolaj vagy 213 m<sup>3</sup> földgáz takarítható meg.

A **BASF** új, nagy teljesítményű átlátszó poli(éter-szulfon)-ját (PESU) a biztonsági eszközök gyártó horvátországi **PAB** cég választotta ki különösen hőálló tűzoltósíkok gyártására. A sisaknak és nézőkéjének 250 °C hőmérsékletet 30 percig, 1000 °C-t 10 másodpercig kell sérülés nélkül elviselnie. Az *Ultrason E2010 HC (high clarity)* jelű PESU üvegesedési hőmérséklete 225 °C, de fröccsöntése nem okoz gondot. A sisak mindössze 1,2 kg-ot nyom ami kényelmessé teszi viselését. Az új PESU nem hajlamos a sárgulásra, emellett nem érzékeny a hidrolízisre, vegyszerálló és hőálló.

## Fémeket is helyettesíteni képes műanyagok

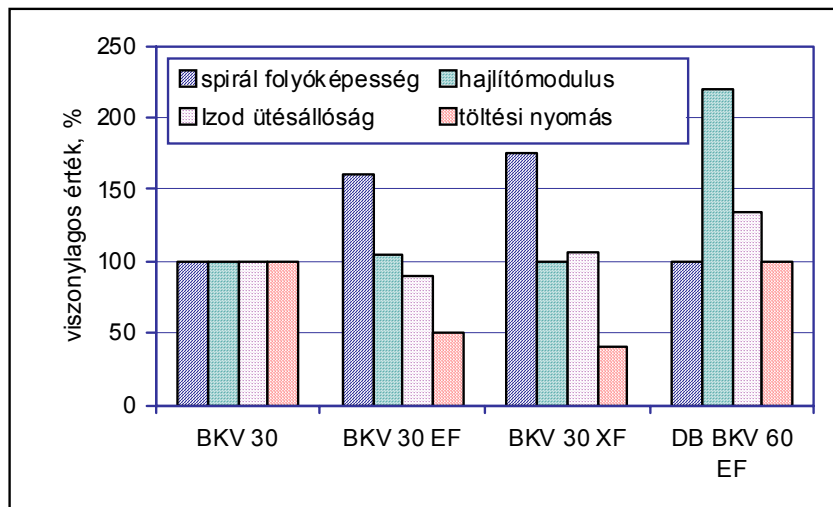
A gépkocsikban, különösen pedig a tehergépkocsikban egyre több a villamos és elektronikus (E+E) alkatrész, amelyek egy része a biztonságot (távolságtartás-szabályozó, éjszakai látóberendezés, nyomtartó, parkolóasszisztens), más része a kisebb CO<sub>2</sub>-kibocsátást (hibrid és elektromotorok, metanol- és etanoltartalmú hajtóanyagok) szolgálja. *A gépjárművekbe épített E+E alkatrészekhez felhasznált műanyagok tömege az elmúlt években Európában évi 4,8%-kal nőtt, világszerte pedig 2011-ig 7,5%-kal emelkedik. 2007-ben az európai gépkocsigyártó ipar 3,5 millió tonna műszaki műanyagot dolgozott fel, ennek 11%-ából (385 ezer tonna) készített E+E eszközöket. Az utóbbi műanyagtömeg több mint fele poliamid (PA) és poli(butilén-tereftalát) (PBT) volt.*

Az E+E eszközök miniatürizálása, a kisebb falvastagságra való törekvés könnyen folyó, az energiatakarékosság pedig alacsonyabb hőmérsékleten, rövidebb ciklusidővel feldolgozható PA és PBT típusokat igényelt. A **Bayer Konzern** 2005-ös átszervezésekor alakított **Lanxess** cég 30 és 60% üvegszállal erősített *Durethan EasyFlow(EF)* és *Durethan XtremeFlow(XF)* márkanévű poliamid 6-ja kielégíti ezeket a követelményeket. Az előbbi spirál folyóképesége 50%-kal, az utóbbié további 20%-kal nagyobb, mint a hasonló standard poliamidoké, és ez nem megy a mechanikai tulajdonságok rovására (*1. ábra*).

A **Lanxess** nagy folyóképeségű PBT-eket is kifejlesztett. A töltetlen *Pocan DP 1105*-ből egy elektrobox (a jármű elektronikus alkatrészeinek gyűjtőhelye) nagyon bonyolult geometriájú köztes szintjét gyártják. Az ilyen nagyon könnyen folyó polimerek egyik nagy előnye, hogy akár 60% üvegszálat is képesek felvenni úgy, hogy azok a 30% üvegszálat tartalmazó standard típusokhoz hasonló módon dolgozhatók fel. 60% üvegszálat tartalmaz pl. a *Pocan DP B 3160 XF*.

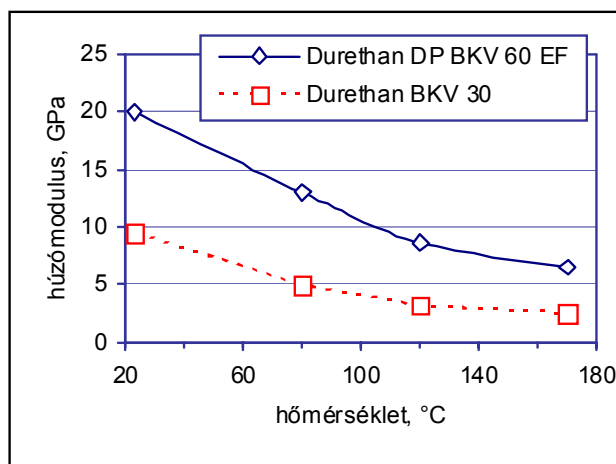
Ezeknek a magas üvegszáltartalmú poliamidoknak és PBT-knek a legnagyobb előnye a rendkívül nagy merevség és szilárdság. A *Pocan DP B 3160 XF* rugalmassági modulusa szobahőmérsékleten 18,5 GPa, törési szilárdsága 160 MPa. A *Durethan DB BKV 60 EF H2.0* húzómodulusa szobahőmérsékleten 19 GPa a (kondicionálás után 13 MPa), kb. kétszerese a 30% üvegszálat tartalmazó standard poliamidénak. Jó hővezető

képességük és melegen is nagy modulusuk (2. ábra) következtében magasabb hőmérsékleten is kiemelhetők a szerszámból, ami megrövidíti a ciklusidőt.



1. ábra

A nagy folyóképességű, különböző üvegszáltartalmú BKV EF és XF poliamidok standard BKV 30-éhoz viszonyított tulajdonságai



2. ábra

A 60% üvegszálat tartalmazó nagy folyóképességű és a 30% üvegszálat tartalmazó standard BKV húzómodulusának változása a hőmérséklet hatására

Az ilyen magas üvegszál-tartalmú polimereket egyre gyakrabban alkalmazzák korábbi fémöntvények – alumínium-, cink-, ólomöntvények – helyettesítésére, különösen a nagyon merev elektroboxok gyártásához. Előnyük az is, hogy nem igényelnek korrózióvédő lakkozást. 45% üvegszálat tartalmazó *Pocan T 739*-ből gyártják egy kamionhoz az ún. *Junktion-Box*-ot (ez a gépkocsi elektromos vezetékeinek gyűjtő-, rejtő- és védőhelye), amelyet a vezetőfülke és a motortér közé építenek be. A doboznak nagyon merevnek kell lennie, és ellen kell állnia a motortér okozta rendkívül erős rázkódás dinamikai terhelésének.

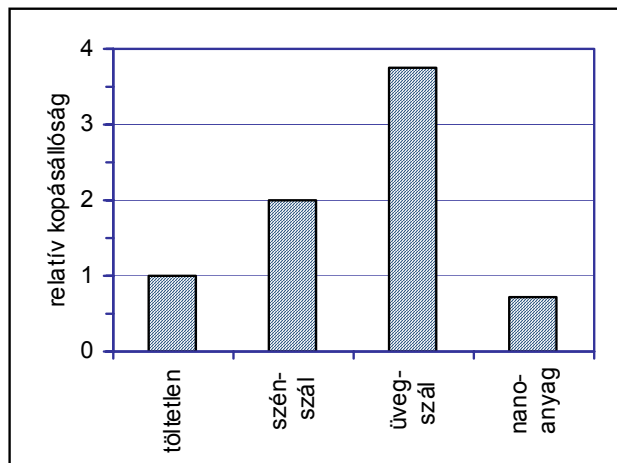
## PA/PTFE keverékek lehetséges tribológiai alkalmazásokhoz

A PA6 és a PA66 megfelelő hőmérsékleten képes a PTFE-vel kötést kialakítani.

A drezdai Polimerkutató Intézet (**Institut für Polymerforschung**) kémiai kötéssel egymáshoz kötődő poliamid és poli(tetrafluor-etilén) (PA/PTFE) fázist tartalmazó

polimerkeverékeket fejlesztett ki és ezeket szabadalmaztatta. A **Ter Hell Plastics** (Herne) megvásárolta a PA6, 66 és 4.6-alapú keverékek gyártási és forgalmazási jogát, amelyeket *Terez* márkanévvel kíván a piacra bevezetni. Ezek a keverékek a tribológiai anyagok egy új nemzedékei lehetnek. Siklási/súrlódási jellemzőik ugyan csak kevésbé különböznek más PA/PTFE keverékekétől, de belőlük készített termékek kopásállósága és élettartama jóval nagyobb. Jobb mechanikai tulajdonságaik a poláris PA-fázis és az apoláris PTFE-fázis jobb összeférhetőségének és közöttük kialakuló erősebb kötéseknek köszönhetőek.

Üvegszállal a poliamidok merevsége többszörösére növelhető – mint azt az előzőekben bemutattuk – de kopásállóságukat az üvegszálak csökkentik. A **Ter Hell** cég ezért a PA/PTFE keverékekhez különböző töltőanyagokat kevert és vizsgálta ezek kopásállóságát *DIN 51834* szabvány szerint (3. ábra). Látható, hogy nanotöltőanyagokkal a kopásállóság a töltetlen polimerkeverékhez képest is csökken. A cég nagy reményeket fűz az ilyen keverékekhez.



3. ábra  
80/20 arányú PA66/PTFE keverékek töltetlen és különböző töltőanyagot tartalmazó változatainak relatív kopásállósága

Összeállította: Pál Károlyné

Lemmrich, M.: Drum prüfe, was sich bindet. = *Plastverarbeiter*, 59. k. 11. sz. 2008. p. 98–100.

Tolinski, M.: Clear alternatives, transparent motives. = *Plastics Engineering*, 2009. 3. sz. p. 6, 8.

Transparente Kunststoffe markieren. = *Plastverarbeiter*, 59. k. 5. sz. 2008. p. 104.

Verbesserte Wärmedämmung. = *Plastverarbeiter*, 59. k. 5. sz. 2008. p. 105.

Clear view. = *Macplas International*, 1. sz. 2009. márc. p. 66.

Jantz, R.: Höhere Anforderungen. = *Kunststoffe*, 98. k. 11. sz. 2008. p. 116-118.

Brkljac, G. Schneller, höher, weiter. = *Plastverarbeiter*, 59. k. 9. sz. 2008. p. 116–117.