

CZIGÁNY TIBOR

## Bazaltszálás hibridkompozitok statikus mechanikai tulajdonságainak összehasonlító elemzése

A kutatás a Magyarországon gyártott bazaltszál, mint új típusú erősítőanyag komplex, elemző összehasonlítására irányult a napjainkban alkalmazott leggyakoribb erősítőszálakkal. Ennek érdekében bazaltszálás hibridkompozitokat állítottak elő, és vizsgálták a különböző erősítőszálak kompozitban betöltött szerepét, valamint tulajdonságmódosító hatásait. A hibridkompozitokban a bazaltszál mellett üveg-, szén- és kenderszálakat alkalmaztak, majd meghatározták azok mechanikai tulajdonságait a különböző szál tartalom és szálkombináció függvényében. A kísérleti eredmények rámutattak, hogy a bazaltszálás hibridkompozit új alternatívát jelenthet a hagyományos szálerősítésű rendszerekhez képest.

### 1. Bevezetés

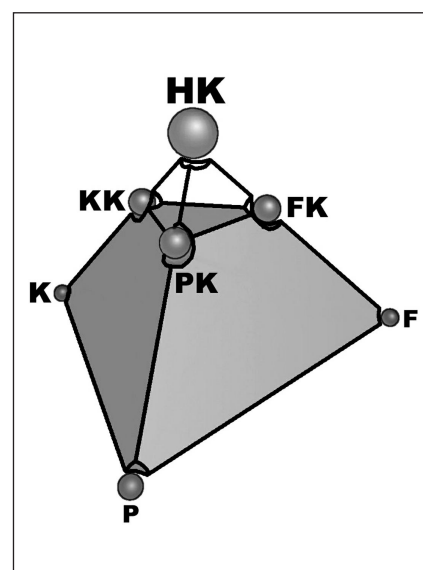
A korszerű műszaki anyagtudomány három alapvető csoportra, a fémek, a polimer és a kerámia anyagcsoportjára épül [1]. Ezek önmagukkal, ill. egymással kombinált, társított rendszerei a kompozitok, amelyek egyesítik az összetevők előnyös tulajdonságait. A kompozitok olyan többfázisú, összetett szerkezeti anyagok, amelyekben a nagy szilárdságú erősítőanyag és a szivós mátrix között erős adhéziós kapcsolat van [2]. A kompozitok óriási előnye, hogy alkalmazásukkal olyan tulajdonságok is elérhetők, amelyekkel a komponensek külön-külön nem rendelkeznek. Ilyen szerkezeti anyag például a vasbeton, az acélradial gumiabroncs, vagy az új, bazaltszál-erősítésű polimer kompozit

is. A polimer kompozitok további előnye a kis sűrűség, a fajlagosan nagy szilárdság, a korrózióállóság, az elektromos és mágneses szigetelőképesség, az előre tervezhető anizotrópia stb. Polimer kompozitokból szélsőséges mérettartományú termékek készíthetők, pl. 1 milliméter átmérőjű fogaskerék, vagy 100 méter hosszú szélérőmű lapát. Ha a kompozitot felépítő mátrix vagy erősítőanyag összetett, több alkotórészből áll, akkor hibridkompozitról beszélünk, amely a szerkezeti anyagok hierarchiájában a gúla csúcsaként fogható fel, tekintettel speciális tulajdonságaira (1. ábra) [3].

A mai korszerű technika és piacorientált gazdaság jellemző vonása a polimer kompozitok nagy tömegű és egyre növekvő mértékű felhasználása az ipar minden

területén. Ennek oka elsősorban a kedvező ár/tömeg hányadossal magyarázható. Legdinamikusabban az autóiiparban hódítanak teret, ahol a hagyományos fém szerkezeti anyagok mellett folyamatosan jelennek meg a korrózióálló polimer kompozitok. Használatuk jelentős tömegcsökkenéssel jár, amely üzemanyag-megtakarítást és egyben környezeti terheléscsökkenést eredményez [4].

A polimer kompozitok erősítőanyaga napjainkban jellemzően az üvegszál (az erősítőanyagok teljes mennyiségének kb. 85%-a), amelynek jó szilárdsági tulajdonságai, valamint a polimer mátrixszal megvalósítható, aránylag jó határfelületi adhéziója alacsony árral párosul. Igényesebb esetekben, speciális követelményekhez erősítőanyagként szénszálakat alkalmaznak (pl. űrtechnika, repülőgépipar,



1. ábra. Szerkezeti anyagok gúljája (P – polimer, F – fém, K – kerámia, PK – polimer mátrixú kompozit, FK – fém mátrixú kompozit, KK – kerámia mátrixú kompozit, HK – hibridkompozit)

**Czigány Tibor** a BME Gépészmérnöki Kar Polimertechnika Tanszék vezetője. Diplomáját 1988-ban szerezte a BME Gépészmérnöki Karán. 1994-ben egyetemi doktor, 1997-ben PhD, 2002-ben habilitált doktor, 2005-ben MTA doktori fokozatot szerzett. 1998-ban MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíjat, 2000-ben OM Széchenyi Professzori Ösztöndíjat, 2001-ben GTE Műszaki Irodalmi Díjat, 2003-ban TDK Munkáért Emlékplakettet, 2003-ban OM Széchenyi István Ösztöndíjat, 2004-ben Japan Socie-

ty for the Promotion of Science Ösztöndíjat (JSPS), 2005-ben konzulensi munkájáért miniszteri elismerést, valamint Mestertanár Aranyérem kitüntetést kapott. Tagja a GTE Központi Műanyag Szakosztályának, az MTA Műszaki Tudományok Osztálya Szál- és Rosttechnológiai Bizottságának, az MTA Anyagtudományi és Technológiai Komplex Bizottságának, az MTA Gépszerkezettani Bizottságának, Műanyagipari Mérnökök Nemzetközi Egyesületének, valamint a Magyar Mérnökakadémiának.

hadiipar, versenysportok), azonban ennek előállításának költsége lényegesen nagyobb, mint az üvegszálé, valamint a polimer mátrix és a szénszál közötti megfelelő adhéziót is nehezebb biztosítani [5]. Az utóbbi időben egyre inkább teret nyernek a természetes szálak. Közülük Európában a len- és kenderszál felhasználása a jellemző, míg a melegebb éghajlatú országokban elsősorban a szizál terjedt el. Alkalmazásuk az elfogadható szilárdsági tulajdonságok mellett aránylag olcsó árral és biológiai lebonthatósággal párosul. Hátrányuk, hogy a száljellemzők állandósága nem biztosítható (tulajdonságaik függnek az évi napsütéses órák számától, a csapadéktól, a termőföld minőségétől stb.), érzékenyek a nagy hőmérsékletre és a környezet nedvességtartalmára, valamint megfelelő adhéziójuk a polimer mátrixhoz nehezen biztosítható [6, 7].

A fent említett szálakon kívül számos más erősítőanyagot is használnak, például aramid-, kerámia-, farost-, rami- stb. szálak, azonban ezek felhasználása igen kis mértékű. Tekintettel a kiélezett piaci versenyre, valamint a műanyag szerkezeti elemek erősítőanyagaitól elvárt növekvő gazdasági és környezeti igényekre, egyre újabb és újabb szálak alkalmazhatóságának vizsgálata került előtérbe a világ vezető kutatóintézeiteiben, így Magyarországon is (Széchenyi-terv Nemzeti Kutatási Fejlesztési Program 3/001/2001).

**1. táblázat.** A hibridkompozitokhoz alkalmazott szálak jellemzői ( $\rho$  - sűrűség,  $d_f$  - átlagos szálátmérő,  $\sigma_f$  - szakítószilárdság,  $\epsilon_f$  - szakadási nyúlás,  $E_f$  - rugalmassági modulus)

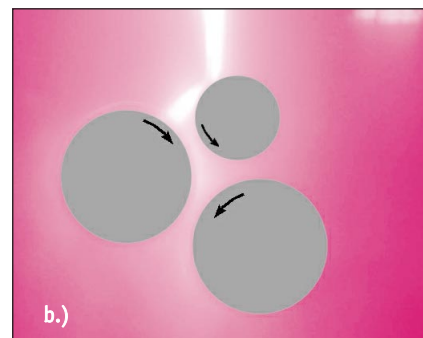
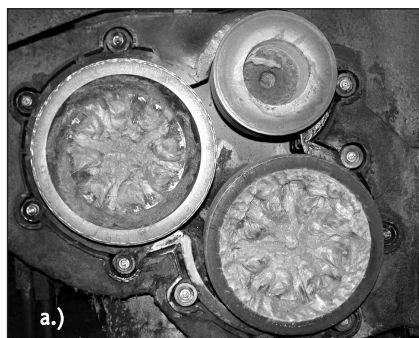
Szál	$\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$d_f$ [ $\mu$ m]	$\sigma_f$ [MPa]	$\epsilon_f$ [%]	$E_f$ [GPa]	Ár [Ft/kg]
Polipropilén (PP)	0,91	34,3±4,2	331±56	44,1±16,2	4,2±0,9	310
Bazalt (BF)	2,69	9,0±2,7	586±267	1,12±0,45	60,4±18,9	100
Kender (HF)	1,44	50,6±16,9	381±217	1,62±0,55	24,5±12,9	570
Üveg (GF)	2,45	12,2±1,4	1403±556	2,15±1,06	64,2±18,2	440
Szén (CF)	1,38	7,9±0,9	2072±952	1,34±0,48	153,9±54,4	3600

**2. táblázat.** Az alkalmazott erősítőszálak hatékonysági mutatói

Szál	BF	HF	GF	CF
Hatékonysági mutató ( $H_m$ )	16,3	0,4	14,7	10,9

**3. táblázat.** A vizsgált bazaltszál kompozitok valódi erősítőszál-tartalma és összetétele tömegszázalékban

Minta	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11
PP	100	83	75	74	70	79	79	77	76	76	73
BF	-	17	-	-	-	12	12	12	6	6	6
HF	-	-	25	-	-	9	-	-	18	-	-
GF	-	-	-	26	-	-	9	-	-	18	-
CF	-	-	-	-	30	-	-	11	-	-	21



**2. ábra.** A bazaltszálképzés folyamata, felül a gyorsító henger (átmérő: 280 mm), alul a szárazó hengerek (centrifugáló tárcsák, átmérő: 380 mm): (a) álló helyzetben, (b) üzem közben

Ilyen új, lehetséges erősítőanyag a bazaltszál. A bazalt vulkanikus eredetű felszíni kőzet, a belőle készült, nagyon olcsó szál számos kiváló tulajdonsággal rendelkezik (jó mechanikai tulajdonságok, kiváló hang- és hőszigetelő képesség, éghetetlenség, biológiai stabilitás stb.). Hátránya, hogy igen merev és törékeny, így feldolgozása fokozott körültekintést igényel [8].

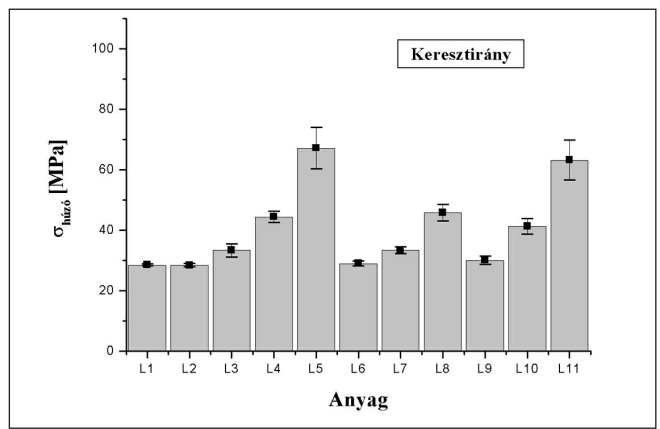
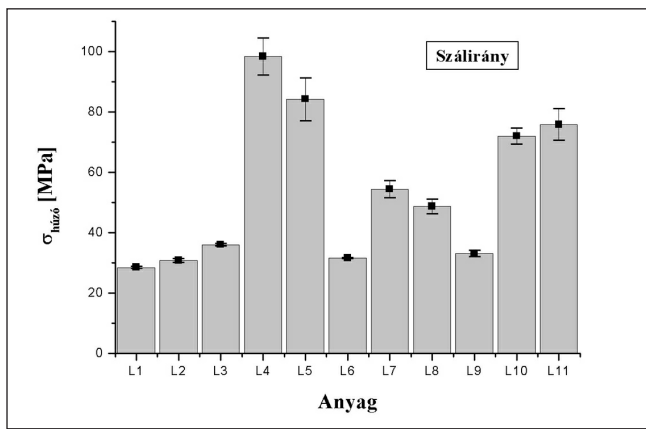
Jelen cikk célja a Magyarországon gyártott bazaltszál, mint új típusú erősítőanyag komplex, elemző összehasonlítása a napjainkban alkalmazott leggyakoribb erősítőszálakkal. Ennek érdekében bazaltszál hibridkompozitokat állítottunk elő és vizsgáltuk a különböző erősítőszálak kompozitban betöltött szerepét, valamint tulajdonságmódosító hatásait [9, 10].

## 2. Alkalmazott anyagok

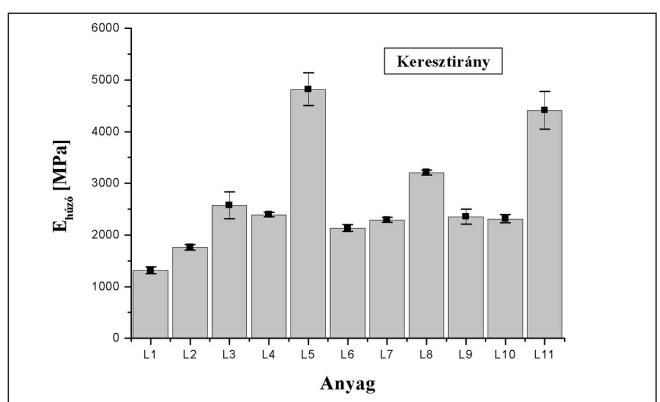
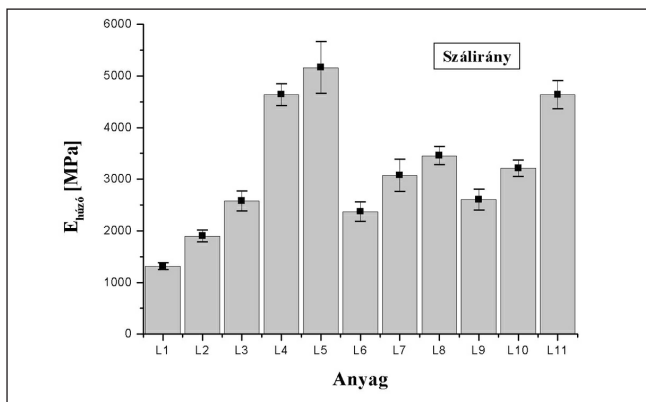
A kísérleteinkhez használt bazaltszálak (Toplan Kft.) gyártása a Junkers technológián alapul. Ennek első lépése, hogy a gáztüzelésű kádkemencéből az 1580 °C-os bazaltkő olvadékat egy három centrifugafejes, vízszintes tengelyű, szárazó berendezésre (centrifugakocsi) vezetnek (2. ábra).

A bazaltolvadék először egy forgó gyorsítóhengerre folyik, majd annak felszínéről a szárazóhengerekre (centrifugáló tárcsákra) kerül. A centrifugáló tárcsán az olvadék filmet képez, amelyből a centrifugális erőter, a Coriolis-erőter, a felületi feszültség és a folyadéksúrlódás által befolyásolva szálfejek indulnak el, szálát húzva maguk után. A folyamat során a kialakuló szálak rohamosan hűlnek a hőszűrés és a befűvott levegő konvektív hűtőhatása révén, miközben a hirtelen hőmérséklet csökkenés következtében üveges fázisú anyaggá szilárdulnak. Ennek a szálgártási módszernek előnye, hogy rendkívül termelékeny és olcsó, hátránya, hogy a gyors hűlés következtében igen törékeny, ezért feldolgozása különös figyelmet igényel.

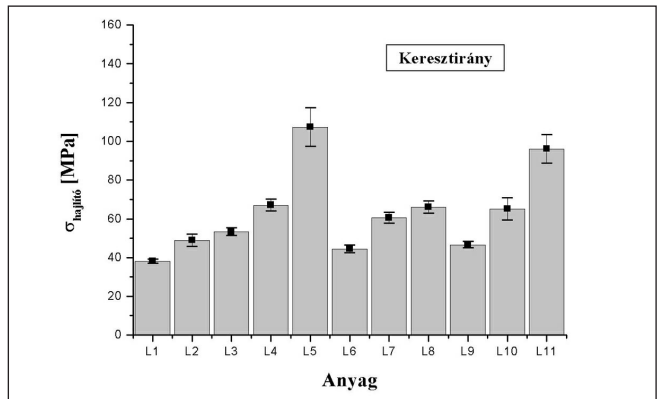
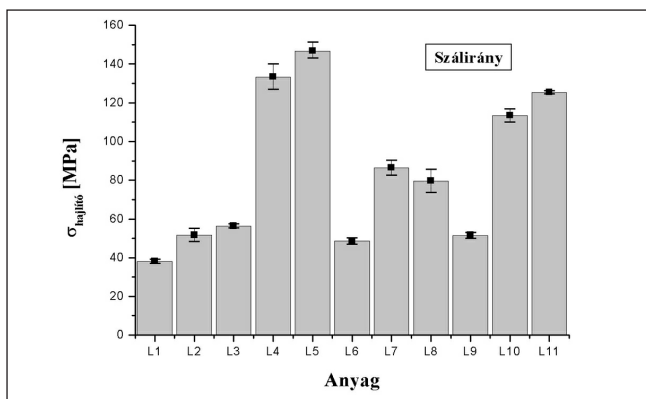
A hőre lágyuló polipropilén (PP) mátrixú hibridszálak kompozitokban a bazaltszál (BF) mellett üveg- (GF), szén- (CF) és kenderszálakat (HF) alkalmaztunk, amelyek geometriai és szilárdsági tulajdonságait Projectina 4014/BK-2 típusú szálvizsgáló képfeldolgozó rendszer segítségével határoztuk meg. A szálakat a JIS R 7601 szabvány szerint készítettük elő a szakításhoz, amely 25 mm szabad befogási hossz alkalmazását és a szálak 10x25 mm ablakméretű papírkereire történő felragasztását írja elő. A szálátmérő-méréseket ( $d_f$ ) fajtánként 100 db elemi szálon, hosszuk mentén egyenletesen elosztva minden szálon három helyen végeztük. A



3. ábra. A PP (L1-es anyag), valamint a PP mátrixú mono- (L2-L5-ös anyagok) és hibridkompozitok (L6-L11-es anyagok) húzószilárdsága



4. ábra. A PP (L1-es anyag), valamint a PP mátrixú mono- (L2-L5-ös anyagok) és hibridkompozitok (L6-L11-es anyagok) húzó rugalmassági modulusa



5. ábra. A PP (L1-es anyag), valamint a PP mátrixú mono- (L2-L5-ös anyagok) és hibridkompozitok (L6-L11-es anyagok) hajlítószilárdsága

papírablakra ragasztott, és már ismert átmérőjű szálakat ZWICK 2005 típusú számítógép-vezérelt univerzális terhelőgéppel szakítottuk el. Az erő-elmozdulás diagramból a közismert alapösszefüggések szerint szakítószilárdságot ( $\sigma_f$ ) és rugalmassági modulus ( $E_f$ ) számoltunk [11], valamint szakadási nyúlást ( $\epsilon_f$ ) mértünk. Az alkalmazott szálak legfontosabb tulajdonságait és árát (a szálak sűrűségét piknométeres sűrűségméréssel határoztuk meg 23 °C-os desztillált víz felhasználásá-

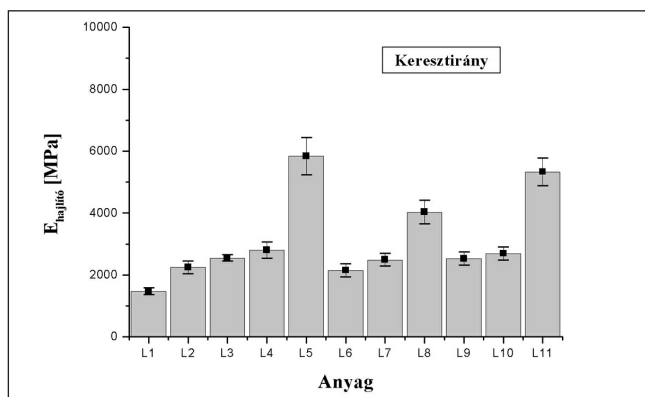
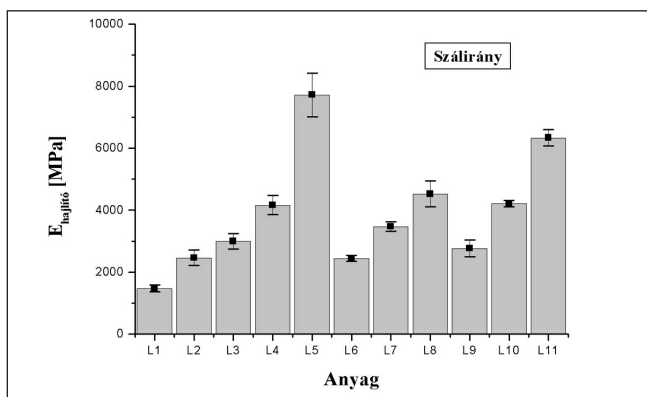
val) az 1. táblázat tartalmazza.

A szálak összehasonlítása egymással összetett feladat, hiszen az alkalmazhatóságot az adott feladatkör határozza meg. Természetesen a legjobb a szénszál, azonban ez a legdrágább is. A kenderszál az egyedüli biodegradábilis szál, azonban a viszonylag nagy árához gyengébb szilárdsági tulajdonságok tartoznak. Figyelembe véve, hogy a száltípustól függetlenül a minél kisebb sűrűség, szálatmérv és ár, valamint a minél nagyobb szilárdság, nyú-

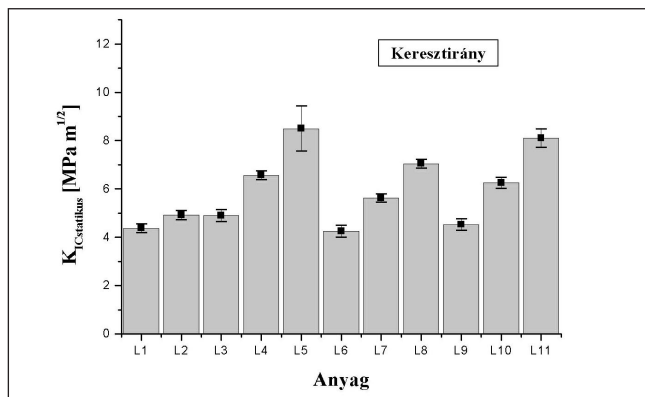
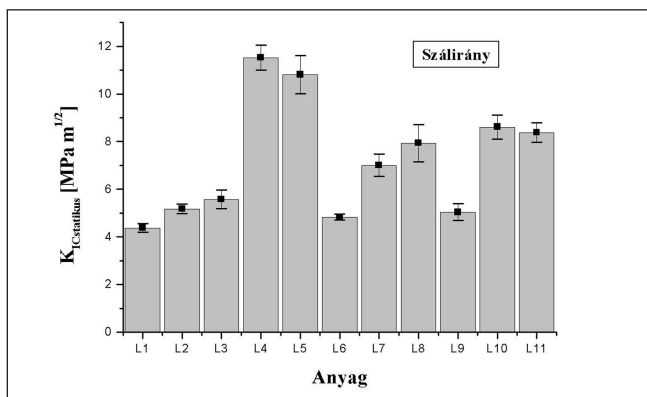
lás és modulus a cél, kiszámítható a  $H_m$ , ún. hatékonysági mutató (2. táblázat):

$$H_m = \frac{\sigma_f \cdot \epsilon_f \cdot E_f}{\rho_f \cdot d_f \cdot \dot{A}_f}$$

A táblázatból megállapítható, hogy az alkalmazott erősítőszálak közül összességében a bazaltszálak rendelkeznek a legjobb hatékonysági mutatóval, ami alátámasztja azt, hogy várhatóan igen jól al-



■ 6. ábra. A PP (L1-es anyag), valamint a PP mátrixú mono- (L2-L5-ös anyagok) és hibridkompozitok (L6-L11-es anyagok) hajlító rugalmassági modulusa



■ 7. ábra. A PP (L1-es anyag), valamint a PP mátrixú mono- (L2-L5-ös anyagok) és hibridkompozitok (L6-L11-es anyagok) kritikus feszültségintenzitási tényezője

kalmazhatók hibridkompozitok erősítőszálaként. Meglepőnek tűnhet a kender-szálak gyenge mutatója, azonban figyelembe kell venni, hogy a nagy szilárdságú erősítőszálak mellett ez az egyedüli biodegradábilis anyag, s ezáltal számos alkalmazásban a négy szál közül az egyedüli alternatíva.

A kompozitokat préseléses technikával előgyártmányból készítettük el, amely tartalmazta a később mátrixként működő PP-t és az erősítőszálakat, ill. szálakat is, amelyek átlagos hossza 60 mm volt. Az előgyártmányban a szálak orientált, egyenes eloszlását BEFAMA 3K típusú, többhengeres kártológépen végzett kártolással értük el. A kártológépről lejtő fátyolból többszörös rétegeléssel vastag, paplanszerű anyagot képeztünk, majd ezt tűnemeztük. A tűnemezelés során tömörödött a paplan, ami némileg szintén száltöredezéshez vezetett, de elősegítette a légzárványok eltávolítását a későbbiek során préselt anyagból. Az ismertetett módon előkészített anyagokból préseléses technikával állítottuk elő, az erősítő-

szál nélküli PP, valamint a mono- és hibridkompozit szerkezetű 3 mm vastag lemezeket, Schwabenthan Polystat 300s típusú présgépen,  $T = 200$  °C-on és 20 bar nyomáson.

Tekintettel arra, hogy a bazaltszál felületkezelés nélkül nem alakít ki megfelelő kapcsolatot a PP mátrixszal, ezért a szál-mátrix határfelületi adhézió növelése érdekében a szálakat még az előgyártmánykészítés fázisában kezeltük [12]. A felületkezelést reaktív tenzidekkel oldottuk meg [13] úgy, hogy a napraforgóolaj és a maleinsav-anhidrid (MA) addíciós reakciójának termékével kezeltük nemcsak a bazalt-, hanem az összes felhasznált szálakat, mivel a saját és a szakirodalmi tapasztalatok szerint is a maleinsavas kezelés valamilyen szál erősített rendszerben növeli a kölcsönhatást.

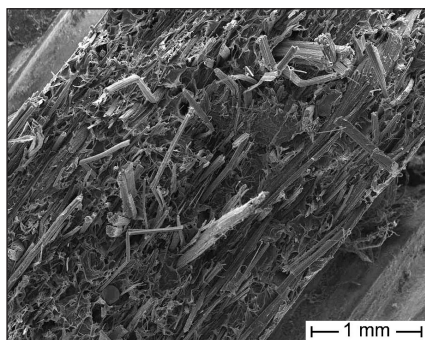
A kártolásos technika hátránya, hogy az erősítőszálak egy része a hengerek közötti „átadaskor” kihullott, így a névleges és a valódi száltartalom eltért egymástól. Ez a kihullás leginkább a bazaltszálakat és legkevésbé a szénszálakat jellemezte. A

kompozitok valódi száltartalmát (3. táblázat) egyrészt kiégetéssel (600 °C) határoztuk meg, másrészt az egyszerű keverékszabály alkalmazásával számoltuk az ismert sűrűségek, kompozitlaptömegek és -térfogatok alapján.

### 3. MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉS KIÉRTÉKELÉSÜK

Az elkészült hibridkompozitokat szabványos statikus mechanikai vizsgálatokkal minősítettük, úgymint szakítás (MSZ EN ISO 527), hárompontos hajlítás (MSZ EN ISO 14125) és bemetszett törésmechanikai vizsgálat SEN-T próbatesteken [14]. A kompozit lapokból a kártolás irányában (szálirányú) és arra merőlegesen kivágtunk (keresztirányú) próbatesteket munkáltunk ki. A vizsgálatokat a 1 mm/perc terhelési sebességgel szobahőmérsékleten végeztük. A vizsgálatok eredményeit az 3-7. ábrák oszlopdiagramjai szemléltetik.

Az eredményekből megállapítható, hogy az alkalmazott tűnemezeléssel kombinált kártolásos technológia az erősítőszálakat orientálta a kártolás irányába,



■ **8. ábra.** Bazalt- és kenderzál erősítésű PP kompozit töretfelületi képe

hiszen megfigyelhető a mechanikai jellemzők irányfüggése. A kártolás hatására létrejött anizotrópia a GF rendszerek esetében (L4, L7, L10) a legnagyobb. Ez arra vezethető vissza, hogy a rugalmas üvegszálak könnyen orientálódnak anélkül, hogy eltörnének. CF-tartalmú rendszerek esetében (L5, L8, L11) az anizotrópia a CF relatív mennyiségétől is függ. Ez arra utal, hogy a CF a kártolás során jelentősen tördelődött. A BF tördelődése olyan nagy mértékű, hogy a túlnyomórészt BF-tartalmú rendszerek (L2, L6, L8) csak kis mértékű anizotrópiát mutatnak. A HF-tartalmú rendszerek (L3, L6, L9) hasonlóan a BF-tartalmú rendszerekhez csak kis mértékű anizotrópiát mutatnak, de ennek oka nem a száltördelődés, hanem a természetes szál jellegéből adódó hullámosság (hajlékonyság). Mindezek alapján kompozitjaink egy része kvázi unidirekcionálisnak tekinthető. Az is látható, hogy a különböző mérési eljárásokkal kapott eredmények erős összhangban vannak egymással, vagyis az alkalmazott kártolós technológiával homogén tulajdonságú kompozitokat sikerült gyártani. Ezt támasztja alá az eredmények aránylag kis szórása is.

Mint ahogyan az várható volt, az üveg-

és szénszál kompozitok mutatták a legjobb eredményeket. Az, hogy az üvegszál kompozitok valamivel nagyobb szilárdságúak a szénszálaknál, a felületkezelés erősebb hatásával, valamint a szénszálak tördelődésével magyarázható. Ugyanakkor a merevségben (modulus) a szénszál kompozitok felülmúlták a többi kompozitot. Meglepő, hogy a szénszál-erősítést tartalmazó kompozitok keresztirányú tulajdonságai milyen jók, nem sokkal maradnak el a szálirányúaktól, aminek oka szintén a szénszálak tördelődésére vezethető vissza. Megfigyelhetők továbbá az L11-es szénszál hibrid rendszer jó szál- és keresztirányú jellemzői, ami előrevetíti, hogy a bazaltszál kiválóan alkalmazható szénszál-erősítésű kompozitokhoz, hiszen a kompozit mechanikai jellemzői csak kis mértékben csökkennek a monokompozitokhoz képest, ugyanakkor az ára jóval kedvezőbb. Az eredményekből az is megállapítható, hogy a bazalt- és a kenderzálak hibridizációja nem hozott jelentős javulást a statikus tulajdonságokban. Ez egyrészt azzal magyarázható, hogy a kenderzálak hullámossága folytán a kompozit szinte izotróp, alig van irányfüggés, amit alátámasztanak az L3, L6 és L9-es anyagok szál- és keresztirányú tulajdonságai közötti minimális különbségek. Másrészt a kemény bazaltszál a gyártástechnológia során ugyan el nem szakította, de megtörte a kenderrostot (részleges szakadás), amely a kritikus szálhossz alá csökkenve nem tudott igazán erősítőhatást kifejteni. Ezt támasztja alá az L9-es anyag töretfelületéről készült SEM felvétel is (8. ábra), ahol jól látszanak a megtört kenderrostok.

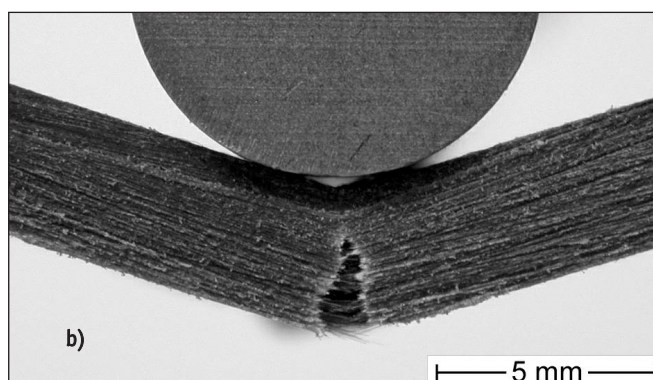
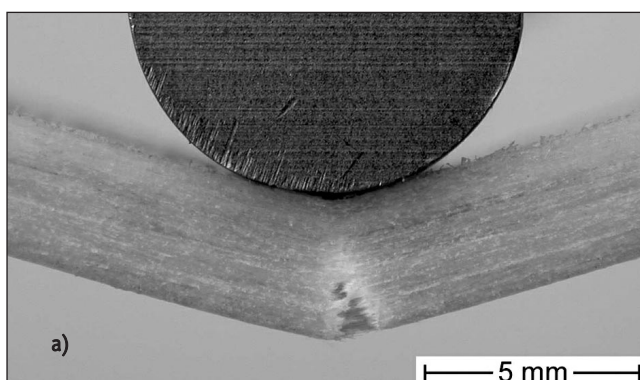
A hárompontos hajlításra igénybevett próbatestek tönkremenetelét elemezve elmondható, hogy törés az üveg- és szénszál monokompozitoknál, valamint

ezek bazaltszál hibridkompozitjainál következett be. A 9. ábrán a bazalt/üveg- (L7-es anyag) és a bazalt/szénszál (L8-as anyag) erősítésű, szálirányú hibridkompozitok hajlítóvizsgálatáról készített felvételek láthatók.

A fenti ábrákon megfigyelhető, hogy a tönkremenetel a húzott oldalon indul el úgy, hogy a keletkezett repedés a hajlítás támadásvonalában végigterjed a próbatest vastagsága mentén.

#### 4. Összefoglalás

A tűnemezeléssel kombinált kártolással, majd az azt követő melegpréssel előállított PP mátrixú bazalt-, kender-, üveg- és szénszál monokompozitoknak, valamint ezek bazaltszál hibridkompozitjainak statikus mechanikai vizsgálatát végeztük. Kimutattuk, hogy a vizsgált kompozitok anizotrópiája és mechanikai viselkedése elsősorban az erősítőszálak tulajdonságaitól függ. A törékeny bazaltszál-, illetve a hullámos kenderzál-erősítésű monokompozitok és ezek hibridkompozitjai csak kismértékű anizotrópiát mutattak, míg a szénszál és elsősorban az üvegszál monokompozitoknak, valamint ezek bazaltszál hibridkompozitjainak tulajdonságainál az irányfüggés már jelentős volt. Megállapítottuk, hogy a PP mátrixhoz képest minden esetben javultak a mechanikai jellemzők. A javulás mértéke összhangban van az elemi erősítőszálak tulajdonságaival és az árával is. Kimutattuk, hogy a bazaltszál hibridizáció a kenderzál kompozitok esetében csak csekély, míg a szén- és az üvegszál kompozitok esetében nagyobb mértékű javulást eredményezett az egyes mechanikai tulajdonságokban. Ezzel rámutattunk, hogy az olcsó bazaltszál kiválóan alkalmazható hibridkompozitokban.



■ **9. ábra.** Bazalt/üveg- (L7-es anyag) (a) és bazalt/szénszál (L8-as anyag) (b) erősítésű szálirányú hibridkompozitok hajlítóvizsgálat

## 5. Irodalomjegyzék

- [1] *Ginsztler J., – Hidasi B., Dévényi L.:* Alkalmazott anyagtudomány. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2002
- [2] *Czvikovszky T. – Nagy P., – Gaál J.:* A polimertechnika alapjai. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2000
- [3] *Czigány T.:* Bazaltszálás hibridkompozitok. MTA Doktori értekezés, Budapest, 2005
- [4] *Czigány T.:* Szálerősítéssel polimer mátrixú kompozitok. Kohászat. 134 (2001), 359-365
- [5] *Gutowsky T.G.:* Advanced composites manufacturing. Wiley & Sons, New York, 1997
- [6] *Mohanty A.K., – Misra M., – Hinrichsen G.:* Biofibers, biodegradable polymers and biocomposites. Macromolecular Material Engineering. 276/277 (2000), 1-24
- [7] *Wambua P., – Ivens J., – Verpoest I.:* Natural fibres: can they replace glass in fibre reinforced plastics? Composites Science and Technology. 63 (2003), 1259-1264
- [8] *Czigány T., – Vad J., – Pölöskei K.:* Basalt fiber as a reinforcement of polymer composites. Periodica Polytechnica, Ser. Mech. Eng. 49 (2005), 3-14
- [9] *Czigány T.:* Discontinuous basalt fiber reinforced hybrid composites. Chapter 17. pp. 309-328. In: Polymer Composites - from Nano- to Macro-Scale. (Eds.: Friedrich K., Fakirov S. and Zhang Z.), Springer, New York, 2005
- [10] *Czigány T.:* Basalt fiber reinforced hybrid polymer composites. Materials Science Forum. 473-474 (2005), 59-66
- [11] *Vas L.M., – Halász G.:* Textilszálak és fonalak lokális vizsgálata képfeldolgozással és a kötegpszilárdság becslése. Magyar Textiltechnika. 46 (1993), 29-34
- [12] *Pölöskei K., – Matkó Sz., – Czigány T., – Marosi Gy.:* Szál-mátrix határfelületi adhézió vizsgálata bazalt-szál-erősítésű polipropilén kompozit rendszerekben. Műanyag és Gumi. 40 (2003), 145-149
- [13] *Matkó Sz., – Anna P., – Marosi Gy., – Szép A., – Keszei S., – Czigány T., – Pölöskei K.:* Effect of reactive surfactants on the fiber-matrix adhesion in basalt fiber reinforced polypropylene composites. Macromolecular Symposia. 202 (2003), 255-267
- [14] *Friedrich K.:* Application of fracture mechanics to composite materials. Elsevier Science Publisher, Amsterdam, 1989

## Új végrehajtó bizottságot választott 2006-ra a FEMS

Az Európai Anyagtudományi Társaságok Szövetsége (Federation of European Materials Societies, FEMS) 2005. évi prágai közgyűlésén új vezetőséget és végrehajtó bizottságot választott. Az új elnök Prof. Dr.-Ing. Robert Singer, aki az erlangeni egyetem tanára és a Fémekek Tudományos és Technológiai Intézetének igazgatója. A FEMS új alelnökévé Bill Clyne-t választották. Ő a cambridge-i egyetem anyagtudományi karának egyetemi tanára.



Külön kitüntetés a magyarok számára, hogy 2006-tól a végrehajtó bizottság tagjai közé választották Prof. Dr. Kaptay Györgyöt, a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának dékánját. Őt a FEMS magyar tagszervezete, az OMBKE ajánlotta a bizottságba. Kaptay professzor sokirányú érdeklődésű tudós, aki elsősorban termodinamikával és a felületi jelenségek tudományával foglalkozik.

✍ -ok-

## ■ MŰSZAKI-GAZDASÁGI HÍREK

**Svédország 2020-ban már nem használ kőolajat.** Bár olajfelhasználása most is csak összes energiaigényének alig több mint egyharmadát teszi ki, a svéd kormány célja: 2020-ra Svédországnak teljes mértékben függetlenednie kell az olajipartól. A kieső nyersanyagot nem atomerőművek révén, hanem megújuló energiaforrásokkal kívánják pótolni.

A svédek célkitűzése, összehasonlítva az ilyen szempontból legelőrehaladottabb célkitűzésekkel, igazán jelentősnek mutatkozik: Izland legkorábban 2050-re tervezi, hogy az összes közlekedési eszköz hidrogén-meghajtású lesz, és elektromos áramellátását is megújuló energiaforrásokból nyeri.

Brazília öt év múlva tervezi a tömegközlekedéshez szükséges üzemanyag nyolcvan százalékát etanollal fedezni, a britek pedig, akik több szakértő véleménye szerint is a legjobb adottságokkal rendelkeznek szél-erőművek, valamint árapályerőművek felépítéséhez, 2012-re 12 százaléknyi megújuló energia termelését tűzték ki célul. Svédország ezzel szemben 2003-ban energiaigényének már több mint 26 százalékát fedezte megújuló energiaforrásokból, miközben az EU-átlag alig haladja meg a 6 százalékot.

☞ [www.fn.hu](http://www.fn.hu)

**Erősek a nanocsövekből készült habok.** Amerikai kutatók habot állítottak elő több-

szörös falú szén-nanocsövekből. Az elvégzett kísérletek szerint a nanocsövek eredeti méretük kevesebb mint 15%-ára nyomhatók össze és tízezer terhelési ciklust bírnak ki.

A szénnanocsövek kivételes kombinációja az erőnek, a rugalmasságnak és a kis sűrűségnek, ami vonzó és érdekes anyag-gá teszi ezeket, az erős és ultrakönnyű habszerű szerkezetek körében – mondta a kutatásokban résztvevő Rensselaer Műszaki Főiskola munkatársa, Pulickel Ajayan.

Ajayan és kollégái párhuzamos elrendezésű, többszörös falú szén nanocső tömböket hoztak létre kémiai gőzfázisú rétegelőállításal (CVD). A nanocsövek egy nyílt cellás, azaz parányi nyitott levegőcellákból álló habrendszert alkottak, megközelítőleg 87%-os porozitással.

A szénnanocsövekből előállított hab amellett, hogy rendkívül szilárd – nyomószilárdsága 12-15 MPa –, kifejezetten rugalmas. A jelenlegi kis sűrűségű rugalmas habok nyomószilárdsága, mint például a latex és a poliuretán, általában 20-30 kPa.

A nanocső-habokat alkalmazni lehet az erőhatásokat tompító párnázó anyagokként, energiaelnyelő bevonatokként, vagy akár különböző elektromechanikai eszközöket (pl.: kisebb tárgyak mozgására alkalmas aktuátorok) is lehet belőlük konstruálni.

☞ *Metalforum 82. sz.*