

## Poliuretánok és a fenntarthatóság

A poliuretánok újrahasznosítása sokáig csak az összevagdalt habtermékek préselésével előállított termékekre korlátozódott. Ma már a kémia lebontás technológiája is rendelkezésre áll, amellyel a primer anyag minőségével azonos poliolt nyernek vissza. Egy másik fejlesztési irányzat, hogy a fenntarthatóság érdekében megújuló nyersanyagokra épülő új technológiákat dolgoznak ki.

*Tárgyszavak: PUR habok; újrahasznosítás; fenntarthatóság; megújuló nyersanyagok; szén-dioxid-alapú technológia.*

Az utóbbi időszakban egyre nagyobb mennyiségben felhasznált poliuretánok tekintetében a fenntarthatósági kérdések is egyre nagyobb figyelmet kapnak. A fenntarthatóság növelése érdekében az alábbi témákban folynak fejlesztések:

- megújuló nyersanyagok alkalmazása,
- biztonságos és egészségre ártalmatlan égésgátlás,
- PUR-hulladékok újrahasznosítása.

## Megújuló nyersanyagok

A megújuló nyersanyagok alkalmazása érdekében két irányban folynak a kutatások. A poliolt gyártásához bizonyos arányban CO<sub>2</sub>-t, a klímaváltozás egyik felelősét használják, másrészt a kőolajszármazékokat természetes olajokkal igyekeznek helyettesíteni.

„Álomgyártás” (dream production) a neve a Bayer MaterialScience által vezetett K+F projektnek, amely a CO<sub>2</sub>-ból, a légkör szempontjából káros anyagból állítanak elő poliuretánt. Németországi kísérleti üzemében a Bayer olyan poliuretánt állított elő, amelynek az alapanyagául szolgáló poliolba a szomszédos erőműben melléktermékként keletkező CO<sub>2</sub>-t építették be a Bayer kutatói által kifejlesztett cinkkatalizátor segítségével. A Bayer kutatói egyébként a poliuretánnál elért eredmények alapján a CO<sub>2</sub> felhasználására más műanyagipari alapanyagok előállítására is folytatnak a kutatásokat

A természetes olajok felhasználására dolgozott ki technológiát többek között egy brit fejlesztő cég, a Natural Foams Technology (Derbyshire), amely ún. biomegújuló PUR-habok fejlesztését tűzte ki célul a bútor- és az autóipar számára. Végső céljuk a *petrokémiai alapanyagok 82%-ának természetes olajokkal való helyettesítése*. Technológiájukat alkalmazva gyártja az amerikai NCFI Polyurethanes cég *BioLuxMax* márkanevű PUR-matracait, amelyek *már 33%-ban megújuló nyersanyagot tartalmaznak*.

## Égés gátlás káros mellékhatások nélkül

A fenntarthatóság szempontjából fontos terület a habok égés gátlásának környezetbarát megoldása. *Tűz esetén ugyanis a PUR-habok kockázatot jelentenek*, ezért több alkalmazási területen szükség van égés gátlók alkalmazására. Különösen szigorú szabályozást hoztak a matracokra Kaliforniában már 1975-ben. A *TB 117* előírásai alapján az Egyesült Államokban és Kanadában is égés gátló szereket tartalmazó matracokat forgalmaztak még ott is, ahol a kaliforniai előírások nem voltak hatályban. Több évtizeddel az előírás bevezetése után egy vizsgálatban kiderült, hogy az észak-amerikai emberek testében kimutathatók a matracokban hosszú évek óta használt brómtartalmú égés gátlókból származó vegyületek. Az általános fogyasztói félelmekre reagálva később úgy módosították a szabályozást, hogy nem írtak elő az égés gátló adalékok használatát.

Mindeközben az érdekelt cégek intenzíven dolgoznak az egészséget és a környezetet nem károsító adalékok kifejlesztésén. A „zöld” poliuretántechnológiák fejlesztésén dolgozó Natural Foams Technology cég a Clariant termékét, az *Exolit OP 560* típust találta optimálisnak. Állításuk és méréseik szerint ezzel a termékkel sikerült olyan matracot gyártani, amelynek nincs károsanyag-kibocsátása, mégis megfelel a szigorú *TB 117* szabványban szereplő nyílt lángos tesztnek. Az *Exolit OP 560* összetételét tekintve oligomer foszfonát-poliol, azaz halogénmentes égés gátló, amelynek a korábban használnál lényegesen kedvezőbb a környezetvédelmi és a toxikológiai hatása. Jó a kompatibilitása a matrac alapanyagához, ezért nem kerül a levegőbe, illetve a matracot használó személy szervezetébe, amit alapos laboratóriumi vizsgálatokkal is bizonyítottak.

## PUR-hulladékok újrahasznosítása – kémiai reciklálás

Régóta napirenden levő kérdés a PUR-hulladékok újrahasznosítása, hiszen mind a gyártás során, mind a használat után nagy mennyiségű hulladékkal kell számolni. Az újrahasznosítás egyik módszere a PUR kémiai bontása az eredeti nyersanyagok visszanyerése és a gyártásban való újra hasznosítása érdekében. Ipari méretekben 2013-ban valósították meg először ezt az eljárást a lengyel Dendro Poland cégnél. Az üzembe állított berendezés a PUR-habgyártás során keletkező szabási hulladékokból kémiai bontás útján újra poliolt állít elő. Ezt a szekunder nyersanyagot a poliuretángyártásban a primer poliolo khoz keverve újra felhasználják. Az eljárást a német H&S Anlagentechnik GmbH (Sulingen) dolgozta ki, és ők szállították a komplett berendezést is a lengyel cégnek, amely az IKEA legnagyobb PUR-matrac beszállítója. A lengyel cég a nagyrugalmasságú (high resilience) matracokhoz használja az új technológiát. A H&S Anlagentechnik a technológia sikeres bevezetése után azon dolgozik, hogy az eljárást alkalmassá tegye a viszkoelasztikus matracokra, és ami még nagyobb jelentőségű, a használat után hulladékká váló matracokra is.

A H&S Anlagentechnik eljárása előtt a poliuretánok kémiai lebontására vizsgált eljárások olyan termékeket eredményeztek, amelyek nem voltak alkalmasak a PUR-

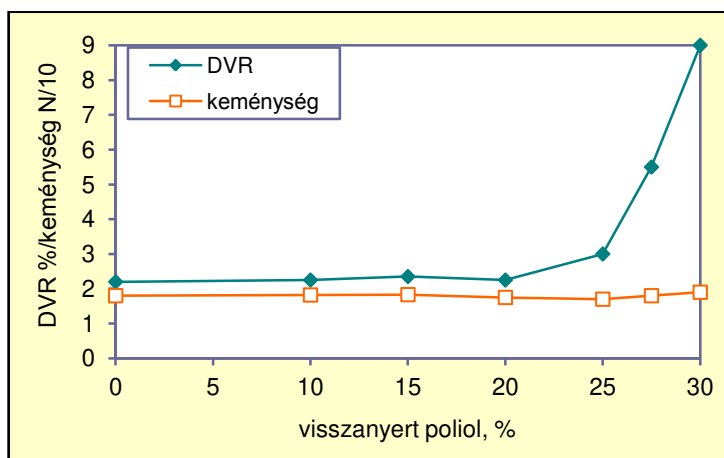
gyártásban az újrafelhasználásra. Az új eljárás a poliólízis és az acidolízis kombinációja. A felaprított matrachulladékot a PUR-gyártás nyersanyagaként használatos poliéter-poliol jelenlétében ciklikus dikarbonsavval reagáltatják gyökképző katalizátort alkalmazva. A reakcióban poliol és kis mennyiségű kondenzvíz keletkezik.

A kutatás-fejlesztés során különböző dikarbonsavakat, poliéter-poliolokat és katalizátorokat próbáltak ki laboratóriumban, a visszanyert polioloiból szintén laboratóriumban poliuretánhabot gyártottak és vizsgáltak. Ezután a legjobbnak bizonyult anyagokkal 90, majd 380 literes kísérleti reaktorban folytatták a kísérleteket. Végül egy külön erre a célra készített 700 literes félüzemi berendezésben annyi poliolt állítottak elő, amennyivel már üzemi kísérletet tudtak végezni a lengyel partner folyamatos üzemi berendezésén. A reakció hőmérséklete 240 °C, időtartama a felfűtéssel és lehűtéssel együtt 10 óra volt. A kémiai hasznosítás során kapott poliol színe a világostól a sötétbarnáig változott a hulladék eredeti színe szerint, tulajdonságai kielégítették az 1. táblázatban bemutatott minőségi specifikációt.

1. táblázat

A visszanyert poliol minőségi specifikációja

Tulajdonság	Mértékegység	Érték
Viszkozitás	mPas	4000–7500
Hidroxilszám	mg KOH/g	43–48
Savszám	mg KOH/g	<1,1
Aminszám	mg KOH/g	<6



1. ábra Mechanikai tulajdonságok változása a visszanyert poliol mennyiségének függvényében [DVR: Druckverformungsrest – maradó alakváltozás 50%-os összenyomás után (DIN 53572)]

A visszanyert poliollal gyártott PUR-habokat a Shimadzu cég AGS-X típusú univerzális műszerével értékelték. Megállapították, hogy 20%-ig a visszanyert poliol még nem okoz romlást a hab tulajdonságaiban, a rugalmas visszaalakuló képességben és a

keménységben. Amint ez az 1. ábrából látható, az összenyomás után visszamaradó alakváltozás 20% visszanyert poliolt bekeverése után kezd emelkedni. A visszanyert poliolt is tartalmazó lágy PUR-hab és az eredeti, primer nyersanyagból készített hab tulajdonságai gyakorlatilag megegyeznek, amint ez a 2. táblázatban látható.

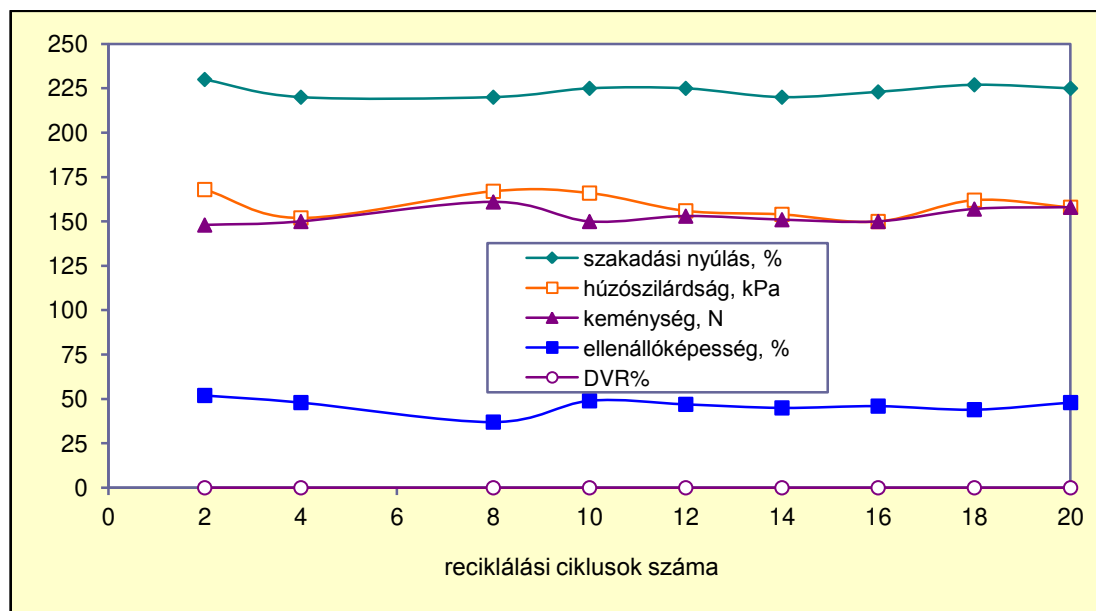
2. táblázat

20% visszanyert poliollal készített habok tulajdonságai

Tulajdonság	Mértékegység	Habsűrűség 23kg/m <sup>3</sup>		Habsűrűség 40kg/m <sup>3</sup>	
		Eredeti	20% visszanyert poliolt	Eredeti	20% visszanyert poliolt
Rugalmasság	%	45,6	45,3	52,4	51,8
Keményység	N	148,75	146,68	167,30	170,35
Megtámasztás		2,2	2,3	2,4	2,2
DVR* 50%-nál	%	2,3	2,4	1,64	1,68
Nyomószilárdság	kPa	156	152	140	139
Nyúlás	%	241	238	210	202

\* DVR: Druckverformungsrest – maradó alakváltozás 50%-os összenyomás után (DIN 53572).

Vizsgálták azt is, hogy miként hat a többszörös újrahasonosítás a tulajdonságokra. Húszszor ismételték meg a reciklálást és a PUR-előállítást, de nem tapasztaltak változást a mechanikai tulajdonságokban, amint ez a 2. ábrán látható.



2. ábra Húszszor reciklált PUR-hab tulajdonságai

Az eljárás nemcsak környezetvédelmi előnyöket jelent, hanem gazdasági eredményeket is. A kémiai hasznosítás során előállított teljes értékű poliol gyártási költsége egy 5 tonnás ipari berendezésben kb. 1100 EUR/t, míg a primer poliol piaci ára 1800 EUR/t. Ezen felül megtakarítható a szállítási költség és a hulladék elszállításának és megsemmisítésének költsége is.

Ökológiai számítások szerint az eljárás elterjedése Németországban akár 10 000 tonnánál több primer poliol gyártását is kiválthatja, és feleslegessé teheti legalább ezer kamion PUR-hulladék szemétként elszállítását és lerakását.

## **Keményhab hulladék hasznosítása szendvicspanelekben**

A kínai Changzhou Tiansheng New Materials Inc. a cég által gyártott szendvicsszerkezetekben hasznosítja a keményhab hulladékokat.

A hőre keményedő habok hulladékaik általában nehezen feldolgozhatók, ömlesztéssel nem lehetséges, porrá őrlésük túl sok energiát igényelne. A kínai cég eljárása szerint a kemény habhulladékot kis kockákra vágják, majd ezeket PUR ragasztókkal összekeverik. Ezt a keveréket tömbhabbá préselik, amelyet azután lemezekre vágnak. Ezeket a PUR lemezeket szendvicsszerkezetek belső habrétegeként hasznosítják. A vizsgálatok szerint a technológia 20–100 mm-es kockák és 35 % (m/m) ragasztótartalom között adja a legjobb eredményt. A hulladékból készített lemezeket tartalmazó szendvicselemek tulajdonságai megegyeznek a primer habokkal gyártottakkal, kivéve a szívósságot, amely valamivel kisebb.

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

Lamontage, N. D.: Making polyurethane foams more sustainable = *Plastics Engineering*, 70. k. 6. sz. 2014. p. 24–27.

Menz, V., Schwake, M., Fulev, S.: Weich bleibt weich = *Kunststoffe* 103. k. 11. sz. 2013. p. 79–82.