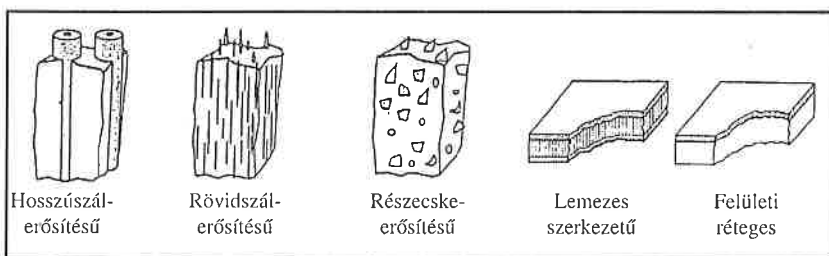


A kerámiaszál mint a polimerek erősítőanyaga

Szabó Jenő Sándor* – Dr. Czigány Tibor**

Bevezetés

A kompozitok, vagy más néven: a társított szerkezeti anyagok szerves és szervetlen anyagfajták kombinálásával célirányosan megtervezett és előállított összetett szerkezeti anyagok; változatos szerkezettel és ennek köszönhetően igen eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek. A kompozitok attól függően, hogy az erősítőanyag milyen formában (alakban) kerül az beágyazó anyagba (mátrixba) lehetnek részecskeerősítésű kompozitok, szálerősítésű kompozitok, rétegelt (szendvics-szerkezetű) kompozitok, és felületi réteggel bevont kompozitok (1. ábra).



1. ábra. A kompozitok felépítése

A beágyazó anyag minőségétől függően megkülönböztetünk fém-, kerámia-, és műanyag-mátrixú kompozitokat [1].

A szálerősített műanyagok (polimer kompozitok) előállítása, feldolgozása már az 1900-as évek elején megkezdődött, és 1942-ben már előállították az első üvegszállal erősített, telítetlen poliészter mátrixú laminátot a légi, a vízi és a szárazföldi közlekedés számára. A teherviselő polimer szerkezeti elemek erősítőanyagaitól elvárt növekvő igények arra ösztönzik a kutatókat, hogy mindig jobb és újabb kompozit struktúrákat próbáljanak ki.

A cikk célja kerámiaszál-erősítésű polimer kompozit szerkezeti anyag létrehozásának és vizsgálatának bemutatása. A polimer mátrixhoz társított kerámia erősítőanyag ipari alkalmazása nemzetközileg is újszerű, és mivel beszerzési ára nagyon magas, ezért nincsenek publikált műszaki és technológiai adataink, illetve leírásaink. A kerámiaszálak erősítőanyagként való alkalmazását a NASA is vizsgálja, azonban e tárgyban kevés közleményük nyilvános.

Kerámiák

A kerámia elnevezés a görög kiégetett szóból ered. Egykor kizárólag az agyagból ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$), kaolinból (porcelánföld) kialakított, majd kiégetett cserépporcelán tárgyakat értették kerámia alatt. Az égetett anyag megjelenése az i.e. 12-11. évezredre tehető. A kerámia ma már gyűjtőfogalom. Ez alá tartozik minden, az ember által készített szervetlen anyag, amely nemfémesen viselkedik. A fémektől tehát az különbözteti meg, hogy hiányzik a villamos vezetést és az alakíthatóságot lehetővé tevő szabad elektronfelhő. Ezért rendszerint nagy a villamos ellenállásuk és ridegek is. A fémekkel ellentétben a kerámiák villamos ellenállása a hőmérséklet növelésével csökken. A szerves anyagoktól és a polimerektől abban különböznek, hogy nem gyenge Van der

Waals erőkkel összetartott molekulákból állnak, hanem a szerkezetüket az atomok szabályos térbeli elrendeződése jellemzi. Ez kristályos anyagszerkezetre utal, szemben az üvegekkel és a polimerekkel.

A kerámiákat a szerkezetük és a kötéstípusuk (ionos vagy kovalens) által meghatározott különlegesen jó tulajdonságok jellemzik, mint például kis sűrűség (az esetek többségében), nagy olvadáspont, nagy rugalmassági határ, nagy keménység, nagy kopásállóság, nagy nyomószilárdság, nagyfokú kémiai stabilitás, nagy melegsziárdság, nagy korrózióállóság, nagy fajlagos villamos ellenállás: 10^7 - $10^{16} \Omega m$, jó polarizálhatóság, nagy fajlagos dielektromos állandó ($\epsilon = 50$ - $80 F/m$).

Ugyanakkor hátránya a ridegség, törékenység, a mikrorepedések jelenléte, a kis hőszokkállóság, a nehéz gyárthatóság és a magas ár.

A kerámiák nyersanyaga az esetek többségében oxid alapú ásványok formájában található meg a természetben. Így pl. a kvarc (SiO_2) a kaolinban, a földpátban ($Al_2O_3 \cdot K_2O \cdot 6SiO_2$) vagy a homokkőben található meg apró szemcsék formájában, az Al_2O_3 pedig a bauxitból nyerhető ki.

A megtisztított ásványt rendszerint aprítani és őrölni is szükséges a további feldolgozáshoz.

A jó műszaki kerámiák nem állíthatók elő közvetlenül az ásványokból, hanem ezeknek csak a különleges eljárásokkal feltárt, megfelelő tisztaságú összetevőiből. Ez a porgyártás technológiája, amelyre sokféle módszer létezik. A porok alakra hozásának lehetősége (alakadása) azok fizikai tulajdonságaitól, elsősorban olvadáspontjától függ. Csak az $1700^\circ C$ alatti olvadáspontú anyagok dolgozhatók fel olvasztásos technológiával.

Kerámiaszálak

Az alumínium-szilikát vagy alumíniumoxid szálaknak is nevezett kerámiaszálak azok az újszerű műszaki szálak, amelyeket elsősorban az azbeszt helyettesítésére fejlesztettek ki, és amelyeknek kitűnő a hő- és lángállósága. Fő komponenseik az Al_2O_3 és a SiO_2 , ezen kívül különböző más fém-oxidokat és kevés szerves anyagot is tartalmaznak. A kerámiaszálak nem rendelkeznek textiljellemzőkkel, ezért fonallá való feldolgozásukhoz vivőszálakat kell alkalmazni és főként műszaki célokra (szigetelés, tömítés, erősített rendszerek) alkalmasak [1].

A kerámiaszálakat többnyire nagy tisztaságú timföld-szilikát keverékből állítják elő. Az alumínium-oxid és a szilícium-oxid keveréket adalékokkal – például szódával, bóraxszal vagy cirkóniummal – együtt elektromos olvasztókemencében kb. $2000^\circ C$ -on megolvasztják. Az olvasztást öntés közben gőzzel átfúvatják, aminek következtében laza, bolyhos, fehér szálak keletkeznek. Ez a nyersanyag biztosítja a tűzálló termékek hőállóságát, a szálak megfelelő súlyát és rugalmasságát. A nyers szálak előállítása céljából az előkeveréket mossák, összegyűjtik és nemezelik. Ezzel az eljárással távolítják el az el nem szálasodott részecskéket és a zárványok legnagyobb részét (az előanyagok kb. az 50%-át olyan részecskéket alkotják, amelyek nem szálasodnak el). Akkor lesz jó szigetelőképeségű az anyag, ha a lehető legteljesebb mértékben eltávolítják a nem szálak részecskéket. A nyers szál hőállóságát lényegében az alapkeverék timföldtartalma határozza meg. A timföld a tűzálló alkotórész, amely az amorf-kristályos szerkezetátalakulás közben csökkenti a zsugorodást. A legtöbb alkalmazásnál ez a zsugorodás-csökkenés biztosítja $1000^\circ C$ feletti hőmérsékleten a tartós használhatóságot. Az így előállított, pehelyként kicsapódó szálak anyag-

* szigorló gépészmérnök hallgató,

** egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Polimertechnika és Textiltechnológia Tanszék; 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3. e-mail: czigany@eik.bme.hu

nak nincs textilkaraktere, ezért vívőszálakat (pl. pamutot vagy viszkózt) és segédanyagokat kell hozzákeverni, hogy fonható legyen. Az előkészítés során a nyers kerámiaszálakat keverő-berendezésben más szálal anyagokkal, vagy töltőanyagokkal felazítják, forgatják, és jól elkeverik, majd adagolóaknába teszik. Többnyire 15-20% szerves vívőszálal adnak hozzá, amelynek fő feladata, hogy lehetővé tegye a textillé való feldolgozást. Az adagolóaknából a kártológépre kerül az anyag. A kártolás után fátolszalag-mángorlóval előfonalat készítenek, amely a fonógépen sodratot és ez által szilárdságot kap. Ilyenkor más anyagok, pl. üvegszál, rozsdamentes acélrótt (hőterhelhetőség kb. 800 °C-ig) vagy krómnikkel acélrótt (hőterhelhetőség kb. 1050 °C) hozzáadásával változtatható a fonál felépítése. A megfelelően feldolgozott fonalakat vagy közvetlenül felhasználják vagy további feldolgozás során zsinorgeket, cérnákat, szövöket és tömlöket vagy tömítőfonatokat készítenek belőlük [3].

Egy másik publikált eljárás mód szerint 1987 óta gyártanak kerámiaszálakat. Ezek nyersanyaga szilícium-dioxid és agyag 1:1 arányú keveréke, melyet elektromos kemencében 1900 °C-on megolvastanak. A szálakat az üvegszálak húzásához hasonló, olvadékfúvási technikával készítik. Az olvadék a speciális szálképzőfejet apró cseppek formájában hagyja el. Ezek hamar felgyorsulnak és túlhevített gőz erős áramával kerülnek érintkezésbe. A szálképzési folyamat elősegítésére megfelelő viszkozitású és nagy hőstabilitású, speciális szereket adnak a gőzáramba. A szuperszonikus áramlásban a cseppek egy része különböző vastagságú szálakká nyúlik, míg az olvadék egy része nem szálal vagy részben szálal formává szilárdul. A szálal és nem szálal alkotórészek egyensúlya különböző tényezőktől, így a $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ aránytól, az olvadék hőmérsékletétől és az olvadék, valamint a segédanyagok arányától függ. A hirtelen lehűtés sebessége határozza meg a szálalmérőt és a szálal termék struktúráját. A szálal ez után egy speciális kamra alján elhelyezett, hálós szerkezetű szállítószalagra rakódnak, ahol fátolformát alkotnak. A szállítószalag és a szálképzőfejből kijövő olvadék relatív sebessége határozza meg a fátol vastagságát. A szállítószalag alatti csökkentett nyomás elősegíti a szálal anyag lerakódását és a szállítóközeg eltávolítását. Ezeket a kerámiaszálakat dolgozzák fel fonalakká. A fonásnál viszkóz- és pamutszálakat használnak vívőszálként. Megvizsgálták poliészter, poliamid, gyapjú és üveg vívőszálal alkalmazhatóságát is. A Drezdai Műszaki Egyetemen új fonalgártási eljárásokat dolgoztak ki, remélve, hogy ezekből védőruhák is készíthetők majd [4].

Mivel a kerámiaszálak különböző eljárásokkal készülnek, és nagyon eltérő lehet az összetételük, ezért fizikai jellemzőik, különösen szilárdságuk és rugalmassági modulusuk is tág határok között változnak. Az 1. táblázatot a kerámiaszálak néhány jellemzőjét mutatja be.

1. táblázat. A kerámiaszálak jellemzői

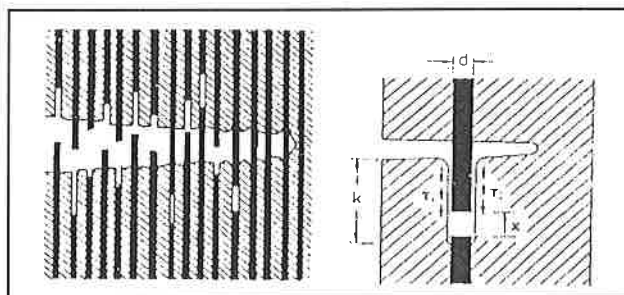
Sűrűség, [g/cm ³]	2,5–3,3
Húzószilárdság, [GPa]	0,6–2,4
Rugalmassági modulus, [GPa]	70–385
Olvadáspont, [°C]	1630–2000
Hőállóság, [°C]	900–1450

Kerámia-kompozitok

A kerámia anyagok alkalmazását viszonylagos ridegségük hátráltatja, amely abból ered, hogy ütősszerű mechanikai igénybevételkor vagy hirtelen hőmérsékletváltozáskor a bennük ébredő feszültségcsúcsokat – a fémekkel ellentétben – nem tudják leépíteni. Amíg az acél törését jelentős képlékeny alakváltozás előzi meg, amely nemcsak előre jelzi a törést, de jelentős energia elnyelő tulajdonság is, és képes megállítani a repedés terjedését is, addig a kerámiánál a repedés csúcsa előtt kialakuló feszültségekre nagy hatással vannak az inhomogenitások, a pórusok, a mikrorepedések és olyan energiaigényes jelenségeket okoz-

nak, mint repedés-elágazás, mikrorepedés képződés és repedésnövekedés. A repedéssel szembeni ellenállás növelése egyben a szilárdság növelését is jelenti. A katasztrofális törés csak úgy akadályozható meg, ha a jelenlévő inhomogenitások a már terjedőben lévő repedéseket feltartóztatják. Ez történik a szálalakkal, a diszperz fázissal, vagy az ún. rövid szálalakkal, pl. tükristályokkal erősített kerámiákban. Ezek a kompozitok képezik jelenleg a fejlesztés és felhasználás fő irányát.

A szálerősítéses kompozit törési folyamatát mutatja be a 2. ábra. Az ábrán a törési folyamat jól követhető. Látható, hogy a repedés csak úgy terjedhet az alapanyagban, ha az erősítőszál elszakad és/vagy kihúzóódik, ami jelentős energiaelnyeléssel jár együtt.



2. ábra. Szálerősítésű kompozit törési folyamata és a szál kihúzóódása

A kerámia-kompozitok közül a mátrix és az erősítőanyag párosítás tekintetében az alább felsoroltaknak van ma gyakorlati jelentősége (a megnevezésben a mátrix anyaga szerepel első helyen):

Kerámia – fém kompozitok

Ide sorolhatók a fémmel átítatott kerámia vázszerkezetek, mint pl. az $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Al}$, SiC-Al stb. Ezekben a rendszerekben az átmeneti réteg eltéríti a repedéseket, és ezért azok nem terjednek a határfelületről a teherhordó kerámia belsejébe. Leggyakrabban a kis sűrűségű fémeket (Al, Ti) alkalmazzzák. Ebbe a csoportba sorolhatjuk a vasbetont is, sőt az üveg-fém szálalakkal (hosszú vagy rövid szálalakkal) erősített betont is.

Fém-erősítéssel javítható a kerámia hővezető képessége és elektromos vezetőképessége. Hőtágulásuk ugyanakkor kicsi lehet. Az ilyen kompozit mikroáramkörök hűtőfelületeként alkalmazható.

Fém – kerámia kompozitok

Fő alkalmazási területük a magas hőmérsékleten is nagy szilárdságot igénylő alkatrészek gyártása, illetve a könnyűfémek előretörésével azok szilárdságának növelése. De ilyen anyagnak tekinthetjük például a keményfémeket. A Co mátrixba ágyazott WC szemcsés kompozit jó hővezető, kicsi a hőtágulása, és az új előállítási technológiával (ultraszubmikronos szemcsenagyság, izosztatikus melegsajtolás, gátolt szemcsenövekedés a szinterelésnél) nagy hajlítási szilárdság érhető el. Ma már általánosnak tekinthető az aranyszínű TiN bevonatok mellett kifejlesztett, még keményebb komplex-nitrid bevonatok alkalmazása a szerszámacélok felületén, melyek kétszeresére növelik a forgácsolószerszám éltartamát. Félüzemi kísérletek folynak kőbős bornitrid és gyémánt bevonatokkal is.

Polimer mátrixú szálerősítésű kompozitok

A polimer mátrixú kompozitok a legdinamikusabban fejlődő kompozitcsalád; erősítőanyagként fém-, üveg-, karbon-, len-, bazalt-, bőr-, trópusinövény-szál stb. használatos. Felhasználási területük az építőipartól a sporteszközökön és a haditechnikai alkalmazáson, valamint a háztartási termékeken át a repülőgépek építéséig terjed. Ezeknek a megfelelő szilárdságú, jó rezgésállapító, de kis ütésállóságú kompozitoknak a tulajdonságai – az egyirányú erősítés miatt – nagyon anizotropok.

Ebbe a csoportba sorolhatjuk azt a – már a kereskedelmi forgalomban (Hamat hibrid anyag néven) is kapható – réteges felépítésű, szendvicsszerkezetű polimer-alumínium (esetleg titán) kompozitot, melyet például repülőgépek építéséhez használnak fel.

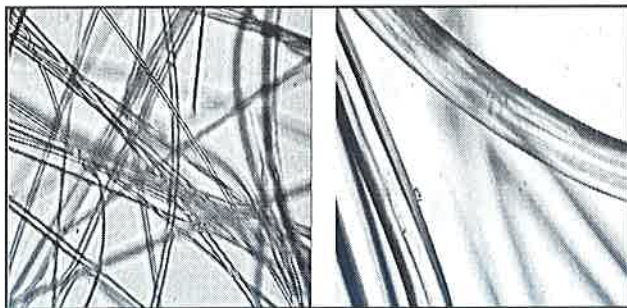
A kerámiaszál-erősítésű polimer kompozit

A kísérletekhez felhasznált anyagok

A kompozit matrixául a kereskedelmi forgalomban is kapható PP 100 Tipfil márkajelű polipropilént használtuk, amelyhez – az előzetes szakirodalmak tanulmányozása alapján [5] – 30 tömegszázalék Kerlane 50 A típusú kerámiaszálát társítottunk. Ez az arány megfelelő támpontot szolgáltat a vizsgálatok későbbi kiterjesztéséhez.

A kompozit előállítása több nehézséggel is járt, mivel a bála formájában rendelkezésre álló szálak hosszúsága és átmérője erősen inhomogén volt. A szálak geometriai méretét a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Polimer és Textiltechnológia Tanszékén határozták meg. A szálátmérőt fajtánként (Kerlane 50 A és PP 100 Tipfil) 50 darab (JIS R 7601 szabvány) mintán mértük meg; a befogási hossz 10 mm volt (MSZ 10778/6).

A szálak átmérőjét a Projectina 4014/BK-2 típusú vetítőkroszkóphoz illesztett videokamerás képfeldolgozó rendszerrel, áteső fényben, 500-szoros nagyításban mértük. A 3. ábrán látható fényképfelvételeken a kontúrszélességet a szűrkeségifok-eloszlás inflexiós pontjai közt mért távolságként értelmeztük. A leolvadás pontossága: 0,1 mm. A mérések megkezdése előtt a rendszert optikai ráccsal hitelesítettük. Egy-egy szálon három keresztmetszetben mértük az átmérőt [6].



3a. ábra. A kerámiaszálakról készült felvétel

3b. ábra. A PP-szálakról készült felvétel

A papírablakra ragasztott, és a már ismert átmérőjű szálakat Zwick 1464 típusú szakítógéppel, $v = 2$ mm/perc sebességgel szakítottuk; a nyúlást finomnyúlásmérővel mértük. Kivételt képeztek a polipropilén minták, mivel a szakadás előtt megindult a nyakképződés hatására a szakadás csak több perc elteltével következett be. A műszálakra vonatkozó szabványok a szakítási sebesség beállításához a vizsgálat időtartamát írják elő, mely 20-30 másodperc kell, hogy legyen, ezért a sebességet megnöveltük $v = 50$ mm/perc-re. A mért eredményeket részleteSEN a 2. táblázat tartalmazza.

A kompozit előállítása

Az előgyártmány orientálását nagyüzemi Befama 3K típusú, többhengeres kártológépen végzett kártolással és tűnemezeléssel értük el. Ehhez felhasználtuk a kézi kártológépen szerzett tapasztalatainkat [7], és már az első alkalommal is a mátrix anyagául szolgáló PP-szálakat, mint vivőszálakat alkalmazva, keverve adagoltuk a gépbe, amely elősegítette a hengerek közötti távolság áthidalását és a tökéletesebb keveredést is. Itt is megfigyelhető volt, hogy a nagyon rövid kerámiaszálak kihullottak a gép hulladékgyűjtőjébe, de a hosszabb szálak jól láthatóan orientálódtak, és jól keveredtek a vivőszálakkal. Itt az előzőekből okulva már 50-50%-os arányban adagoltuk a szálakat a kártológépbe, amit a kísérleti mérések később igazoltak, ugyanis így sikerült megközelíteni a 30%-os erősítőanyag-tartalmat.

Kártolás után a vastag paplanszerű anyagot tűnemeztük, melynek során tömörödött a paplan, ami némi száltöredezést okozott ugyan, de

2. táblázat.

A felhasznált szálak mechanikai és geometriai tulajdonságai

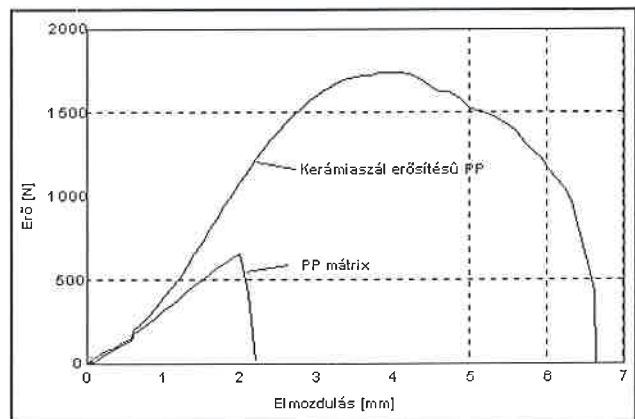
Kerlane 50 A	d_{all} [μm]	A [μm^2]	F_s [N]	Δl_s [mm]	$0,4F_s$ [N]	$\Delta l_{0,2}$ [mm]	$\Delta l_{0,6}$ [mm]	σ_s [MPa]	ϵ_s [%]	E [MPa]
Állag	5,91	28,37	0,023	0,15	0,009	0,03	0,09	828	1,50	59 964
Szórás	1,07	10,81	0,011	0,06	0,004	0,01	0,04	306	0,62	13 032
Rel.szórás[%]	18,15	38,09	46,020	41,46	46,020	45,12	40,60	37	41,46	22
Min	3,77	11,14	0,006	0,04	0,002	0,01	0,02	210	0,36	25 899
Max	9,00	63,62	0,055	0,36	0,022	0,09	0,21	1663	3,56	83 948
PP 100 Tipfil	$d_{\text{inf all}}$ [μm]	A [μm^2]	F_s [N]	Δl_s [mm]	$0,4F_s$ [N]	$\Delta l_{0,2}$ [mm]	$\Delta l_{0,6}$ [mm]	σ_s [MPa]	ϵ_s [%]	E [MPa]
Állag	34,28	936,57	0,305	11,02	0,121	0,37	1,18	331	44,07	4 197
Szórás	4,15	230,58	0,064	4,04	0,023	0,04	0,10	56	16,17	851
Rel.szórás[%]	12,11	24,62	20,870	36,69	19,170	11,76	8,75	17	36,69	20
Min	23,73	442,39	0,150	2,73	0,088	0,28	1,00	235	10,90	2 890
Max	46,40	1690,93	0,480	17,70	0,196	0,45	1,45	579	70,80	7 029

az ezt követő préseléskor elkerülhetővé vált, hogy túl sok légbuborék maradjon benn a 2 mm vastag lemezzé préselt kompozitban. A préselést a P 200 T COLLIN típusú présgépen végeztük $T = 190$ °C-on és 20 bar nyomáson.

Összehasonlításképpen a PP-szálakból is készítettünk – az előbbiekkal azonos technológiával – erősítés nélküli, 2 mm vastag PP lemezeket (PP mátrix). Mind ezekből, mind a kompozit lemezekből munkáltuk ki a mechanikai vizsgálatához szükséges próbatesteket.

Mérési eredmények

A törésmechanikai vizsgálatokhoz SEN-T (Single Edge Notched Tensile) próbatesteket alkalmaztunk, amelyeket a mérés előtt az erősítőszálak irányára merőlegesen pengével bemetszettünk. Mindkét anyagcsoportból 5-5 darab próbatestet állítottunk elő (a legnagyobb és legkisebb mérési értékeket elhanyagoltuk). A szakítóvizsgálatokat Zwick-Z020 típusú univerzális szakítógéppel végeztük 2 mm/perc szakítási sebességgel, szobahőmérsékleten. A mátrix és a kompozit jellemző szakítódiagramja a 4. ábrán látható.



4. ábra. A mátrix és a kompozit erő-elmozdulás diagramja

A feszültségintenzitási tényezőt az (1) egyenlet alapján határoztuk meg. A mérési eredményeket a 3. táblázat tartalmazza.

$$K_c = \frac{F_{\text{max}}}{B \cdot W} \cdot a^{1/2} \cdot f(a/W) \quad (1)$$

ahol: F_{max} az F - ΔL görbéhez tartozó maximális erő értéke
 B a próbatest vastagsága
 W a próbatest szélessége
 a a repedéshossz fűrészrel és pengével hornyolt együttese
 $f(a/W)$ geometriai korrekciós tényező, amely a (2) egyenlet alapján számítható

$$f(a/W) = 1,99 - 0,41(a/W) + 18,7(a/W)^2 - 38,48(a/W)^3 + 53,85(a/W)^4 \quad (2)$$

3. táblázat. A PP mátrix és a kerámiaszál-erősítésű kompozit feszültségintenzitási tényező értékei

	Próbatestek	$K_c [MPa\sqrt{m}]$	$\overline{K_c} [MPa\sqrt{m}]$
PP-mátrix	1	4,49	4,28 ± 0,20
	2	4,09	
	3	4,25	
Kompozit	1	7,71	7,37 ± 0,33
	2	7,36	
	3	7,05	

A diagramokból és táblázat eredményeiből megállapítható, hogy a kerámiaszálak jól beépültek a mátrixba, aminek hatására nagyfokú rugalmasságnövekedés tapasztalható a kompozitban a mátrixhoz képest. Ennek lehetséges magyarázata, hogy a kerámiaszálak végei feszültségkoncentrációs pontokként működnek és a PP-ben mikroüregképződést okoznak. Ezek eloszlása olyan egyenletes, hogy további mikrorepedések okozói. Ennek makroszkopikus megnyilvánulása pedig az észlelt szívósság. Ennek bizonyítása további fraktográfiai elemzéssel (pásztázó elektronmikroszkóp) elvégezhető.

Összefoglalás

Kerámiaszál-erősítésű polipropilén kompozitot fejlesztettünk ki a kártozásos és tűnemezelési technológia kombinálásával. SEN-T próbatesteken vizsgáltuk a kompozit törésmechanikai jellemzőit, és megállapí-

tottuk, hogy a mátrixhoz képest a feszültségintenzitási tényező értéke közel kétszeresére nőtt, és az előállított kompozit a mátrixhoz képest képlékenyebben viselkedik. További megoldásra váró feladat a szál-mátrix határfelületi kapcsolat erősségének javítása a szálak megfelelő kémiai kezelésével.

Köszönetnyilvánítás

Az eredmények megjelenését az Országos Tudományos Kutatási Alap (OTKA T029034) és az Oktatási Minisztérium (TÉT MAL/5) pályázata támogatta. A szerzők ezúton köszönik Balogh Krisztinának a szálak mérésénél nyújtott segítségét.

Irodalomjegyzék

- [1] Artinger I., Csikós J., Krállics Gy., Németh Á., Palotás B.: Fémek és kerámiai technológiája Műegyetemi Kiadó, Budapest, (1999)
- [2] Blumberg H.: Chemiefasern/Textilindustrie 35/86 11, 808-816 (1984)
- [3] Chemiefasern/Textilindustrie 38/90 3. T13-15 (1988)
- [4] Maslovski E.: America's Textiles International (ATI) 16/9, 170-180 (1987)
- [5] Füzes L.: Műanyagok - Anyag- és technológia kiválasztás, Budapest, Bagolyvár Könyvkiadó, 1994.
- [6] Balogh K.: Kordcérna szakítószilárdsági jellemzőinek hasznosulása a többszintű kordcérna szerkezetekben, Diplomaterv, BME, (1996)
- [7] Tóth J., Czigány T.: Ceramic fiber reinforced polypropylene composite as engineering material (Springer, Vol.1, 330-334), 2000.05.25-26. Budapest, Gépészet'2000

KÖNYVISMERTETÉS

Terplán Zénó:

Iffjan – Éretten – Öregen

– 80 kérdés-válasz közel nyolc évtizedről –
Beszélgetőtárs: Tóth László

Az interjúkötetet Terplán Zénó akadémikus 80. születésnapjára jelentette meg a Technika Alapítvány. A köztisztelőnek örvendő tanszék-alapító gépészmérnök, – a gépelemek, különösen a fogaskerekek, hajtóművek, fogaskerék-bolygóművek nemzetközileg is elismert szaktekin-télye –, a tőle megszokott közvetlenséggel és őszintén válaszolt beszélgetőtársának – az egykori tanítvány: Tóth László professzor – kérdéseire.

A könyv *Prológus*ában a kérdező vall a megkérdezettől, kapcsolatuk alakulásáról. A kérdések – a meghiitt beszélgetés hangulatát is felidézve – nem szigorú időrendben váltják egymást, hanem követik a válaszok kínálta természetes kíváncsiság látszólag csapongó útját, hogy a rájuk adott válaszokból a könyv végére érve mégis a lehető legteljesebb képet kaphassuk magáról a céljai eléréséért, a családja boldogulásáért, a váratlan nehézségekkel végül is sikeresen megküzdő emberről, a kölcsönös tisztelettel, szeretettel és segítőkészséggel megteremtett biztos családi háttérrel, valamint a munkatársi, baráti közösségekről, melyek a ki-egyensúlyozott és tevékeny emberi élet alapjai. A beszélgetéskötetet az *Epilógus* zárja, melyben a megkérdezett vall a kérdezőről, és a „művészi módon” megfogalmazott kérdéseiről.

A kérdésekre adott válaszok keltette életképek formálódását számos fotó, grafika (többségüket az egykori tanítvány: Péter József rajzolta), kézírásos és hivatalos dokumentum fakszimiléje segíti. A részletek, valamint a szakmai életút iránt érdeklődő a válaszáért kikeresheti a könyv függelékében felsorolt forrásmunkák valamelyikének bibliográfiai adatát.

A sikeres életút hátterébe, „titkaiba” bepillantást engedő – jól szerkesztett és szép kivitellű – interjúkötet hangulatos és tanulságos olvasmány, amelyet jó szívvel ajánlhatok mindenkinek, különösen a pályakezdő, a családalapítás előtt álló fiataloknak.

Lehofer Kornél

Prof. M. Tisza:

Physical Metallurgy for Engineers

A Miskolci Egyetem Mechanikai Technológia Tanszék vezetőjének, dr. Tisza Miklós professzornak 2000-ben írt magyar nyelvű tankönyvének – amelyben a gépészmérnököknek szükséges metallográfiai ismeretanyagot tárgyalja – angol nyelvű változata jelent meg ez évben az ASM International Materials Park Ohio és a Freund Publishing House Ltd. London – Tel Aviv kiadó gondozásában. Ez egyben a tankönyv szakmai értékét is minősíti.

Szerző a könyv első hét fejezetében összefoglalja a kristálytani alapismereteket, a fémek kristályos szerkezetét, a kristályosodási folyamat törvényszerűségeit, különös tekintettel a kétalkotós ötvözetek jellemző egyensúlyi diagramjaira (szilárd oldat, eutektikum, vegyületképződés, allotrop átalakulás), a diffúzió törvényszerűségeit, az egyfázisú fémes anyagok mechanikai jellemzőit, a képlékeny alakváltozás és az újrakristályosodás mechanizmusait, valamint mindezek anyagvizsgálási módszereit. További négy fejezet a kétalkotós vasötvözetekkel, a Fe-Fe₃C rendszerrel, az acélok izotermikus és folyamatos átalakulásának mechanizmusával, az ötvözetlen és az ötvözött acélokkal foglalkozik. Külön érdeme a könyvnek a korszerű acélfejlesztés irányzatainak és ezek anyagtudományi hátterének a bemutatása. Végül egy-egy fejezet az öntöttvasakat, illetve a nemvas fémeket és ötvözeteket tárgyalja. A könyvet 32 irodalmi hivatkozás és egy igen jól használható tárgy-mutató egészíti ki. A könyv nagyban segítheti az angol nyelvű szak-képzést hazánkban.

Dr. Tóth László

Helyreigazítás. Lapunk ez évi 2. számában a *Beszámoló a 15. Roncsolásmentes Vizsgálatok Világkonferenciájáról* című cikk társszerzőjét, **Takács Norbertet**, a Debreceni Egyetem Szilárdtest Fizika Tanszék munkatársát a cikk koordinátora véletlen elírással Nándorra keresztelte. Az érintettől és olvasóinktól szíves elnézést kér a szerkesztőbizottság.