

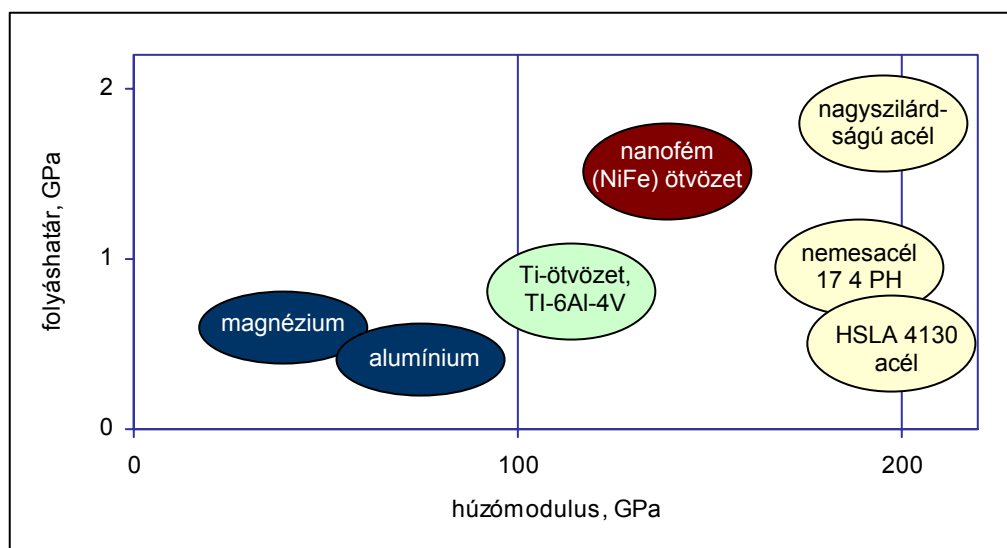
## Fém-műanyag kombinációk a műanyag-feldolgozásban

Régóta ismertek a fémbetetes műanyagtermékek. Ennél a megoldásnál fontos, hogy a műanyag és a fém jól tapadjon egymáshoz. Ma már fém/műanyag hibrideket úgy is elő lehet állítani, hogy a műanyag felületére nanoméretű fémszemcsékből álló bevonatot visznek fel, amellyel a műanyag tárgy szilárdsága megnövelhető.

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fém/műanyag hibrid; fémbevonat; nanoméret; poliamid; utóműveletek; robottechnika.*

### Fémhelyettesítés – szemmel látható helyeken is

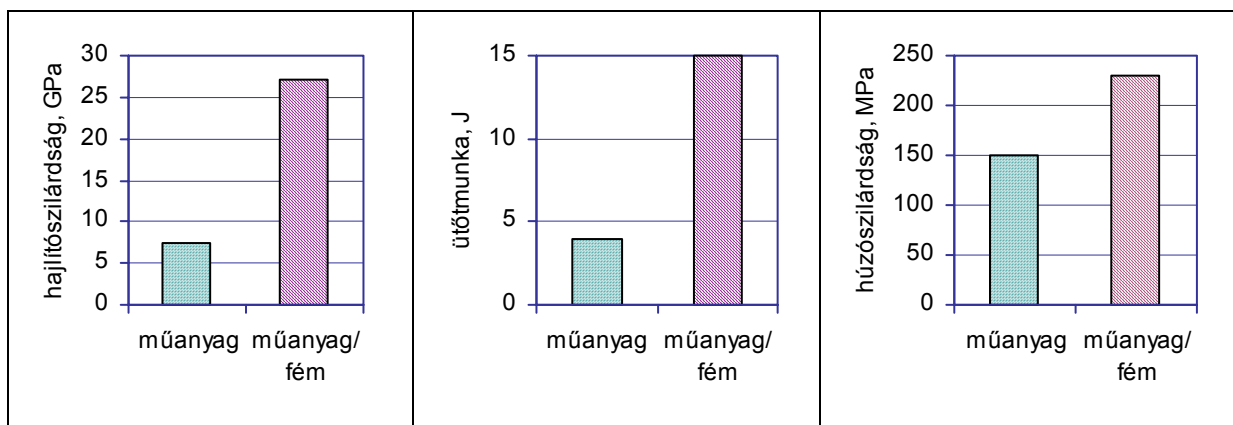
A műszaki műanyagokról ismert, hogy (különösen erősített változataikban) a fémekkel vetekedő mechanikai jellemzőik vannak, és emellett könnyen, jól alakíthatóak. Ezeket az előnyöket eddig főként olyan alkatrészekenél sikerült kihasználni, amelyek nincsenek közvetlenül szem előtt, mert a felületminőség (többek között a felületre kijutó erősítőszálak miatt) nem kielégítő. Az alkalmazási lehetőségek bővülnek, ha *a fröccsöntött tárgyat utólag szilárd fémbevonattal lehet ellátni*. Különösen alkalmasak erre a feladatra az ún. nanofémek, amelyek szemcsemérete kisebb a szokásosnál, mert a csökkenő szemcsemérettel javul a fémek folyáshatára, szakítószilárdsága, keménysége, kopásállósága, súrlódási tényezője (1. ábra).



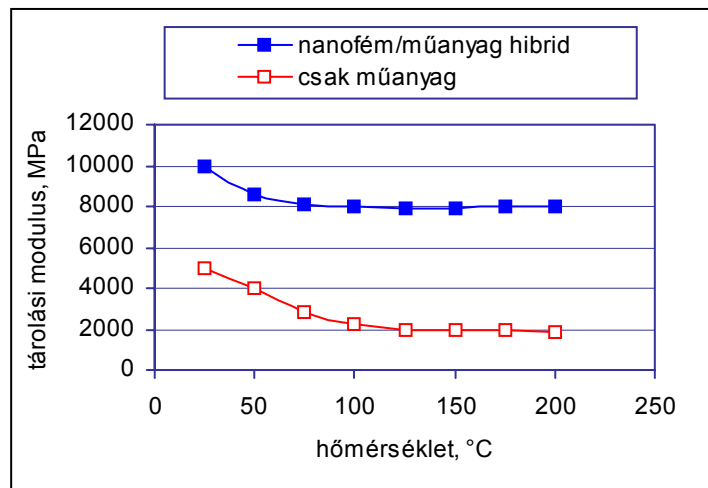
1. ábra Néhány fém és ötvözet mechanikai jellemzői

Ezt felismerve a **DuPont Engineering Polymers** cég a kanadai **Morph Technologies** és az amerikai **PowerMetal** céggel együttműködve kifejlesztette a *MetaFuse* nevű műanyag-fém hibrid technológiát. Az ebben felhasznált fémek átlagos szemcsemérete 20 nm, ami 1000-szer kisebb a szokásos fémekénél, szilárdságuk pedig 2–3-szorosa a tipikus acél és króm-nikkel bevonatokénak. *A nanoméretű fémszemcsékkel 25–200 µm vastag bevonatokat lehet a műanyagra felvinni, és nagy szilárdságú hibrideket előállítani.* Ezzel a technológiával rendkívül könnyű a termékeket előállítani, amelyek szilárdsága és merevsége összemérhető a magnéziuméval vagy az alumíniuméval, ugyanakkor sokkal könnyebben alakíthatók, mint a fémek.

A technológia további előnye, hogy a fémbevonatot oda lehet felhordani, ahol szükség van rá, így a maximális erősítést lehet elérni. A hajlító-torziós igénybevételek esetében ez a külső réteg, mert itt a legnagyobb a húzó, ill. a nyomó igénybevétel. Azt, hogy mennyire javítja a polimer mechanikai jellemzőit a fémbevonat, jól mutatja a 2. ábra, amelyen egy 100 µm vastag vas-nikkel bevonattal ellátott, 25% üvegszáltartalmú *Zytel PA66* szabványos próbatest néhány jellemzőjét hasonlították össze a bevonat nélküli erősített műanyagéval. A hajlítószilárdság és az ütésállóság 2–4-szeresére növekedett a bevont próbatestek esetében. Az aktuális növekedés természetesen erősen függ a próbatest geometriájától, a fémréteg vastagságától és az alkalmazott műanyagtól. Természetesen minél vastagabb a próbatest a fémréteghez képest, annál inkább elhanyagolható az utóbbi hatása. A fémmel bevont műanyagok akkor is megtartják tulajdonságaik jó részét, amikor a tiszta műanyag már jelentős tulajdonságromlást szenved. A 3. ábrán látható, hogy egy 50 °C körüli üvegesedési hőmérsékletű műanyag szobahőmérsékleten mért modulusa 100 °C-on jelentősen lecsökken, míg a fémmel bevont próbatest modulusa csökken ugyan valamelyest, de még 200 °C-on is jóval nagyobb, mint az eredeti műanyag szobahőmérsékletű modulusa. *A DuPont vizsgálatai szerint a fémbevonattal a műanyagok tartós felhasználási hőmérséklete 50–75 °C-kal megnövelhető.*



2. ábra Egy NiFe bevonattal ellátott és egy bevonat nélküli, 25% üvegszállal erősített PA 66 próbatest néhány mechanikai jellemzője



3. ábra Egy tiszta műanyag és egy fémmel bevont hibrid DMA (dinamikus mechanikai) görbéje (a modulus valós része) a hőmérséklet függvényében

Sok gyakorlati alkalmazáshoz nincs szükség az egész felület fémmel való bevonására, csak szelektív erősítésre a kritikus helyeken. A fémbevonat nem egyszerűen a merevséget növeli, hanem javítja a kopásállóságot, csökkenti a kúszási hajlamot, növeli a vezetőképességet, a vegyszerállóságot, elektromágneses árnyékolást biztosít, csökkenti a gáz- és folyadékáteresztő képességet, javítja az UV- és hidrolízisállóságot. Számos alkalmazás képzelhető el az autóiiparban, a szórakoztató elektronikában, a sportszergyártásban és egyéb területeken. Az autóiiparban pl. számításba jön az olajkádak, hengerfejek, víz- és hidraulikaszivattyúk, tömítések, motorházak és azok komponensei, injektorok, elektromotorok, kormányalkatrészek; más területeken pl. mobiltelefonházak, kerékpáralkatrészek, horgászbotok vagy golfütők gyártására.

### Tömör illeszkedés fém alkatrészek körülöntésekor

A fémek körülöntése (vagy *fémbetétes fröccsöntés*) jól ismert technológia, különösen bonyolult alakú betétek elhelyezésére szívesen használják. Bizonyos alkalmazások esetében fontos, hogy a fém és a műanyag illeszkedése tökéletes (hermetikus) legyen, pl. higiéniai okokból vagy azért, hogy agresszív közegekkel, környezeti hatásokkal szemben védje az alkatrészt.

Egy példa az olyan alkalmazásokra, ahol fontos a szoros zárás, a *dugaszolóaljzatok*, ahol fém alkatrészeket, kábeleket stb. kell szorosan körülönteni. Mivel a körülöntéshez használt műanyag általában nem tapad közvetlenül a betétekhez, könnyen rés képződhet a két anyag határfelületén, ezért pl. a nedvesség kapilláris hatással bejuthat a villásdugó belsejébe. Ennek eredményeként rövidzár, kóboráram és korrózió léphet fel – amelyek élet- vagy tűzveszélyt jelentenek, ezért a hatóságok az ilyen alkatrészekről

megkövetelik a hermetikus zárást. Először is definiálni kell, hogy mit értünk „hermetikus” zárás alatt. Léteznek úgynevezett IP (Ingress Protection = behatolásvédelmi) osztályok, mérhető a behatoláshoz szükséges nyomáskülönbség, a szivárgási sebesség, léteznek anyagcsoport szerinti szigetelési osztályok (vízálló, olajálló stb.). Az elvi meghatározás mellett mindig definiálni kell a mérési módszert, a mérési paramétereket és a kiértékelés módját, mert mindezek befolyásolják, hogy egy adott rendszert „tömörnek” tekinthetünk-e.

Egy német kutatóintézetben CuSn6 ötvözetből stancolt (esetenként ónozott felületű) rácsozatokat használtak annak eldöntésére, hogy a különböző mechanikus és kémiai felületkezelési módszerek hogyan hatnak a betétes fröccsöntés során kialakuló szerkezet tömörségére. Változtatták a körülöntéshez használt műanyag típusát és a feldolgozási paramétereket is, hogy minél teljesebb képet kapjanak a folyamatról. A kiértékeléshez a nyomáskülönbségen alapuló módszert használták, az összehasonlítási alap egy felületkezelés nélküli, de ónnal bevont minta volt. Külön vizsgálták az öregítés hatását is az áteresztőképességre. Tekintettel arra, hogy egy autóiparban használt alkatrészt vizsgáltak, a hőmérséklet határok  $-30\text{ °C}$  és  $+80\text{ °C}$  között változnak, ha beltéri, és  $-40\text{ °C}$  és  $+125\text{ °C}$  között, ha motortérbeli alkatrészről volt szó. Még ennél is szélsőségesebb a klímakamrában végzett ún. *klímásokk vizsgálat*, amelynél a hőmérséklet  $-40\text{ °C}$  és  $+150\text{ °C}$  között változott.

Az eredmények (várható módon) azt mutatták, hogy az egyre nagyobb igénybevételnek kitett próbatestek tömörsége fokozatosan romlik. Úgy tűnik, hogy a fémfelület tisztításához használt módszerek nem befolyásolják lényegesen a tömörséget. A felületnövelés céljából alkalmazott szórásnak ugyancsak meglehetősen kis hatása van – sőt inkább rontja a tömörséget a referenciához képest. Plazmakezelés hatására igen kis mértékű javulást tapasztaltak. *Határozottan pozitív eredményt hoztak viszont a fémre a ráfröccsöntés előtt felhordott bevonatok, amelyek poliuretán, szilán, hőre lágyuló műanyag (PA) és drótlakkalapúak voltak.* A kapott értékek a bevonat és a terhelés jellegétől függetlenül hasonlóak voltak és meghaladták a referenciaminta tömörségét.

Ha ónozott rézötvözet helyett tiszta rezeset használnak, akkor is hasonló értékek adódnak, különösen, ha a felületi oxidréteget maratással eltávolítják – ilyenkor ugyanis jobb tapadás alakul ki a fém és a ráöntött műanyag között. Az így kapott alkatrészek még hőterhelés után is jó eredményeket mutatnak. Természetesen nem hanyagolható el a fröccsöntéshez használt műanyag típusa sem. Egyes műanyagokkal felületkezelés vagy bevonás nélkül is jobb eredmények érhetők el, mint más műanyagok esetében optimális előkezelést alkalmazva.

## **Automatizált utóműveletek fémmel kombinált műanyag termékekhez**

Manapság egyre gyakrabban találkozhatunk olyan komplex gyártóegységekkel, amelyek jócskán túlmutatnak a hagyományos műanyag-feldolgozáson, és bonyolult termékek gazdaságos és gyors előállítását teszik lehetővé. A téma aktualitását mutatja, hogy *2008-ban Dortmundban külön szakkiállítást rendeztek, amelynek témája a*

*fröccsöntés és más műveletek, többek között a stancolás integrációja* volt. Ilyen jellegű berendezésekkel és műszaki megoldásokkal foglalkozik a **Weisser + Griesshaber GmbH**, amely ugyancsak részt vett a kiállításon több termékével. Autóipari megrendelőknek kifejlesztett eljárásuk szerint egy komplex gyártóegységben kombinálják a fröccsöntést a fémhajlító és stancoló eljárásokkal. A termék egy forgóasztalon mozog, ahol különböző robotok végzik el az alakítási, szerelési és ellenőrzési munkálatokat, ami után már csak a készterméket kell levenni az asztalról. Első lépésben a teherhordó elemeket egy 2000 kN záróerejű, *Allrounder 520 C* típusú **Arburg** gyártmányú berendezésben fröccsöntik többfészkés szerszámban. Mivel itt egy vastag falú, üvegszállal erősített termékről van szó, gondosan vezérelni kell a szerszámhűtést, amihez több temperáló egységet alkalmaznak, és ezzel nagy termelékenységet biztosító ciklust érnek el. A gyártáshoz szükséges szerszámot ugyancsak a Weisser + Griesshaber GmbH készítette el, a robotikában az **EGS Automatisierungstechnik GmbH**-val működtek együtt. A kivevő robotot egy *Euromap* interfészen keresztül a fröccsgép vezérli. A robot a négy darabot középen fogja meg a nyitott szerszámban és ráhelyezi két eltolható szánra, ahol azok egymáshoz viszonyított helyzete ugyanaz marad, mint a szerszámban volt. Egy másik robot erről felemeli a fröccsdarabokat és egy fotoszenzor elé viszi, hogy ellenőrizze a központosító tüske helyzetét, végül a termékek egy forgóasztalra kerülnek, ahol még további méréseket kell elvégezni és ellenőrizni, hogy minden szükséges darab rendelkezésre áll-e a szereléshez. A komplex gyártósor stancoló-hajlító tagja szimultán dolgozik a fröccsöntő géppel és a forgóasztallal. A hajlítandó fém alkatrészt feltekercselt lemezből állítják elő – több lépésben – egy 20 tonnás présel. A préselt fém alkatrészeket robotok veszik fel és pozícionálják a további feldolgozási lépésekhez. A fém alkatrész elhelyezkedését a fröccsöntött műanyag alkatrészen gondosan ellenőrzik, mielőtt melegen összesajtolnák, majd kamerával ellenőrzik, hogy a művelet jól sikerült-e. A kész darabot ugyancsak robotok helyezik el a vevő által specifikált tálcára. A gyártósort három műszakos üzemelésre szánják, ahol különösen nagy megbízhatóságra van szükség. A Weisser + Griesshaber GmbH ezzel a munkával jól bizonyíthatja rendszerfejlesztő képességét, hiszen több gyártótól származó, eltérő célú berendezést kellett összerakniuk egyetlen megbízhatóan és hatékonyan működő gyártósorrá.

## **Miniatűr fémbetétes fröccstermékek műszaki műanyagból**

A svájci **Wesa AG** mindenféle fröccstermék előállítását vállalja hőre lágyuló és hőre keményedő műanyagokból, vagy akár elasztomerekből is, de *elsősorban a kisebb méretű (80 g-nál kisebb), precíziós termékekre specializálódott. Az általuk előállított legkisebb termék eddig egy 4 mg-os PEEK fogaskerék volt.* A fröccsöntés mellett melegprézelést és préselést is vállalnak, valamint a termékek nyomtatását, feliratozását. A megrendelők elsősorban az E+E iparból jönnek, ahol egyre kisebb, méretpontos alkatrészekre van szükség, és gyakran fordulnak elő miniatűr fémbetétek is. Ezek az alkatrészek sokszor a műanyagból történő előállíthatóság határán vannak – néha még

azon túl is. Ilyen esetekben sokszor arra van szükség, hogy kutató-fejlesztő központokkal együttműködve, számítógépes szimuláció alkalmazásával keressék meg az optimális gyártási körülményeket. Azt is tudomásul kell venni azonban, hogy ezek a számítási módszerek sokszor éppen a „kiélezett” helyzetekben nem bizonyulnak elég pontosnak, ezért az adott műanyagokkal kapcsolatos szakmai tapasztalatnak különösen nagy jelentősége van. A kis méretek és az „egzotikus” nyersanyagok kombinációja külön nehézséget jelent, a szűk feldolgozási ablak miatt a szerszámhőmérséklet pontos betartása a szokottnál is fontosabbá válik. A magas hőmérsékleten (180–190 °C-on) megkötő hőre keményedő műanyagok feldolgozásánál a szerszámot nem lehet a szokásos hidegacélokból gyártani, hőálló ötvözeteket és kiegészítő villamos fűtést kell használni. A hőre keményedő nyersanyagoknál arra is vigyázni kell, hogy az anyag ne kössön meg a beömlőcsatornában, mert akkor le kell állni, hogy eltávolítsák a „beégett”, többé már nem cseppfolyósítható anyagot.

A miniatűr alkatrészek fröccsöntésekor elkerülhetetlen, hogy a fröccsszerszám is „házon belül” készüljön. A precizitás igen fontos, különös tekintettel a mikronos toleranciával készülő mozgó elemekre. További nehézséget jelent a rendkívül finom sorja eltávolítása, különösen a nagy folyóképességű műszaki műanyagok (pl. folyadékkrisztályos polimerek) esetében. Az apró fémbetéteknél nagyon gondosan kell eljárni ahhoz, hogy a műanyagömladék ne csak körülfolyja a fém alkatrészt, hanem annak minden apró részletébe behatoljon – anélkül azonban, hogy eltorzítaná azt. A szerszámokat automatizált szerszámgépekkel állítják elő, de itt is szükség van az emberi tapasztalatra, hiszen az utolsó „simításokat” itt is az emberi kéznek kell elvégeznie. A Wesa cég olyan biztos tudásában és tapasztalatában, hogy nyugodtan ad garanciát az általa előállított szerszámok élettartamára. Eddig még nem került sor az általuk gyártott szerszámok cseréjére, és van olyan szerszámjuk is, amely már 30 éve működik. Szívesen

vállalkoznak arra is, hogy a megrendelővel együtt tervezzék meg magát a terméket is, mert tapasztalatuk szerint a „készen” hozott darabok közül sokat nem „műanyagos” szemlélettel terveztek, ezért alakjuk nem optimális az előállítás szempontjából.

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

Day, M. R.; Norrey, C.: Aussen Metall, innen Kunststoff. = Kunststoffe, 98. k. 7. sz. 2008. p. 94–96.

Fedler, M.: Noch ganz dicht? = K-Berater, 52. k. 4. sz. 2007. p. 35–36.

Wurst, S.: Prozesskette mit Stanzen und Biegen. = Kunststoffe, 98. k. 7. sz. 2008. p. 46–48.

Vollrath, K.: Spezialist für anspruchsvolle Spritzgussteile. = K-Berater, 53. k. 7–8. sz. 2008. p. 30–32.



## Röviden...

### A beömlőcsonk közvetlen visszadolgozása

A fröccstermékeken a beömlési csonkban visszamaradó anyag értékes alapanyagnak számít, amelyet eddig darálás után adagoltak újra a friss alapanyaghoz.

A német **HW. Tech GmbH** kifejlesztett egy *termikus regranulálási technológiát*, amelyet a fröccsöntéssel párhuzamosan lehet üzemeltetni. A K'2007 kiállításon bemutatott TRS 7000 berendezés extruderből, hűtőegységből és granulálóból épül fel. Maximális teljesítménye 30 kg/h.

Flexibilitása miatt közvetlenül összekapcsolható a fröccsgéppel, és akár menet közben változtatható az adagolandó regranulátum mennyisége. Az új berendezéssel zárt körű anyagáramot lehet létesíteni, amely mind környezetvédelmi, mind gazdálkodási szempontból előnyös, hiszen az anyagot nem kell a darálóhoz szállítani, és megszűnik a porképződés.

K-Berater, 53. k. 3. sz. 2008. p. 20.

O. S.

### Szokatlan nyersanyag

A nagyüzemi sertéstartásnak jelentős mennyiségű hulladéka van. A dán **Agroplast** mérnökei kidolgoztak egy eljárást, amelyben a sertések vizeletében található karbamidból biológiailag lebomló műanyagot lehet előállítani. Az új műanyag jóval olcsóbb, mint a kőolajszármazékokból előállított műanyagfajták. És mivel Dániában 20 millió sertést tartanak, egyhamar nem lesz nyersanyaghiány.

A sertések vizeletéből nemcsak műanyag, hanem műtrágya, takarmány, jégoldósó, ragasztó-alapanyag is gyártható. A cég jelenleg egy dán kockázatitőke-társaság támogatásával próbaüzemet létesít a termékek gyártására és értékesítésére.

Figyelő, 2008. május 8–14. p. 51.

O. S.

<http://patents.ic.gc.ca/cipo/cpd/en/patent/2533660/summary.html>