

## Hosszú szállal erősített műanyagok az autóiparban

Az autóipar a könnyűfémek mellett számít az erősített műanyagok újabb típusaira, hogy tovább csökkentsék a gépkocsik tömegét és a technológiákat még gazdaságosabbá tegyék. A hosszú szálal hőre lágyuló műanyag kompozitoknak egyre nagyobb szerepük van e célok elérésében.

*Tárgyszavak: hosszú szálal műanyagok; fröccsajtolás; szerszámfűtés; kompozit; fejlesztés; fröccsgép; autóipar.*

### Szálerősített hőre lágyuló kompozitok

A szálerősítés hatása a műanyagokra régóta ismert és hasznosított jelenség. Eddig tipikusan a kis viszkozitású hőre keményedő gyantákat végtelen szálakkal kombinálták, a hőre lágyuló műanyagokba pedig a keveréssel járó nagy mechanikai igénybevétel miatt többnyire csak viszonylag rövid (nagyságrendileg 0,1–1 mm méretű) erősítőszálak kerültek. Tekintettel arra, hogy *az erősítő hatás függ a szálhossztól*, egyre nagyobb erőfeszítéseket tettek arra, hogy hőre lágyuló műanyagokba is hosszabb (1–10 mm hosszú, vagy akár folytonos) szálakat dolgozzanak be. Ehhez azonban speciális impregnálási és feldolgozási módszereket kellett kidolgozni, különös tekintettel a száltördelődésre és a felületminőségre. A rövid szálal és a folytonos szállal erősített hőre lágyuló kompozitok között egyfajta átmenetet képviselnek az ún. *hosszú szálal erősített hőre lágyuló műanyagok (LFT)*, amelyek viszonylag nagyobb száltartalommal készülnek úgy, hogy egy szálovingot hőre lágyuló műanyaggal impregnálnak, majd az extrudált zsinórt 10–12 mm hosszúságú granulátumokká aprítják. Az ilyen granulátumok fröccsöntése vagy préselése során ugyan bekövetkezik egy bizonyos mértékű tördelődés, de ez nem olyan mértékű, mint amire az ömledékkompuandálás során számítani kell, ezért *az LFT-ből gyártott termékek mechanikai jellemzői az azonos száltartalmú rövid szálal és folyamatos szállal erősített kompozitoké között van*. Az LFT feldolgozása során természetesen ügyelni kell a lehetőleg szálkímélő reológiai viszonyokra.

### Új fröccsgépek hosszú szálal műanyagok fröccsöntésére

A feldolgozási problémák megoldásán mind a műanyaggyártók/kompundálók, mind a feldolgozógyártók intenzíven dolgoznak. Az **Italtech** és a **Demag Plastics Group** például új fejlesztésekről számolt be ezen a területen. Az Italtech 4500 tonnás,

kétlemezes fröccsgépét a hosszú szálás anyagokra optimalizálták. Az egyik első vásárló egy spanyol autóiipari beszállító volt, akinél fő követelmény a nagy pontosság, az ismételhetőség és a gyors szerszámcsere. A gépet olyan nagy külső elemeken próbálták ki, mint az ütközők, hűtőrácsok stb. A speciális, *180 mm átmérőjű csigák* nagy homogenitást hoznak létre minimális száltördelődés mellett. A viszonylag rövid tartózkodási idő a polimer saját jellemzőinek megtartását is biztosítja. A fröccsegység jól gyorsul és jól lassul, amire ugyancsak szükség van a száljellemezők megőrzéséhez.

A Demag Plastic Group által szervezett műszaki fórumon ugyancsak bemutattak egy *2,2 kg tömegű műszerfalat*, amelyet 58 s-os ciklusidővel fröccsöntöttek hosszú szálás hőre lágyuló műanyagból. A gyártást egy 1100 tonnás záróerejű gépen végezték, egy eredetileg 12 mm-s üvegszálat tartalmazó *Celstran* márkanevű **Ticon** PP termékkel. A speciális 25-ös L/D értékű csiga kíméletesen kezeli a hosszú üvegszálat. *A fröccsgép nem hagyományos fröccstechnológiával dolgozik, hanem az ún. kaszkádfröccsöntés és a fröccsajtolás kombinációjával.* A kompressziós előtolás egyszerűen megy végbe a szerszámkitöltéssel. Az adott darabnál kilenc beömlőnyílást és egy 12 fűtőzónás forrócsatornát használtak. A speciális technológia (amely mellett a belső szerszámnyomás 30-35%-kal csökkenthető) tette lehetővé a termék kiöntését egy 1100 tonnás záróerejű gépben, egyébként 1800 tonnás gépre lett volna szükség. A fröccsöntés és a szerszámzárás összehangolt vezérlése nem csak a szálakat kíméli meg a tördelődéstől, hanem csökkenti a termék vetemedését is. *Fröccsajtolással 10–40%-kal csökkenthető a vetemedési hajlam* (attól függően, hogy a fröccsöntésnél milyen paramétereket használtak). A hornyolt próbatesten végzett *ütésállósági vizsgálatok 23–28%-kal magasabb értéket mutattak, mint a hagyományos fröccsöntéssel gyártott termékek esetében*, az abszolút értékek 40–60 kJ/m<sup>2</sup> között mozogtak – az alkalmazott fröccsparaméterektől függően.

## **Hosszú szálás műanyagok fröccsöntése indukciós módszerrel melegített szerszámra**

Az indukciós szerszámmelegítés régóta ismert, de hatékonysága ellenére nem túlságosan elterjedt módszer. A francia **RocTool** technológiafejlesztő cég, amelynek az USA-ban is van irodája, hatéves munkával olyan indukciósan fűtött szerszámokat fejlesztett ki, amelyek az autóiiparban megkövetelt „A” felületi minőségű termékek előállítását is lehetővé teszik hosszú szálás műanyagokból. *A szabadalmazott technológia lényege, hogy a szerszám felületét a hagyományosnál jóval gyorsabban tudja fűteni és hűteni.* Az indukció segítségével a szerszám felületének 0,2 mm-s környezete melegíthető, míg a szerszám többi része hideg marad.

A RocTool technológiájára eddig több nagy kompozitgyártó kapott licencet. Az **Azdel**, a **GE Plastics** és a **PPG Industries** közös vállalata az üvegpaplannal erősített hőre lágyuló kompozitok (GMT) „A” felületi minőségű préselését kívánja megvalósítani ezzel a módszerrel. A holland **Royal Lankhorst Euronete Group** nagy szilárdságú, nagy merevségű PP szalagjainak konszolidációjához használja a technológiát. A

**Marubeni** Japánban saját partnerei számára kívánja bevezetni, a **Krauss-Maffei** pedig saját hosszú szálás fröccstechnológiájához adaptálja az indukzív szerszámfűtést.

Az Azdel két éven át működött együtt a RocTool szakembereivel, majd a Krauss Maffei által gyártott *5500 t-s fröccssajtoló berendezésre felszerelték az eddigi legnagyobb indukciós szerszámfűtő rendszert*. A léptéknövelést három lépcsőben végezték el: először 1/16, majd 1/4 méretben, végül a teljes méretben. *A hőre lágyuló kompozit lemezből készült motorháztető merevsége összevethető az acélból vagy az SMC-ből (szálerősített hőre keményedő poliészter prepregből) készült darabokéval, de a gyalogokkal történő ütközést szimuláló vizsgálatokban előnyösebbnek mutatkoztak azoknál*. Az előkísérletek olyan sikeresek voltak, hogy az Azdel teljes körű licencet vásárolt a hőre lágyuló kompozit lemezekből készülő, „A” felületi minőségű elemek gyártására.

A cég jelenleg a RocTool technológiát a kisebb sűrűségű, *SuperLite* GMT lemezek gyártására optimalizálja. A SuperLite GMT háromrétegű szerkezet, amelynek középső rétege *Valox PBT*, külső rétegei pedig *Xenoy PBT/PC* ötvözettel impregnált üvegszalagok. Az erősítőszalag maga is kétrétegű: két, egymásra merőleges, egyirányban orientált üvegszálrétegből áll. Van vezető változat elektrosztatikus festéshez, de van szigetelő változat is, amelynek középső rétege *Noryl PPX*-et (PPO-val módosított PP-t) tartalmaz. A lemezeket előmelegítik, hogy könnyen betéríthető legyen a formába, majd a gyors indukciós fűtéssel kialakítják az „A” felületminőséget. A gyors fűtésre azért van szükség, hogy a fedő műanyagréteg a felszínen maradjon, és az erősítő üvegszálak ne jöjjenek ki a felszínre. A gyors lehűlés a ciklusidő lerövidítésével javítja a folyamat gazdaságosságát. Még előmelegített kompozit paplannal is sokkal hosszabb ciklusok jönnek ki egy hagyományos, olajfűtésű szerszámmal.

## **Az indukciós fűtés kifejlesztése**

A RocTool 2001-ben kezdett kísérletezni az indukciós fűtéssel. Először egy fémborítású kerámiaszerszámba építettek be indukciós tekercseket. A feszültség rákapcsolása után a felszín gyorsan felmelegedett, majd a beépített vizes hűtőcsatornákkal ugyancsak gyorsan le is lehetett hűteni azt. Ez a megoldás azonban nem bizonyult tartósnak: a vezető felszínt minden 100 ciklus után módosítani kellett, és az öntött kerámiaszerszámot se nagyon lehetett módosítani. 2003–2004-ben a RocTool fejlesztőmérnökei már hagyományos fémszerszámokat használtak, és az indukciós tekercseket kívülről, egy nem vezető vázszerkezet segítségével erősítették rá a szerszámra. A szerszámcserevel együtt járó tekercscsere két ember félnapi munkája volt. A fémszerszámot mágneses acélötvözetből kell készíteni (ami krómot vagy nikkelt tartalmaz). Az alumínium vagy a P20-as szerszámacél nem felel meg a célnak. A szerszámanyagok jellemzőitől függ, hogy a szerszám milyen gyorsan, és milyen hőmérsékletre fűthető fel. Ha pl. egy terméknek csak bizonyos területein kell teljesítenie az „A” felületi minőséget, akkor a szerszám egyes részei olcsóbb anyagokból is elkészíthetők. A szerszámhőmérséklet vezérlését úgy oldották meg, hogy a szerszámfelületbe beépített hőelemek vezérlik az indukciós tekercsek áramerősségét, ami a fűtés erősségét meg-

tározza. A tekercsek 100 kHz-es frekvencián működnek, és a szerszám ellentétes oldalain helyezkednek el. A két szerszámfélben ellentétes irányú áramok folynak, és ha nem választaná el őket a szigetelő műanyag, rövidzárlat lépne fel. A szerszámot, a tekercseket és a generátort vízzel hűtik. A generátorok 50–300 kW teljesítményűek – az öntött termék és a fűtendő szerszám nagyságától függően. *A RocTool programokat is kifejlesztett az indukciós fűtésű szerszámok tervezésére. E programokkal kiszámítható a várható hőmérséklet-eloszlás, a fűtési és a hűtési idő, megtervezhető a tekercsek és a hűtőcsatornák optimális elhelyezkedése, valamint kiválasztható a legmegfelelőbb szerszámötvözet.*

## **Folytonos szákkal erősített hőre lágyuló műanyagok az autóiparban**

Az autóiparban sokat gondolkodnak azon, hogy a könnyűfém és speciális ötvözeteken kívül milyen anyagok és szerkezeti megoldások járulhatnak hozzá a kisebb tömegű autók kifejlesztéséhez és gyártásához. Ezek között előkelő helyet foglalnak el a *szálerősítésű műanyag kompozitok*, az utóbbi időben azon belül is a *folytonos szállal erősített hőre lágyuló műanyag kompozitok*. Ezek az anyagok nem csak kiváló fajlagos (tömegre vonatkoztatott) mechanikai jellemzőket mutatnak, hanem igen sokféle konstrukciós megoldást és feldolgozási módot tesznek lehetővé. Ezek többnyire azt eredményezik, hogy csökken az összeállítási műveletek száma, és értelemszerűen könnyebbé válik a logisztika is. A mai technológiák azt is lehetővé teszik, hogy a folyamatos szákkal erősített hőre lágyuló műanyag elemeket fröccsöntéssel vagy préseléssel más, hosszú szállal erősített vagy nem erősített hőre lágyuló műanyag elemekkel kombinálják.

Ezekkel a megoldásokkal funkcionálisan integrált, kis tömegű, gazdaságos termékek állíthatók elő. Az egyirányban orientált erősített műanyag elemeket elsősorban helyi erősítésre és merevítésre lehet felhasználni, akár bonyolult alkatrészek nagy sorozatú gyártásában is. Amiatt, hogy mindkét elem hőre lágyuló műanyag mátrixot tartalmaz, az összedolgozás során egyetlen egységes, de az erősítő anyagot csak a szükséges helyen tartalmazó szerkezet alakul ki. Az ideális kapcsolatok miatt az erősítő hatás így valójában az egész elemre kiterjed. A folyamatos szálerősítésű profilok beépítése a következő előnyökkel jár:

- a hagyományos fröccsöntés vagy préselés kombinálható a folyamatos szálerősítéssel, aminek eredményeként nagy termelékenységgel, gazdaságosan állíthatók elő nagy terhelhetőségű, integrált funkciójú elemek,
- mivel a fröccsöntéssel és préseléssel feldolgozott hőre lágyuló műanyag összeheged a folytonos szálerősítésű profil műanyag komponensével, folyamatos és szilárd kapcsolat alakul ki a részegységek között,
- mivel a nem erősített és az erősített műanyag megválasztható úgy, hogy a mátrixanyag azonos legyen, az újrafeldolgozásnál megvalósul a „fajtahomogenitás”, az alkatrész egyben hasznosítható,

- a teljesen műanyagból készült hibrid elemek egy lépésben állíthatók elő fröccs- vagy présgépeken úgy, hogy a szerszám egyszerre fröccs- és pl. alakító (mélyhúzó) szerszám is lehet, ami csökkenti nemcsak a gyártás idejét, de a szükséges szerszámok számát is.

Ma már a folytonos szállal erősített hőre lágyuló műanyag profilok nagy hatékonyságú extrúziós/impregnálási műveletekben állíthatók elő. Ilyenkor az erősítőszálak iránya természetesen megegyezik az extrudált profil irányával. A műveletben használhatnak üveg-, szén- és aramidszálat, szinte tetszőleges hőre lágyuló mátrixszal (pl. polietilénnel, polipropilénnel, poliamiddal stb.) kombinálva. Az 1. táblázatban egy folytonos szállal erősített PP profil szálirányú jellemzői láthatók egy nem erősített, ill. rövid szállal erősített, hasonló geometriájú profiléval összehasonlítva. Fontos kiemelni, hogy *a folytonos szállal erősített szerkezet száltartalma jóval nagyobb lehet, mint a rövid szálas keveréké* (már csak térkitöltési okok miatt is). Ehhez járul még a nagyfokú orientáció, amelyek együttesen rendkívüli tulajdonságjavulást eredményeznek a szálirányban végzett mérések tanúsága szerint. Így lehetséges az, hogy *a rövid szálas kompozithoz képest a merevség négyszeresére, a szilárdság 12,5-szeresére nő.*

1. táblázat

Nem erősített, rövid szállal erősített és folytonos szállal erősített PP profilok szálirányú jellemzőinek összehasonlítása

Tulajdonság	PP	PP-GF30	GF/PP DExWin profil
Száltartalom, %(V/V)	0	30	60
Sűrűség, g/cm <sup>3</sup>	0,91	1,14	1,50
Húzószilárdság, MPa	36	55	690
E-modulus, MPa	1350	6500	26 350

*A szálerősített PP-ből készült feszítőszalagok szilárdsága akár kétszerese is lehet az általában használt acél rögzítőszalagokénak. Ezt a tulajdonságot előnyösen lehet használni pl. az üzemanyagtartályok rögzítésekor teherautókban. A hagyományos acélpántok esetében gumialátéteket kellett alkalmazni korróziós és anyagkárosodási megfontolások miatt – a szálerősített PP pántoknál ilyen kiegészítőkre nincs szükség. A műanyag pántok ezenkívül könnyen hegeszthetők és alakíthatók is.*

*A folytonos szállal erősített profilokból nyomásálló edények is készíthetők, amelynek fala szálerősített cső, csatlakozásai és záróegységei pedig préseléssel készülnek a megfelelő profilokból. Ilyen nyomásálló edények használhatók pl. a fékek préslevegőjének vagy légrugók levegőjének tárolásához. Ezzel csökkenthető a tehergépkocsi saját tömege, növelhető a hasznos tömeg, és a gyártási költségek is csökkennek.*

Ezekből a példákból is jól látható, hogy a szálerősítésű hőre lágyuló műanyagok egyre több helyen találnak alkalmazást a gépkocsigyártásban és egyéb szerkezeti alkalmazásokban.

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

Vink, D.: Thinking big. = European Plastic News, 33. k. 6. sz. 2006. p. 13.

Schut, J. H.: Induction heated molds produce class. A thermoplastic composites. = Plastics Technology, 52. k. 11. sz. 2006. p. 42–44.

Funck, R.; Schiffmacher, A.: Starke Basis. = Plastverarbeiter, 57. k. 12. sz. 2006. p. 54–55.

---

---

### Röviden...

#### **A BASF 100 ezer tonnára bővíti speciális lágyítógyártó kapacitását**

A BASF a *Hexamoll Dinch* nevű lágyítót érzékeny termékek, pl. játékok és orvosi termékek előállításához fejlesztette ki. 2002-ben kezdték el gyártani évente 25 ezer tonna mennyiségben, de az igények a kapacitás bővítését tették szükségessé. Ez összefügg azzal, hogy az **Élelmiszerbiztonság Európai Hivatala (EFSA)** engedélyezte a *Hexamoll Dinch*-cel lágyított PVC élelmiszeripari felhasználását, pl. csomagolás, tömítés, csövek céljára. A BASF a lágyító vizsgálatára – annak bevezetése óta – mintegy 5 millió EUR-t költött, amivel rekordernek számít ezen a téren. A *Hexamoll Dinch* toxikológiai és migrációs tulajdonságai az orvosi alkalmazásokra (pl. vérzsákok), gyerekjátékokra és az élelmiszerrel érintkező anyagokra vonatkozó európai előírásoknak megfelelnek.

A BASF a világ egyik legjelentősebb lágyítógyártója, széles lágyítóválasztékkal és összesen évi 500 ezer tonna gyártókapacitással rendelkezik.

K-ZEITUNG, 37. k. 6. sz. 2007. p. 5.

O. S.

<b>MŰANYAG ÉS GUMI</b>	
a Gépipari Tudományos Egyesület, a Magyar Kémikusok Egyesülete és a magyar műanyag- és gumiipari vállalatok havi műszaki folyóirata	
<b>2007. január: alap- és segédanyagok</b>	<b>2007. február: műanyagipari oktatás és kutatás a felsőoktatásban</b>
<p><i>Suba P. és tsai: A Ziegler-Natta katalizátorok és a polimerizációs körülmények hatása a PE szerkezetére I.</i></p> <p><i>Buzási Lajosné: Az USA műanyagipara 2005-ben</i></p> <p><i>B. Hedlund és tsai: 50 éves a Delrin</i></p> <p><i>Varga J., Gottfried W.</i></p> <p><i>Ehrenstein: A <math>\beta</math>-nukleált PP feldolgozása V.</i></p> <p><i>Kriston I. és tsai: Összefüggés a PE feldolgozásakor bekövetkező stabilizátorfogyás és a polimer tulajdonságainak változása között</i></p> <p><i>Állandó rovatok: gumiipari hírek; iparjogvédelmi hírek; kiállítások, konferenciák; vállalati hírek; műanyagipari újdonságok; zöld szemmel a nagyvilágban</i></p>	<p><i>Az alábbi intézményeket mutatják be:</i></p> <p><i>BME Polimertechnika Tanszék; BME Műanyag- és Gumiipari Laboratórium; Kecskeméti Főiskola GAMF Műanyag-feldolgozó Technológiai Tanszék; Debreceni Egyetem Alkalmazott Kémia Tanszék; Szent István Egyetem Gépipari Technológiai Intézet; Miskolci Egyetem Polimermérnöki Tanszék; Pannon Egyetem Ásványolaj- és Széntechnológiai Tanszék; Eötvös Lóránd Tudományegyetem Kémiai Intézet; Szegedi Tudományegyetem Kolloidkémiai Tanszék.</i></p> <p><i>Tudományos kutatás:</i></p> <p><i>Mezey Z. és tsai: Biológiaiilag lebomló, keményítő alapú polimer mechanikai tulajdonságainak javítása kender- és bazaltszál hozzáadásával</i></p> <p><i>Klébert Sz., Pukánszky B.: cellulóz-acetát külső és belső lágyítása <math>\epsilon</math>-kapolaktonnal</i></p> <p><i>Szűcs A., Belina K.: Folyásgörbe meghatározása üreghőmérséklet mérésből</i></p> <p><i>Borda J. és tsai: Politejsav alapú, biológiaiilag lebontható PUR kopolimerek előállítása</i></p> <p><i>Czél Gy., Kanyok Z.: A rizshéjörlemény, mint korszerű természetes töltőanyag</i></p> <p><i>Varga Cs. és tsai: Hosszú szénszállal erősített műanyag kompozitok mechanikai tulajdonságai</i></p> <p><i>Szakács T. és tsai: A PVC termooxidatív láncszakadása oldatban</i></p>
<p>Szerkesztőség: 1371 Budapest, Pf. 433.          Telefon: +36 1 201-7818, 201-7580          Fax: +36 1 202-0252</p>	

## Röviden...

### Cső- és profilgyártás egyetlen lépésben

Egy ausztriai csőgyártó, az **Agro Kunststofftechnik** korábban is gyártott olyan kettős falú PE és PP csöveket, amelyekben küllőszerű távtartók gondoskodtak a két cső közötti távolság egyenletességéről. Ezt a csövet korábban úgy állították elő, hogy a különböző átmérőjű csöveket külön-külön extrudálták, a távtartókat fröccsöntötték, majd kézi munkával hegesztették rá a belső cső külső felületére. A cég a közelmúltban a **GS-Tech** tanácsadó céggel és a **Puhl** szerszámgyártó vállalattal együtt olyan szerzőt fejlesztett ki, amellyel egy lépésben végeznek cső- és profilextrudálást, és amelynek eredményeképpen a távtartók az extrudálás alatt épülnek be a két csőfal közé. Ezáltal erősen megnőtt a csőgyártás termelékenységé. A csövek merevek és tartósak; a terhelési próba alatt az előírt 165 óra helyett 1400 óra után törtek el.