

## Még szuperebb poliamidok

A poliamidok a legrégebbi, de folytonosan továbbfejlesztett műanyagok közé tartoznak. Legújabb változataikat a gépkocsigyártás számára a DuPont cég fejlesztette ki, ezek sokkal tovább képesek elviselni a korszerű autók motorterében fellépő magas hőmérsékletet az agresszív vegyi anyagok jelenlétében. Másik újdonság az Ems-Grivory cég hosszú szénszálalás poliamidjai, amelyből sportszerek készülhetnek, de alkalmasak más polimerekbe keverve azok villamos ellenállását csökkenteni.

*Tárgyszavak: poliamid; új típusok; gépkocsigyártás; öregedésállóság; hosszú szénszálak; sportszerek; antisztatizálás.*

### Az eddigieknél tartósabb poliamidok a motortérben

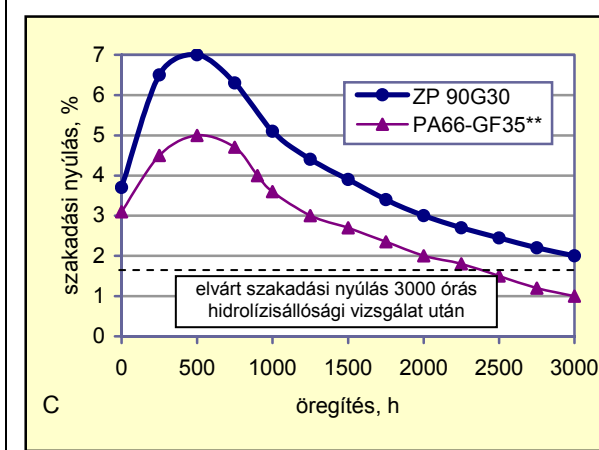
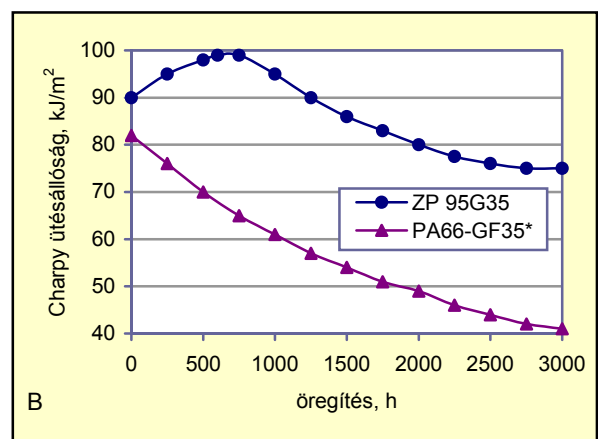
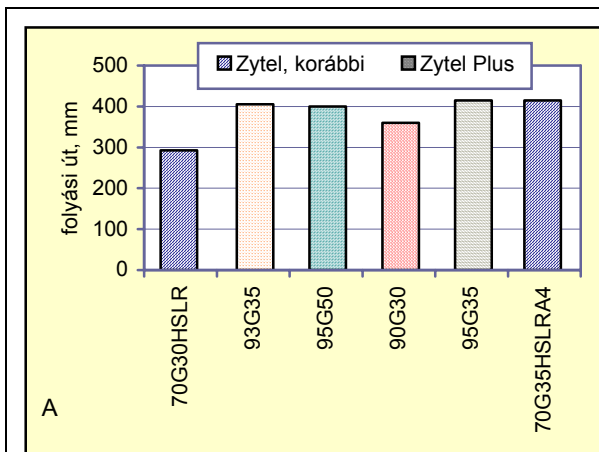
Mintegy 25 éve alkalmazzák az üvegszálalás vagy ásványi anyaggal töltött hőálló és hidrolízisnek ellenálló PA6 és PA66 típusokat a gépkocsik motorterében, mert ezeknek a műanyagoknak az ára és teljesítménye kedvező arányban van egymással, könnyű őket feldolgozni, a belőlük készített alkatrészek szívósak, ütésállóak. A mai gépkocsik motorterében 150 °C körüli a hőmérséklet, de az újabb kocsik egyre zsúfoltabb motorterében már 180 °C van és 230 °C-os csúcshőmérséklet is előfordul. Ebben a környezetben – figyelembe véve a nedvesség, a kenő- és hajtóanyagok, az utak csúszásmentesítésére használt agresszív sóoldatok jelenlétét is – a jelenlegi poliamidok már felmondják a szolgálatot.

A DuPont cég (DuPont de Nemours Deutschland GmbH, Neu-Isenburg) ezért Zytel márkanévű poliamidjainak egy új családját fejlesztette ki Zytel Plus jelzéssel (ZP), amelyek „még szuperebbek” elődjeiknél, tulajdonságaik kielégítik a megszigorított követelményeket is. Kicsi a sűrűségük; nagy a folyóképességük, ezért alacsony, bomlási hőmérsékletüknél jóval alacsonyabb hőmérsékleten dolgozhatók fel, ami a zsugorodást is mérsékli. Ezt a cég új Shield technológiájával, a főlánc újszerű felépítésével és speciális adalékokkal érték el.

A Zytel Plus poliamidok elsősorban a magas hőmérséklettel és a motortéri vegyi anyagokkal szemben mutatott rendkívül hosszú ellenálló képességükkel tűnnek ki. Míg a korábbi Zytel poliamidok tartósan 150–190 °C-nak állnak ellen, a klasszikus nagy teljesítményű polimerek [poli(tálamid) (PPA), poli(fenilén-szulfid), (PPS) 220–250 °C-os tartományban alkalmazhatók tartósan, a Zytel Plus poliamidok a hiányzó „részt”, a 180–230 °C-os tartományt töltik ki. A belőlük készített alkatrészek élettartama az eddigi hőstabilizált poliamidok duplája, ezért további fémalkatrészek helyettesíthetők velük.

A *Zytel Plus* családnak jelenleg négy tagja van:

- a *Zytel Plus 95G35* 35% üvegszálat tartalmaz. Könnyen folyó polimer, amely 210 °C-os (rövid ideig 230 °C-os) levegő-hőmérséklet mellett hosszú élettartamú. Szép felületű alkatrészek készíthetők belőle, amelyek ellenállnak a forró motorolajnak és a sóoldatoknak. Elsősorban levegővezetékekhez ajánlják,
- a *Zytel Plus 95G50* 50%-os üvegszáltartalma ellenére ugyancsak könnyen folyik, 210 °C-ig tartósan (230 °C-on rövid ideig) hőálló, egyúttal kiemelkedően nagy a merevsége és a kúszással szembeni ellenállása,
- a *Zytel Plus 93G35* 35% üvegszálat tartalmaz, olvadáspontja az előbbi két típus 265 °C-os olvadáspontjával szemben csak 224 °C. Hő, olaj és vegyszerek hatása alatt is hosszú az élettartama, nagy a hegesztési szilárdsága és a pukasztási nyomással szembeni ellenállása. Meleg levegővel érintkező alkatrészek gyártására ajánlják,
- a *Zytel Plus 90G30* mint jelzése is mutatja, 30% üvegszállal van erősítve, ellenáll a motort hűtő forró hűtőfolyadékoknak és a forró víznek. Hűtővíztartály, termosztátház és a hűtőfolyadékkal érintkező más elemek készíthetők belőle.



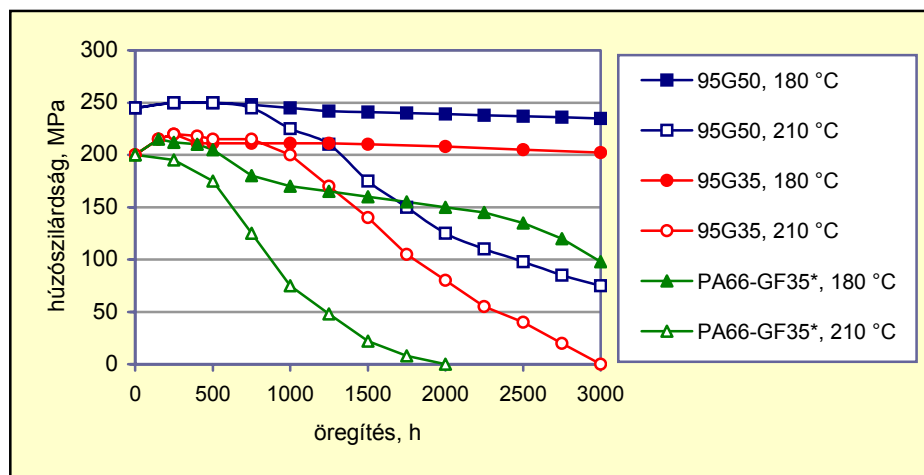
1. ábra A *Zytel Plus* PA-k néhány tulajdonsága eddigi PA típusokéval összehasonlítva
- 1/A kép: Spirál folyási út (800 bar, 2 mm-es vastagság)
- 1/B kép: Charpy ütészállóság 150 °C-os motorolajban öregített próbatesteken mérve (\*hőstabilizált típus)
- 1/C kép: 120 °C-os hűtőfolyadékban (50% víz + 50% Glysantin keveréke) öregített próbatesteken mért szakadási nyúlás (\*\* standard típus)

Valamennyi típusra jellemző a termékek szép felülete és mérettartósága. Az új PA-család általános célokra szánt tagjának, a 95G35-nek pl. 30%-kal magasabb a fé-

nye és 20%-kal kisebb a vetemedése, mint a szokásos általános célú poliamidénak. Az 1/A ábrán a Zytel Plus PA-k folyóképessége látható az eddig használt típusokéval összehasonlítva.

A hengerfejfedelek, olajtálcák, olajsűrők gyártására ajánlott Zytel 95G35 esetében a jó ütésállóság az egyik legfontosabb követelmény. Az 1/B ábrán ennek az új terméknek az ütésállósága látható 150 °C-os motorolajban végzett öregítés időtartamának függvényében. Az ábra egy 35% üvegszálat tartalmazó hőstabilizált PA66 hasonló vizsgálatának eredményeit is tartalmazza. A ZP poliamid szívóssága az első 1500 órában még kb. 10%-kal növekszik is, ezután fokozatosan, de lassuló ütemben csökken. 3000 óra után a ZP ütésállósága >70 kJ/m<sup>2</sup>, a hagyományos poliamidé viszont az eredeti 82 kJ/m<sup>2</sup>-ről a felére, 40 kJ/m<sup>2</sup>-re esik le.

A 2. ábrán két ZP típus és egy 35% üvegszálat tartalmazó hőstabilizált PA66 húzószilárdsága látható a 180, ill. 210 °C-os levegőben végzett öregítés időtartamának függvényében. A hagyományos PA 180 °C-os környezetben 3000 óra alatt eredeti húzószilárdságának felét veszti el, a ZP poliamidok közelítőleg megőrzik eredeti szilárdságukat. 210 °C-on a hagyományos PA húzószilárdsága kb. 800 óra alatt csökken a felére, ez a ZP poliamidoknál 1800 óra után következik be, amikor a hagyományosan stabilizált PA teljesen elszenesedik. Levegőben öregítve az utóbbi szakadási nyúlása 180 °C-on 2000 óra után feleződik, a ZP 95G35-é 3000 óra után csak keveset változik. 210 °C-on a hagyományos PA szakadási nyúlása 700 óra, a ZP-é 1500 óra után csökken a felére, de ZP 2500 óra után is 1%-ot (az eredeti érték 1/3-át) megőriz.



2. ábra Két Zytel Plus és egy hőstabilizált (\*) standard PA66 húzószilárdsága különböző hosszú ideig 180, ill. 210 °C-os levegőben végzett öregítés után

Az 1/C ábra a 120 °C-os hűtőfolyadékban tárolt ZP szakadási nyúlását mutatja egy standard poliamidéval összehasonlítva. A különbség az ábrából jól látható, és az is, hogy a ZP 3000 óra után is kielégíti a forró hűtőfolyadékkal szembeni ellenállásra vonatkozó elvárásokat. Az is látható, hogy mindkét anyag szakadási nyúlása jelentősen

nő az első szakaszban, ami a hűtőfolyadék lágyító hatásának tulajdonítható, és ami késlelteti a későbbi merevedést.

Az 1. táblázat adataiból kitűnik, hogy a *Zytel Plus* család négy tagja közül a legtöbb üvegszálat tartalmazó 95G50-nek a legnagyobb a merevsége (rugalmassági modulusa) és a szilárdsága, és ez a típus áll ellen legjobban a levegőben végzett öregítésnek.

1. táblázat

Az öregedésnek ellenálló új *Zytel Plus* poliamidok és egy szokásos módon stabilizált hagyományos típus mechanikai és fizikai tulajdonságai fröccsszáraz állapotban

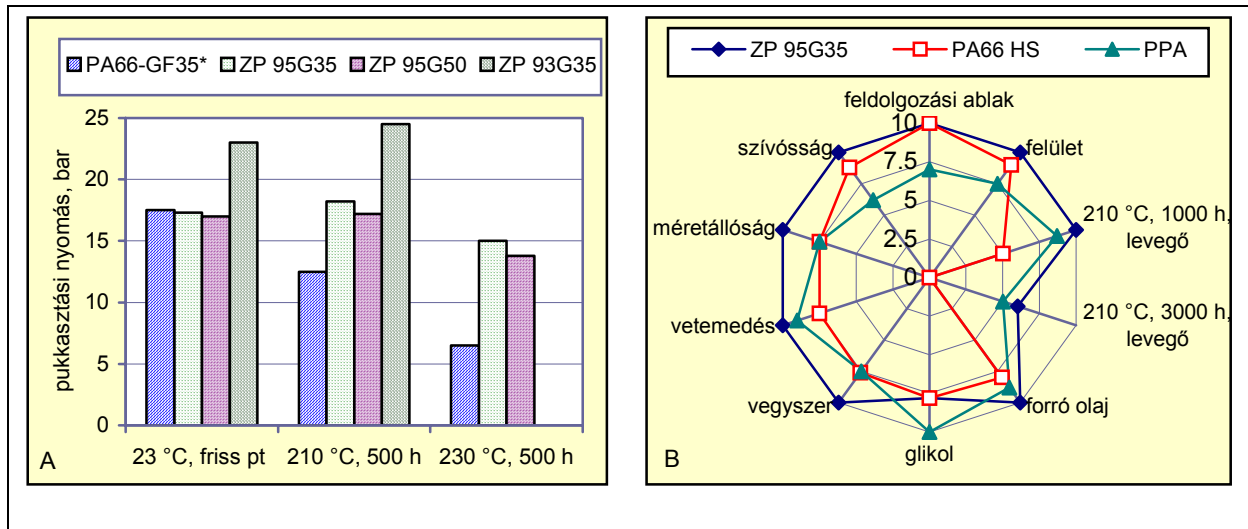
Tulajdonság	Egység	ZP 90G30	ZP 95G35	ZP 95G50	ZP 93G35	70G35HSLR
Húzószilárdság	MPa	193	208	247	197	210
Szakadási nyúlás	%	3,5	3,4	2,6	3,5	3,2
Merevség	MPa	9700	11300	16900	11500	11200
Ütésállóság*	kJ/m <sup>2</sup>	11	14	16	15	15
Olvaspont	°C	263	266	265	224	262
Sűrűség	g/cm <sup>3</sup>	1,36	1,42	1,59	1,40	1,41

\* Hornyolt próbatesten, 23 °C-on mérve.

Ázsiában, Oroszországban és Kanadában kalcium-klorid oldatát alkalmazzák télen az utak csúszásmentesítésére. Hatásának vizsgálatára olyan próbapálcákat fröccsöntöttek, amelyek szerszámának mindkét végén volt beömlőnyílás. Így a pálcák közepén hegesztési varrat képződött. Ilyen pálcákat 20 MPa húzóterhelés mellett porlasztott CaCl<sub>2</sub>-ködben tartottak. Kétórás ciklusonként a pálcákat szemrevételezéssel vizsgálták, és feljegyezték az első repedések megjelenéséig, ill. a törésig tartó ciklusok számát. A *Zytel Plus 95G35*-ből fröccsöntött pálcák teljes élettartama kétszer olyan hosszú volt, mint a szokásos PA66-ból készülté, és az utóbbiakon nagyon korán megjelentek az első repedések. A ZP-n ezzel szemben csak jóval a PA66 törése után észleltek repedést.

A gépkocsik légszívó és levegővezető rendszerének elemeit gyakran fröccsöntött félhéjakból hegesztik össze. A hegesztési varratok szilárdságát nyomáspróbával, az ún. pukkasztási nyomás mérésével ellenőrzik. Fröccsöntés utáni fröccsszáraz próbatestekkel szobahőmérsékleten, továbbá 210, ill. 230 °C-os levegőben 500 óra hosszát öregített próbatestekkel végzett mérések eredményét mutatja a 3/A ábra. A ZP-ből készített próbatestek egy kivételével elérték vagy meghaladták a 15 MPa pukkasztási nyomást; a hegesztéshez optimalizált 93G35 viszont 210 °C-on öregítve 500 óra után csak 24 bar nyomásnál tört el. A másik két ZP típus is megtartotta vagy kissé meghaladta az eredeti értéket. A hagyományos PA66 ilyen körülmények között eredeti értékének harmadát elvesztette. 230 °C-on 500 óra hosszát öregítve a PA66 eredeti értékének egyharmadát őrizte meg. A ZP 93G35 224 °C-os olvaspontja miatt ezen a hőmér-

sékleten nem vizsgálható, a két másik ZP azonban eredeti pukkasztási nyomásának 80%-át megtartotta.



3. ábra A Zytel Plus poliamidok és egy standard, hőstabilizált (\*) poliamid pukkasztási nyomása fröccsöntés után, friss próbatestenen, ill. különböző hőmérsékleten 500 órás öregítés után mérve (A kép), és egy Zytel Plus, egy hagyományos poliamid és egy poliftálamid (PPA) tulajdonságainak összehasonlítása (B kép)

A 3/B ábra összehasonlítja a DuPont cég új öregedésálló poliamidjainak fő jellemzőit a hagyományos üvegszálalás poliamidokéval és a fokozott igényeket kielégítő, de egyelőre nagyon drága poliftálamidéval. Látható, hogy a Zytel Plus poliamidok bizonyos tulajdonságaikban egyenértékűek, esetleg jobbak a PPA-nál, néhány tulajdonságban a PPA van a csúcson. A ZP-k fő előnye a forró levegővel és a forró motorolajjal szembeni ellenállás, a lassú öregedés. Emellett szép felületet adnak, és ugyanolyan könnyen dolgozhatók fel, mint a hagyományos poliamidok. Alkalmazásuk révén a motortérbe építhető további alkatrészek készülhetnek poliamidból, ill. továbbra is készíthetők poliamidból a korszerűbb, de forróbb motortérbe szánt alkatrészek. Ilyen lehet a levegő-levegő köztes hűtő, a kipufogódob, a hűtőlevegőt vezető cső, a motorfelerősítés, a rezonátor, a hengerfejfedél, a fojtószelepház, az olajteknő, az égésgázok visszavezetésében a hűtő, az olajmodul, a termosztát, a hajtóműfedél, a hűtővíztartály.

## Új szénszálalás poliamidok

Az Ems-Grivory (Domat/Ems, Svájc) hosszú szállal erősített poliamidjait hosszú szénszálalás (C-LFT) típusokkal egészítette ki. Ezek alappolimerjei a cég nagy teljesítményű Grivory GV és Grivory L típusú poliamidjai. Az új szénszálalás poliamidok merevsége és szilárdsága felülmúlja az eddigi szénszálalás típusokét, merevségük pl. 60%-kal nagyobb, amivel már rendkívüli, fémszerű tulajdonságokra tesznek szert.

Ezenkívül igen nagy a hornyolt próbatesten mért ütésállóságuk is. Azonos sűrűségű változatuk törési feszültsége 70%-kal haladja meg a szokásos szénszálal változatét. A 30% szénszálal tartalmazó hagyományos *Grilamid LCL-3* törési szilárdsága 250 MPa, ütésállósága 25-30 kJ/m. A részlegesen aromás *Grivory GV* is meghaladja ezt, de a *Grivory GCL* törési szilárdsága >300 MPa, húzómodulusa 23 GPa, emellett sűrűsége csak 1,28 g/cm<sup>3</sup>.

Ezeket a poliamidokat olyan termékekhez ajánlják, amelyeknek rendkívül könnyűnek, emellett rendkívül szilárdnak kell lenniük. Ilyenek bizonyos sporteszközök, pl. a labdajátékokban az ütők, a vízisport eszközei és a kerékpárok. A kerékpárokon most a pedálokra irányul a figyelem. A hosszú szénszálal poliamidból készített pedál tömege mindössze 95 g, és jelenleg ez a piacon kapható legkönnyebb pedál, amely emellett talán a legszilárdabb is.

Az új *C-LFT-poliamidok* azonban nemcsak önálló szerkezeti anyagként alkalmazhatók, hanem más polimerekhez keverve a mechanikai tulajdonságokat nem befolyásolva növelhetik azok vezetőképességét. Már 10-12% *Grilamid LCL-3* vagy *GCL-3* (ami 3% hosszú szénszálal jelenlétét jelzi) bekeverése 10<sup>9</sup> ohm alatti villamos ellenállást eredményezhet, és ez elegendő külső térben alkalmazott antisztatikus vagy elektrosztatikus porbevonásra alkalmas termékek gyártására. A hozzákeverés (a korommal antisztatizált polimerekkel ellentétben) nem teszi merevebbé a keveréket, amelynek szilárdsága megközelíti az eredeti alapanyagét, a hosszú szénszálalnak ugyanis mechanikai erősítő hatásuk van.

A *Grilamid L* vagy *Grivory GV* alapú új standard keverékek 30 vagy 40% hosszú szénszálalal tartalmaznak.

Összeállította: Pál Károlyné

Bender, K.W.: Alterungsbeständigkeit maximiert = *Plastverarbeiter*, 100. k. 3. sz. 2010. p. 66–70.

Heckel, H.: Leichter zu Hochleistung = *Plastverarbeiter*, 100. k. 9. sz. 2010. p. 190.