

## Erősített műanyagok az autóiparban

Az autóipar az egyik legnagyobb felvevőpiaca az erősített műanyagoknak. Ezek között ma már egyre több hőre lágyuló műanyag kompaundot találunk. Az erősítőszálak választéka is egyre bővül: a hosszú üvegszálak, a szénszálak és a természetes szálak a kompaundok tulajdonságprofilját tovább szélesítik.

*Tárgyszavak: fémhelyettesítés; erősített műanyagok; üvegszálak, szénszálak; természetes szálak; polipropilén; poliamid; autóipar.*

Az autóiparban a fémek helyettesítése műanyaggal továbbra is aktuális. Ezt ma már nemcsak az üzemanyag felhasználásra vonatkozó egyre szigorúbb előírások és a tömegcsökkentés ösztönzik, hanem a műanyagok alkalmazásával elérhető nagyobb szabadság a design, a formák tekintetében, valamint a gyártási költségek csökkentése is. Az autóiparban sokféle erősített műanyagot, kompozitot alkalmaznak. A különböző alappolimerek és erősítőszálak kombinálásával jól beállíthatók a kívánt mechanikai és egyéb tulajdonságok. *Legnagyobb mennyiségben rövid üvegszállal erősített műanyagokat használnak, amelyekben az üvegszál hossza 100–600 µm. Az utóbbi időben azonban egyre nő a hosszú üvegszállal erősített műanyagok beépítése.* Ezeknél az üvegszál hossza 10 és 25 mm között van. További teljesítménynövelés érhető el szénszálakkal vagy a vágott szálak helyett végtelen szálak, ill. azokból készített előformák alkalmazásával.

## Új, nagy teljesítményű rövidszál-erősítésű hőre lágyuló műanyagok (GFRT)

Az üvegszállal erősített hőre lágyuló műanyagok (GFRT; a továbbiakban: termoplasztok) sok helyen beváltak a fémek helyettesítésére. Az üvegszállal erősített polipropilén egyre több helyen jelent gazdaságos alternatívát a fémekkel vagy más műanyagokkal szemben. Például sikerrel váltották ki üvegszálalás polipropilénnel a drágább üvegszálalás poliamidot. Az üvegszálalás poliamidokat és poliftálamidokat pedig fém helyett alkalmazzák a hengerfejben, a hűtővízszivattyúban, olajtálcaként, termosztátházaként stb. A magasabb hőmérsékleteken működő turbómotorok terjedése nagy teljesítményű műanyagokat igényel levegővezetékek, hűtők gyártásához.

Az *erősített poliftálamidok*, mint például a **DuPont** legújabb a *Zytel HTN 92* sorozata, a standard poliamidokkal összehasonlítva jobban ellenállnak a motortérben uralkodó agresszív környezetnek, a magas hőmérsékletnek, az agresszív vegyi anya-

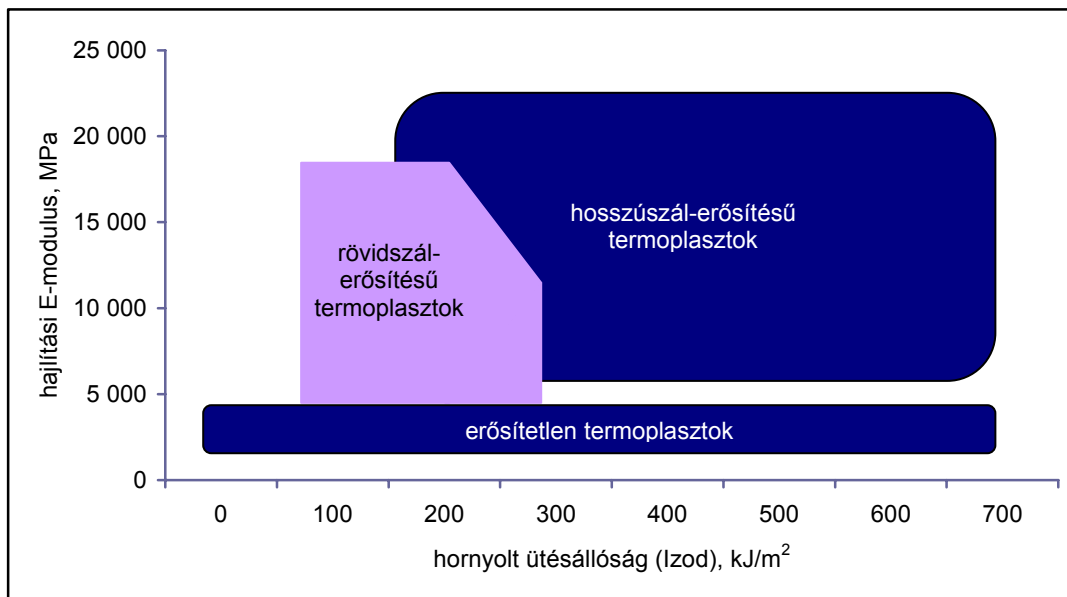
goknak vagy éppen a nedvességnek. A *Zytel HTN 92* sorozat a Du Pont *Shield* technológiájának terméke. Ez a technológia több innovatív megoldást (új polimerváz, modifikációk és adalékanyagok) tartalmaz, és az anyagot mindig a megcélzott alkalmazáshoz igazítják. A technológiai elemek megfelelő kombinációjával érik el azt is, hogy a tulajdonságok a termék élettartama alatt megmaradjanak.

A **BASF** hagyományos termékcsoportjait, az *Ultramid* (PA) és az *Ultradur* (PBT) termékcsaládokat új nagy modulusú üvegszálalás típusokkal, a *HMG típusokkal* bővítette. *Ezek 55% vagy ennél is több üvegszálalást tartalmaznak.* Ennek megfelelően nagyon alkalmasak azokra az alkalmazásokra, ahol a nagy merevség a fő követelmény. Poliamidoknál a magas üvegszálalás tartalom olyan mértékben lecsökkenti a nedvességfelvételt, hogy a *HMG-PA versenyképes lesz a PPA-val.* Viszonylag új BASF típus az ütészálló, energiaelnyelő üvegszálalás *Ultramid B3ZB7 OSI.* Több új autómoddellnél ebből készítik az olajtálcát, miután a vizsgálatok szerint ütészállósága versenyképes az öntött alumíniuméval.

## **Bővül a hosszúszál-erősítésű termoplasztok (LFRT) alkalmazása**

Erősítésként hosszú szálakat használva tovább lehet a tulajdonságokat javítani. Ha a feldolgozás megfelelően kímélő körülmények között történik, ki tud alakulni egy üvegszálalás, amely követi az előállított termék alakját. A feldolgozás során a szálak inkább a forma kitöltési irányába állnak be, és ezért azonos mennyiségű üvegszál esetén a hosszú szálakból kevesebb szálvég töri át a felületet. Ennek köszönhetően a feldolgozás során kisebb az üvegszál által okozott kopás, és javul a késztermék felületi minősége is. Mivel a feldolgozás során kialakuló üvegszálalás meglehetősen stabil, a mechanikai tulajdonságok közül különösen jelentős a formatartás és a kúszási viselkedés javulása, de nagyobb a modulus és a hornyolt próbatesten mért ütészállóság is. Ezek a különbségek megfigyelhetők mind alacsony, mind magas hőmérsékleten. Az *1. ábra* szemlélteti az erősítetlen, a rövidszál- és a hosszúszál-erősítésű termoplasztok mechanikai tulajdonságainak szemantikusan összehasonlítását. Számszerű összehasonlító adatokat az *1. táblázat* tartalmaz.

A legnagyobb „karriert” a hosszúszál-erősítésű polipropilén (*PP LFT 30* vagy *LGFP*) futotta be. Alkalmazása az autógyártásban egyre bővül, helyettesítve a műszaki műanyagokat és a fémeket is. *A siker alapja az alacsonyabb ár és a PP LFT jó tulajdonságai.* A fémekkel szemben előnye, hogy tetszés szerinti bonyolult forma előállítható belőle. Például egy acélból készült elülső ütközőmodul (front-end modul) 6-8 kg tömegű és 25 darabból áll, ugyanez LFT PP-ből mindössze 3 kg, és csak három elem szükséges a gyártásához. Egy másik példa: a **Sabic Innovative Plastics** *Stamax* hosszúszál-erősítésű polipropilénjéből készült ajtómodulnál 21 komponenst tudtak egyetlen fröccsöntött elemmel helyettesíteni. A műszaki műanyagokkal szembeni előny az áron kívül a sűrűségből adódó kisebb tömeg. Ez a tényező ösztönözte a műszerfal és a hátsó ütközőelem gyártásának átállítását *PP LFT 30-ra* először Európában, majd az USA-ban is, ahol szintén egyre több figyelmet fordítanak a tömeg csökkentésére.



1. ábra Az erősítetlen, a rövidszál- és a hosszúszál-erősítésű termoplasztok teljesítményének összevetése

1. táblázat

### Üvegszál-as termoplasztok és fémek tulajdonságai

Tulajdonság	Acél	Alumínium	PP LFT 30	PP GF 30	PA GF 30
Sűrűség, kg/m <sup>3</sup>	7400	2600	1130	1130	1360
Húzószilárdság, MPa	370	270	110	80	110
Fajl. húzószilárdság	5,0	10,4	9,7	7,1	8,1
Ár, EUR/liter	9,1	3,2	1	0,9	1,8

A **Ticona** hosszú üvegszál-erősítésű termékcsaládja a *Celstran LFT*. A Ticona olyan pultrúziós eljárást alkalmaz, amely biztosítja az egyes szálak teljes impregnálását a mátrixpolimerrel. Az így gyártott granulátummal esztétikailag kiváló, karcálló felületet lehet elérni. Korábban a fröccsöntés után külön lépésben alakították ki a mechanikai igénybevételeknek ellenálló felületi réteget. A Ticona másik fejlesztése egy végtelen szállal erősített szalag, amelyet lokális, illetve szelektív erősítésre ajánlanak.

A **PolyOne** 2009-ben vezette be *OnForce LFT* termékcsaládját, amellyel a speciális követelményeket (pl. vezetőképesség, UV védelem, színezhetőség stb.) és ugyanakkor nagy ütészállóságot és hajlítási szilárdságot igénylő alkalmazási területeket célozták meg. Az *OnForce* termékcsalád széles választékot kínál, bázispolimerként a PA és a PP mellett a nagy teljesítményű műszaki műanyagok, erősítőként az üvegszál mellett szénszál és más szálak is szerepelhetnek. Most fejlesztik a szénszál-üvegszál hibrid LFT-t, és foglalkoznak a megújuló forrásból származó változatokkal is. Az *OnForce* anyagokat Amerikában már széleskörűen használják autóiipari építőelemek, mint pl. tetőszerkezet gyártására. Európában a használatuk 2012-ben indul.

A német **TechnoCompound GmbH** (Bad Sobernheim) is egy új, saját szabadalmon alapuló kétlépéses pultrúziós technológiát használ új hosszúszal-erősítésű PP kompaund családjuk, a *TechnoFiber* sorozat előállítására. Az új eljárás első lépésében valamennyi üvegfilamenst körülöntenek a műanyaggal, és a két komponens kötődését kémiaiilag is növelik. Így elérik a 2000, egyenként 17 µm átmérőjű szálat tartalmazó rovingok teljes átnedvesedését, ami biztosítja a jó mechanikai tulajdonságokat. A második lépésben az impregnált rovingokra további műanyagot visznek fel, hogy beállítsák az elérni kívánt üvegszal-műanyag arányt. Az üvegszál-tartalom 10–60% között lehet. A granulátum hossza 10 mm.

A német cég már az új típus fejlesztési fázisában nagy figyelmet fordított az illékony anyagok miatti emisszióra, és az ebből adódó kellemetlen szagokat szabályozó előírások betartására. A *TechnoFiber* kompaundoknál a nyersanyagok és segédanyagok megválasztásával elérték, hogy az összes emisszió 25%-kal kisebb, mint a korábbi típusoknál. Neves minősítőintézetek (**EDAG Polymerservice, SGS Institut Fresenius, IMAT UVE**) a kompaundokban egészségre ártalmas vagy akár csak problémás anyagokat – aldehideket, ketonokat, aminokat, nitrózaminokat, ftalátokat – nem tudtak kimutatni.

Bár a gazdaságossági szempontok miatt a hosszúszal-erősítés elsősorban a poli-propilénél szélesítette az alkalmazási lehetőségeket, a többi műanyagnál is jelentős teljesítménynövelés érhető el ezzel a módszerrel. A BASF új *Ultramid Structure* termékcsaládjába hosszú üvegszállal erősített poliamid típusokat foglal magába, amelyeknél az üvegszál-tartalom 40–60%. A termékcsalád olyan igényes területeken is alkalmazható a fém kiváltására, mint az *építőipari szerkezeti elemek*, amelyeknél nagyon magas követelményeket állítanak a tartós terhelhetőség, az időjárás-állóság vonatkozásában. Ezeknél az alkalmazásoknál előnyös a műanyagok hőszigetelő képessége, mivel így nem alakulnak ki hőhidak és kisebb a hőveszteség.

### **Végtelenszal-erősítésű termoplasztok (CFRT)**

A hosszúszálas erősítésnél is magasabb teljesítmény, jobb mechanikai tulajdonságok érhetők el az ún. *végtelenszal-erősítéssel*, ahol az erősítő szál a késztermékben annak méreteivel azonos hosszúságú a formázás után is. Ezt úgy érik el, hogy a végtelen erősítőszálakat tartalmazó szalagokat, esetleg textiltermékeket tartalmazó formába fröccsöntik a polimert. A végtelenszal használata a hőre keményedő műanyagoknál indult meg, de termoplasztok fröccsöntésénél lényegesen nagyobb gyártási sebességet lehet elérni. Ezért az utóbbi években intenzíven fejlesztik ezeket a kompaundokat és a fröccsöntési technológiát autóiipari elemek gyártására. A BASF például az autóiipari beszállító **Faurecia** céggel közösen fejlesztett ki egy fröccsöntött ülészerkezetet, amelynek sorozatgyártása 2014-ben indul. A gyártásra a BASF *Ultramid CompoSIT* poliamid 6 típusát használták.

### **Szénszálas kompozitok (CFRP) gyártása és feldolgozása**

A szénszállal erősített műanyagok (CFRP) az üvegszálas kompozitoknál is kisebb tömegűek, és ugyanakkor teljesítik a karosszériaelemekre előírt követelményeket.

*A szénszálal elemek 50–75%-kal csökkentik a karosszéria tömegét a fémekhez képest. Egyelőre a végtelen szállal erősített epoxialapú CFRP-t használják nagy teljesítményű sportautókban vagy más exkluzív modelleknél. A szélesebb alkalmazást akadályozza a szénszál magas ára és a jelenleg még nagyon munkaigényes, lassú és drága feldolgozás. Mindkét probléma megoldására intenzív kutatások folynak, amelyek a következő időszakban megváltoztathatják ezt a helyzetet.*

Az Egyesült Államokban, az Energiaügyi Minisztérium kutatási-technológiai központja, az **Oak Ridge National Laboratory (ORNL)** immár több mint tíz éve folytat kutatásokat olcsóbb szénszál előállítására. A szabadalmaztatás alatt álló eljárásokban polietilénből szulfonálás, majd magas hőmérsékleten végzett hőkezeléssel tudnak szénszálat gyártani, mégpedig rendkívül széles választékban. Kísérleti üzemükben gyártott termékeiket az érdekelt ipari partnereknek adják át tesztelésre. A végső cél az autóipar és más felhasználási területek számára elérhető árfekvésű szénszálak kifejlesztése, hogy az ezekkel elérhető tömegcsökkenés eredményeképpen csökkenjen az energiafelhasználás.

A német **SGL Group** és a **BMW** közös vállalata az **SGL Automotive Carbon Fibers** a közelmúltban fejezte be egy szénszálgyártó üzem építését Moses Lake-ban (Washington állam, USA). A szálból a szövetet a közös vállalat németországi gyárában, Wackersdorfban gyártják majd, és először a BMW 2013-ban kibocsátandó elektromos autójában fogják használni. A BMW közleménye szerint ez lesz az első nagy szériában készülő szénszálal autó.

A feldolgozási technológiákat – az autóipar által elvárt termelékenységi követelmények és az elvárt költségszint elérése érdekében – a fejlesztések általában a piacvezető cégek stratégiai szövetségeinek keretében fejlesztik. Jelenleg a szénszál-erősítésű elemek gyártására a gyantainjektálás (RTM, resin transfer moulding) a legelterjedtebb. Ebben az eljárásban a gyantát az erősítő szálból készült előformát (szalagok vagy szövet formájában) tartalmazó szerszámba adagolják, majd ott térhálósítják. Ebben a hagyományos RTM folyamatban egyelőre 20 perces ciklusidőt lehet elérni, de az autógyártók szerint a CFRP alkalmazásához nagy volumenben 3 perces ciklusidőt kell elérni. Ezt a célkitűzést két évvel ezelőtt fogalmazták meg, és már vannak biztató eredmények.

A **Dow Automotive Systems** *Voraforce Ultra Fast Cure* epoxigyantájával három perc alatti „demold time” (az az idő, amely a termék szerszámból való eltávolíthatóságáig eltelik) érhető el. A Dow ezen kívül bevezetett egy új adhéziós anyagot, a *Betaforce-ot*, amellyel CFRP elemeket más anyagokhoz lehet rögzíteni.

Új PUR alapú mátrixanyagot fejlesztett ki a düsseldorfi **Henkel AG** is, amelynek a megszilárduláshoz lényegesen rövidebb idő szükséges, mint a szokásos epoxigyantáknál. A **Loctite Max 2** nevű PUR gyantája az alacsony viszkozitásnak köszönhetően jobban nedvesíti az erősítőszálakat. Kikeményítés után a kapott kompozit kevésbé rideg, ami a jobb repedési szilárdságban mutatkozik meg.

A szénszálal kompozitok fejlesztésének fontosságát mutatják a nagy számban létrejövő együttműködési szerződések. A Dow 2011-ben bejelentette, hogy közös vállalatot alapít a törökországi akrilszálgyártó **Aksa** céggel. A közös vállalat bővíti a

meglevő szénszálüzemet Yalovában, és a jövőben a szénszálás kompozitok gyártóit kívánja ellátni szénszállal és a feldolgozáshoz szükséges anyagokkal, műszaki szervizzel. A szénszálás kompozittermékek előállításának közös fejlesztésére tervez együttműködést a **Daimler** autógyár a szénszálgyártó **Toray**-val, az **Audi** az automatizálással foglalkozó **Voith GmbH**-val. Szintén a Toray-val írt alá együttműködési szerződést a holland **TenCate Advanced Composites** a szénszál-erősítésű termoplasztok autóiipari alkalmazásának fejlesztésére.

A **Sabic Innovative Plastics** Szaud-Arábiában készül szénszálüzemet építeni a **Montefibre** licence alapján. Ezen felül tervezik egy termékfejlesztési és kompozit alkalmazástechnikai központ létesítését, amely a **King Saud University Riyadh Techno Valley** nevű kutatási komplexumához tartozik. A Sabic és a Montefibre vizsgálja egy új szénszálüzem létesítését is a Montefibre spanyolországi üzemében.

## **Természetes szállal erősített kompozitok az autóiiparban**

Az utóbbi néhány évben folyamatosan fejlesztik a természetes szállal erősített műanyagokat autóiipari alkalmazás céljára. Az alkalmazás egyik fontos előfeltétele, hogy a belőlük készítendő alkatrészek tulajdonságait előre meg kell tervezni és alaposan bevizsgálni. Ennek elérésére vállalkozott egy konzorcium, amelynek vezetője a **Ford** aacheni kutatási központja. Tizenkét tagja között vannak műanyagipari és biopolimerekkel foglalkozó kutatóintézetek, egyetemek, műanyag-feldolgozó és szoftvercégek.

A hároméves projektben egy természetes szálerősítésű műanyagból készített szériaalkatrészt vetnek alá részletes vizsgálatnak. Valamennyi ismert szimulációs módszer bevetnek az alkatrész számítására, hogy bebizonyítsák a szériagyártásra való alkalmasságot. A munka során a lehető legtöbb természetes szálerősítésű kompozitnál meghatározzák a szimulációs paramétereket a jövőbeni felhasználás céljaira. A mechanikai számításoknál a legnagyobb jelentősége a törési viselkedés szimulációjának van, beleértve a teljes gépkocsi törésállóságának vizsgálatát is.

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

Markarian, J.: Automotive Composites = Plastics Engineering, 67. k. 8. sz. 2011. p. 22–29.

Kaiser, A.: Weniger Geruch und Emissionen = Kunststoffe, 100. k. 11. sz. 2010. p. 81–85.

Schnelleres Aushärten mit PUR = K-Zeitung, 24. sz. 2011. p. 13.

Biobauteile berechenbar = K-Zeitung, 24. sz. 2011. p. 14.

[www.ornl.gov/info/press\\_releases](http://www.ornl.gov/info/press_releases)

---

---

### *Egyéb irodalom*

Lutter, F.: Leicht und hoch belastbar – Organoblech-Composite-Bauteile (Könnyű és erősen terhelhető szerves bádóg kompozit elemek) = Kunststoffe, 100. k. 11. sz. 2010. p. 74–77.

Vink, D.: Plastics weight saving picks up speed (Tömegcsökkentés műanyaggal: a fejlesztések felgyorsultak) = European Plastics News, 37. k. 9. sz. p. 22, 24.

[www.quattroplast.hu](http://www.quattroplast.hu)