

2.1 3.12 | Polipropilénalapú polimerkeverékek morfológiája

*Tárgyszavak: polimerkeverék; polipropilén; metallocénes polietilén;
plasztomer; ABS; PBT; összeférhetőség; adalék;
morfológia; kristályszerkezet; mechanikai tulajdonságok.*

A polipropilén (PP) sokoldalúsága révén az utóbbi idők egyik legkedveltebb műanyagféleségévé vált, amelynek tulajdonságait a polimerizáció körülményeivel vagy utólagos módosítással széles határok között lehet befolyásolni. A módosítás egyik változata a polimerek egymással való keverése ömledékállapotban. Ezzel a módszerrel növelik pl. a PP alacsony hőmérsékleten nem túlságosan nagy ütésállóságát, amikor olefinalapú elasztomert (EPDM, EPR) kevernek hozzá. Az 1990-es években kifejlesztett metallocén katalizátoros olefinpolimerizációs technika tette lehetővé nagyon kis sűrűségű etilénkopolimerok szintézisét, amelyek tulajdonságaik alapján az elasztomerek és a polimerek közötti „rést” töltik be, ezért plasztomereknek is szokás őket nevezni. Sűrűségük alapján ezeken belül megkülönböztetik a „nagyon kis sűrűségű polietiléneket” (PE-VLD, sűrűség 0,90–0,915 g/cm³) és az „ultrakis sűrűségű polietiléneket” (PE-ULD, sűrűség <0,89 g/cm³). Az utóbbi években több kutatóközpontban vizsgálták, hogy mennyire alkalmasak ezek az etilénkopolimerok a PP ütésállóságának növelésére.

Más polimereket is próbálnak polipropilénnel keverni, hogy jó tulajdonságaikat egyetlen termékben egyesítsék. Az ABS és a poli(butilén-tereftalát) (PBT) pl. kitűnő tulajdonságokkal rendelkező hőre lágyuló műanyag, de mindkettő rosszul fér össze az apoláris PP-vel. Ezért azt kutatják, hogy milyen összeférhetőséget javító adalékanyaggal lehetne ezekből polimerekből jól használható keveréket készíteni.

Keverékek polipropilénből és etilénkopolimerből

Kínai kutatók már az 1990-es évek közepén készítettek keverékeket PP-ből etilén/propén elasztomer (EPR), etilén/propén, etilén/butén, és etilén/oktén kopolimer hozzáadásával. Azt tapasztalták, hogy a PE-ULD típusú etilénkopolimerok jó hatásfokkal növelik a PP ütésállóságát, mégpedig annál jobban, minél kisebb a sűrűségük. A kopolimerok közül az etilén/butén kopolimerokkal

kapták a legjobb eredményeket, bár az EPR összeférhetősége látszólag meghaladta az etilénkopolimerekéét. További kutatások arra engedtek következtetni, hogy a PP és a PE-ULD hasonló viszkozitása segíti a két polimer keveredését, és mérsékli a fáziselválást.

A vizsgált keverékek fő alkotója legtöbbször a PP volt. A kutatók elsősorban a polimerkeverékek ütésállóságára koncentráltak, és kevés figyelmet szenteltek a keverékek összeférhetőségének és kristályosodásának, pedig ezek összefüggenek a mechanikai tulajdonságokkal.

Egy ausztráliai kutatócsoport ezt a hiányt akarta pótolni, amikor izotaktikus PP homopolimerből és különféle etilénkopolimerekből készített keverékek termikus tulajdonságait és mikroszerkezetét vizsgálta differenciál pásztázó kalorimetriával (DSC), ill. fűtött tárgyasztalos mikroszkóppal poláris fényben. A keverékek 80% PE-t és 20% PP-t tartalmaztak, mert tapasztalataik szerint az ilyen összetétel mellett a legkritikusabb az összeférhetőség. A keverékekhez felhasznált polimerek jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

A PP+PE keverékekhez használt polimerek jellemzői

Polimer	Komonomer	Komonomer-tartalom, mol%	Sűrűség, g/cm ³	Folyási szám (MFI)* g/10 min	Forrás
PP homopolimer	–	–	0,905	28	Orica
PE-VLD(1)	butén	6,3	0,901	27	Kemkor
PE-ULD(2)	butén	20	0,865	10	Kemkor
PE-VLD(3)	oktén	7,5	0,915	1,0	Dow
PE-VLD(4)	oktén	9,5	0,908	1,0	Dow
PE-ULD(5)	oktén	24	0,87	1,0	Dow
PE-ULD(6)	oktén	24	0,87	5,0	Dow

* PP 230 °C-on, PE 190 °C-on 2,16 kg terheléssel mérve.

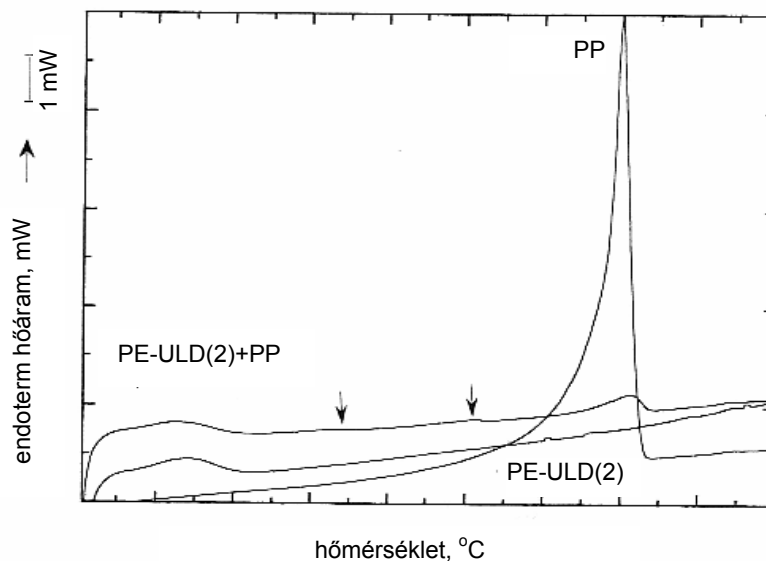
A keverékeket egycsigás extruderen (12,5 mm csigaátmérő, 26:1 L/D arány, 80/min fordulatszám; 170, 200, 200, ill. 170 °C zónahőmérséklet) készítették el. Ezekből újabb extrudálással granulátumot gyártottak.

DSC-vel nitrogénáramban vizsgálták a keverékek olvadáspontját és a kristályosodás kinetikáját. Az 5 g-os mintát 200 °C-ra melegítették, majd 20 °C-ra hűtötték le, és ismételten 200 °C-ra hevítették 10 °C/min sebességgel. Az izotermikus kristályosodás vizsgálatakor 5 percig tartották a keveréket 200 °C-on, majd hirtelen lehűtötték az előre kiválasztott (108–130 °C közötti) izotermikus kristályosodási hőmérsékletre, ahol a PP teljes kristályosodásáig tartották. A kristályosodási hő időbeli változásából számították ki a kristályosodási fokot és a kristályosodás sebességét.

A kristályszerkezet megfigyeléséhez 15–20 µm vastag fóliákat sajtoltak, és ezeket helyezték üveglapok között a mikroszkóp fűtött tárgyasztalára. A fóliákat 5 percig 200 °C-on tartották, majd hirtelen a kiválasztott izoterm kristályosodási hőmérsékletre hűtve poláris fényben vizsgálták a kristályszerkezet kialakulását.

A keverés hatása a PP és a PE termikus tulajdonságaira

A PP eredeti olvadási hőmérséklete több mint 2 °C-kal növekedett, ha PE-ULD-vel keverték (1. ábra), ami a két polimer kölcsönhatására utal. A PE-VLD hozzákeverése nem befolyásolta a PP olvadáspontját, és valamennyi keverékben változatlan volt a polietilén kopolimer olvadáspontja is. A PE-VLD (1) polietilént tartalmazó keverék görbéjén egy, a PE-ULD (2) polietilént tartalmazóén két pótóltagos kis csúcs (az 1. ábrán a nyíllal jelölt helyeken) megjelenését azzal magyarázzák, hogy a rövidebb oldalláncokkal rendelkező, butén komonomert tartalmazó etilénkopolimerek egy része oldódott a meleg PP-ben, és hűtéskor másképpen kristályosodott, emiatt az ismételt felmelegítés során külön csúcs(ka)t adott. Ilyen jelenséget a hosszabb oldalláncú, oktén komonomert tartalmazó polietilénnél nem észleltek.

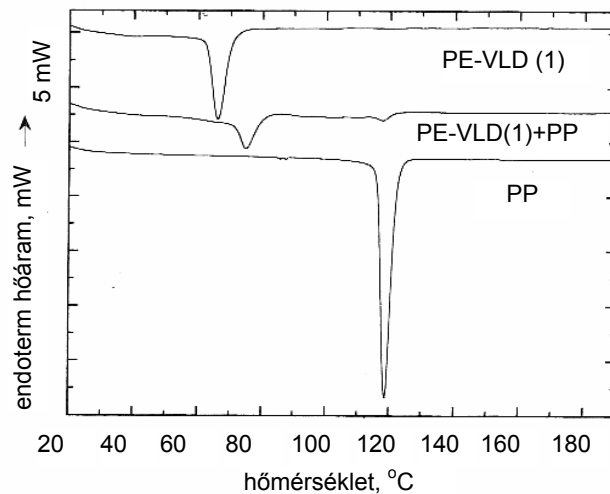


1. ábra A PP, a PE-ULD(2) és keverékük DSC olvadási görbéje

A keverékek kristályosodása

A 2. ábra mutatja a PP, a PE-VLD(1) és keverékük kristályosodási hőmérsékletét. Az utóbbiban a PP komponens 2 °C-kal alacsonyabban, a PE-

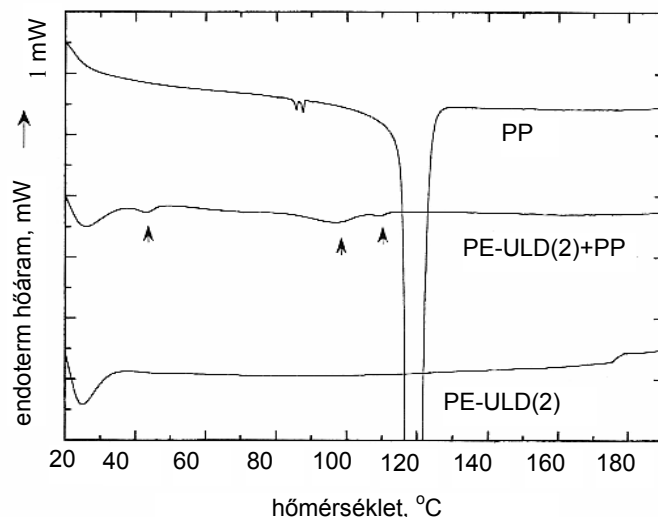
VLD komponens 9 °C-kal magasabban kristályosodott. Ez részben annak tulajdonítható, hogy a PP magas hőmérsékleten keveredett a polietilénnel, részben pedig azzal, hogy a PP-ből a gócképző a PE-be migrált. A gócek hiánya miatt a PP kristályosodása alacsonyabb hőmérsékleten indult meg, a PE-ben viszont a gócek jelenléte miatt már magasabb hőmérsékleten megindulhatott a kristályképződés. A többi PE-VLD hozzákeverésekor a PE komponens kristályosodási hőmérséklete ugyancsak emelkedett, de kisebb mértékben; a PP komponensé nem változott.



2. ábra A PP, a PE-VLD(1) és keverékük DSC kristályosodási görbéje

A 3. ábrán látható, hogy a PE-ULD(2) sokkal nagyobb hatással van az eredeti alkotók kristályosodására. A keverékben a PP komponens eredeti 119,5 °C-os kristályosodási hőmérséklete helyett két gyenge csúcs jelentkezik 109 °C-nál, ill. 97 °C-nál. Oka valószínűleg az, hogy a PP oldódik a PE-ben, emiatt nem tud kristályosodni, csak alacsonyabb hőmérsékleten, ahol már elkezdődik a fázisátváltás. A két csúcs onnan eredhet, hogy a PP kisebb és nagyobb molekulatömegű frakciója eltérő módon oldódik, emiatt nem egyidőben kristályosodik. Pótlólagos csúcsot ad a PE komponens is eredeti kristályosodási hőmérsékleténél magasabb hőmérsékleten, ami viszont a polietilén PP-ben oldódására utal. Hasonló jelenségek lépnek fel a többi PE-ULD keverékben is, de itt a PP kisebb mértékben oldódik a polietilénben.

A vizsgálati eredmények alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a PE-ULD erősebben hat a PP kristályosodására és olvadáspontjára, mint a PE-VLD, ami azt jelzi, hogy az előbbi polimerpáros jobban keveredik egymással. Ebben valószínűleg szerepe van annak, hogy a PE-ULD-ben sokkal magasabb a komonomertartalom (az oldalláncok által alkotott polimertömeg).



3. ábra A PP, a PE-ULD(2) és keverékük DSC kristályosodási görbéje

Az oldalláncok hosszának hatása a polimerek összeférhetőségére

Az oldalláncok hosszának jelentős szerepe van az összeférhetőségre. A butén komonomert tartalmazó etilénkopolimerek oldallánca 2 C-atomot, a polipropilén metil-oldallánca 1 C-atomot tartalmaz, ezek tehát kémiaileg jobban hasonlítanak, mint a 6 C-atomos oldalláncot tartalmazó, oktén komonomerrel polimerizált polietilén.

A folyási szám hatása az összeférhetőségre

A PP folyókéességéhez jobban hasonlító, nagyobb folyási számú PE-VLD(1) és PE-ULD(2) jobb összeférhetőséget mutatott, mint a kisebb folyási számú etilénkopolimerek. A nagyobb folyási számú PE-ULD(6) és a kisebb folyási számú PE-ULD(5) összeférhetősége között viszont nem találtak különbséget, azért feltételezik, hogy az oldalláncok hosszának erőteljesebb szerepe van ebben a jelenségben.

A keverék összetételének hatása a kristályosodásra

Az olvadást jelző endoterm csúcs alatti területből számították ki a polimerek kristályosodási fokát. (Kiindulási értékek 100%-os kristályosságra PP-nél 209 J/g, PE-nél 287 J/g). Valamennyi PE-ULD kristályos hányada 10% alatt

volt, a PE-ULD(2)-é mindössze 4%, azaz ezek a kopolimerek gyakorlatilag amorfak. A PE-VLD-k kristályossága 29–39% között volt. A keverékekben mind a PP, mind a polietilén kristályos hányada csökkent, legnagyobb mértékben a PP-é (63%-kal) a PE-ULD(2) hatására (2. táblázat).

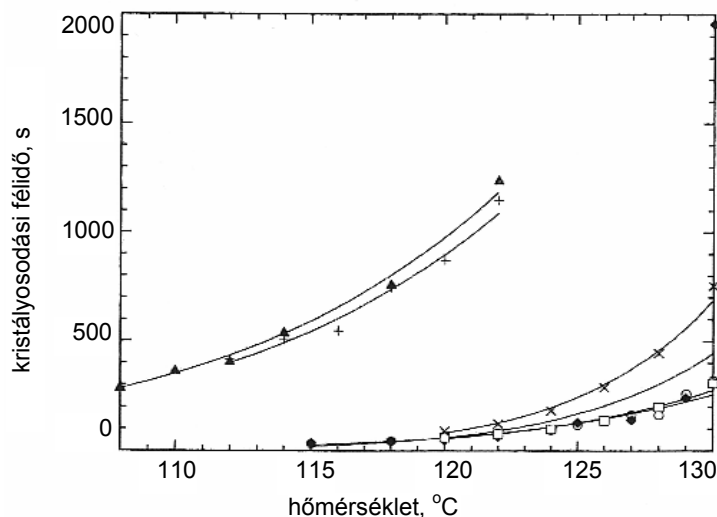
2. táblázat

Az alappolimerek és keverékek összetevőinek kristályossága

Polimer, ill. keverék	A PP		A PE	
	kristályos-sági foka, %	kristályosságának csökkenése, %	kristályos-sági foka, %	kristályosságának csökkenése, %
PP	48			
PE-VLP(1)			29	
PE-ULD(2)			4	
PE-VLP(3)			39	
PE-VLP(4)			35	
PE-ULD(5)			9	
PE-ULD(6)			9	
PE-VLP(1)+PP	46	-4,2	22	-24,1
PE-ULD(2)+PP	18	-63,0	3,7	-7,5
PE-VLP(3)+PP	37	-22,9	37	-5,1
PE-VLP(4)+PP	41	-14,6	31	-11,4
PE-ULD(5)+PP	36	-25,0	7	-22,2
PE-ULD(6)+PP	35	-27,1	8	-11,1

Az etilénkopolimerek hatása a PP kristályosodási sebességére

Korábbi vizsgálatok igazolták, hogy a PP és a PE összeférhetősége jellemzhető a PP kristályosodásának félidejével. Ha a PP és a PE összeférhetetlen, a keverék PP komponensének kristályosodási félideje azonos a tiszta PP-ével, mert a PP elkülönült részecskék formájában van jelen akkor is, ha a keverék töredékét képezi csak. Összeférhető keverékekben a kristályosodás lelassul, mert a PP-nek egy felhígult oldatból kell kristályokat képezni. A vizsgált keverékek PP komponensének kristályosodási félidejét a 4. ábra mutatja – a PE-ULD(2)+PP keverék kivételével, amelynek kristályosodását a DSC görbe 90 °C alatt nem jelezte, bár a jelenség mikroszkóp alatt észlelhető volt. A görbék összhangban vannak a korábban ismertetett eredményekkel.



4. ábra A tiszta PP és az etilénkopolimerekkel készített keverékek PP komponensének kristályosodási félideje a hőmérséklet függvényében [O: tiszta PP, □: PE-VLD(1)+PP, ◆: PE-VLD(3), x: PE-VLD(4), +: PE-ULD(5), ▲: PE-ULD(6)]

Az ellenőrzött körülmények között kristályosított keverékek morfológiája

Optikai mikroszkópban polarizált fényben a PE-VLD(1)+PP keverékben 124 °C-on a PP csak diszkrét részecskéken belül kristályosodott. Ha a kristályosodás hőmérsékletét 130 °C-ra emelték, a kristályok növekedése áttörte a PP fázis határait és a kristályok behatoltak a PE-VLD(1) fázisba, ami igazolta, hogy ezen (vagy magasabb) hőmérsékleten a két polimer összefér egymással.

A PE-VLD(4)+PP keverékek morfológiáját 130 °C-on a kristályosodás időtartama befolyásolta. 15 perc után kristályos szerkezetet a PP részecskéken észleltek, de megfigyeltek oldatból kifejlődő PP kristályokat is. Hosszabb idő után a kristályos részecskék száma nőtt, az oldatból származó kristályok elhalványultak és 115 perc után eltűntek. Hasonlóan viselkedett a PE-VLD(4)+PP keverék is. A jelenség oka az lehet, hogy magasabb hőmérsékleten a PP egy része oldódott a polietilénben. Ha az ömledéket 130 °C-ra hűtötték, megindult a PP lassú elválása a PE-VLD(3)-tól, ill. PE-VLD(4)-től. A fáziszétválás és a PP kristályosodása egymás mellett ment végbe, mintegy versenyzett egymással. Először a kristályosodás volt jobban megfigyelhető, később a fáziszétválás vált uralkodóvá. Az (1) és a (3), ill. (4) jelű etilénkopolimert tartalmazó keverékben megfigyelt jelenségek eltérése abból adódott, hogy a PP jobban oldódott a PE-VLD(1)-ben.

A PE-ULD+PP keverék kristályosodását DSC-vel rosszul lehetett megfigyelni, de mikroszkóp alatt 115 °C-on 198 perc után finom fibrilla alakú kristá-

lyok jelentek meg. Ezeket 126 °C-on 22 h után is észlelték. 90–126 °C között azonban a kristályosodás olyan lassú volt, hogy a teljes kristályosodást nem lehetett kivárni. Szobahőmérsékleten a kristályképződés valamivel gyorsabbá vált, és a kristályszerkezet is durvább lett. A két másik PE-ULD-val készített keverékben is finoman diszpergált PP részecskékben alakult ki kristályos szerkezet. Ezekben oldatból nem képződtek PP kristályok.

PP-keverékek ABS-sel

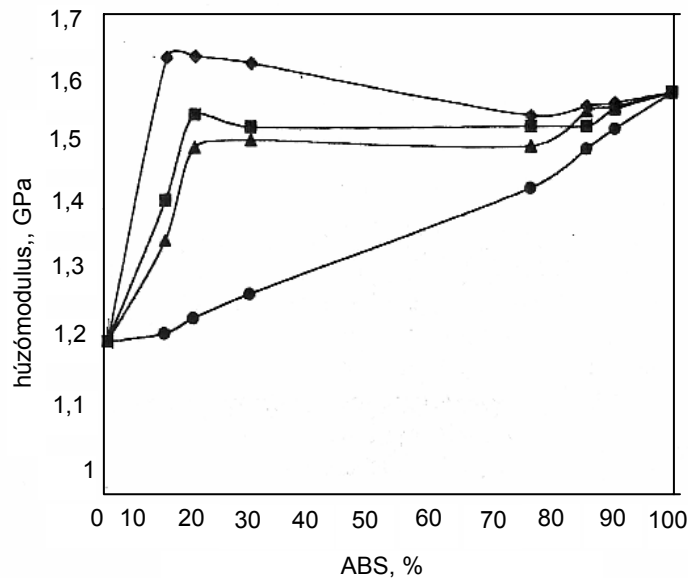
Egy indiai egyetemen (Baroda/Vadodara) a PP és az ABS keverékeit vizsgálták. Ez a két műanyag rosszul keveredik egymással, ezért összeférhetőségüket különböző adalékokkal próbálják javítani. Különböző kutatócsoportok korábban etilén/vinil-acetát kopolimerrel, maleinsavanhidriddel ojtott PP-vel, etilén/propilén blokk-kopolimerrel, butadién/sztirol blokk-kopolimerrel értek el kisebb-nagyobb sikereket.

A barodai egyetemen PP-re ojtott akrilsavval bíztató eredményeket értek el, a PP+ABS keverékek szerkezete homogénabb lett (az ABS finomabban oszlott el a PP mátrixban, és a keverékek mechanikai tulajdonságai is javultak). Összeférhetőséget javító adalékként azért fordult figyelmük az akrilátok felé, mert ezek jól keverednek ABS-sel, és feltételezték, hogy ha PP-re ojtják őket, az adalékok hidat képezhetnek a két alappolimer között. Egy újabb kísérletsorozatban a PP-re ojtott 2-hidroxietil-metakrilát (2-HEMA) összeférhetőséget javító hatását vizsgálták. Az ojtást maguk végezték el

A keverékekhez Indiában gyártott PP homopolimert (Koylene M0030), a Bayer cég indiai üzemében gyártott ABS-t (ABS 100N) használtak. A 2-HEMA-t a Fluka cégtől (Svájc) szerezték be. A keverést 20 L/D arányú egycsigás extruderben, két lépcsőben végezték. Az első lépcsőben PP-ből és PP-g-2-HEMA-ból 1:1 arányú keveréket készítettek, a második lépésben PP-t, ABS-t és az első keveréket elegyítették olyan arányban, hogy az a tervezett összetételű polimert adja. A PP/ABS aránya 90/10, 85/15, 75/25, 25/75, 10/90 volt, és valamennyi keveréket elkészítettek 2,5, 5 és 7,5 tömegrész PP-g-2-HEMA adalékkal (100 rész polimerkeverékre számítva). A túlnyomóan PP-tartalmú keverékeket 200–220–230–225 °C-os zónahőmérsékletekkel, az ABS-ben gazdagabb keverékeket 220–230–250–240 °C-os zónahőmérsékletekkel extrudálták, majd a keveréket granulálták és próbatestet fröccsöntöttek belőle. Pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgálták a keverék szerkezetét, és mérték a mechanikai tulajdonságokat.

Az adalékot nem tartalmazó PP+ABS keverékekben a PP-ben diszpergált ABS részecskék mérete 10% ABS-sel 10–15 µm, 15% ABS-sel 20–30 µm volt, és a részecskék élesen elkülönültek a mátrixtól. Már 2,5 rész PP-g-2-HEMA hozzákeverésének hatására sokkal homogénebbé vált a szerkezet, a részecskék láthatóan beépültek a mátrixba, és méretük 5–10 µm-re csökkent.

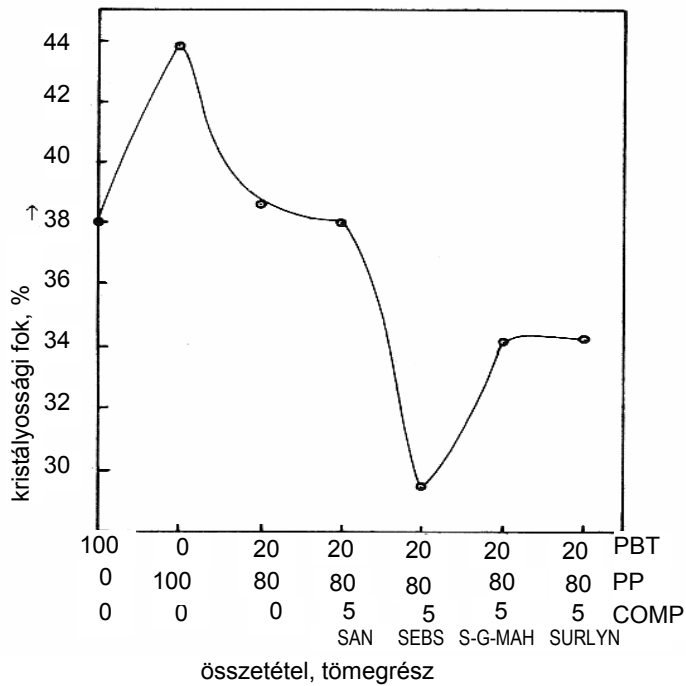
A szerkezetben látható különbség megmutatkozott a mechanikai tulajdonságokban is, valamennyi összeférhetőséget tartalmazó keverék mechanikai tulajdonságai jobbak voltak az adalékot nem tartalmazó polimerkeverékénél. A PP-ben gazdagabb keverékeknél nagyobb, az ABS-ben gazdagabb keverékeknél kisebb különbségeket mértek. Az 5. ábra a keverékek húzómodulusát mutatja.



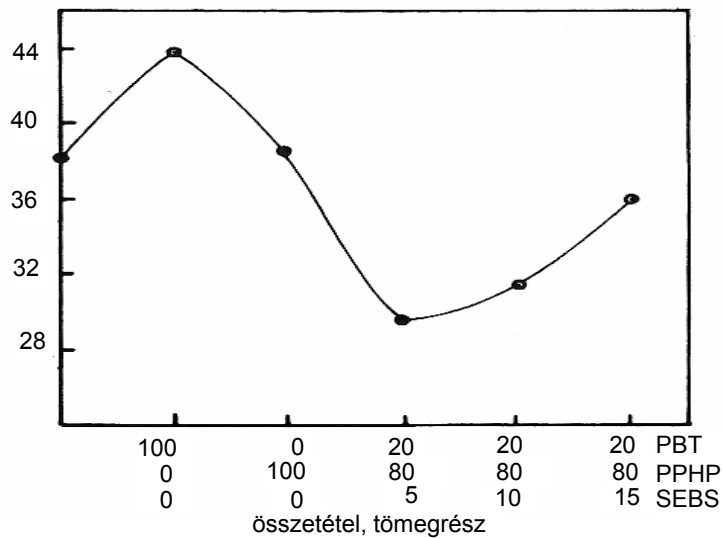
5. ábra A PP+ABS keverékek húzómodulusa
 (◆ PP/ABS/2,5 PP-g-2-HEMA; ■ PP/ABS/5 PP-g-2-HEMA;
 ▲ PP/ABS/7,5 PP-g-2-HEMA; ● PP/ABS)

PP homo- és kopolimer keverékei PBT-vel

Az indiai barodai egyetem kutatói izotaktikus PP homopolimerből és kopolimerből (Koylene M 0030, ill. Koylene MI-0030, indiai gyártmányok), továbbá poli(butilén-tereftalát)-ból (PBT, Arnite T-06 200, indiai gyártmány) is készítettek keverékeket összeférhetőséget javító különböző adalékokkal (sztirol/alrlnitril, SAN, indiai gyártmány; sztirol-etilén-butadién blokk-kopolimer, SEBS, ill. ennek maleinsavanhidriddel ojtott változata, SEBS-g-MAH, Kraton G-1652, ill. Kraton G-1901X, a Shell Chemical Co. gyártmányai; ionomer, Surlyn-8660, a DuPont Ltd. gyártmánya). A PBT-t és az adalékokat szárítás után kétcsigás keverőextruderben keverték a PP-be. A PP és a PBT aránya minden esetben 80:20 volt; az összeférhetőséget javító adalékok mennyisége változott. A keverékekből próbatestet fröccsöntöttek, és széles szögű röntgenszórással vizsgálták ezek kristályosságát.



6. ábra A PP homopolimer, a PBT és ezek keverékeinek kristályossági foka összeférhetőséget növelő különböző adalékok jelenlétékor (adalékmennyiség 5 tömegrész 100 tömegrész polimerkeverékre számítva)



7. ábra A PP homopolimer, a PBT és ezek keverékeinek kristályossági foka a SEBS adalék mennyiségének függvényében

Az 6. ábrán látható, hogy 5 rész összeférhetőséget javító adalék hatására minden esetben csökken a kristályosság, legerősebben a SEBS hatására. Az adalékmennyiséget növelve azonban a kristályosság ismét nő (7. ábra). Ha-

sonló jelenséget figyeltek meg SEBS-g-MAH adalék hozzákeverésekor a PP homo- és kopolimerek keverékeiben. A PP kopolimerrel készített keverék kristályossága viszont a SEBS mennyiségének növelésével folyamatosan csökkent, 5 résszel 34,3%, 10 résszel 33,5%, 15 résszel 32,6%-os kristályossági fokot mértek.

(Pál Károlyné)

Jun Li; Shanks, R. A.; Yu Long: Miscibility and crystallization of metallocene polyethylene blends with polypropylene. = Journal of Applied Polymer Science, 87. k. 8. sz. 2003. febr. 22. p. 1179–1189.

Patel, A. C.; Brahmhatt, R. B.; Devi, S.: Mechanical properties and morphology of PP/ABS blends compatibilized with PP-g-2-HEMA. = Journal of Applied Polymer Science, 88. k. 1. sz. 2003. p. 72–78.

Vashi, P. N.; Kulshreshtha, A. K.; Dhake, K. P.: Effect of various added compatibilizers on the crystalline structure of polypropylene homopolymer/polybutylene terephthalate and polypropylene copolymer/polybutylene terephthalate polymer blends. = Journal of Applied Polymer Science, 87. k. 8. sz. 2003. febr. 22. p. 1190–1193.

MŰANYAG ÉS GUMI

a Gépipari Tudományos Egyesület,
a Magyar Kémikusok Egyesülete
és a magyar műanyag- és gumiipari vállalatok
havi műszaki folyóirata
Az 2003. 8. szám tartalmából:

Biopolimerek módosítása
Ólomionok megkötése ioncserélő polimerekben
Foszfinszármazékot tartalmazó makromolekuláris
kolloidok előállítása emulziókban
Műanyagipari hírek és újdonságok

Szerkesztőség: 1371 Budapest, Pf. 433.
Telefon: (36-1) 201-7819, 201-2011/1451
Telefax: (36-1) 202-0252

Röviden...

Mérőberendezés nanobevonatokhoz

A mindössze néhány atomnyi vastag bevonatoknak, az ún. nanobevonatoknak szokatlan tulajdonságai vannak: kopásállóak, erősen csökkentik a súrlódási ellenállást, villamosan vezérelhető a fényáteresztésük, megakadályozzák az üveg fényvisszaverődését, víz- és szennyeződéstaszítóvá teszik a lakkfelületeket. A néhány nanométer vastag rétegek minőségvizsgálata meglehetősen bonyolult feladat. Az ilyen rétegek fontos jellemzője a behatolási modulus, amelynek mérését az EN ISO 14577 szabvány írja le. A szokásos keménységméréshez hasonlóan itt is piramis formájú tűt nyomnak meghatározott nyomással a felületre, és mérik a behatolási mélységet, amely a keménységgel arányos. Az erőcsökkenés görbéjéből számítható ki a behatolási modulus, amely gyakorlatilag azonos a rugalmassági modulussal. Ebből és a mérés során kapott más anyagi jellemzőkből megítélhető a nanoréteg minősége.

A méréshez a Helmut Fischer GmbH + Co. (Sindelfingen, Németország) kínálja „Fischerscope Picoindenter” névvel mérőeszközt. A gyártó szerint a készülék ára legfeljebb a fele az eddig hasonló célra használt készülékekének. A berendezés a terhelést 40 nN, a behatolási mélységet 20 pm pontossággal méri; a maximális terhelés 500 mN, a legnagyobb behatolási mélység 700 µm. Az automatikus mérés időtartama néhány másodperc, ezért a berendezés alkalmas gyártás alatti alkalmazásra. A mért adatokat számítógép tárolja és értékeli; kívánság esetén erről jegyzőkönyvet nyomtat.

(Metalloberfläche, 57. k. 1-2. sz. 2003. p. 43.)

Műanyag csipek

A Xerox cég kutatói kifejlesztettek egy polimert, amelyből csipek készíthetők. Ezeket plakátszerű hordozható tv-készülékekhez vagy monitorokhoz szánják. Az új félvezető polimer felépítését és szintézisét egy bostoni konferencián mutatták be. A polimer segítségével elektronikus áramkör nyomtatható műanyag fóliára. A feltalálók azt remélik, hogy a műanyag csipek olcsó, könnyen előállítható versenytársai lesznek a szilíciumalapú elektronikus eszközöknek.

(Metalloberfläche, 57. k. 1-2. sz. 2003. p. 43.)