

Hőre lágyuló elasztomerek és szintetikus gumik

A hőre lágyuló elasztomerek úgy dolgozhatók fel, mint a hőre lágyuló műanyagok, de úgy viselkednek, mint a vulkanizált gumik. Egyre több és egyre nagyobb teljesítményű változataikat fejlesztik ki. Számos új típust mutattak be ezekből a K'2007-en is.

Tárgyszavak: termoplasztikus elasztomer; TPE; termoplasztikus vulkanizátumok; TPV; olefin blokk-kopolimerek; OBC; szintetikus gumik.

Hőre lágyuló elasztomerek

A hőre lágyuló elasztomerek – termoplasztikus elasztomerek, rövid jelük TPE – a hőre lágyuló műanyagokkal azonos módon dolgozhatók fel, de térhálós szerkezetük nem irreverzibilis kémiai reakciókkal alakul ki, hanem fizikai úton, reverzibilisen, az ömledék lehűlése alatt a molekulaláncok egymásba gabalyodása révén. Ennek az egyre népszerűbb polimerfajtának többféle, kémiai felépítésében egymástól különböző változata van (1. táblázat).

1. táblázat

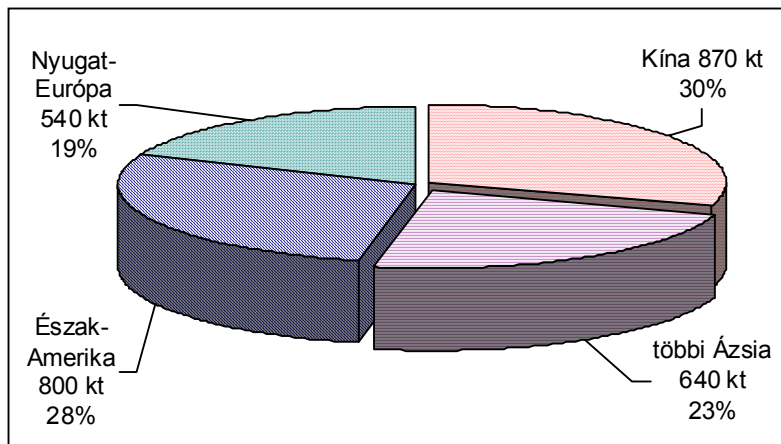
A hőre lágyuló elasztomerek kémiai jellegükben és molekulászerkezetükben eltérő változatai

TPE-típus	Kémiai jelleg	Szerkezet
TPA, TPE-A	poli(éter-észter-amid)	szakaszos kopolimer
TPE, TPE-E	poliészter	szakaszos kopolimer
TPO, TPE-O	poliolefin	kétfázisú elasztomerötvözet
TPS, TPE-S	sztírol/szintetikus kaucsuk	blokk-kopolimer
TPU, TPE-U	poliuretán	szakaszos kopolimer
TPV, TPE-V	poliolefin	részlegesen vulkanizált elasztomerötvözet
EA, TPZ, MPR*	nem definiált elasztomerek, műszaki műanyagok	elasztomerötvözetek

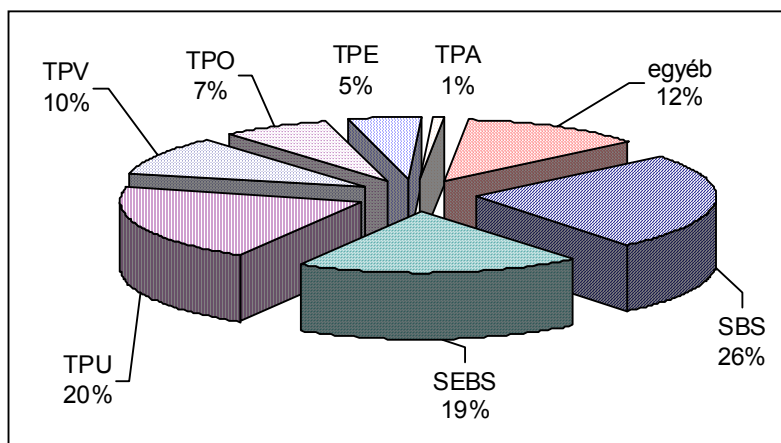
* EA = etilén/akrilát, TPZ = unclassified thermoplastic rubber, MPR = melt processable rubber.

A **Freedonia csoport** egy friss piaci felmérése szerint 2007-ben a világon 2,8 millió tonna TPE-t használtak fel, legtöbbet (Kínát is beleértve) Ázsiában (1. ábra), és

itt a legnagyobb a növekedés is, évi 9%. Nyugat-Európában 540 ezer tonna volt az igény, 2012-re ebben a térségben 684 ezer tonnás felhasználást jósolnak. A növekedés 3,5%, kétszer akkora, mint a hagyományos elasztomerek iránti igények növekedése. Legnagyobb (44%) a felhasználás a viszonylag olcsó sztirolapapú TPS-ekből (SBS + SEBS), de jelentős (17%) a TPU típusú és a poliolefinalapú (TPO + TPV) elasztomerek forgalma is (2. ábra). Nyugat-Európában a legtöbb TPE-t a járműgyártásban és a sport- és szabadidőcikk gyártásában, továbbá a cipőiparban használták fel (3. ábra).

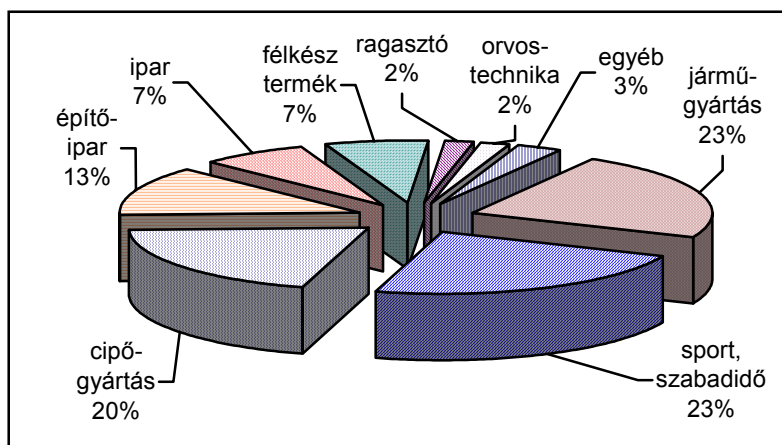


1. ábra
A világon 2007-ben felhasznált TPE megoszlása térségek szerint (összesen 2850 ezer t)



2. ábra
A Nyugat-Európában 2007-ben felhasznált TPE megoszlása fajták szerint (összesen 540 ezer t)

A TPE-k sikerüket nem csak annak köszönhetik, hogy jól helyettesíthetők velük a nehezebben feldolgozható hagyományos elasztomerek, hanem teljesen új műszaki megoldások is lehetségessé váltak alkalmazásuk által. Nagyon jól társíthatók más anyagokkal, ezért alkalmazhatók a kétkomponensű fröccsöntés egyik alkotójaként. Koextrudálással kemény műanyagok felületét lehet velük kellemesen lágy tapintásúvá tenni, de fém- vagy kerámiafelületen is jól tapadnak, ha alkalmas típusokat társítanak egymással. Fehérolajjal (színtelen, szagtalan paraffinolaj) tovább lágyíthatók, és akár átlátszó változatok is előállíthatók az orvostechika számára. Építőipari felhasználásra olyan duzzadó tömítéseket fejlesztettek ki, amelyek nedvesség hatására eredeti térfogatuk akár nyolcszorosára növekedhetnek.



3. ábra
A Nyugat-Európában
2007-ben felhasznált TPE
megoszlása iparágak szerint
(összesen 540 ezer t)

A hőre lágyuló elasztomerek új generációi

A TPE-k fejlesztése folyamatos, és a felhasználóknak egyre nehezebb feladat eldönteni, hogy a széles választékból melyik típus alkalmazása mellett döntsenek.

Sztirolelasztomerek

Az új sztirol blokk-kopolimerek (SBC-k) pl. már helyettesíthetik a termoplasztikus vulkanizátumokat (TPV-eket), néha még a hőre lágyuló poliuretánokat (TPU-kat) is. Cserébe viszont némely új, lágy TPV az SBC-k hagyományos területeire tör be. A metalloén katalizátorral előállított olefin blokk-kopolimerek (OBC-k) erősen elasztikus tulajdonságaik mellett hőállók, ezért versenytársai lehetnek az SBC-knek, a TPV-knek, sőt a hagyományos szintetikus kaucsukoknak is. A poliuretánkémia sokoldalúságának eredményeképpen pedig megjelentek a lágyítómentes, az átlátszó és a térhálós TPU-k is. Az ázsiai kihívás arra ösztönzi az európai gyártókat, hogy egyre nagyobb értékű, különleges tulajdonságú TPE-eket fejlesszenek ki, lehetőség szerint egyre költségtakarékosabb gyártási eljárásokkal.

Az **AlphaGary** cég (Melton Mowbray, UK) *Evoprene* márkanevű TPE-i a sztirol blokk-kopolimerek családjába tartoznak és a *Kraton* márkanevű sztirol/etilén-butén/sztirol (SEBS) polimereken alapulnak. Az *Evoprene HP* jelű TPE-knek nagy a szilárdsága, a szívóssága, a kopásállósága; ezek kitűnően ellenállnak a hidrolízisnek, az öregedésnek, jó a deformáció utáni visszaalakuló képességük, és helyettesíteni tudják bizonyos területeken a TPU-kat. Az *Evoprene LP* sorozatra jellemző, hogy – a korai TPE-kkel ellentétben – a gépkocsi utasterében alkalmazva nagyon kevés üvegfelületre kicsapódó illékony anyagot bocsát ki (fogging).

A **Vita Thermoplastic Compounds** TPE csoportjához tartozó svédországi vállalat, a **VTC Elastoteknik** orvosi alkalmazásra ajánlott *Mediprene* sorozatában hozza forgalomba az egyik leglágyabb TPE-t, a *Zero Shore A* jelzésű SEBS kompaundot, amely lélegeztetőgépekhez és sebeket kezelő eszközökhöz használható, ugyanis a ko-

rábban alkalmazott kemény műanyagokkal ellentétben semmiféle irritáló vagy kényelmetlen érzést okozó hatása nincs.

Termoplasztikus vulkanizátumok

A *TPV-k gyártói is több újdonságot mutattak be.* A termoplasztikus vulkanizátum eredetileg polipropilénbe kevert és vulkanizált EPDM-et jelentett (ilyen keverékek voltak az első *Santoprene* termékek), de ma már sokféle polimert tudnak egymással társítani. A **Zeon** cég pl. akrilgumit használ *Zeotherm* márkanevű keverékében az olajállóság növelésére, a **DuPont** pedig a K'2004-en mutatta be *ETPV* jelzésű új termékét, amelyben hőálló poliamidot kevert össze erősen térhálósított poliészterelasztomerrel.

Az **ExxonMobil** cég *Santoprene* sorozatával még mindig az első a TPV-k gyártásában és fejlesztésében, különösen az autógyártásban használt vízszigetelések, levegővezetékek területén. A cég fejlesztéseinek egy része arra irányult, hogy az új *Santoprene* típusok jól kötődjenek közvetlenül műszaki műanyagokhoz, poliolenekhez vagy fémekhez. Az eddigi 25 típust 12 újjal egészítették ki 2006-ban. A legutóbbi változat, a *Santoprene TPV 45 B100* az eddigi leglágyabb, jól kötődő variáció, amelynek lágyága ellenére is jók a fizikai tulajdonságai. Számítógépek kiegészítő eszközei, mobiltelefonok gyártásához ajánlják.

Az olaszországi **So.F.Ter** (Forli) is lágy változatokkal bővítette TPV-i választékát. A fröccönthető *6SD Forprene* család új típusainak Shore A keménysége 20 és 30. Ezekre a TPV-k hagyományos tulajdonságai mellett jellemzők az áttetsző színek, a könnyebb feldolgozhatóság, a kevés illékony anyag kibocsátása, ezért különösen alkalmasak *utastéri felhasználásra*. Hasonlóan lágy TPE-eket a cég szerint eddig csak sztirolkopolimerekből lehetett készíteni.

A **DSM Sarlink** márkanevű új TPV-it nagyon rugalmas fóliák és lemezek gyártásához fejlesztette ki. A cég kiemeli, hogy ezek más TPE-kkel ellentétben nem tapadnak sem feldolgozás, sem felhasználás közben. A fóliák lágy, selymes érzést keltenek. Orvosi és egészségügyi felhasználásra (sebészeti textilek, rugalmas sebkötöző anyagok), ruházati cikkek (derékszíjak, övek), építőipari fóliák (geomembránok) gyártására ajánlják.

Hőre lágyuló poliuretánok

Az olaszországi **API** kompaundáló cégnek (Mussolente) van az egyik legnagyobb TPE választéka, amelyben SBC-k, TPV-k és TPU-k egyaránt megtalálhatók. A cég maga is úgy gondolja, hogy a nagy számú gyártó széles kínálatából a felhasználó nehezen tudja kiválasztani a számára legalkalmasabb és leggazdaságosabb típust. Ezért ebből a kaotikusnak nevezett helyzetből a cég úgy próbál kijutni, hogy a jövőben csak a legjobb minőségű termékek gyártására koncentrál. Más TPU-gyártókhoz (**Bayer MaterialScience, Elastogran**) hasonlóan pl. új TPU-inak Shore keménysége lágyító nélkül legfeljebb 50A.

A spanyolországi **Merquinsa** cég *Pearlthane* márkanévű TPU-ival a gépkocsik utasterében használt SEBS és PVC elemeket szeretné kiváltani. Ennek az alifás terméknek nagyon jó az UV- és karcállósága, poláros műanyagokkal (ABS, PC+ABS) együtt is kofrócsönthető. A *Pearlthane 91T85*-ből világos színű sebességváltógomb és párnázat készíthető.

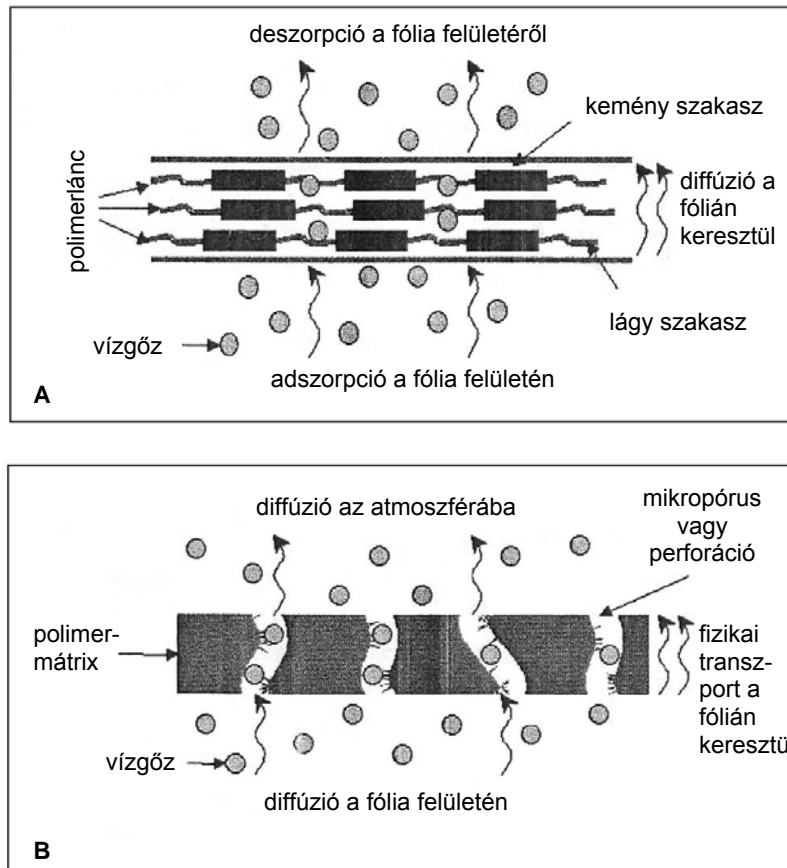
Gépkocsik műszerfalának és dekoratív ajtóbélésének felületi rétegét gyakran alakítják ki *rotációs szinterezéssel*. Ehhez alkalmas a **Bayer MaterialScience** cég *Desmopan DP 3790AP* elnevezésű új lágyítómentes aromás TPU-ja. Ez az anyag ún. „*slush moulding*”-gal is feldolgozható. (A „*slush moulding*” magyar elnevezése talán „*lucskos fröccsöntés*” lehetne. A meleg szerszámba folyékony gyantát fröccsöntenek, a szerszámot forgatják, és amikor a szerszámüreg belső felületén egy viszkózus réteg már megtapadt, a maradék gyantát kiszívják. A szerszámot ezután lehűtik, majd kivesszik a héjszerű formadarabot a kinyíló szerszámból. A tömörítő megjegyzése).

Ugyancsak a **Bayer** cég újdonsága egy költségtakarékos egylépcsős eljárás, amelyet a német **ISE-Inex**-szel és a fóliagyártó **Caplast** céggel együtt fejlesztett ki. Ennek alapja egy ún. „nem érzékeny” felületű fólia, amelyet *textilre extrudált TPU-val* kapnak. A fólia textiles oldalára fröccsöntik rá a formaadó műanyagot. A formadarab felületét a PUR-réteg képezi, amelyet a textil bolyhai szilárdan hozzákötnek az alsó műanyaghoz. Az ehhez használt PUR a Bayer cég alifás *Desmopan*-jainak „*testre szabott*” változata. Az eljárást a cég olyan járműelemek – pl. fejtámasz, légpárna doboza – gyártására ajánlja, amelyek szilánkos törése súlyos sérüléseket okozhatna.

Termoplasztikus poliészterek

A termoplasztikus poliészterelasztomerek (TPE-E) olyan blokk-kopolimerek, amelyekben kemény poli(butilén-tereftalát) (PBT) szakaszok lágy poliészter- vagy poli(éter-észter)-szakaszokkal váltakoznak. A lágy szakasz kémiai felépítésével és hosszával változtathatók az elasztomerek tulajdonságai, és ezáltal „*testre szabott*” változatok fejleszthetők ki. A PBT szakaszok arányának növelésével javítható a mechanikai szilárdság, a vegyszer- és UV-állóság.

A **DSM** cég (Geelen, Hollandia) *Arnitel* márkanévű termoplasztikus poli(éter-észter) blokk-kopolimerjei alkalmasak ún. *lélegző fóliák* gyártására, amelyek nem eresztik át a vizet (és a vízben lévő mikroorganizmusokat), de átteresztik a gázokat (CO₂, O₂, N₂) és a vízgőzt. A szokásos lélegző fóliák hasonló tulajdonságait mikropórusok hozzák létre, amelyeket az idegen anyagok, pl. tisztítószeres eltömhetnek, az *Arnitel*-ből készített fóliák „*lélegzése*” ezzel szemben adszorpció-deszorpció útján megy végbe (4. ábra). A TPE-E-ből egyrétegű monolit fólia is gyártható, de más anyagra, pl. textilre, papírra is rétegezhető bevonatként. A belőle készített fóliák vagy rétegzett termékek alkalmazhatók tetőszigetelő fóliaként, kórházi munkaruhaként, sebtapaszként, extrém sportok üzöinek ruházataként és még sok más célra. A TPE-E könnyebben dolgozható fel, mint a TPU; készíthető belőle fűjt és öntött fólia. Hőálló, ezért jól sterilizálható, és jól tűri a mosást is. –40 °C-ig rugalmas, hajlékony marad, de elviseli a magas hőmérsékletet is (olvadáspontja 200 °C.)



4. ábra A vízgőz áthatolása tömör (A) és mikropórusos (B) fólián

Termoplasztikus olefin elasztomerek

A metallocén katalizátorral előállított korai etilénkopolimereket elasztikus tulajdonságaik ellenére termikus tulajdonságaik és kofröccsöntési hiányosságaik miatt nem sorolták be a blokk-kopolimerizálással kapott „valódi” hőre lágyuló elasztomerek közé, hanem egy köztes, „plastomer”-nek nevezett kategóriát teremtettek számukra. Mára a helyzet változóban van. Míg ugyanis a **Dow Engage**, az **ExxonMobil Exxon** márkanévű metallocénes polietilénjei az 1990-es évek második felében random kopolimerek voltak, a **Dow** 2006 közepén bemutatott *Infuse* termékei olefin blokk-kopolimerek (OBC-k), amelyek amorf és kristályos szakaszokból állnak. A különböző szakaszok ugyanabból az etilénből vagy alfa-olefin komonomerből épülnek fel, csak különböző arányban. A polimerizáció alatt egy „láncvetélő szer” a növekedő láncokat két eltérő monomerszelektivitású, speciális katalizátor között cserélgeti. A blokk-kopolimereknek magas az olvadáspontja és alacsony az üvegesedési hőmérséklete, ezért magas hőmérsékleten is rugalmasak. Az egylépcsős folyamatos polimerizáció a metallocén katalizátorok magas ára ellenére is nagyon költséghatékony.

A Dow-nak OBC-ből jelenleg tíz 65–85 Shore A közötti keménységű kísérleti típusa van, amelyek ipari méretű gyártását a cég freeporti üzemében (Texas, USA) ha-

marosan megkezdik. Lehetséges alkalmazási területek: fröccsöntött termékek, lágy tapintású fogkefék, írószerek és szerszámnyelvek, orvosi eszközök, extrudált profilok, tömlők, csövek, rugalmas szálak és fóliák, szálbevonatok, ragasztók, szalagok.

A Dow az OBC-eket elsősorban az SBC-k versenytársainak látja. Rugalmasságuk hasonló, hőállóságuk és időjárás-állóságuk jobb, egyformán lágyak, olajadagolás nélkül is könnyen feldolgozhatók és olcsóbbak is. Néhány alkalmazási területen helyettesíthetik a TPV-eket is, különösen ha enyhén térhálósított változataikat is kifejlesztik, vagy ott, ahol a TPV-k „túl jók”. A TPU-kal is összevethetők: kopásállóságuk megközelíti azokét, de feldolgozás előtt nem kell őket kiszárítani. Az OBC-k versenyképesek az EVA-val, a lágy PVC-vel és más rugalmas poliolefinekkel is.

Új kaucsukok és TPE-újdonságok a 2007-es düsseldorfi műanyag-kiállításon

A düsseldorfi K'2007 műanyag-kiállításon a látogatók jól érzékelhették, hogy a költségcsökkentés érdekében Kelet-Európába és a Távol-Keletre költöztetett elasztomergyártás most import formájában üt vissza. A németországi kaucsukiparban felismerték, hogy csak akkor maradhatnak talpon, ha erőteljes fejlesztésbe kezdenek, és stábjukat egyre keményebb munkára és gondolkodásra sarkallják.

Az elasztomer- és műanyaggyártók egyik fő törekvése a megújuló nyersanyagok felhasználása a termelésben. A nagyobb vállalatok, pl. a **Lanxess**, az **Elastogran**, a **Dow Chemical**, az **Arkema**, a **DuPont Performance Elastomers** is állított ki ilyen nyersanyagokból készített termékeket Düsseldorfban. Ezek kifejlesztésére nem csak a hagyományos nyersanyagok emelkedő árai és az egyre nehezebben kielégíthető igények ösztönözték őket, hanem az is, hogy a biokémiai úton előállított nyersanyagokból olyan termékek is készülhetnek, amelyeket petrokémiai alapanyagokból nem lehetne gazdaságosan gyártani. Fontos célkitűzés az energia minél jobb hatásfokkal való kihasználása a gyártásban, a feldolgozásban és az alkalmazásban.

A TPE-k fiatal anyagcsaládján belül igyekeznek a legfőbb típusokat szabványosítani. Ez a klasszikus elasztomereknél elmaradt vagy csak kivételesen történt meg. A költségcsökkentés nyomása alatt és a kelet-európai, ill. ázsiai import miatt a gumiipar is *szükségesnek tartja a standard típusok bevezetését*. Az ismert összetételű, standard receptúra alapján könnyebben és gyorsabban lehetne a speciális igényeket is kielégíteni. Nem elhanyagolható szempont, hogy a szabványos típusok minőségbiztosítását is kevesebb ráfordítással lehet megszervezni.

Néhány új kaucsuktípus

A **Lanxess** cég 2007 szeptemberében kezdte Orange-i (Texas, USA) üzemében gyártani a *neodímium-polibutadén kaucsukot (NdPBR)*. Ezzel hozzá akar járulni az NdPBR és *SSBR (solution styrene butadien rubber, oldott sztírol/butadién gumi)* világszerte növekedő igényeinek kielégítéséhez. Ezekből a kaucsukokból nagy teljesítményű gumiabroncsokat készítenek. A cég új termékével az Észak-Amerikában nép-

szerű *kobalt-polibutadién (CoPBR)* gumik választékát NdPBR gumikkal egészíti ki, de reményei szerint a belőlük gyártott gumiabroncsok a világ más részein is el fognak terjedni. Port Jérôme-ban (Franciaország) és Dormagen-ben (Németország) máris van egy-egy gyártóüzem. A cég az NdPBR-t, a CoPBR-t és az SSBP-t golflabdák és cipőtalpak készítéséhez is ajánlja.

A **Dow Europe** (Horgen, Svájc) a németországi Schkopau-ban (Sachsen-Anhalt tartomány), a szintetikus kaucsukok hagyományos gyártóhelyén épít 60 ezer t/év kapacitású *SSBR gyárat*, amelyben 2008 második felében indul meg a termelés. A Dow maga üzemelteti majd ezt a gyárat, és 100%-os tulajdonosa lesz, de kapacitáskihasználási megállapodást kötött a japán **JSR** céggel (**Japanese Synthetic Rubber Corporation**). Az üzem az alapanyagokat (sztírol, butadién) a Dow ugyancsak szászországi Böhlen-i gyárából kapja majd. A cég arra számít, hogy az SSBP iránti igények középtávon évi 5–6%-kal nőnek, a leggyorsabban a gumiipari termékek közül.

A **DuPont** cég 2007 szeptemberében fejezte be új luxemburgi kompaundáló üzemének építését, amelybe *Hytrel* márkanévű *hőre lágyuló poliészterelasztomerjének* európai gyártását telepítette. Az új gyártósor egy 9 millió USD értékű beruházás része, amelynek célja, hogy valamennyi *Hytrel* nevű termékének összes munkafázisát – a polimerizálástól a kompaundáláson át a késztermék kiszállításáig – ebben a luxemburgi üzemben egyesítsék. 2008-ban a második gyártósort is üzembe helyezik. A kompaundálást eddig a belgiumi Mechelen-ben végezték, és évente 400 tehergépkocsinak kellett a Luxemburgban polimerizált terméket a 200 km-re levő keverőüzembe szállítani. Az egyesített telephely emiatt nem csak költséget takarít meg, hanem a környezetet is kíméli. A termoplasztikus poliészterelasztomerek iránt könnyű feldolgozhatóságuk és gumyszerű rugalmasságuk miatt világszerte nő a kereslet. Ezt a TPE-t a gépkocsigyártásban, a gépgyártásban, fogyasztási cikkek, sporteszközök gyártásához alkalmazzák, amit a K'2007-n is láthattak a látogatók.

A **GLS Corporation** a **Dow** céggel kötött licencegyezmény alapján jogosult *Dinalloy OBC* márkanévű olefin blokk-kopolimerjeit Dow-logóval forgalmazni. A GSL a K'2007-en hat standard típust állított ki, de vásárlói számára OBC-alapú speciális változatokat is készít egész különleges tulajdonságokkal. Az új *Dynalloy-család* öt áttetsző, ill. átlátszó változatot tartalmaz, amelyek keménysége a gélszerű Shore A 5-től a Shore A 60-ig terjed. A hatodik típus egy áttetsző, fúvóformázásra alkalmas polimer. Ezekből az elasztomerekből készített formadaraboknak sima, tapadásmentes a felülete, kevésbé tapad meg rajta a por, anyaguk jól színezhető. Jellemzőjük a magas hőállóság, a rövid ciklusidő, a nagy kopásállóság és rugalmasság, a szoba- és magasabb hőmérsékleten is csekély maradé deformáció. Ajánlott alkalmazási területek: fogyasztási cikkek, háztartási gépek, irodai és kozmetikai eszközök, élelmiszer-csomagoló eszközök.

Elasztomerek megújuló forrásból származó nyersanyagokból

A **DuPont** a már említett *Hytrel* márkanévű poliészterelasztomereinek *RS* jellel ellátott sorozatát megújuló forrásból származó bio-propándiol-1,3-mal (*bio-PDO*)

gyártja petrokémiai eredetű propándiol-1,3 helyett. A bio-PDO-t a **Tate & Lyle** céggel közös üzemben Loudon-ban (Tennessee, USA) kukoricakeményítóből fermentálással állítják elő. Az USA ezen a területén a kukorica feleslegben van. Az alkalmazott mikroorganizmusok kíméletes körülmények között, külön energia felhasználása nélkül termelik a poliolt. Az első *Hytrel RS* típusok 25–30%-át teszi ki a lágy szegmenst adó biopoliol. A polimer tulajdonságai hasonlóak a hagyományos alapanyagokból készített hőre lágyuló poliészterekéhez. A cég 2008-ban kipróbálásra kész mintákat tud adni. Arra számít, hogy 2015-ig legalább 8 milliárd USD értékben forgalmaz majd megújuló forráson alapuló elasztomereket.

Az **Arkema** bemutatta *Pebax Rnew* nevű műszaki célú termoplasztikus elasztomerjeit, amelyek 20–90%-ban *megújuló szénforrásból* készülnek. A cég 60 év óta a C11- ω -aminosavkémia piacvezetője a világon, és a növényi eredetű alapanyagokból – ricinusolajból – előállított *Rilsan PA11* gyártója. A ricinus nem ehető növény, ezért felhasználása nem korlátozza az élelmiszertermelést, ezzel szemben nem csak csökkenti a fosszilis energia igényét, de CO₂-emisszió helyett a levegőből CO₂-vesz fel. A *Pebax Rnew* család tagjainak keménysége 25–72 Shore D között lehet. Jellemző tulajdonságai: kis sűrűség, széles hőmérséklet-tartományban nagy merevség, szívósság, jó visszaalakulási képesség.

A **Merquinsa** cég (Barcelona, Spanyolország) a K'2007-en *Pearlthane ECO* elnevezéssel állította ki első 40–95%-ban növényi eredetű alapanyagokból gyártott TPU-ját, amelynek néhány tulajdonsága jobb, mint a petrokémiai alapanyagokból gyártott TPU-ké. Lehetséges alkalmazási területei a szórakoztató elektronikától a cipőgyártásig, a sport- és szabadidőcikkéig, az ipari termékektől az autógyártásig és a ragasztókig terjednek.

Új eljárások, szokatlan termékek új alapanyagokkal

A **BASF poliuretánrendszer**eit gyártó **Elastogran** cég a gépek és járművek gumiból és fémből felépülő rezgéscsillapító szerkezeteinek helyettesítésére ajánl új megoldást. A gumigyártás ugyanis drága, a fémek ára meredeken emelkedik, a vásárlók a könnyebb szerkezeteket keresik. A cég a térhálósítható *Elastollan TPU-X*-et első alkalommal a K'2007-en mutatta be. Ezt társítják a BASF üvegszálalás poliamid 6 típusú *Ultramid CR*-jével. Az így kapott szerkezet jól tűri a dinamikus terhelést. Az *Elastollan* maradó alakváltozása kicsi, keménysége lágyító nélkül 60 Shore A, tartós hőállósága 120 °C, rövid ideig 150 °C-os hőmérsékletet is elvisel. A térhálósítás vegyszer-, olaj- és zsírállóvá teszi. Ózonállósága felülmúlja a gumiét. Az *Elastollan*-t kétcsigás extruderben plasztikálják, egy új folyékony prepolimerrel módosítják, majd ráfröccsöntik (kofröccsöntik) az *Ultramid CR*-re. A térhálósítás a fröccsöntés hőmérsékletén és ciklusidején belül megy végbe. Az **Elastogran** cég partnere, a **Krauss Maffei** a K'2007-en mutatta be az új eljárást. A szerszámból kikerülő formadarab mechanikai szilárdságát az üvegszállal erősített poliamid adja, a felületre fröccsöntött PUR-elasztomer pedig ütés- és rezgéscsillapítóként hat.

Az **Arkema** csoport *Pebax* márkanévű termoplasztikus poliészterelasztomerei a legkönnyebb TPE-k, amelyeket ipari méretekben gyártanak. Vegyszerállóságuk és mechanikai tulajdonságaik széles hőmérséklet-tartományban kiemelkedőek. A *Pebax Clear* tökéletesen összefér a cég *Rilsan* márkanévű poliamidjaival, ezért 2K-eljárással könnyen kofróccsönthető. Ezzel az eljárással nem csak rugalmas, emellett nagy teljesítményekre képes, hanem magas optikai és esztétikai követelményeket is kielégítő termékeket is lehet belőlük készíteni.

A **Dow** cég *Insite* technológiával már eddig is gyártott *Engage* márkanévű etilén/butén kopolimerjeinek új generációját mutatta be a K'2007-en. Ezekre elődeikkel szemben jellemző a nagy ömledékszilárdság. Keménységtartományuk 60–90 Shore A, sűrűségük $<0,88 \text{ g/cm}^3$. Egészen alacsony hőmérsékleten is megőrzi rugalmasságukat. A belőlük készített termékeknek matt felülete van. A jelenleg kísérletinek tekintett változatokat *ENR* jelzéssel különböztetik meg a korábbi *Engage* típusoktól.

A **Kraiburg TPE** a K'2007-en kifejezetten a fogyasztási és higiéniai cikkek gyártásához kínált új termoplasztikus elasztomereket. Feltűnést keltettek lágy tapintású *átlátszó bevonatai*, amelyen át jó lehetett látni azt a tárgyat, amelyhez a bevonat jól tapadt. A karcálló és nagy szakítószilárdságú bevonat színezhető, akár fémes csillogásúvá is tehető anélkül, hogy átlátszósága romlana. A cég másik újdonságai a *hidrogénezett sztirol blokk-kopolimerek (HSBC)*, amelyek rendkívül jól tapadnak PC-hez és ABS-hez.

A **Lanxess** cég *Levapren* márkanévű új *etilén/vinil-acetát (EVM)* kopolimerjeinek egy új fröccsönthető változatát mutatta be, amelyben először alkalmazták térhálósítóként két különböző peroxid keverékét. Ennek megfelelően a térhálósodás is két fázisban játszódik le. Az elsősorban az autógyártás céljaira készített fröccsöntött elemek nagyon rövid idő múlva vehetők ki a szerszámból, és a selejt is erőteljesen csökken. A halogénmentes *Levapren* kaucsuk vinil-acetát-tartalma 40–90% között változhat. A térhálósított termék hő-, olaj-, időjárás- és lángálló. Ezért nem csak a kábelgyártásban, hanem a járműgyártásban – dinamikus terhelés alatt is – alkalmazható pl. tömítésekhez vagy tömlőkhöz. A Lanxess cég az új eljárást más területekre is ajánlja.

A szabadalommal védett *Dolphin eljárást* a **Georg Kaufmann Formenbau** (Busslingen, Svájc) a **BASF** (Ludwigshafen) és a **P-Group Deutschland** (Esslingen) céggel együtt fejlesztette ki, negyedik együttműködőként az **Engel** cég kétkomponensű (2K) fröccsöntő gépét igazította hozzá az eljáráshoz. Ezzel az eljárással egy munkaműveletben lehet gépjárművek belső felületén lágy tapintású felületet kialakítani. Az eljárást először 2006-ban mutatták be, de a K'2007-en az Engel már az ipari sorozatgyártásban megvalósított eljárást demonstrálta. Kiállítási területén láthatók voltak teherautókba szánt és ezzel az eljárással készített műszerfalak, de ugyanitt egy 2K fröccsöntő gép személygépkocsikba építendő karfákat gyártott. Felületi rétegüket az olasz **P-Group Pibiflex** nevű poliészterelasztomerje képezi, amelyet alkalmas szerkezéletekkel és egy közbekapcsolt *Mucel* egységgel (licencforgalmazó a **Trexel Inc.** Woburn, USA) felhabosítanak.

A **Krauss Maffei** cég a K'2007 teljes időtartama alatt üzemeltette a *Skin-Form* vagy *PuroSkin eljárást* bemutató fröccsöntő gépét. Ez az eljárás ugyancsak egy lép-

csős, és az igénybevételnek ellenálló belső felületek kiképzésére szolgál. Itt (PC+ABS) keverékből (a **Bayer MaterialScience Bayblend** nevű anyagából) és egy hidegen térhálósodó, habszerkezetű PUR-elasztomerből (*PuroSkin*, gyártja **Rühl**, Fridrichsdorf) négy színű ajtóbélést gyártottak a **Krauss Maffei KM 2300-120000 MX SkinForm** típusú fordítólapos gépével, amelyre többszínű PUR fogadására alkalmas keverőfejet szereltek.

A *PuroSkin* és a *Dolphin* eljárás első megközelítésben nagyon hasonlóknak tűnik, legalábbis ami az alkalmazási területeket illeti. Valójában elég nagyok a különbségek. A *PuroSkin* eljárásban a Rühl cég reaktív elasztomerjében kémiai úton felszabaduló CO₂ végzi a habosítást. A habosodást és a térhálósodást össze kell hangolni. A felhasznált szerszám azonban viszonylag egyszerű, mert kis viszkozitású monomert kell a szerszámüregbe injektálni. A *Dolphin* eljárásban a habosításhoz alkalmazott technikai eszközökre a *PuroSkin* eljárásban nincs szükség. A *PuroSkin* eljárás hátránya ezzel szemben, hogy alapanyagát aromás és ezért nem teljesen fényálló izocianátok alkotják. Az alifás térhálósító rendszer és az ezek révén szélesedő színválaszték további fejlesztést igényel.

Különleges elasztomerek alkalmazása különleges célokra

Környezetet és gyalogost kímélő elasztomerek az autógyártásban

A nyári szmog fő előidézői a gépkocsik kipufogógázaival a levegőbe kerülő nitrogén-oxidok. Hatásos ellenszerük az *AdBlue* nevű redukálószer, amelyet a Németországban gyártott tehergépkocsikban már széles körben alkalmaznak. Ennek a szernek a felhasználásához vegyszerálló vezeték szükséges, amelyhez a **VW** és a **Daimler** cég a **Lanxess** cég *Buna EP* márkanévű EPDM kaucsukját választotta ki. A rendszer elve, hogy a nitrogén-oxidokat ammónia adagolásával ártalmatlan nitrogénné és vízzé redukálja. A környezetben azonban az ammónia sem kívánatos, ezért ehelyett karbamidot juttatnak a kipufogógázokba a katalizátor előtti térben, ahol az ammóniát bocsát ki. Ez a vegyi reakció a magas hőmérséklettel együtt nagyon igénybe veszi a vezetékét.

A kipufogógázok által kibocsátott nitrogén-oxidokra és szilárd részecskékre vonatkozó előírások szigorodása (az Euro-4 szabvány helyett az Euro-5 szabvány életbe léptetése) révén a motortér eddigi 125–140 °C-os hőmérséklete nő, meghaladhatja a 150 °C-t. Ezen a hőmérsékleten az eddig alkalmazott etilén/akrilát (AEM) elasztomerekből gyártott tömitések és vezetékek megkeményednek, elvesztik rugalmasságukat. A tervezőknek ezért a drágább szilikon- (VMQ) vagy fluor-szilikon kaucsukok (FVMQ) alkalmazására kellett áttérniük. A **Zeon Europe GmbH** Düsseldorfban bemutatott *nagy hőállóságú poliakrilátelasztomerjei (HT-ACM)* kielégítik a szigorúbb követelményeket is, sőt bizonyos „tartalék” is van bennük: tartósan alkalmazhatók 175 °C-on, és 200 °C-os hőmérsékletcsúcsokat is elviselnek akár levegővel, dízelolajjal, motorolajjal vagy kenőolajjal érintkezve is; rugalmasságukat viszont –35 °C is megőrzi.

A **Freudenberg Dichtungs- und Schwingungstechnik GmbH** korszerű hőálló akrilátelasztomerekből készített kompaundokat alkalmaz gépkocsik tengelytömitésé-

hez használt szimeringgyűrűk gyártásához. Egy 50 mm átmérőjű tengely tömítőgyűrűje 8000/min fordulatszám és 130 °C hőmérsékletű olajteknő mellett akár 170 °C-ig is felmelegedhet, amit a hagyományos anyagok nem tudnak elviselni. Az akrilátkaucsukok telített főláncuk révén ellenállnak az öregedésnek, poláros észter oldalcsoportjaik révén pedig a meleg olajoknak. Hidegállóságuk az oldalcsoportokba beépített alkülláncok hosszától függ. 170 °C hőmérsékletű kemencében öregítve a szokásos ACM-ek 22 óra öregítés után mért 53%-os maradó összenyomódása 504 óra után 94%-ra nő, a hőálló 70 ACM 380-é 29%-ról 80%-ra. Öregedéskor a vulkanizáció alatt kiépült kénhidak jelentik a gyenge pontokat. Ha kén helyett amintípusú kötődési pontokat építenek a rendszerbe, javul az elasztomer élettartama; levegőben tízszeresére, kenőolajban akár százszorosára nő a relaxációval szembeni ellenállás.

A **DuPont** cég hő- és olajálló etilén/akrilát kaucsukjának márkaneve *Vamac Ultra LC*. A szokásos AEM típusoknál a felhasználók által is visszaigazolt jobb teljesítményt az elasztomer a gyártástechnológiából eredő optimális molekulaszervezetének köszönheti. A *Vamac Ultra LC* felhasználásával pl. az egész hajtórendszer emissziója költségtakarékosan csökkenthető. A kaucsuk –40 °C-on vagy annál alacsonyabb hőmérsékleten csekélyebb mennyiségű teljesítményt csökkentő lágyítóval is megőrzi rugalmasságát. Ez a kaucsukfajta különösen alkalmas gépkocsitömlők, csuklómandzsetták, csillapítóelemek gyártására, amelyek 40–160 °C között megőrzik funkcióképességüket. A motortérben vagy a hajtórendszerben alkalmazott, *Vamac* etilén/akrilátból készített sztatikus tömitések anyagába az *Ultra LC*-t lágyítóként is hozzá lehet keverni azok hidegállóságának és tartósságának javítására.

A **DuPont** cég *Hytrel 5556* jelű poliészterelasztomejéből készül annak az 1,1–1,4 m hosszú szendvicsszerkezetű érzékelőszalagnak a külső rétege, amely közvetlen kapcsolatban van a gépkocsi motorjával, és feladata, hogy ütközéskor csökkentse a gyalogos sérülésének kockázatát. Maga az érzékelő egy PUR habba ágyazott optikai kábel. Az új szenzort a **Magna csoporthoz** tartozó **Magna Electronics Europe** (Sailauf) fejlesztette ki. Külső réteggként azért választották a *Hytrel 5556* elasztomert, mert az –40 és 80 °C között megőrzi rugalmasságát, elviseli a felverődő vizet, sarat és a téli sózást is.

Kábelek szigetelése, köpenyezése

A **Hauff-Technik GmbH & Co. KG** (Herbrechtingen, Németország) *Segmento* nevű új, intelligens kábelszigetelő rendszerével könnyen, gyorsan és megbízhatóan tömíthetők a vezérlő-, kommunikációs vagy ISDN (integrated services digital network) kábelek kábeláttörései. A rendszer alkalmas nagy számú 5–51 mm közötti átmérőjű kábel együttes fektetésére, a legkisebb tér legjobb kihasználásával. Egy-egy szakaszon belül a rendkívül lágy, rugalmas *Technogel* poliuretánelasztomer veszi körül a vezetékeket vagy kábeleket, és szigeteli el őket egymástól. A **Bayer Material-Science** poliuretán alapanyagaiból a **Technogel Germany GmbH** (Berlingerode) fejlesztette ki a tömítőanyagot, amely tartósan és megbízhatóan követi a kábel formáját, a legkisebb átmérőjűét is.

A **DuPont** cég *Hytrel* poliészterelasztomerjéből készítik a **von Leoni elocab** cég nagyfeszültségű spirálkábeljének köpenyét. Ezt a kábel közvetíti az elektromos energiát a német *ICE* és a spanyol *Velaro* gyorsvasúton kocsiról-kocsira. A gyártó azért alkalmazta ún. *High-Flex* vezetékéhez ezt az anyagot, mert dinamikus hajlítózilárdsága, rugalmassága alacsony hőmérsékleten is kielégíti a legmagasabb követelményeket; vegyszer-, UV- és ütésállósága, továbbá villamos szigetelőképesége kiváló, és könnyen feldolgozható. Az érintkezési pontokon akár 25 kV-os üzemi feszültség is felléphet. A kábel menet közben állandó lengő/rezgő mozgásban van. Kritikus vonalszakaszokon hosszváltozása elérheti az 1000 mm-t. A köpeny anyaga nem hidrolizálhat, -30 és 80 °C között könnyen javíthatónak kell lennie, el kell viselnie a jégesőt, a havazást, az UV-sugárzást, az ózont és a tisztítószereket.

Műláb taposóaknak áldozatai számára

A **Niagara Prosthetic & Orthotics International Ltd** (Ontario, Kanada) kifejezetten taposóaknak áldozatai számára fejlesztette ki nagy teljesítményű lábprotézisét, amely a „*Niagara foot*” nevet kapta. A protézis jellemzője a nagymértékű energia-visszaadás járás közben, ami jobb stabilitást ad a műláb hordozójának, csökkenti a szükséges izommunkát és kényelmesebb érzetet kelt. Ezt a **DuPont** cég merev és egyúttal rugalmas *Hytrel* poliészterelasztomerje teszi lehetővé. A protézis 2007 óta kereskedelmi forgalomban van. Elsősorban olyan emberek számára hasznos, akik sokat gyalognak egyenetlen terepen. A műláb „titka” a bokát és a sarkot képviselő, *Hytrel*ből fröccsöntött S-alakú elem, amely rugóként viselkedik és az energiát tárolja.

Sportbalesetek elleni védelem

A vízisportokhoz használt ruházat nem csak a kihűléstől, hanem a sérüléstől is védi a sportolókat. A legjobb modellekre jellemző, hogy jó szigetelőképeségük mellett könnyűek, kopásállóak, és viseletük kényelmes. Számos vízi öltözetben alkalmazták a **Lanxess** cég *Baypren* márkanévű speciális kaucsukjait. A kéntartalmú típusok különösen beváltak erre a célra, mert hőszigetelő képességük nagy tépőzilárdsággal és ózonállósággal párosul.

Összeállította: Pál Károlyné

Wunderlich, W.: Thermoplastische Elastomere. Eine Gefahr für technische Elastomere? = *Kunststoff Trends*, 8. k. 2. sz. 2008. p. 6–7.

Mapleston, P.: Adding flexibility to an expanding market. = *Plastics Engineering*, 63. k. 9. sz. 2007. p. 22–26.

Aussems, F.: Designprodukt aus der Polymerwerkstatt. = *Plastverarbeiter*, 57. k. 9. sz. 2006. p. 108, 110.

Vita thermoplastic compounds. TPE für medizinische Schläuche. = *KI Kunststoff Information*, www.kiweb.de

Klein, B.: Die Branche hat verstanden. = *Kunststoffe*, 98. k. 1. sz. 2008. p. 84–90.

Zuber, R.; Hintenlang, G.; Bader, S.: Bei hohen Temperaturen belastbar. = *Kunststoffe*, 97. k. 3. sz. 2007. p. 106–180.

www.quattroplast.hu