

Az anyagszerkezet változásának hatása polipropilén (PP) anyagok kifáradási tulajdonságaira

Balika Werner*

Bevezetés

A mérnöki szerkezetekhez egyre gyakrabban használnak műanyagokat. A műszaki műanyagok közül is az egyik legfontosabb és legjobban fejlődő anyagcsoport a polipropilén (PP), amely rendkívül sokféle-képpen módosítható, és így az alkalmazási területe szinte tetszőlegesen kiterjeszhető.

A csővezetékgyártásban, ami az elmúlt években a műanyagok egyik igen fontos alkalmazási területévé vált, a polietilén (PE) mellett a PP mind nagyobb teret nyer. A PP anyagok jó kémiai ellenálló képességgel és 95 °C-ig megbízható mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek.

Az élettartam meghatározással összefüggésben fontos szerepet kapnak a PP kifáradási tulajdonságai is. A hagyományos vizsgálati módszerek mellett a törésmechanikai módszerek alkalmazása is egyre nagyobb teret hódít. A műanyagok mechanikai tulajdonságai nem lineáris viselkedést mutatnak a terhelés hatására. Ezért a lineárisan rugalmas törésmechanikai módszerek (LRTM) alkalmazhatósága erősen korlátozott. Ridegen viselkedő műanyagoknál a fáradásos repedésterjedéssel szembeni ellenállás viszonylag egyszerűen meghatározható. Erre találhatunk példát pl. a [1] irodalomban. A szívósabban viselkedő anyagok esetén, sem a vizsgálattechnikára, sem a reális összehasonlítást lehetővé tevő anyagjellemzőkre nincs ma még egységes nézet.

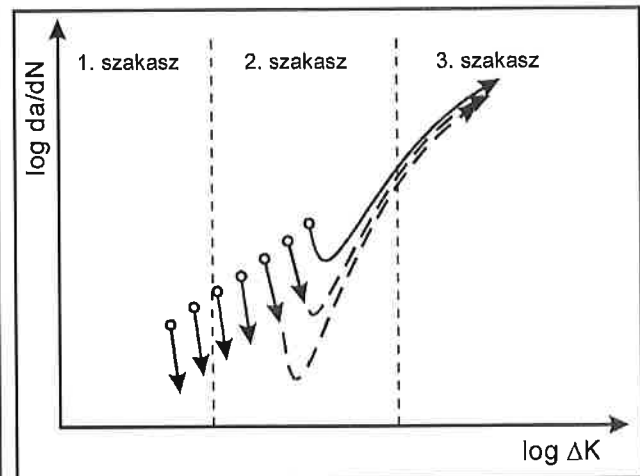
Kísérletek

A bemutatásra kerülő kísérletekben különböző mikroszerkezetű PP anyagok fáradásos repedésterjedéssel szembeni ellenállását vizsgáltuk. Ellenőriztük a LRTM alkalmazhatóságát ezen anyagok esetén, valamint összehasonlítottunk többféle, mikroszerkezetileg módosított anyagot. Továbbá az így meghatározott jellemzőket összevetettük más műanyagok, főképpen a csővezetékgyártásban gyakran használt kemény PE, polivinilklorid (PVC), polibutén (PB), hasonló kifáradási jellemzőivel. A vizsgálatokat egy szervohidraulikus anyagvizsgáló berendezésen (MTS 810) C(T)-próbatestekkel, erővezérléssel végeztük el. A vizsgálati hőmérséklet 23 °C és 120 °C, a vizsgálati frekvencia 5 Hz, szinuszosan változó volt. A repedéshosszat optikai módszerrel (mérőmikroszkóp) határoztuk meg. A fáradással történő előrepereszítés helyett a bemetszést borotvapengével mélyítettük ki. A terhelés kezdeti értéke $\Delta K=0,3-2$ MPa·m^{1/2} között változott, az R értéke pedig 0,1 volt. A vizsgálat a műanyag próbatestek sajátosságai miatt nem mindenben felelt meg a fémeknél alkalmazott ASTM E 647-93 szabvány előírásainak.

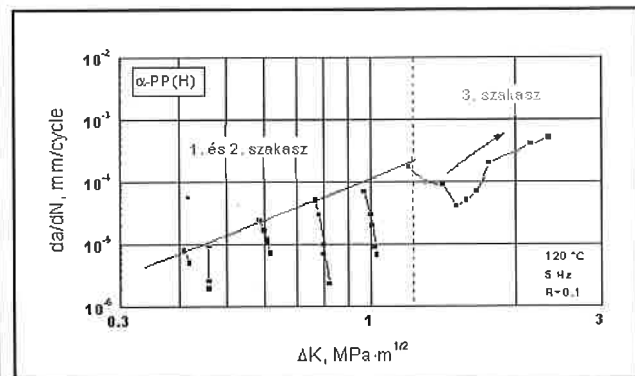
Eredmények

A PP fáradásos repedésterjedési diagramja nem követi a Paris-Erdogan-összefüggést. A bemetszésécsúcs a terhelés hatására szinte azonnal letompul, a repedésfront nem halad előre. Az 1. ábrán kettős logaritmusos léptékben van ábrázolva a ciklikus feszültségintenzitási tényező függvényében a repedésterjedés sebessége. Az I. szakaszban a repedés lefékeződik és megáll, a II. szakaszban növekvő terhelés (ΔK)

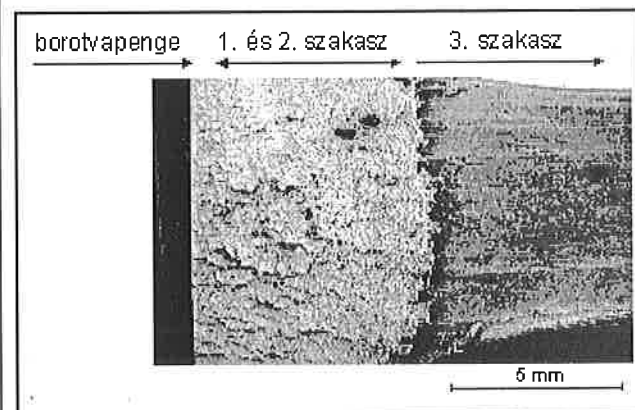
hatására megindul. Itt meg kell jegyezni, hogy a feszültségintenzitási tényező az erősen letompult és feltehetően képlékenyen is alakváltozott repedésécsúcs miatt csak mint látszólagos paraméter értelmezhető. A III.



1. ábra. A fáradásos repedésterjedés elvi diagramja

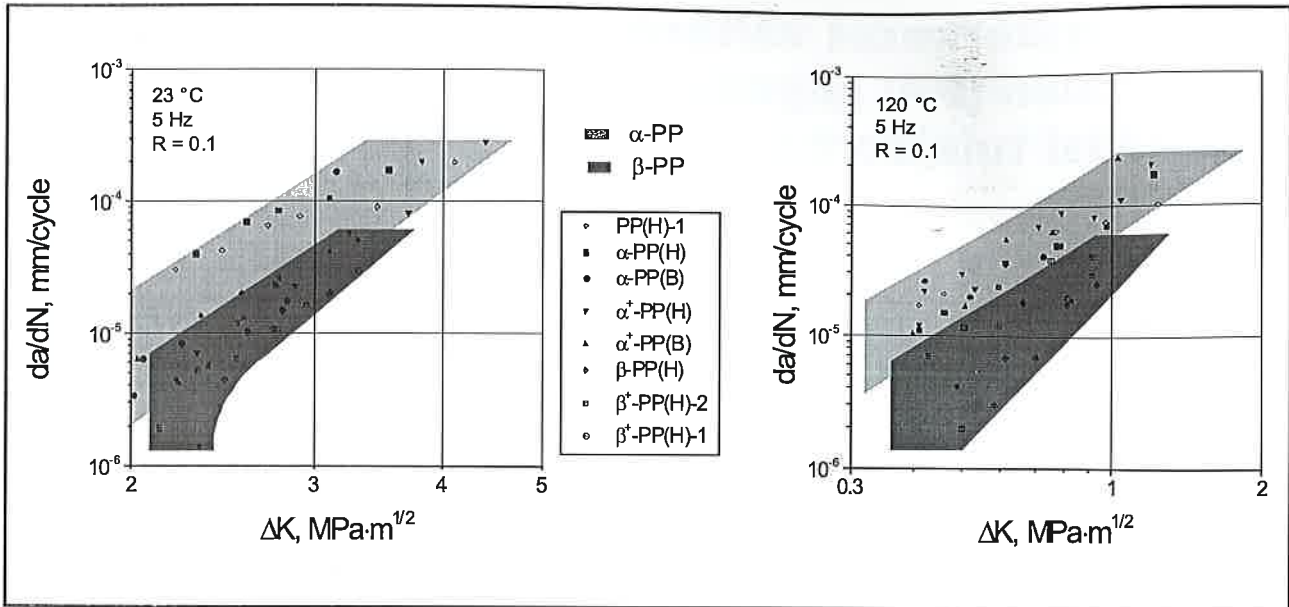


2. ábra. Példa egy PP anyag fáradásos repedésterjedésére

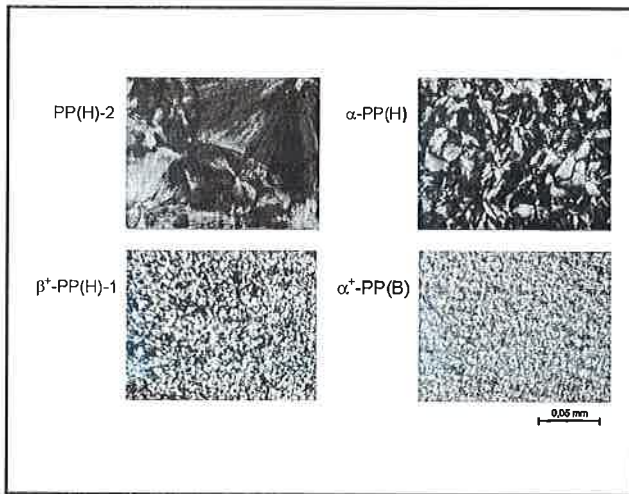


3. ábra. Egy vizsgált próbatest töretfelülete

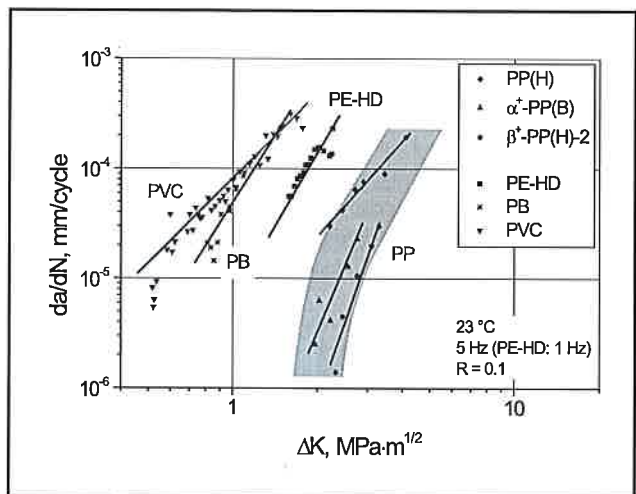
* Montanuniversität Leoben, Institut für Werkstoffkunde und -prüfung der Kunststoffe, A-8700 Leoben



4. ábra. Különböző PP anyagok összehasonlítása



5. ábra. Az α- és β-PP mikroszerkezetének összehasonlítása



6. ábra. Különböző csövekhez használt műanyagok

szakaszban a repedés nagy, nemlineáris, viszkoelasztikus és képlékeny deformációval terjed a próbatest tönkremeneteléig. A 2. ábrán megfigyelhető egy jellegzetes repedésterjedés diagramja. A mérési eredmények alapján megrajzolható egy felső határgörbe. A továbbiakban az így kijelölt egyenest tekintjük az anyagfáradással szembeni ellenállását meghatározó jellemzőnek, és ezt hasonlítjuk össze különböző anyagok esetén.

Egy jellegzetes töretfelületre mutat be példát a 3. ábra. Megfigyelhető a beszakadozás-, a „craze”-képződés, ami egy változó térfogatban lejátszódó képlékeny alakváltozás, és a nyíráshoz képlékeny alakváltozás (shear yielding) együttes megjelenése. Látható, hogy a töretfelület szívós jellegű törésre utal.

Mint azt a bevezetőben már említettük, a vizsgálat sorozatban különböző anyagok kerültek összehasonlításra. A 4. ábra α- és β módosított PP anyagok (α-PP, β-PP) fáradási görbéit mutatja be két különböző vizsgálati hőmérsékleten. A β-PP anyagok legalább azonos, de inkább nagyobb ellenállást mutatnak a repedésterjedéssel szemben, mint az α-PP anyagok. A polarizációs mikroszkóppal készített felvételek bemutatják, 5. ábra, hogy a β-PP finomabb kristályszerkezettel (szferolit) rendelkezik, mint az α-PP. Egy másik szívósságnövelő tényező, mint az a

[2, 3] munkákban részletesen is elemzésre került, hogy a képlékeny alakváltozás során a β átalakul α kristályszerkezetté és az ehhez szükséges energia is növeli a szívósságot.

A különböző csővezeték típusokban gyakran alkalmazott műanyagok repedésterjedéssel szembeni ellenállását szemlélteti a 6. ábra. A vizsgált PP anyagok lényegesen nagyobb ellenállást mutatnak, mint a többi anyag. Ez az összehasonlítás azonban pl. a PVC-vel még meglehetősen bizonytalan, miután a PVC a fáradásos repedésterjedés során sokkal lineárisabb viselkedést, valódi repedésterjedést mutat. Azt megítélni, hogy a szívósságkülönbség valójában kisebb/nagyobb, mint az itt bemutatott, további vizsgálatok szükségesek.

Irodalom:

[1] Lang R. W.: PhD., Lehigh University, Bethlehem (USA), 1984
 [2] Karger-Kocsis J.: Polymer Engineering and Science, 36(2), 1996, 203-210
 [3] Balika W.: Vortrag, Tagung "Polymerphysik", Innsbruck (A), 1999