

Hőre lágyuló poliészterek: új típusok és degradációs jelenségek

Tárgyszavak: gyártók; gyártmányok; villamosipari alkalmazások; új típusok; nedvességfelvétel; szárítás; degradáció.

Milyen új hőre lágyuló poliészterek jelentek meg a piacon?

A műanyag-feldolgozók legtöbbször a hőre lágyuló poliészterek közül legfeljebb a PET és PBT típusokat ismeri, talán még a PETG-t. A jobban értesültek talán azt is tudják, hogy további típusok is léteznek vagy bevezetésre várnak. Még kevesebben tudják, hová illeszkednek ezek az új típusok, milyenek a jellemzőik, kik gyártják őket. Tekintettel arra, hogy a poliésztereket régóta sikerrel alkalmazzák a villamos iparban, az autógyártásban, az orvosi műszerek és a háztartási gépek gyártásában, valamint a minőségi csomagolásban, nehéz megérteni, miért ez a bizonytalanság velük kapcsolatban. Az ok talán az lehet, hogy a hőre lágyuló poliészterek családja összesen hét homo- és kopolimerből áll, amelyek mindegyike észterszerkezetű és a tereftálsavat tartalmaz (1. táblázat). Közös jellemzőjük a jó vegyszerállóság, a kitűnő villamos jellemzők, a mérettartás és a szálerősített típusok ütésállóságának és merevségének kedvező aránya. Közülük több átlátszó. Hátrányos tulajdonságaik között említhető a különböző mértékű, de nem mindig kielégítő hőállóság és felületi megjelenés, valamint a nedvességfelvétel, ami igen kritikussá teszi a feldolgozás előtti szárítást.

A zavart erősíti egyes kereskedők marketingpolitikája, akik tudatosan kerülnek az általuk forgalmazott poliésztertermékek vegyi összetételének pontos megjelölését, és mivel a piac szerteágazó, különböző felhasználásokra néha más néven adják el ugyanazt az anyagot. A nagyobb poliésztergyártók körében az elmúlt években tulajdonosi szerkezetváltások következtek be, a legtöbbször eladtak vagy vásároltak üzemeket. Ennek célja ugyan hosszabb távon a biztosabb ellátás, de közvetlen hatása abban jelentkezett, hogy még a tájékozottak sem mindig tudják, hogy ki mit szállít.

A poliészterek közös jellemzője, hogy könnyen fogadnak be erősítő- és töltőanyagokat, pigmenteket, ami tovább növeli a piacon elérhető típusok számát (a kereskedelmi forgalomban levő típusok 90%-a valamilyen adalékot tartalmaz). Az adalékolás sokszor elfedi a használt mátrixgyanták közötti kü-

lönbséget. A kompaundálás tette azonban lehetővé pl. az égésgátolt vagy élelmiszeripari minőségű PBT megjelenését, vagy az olyan ötvözeteket, amelyek poliészter mellett polikarbonátot, ABS-t, ASA-t tartalmaznak. Mindenesetre több olyan tényező is van, amely *időszerűvé teszi a poliészterek piacának „tisztába tételét”*. Az egyik a kínálati struktúra átrendeződése. A másik a versenytárs műanyaggyártók marketingtaktikája, amellyel alternatív műanyagokat kínálnak a poliészterek helyett a kulcsfontosságú alkalmazási területekre. A poliésztergyártók válasza az újabb típusok és ötvözetek kifejlesztése, amelyek kiküszöbölik a meglévő hiányosságokat (pl. hidrolízisálló PBT csatlakozók gyártására).

1. táblázat

A tereftálsav alapú kopoliészterek választéka

Típus és osztály	Összetétel	Jellemzők
Homopolimerek		
PET	TPA + EG	kiemelkedő merevség, HDT
PBT	TPA + 1,4- butándiol	könnyebb feldolgozni; jobb a vízállósága, mint a PET-é
PTT	TPA + 1,3-propándiol	jó méretstabilitás, kitűnő felületi jellemzők
PCT	TPA + CHDM	a többi típusénál jobb hőállóság
Kopoliészterek		
PETG	TPA + EG (>50%) + CHDM	üvegszerű átlátszóság, nagy merevség
PCTG	TPA + CHDM (>50%) + EG	kitűnő átlátszóság, jobb ütésállóság és nyúlás, mint a polikarbonaté
PCTA	TPA + CHDM + IPA	nagyobb HDT és nyúlás mint a PETG-él, könnyebb feldolgozhatóság és száríthatóság, jó átlátszóság, semleges szín

TPA = tereftálsav, EG = etilén-glikol, CHDM = ciklohexán-dimetanol, IPA = izoftálsav; HDT = terhelés alatti behajlási hőmérséklet.

Kémiai sokféleség

A poliészterek sokféleségükkel meglepik a nem vegyész felhasználókat. Az „alapvegyületek” (a PET és a PBT) a tereftálsav (TPA) etilén-glikollal (EG) és butilén-glikollal képzett poliészterei (homopolimerek). Észak-Amerikában a PBT fő szállítója a **GE Advanced Materials**, a **Ticona**, a **DuPont** (amelyik helyben előállított anyagot kínál), a **BASF** (amely mind helyben gyártott, mind importált anyagot használ), valamint a **Bayer** (amely importált anyagot kínál).

A DuPont, a Ticona, a BASF és a Bayer erősített PET típusokat is forgalmaz. Sok kompaundáló cég foglalkozik poliészterkeverékek előállításával, de közülük viszonylag kevesen foglalkoznak fejlesztéssel.

Van a poliésztereknek egy másik csoportja, amelyben TPA-t, EG-t és egy második diolt reagáltatnak egymással. Ezek egyike a ciklohexán-dimetanol (CHDM), amelyet az **Eastman Specialty Chemicals** és a koreai **SK Chemicals** állít elő. Mivel ez a diol négyszer drágább a PET-ben és PBT-ben használt dioloknál, a velük készült kopolimerek többet kerülnek. A PETG kopolimerekben a diol kevesebb, mint 50%-a CHDM, a PCTG kopolimerekben 50%-nál több. A TPA és a CHDM homopolimerjének, a PCT-nek magasabb a hőállósága, mint a PET-nek. Az **Eastman Chemicals** a PCT termékcsaládot eladta a **DuPont Engineering Polymers**nek. A DuPont megszerezte bizonyos erősített PCTA termékek gyártási jogát is (ez utóbbi izoftálsavval módosított PCT). Az utóbbi években az Eastman Chemicals csak az általános „poliészter” és „kopolieszter” elnevezéseket használta termékeivel kapcsolatban, ami elfedte a kémiai összetétel finomabb különbségeit.

Változások a villamos és autóiipari felhasználásban

2003-ban Észak-Amerikában a poliésztergyanták és keverékek felhasználása kb. 30 E t volt, ebből kb. 60%-ot tettek ki a PBT és keverékei, 16%-ot a PET és 22%-ot a kopolieszterek (ezek 80%-a PETG). Az elkövetkező években 5–6%-os igénynövekedést várnak. A poliészterfeldolgozás (különösen a PBT-é) Ázsia felé toródik el, ahol jelentős új kapacitások épülnek. A PBT és az erősített PET típusok több mint 50%-át fröccsöntött csatlakozók, kapcsolók, relék és nyomtatott áramköri kártyák gyártására használják. Ez a piac átalakulóban van, és egyre inkább megkövetelik a nagyobb hőállóságot. Ennek oka a miniatürizálás, az alkatrészek nagyobb elhelyezkedési sűrűsége az autóiipari, motorházon belüli alkalmazásokban, valamint az új, ólommentes forrasztási eljárások terjedése.

Az igények kielégítésére a poliésztergyártók új típusok kidolgozásával válaszolnak, hogy a poliésztereket ne szorítsák ki a versenytárs műanyagok. A fejlesztések eredményeként azonban a poliészterek más, teljesen új alkalmazási területekre is behatolnak. A **DuPont** nemrég megvásárolta az **Eastman Chemicals**-tól a *Thermx PCT*, az erősített PET és a PCTA kompaundok gyártási jogát. A DuPont a PCT-t alkalmasnak látja saját elektronikai hőre lágyuló műanyag kínálatának növelésére. A PCT átmenetet kínál a PET és a folyadék-kristályos poliészterek (LCP) között (a HDT – terhelés alatti behajlás hőmérséklete – értékek rendre: PET = 224 °C, PCT = 262 °C, LCP = 288 °C). A PCT hőállósága megfelel az infravörös „reflow” forrasztásos technológiához, valamint a „felületen szerelt” (surface-mount) forrasztáshoz. A PCT kiváló kúszóáram-szilárdságot is mutat a versenytárs anyagokhoz képest. Ez különösen a kapcsolók és relék gyártásánál jelent előnyt, meg két új autóvillamossági

területen: az ún. hibrid autókban és a 42 V-os autókban. A DuPont új PCT típusokat fejleszt ezekre az új alkalmazásokra.

A **Ticona**, a **BASF**, a **Bayer** és a **DuPont** ugyancsak az *autóipar* igényeire válaszolva fejlesztett ki hidrolízisálló PBT típusokat. A módosítások kiterjednek magára az alappolimerre és az adalékokra is, hogy javítsák a stabilitást nedves és meleg környezetben. A jobb nedvességállóság nagyobb hőállóságot és kisebb vetemedést is jelent. Ezekkel az anyagokkal meg lehet felelni bármilyen globális szabványnak anélkül, hogy át kellene állni más anyagtípusra, vagy át kellene tervezni a szerszámokat. A **BASF** arra is törekszik, hogy minél jobban csökkentse az árkülönbséget a hidrolízisálló és a szokásos PBT között. A **Ticona** ütésálló, üvegszálas és hidrolízisálló PBT típusokkal jelent meg. A *Celanex 3425 HRT*, amely 40% üvegszálat tartalmaz, nagyon jól tapad az epoxigyantákhoz, amelyeket ragasztóként használnak. A **Bayer** új PBT típusait azzal reklámozza, hogy zsugorodásuk izotrop, ami nagyon fontos a nagy méretpontosságú, sűrűn elhelyezett kapcsolóelemeknél, és nagyobb a feszültségrepedéssel szembeni ellenállásuk is. A jövő januártól a Bayer két cégbe kívánja szervezni polimerekkel kapcsolatos tevékenységét, aminek eredményeként meg fog szűnni a közvetlen kapcsolat a PBT üzletág (amely a **Lanxess Corp.** része lesz) és a *Makroblend PC/PBT* ötvözetek között, amely a **Bayer MaterialScience AG**-hez fog tartozni.

Az **LNP** nevű kompaundáló cég eddig nem fektetett nagy súlyt a PBT alapú kompaundokra, de most bővíteni kívánja elektronikai célú termékeinek választékát. Ezek között lesznek halogénmentes, csökkentett éghetőségű, nagy folyóképességű és izotrop módon zsugorodó típusok.

Új alkalmazási területek

A **DuPont** javította a szálerősítésű PET és PBT típusok esztétikai jellemzőit. A *Shine-e Rynite* PET típusokból szebb felületű, fényesebb és tartósabb színű termékek gyárthatók. Az egyik típus A-osztályú felületminőséget is lehetővé tesz on-line festési módszerekkel, ami fontos az autóipar számára. Egy másik típus a nem festett alkatrészeknek ad jobb felületi fényt és színt. A jelenlegi PBT/PET típusokon nem lehet tökéletes felületi minőségű fémbevonatot képezni, és ez hátrány pl. az autók belső izzófoglalatainál. Az új *Crastin CE2548* ezen a problémán segít, aminek a titka egy speciális töltő-erősítő rendszer alkalmazása. A *Crastin CE2005* erősítetlen PBT, amelynek jó folyóképessége révén fényesebb és simább a felülete, mint a legtöbb erősített típusé. A **GE Advanced Materials** ugyancsak kínál új hőálló, fémmel vákuumgőzölhető PBT/PET típusokat. A **DuPont** élelmiszerrel érintkező *Termx PCT* típusainak új alkalmazási területet talált: olyan sütevényeket lehet belőle készíteni, amelyeket 180 °C-os sütőbe is be lehet tenni.

A **BASF** egyesítette a korábbi **Honeywell**-féle erősített PET termékeket saját PBT kínálatával. A PET kompaundokhoz használt újrafeldolgozott PET-

palackok anyaga tiszta, jól jellemezhető, mégis olcsó alapanyagot jelent. A **Ticona** bevezetett egy viszonylag alacsony olvadáspontú (147 °C) PBT kötőanyagot PET alapú nem szőtt kelmékhez, amelyeket autóbelsőkhöz használnak. Az ilyen módon teljesen poliészterből készült bélésanyag a jelenleg használt, lencsés és fenolgyanta kötőanyagot tartalmazó típusokkal ellentétben könnyen feldolgozható. A Ticona szerint az általuk fejlesztett bélésanyagoknak ezenkívül jobb a hő- és hangszigetelése, és könnyebbek a versenytárs termékeknél. A Ticona piacra dobott egy orvosi minőségű PBT típust is, amely egyes esetekben fém alkatrészek kiváltására is alkalmas.

A PBT keverékek jelenlegi 3 USD/kg körüli árának csökkentésére a **Schulman** olyan PBT/PET ötvözeteket ajánl, amelyek legalább 25% hulladékból visszanyert PET granulátumot tartalmaznak. Ezek között vannak erősítetlen, 10% és 40% üvegszálat tartalmazó típusok, főleg autóiipari célra.

Új ötvözetek

Erőteljesen fejlesztik az autóiipari ötvözeteket is. A **BASF Ultradur S 4090** néven PBT/PET/ASA hármas keveréket hozott forgalomba, amely 15 vagy 30% üvegszálat tartalmaz, és külső autóiipari panelek vagy kültéri villamos tokozások gyártására alkalmas. Az ASA növeli az időjárás-állóságot, a mérettartást, a poliészterek pedig csökkentik a termék árát. A **GE Advanced Material Xenoy PC/PBT** ötvözeit fejleszti tovább, de megjelent *Cytra PBT/ABS* és *Xylex PC/kopoliészter* típusaival is. A PC/poliészter keverékek javítják a PC időjárás- és vegyszerállóságát, miközben megmarad a jó ütésállóság, átlátszóság és sterilizálhatóság. A *Xenoy* ötvözeteket ismét egyre többet használják a lökhárítóknál, ahonnan egy időben kiszorították az olcsóbb TPO- és habalapú rendszerek. Ez az irányzat talán a kisebb keresztmetszetű szerkezeti elemekkel magyarázható.

Új kopoliészterek

Az **Eastmann**ál, annak ellenére, hogy bizonyos poliészterekkel és kopoliészterekkel kapcsolatos üzletágát eladta a **DuPont**nak, nem maradt abba a fejlesztőmunka. Legutóbb egy „üvegszerű műanyaggal” rukkoltak elő, amelyből vastag falú, üvegszerű benyomást keltő terméket gyártanak – elsősorban kozmetikumok számára. A PCTA anyagok között szerepel az *Eastar AN001*, amelyet fröccsöntésre és nyújtva-fúvásra ajánlanak, az *AN004* pedig fröccsönthető típus, amelyet vékony falú termékekhez is jól lehet használni. Mi indokolja a PCTA használatát? Az olcsóbb PET 3 mm rétegvastagság felett olyan gyorsan kristályosodik, hogy a vastag falú termékek elhomályosodnak. A kopolimerben lassúbb a kristályosodás, ezért átlátszó marad, és üvegszerű a termék tapintása. Az Eastman új extrudálható és fúvásra alkalmas kopoliészterekkel is jelentkezik. A PETG-ből már régen készülnek kisebb fúvott termé-

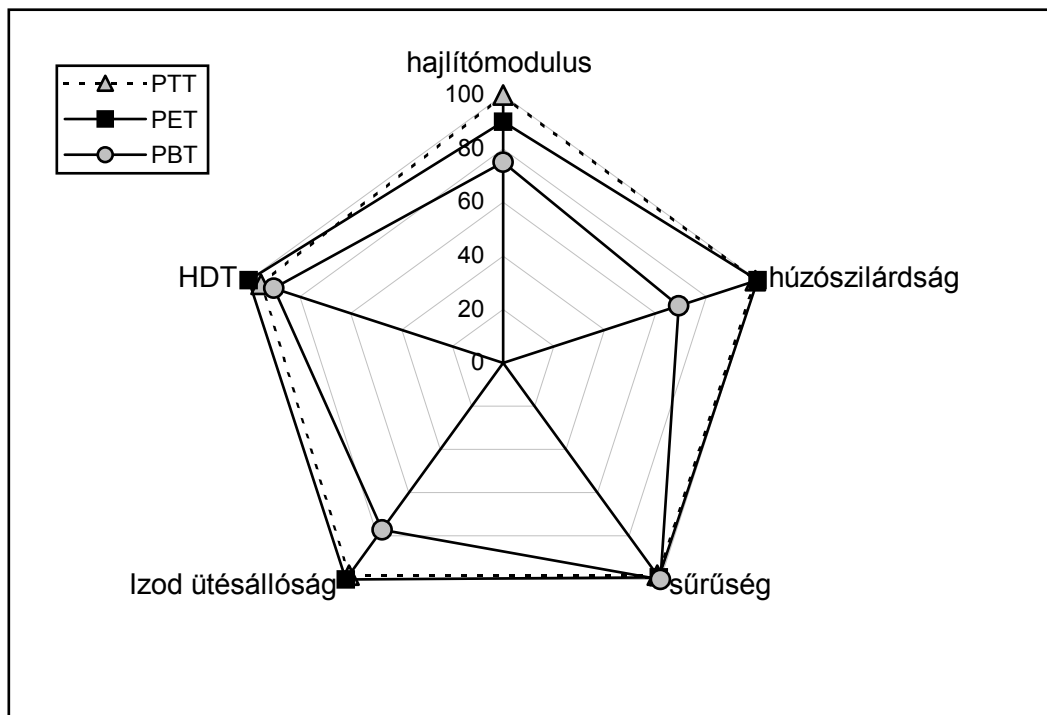
kek, pl. hűtőgéptartályok. Az új kopoliészter (*EBO62*, amelynek összetétele még nem ismert) előnyei között van a szívósság, az átlátszóság, a PETG-énél jobb ömledékszilárdság, ami megnyithatja az utat az extrudált előformából fúvott nagyobb termékek felé. A PETG-t egyre többet használják laboratóriumi eszközök gyártására, valamint mélyhúzott orvosi csomagolásokhoz (az Eastman *Provista* termékcsaládja). A *Provista MP001* típusban elágazásokkal és szélesebb molekulatömeg-eloszlással javítják az ömledékszilárdságot, ami ugyan csökkenti az ömledéktörést és javítja a termelékenységet, de valamivel mérsékli az ütésállóságot. Az Eastman elágazott PETG-t orvosi profilok gyártásához is alkalmaz. A PCTG alapú *DN010* nagymértékben (92%) átlátszó, fröccsönthető típus, amely akrilátok kiváltására is alkalmas. A nagyobb ütésállóság csökkenti a törés veszélyét és lehetővé teszi bepattanó kötések gyártását. Az *MN005* ugyancsak fröccsönthető PCTG orvosi célokra. Folyóképessége duplája a normál típusénak, és jó kompromisszumot értek el az ütésállóság és a szakadási nyúlás területén is.

A koreai **SK Chemicals** az ázsiai piacra gyárt CHDM-et és kopoliésztereket, ahol a PETG kezdi kiszorítani a PVC-t egyes átlátszó lemezek, fóliák és palackok gyártásában. Az SK az amerikai piacon is megjelent termékeivel, ahol a felhasználók a termék minőségét összehasonlíthatónak találták az Eastman termékeivel, ami nem mondható el minden tengerentúli PETG termékről. Az SK fontolgatja a PCTG típusok bevezetését is. Az SK nem tervez árháborút, és azt is bejelentette, hogy eljárása különbözik az Eastmanétól, ami kisebb tulajdonságtérésekben is megmutatkozik.

A PTT – egy sikeres poliészter

A poli(trimetilén tereftalát) (PTT, a TPA és az 1,3-propándiol kondenzációs terméke), amelyet 1941-ben fedeztek fel, és amelyet a **Shell Chemical** gyárt, csak most jelent meg extrúziós és fröccstermékként a piacon. Ennek hátterében az áll, hogy a Shell egy katalizátorfejlesztéssel tizedére (kb. 2 USD/kg-ra) csökkentette a propándiol árát, és ezzel a PTT a PET és a PBT reális versenytársává vált. A Shell a *Corterra PTT* fő piacának a *szőnyegipari szálakat* tekinti, ahol a PTT előnyös tulajdonságai különösen jól érvényesülnek. A jövőben tervezik a PTT bevezetését a *műszaki műanyagok* piacára is. A Shell Chemicalnak van egy évi 18 E t kapacitású szakaszos technológiájú üzeme az USA-ban, de még ebben az évben indul egy 95 E t-s üzem Kanadában folyamatos ömledéktechnológiával. *A PTT gyorsan kristályosodó, 1,35 g/cm³ sűrűségű műanyag, amely fröccsönthető, extrudálható és fúvással is feldolgozható.* Könnyebben feldolgozható és kevésbé nedvességérzékeny, mint a PET, mechanikai jellemzői a PET és a PBT között vannak. 30% üvegszál hozzáadásával az erősített PBT-hez hasonló tulajdonságú anyagokat kapnak (1. ábra). A Shell úgy gondolja, hogy az erősítetlen PTT-t többségében PC-vel, PET-tel és PBT-vel képzett ötvözeteiben fogják használni. A fröccsön-

töltött PTT tárgyak felszíne sima, és nagyon pontosan leképezi a szerszám felületét. A többi poliészternél kevésbé vetemedik, és a PBT-nél 50%-kal kevesebb színezőanyaggal is hasonló felületi minőséget ad. A tervek szerint a PTT-t használni lehet autók és más szabadidő- és haszonjárművek nagy felületű külső paneljeinek, készülékházak és építőipari elemek gyártására. A PTT-ből biaxiálisan orientált fólia is készíthető, Koreában pl. PTT/PET fóliát használnak PVC helyett zsugorfóliás csomagoláshoz.



1. ábra 30% üvegszállal erősített PTT, PET és PBT tulajdonságainak összehasonlítása (100%-os értékek: hajlítómodulus 10 GPa, húzószilárdság 160 MPa, sűrűség 1,60 g/cm³, Izod ütésállóság hornyolt próbatestenen 110 J/m, terhelés alatti behajlás hőmérséklete, HDT 220 °C)

Egyes kompaundálók (**RTP, Lati**) azzal kísérleteznek, hogy halogénmentes *égésgátlókkal* elérjék az UL 94 V-0 minősítést anélkül, hogy a PTT más tulajdonságai jelentősen romlanának. A megcélzott alkalmazás villamos tekercsek csévéi, kapcsolók, műszerházak. Mivel ezeket a célokat PBT-vel nehéz volt elérni, inkább PA 6-ot és PA 66-ot használtak ilyen célra. Az RTP egy német céggel együttműködve kifejlesztett egy ilyen kompaundot, amelynek tulajdonságai igen jók, de az eladások eddig nem voltak túl nagyok – talán a magas ár miatt és azért, mert a halogénmentes égésgátlóknak az USA-ban nem tulajdonítanak akkora jelentőséget, mint Európában. Az RTP-nél az égésgátolt

típuson kívül van üvegszál, szénszál és kenőanyagot tartalmazó PTT típus is.

Poliészterek degradációja feldolgozás közben

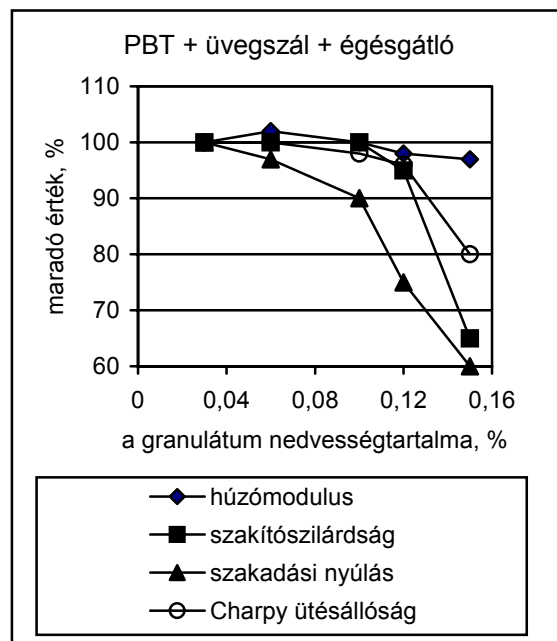
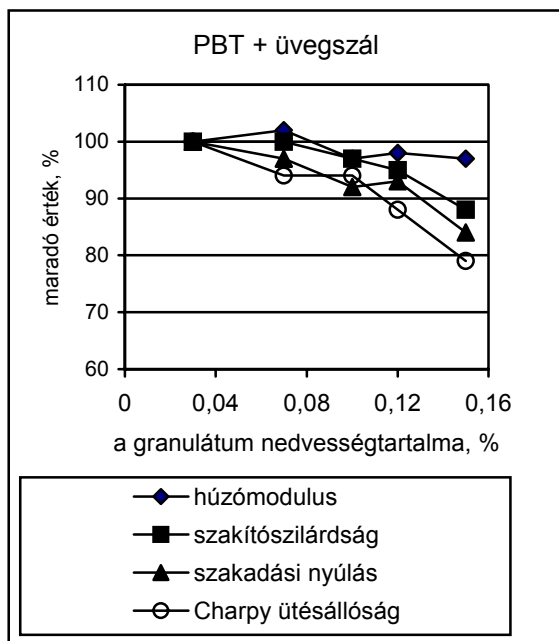
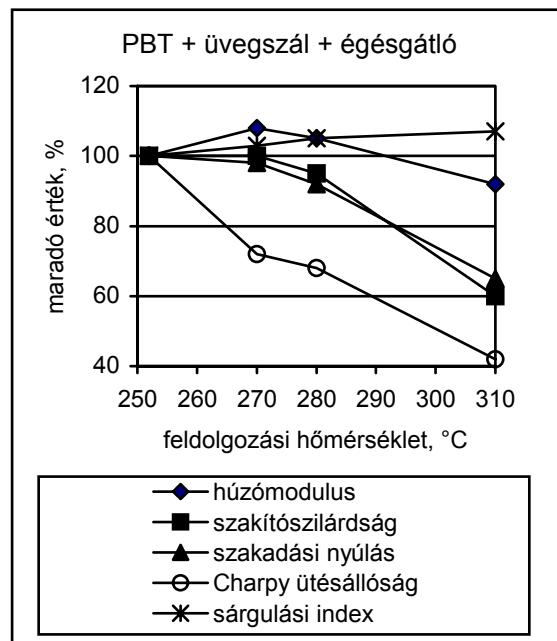
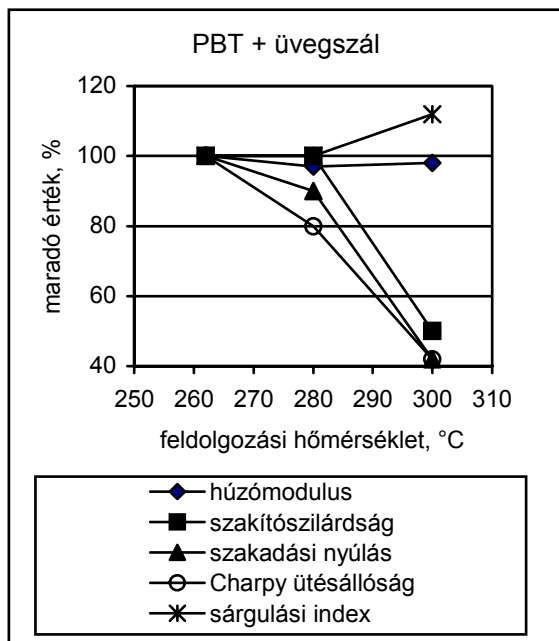
Vizsgálták, hogy milyen maradandó károsodást okoznak a feldolgozási körülmények a PBT alapú kompaundokban. *A poliészterek feldolgozásában és degradációjában nagyon nagy szerepet játszik az anyag által megkötött víz. A megkötött víz a legtöbb műanyagban buborékképződéshez, felületi hibákhoz, rosszabb mechanikai és viszkozitási jellemzőkhöz vezet, de poliészterekben mindez fokozottan jelentkezik a hidrolitikus degradáció miatt. Emiatt a PET és a PBT feldolgozás előtt különösen gondos, molekulaszűrő jelenlétében végzett 2–3 órás 120 °C-os szárítást igényel, és a maradék víztartalomnak 0,02% alatt kell maradnia.*

Annak megértésére, hogy milyen hatással vannak a körülmények a PBT vízfelvételére, meg kell mérni a nedvességfelvétel kinetikáját. Ennek érdekében egy adalékmentes PBT-n megmérték a vízgőzabszorpció időfüggését 23 °C-on 50% relatív nedvességtartalom mellett, majd a vízleadás kinetikáját egy olyan molekulaszűrős szárítóban, amelyben a harmatpont –20 °C volt. *A vízfelvétel nagyon gyors. A jól kiszárított minta már néhány óra alatt annyi nedvességet köt meg, hogy az már veszélyezteti a feldolgozás utáni termék minőségét.* Különösen rossz a helyzet, ha magas a hőmérséklet és a levegő relatív páratartalma (elsősorban nyáron). Ezt azt jelenti, *hogy nagyon óvatossá kell lenni a granulátumos zsákok nyitva hagyásával, és nem szabad sokáig a gép adagolójában hagyni a kiöntött granulátumot sem.* Ha ezt nem veszik figyelembe, könnyen törékeny terméket kapnak. A molekulaszűrős szárítók nemcsak meggyorsítják a szárítási folyamatot, hanem függetlenné is teszik azt a külső levegő nedvességtartalmától (eltérően pl. a ventilátoros szárítástól).

A nedvességtartalom és a hőmérséklet erősen befolyásolja a poliészterek ömledékvizkozitását is. A különböző nedvességtartalmú anyagokkal különböző hőmérsékleten felvett kapillárreométeres görbék az mutatják, hogy a utóbbi tényező hatása erősebb a viszkozitás csökkenésére. A nedvességtartalom viszonylag kevésbé befolyásolja az ömledék minőségét, annál nagyobb befolyással van viszont a feldolgozott termék mechanikai jellemzőire.

Az adszorbeált víz hatása a feldolgozott termék jellemzőire

Annak ellenére, hogy a PBT viszonylag kevés vizet köt meg (23 °C-on, 50% relatív pártartalom mellett 0,08%-ot; vízbe áztatva 23 °C-on 0,34%-ot) – ezért nem is változtatja jelentősen méreteit – a feldolgozás előkészítésében problémát jelent, hogy még ez a kevés nedvesség is jelentős degradációt



2. ábra Üvegszálás PBT granulátumból készült próbatestek néhány mechanikai jellemzője a feldolgozási hőmérséklet, ill. a kiindulási nedvességtartalom függvényében

okozhat a feldolgozás során. Az ennek hatására beálló tulajdonságromlást a késztermék bármilyen későbbi kezelésével már nem lehet helyrehozni. A jelenséget úgy tanulmányozták, hogy 4 különböző PBT granulátum mechanikai tulajdonságait vizsgálták különböző előkezelések és feldolgozás után. A négy

típus a következő volt: 1) erősítetlen típus műszaki célokra, gyors fröccsciklusokra, 2) erősítetlen típus jó villamos jellemzőkkel és égésgátlóval, 3) üveg-szál-erősítésű típus műszaki célokra, különböző merevséggel, 4) csökkentett éghetőségű erősített típus jó villamos jellemzőkkel. Mindegyik esetben azt figyelték meg, hogy a nedvesség jelenléte nagymértékben növeli a végtermék törékenységét. A húzómodulus csak jelentéktelen mértékben változik, de a húzószilárdság és a szakadási nyúlás, valamint az ütésállóság meredeken csökken (2. ábra). A csökkenés mértéke függ a PBT granulátum típusától. A csökkentett éghetőségű típusok tulajdonságromlása a leglátványosabb. *Az égésgátlók és a villamos jellemzőket javító adalékok szemmel láthatólag érzékenyebbé teszik az anyagot a degradációra, tehát ezeknél még jobban vigyázni kell a feldolgozás előtti gondos szárításra.*

Azt sem árt megnézni, hogy a feldolgozók által használt gyakorlat, ti. a feldolgozási hőmérséklet emelése a folyási tulajdonságok javítására és a ciklusidő rövidítésére, ebben az esetben célszerű-e. Itt egyértelmű, hogy a magasabb hőmérsékleten fröccsöntött, különösen a vékony falú tárgyak esetében aránytalanul nagy tulajdonságromlás következik be. A legérzékenyebben a szakadási nyúlás változása mutatja a degradációt. A degradáció mértékét egyébként az anyag elszíneződésével (az ún. sárgulási indexszel) is jellemezni lehet.

Mit tehet a feldolgozó a degradáció ellen? *A granulátumokat jól elszigetelve kell tárolni, feldolgozásuk előtt megfelelően ki kell szárítani őket, és kerülni kell a feleslegesen magas feldolgozási hőmérsékleteket.* Bár ez a vizsgálat nem tért ki a regranulátum hozzákeverésének hatására, ennek ilyen vonatkozása nyilvánvaló, hiszen ha a regranulátumban már eleve degradált vagy részben degradált polimer van, az rontja a friss polimer mechanikai jellemzőit. Ezért 10%-nál több regranulátum felhasználását mindenképpen el kell kerülni.

Dr. Bánhegyi György

Leaversuch, R.: Thermoplastic polyesters. = *Plastics Technology*, 50. k. 6. sz. 2004. p. 46–64.

Degradation of polyesters. = *Macplas International*, 2004. 2. sz. máj. p. 43, 45.

EGYÉB IRODALOM

„Gezielt forschen – clever vermarkten”. Bayer MaterialScience auf der „K 2004”. („Célirányosan kutatni – okosan kereskedni”. A Bayer cég kutatási központja a 2004-es düsseldorfi műanyag-kiállításon.) = *K-Zeitung*, 2004. 13. sz. júl. 1. p. 5.

Neuartige Dickenprofil-Regelung für Blasfolien. (A Kuhne cég új vastagságprofil-szabályozást mutatott be fúvott fóliák gyártásához.) = *K-Zeitung*, 2004. 13. sz. júl. 1. p. 17.