

## Szerelés helyett fröccsöntés

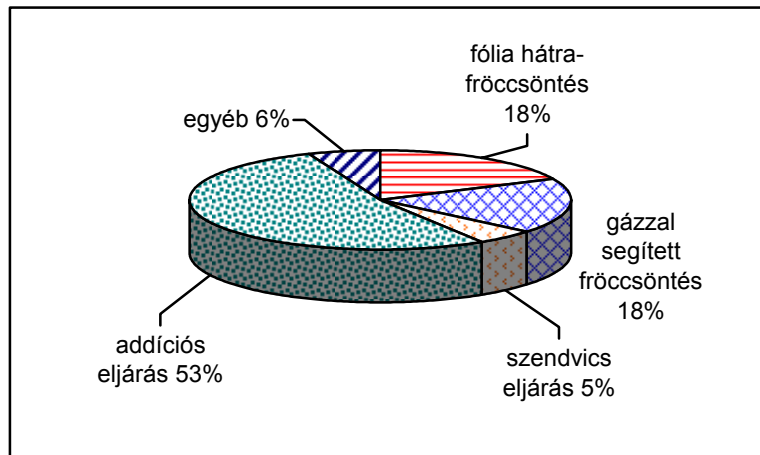
A montázsfröccsöntés a többkomponensű fröccsöntés és a szerelés egyfajta kombinációját jelenti. Speciális alkalmazása, amikor megfelelő anyagpár kiválasztásával vagy egymáshoz tapadó vagy egymáson elmozduló szerkezeteket állítanak elő. A montázsfröccsöntésben a felületkezelésnek is fontos szerepe van.

*Tárgyszavak: fröccsöntés; szerelés; montázsfröccsöntés; poliolefin; poliamid; poliacetál; plazma; tapadás; felületkezelés.*

## Különleges fröccstechnológiák

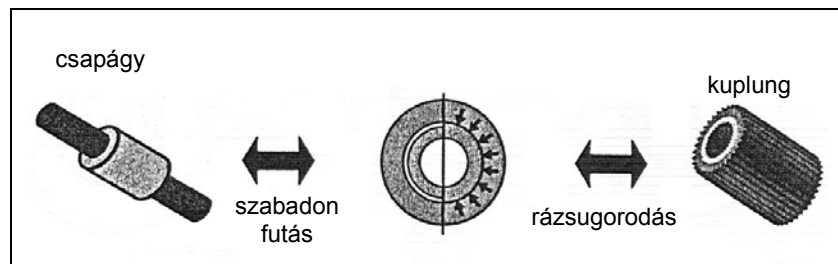
2006 végén felmérést végeztek Észak-Bajorországban 150 műanyag-feldolgozó megkeresésével (akiknek 40%-a válaszolt is a kérdésekre), amelyből az derült ki, hogy a különleges fröccstechnológiák jelentősége már számottevő, ugyanis a feltüntetett különleges fröccstechnikák átlagos részesedése a cégek teljes forgalmából kb. 20%, és ez várhatóan tovább fog nőni. Ezekkel az eljárásokkal az autóipar, a villamosipar és az orvostechika részére gyártanak termékeket. Az 1. ábrán a különleges eljárások megszólása látható.

Meglepő módon a megkérdezett cégek a többkomponensű termékek előállításakor túlnyomórészt (több mint 80%-ban) az egykomponensű fröccsgépek kombinációját használják. Ezek mintegy 35%-ában behelyezhető „előfröccsöntvényt” alkalmaznak, amire ráfröccsöntik a második komponenst. Ezen a téren jelent előnyt az ún. montázsfröccsöntés vagy szereléssel egybekötött fröccsöntés, amely könnyebb és funkciójában integrált darabok előállítását teszi lehetővé. A megtakarítás nem kis részben annak köszönhető, hogy elmaradnak a szerelési utóműveletek. Ugyanebből az okból a termelési eljárás biztonságosabbá (robosztusabbá) válik, csökken a szükséges ellenőrzési lépések száma, kevesebb műveletet lehet elrontani. További előnyt jelent, hogy olyan alkatrészek között is kialakítható jó minőségű kapcsolat (kötés), amelyeket geometriai okokból szereléssel nem, vagy csak nehezen lehetne létrehozni (2. ábra). A 2. ábrán bemutatott előnyöket a betétes fröccsöntésnél nem igazán lehet kihasználni, mert a kapcsolat finom szabályozása csak akkor lehetséges, ha teljes mértékben kézben tudják tartani a teljes fröccsciklust, beleértve az előfröccsöntvény hülési görbét is. Ha az előfröccsöntvény egy másik gépben, független ciklusban készül, a különböző darabokon a tapadás nagyon fog különbözni, nagy lesz a szórás.



1. ábra A fröccsöntő cégek megoszlása Észak-Bajorországban az eljárások szerint (kérdőíves felmérés alapján)

A 6% egyéb eljárások megoszlása: 2% textil-hátrafröccsöntés, 2% MuCell-eljárás, 2% vízzel segített fröccsöntés



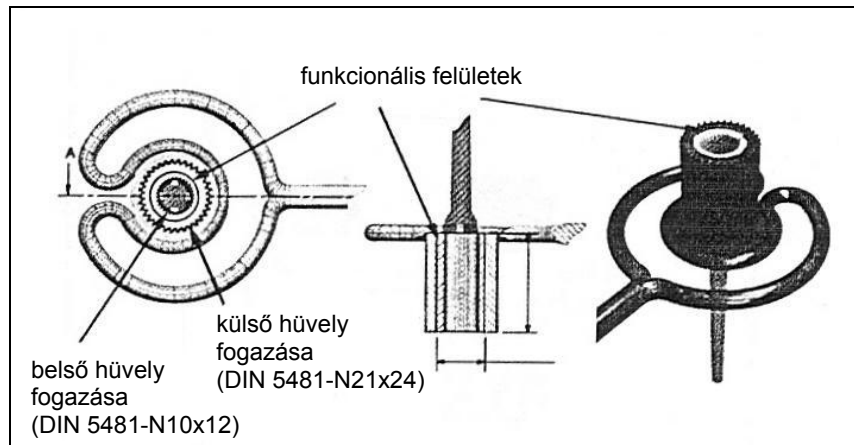
2. ábra A montázsfröccsöntés lehetővé teszi, hogy a választott anyagtól és a feldolgozási paramétereiktől függően a bemutatott két alkatrész kapcsolata akár szabadon forgatható, akár szorosan tapadó jellegű legyen.

A felületek elmozdulását egymáshoz képest a következő paraméterek befolyásolják:

- anyagkombináció,
- a geometria megválasztása,
- a feldolgozási folyamat paramétere.

A szabad vagy kötött mozgást lényegében a súrlódás (zsugorodás) mértéke határozza meg, tehát valóban finom szabályozásra van szükség, ha reprodukálható eredményt szeretnének elérni. Figyelembe kell venni természetesen a két felület tapadását, a felületi érdességet és a kopásállóságot is. Az **Erlangeni Egyetem Műanyagtechnológiai Tanszékén** kidolgoztak egy olyan fröccsöntvénymodell, amellyel a jelenségkör tanulmányozni lehet (3. ábra). A geometriát úgy választották meg, hogy az alkalmas legyen a két hengeres hüvely között fellépő súrlódási erők mérésére forgatónyomaték alkalmazásával. Ennek a követelménynek egy fogazott geometria felelt meg

legjobban. (A fogazás a nyomatékbevitelre szolgál, a vizsgált határfelület sima). A szerszámot úgy alakították ki, hogy mind a komponensek anyagának, mind a belső és külső hüvely öntésének sorrendje változtatható legyen. Mindkét anyag lehet tehát belső vagy külső komponens és önthető elsőként vagy másodikként. Tekintettel arra, hogy a maghúzásos technológiát alkalmazzák, a fröccsöntés időbeli lefutásának sincsenek akadályai. A szerszám által meghatározott minimális időeltérés az első darab kihülésének végpontja és a második komponens befröccsöntése között kevesebb, mint egy másodperc, ezért a választott műanyag zsugorodásával lehet beállítani pl. egy siklócsapágnál a mozgékonyt.

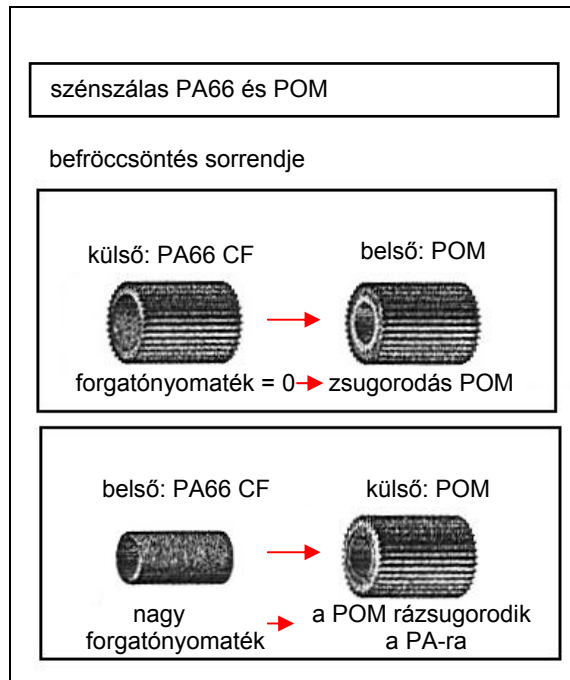


3. ábra A próbatest és a beömlés geometriája.  
Fontos, hogy a próbatest teljesen hengerszimmetrikus legyen

### Szabad érintkezés vagy rázsugorítás

Ennek a próbatestnek a felhasználásával meghatározhatók azok a forgatónyomatékok, ahol a két hüvely közti kapcsolat megszakad (a felület megcsúszik), ahol még tapadó súrlódás áll fenn, és ahol szabad a két felület mozgása.

A vizsgálat első lépése a megfelelő anyagpár kiválasztása. Ha a cél az, hogy a két felület szabadon elmozduljon egymáson, feldolgozás szempontjából kompatibilis anyagokat kell választani, vagyis el kell kerülni, hogy a második anyag öntésekor az első megolvadjon. Ez azt jelenti, hogy az először kiöntött darab olvadási hőmérsékletének magasabbnak kell lennie a második komponens ömledék-hőmérsékleténél. Nagyon ügyelni kell arra is, hogy ne lépjék túl a beállított ömledék-hőmérsékletet és a temperálást is egyenletessé kell tenni. Egy lehetséges megoldás a *szénszállal erősített PA 66* és egy nem erősített *poliacetál (POM) kombinációja*. Az erősített PA 66 zsugorodása nagyon kicsi (0,1–0,3%) és kitűnőek a tribológiai jellemzői. A nem erősített POM zsugorodása 1–2%, ezért a fröccsöntés sorrendjétől függően különböző mozgatható szerkezetek állhatnak elő (4. ábra). Különösen érdekes az a kombináció, ahol a külső POM hüvely rázsugorodik a PA 66-ra. Ilyenkor a kötés csak egy bizonyos nyomaték fölött old fel.



4. ábra Az anyag és a befeccsöntés sorrendjének változtatásával létrejövö próbatestek erősített PA66 és POM komponensek esetében

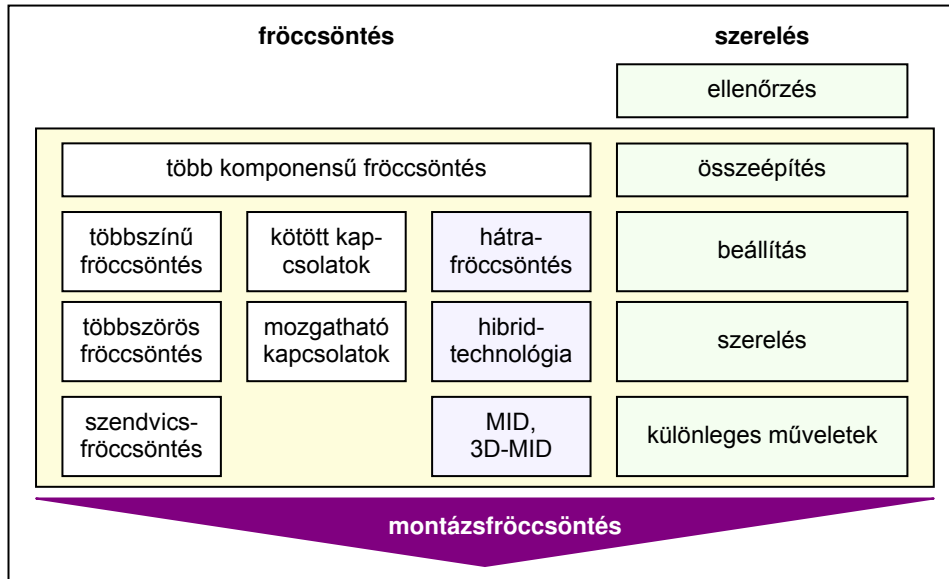
### A felületkezelés szerepe a montázsfröccsöntésben

A montázsfröccsöntés, amelynek speciális példájával ismerkedhettünk meg, tulajdonképpen a többkomponensű fröccsöntés és a szerelés egyfajta kombinációját jelenti, amit az 5. ábra mutat be. A szerelés bizonyos részletei a montázsfröccsöntésnél is felismerhetők (ha pl. az előfröccsöntvényt felületkezelni kell), de abba jól integrálhatók.

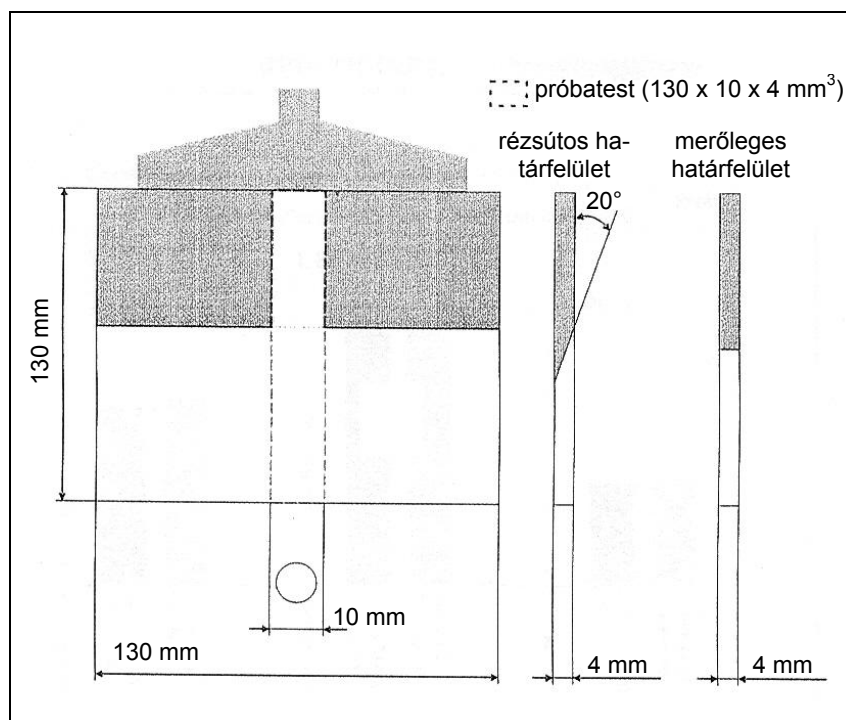
A felületkezelésre (esetleg kopolimerizációra) akkor lehet szükség, ha a kiválasztott komponensek eredetileg nem kompatibilisek. A választható anyagpárok bővítésére mind gazdasági, mind műszaki szempontból szükség van. Ilyen körülmények között pl. kombinálhatók az olcsó és jó vegyszerállóságú poliolefinok (PE, PP) a műszakilag igényesebb poliamidokkal.

A poliamidok és poliolefinok kompatibilizációjának egyik lehetséges módja a maleinsavval ojtott PP (PP-g-MA) és a poliamid közti reakció kiváltása reaktív extrúzióval, aminek hatására PP-g-MA és PA blokk-kopolimerek jönnek létre. Ezek az anyagok határretegként alkalmazva segíthetnek tiszta PA és PP „összeragasztásában”. Különbözö arányban kevert PP-g-MA/PA blendeket felhasználva olyan kétkomponensű szakítópróbatesteket készítettek (6. ábra), amelyek egyik komponense PA 6, a másik pedig PP-g-MA/PA blend. Készültek olyan próbatestek, amelyeknél a határfelület merőleges volt a minta hossztengeyére, a másik esetben viszont szöget zárt be azzal (rézsútos határfelület). A szakítási vizsgálatok eredményei (7. ábra) azt mutatják, hogy a montázsfröccsöntés során célszerűbb a poliamidot második komponensként alkal-

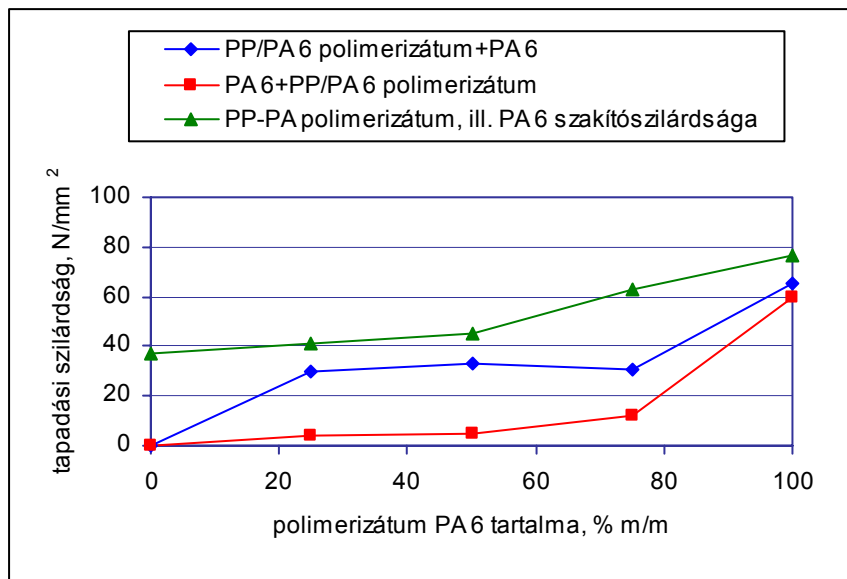
*mazni.* Ha nincs PA hozzákeverve a PP-g-MA komponenshez, egyik esetben sem alakul ki tapadás a komponensek között. Ha a PA tartalom 25 és 75% között változik, a tapadási szilárdság (amely elérheti az alapanyag szilárdságának 70%-át is) kb. azonos szinten marad.



5. ábra A montázsfröccsöntés mint a többkomponensű fröccsöntés és a szerelés lépéseinek egyesítése



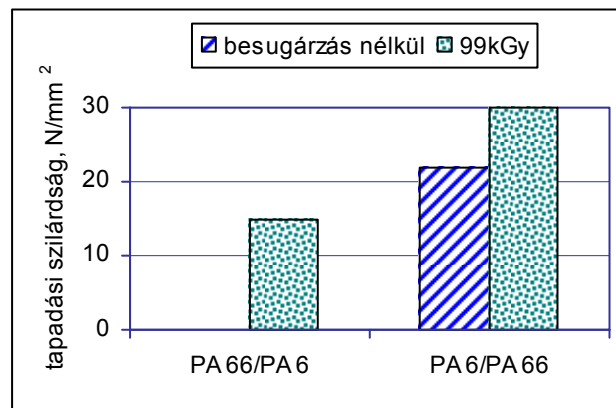
6. ábra Montázsfröccsöntéssel előállított kétkomponensű fröccsöntvények geometriája a poliamid és a PP-g-MA/PA blend közti tapadás vizsgálatára



7. ábra A PA6 és a PP-g-MA/PA6 reaktív blend közötti tapadási szilárdság a tiszta komponensek, ill. blendek szakítószilárdságához viszonyítva, a polimerizátum PA 6 tartalma függvényében (a + jel a jelmagyarázatban a komponensek fröccsöntésének sorrendjére is utal).

A kémiai összetétel kopolimerizációval, ill. reaktív extrúzióval történő megváltoztatása mellett más lehetőségek is vannak a tapadási viszonyok javítására, pl. a *felületek plazmakezelése*, ami részben kémiai, részben fizikai változásokat hoz. Egy környezeti nyomáson is működő plazmakezelő egységgel (*Openair* a **Plasmatreat GmbH**-től) egy hat tengely mentén mozgatható robotkarra szerelve el lehetett érni, hogy az előző kísérletben alkalmazott rézsútos geometriájú próbatest felületét még a második komponens ráfröccsöntése előtt plazmával kezeljék. Az első fröccsciklus után kinyitják a szerszámot, majd a robottal elvégzik a plazmakezelést, a szerszámot bezárják, és utána fröccsöntik a második komponenst. Ez időkímélőbb megoldás, mint ha ki kellene venni az előfröccsöntvényt és egy másik készülékben kellene elvégezni a plazmakezelést. A modellkísérletekben azt vizsgálták, hogy a PA 6 olyan inkompatibilis anyagokkal, mint az PE-LD, PE-LLD és PE-HD, összeférhetővé válik-e a plazmakezelés hatására. Az összeférhetőséget itt a kompozit próbatest szakítószilárdságával (tulajdonképpen a tapadási szilárdsággal) vizsgálták közvetlenül a fröccsöntés után és 8 héttel később. A kísérletek során azt állapították meg, hogy ha nem alkalmaznak plazmakezelést, semmilyen tapadás nem alakul ki – függetlenül attól, hogy milyen sorrendben fröccsöntik a komponenseket. Az sem vezetett eredményhez, ha először a poliamidot fröccsöntik, azt plazmakezelik, és arra öntik a polietilént. *A jó kombináció az, ha a polietilént öntik először, plazmakezelik, majd arra öntik a poliamidot.* Ilyen esetben a polietilénkomponenssel megegyező szilárdságot kaptak és kohezív törés lépett fel, vagyis a kompozitminta nem a határfelületen, hanem a polietilénkomponens

anyagán belül ment tönkre. A határfelületi szilárdság 8 hetes 23 °C-os, 50% relatív nedvességtartalmú környezetben történő tárolás után sem csökkent, vagyis stabilnak bizonyult.



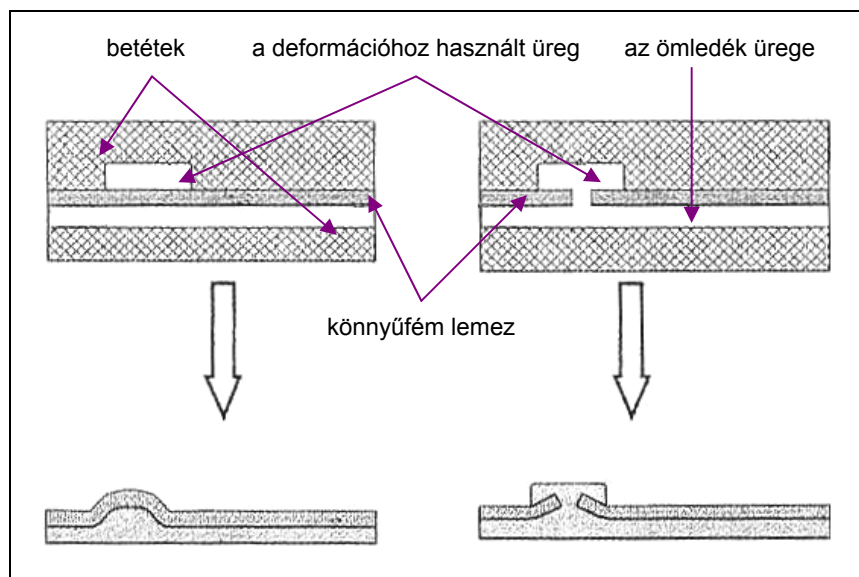
8. ábra A térhálósítás hatása kétkomponensű fröccsöntéssel készült üvegszál-erősítésű PA 6 és PA 66 kompozit próbatestek tapadási szilárdságára.

### A határfelület térhálósítása MID termékekben

A korszerű MID (Molded Interconnected Device) technológiában olyan *többkomponensű fröccsöntvényeket állítanak elő, amelyek mechanikai és villamoskapcsoló funkciókat integrálnak.* A különböző komponensek közti kapcsolat javításának egyik lehetősége az elektronsugaras vagy gammasugaras térhálósítás. A sugárkezelés megváltoztatja az amorf és részben kristályos műanyagok szilárdságát, hőállóságát, hőtágulását stb. A határfelületi tapadás sugárzásos javítását olyan mintákon vizsgálták, ahol a határfelület merőleges volt a húzás irányára, a két komponens 30% rövid üvegszállal erősített PA 6 és PA 66 volt, amelyhez 4% térhálósítót keverték. A két komponens fröccsöntésének sorrendjét változtatták, majd 99 kGy elektronsugárzási dózist tettek ki. Összehasonlításként elkészítettek besugárzás nélküli próbatesteket is. Az eredményeket vázlatosan a 8. ábra foglalja össze. Az ábrából látható, hogy besugárzás nélkül csak akkor kaptak értékelhető tapadási szilárdságot, ha a PA 6 volt az első, a PA 66 a második komponens. Ennek oka az, hogy a második komponens feldolgozási hőmérséklete (300 °C) magasabb, mint az első komponensé (270 °C), ezért az elsőként feldolgozott komponens felülete jobban meglágyul és jelentős mértékű interdiffúzió tud kialakulni. A sugárzás hatására mindkét esetben további szilárdságnövekedés lép fel – függetlenül a fröccsöntés sorrendjétől. Ennek a MID-technológia szempontjából azért van jelentősége, mert a MID-eszközök utólagos fémmel való bevonhatósága jelentősen függ az alkalmazott fröccsöntési sorrendtől, ezért remélhető, hogy a sugárzás alkalmazásával a fröccsciklus ideje lerövidíthető.

## Fémalakítás műanyagömledékkel

Bizonyos kötési műveleteket el lehet hagyni, ha a műanyagömledékek nyomását arra használják, hogy azzal alakítsanak vékony fémlemezeket (9. ábra). A fémlemez deformációja mindkét bemutatott esetben növeli a kompozitszerkezet mechanikai szilárdságát. Modellszámokban vizsgálták, hogy miként hat az ömledéknyomás a deformáció mértékére magnézium- és alumíniumlemezeknél. A mérésekből kiderült, hogy az ömledékhőmérséklet és az ömledéknyomás növelése javítja a deformálhatóságot. Az alumíniumlemez valamivel nagyobb nyomáson (550 bar) deformálódik, mint a magnéziumlemez (450 bar). A vizsgálatok hozzájárultak a deformációs mechanizmus jobb megértéséhez és az optimális feldolgozási viszonyok megválasztásához.



9. ábra Felületi dudorok (balra) és deformált peremkötések (jobbra) kialakítása a műanyag-feldolgozás során

Összeállította: Dr. Bánhegyi György  
www.polygon-consulting.ini.hu

Kühnert, I.; Schuck, M.; Schmachtenberg, E.: Zwei in einem. = Plastverarbeiter, 58. k. 8. sz. 2007. p. 36–38.

Schmachtenberg, E.; Schuck, M.; Kühnert, I.: Umformen und Montieren in einem Prozess. = Kunststoffe, 97. k. 4. sz. 2007. p. 24–31.