

Reciklátum használata HDPE csövek gyártásánál

Polietilén csövek gyártásánál jelenleg még kérdéses az újrahasznosított anyagok használhatósága a szigorú minőségi követelmények miatt. A feldolgozhatóság és a hosszútávú mechanikai tulajdonságok alakulása a reciklátum bekeverése, vagy koextrudált réteggként történő alkalmazása esetében intenzíven kutatott terület, amely a gépgyártók fejlesztéseire is hatással van.

Tárgyszavak: csőgyártás, újrahasznosítás, polietilén

A körkörös gazdaságra történő átállás hatására egyre több területen kerül előtérbe az újrahasznosított műanyagok nagyobb arányú használata. Van olyan műanyagtípus, például a polietilén-tereftalát (PET), ahol a palackgyártásnál az Európai Unió konkrét minimális reciklált tartalmat írt elő, más típusoknál, például a polietilénél (PE) még nem határoztak meg ilyen értéket. A reciklált PE (rPE) használata azonban így is terjedőben van, nem csak csomagolóipari alkalmazásoknál, hanem műszaki alkalmazásoknál, például csövek gyártásánál is.

Az elhasználandó csövekből készült reciklált anyagok csőgyártási célú hasznosítása azonban ritka, mivel a hosszú élettartamú termékek gyártásához használt anyagok minősége rengeteget változott az elmúlt évtizedekben. Habár számos európai szabvány engedélyezi csőgyártáshoz a csövekből származó újrahasznosított anyagok használatát, ezek mostanáig szigorúan tiltották a másféle felhasználásából származó reciklátumokat. Az újrahasznosított anyag eredetétől függetlenül a belőlük készült termékek felhasználási területei is korlátozottak: tipikusan nem-nyomásálló alkalmazásokhoz, pl. vízelvezető vagy szennyvízcsövekhez lehet használni őket. A csőalapanyagokat a felhasználás előtt számos szempontból kell vizsgálni: sűrűség, oxigén indukciós idő, folyásindex (MFI), víztartalom, koromtartalom stb. Mindezek mellett kiemelten fontos a mechanikai jellemzők értékelése, elsősorban a gyors és a lassú repedésterjedéssel szembeni ellenállás. Mivel ezek a vizsgálatok idő- és költségigényesek, ezért az anyagfejlesztés első szakaszában általában a gyorsabb lefutású verziókat alkalmazzák, például a teljesen bemetszett kúszás tesztet (Full Notch Creep Test – „FNCT”) vagy a körben bemetszett hengeres minták (Cracked Round Bar - CRB) vizsgálatát.

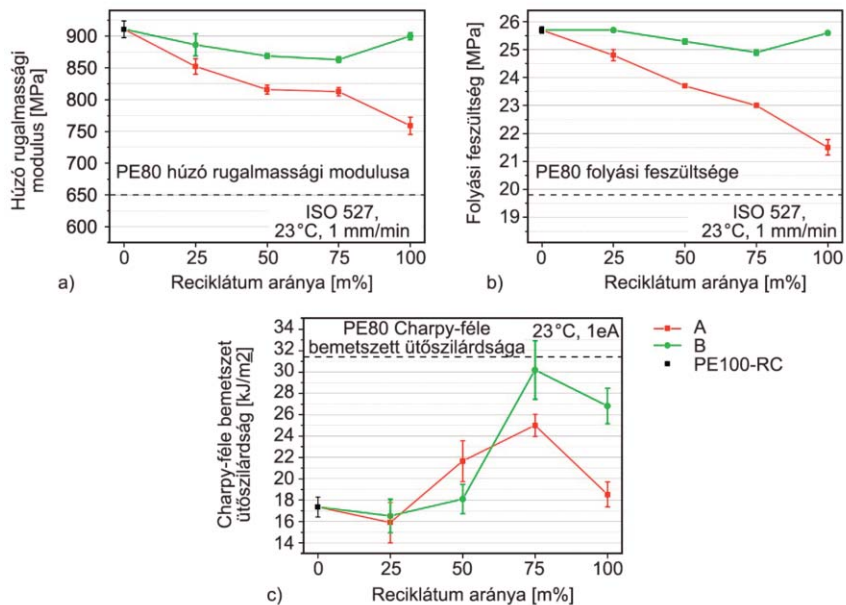
Egy osztrák kutatócsoport (**Institute of Polymeric Materials and Testing, Linz**) a **Borealis** céggel együttműködve azt vizsgálta, hogyan rontják a csomagolóipari hulladékból származó polietilének a PE100-RC anyag rövid- és hosszútávú mechanikai tulajdonságait. A PE100-RC növelt lassú repedésterjedéssel (slow crack growth – SCG) szembeni ellenállású PE100 minőségű csőanyag (az ebből extrudált csövek 20 °C-on akár 10 MPa feszültséggel is üzemeltethetők legalább 50 évig). Kétféle lakosági szelektív gyűjtésből származó hulladék PE-t vizsgáltak, egy nagyobb ('A' jelzésű, 2,48 g/10 perc) és egy kisebb ('B' jelzésű, 0,82 g/10 perc) MFI értékkel rendelkezőt (190 °C/5 kg). A keveréshez használt PE100-RC anyag MFI-je pedig 0,23 g/10 perc volt. Az eredmények értékelésénél a 0,8 g/10 perces MFI értékű, eredeti PE80 referencia anyag tulajdonságait is viszonyítási pontként tekintették. A szakítóvizsgálatok során megállapították, hogy a PE100-RC rendelkezik a legnagyobb, a PE80 pedig a legkisebb merevséggel, illetve szilárdsággal (*1. ábra*). Az 'A' jelzésű reciklált anyag mind a merevséget, mind a szilárdságot lineáris trend szerint csökkentette, a 'B' anyag esetében inkább stagnálás mutatkozott a keverékek esetében. A

Charpy-féle ütőszilárdságot tekintve a PE80 anyag csaknem a dupláját érte el a PE100-RC anyag 17 J/m^2 értékének. A keverékek 50% reciklátum arányánál kismértékű, 75%-nál nagymértékű javulást eredményeztek. Utóbbi esetben szinergikus hatás feltételezhető, mivel a keverék ütőszilárdság meghaladja az alkotók önmagában mért értékét.

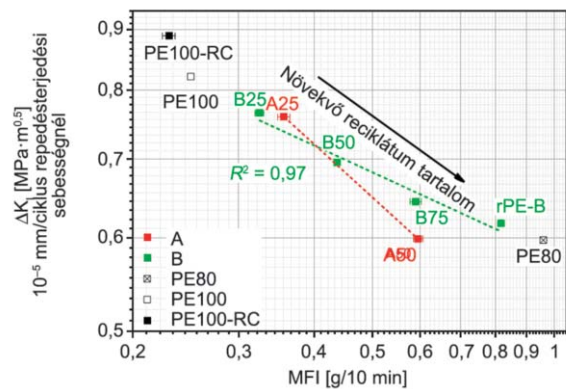
A lassú repedésterjedéssel szembeni ellenállást (a fáradásos repedésterjedést – fatigue crack growth – FCG) hasonlították össze, CRB próbatesteken. A kapott kinetikai diagrammok értékelése során a különböző minták 10–5 mm/ciklus repedésterjedési sebességhez tartozó feszültségintenzitási tényező értékeit ábrázolták az MFI függvényében és megállapították, hogy ezen értékek között erős korreláció tapasztalható (2. ábra), így az MFI mérés alapján a csövek hosszútávú mechanikai tulajdonságai becsülhetők.

Összességében megállapították, hogy a csomagolóiparból származó PE hulladékok akár 50%-ban is adagolhatók a PE100-RC anyaghoz, az eredményül kapott keverékek tulajdonságai versenyképesek a PE80 eredeti anyagával.

Habár jelenleg nem engedélyezett újrahasznosított anyagból nyomásálló csövek gyártása, a jövőben ez várhatóan változni fog. Bár a teljes mértékben reciklátumból készülő termékek bevezetése ezen a területen nem valószínű, koextrudált rendszerekben elképzelhető újrahasznosított PE-ből készült réteg használata. Egy cseh kutatócsoport (**Institute of Physics of Materials, Brno**) megvizsgálta, hogyan alakulna a nyomástartó csövek várható élettartama, amennyiben két eredeti réteg közé egy újrahasznosított anyagból készített réteget helyeznek el. Három esetet vizsgáltak (3. ábra): az első esetben a csőfalat homogénnek feltételezték PE100-RC, PE100, illetve reciklált PE anyagot feltételezve. A második esetben a háromrétegű cső szélső rétegei PE100-RC vagy PE100 anyagúak, a középső réteg pedig újrahasznosított PE, a repedés kiindulását pedig belülről, az első belső rétegen keresztül hatolva modellezték. Végül a harmadik esetben a repedés kialakulását és terjedését a középső rétegben feltételezték, amelynek vastag-



1. ábra. A mechanikai tulajdonságok változása a kétféle reciklátum arányának függvényében. a) húzó rugalmassági modulus; b) húzószilárdság; c) Charpy-féle bemetszet ütőszilárdság.



2. ábra. A feszültségintenzitási tényező és az MFI kapcsolata. (Az 'A' és 'B' reciklált tartalom számmal jelölve az adatpontoknál.)

ságát a modellben úgy változtatták, hogy a teljes falvastagság 40%-át (3,28 mm), 50%-át (4,1 mm) és 60%-át (4,92 mm) tegye ki.

A kapott eredmények (4. ábra) alapján megállapították, hogy a homogén PE100 vagy PE100-RC anyagból készült csövek valóban teljesítik a PE100 minőségi kritériumait, tehát minimum 50 éves élettartam várható 10 MPa gyűrűfeszültség esetén. A reciklált anyagból készült cső ezt messze nem éri el, az 50 éves várható élettartamhoz tartozó gyűrűfeszültség csupán 5,6 MPa. Amennyiben a repedés a belső eredetianyagból készült rétegből indul el (2. eset), a várható élettartamok alig csökkennek a homogén PE100, illetve PE100-RC csövekhez képest. Ha azonban a repedés a középső újrahasznosított rétegből indul (3. eset), a várható élettartam jelentősen rövidül, de a többrétegű csövek ebben az esetben is elérik a PE80 minőséget. A középső réteg vastagsága az a vizsgált tartományban számításaik szerint nem befolyásolja lényegesen a termék várható élettartamát.

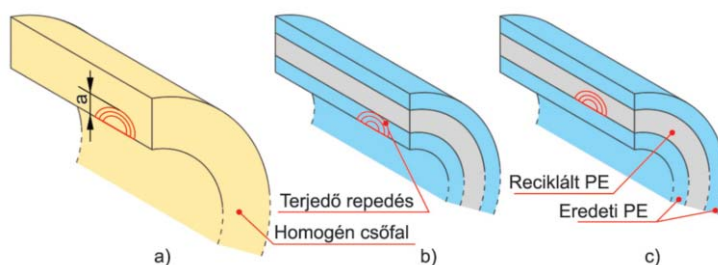
A növekvő igény az újrahasznosított csőanyagok használatára a gépgyártókat is új fejlesztésekre ösztönözi. A **KraussMaffei** többrétegű csövek gyártására ajánl megoldásokat, amelyek alkalmasak reciklátum feldolgozására is, az **ETA** pedig speciális keverőcsigákat és plasztifikáló egységeket gyárt a megfelelő ömledékhomogenitás elérése érdekében.

Összeállította: dr. Ronkay Ferenc

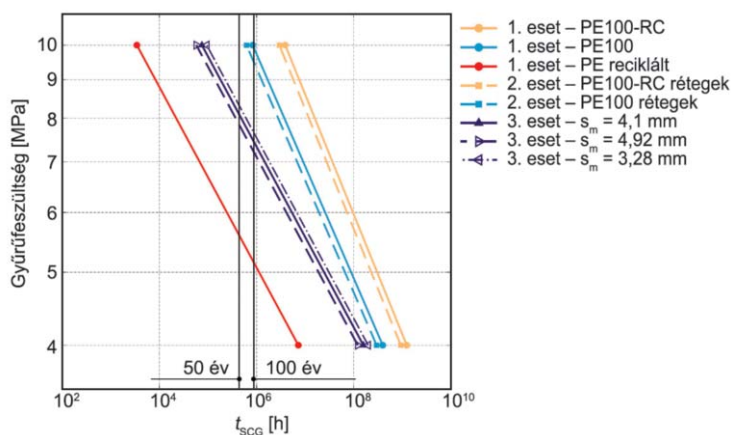
Freudenthaler P. J., Fischer J., Liu Y., Lang R. W.: Short- and Long-Term Performance of Pipe Compounds Containing Polyethylene Post-Consumer Recyclates from Packaging Waste – Polymers, 2022. 14. sz. p. 1581.

Poduška K., Dlhý P., Hutař P., Frank A., Kučera J., Sadílek J., Náhlík L.: Design of plastic pipes considering content of recycled material – Procedia Structural Integrity, 2019. p. 293–298.

Zwischen neuem Materialmix und Energieeffizienz – Kunststoffe, 2021, 10. sz. p. 40–45.



3. ábra. A vizsgált esetek sematikus ábrái.



4. ábra. A becsült tSCG élettartam különböző gyűrűfeszültségeknél a vizsgált eseteknél.