

Jól tapadó anyagpárok kiválasztása hőre lágyuló műanyagok és termoplasztikus elasztomerek kétkomponensű fröccsöntéséhez

Kétkomponensű fröccsöntéssel sokféle érdekes terméket lehet termelékenyen gyártani. Ez az eljárás arra is alkalmas, hogy kemény hőre lágyuló műanyagokat és puha tapintású, rugalmas termoplasztikus elasztomereket társítsanak egymással. Az utóbbiak választéka az elmúlt években rendkívüli mértékben bővült, és ezért nem könnyű előre megjósolni, hogy egymásra fröccsöntve kielégítik-e az elvárt igényeket. Két kutatócsoport vizsgálta azt, hogy milyen anyagpárok képesek egymáshoz nagy erővel kötődni, és hogy hogyan befolyásolják a feldolgozási paraméterek és a környezeti viszonyok a tapadás mértékét.

Tárgyszavak: kétkomponensű fröccsöntés; hőre lágyuló műanyagok; termoplasztikus elasztomerek; biopolimerek; tapadás; vegyszerállóság.

A kétkomponensű fröccsöntés napjaink jól ismert, termelékeny feldolgozási eljárása, amellyel gyakran olyan termékek is előállíthatók, amelyek gyártása enélkül bonyolult vagy lehetetlen volna. Gyakran alkalmazzák arra is, hogy egy kemény és rideg hőre lágyuló műanyag felületét kellemes tapintásúvá tegyék a ráfröccsöntött elasztomerréteggel, de ezzel a technológiával fröccsöntenek fűjt palackokra tömítőgyűrűket vagy más műanyag termékekre pl. rezgéscsillapító vagy hangelnyelő réteget.

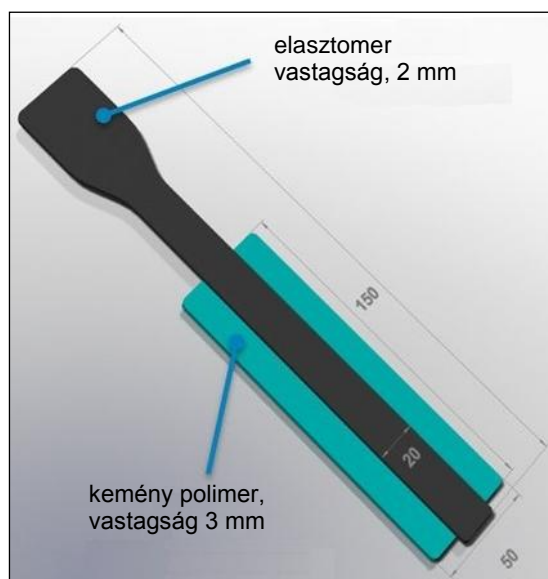
A polimerek kínálatában – mind a hőre lágyuló műanyagokéban, mind pedig a termoplasztikus elasztomerekében – egyre több a biobázisú vagy a részlegesen biobázisú termék. Ezek tulajdonságait még kevésbé ismerik, még kevésbé tudják, hogy egymásra fröccsöntve mennyire képesek összeépülni. A megújuló forrásokon alapuló anyagok elterjedését szorgalmazó németországi ügynökség (FNR. Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe) egyik projektje keretében megbízta az SKZ-t (Süddeutsches Kunststoffzentrum, Würzburg) azzal, hogy tanulmányozza az ilyen anyagpárok viselkedését a többkomponensű fröccsöntésben.

Egy másik német cég, a Kraiburg GmbH & Co. (Waldkraiburg) és USA-beli részlege, a Kraiburg TPE Corporation, Duluth, Georgia) termoplasztikus elasztomereket állít elő. Ezeket részben elektronikus „kütyük” kellemes tapintású felületi rétegeihez alkalmazzák. Ennél a vállalatnál a „kütyü” házat alkotó műszaki műanyag és a felületre vitt elasztomer közötti tapadáson kívül azt is vizsgálták, hogy hogyan tűrik az

elasztomerek az emberi testtel bekövetkező gyakori érintkezést és a környezet adottságait, pl. az UV-sugárzást.

Biobázisú polimerek és elasztomerek tapadása kétkomponensű fröccsöntés után

Az SKZ az anyagpárok összeállításakor mind a hőre lágyuló polimerek, mind pedig a termoplasztikus elasztomerek közül már kereskedelmi forgalomban lévő és még kísérleti fázisban lévő új anyagok közül is válogatott. Valamennyi kemény polimer egészen vagy részben megújuló forrásból készült; az előzőekhez tartoznak a PLA (*Bioflex 59533*), a PHB (*Mirel P1004*) és a ligninalapú típusok (*Arboform LV100*, az utóbbiakhoz a PA4/10, a PA10/10, a bio-PE és a cellulózalapú típusok. Lágy komponensként ugyancsak minden fontosabb termoplasztikus elasztomerfajtát kipróbáltak (TPE-S: sztirol blokk-kopolimer, TPE-V: vulkanizált PP/EPDM; TPE-E észtertípusú; TPE-U uretántípusú TPE-k).



1. ábra A lefejtési erő méréséhez használt próbatest

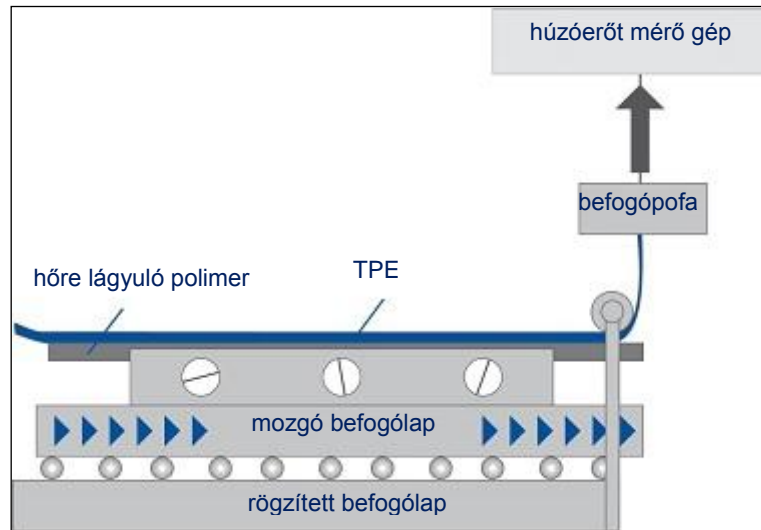
A kiválasztott anyagpárokból a lefejtési erő mérésére rendszeresített próbatesteket (*1. ábra*) a kísérletekhez tervezett speciális szerzőmben állították elő, amelyben különösen a szerzőm temperálására és a beömlő elhelyezésére koncentráltak, mert ha a 150 mm hosszú folyási úton nem tökéletesen azonos a szerzőmfal hőmérséklete, a két felület közötti tapadás egyenetlen lesz. Az egymástól elszigetelt fűtőkörökkel és egy hűtőcsatorna-rendszerrel sikerült beállítani a kemény és rugalmas anyag találkozási felületén a ± 2 °C-os hőmérsékletkorlátokat. A szerzőmba épít-

tett és szelektív lézeres melegítéssel ellátott maggal, továbbá varioterm fűtéssel olyan próbatesteket is tudtak készíteni, amelyek vastagsága eltért egymástól.

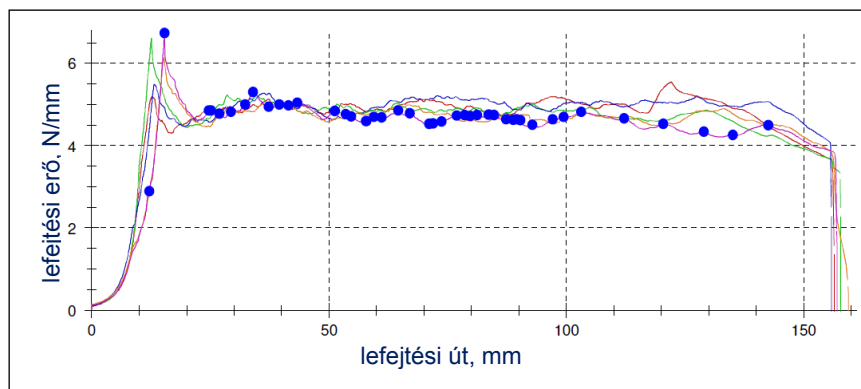
A lefejtési erőt a *2. ábrán* látható berendezés segítségével mérték. A próbatestet egy mozgó befogólap szányszerűen tolja előre; a lefejtéshez szükséges erőt a henger alatt áthaladó elasztomerkomponensen egy erőmérő berendezés méri. Az elasztomerek húzószilárdságukat elérve elszakadásuk előtt többé-kevésbé megnyúlnak, nyúlásuk mértéke nagyon eltérő lehet. Az ebben az állapotban mért nyúlás (német neve Traversenweg) a vizsgált elasztomereknél 10–1000 mm között változott. Ez az érték a rögzített és a mozgó befogóasztal közötti elmozdulással pontosan mérhető, és a nagyon kevéssé és a nagyon erősen megnyúló, továbbá a nagyon eltérően tapadó anyagok is jól összehasonlíthatók általa. Egy jól tapadó anyagpár parallel lefejtési görbéi a *3. ábrán* láthatók.

(Megjegyzés: Azt itt alkalmazott vizsgálati eljárásból időközben VDI 2019 jellel szakmai szabvány lett. Eszerint az anyagpárok tapadását a következő módon minősítik:

Ha a lefejtési erő <math><1,5 \text{ N/mm}</math> (A), nincs tapadás
 1,5–2,5 N/mm (A és B) tapadás lehetséges,
 2,5–4 N/mm, (B és C), jó a tapadás,
 >4 N/mm, (D) a tapadás nagyon jó).



2. ábra A lefejtési erőt mérő rendszer



3. ábra Egy jól tapadó anyagpár lefejtési görbéi

A kutatók valamennyi anyagpáron 24 óra után és 240 órás normál klímában végzett tárolás után is mérték a lefejtési erőt. (Ez a kísérletekben mért húzóerő és az elasztomer csík szélességének hányadosa, N/mm-ben.) Néhány mintán ilyen mérést hőkezelés után is végeztek. A kapott görbéről leolvasták a maximális, a minimális és az átl-

gos lefejtési erőt, továbbá kiszámították a tapadás feszültségtartományát (a maximális és minimális tapadás különbségét).

Az eredmények arra utaltak, hogy valamennyi biobázisú vagy részlegesen biobázisú hőre lágyuló műanyaghoz található olyan elasztomer, amely elfogadható mértékben tapad a felületéhez. Közülük a TPE-U típusú elasztomerekkel érték el a legjobb értékeket.

A poláris elasztomerek tapadtak a legjobban, a húzóerő esetenként elérte a 300 N értéket. A TPE-S típusú elasztomerek közül a jobb tapadás érdekében módosított TPE-S 02 és a TPE-S 03 jelzésű elasztomer tűnt ki, de jól tapadtak a poliészterekkel (PC, PET) társítandó módosított TPE-k is.

A tárolásra és a hőkezelésre az anyagpárok egy része csak csekély mértékben, más párok érzékenyen reagáltak. A tárolás helyének nedvességtartalma feltehetően erősen befolyásolja a tárolás után mért tapadás mértékét.

A varioterm fűtéssel készített próbatesteken a standard fűtéssel fröccsöntöttekhez képest 2-3-szor nagyobb tapadási erőt mértek. Némely anyagpár, pl. a *Bioflex/TPE-S-02* nagyon érzékeny volt a feldolgozási paraméterekre, pl. a szerszám és a két ömledék hőmérsékletére, továbbá a kemény komponens hűtési idejére a ráfröccsentés előtt.

Meglepően jó eredményeket kaptak a részben biobázisú, borostyánkőssavval készített TPE-U-val és TPE-E típusú elasztomerekkel. A forgalomban lévő TPE-U-kkal lényegesen gyengébben voltak az eredmények. Ezzel szemben a TPE-E típusú elasztomerek a PLA-hoz egyáltalán nem tapadtak, annak ellenére, hogy mindkét polimer a poliészterekhez tartozik.

Az eredmények arra mutatnak, hogy nem könnyű előre megbecsülni, hogy egy hőre lágyuló műanyag felületére ráfröccsentett elasztomer mennyire jól fog tapadni. A jó eredményhez nagyon jó anyagismeret, előkísérletek, esetleges szimuláció, alkalmas szerszám és folyamatoptimalizálás szükséges.

Az elektronikus használati eszközök kellemes tapintású felületburkolatának a jó tapadás mellett a testi érintkezést is jól kell tőrnie

A rendkívül elterjedt elektronikus eszközöktől ma elvárják, hogy tapintásuk kellemes legyen, amit a felületükre vitt termoplasztikus elasztomerekkel, legtöbbször sztirol blokk-kopolimereket tartalmazó TPE-S típusú elasztomerekkel érik el. Mivel a felhasználók ezeket az eszközöket szinte állandóan a kezükben tartják, az elasztomer folyamatosan érintkezik olyan apoláros vegyületekkel, mint az emberi bőrből származó faggyú vagy a különböző kozmetikumok komponensei, amiktől a TPE-S megduzzad és idővel elveszti eredeti mechanikai tulajdonságait. A Kraiburg TPE GmbH Co. KG-nál azt vizsgálták, hogy milyen elasztomerrel lehetne helyettesíteni a sztiroltartalmú típust a tartósság növelése érdekében. Szóba kerültek a termoplasztikus poliuretán elasztomerek (TPE-U), a termoplasztikus kopolieszter elasztomerek (TPE-C), a folyékony szilikongyanta (LSR), továbbá a térhálós szilikon és a TPE-U keveréke. Valamennyi esetleges helyettesítő vegyszerállósága jobb a TPE-S-énél.

A fejlesztők előtt ismeretes volt, hogy az 50–70 Shore A keménységű TPE-U rosszul tűri az UV-sugárzást, napfény hatására megsárgul, emellett nehéz a feldolgozása. A kereskedelmi forgalomban kapható TPE-C túl lágy, 76 Shore A keménysége miatt alkalmatlan a felületbevonásra. Az LSR mechanikai tulajdonságai és vegyszerállósága jó, de mivel ezt az anyagot feldolgozáskor térhálósítani kell, speciális fröccsöntő szerszámot igényel és hosszú a gyártás ciklusideje. A TPE-k fejlesztésével foglalkozó Kraiburg cég ezért kifejlesztett egy új elasztomercsaládot, amelynek a *Copec* márkanévvel adta, és amelynek tagjai előre térhálósított szilikongyanta és TPE-U különböző ötvözetei.

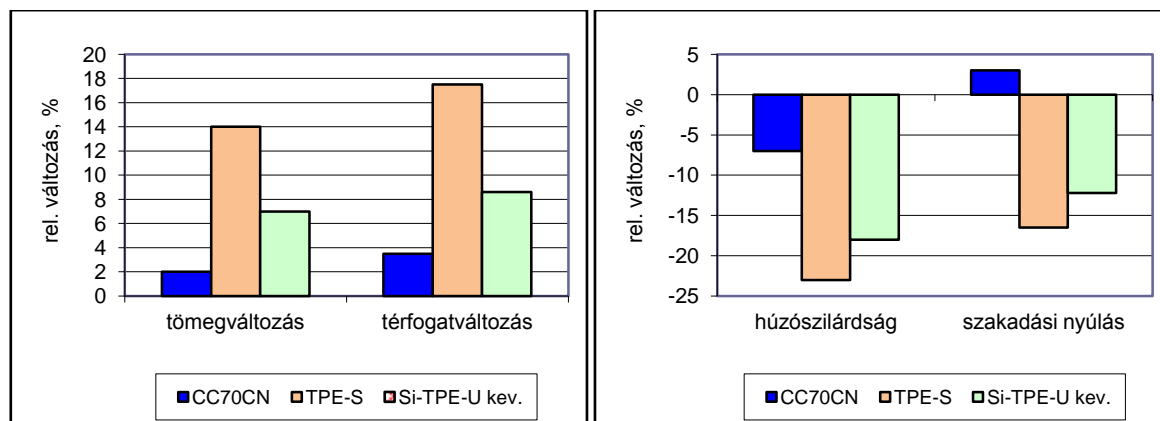
A cégnél két *Copec* elasztomert egy tapadásnövelés céljára módosított sztirolbázisú, egy egyszerű szilikon/TPE-U keverékkel és egy aromás TPE-U elasztomerrel hasonlították össze. A keménységet, a mechanikai tulajdonságokat, a kopásállóságot a szokásos szabványos módszerekkel mérték. A lefejtési erőt a *VDI 2019 szabvány* szerint különböző hőre lágyuló műanyagokra fröccsöntve mérték. Az eredményeket az *1. táblázat* tartalmazza.

1. táblázat

A Kraiburg cégnél vizsgált TPE-k különböző tulajdonságai

Tulajdonság	Egység	Copec CC60CN	Copec CC70CN	TPE-S mó- dosított*	Si/TPE-U keverék	Aromás TPE-U
Keménység	Shore A	58	67	62	62	65
Sűrűség	g/cm ³	1,26	1,29	1,10	1,10	1,20
Húzószilárdság	MPa	6,4	7,0	4,5	5,2	25
Szakadási nyúlás	%	1070	1000	630	600	930
Továbbszakítási ellenállás	N/mm	25	29	17	30	43
Kopásállóság (10N terhelés)	mm ³	160	160	220	120	45
Lefejtési erő	N/mm					
PC-n		5,7	9,7	3,9	3,2	3,7
ABS-en		5,1	6,5	4,6	4,0	5,0
PBT-n		5,8	9,4	3,8	3,7	–
UV-állóság	ΔE	<1,5	<1,5	<1,5	6	11

* Módosítás a jobb tapadás érdekében.



4. ábra Különböző TPE-k tulajdonságainak változása mesterséges bőrszírbán 14 nap után

A vegyszerállóság megítélésére az elasztomerekből készített próbatesteket mesterséges bőrszírbán („sebum”) tartották szobahőmérsékleten 14 napig, majd mérték a próbatestek térfogat- és tömegváltozását, továbbá szakítószilárdságuk és szakadási nyúlásának változását (4. ábra). Látható, hogy a Copex elasztomer versenytársaival ellentétben 14 napi testszírral érintkezve 5%-nál kisebb mértékben duzzadt meg, és mechanikai tulajdonságainak változása is 10%-on belül volt.

Az UV-stabilitást 300 órás besugárzás után mérték, a Copex itt is kiemelkedően jó eredményt adott. (1 ΔE az emberi szem által érzékelhető legkisebb színváltozás mértékegysége. UV-állónak tekintik azt az anyagot, amelynek ΔE értéke 2 vagy annál kevesebb.)

Összeállította: Pál Károlyné

Deubel, Ch.; Schwalme, G. stb.: Eine Fragung der Haftung. Mehrkomponenten-Spritzgießen von Hart/Weich-Verbunden mit biobasischen Polymeren = Kunststoffe, 106. k. 5. sz. 2016. p. 47–53.

Vetter, F., Sehyun, Kim: Chemical-resistant TPE materials with adhesion to engineering thermoplastics = Plastics Engineering, 71. k. 4. sz. 015. p. 20–23.

Two component injection molding with thermoplastic elastomers = www.materiautech.org/content.../Kraiburg TPE.pdf