

## Kombinációk fröccsöntésre

A többkomponenses fröccsöntés, vagyis amikor egy terméket többféle (esetenként csak többféle színű) műanyagból állítanak elő azok szerszámon belüli egymásra fröccsöntésével, egyre jobban elterjedő technológia. Az anyagok összehegedési szilárdsága különböző módszerekkel jelentősen megnövelhető. Újabban terjedőben vannak az ún. hibrid műanyag-feldolgozási technológiák, melyek során a fröccsöntést egy teljesen automatizált géprendszeren belül más műanyag-feldolgozási technológiákkal – pl. hőformázás, reaktív fröccsöntés (RIM) – kombinálják a tömeg- és költségcsökkentés érdekében.

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; hőformázás; reaktív fröccsöntés; PA66; PA6; PBT; plazmakezelés; autóipar.*

## Hibrid technológiák

A két- vagy többkomponenses fröccsöntés, vagyis amikor egy terméket két- vagy többféle műanyagból állítanak elő, már évtizedek óta elterjedt eljárás. Ennek klasszikus példája a fogkefe, amely akár hét különböző színű, illetve merev és lágy anyagokból készül fröccsöntéssel. A többkomponensű fröccsöntéshez gyakran forgó szerszámot alkalmaznak és/vagy karusszelelrendezéssel mozgatott szerszámcsaládot. A különböző alapanyagokat külön fröccsegység segítségével injektálják be. Újabban azonban olyan megoldásokat vezettek be ipari szinten, amelyeknél az egy- vagy többkomponenses fröccsöntést más műanyag-feldolgozó technológiával, mint pl. reaktív fröccsöntéssel, hőformázással kombinálják, azaz hibrid rendszereket hoznak létre.

Az ilyen hibrid megoldásokat elsősorban a gépkocsigyártásban és a tartós használati cikkek alkatrészeinél alkalmazzák, elsősorban költség- és tömegcsökkentési célból, mivel az ilyen módszerekkel anyagot, élőmunkát és ciklusidőt lehet megtakarítani. A nagy termelékenységű, általában nagy sorozatnagyságok esetében használt fröccsöntést gyakran a kisszériás termeléshez használatos feldolgozási módszerekkel, mint pl. a hosszú üveg- vagy szénszálas erősítő anyagokat alkalmazó reaktív transzferöntéssel, habosítással vagy vákuumformázással kombinálják, és így ezeket az eljárásokat is alkalmassá teszik a nagy szériák gyártására. Mindezt egyetlen hibrid feldolgozógéppel, gyakran azonos szerszámon belül végzik. A végeredmény egy teljesen kész, esztétikus megjelenésű, és a hagyományos eljárásokkal készült változatokhoz képest kisebb tömegű és olcsóbb termék lesz.

A hibrid eljárásban alkalmazott műanyag-feldolgozó technológiák egyenként jól ismertek, az újdonságot az egyetlen, teljesen automatizált gyártógépen belüli kombinációjuk alkalmazása jelenti. Az eltérő technológiák alkalmazása általában több, az egyes alkalmazott technológiákban specialista gépgyártó csapatmunkáját igényli. Az első hibrid rendszerek egyikét egy francia autóipari beszállító, a Faurecia alkalmazta hosszú üvegszállal erősített első hordozókeretek gyártásához a korábbi drága és lassú

prepreg feldolgozási technológia helyettesítésére. Az ebben a projektben úttörő szerepet játszó német Krauss-Maffei egy másik alkalmazásnál olyan gépet fejlesztett ki, amelyen a reaktív fröccsöntést (RIM) és a hőre lágyuló műanyag fröccsöntését kombinálta egy biztonsági öv burkolatának gyártásában, és ahol fröccsöntött PA6 alkatrésze poliuretánbevonatot habosított.

Egy másik alkalmazás során a hibrid módszerrel komplett mosógépajtót készítettek. Itt háromkomponenses fröccsöntést kombináltak ragasztással és fóliáminálással. Az első fröccsegység polikarbonátburkolatot készített forgó szerszámmal, amelyre karcálló ABS-t fröccsöntöttek. A beömlőcsonkokat robottal vágta le, az éles részek simítását forró levegő befúvásával végezték. Ezután az ajtóra védőfóliát lamináltak. A második gépegység üvegszál-erősítésű PP keretet fröccsöntött az üveglapokra, a rögzítőelemeket és zsanérokat automata szerelte fel. A harmadik gépegység a magas fényű belső ABS paneleket fröccsöntötte, majd pedig az egyes alkatrészeket robot segítségével szerelték és ragasztották össze.

Gépkocsik szórakozató elektronikai eszközeinek burkolatait is gyártják hibrid eljárással, amikor a *MuCell* mikrocellás habosítást (Trexel Inc., USA) fényes felületet adó fröccsöntéssel kombinálják indukciós fűtésű szerszám (RocTool SA) alkalmazásával.

Egy Kia autóalkatrész gyártásakor az új megoldásban a hőre lágyuló elasztomer (TPO) részt nem fröccsöntik, hanem a felületi mintázat létrehozásával fóliából vákuumformázzák egy, a forgó fröccsszerszámba beépített infravörös hőszugárzóval felmelegítve. Ezzel párhuzamosan egy üvegszál-erősítésű ABS/PC darabot fröccsöntenek *MuCell* mikrocellás habtechnológiával, ami lecsökkenti a hűlési időt, kisebb záróerőt igényel, és mintegy 10% anyagmegtakarítást is eredményez. Ezután a hőformázott TPO és az ABS/PC termék a forgó szerszámban találkozik, és a köztük lévő résbe reaktív transzferöntéssel (RTM) poliuretánhab alapanyagot injektálnak. Ez a hibrid eljárás tehát fröccsöntést, hőformázást és habosított gyanta-transzferöntést kombinál egyetlen automatizált gyártó géprendszerbe.

A K-2013 kiállításon a RocTool indukciós fűtésű szerszámával gyártott könnyű tabletházat mutattak be. A szerszámba robottal egy előformázott (préselt) szénszál szövetdarabot helyeztek be, majd ABS-t fröccsöntöttek rá, amely a magas szerszámhőmérsékleten zongoralakk minőségű felületet ad.

Az Opel Astra végtelenített üvegszál-erősítésű PA6 üléslemezét is két technológia kombinálásával gyártották. Az első lépésben a végtelen hosszú szálaból készült előgyártmányt PA6-tal előimpregnálják és a fröccsszerszámban a beépített infravörös hőszugárzóval felhevítve előformázzák. Ezután a szerszám összezárul, és az előgyártmányra ráfröccsöntik a rövid, vágott üvegszállal erősített PA6 alapanyagot. Ezzel a termékkel egy kétszer nehezebb, stancolt acél alkatrészt váltottak ki.

Sikeres fejlesztések folynak hosszú üvegszálakkal erősített kaprolaktám RIM polimerizációs feldolgozásával gyártott PA6 alkatrészek előállítására. A térhálós RIM technológiával gyártott alkatrészekkel ellentétben a PA6 alkalmazásakor a hulladék újrafeldolgozható.

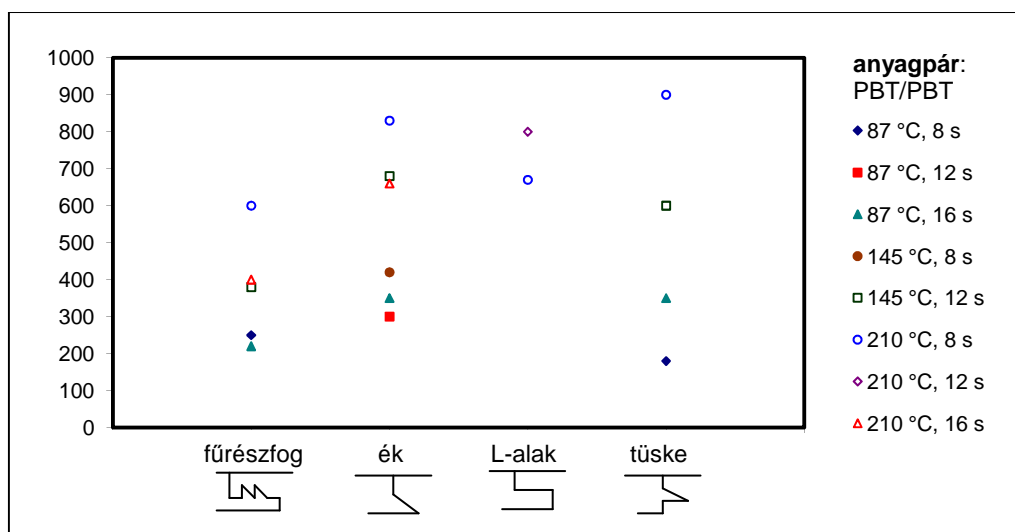
A többkomponenses fröccsöntés terén is erőteljes a fejlesztés. Az egyik irányt a hulladékok újrafelhasználása jelenti az ún. szendvicsmegoldással. Ebben a termék kül-

ső és belső felületén új anyagból készülő réteget alakítanak ki, köztes réteggént 20–30% regranulátumból vagy darátumból készülő reciklált anyagot fröccsöntenek. Ezáltal elkerülhető, hogy a reciklált anyag a termék környezetével érintkezzen, és nem jelentkezhetnek káros esztétikai hatások sem.

1. táblázat

A vizsgált poláros és apoláros anyagpárok jellemzői

Első komponens	Jellemző	Második komponens	Jellemző
Wellamid 6600 HWVOCP	PA66 poláros	Wellamid 6600 HWVOCP	PA66 poláros
Pocan KU2-7503/1	PBT apoláros	Pocan KU2-7503/1	PBT apoláros
Pocan KU2-7503/1	PBT apoláros	Wellamid 6600 HWVOCP	PA66 poláros

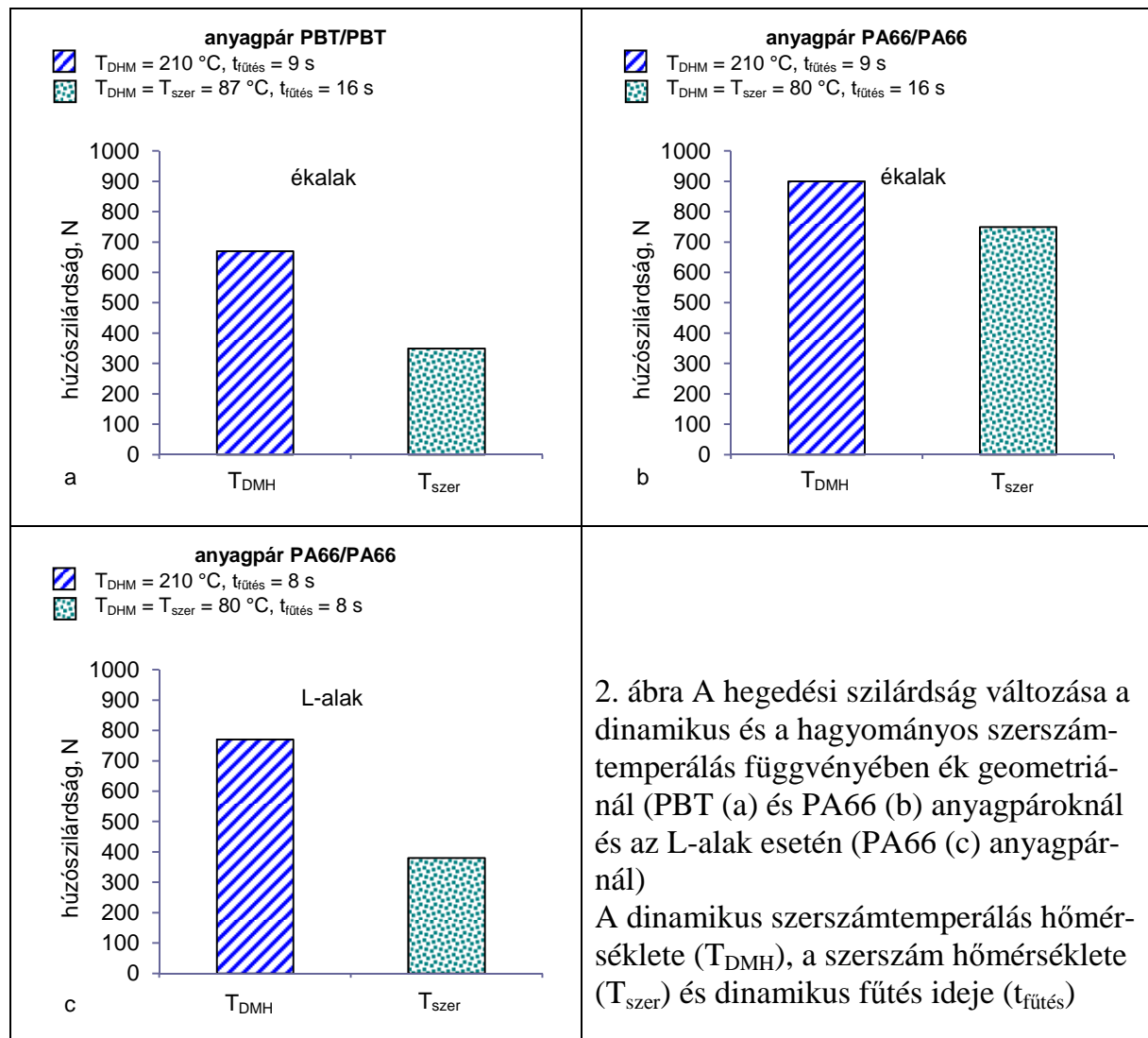


1. ábra A kétkomponensű fröccsöntéssel kapott PBT/PBT próbatestek húzószilárdsága a hegedési front geometriájának, illetve a dinamikus szerszámtemperálás hőmérsékletének és időtartamának függvényében. Az anyag termékismertető szerinti húzószilárdsága 1200 N.

## Tapadás növelése különböző alapanyagú felületek között

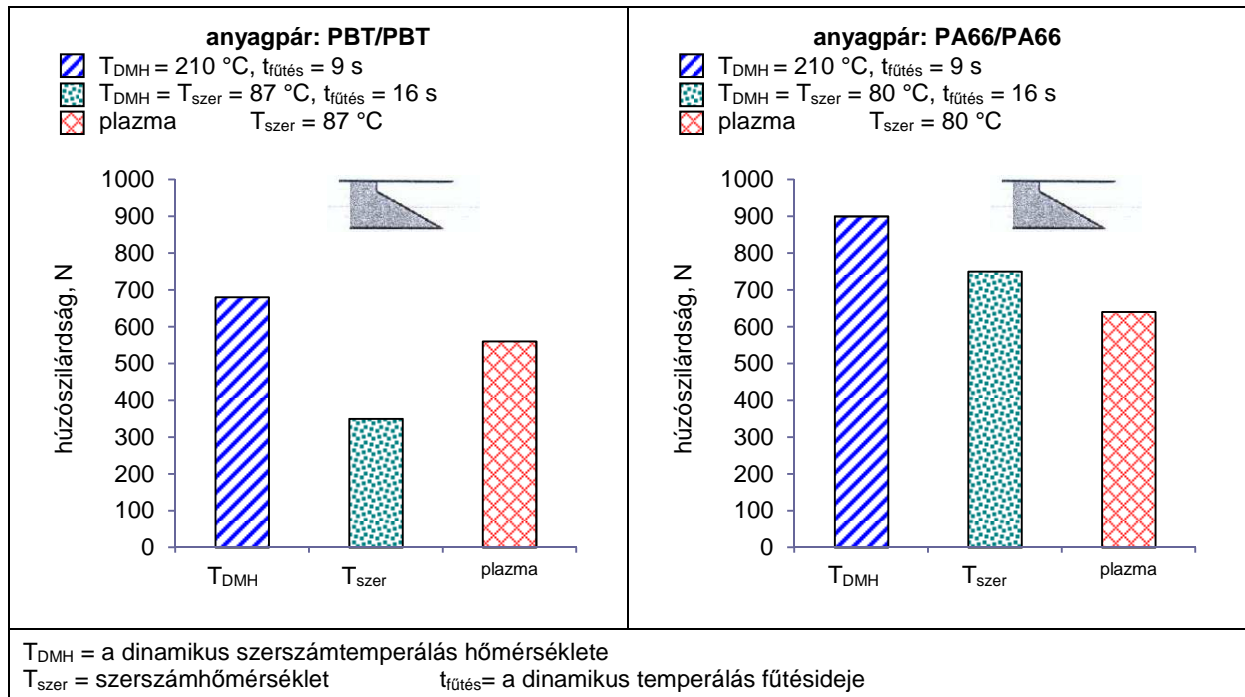
A különböző alapanyagok egymáshoz tapadásának erőssége sokszor fontos szempont a többkomponensű fröccsöntéssel előállított termékeknél. A tapadás erőssége a polimerek kémiai összetétele mellett függ a feldolgozási paraméterektől is. Ennek vizsgálatára német kutatók érdekes kísérlet sorozatot végeztek. Vizsgálták, hogy azonos, illetve lényegesen eltérő (poláros és apoláros) polimerek (1. táblázat) milyen erősen képesek összehegedni. A hegedési felület geometriájának hatását az 1. ábra, a különböző feldolgozási paraméterek hatását a 2. és 3. ábra mutatja. A tapadás szilárdsá-

gát egy közepén szimmetrikusan megosztott piskóta alakú (hidegcsatornás) szakítópróbatesten mérték, ahol az anyagok a középső fronton találkoztak, miután az első komponens előállítás után az „előgyártmányra” a másodikat ráfröccsöntötték. A szerszám mindkét oldalába kerámiaalapú dinamikus temperálóelemeket építettek be, amelyek segítségével nagy sebességgel lehetett a szerszám belső felületeinek hőmérsékletét változtatni ( $150 \text{ W/cm}^2$  felfűtési és  $25 \text{ C}^\circ/\text{s}$  hűtési sebességgel). Emellett vizsgálták a hegedési felület plazmakezelésének hatását is.



Az eredményeket binárisan tervezett kísérletekkel kapták. A kísérleti beállítások számának csökkentése érdekében a hegedési felület négyféle geometriájából előkísérletekkel kiszűrték a legkevésbé hatásos két változatot (ld. 1. ábra), azaz a fűrészfog és a tüske alakút. Látható, hogy a fűrészfogas kiképzésű hegedési varrat adta a legkisebb szilárdságot. Ennek oka az, hogy a fogaknál a műanyagömladék örvényleni kezd, és ezáltal horonyhatás lép fel. Emellett a fogcsúcs megolvadása is negatív hatás-

sal jár. A túske alak annak ellenére, hogy nagy húzószilárdságot eredményezett, azzal a hátránnyal bír, hogy a legtöbb esetben nem lehet teljes szerszámkitöltést elérni, mert a túske a második komponens beömlésekor a dinamikus fűtés hatására túlzottan meglágyulva deformálódott. Az eredményekből az is látható, hogy a húzószilárdság a hegedési felület geometriájától függetlenül a szerszám hőmérsékletének növekedésével együtt növekszik.



3. ábra A plazmakezelés hatása apoláros és poláros kémiai szerkezetű polimer anyagpárok húzószilárdságára a dinamikus szerszámtemperálás és a hagyományos eljárás értékeivel összehasonlítva

A továbbiakban tehát csak az L-alak és az ék formátumú hegedési felületekkel dolgoztak. A szerszámhőmérséklet esetében vizsgálták a konvencionális szerszámtemperálás és a dinamikus temperálás (DMH: az angol elnevezés rövidítése) hatását (ld. 2. ábra). Emellett az utónyomás mértékének és idejének hatását is mérték. Ez utóbbiak hatását nem találták szignifikánsnak.

Jól látható, hogy a dinamikus szerszámtemperálás a hagyományoshoz képest (állandó szerszámhőmérséklet) minden esetben szignifikánsan jobb szilárdságot eredményez, noha a PA66 anyagpár esetében ez csak az L-alaknál ad látványos javulást. Hasonló eredményeket kaptak PA66 és PA66-30GF azaz erősítetlen és 30% üvegszállal erősített PA66 minták párosítása, illetve PA66 és PA66+6 anyagpárok esetében is. A termék kis felületére ható dinamikus felhevítés tehát szignifikáns szilárdságnövekedést eredményez, ugyanakkor éppen ezért energiatakarékos, mivel nem az egész szerszám tömegét kell felmelegíteni. A rövid felfűtési idő emellett a ciklusidőt is sokkal kevésbé

növeli meg, mint ha a szerszám egészét emelnék ilyen magas hőfokra, ami egyébként hasonló mértékben növeli a szilárdságot.

A plazmakezelés hatását is vizsgálták. Ennek során azonban a többi plazmakezelési eljárás bonyolultsága és ára miatt csak a légköri plazmakezelés hatásával foglalkoztak, amelynek során a fröccsegység fúvókája mellől kieresztett sűrített levegővel töltésmentes plazmasugárral kezelték az első komponensből készített „előgyártmányt” (3. ábra). A plazmakezelés a poláros szerkezetű polimereknél, mint amilyen a PA66/PA66 anyagpárok, nem növelte számottevően a szilárdságot, de az apoláros anyagoknál, mint a PBT/PBT anyagpárok, a javulás jelentős mértékű volt, ha el is maradt a dinamikus szerszámtemperálás hatásától.

A poláros/apoláros (PA66/PBT) anyagpároknál a plazmakezelés szintén nagyon hatásosnak bizonyult. A plazmasugár fúvókájának távolságát és a plazmasugár sebességét változtatták az optimális értékek meghatározásához. A kezelés optimumának a 8 mm-es fúvókátávolság és a 17 mm/s plazmasugár-sebesség adódott, ebben az esetben mintegy 800 N húzószilárdságot sikerült elérni.

Összeállította: Dr. Füzes László

Schut J. H.: Injection molding's wild side: multi-process parts = *Plastics Engineering*, 70. k. 5. sz. 2014. p. 6–10.

Kleeschulte R.; Moritzer E.: Nicht nur gleich und gleich gesellt sich gern = *Kunststoffe*, 104. k. 8. sz. 2014. p. 50–53.