

Tisztelt Olvasónk!

A 2007. évi előfizetői akciónkat sikerrel zártuk: régi előfizetőink szinte kivétel nélkül továbbra is igénylik a Szemlét, és jó néhány új előfizető is csatlakozott olvasótáborunkhoz. E sikerek mellett továbbra is igényeljük az Ön segítségét: népszerűsítse a Szemlét ismerősei körében. Szerezzen két új előfizetőt, és mi megajándékozunk Önt egy évre a Szemle friss számainak elektronikus változatával!

Az interneten szabadon hozzáférhető régebbi cikkeinket egyre több érdeklődő keresi fel, erről tanúskodik az elektronikus számláló. Reméljük, hogy az elektronikus műanyagos szótár is egyre népszerűbb lesz.

Felhívjuk figyelmüket, hogy új lehetőségként a Szemlében ismertethetik vállalatuk újdonságait, kereshetnek az együttműködéshez partnereket, álláshirdetéseket adhatnak fel. A közlemények díja: 1 oldal: 50 ezer Ft+ÁFA, 2 oldal: 80 ezer Ft+ÁFA. Figyelemfelkeltő szalaghirdetést már 20 ezer Ft+ÁFA díjért megrendelhetnek. Ezek az anyagok mind a folyóirat nyomtatott, mind az elektronikus változatában megjelennek.

Szomorú kötelességünknek teszünk eleget, amikor tudatjuk, hogy **Perényi Ágnes**, okl. vegyész, a MŰKI és a Műanyagipari Szemle munkatársa 2007. február 26-án, életének 72. évében elhunyt.

Emlékét megőrizzük.

Dr. Orbán Sylvia
szakszerkesztő

Budapest, 2007. március 20.

Tömegcsökkentés műanyagkompozitokkal

A nem szőtt PP és üvegszálakkal erősített hőre lágyuló kompozitok jóval könnyebbek, mint a PUR vagy más hordozóanyag-tartalmú kompozitok. Előnyös tulajdonságaik miatt piaci részesedésük nő. A hőre keményedő kompozitoknál a szénszál és a bazaltszál jelent konkurenciát a hagyományosan használt üvegszálaknak.

Tárgyszavak: hőre lágyuló kompozit; autóipar; repülőgépipar; erősítés; tömegcsökkentés; erősítés; száltekerceselés; üvegszál; bazaltszál; szénszál; akusztika; hőre keményedő műanyag; impregnálás.

Könnyű kompozitok gépkocsi-tetőelemekben

A hőre lágyuló műanyagból készülő kompozitok számos előnyös tulajdonságot egyesítenek: a nagy szilárdságot, a kis sűrűséget, a jó vegyszerállóságot és a nagy ütésállóságot. Az amerikai **Owens-Corning** cég a tömeg szempontjából optimalizált kompozitelemeket fejlesztett ki autóipari felhasználásra, elsősorban autók tetőelemeinek gyártásához. A tetővel szemben támasztott követelmények sokrétűek: biztosítania kell az akusztikai szigetelést, a modulszerű beépíthetőséget, rugalmas kapcsolódást a többi elemhez stb. Mióta elterjedt a multimédiás eszközök használata az autókban, a tervezők egyre gyakrabban integrálnak ilyen elemeket a gépkocsi tetejébe a gyártási költségek csökkentése érdekében. A tetőt már a beépített elemekkel együtt szállítják a helyszínre, és ott már csak beszerelik a készülő járműbe. Hasonló kompozitszerkezetek alkalmazhatók más elemeknél is, pl. kalaptartók, csomagtartó-fedőlemezek és az alsó karosszériavédelemnél. A moduláris, integrált felépítés itt is gyakori, és ide is rejthetők hangszórók. A hangszórók és az egyéb elemek tömege, valamint az áttörések miatt a szerkezetnek jelentős teherhordó képességgel kell rendelkeznie a jó akusztikai és termikus terhelhetőség mellett.

Ilyen alkalmazásokra korábban gyakran használtak farosttal, gyapotszállal és más természetes szálakkal erősített PP-t vagy ilyen szálakból készült vékony filceket, amelyek esetenként kellemetlen szagúak voltak. Ezekkel szemben *a hőre lágyuló kompozitból készült könnyű szerkezetek teljesen szagmentesek, 40–50%-kal könnyebbek, és a hordozóelem, valamint a textilborítás egyetlen lépésben elkészíthető.* A könnyű kompozitokat a gépkocsik karosszériájának alsó burkolataihoz is lehet alkalmazni, ahol eddig többnyire hosszú szálás műanyagkompozitokat (ún. GMT és LFT eleme-

ket¹) használtak. Tekintettel arra, hogy ez a „páncélzat” 3–5 m² felületű, a csökkentett sűrűségű kompozitokkal jelentős tömegcsökkenést – a fenti megoldásokhoz képest 30–40%-ot – lehet elérni. A kisebb nyomás miatt a feldolgozás is olcsóbb, és számottevő megtakarítás érhető el a szerszámok készítésekor is. Az ilyen védőeszközökkel az alvázvédelem kevésbé környezetkímélő módszerei (pl. a PVC vagy a bitumenes szórás) elhagyhatók, és könnyebben megy a hulladék újrahasznosítása is. Ezzel a megoldással csökkenteni lehet az olyan zajcsökkentő vagy hangelnyelő anyagok alkalmazását, mint a habok vagy porózus paplanok, vagy akár teljesen el is lehet hagyni azokat. Mind a zaj-, mind a tömegcsökkentés fontos szempont a gépkocsifejlesztéseknél, és a kis sűrűségű, hőre lágyuló kompozitok mindkét probléma megoldásához hozzájárulnak.

A kompozitok előállítása és tulajdonságai

A kis sűrűségű, hőre lágyuló kompozitokat az Owens Corning egy szabadalommal védett eljárással készíti, üvegszálat és polipropilénszálat tartalmazó nem szőtt kelméből, tűnemezeléssel. Különböző területtömegű (kg/m²) és különböző üvegszáltartalmú változatok kaphatók. A feldolgozás előtt a kelmék könnyen alakíthatók, melegítésre pedig még tágulnak is annak következtében, hogy az üvegszálakban relaxál a befagyott feszültség. Különböző falvastagságú és alakú termékek is egyetlen lépésben készíthetők el. Ez lehetővé teszi, hogy a merevségi és akusztikai követelményeket az elem adott pontjában könnyen kielégítsék. A terméket rendszerint egyik oldalán vízszaggárral megszilárdított (spunlace) filccel, másik oldalról ragasztófóliával ellátva szállítják. Az ilyen anyagokból készült tetőelemek egyszerűbb szerkezetűek, mint a hagyományosan, PUR habbal készültek. A ragasztófóliát az adott alkalmazásnak és textilnek megfelelően lehet megválasztani. A lemezek hőformázhatóak, és még viszonylag nagy mélyhúzási hányadost is lehetővé tesznek, azaz görbült felületekhez is jól illeszthetők. A kompozitok PP szálból és hosszú vágott üvegszálból állnak, ezért szilárdságuk, merevségük és akusztikai jellemzőik megfelelnek a gépkocsi-belső tér követelményeinek. A mechanikai jellemzők viszonylag nagy falvastagság mellett is jó közelítéssel izotróp jellegűek, és a hagyományosan erre a célra használt PUR alapú rendszerekhez képest egyszerűbben újrahasznosíthatók, és a feldolgozásuk során kevesebb környezetvédelmi és munkavédelmi probléma lép fel.

A kompozitok vastagságát, sűrűségét, légáramlással szembeni ellenállását a gyártás során úgy választhatják meg, hogy az a helyi akusztikai követelményeknek megfelelően. A légáramlással szembeni ellenállást a ragasztófólia megválasztásával is lehet befolyásolni, tehát az akusztikai jellemzők a követelményeknek megfelelően állíthatók be. Az autótetők tervezésekor tisztában kell lenni a funkcionális követelmények mellett a feldolgozott anyag jellemzőivel, a feldolgozás sajátosságaival, a felületkezelés lehetőségeivel, hogy az optimális szerkezet a leggazdaságosabb módon jöjjön létre.

¹ A GMT hőre lágyuló műanyagba ágyazott hosszú szálalású üvegfilc, az LFT a kompaundáláshoz képest hosszú szálakkal erősített fröccsöntött vagy préselt kompozitokat jelent.

Automatikus szalagfektetés hőre keményedő és hőre lágyuló erősített műanyagokkal

A szálerősítésű kompozitok alkalmazása mindennapos a sporteszközök gyártásában és a repülőgépiparban, ahol a prepregtechnológiát kombinálják az autoklávós térhálósítással. *A prepregek kézi laminálása azonban nagy darabszámoknál nem gazdaságos, ezért egyre többet kísérleteznek az automatizált módszerekkel.* Automatikus szalagfektető berendezések már léteztek a 70-es években is, amelyekkel szilárdság és tömeg szempontjából optimalizált sík, vagy nem túlságosan változó falvastagságú szerkezetek állíthatók elő. A jelenlegi szalagok szélessége 2,5–30 cm között változik. Manapság inkább vékonyabb impregnált szálkötegekkel, kábelekkkel (angolul „tow”) dolgoznak, amelyekből többet (akár 32 darabot) párhuzamosan fektetnek le előre meghatározott program szerint. Ezzel a módszerrel *többméteres termékek is előállíthatók, változó falvastagsággal, erősítő bordázatokkal, helyileg optimalizált szálorientációval.* A szálak lefektetése után a kész darabot melegen, nyomás alatt térhálósítják. A legújabb fejlesztésekben már nem csak hőre keményedő gyantával impregnált szalagokat használnak, hanem hőre lágyuló kompozitszalagokat is, mert ez nemcsak hogy utólag jobban hasznosítható, mint a hőre keményedő kompozitok, de az autoklávós térhálósítás elmaradása miatt jóval komplexebb geometriák is kialakíthatók. A hőre lágyuló szalagnál ugyanis mind a szalagot, mind azt a felületet, ahová elhelyezik, a lágyuláspont fölé hevítik, és azok könnyen összehegednek (úgynevezett „in situ” konzolidáció), és az így létrejött kapcsolat igen rövid idő után mechanikailag terhelhető is. A melegítést többféle módszerrel végezhetik (*1. táblázat*). A fejlesztési munka során egy szabályozható hőmérsékletű szerszám segítségével azt is elérték, hogy fektetéskor a szalag felszíne teljesen sima legyen, ami javítja a tapadást. Most a fejlesztés a helyi konzolidáció minőségének javítására és a termelékenységre irányul.

Újdonságok a száltekerelési technológiákban

Az időegység alatt feldolgozott anyagmennyiségtől függő termelékenység más feldolgozási módszerek, pl. a kompozitok száltekerelésénél is problematikus – annak ellenére, hogy igen sokat tettek a módszer automatizálása érdekében. *A mai berendezések már alkalmasak arra, hogy elvágjanak egy szálát, és új helyen folytassák a csévélést, működésük teljes mértékben automatizálható.* A legnehezebb művelet a szálak impregnálása. Nedves impregnálás esetén a szálköteg egy kádon megy keresztül. Sorozatgyártásnál az jelenti a nehézséget, hogy a kád egyes részeiben alig cserélődik a gyanta, ezért egy idő után elkerülhetetlenül megindul a gélesedés, és időnként az egész kád tartalmát le kell cserélni. Az utóbbi időben azzal próbálkoznak, hogy *az impregnálást kád helyett ún. szifonokban végezzék.* A rovingokat egy csőben vezetik egészen szinte addig a pontig, ahol a tekerelés történik, a szükséges gyantamennyiséget pedig folyamatosan adagolják. A többszöri irányváltás miatt a szálroving akadálytalanul átítatódik a gyantával, kisebb az esélye a gélesedésnek, és az a tény, hogy a szálát egy csőben vezetik oda, csökkenti a gyártóberendezés elszennyeződését is. A berendezés

előnyös a domború (nem hengeres) záróelemek előállításánál is (pl. nagynyomású tartályok feneke). A kapszulás impregnálás azt is lehetővé teszi, hogy egyszerre számos, a tekercselt test pereme mentén elhelyezkedő impregnálóberendezés segítségével több rovinggal párhuzamosan végezzék a tekercselést, ami felgyorsítja a gyártást. Így csökkenthető a száleltérítések száma is, ami kisebb szálegradációt eredményez, és kisebb lesz a gyártóberendezés mérete is.

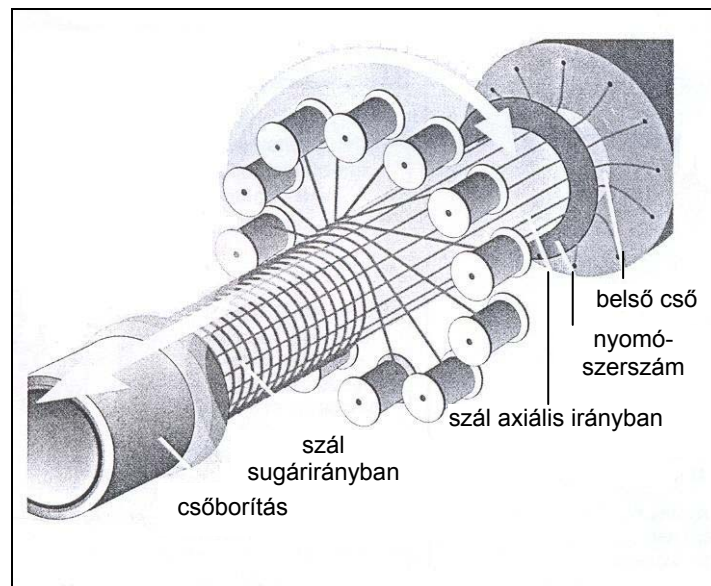
1. táblázat

A hőre lágyuló szalagok fektetésénél használható melegítési módszerek

Melegítési módszer	Előnyök	Hátrányok
Diódalézer	látható sugárnyom nagy hőáramsűrűség igen gyors válasz érintkezés nélküli energia-bevitel és térfogati elnyelés	nagy beszerzési és működtetési költségek nagy követelmények a vezérléssel szemben az abszorpció mértéke erősen függ az anyagtól nagy helyigény
Nd:YAG lézer	a fénysugár üvegszálon vezethető nagy hőáramsűrűség igen gyors válasz érintkezés nélküli energia-bevitel és térfogati elnyelés	nagy beszerzési és működtetési költségek nagy követelmények a vezérléssel szemben az abszorpció mértéke erősen függ az anyagtól nagy helyigény
Láng (H ₂ /O ₂)	olcsón beszerezhető kis helyigény nagy tapasztalati háttér minden anyagra egyformán használható nagy hőáramsűrűség robosztus működés	energiabevitel elsősorban hővezetéssel az oxidáció valószínűbb nehezen vezérelhető nagy felületen átmelegszik az anyag
Forró gáz	olcsón beszerezhető jól kezelhető nagy tapasztalati háttér	korlátozott hőáramsűrűség energiabevitel hővezetéssel lassú válasz
Infravörös	olcsón beszerezhető csekély energiafelhasználás nagy tapasztalati háttér érintkezés nélküli energia-bevitel	kis hőáramsűrűség az abszorpció mértéke függ az anyagtól nagy helyigény

A hagyományos nedves impregnálás mellett egyre több figyelmet fordítanak a hőre lágyuló anyagokból történő száltekercselésre is. A módszer „szűk keresztmetszetű” a hőre lágyuló műanyagok nagy viszkozitása jelenti, amely igencsak megnehezíti

a szálköteg hatékony impregnálását. Ezért aztán sok esetben inkább előimpregnált szálkötegeket használnak, ami igen nagy száltartalmat tesz lehetővé, de drága megoldás. Másik lehetőség a hibrid (erősítő+műanyagszál) szálkötegek alkalmazása, mert ezzel jelentősen lecsökken az impregnáláshoz szükséges út, amelyet az ömledéknek meg kell tennie, de jelentős energiát kell bejuttatni a rendszerbe, és lassú a feldolgozás is. A leggyorsabb feldolgozást a közvetlen impregnálás teszi lehetővé, pl. a **Comat** cég (Kaiserslautern, Németország) *DExWin* eljárása, amellyel többek között erősített cső-szerkezetek állíthatók elő. Az eljárás sematikus rajza az *1. ábrán* látható.



1. ábra Automatizált tekercselés a DExWIN eljárással

Erősített műanyag lemezszerkezetek

Az erősített hőre lágyuló műanyagokból készülő lapos, lemezszerű, de tovább alakítható szerkezetek sok helyen felhasználhatók pl. az autópárhban. Közepes darabszámú félkész termékek előállítására a leggazdaságosabbnak az ún. *intervallum-hőprésselési módszer* bizonyult, amellyel nemcsak lapok, de profilok is gyárthatók. A módszer lényege az, hogy a préselési felület mentén a hőmérséklet-eloszlást bizonyos zónákban önállóan be lehet állítani. Korábban általában max. 600 mm szélességig tudtak elmenni a gyártásnál, de ma már ez nem jelent korlátot. *Amennyiben nagy darabszámra, vagy folyamatos technológiára van szükség, a folyamatos szalagprést használják.* Ilyen módon állítják elő pl. az *Airbus A340* egyes oldallemezeit, amellyel a hagyományos könnyűfémelemekhez képest is 50% súlymegtakarítás érhető el. Az így előállított lemezszerű félkész termékeket többféle eljárással, pl. nyomóbélyeges préseléssel tovább lehet alakítani, még hozzá igen kedvező ciklusidő mellett. A lemezt vagy előmelegítik, vagy a *RocTool* indukciós szerszámmelegítési technológiájával magában

a szerszámban hozzák olyan hőmérsékletre, hogy könnyen formázható legyen. Az alkatrészek a legkülönbözőbb hegesztési módszerekkel (vibrációs, ellenállás- és indukciós hegesztéssel) egyesíthetők bonyolultabb szerkezetekké. A lemez erősítése történhet textilekkel, de használnak egyirányban erősített (unidirekcionális) erősítőelemeket is.

Folyékony kompozit öntése (Liquid composit moulding – LCM)

Vannak előnyei annak is, ha az erősítőszálakat még a folyékony mátrixgyanta injektálása előtt elhelyezik a szerszámban, így ugyanis az optimális erősítőhatást lehet biztosítani. Ennek az ún. *előforma (preforma) módszernek* számos változatát dolgozták ki a késztermék, a gyanta, az erősítőanyag típusától és a darabszámtól függően. E módszerek rövid összehasonlítása megtalálható a 2. táblázatban. Manapság ezen a területen arra irányulnak az erőfeszítések, hogy az öntési folyamatot valahogyan az impregnálódás mértékétől tegyék függővé (vezéreltté). Különösen a folyamat elején fordulnak elő hibák (pl. egyes helyeken „előreszalad” a folyadékfront, máshol meg lemarad). Eddig az LCM-eljárások nagyrészt a hőre keményedő gyantákra korlátozódtak, de az olyan helyben polimerizálódó *ciklikus oligomerek*, mint pl. a **Cyclics** cég CBT (ciklusos butilén-tereftalát) termékei ma már azt is lehetővé teszik, hogy az ilyen módszerrel öntött végtermék mátrixa hőre lágyuló (lineáris) polimer legyen.

Új technológiák kompozitok előállítására

A 2006. tavaszán tartott JEC kiállításon főként olyan gyantákat és technológiákat mutattak be, amelyek felgyorsítják, és hatékonyabbá teszik a nagy felületű termékek előállítását, mint amilyenek a szélerőművek lapátjai. Ezt a tendenciát jelzi a hőre lágyuló anyagok mátrixként való felhasználása is, mert összességében a hőre lágyulók könnyebben és gyorsabban dolgozhatók fel (elmarad a hosszú térhálósítási idő). A hőre keményedő mátrixoknál pedig új erősítőanyagok jelentek meg, mint pl. a szénszál vagy a bazaltszál, amelyek bizonyos előnyöket mutatnak a hagyományosan alkalmazott üvegszállal szemben.

A bazaltszálak gyártásában Oroszország elől jár, ahol a **Kamennüj Vek** nevű cég jelenlegi 1100 t/év kapacitású gyárát egy új kemence üzembe helyezésével évi 4500 tonnára növeli. *A bazaltszál 20–30%-kal nagyobb szilárdságú, de csak 5%-kal nagyobb sűrűségű, mint az E-üvegszál.* Állítólag a bazaltszálás kompozitok égetésekor ritkábban kell karbantartani az égetőműveket is, mint az üvegszálak esetében. A Kamennüj Vek cég új, 600 tex-es szálakból álló szalagot is forgalomba hozott, és a finn **Ahlstrom Glassfibre Oy** céggel közösen dolgoznak olyan írező anyag kifejlesztésén, amely több gyantához is alkalmazható lesz. A tervek szerint az új termék hamarosan piacra kerül, és nem lesz drágább, mint a csak egy gyantához alkalmazható írező anyagokkal kezelt szál. Egy ukrán cég, a **Technobasalt** 2004-ben kezdte meg bazaltszálak gyártását, és jelenleg évi 600 tonnás kapacitással működik. A holland **Basaltex** cég 180–1200 g/m² területtömegű prepregeket hoz forgalomba, amelyek égésgátolt poliészter/uretán mátrixot tartalmaznak. Erősítési célra ugyancsak ők forgalmazznak

A folyékony gyanta injektálására épülő módszerek összehasonlítása

	Vákuum-injektálás (VI)	Transzfer öntés (RTM)	Csőfűvívásos RTM	Hőtágulásos RTM (TERTM)	Fejlett RTM (ARTM)	Felolvasztásos eljárás	Differenciálynomásos RTM (DPRTM)	Felületi injektálásos módszer
Szál térfogataránya	40-50%	40-60%	60%-ig	max. 65%	kicsi - 40%	40-60%	65%-ig	40-50%
Felület	nagyon jó	jó – nagyon jó*	jó	jó	közepes	jó – nagyon jó*	jó – nagyon jó	nagyon jó (egy oldalú)
Terméknagyság	korlátozott, max. 1 m,	5 m ²	berendezés okozta korlátok			a gyártás komplexitása okoz korlátokat	az autokláv jelent korlátot	nagyon nagy (15 t)
Bonyolult alak	jó	jó – nagyon jó	jó	jó	korlátozott (szerszámzáras)	jó	jó	jó – nagyon jó
Betétek	nagyon jó	nagyon jó	nagyon jó	nagyon jó	korlátozott	nagyon jó	nagyon jó	nagyon jó
Bordázat	jó	elégséges (3°-os rézsűszög)	a bordázott termékek előállítását jelentősen megkönnyíti az előfomák alkalmazása					
Sugarak	R> 3 mm előformázott szálszerkezetek esetében R> 5 mm filcek és textílek esetében		Probléma: a csőnek be kell hatolnia a sarkokba is, R _{min} =10 mm	mint az RTM esetében				
Maximális vastagság	10 mm-ig van értelme, de nagyobb is lehetséges							
Alakkorlátok	általában nehezen oldhatók meg a hátrametszések (szerszámki költség), kerülendők a rendkívül kis görbületek és a hirtelen vastagságváltozások							
Éves darabszám	2000 fölött	kb. 50 000	kb. 10 000	kb. 50 000	100 000-ig	kb. 50 000	2000-5000	kb. 1000
Ciklusidő	5-60 perc	5-25 perc	20-60 perc	6 perc (speciális epoxigyantákkal)	kevés, <5 perc	5-45 perc	30-180 perc (autokláv)	
Befektetés	nagyon kevés	kevés	közepes	közepes	viszonylag nagy	közepes	nagy	kevés
Előnyök/hátrányok	olcsó	gyártás a végső méretre (20%-kal kevesebb hulladék)	Az eljárást optimalizálni kell, egyenletes falvastagság-eloszlás erősen görbült területeken,	költség: habmagok előre legyártása, hatékony temperáló rendszer	a szerszámot nagyon jól kell tömíteni	nem kell körülválni a termék peremét	az autokláv korlátozza a termék méreteit	nincs nagy követelmény az eljárással szemben, manuális feldolgozás

* Lakkozandó felület esetében megfelelő.

50/50%-os üveg/bazalt hibrid gézanyagokat. A **Xamax Industries** abból a célból hozott forgalomba bazaltfátylakat, hogy megvédjék a pultrudált termékek felszínét a beégésektől.

A JEC kiállításon természetesen új *szénszálas szerkezetek* is megjelentek. A **Hollingsworth & Vose** cég nikkelborítású szénszálat kínál repülőgépek villámvédelmére. A körfonatolással (braiding) előállított szénszálas szerkezetek vastagabb erősített termékek kialakítását is lehetővé teszik. Az ilyen anyagokból készült repülőgépalkatrészek (pl. futóműalkatrészek) nagy előnye a fémekkel ellentétben a korrózióval szembeni ellenállás. A lényeg az, hogy el kell kerülni a legkisebb buborékok kialakulását is, amelyet ultrahangos ellenőrzéssel szűrnék ki. Vannak persze a szénszálnak ennél „földhözragadtabb” alkalmazásai is: a **Mitsubishi** pl. szilánbevonatos szénszálat fejleszt ki féktárcsák gyártásához, mert a hagyományos, nem felületkezelt szénszálok nedves környezetben nem használhatók jól. A kiállításon a megszokottnál vastagabb és vékonyabb szénszálkábeleket (tow) is kínáltak. Az **SGL Group** először jelent meg saját 50 k (50 000 elemi szálát tartalmazó) kábeleivel, más gyártók pedig arra törekednek, hogy az ilyen „vastag” kábeleket minél vékonyabb szalagokká szétterítve forgalmazzák a jobb feldolgozhatóság érdekében. A svéd **Oxeon AB** pl. *TeXero* néven kínál 40 g/m² területtömegű, egyirányban orientált szénszálakból álló szalagokat, amelyeket 12, 24 vagy 48 k kábelekből állítanak elő.

Újdonságok a hőre lágyuló kompozitok területén

A szálas anyagok hőre lágyuló polimerekkel történő impregnálásának megkönnyítésére egyre több cég próbálkozik az erősítőszálak és hőre lágyuló műanyagszálak elegyítésével és szőtt szerkezetekbe történő alakításával, amelyből a konszolidáció során alakul ki a szálerősített kompozit. A francia **Schappe Techniques** és a német **Thermofusion GmbH** együttműködésének eredményeként 45 %(V/V) PA12 szálból és 55 %(V/V) szénszálból készítették golfautóelemeket. A szálat körfonatolással kombinálták előgyártmánnyá, majd a csőfelfúvásos öntési technológiával készültek a rúd alakú elemek. A prototípust még epoxigyantával készítették, kb. 1 órás ciklusidővel, de ahogy nőtt az igény a termék iránt, áttértek a hőre lágyuló mátrixra, amivel 10 percre sikerült leshortítani a ciklusidőt.

A **PPG Industries** ugyancsak gyárt üvegszállal kevert hőre lágyuló műanyag szerkezeteket, amelyeket pl. vágott formában be lehet juttatni a szerszámba, majd préseléssel lehet a végterméket előállítani. A **Phoenixx TPC** 25–30 g/m² területtömegű, ultrakönnyű, hőre lágyuló polimerrel impregnált prepregeket hoz forgalomba, a **Polystrand** cég pedig PP/üvegszál prepregeit pozdorjalemezre felhordva hoz létre könnyű kompozitszerkezeteket.

A hőre lágyuló műanyagok betörték a méhsejtszerkezetek gyártásába is. A **Solvay** cég Belgiumban *Nidacell* néven gyárt ilyen szerkezeteket úgy, hogy először extrudálja az anyagot, azt párhuzamos szalagokra vágja, majd légbefúvással alakítja ki a nyílásokat a párhuzamos csíkok között, végül azokat az érintkezési pontokon összeköti egymással. A 260 mm széles, 0,5–30 mm vastag méhsejtszerkezeteket eddig

PVC-ből, PP-ből, PE-ből és műszaki műanyagokból próbálták meg elkészíteni. A „sejtek” alakja és mérete változtatható. A Solvay licencet adott az **Ondex Co.** cégnek, hogy egyelőre kísérleti jelleggel, kiértékelés céljára PVC-ből gyártson ilyen szerkezeteket, amelyek poliuretánhabbal vagy -réteggel borítva kompozit szendvicspaneleket adnak.

A francia **Nidaplast** hatszöges, PP-ből készült méhsejtszerkezetet kombinált üvegszál/PP-szál felületi erősítéssel, majd farostlemezzel. A német **ESC GmbH** PET habból készít méhsejtszerkezetet, amelyet epoxigyantával impregnál, majd felületén üvegszállal vagy nagy szilárdságú PE szállal erősít. Az ilyen kompozitok kiválóan feldolgozhatók RTM (transzferöntés) eljárással a hajógyártásban és a repülőgépiparban használt elemek gyártására.

Új szálak, gyanták és szendvics maganyagok

A **PPG Industries** új, ún. közvetlenül húzott E-üvegszálakkal jelentkezett, amelyeket pultrudált és száltekerceselt termékekhez kínál. A **Johns Manville** új rovingokat hozott fogalomba nagy sebességű SMC gyártásához. A **Saint Gobain Vetrotex** folyamatos szálból készült filceit kínálja az USA-ban kipróbálásra *Uniconform* néven. A 600–1200 g/m² területtömegű filcek nem tartalmaznak kémiai kötőanyagot, ezért jobban alkalmazkodnak a szerszám alakjához. Nem tartalmaznak szintetikus tűzőszálakat sem, ezért alkalmasabbak áttetsző termékek gyártására. Az Owens Corning olyan könnyű üvegszálaspaplant mutatott be, amely jó hangelnyelő tulajdonságai alapján különösen jól használható autóbelsőben.

Az **Ultracor** cég *UltraFlex* néven hozott forgalomba szénszálból, epoxigyantából, cianátészter vagy fenolgyantából készülő méhsejtszerkezeteket, amelyeknek a szokványostól eltérő, juharlevélre emlékeztető üregformája jobban alkalmazkodik bonyolultabb mechanikai terhelésekhez is anélkül, hogy összeroppanna a teherhordó szerkezet. A **Huntsman Advanced Materials** epoxigyantából és üreges üveggyöngyből álló szintaktikus hab szendvicsmagokat forgalmaz, amelyeket többek között a repülőgépgyártásban alkalmaznak.

A **Cognis** cég (Németország) *Bisomer* néven hozott forgalomba új metakrilát monomereket, amelyek a sztírol kiváltására alkalmasak telítetlen poliészterekben. Számos cég jelentkezett új hőálló és csökkent éghetőségű epoxigyantákkal. A francia **Mader** cég olyan, kompozitok festésére alkalmas, csökkent éghetőségű anyagot hozott forgalomba, amelyből az égés során csak víz szabadul fel, és amelyet az autóiparnak szántak. Az **Ube Industries** egy NASA licenc alapján hőre keményedő poliimidet hozott forgalomba *PETI-330* néven, amely rendkívül kis viszkozitású a feldolgozás során, ugyanakkor igen jó a hőállósága. A **Henkel** Aerospace üzletága új, benzoxazin-alapú gyantákat fejlesztett ki, amelyek ugyancsak kis viszkozitásúak, hosszú a fazékidejük és jó használhatók a repülőgépgyártásban. A gyanta jellemzői közelebb állnak a bismaleimid rendszerekéhez, mint az epoxigyantákhoz, de annál sokkal olcsóbbak. A benzoxazin szobahőmérsékleten stabil, nem igényel hűtést tárolás közben. A fenolgyanták származékának tekinthető benzoxazingyantákat az elektronikában már régóta

ismerik és használják, de eddig nem alkalmazták őket a repülőgépiparban, a szerkezetgyártásban. A gyanták kaphatók egykomponensű prepregformában vagy kétkomponensű, folyékony formában is RTM-alkalmazásokra.

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

Haque, E.: Veränderten Anforderungen gerecht werden. = *Plastverarbeiter*, 57. k. 11. sz. 2006. p. 94–96.

Schledjewski, R.: Fortschritte bei der Verarbeitung faserverstärkter Kunststoffe. = *Kunststoffe*, 96. k. 10. sz. 2006. p. 182–188.

Schut, H. H.: Winds of change stir materials R&D. = *Plastics Technology*, 52. k. 10. sz. 2006. p. 62–65.