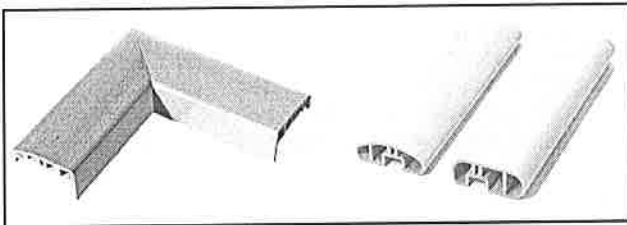


# Farost-erősítésű polimer kompozitok fejlesztése

Kocsis Zoltán\* – Czigány Tibor\*\*

## Bevezetés

A farost alkalmazása polimer kompozitokban nagy múltra tekint vissza. Napjainkban azonban ismét fellendült gyártása és alkalmazása, amelyet a farost, mint olcsó erősítőanyag újralfelfedezése, illetve az egyre szigorodó környezetvédelmi előírások váltottak ki. A felhalmozódó hulladék jelentős részét műanyagok alkotják, amelyek kis sűrűségük miatt a hulladéktérfogat ugrásszerű növekedését okozzák. A polimerek újrahasznosítása jelentősen csökkenti a hulladékmennyiséget, és ennél fogva az általuk okozott környezeti terhelést. A törekvések célja ezért elsősorban olyan anyagok kifejlesztése, amelyek jelentősebb minőségszinttel újrahaznosíthatók [1], illetve olyan polimer kompozitok előállítását, amelyekben a hagyományos erősítő- és töltőanyagok helyett megújuló alapanyagokat használnak [2]. A hagyományos szálerősítőkkel összevetve a cellulóz alapú szálak sűrűsége jóval kisebb, ezért ilyen szálakat alkalmazva figyelemre méltó tömegcsökkenés érhető el, amelynek előnyeit elsősorban az autóipar és a bútortipar használja ki (1. ábra [3]).



1. ábra. Extrudált profilok farost töltéssel

Az ilyen fajta polimerek feldolgozásának alapvető technológiái a fröccsöntés és az extrudálás, ahol a nagyfokú töltöttség miatt a feldolgozás-technológia extrém gépteljesítményt kíván. Fröccsöntés esetében nem ritka az 1800 bar fröccsnyomás. A manapság alkalmazott feldolgozógépek teljesítménye már lehetővé teszi, hogy ezekkel a technológiákkal akár 80 tömegszázalékos (m%) töltöttségű kompozitokat állítsanak elő nagy pontossággal.

Farost alkalmazásával az eddig használt erősítőanyagokkal összehasonlítható mértékű a mechanikai tulajdonságok javulása is. A gyakorlati élet szempontjából talán az egyik legfontosabb tulajdonság a hajlítási rugalmassági modulus, amelynek tulajdonságjavulása esetenként több mint 100% [4]. A szakítószilárdság növelése az erősítőszálak megfelelő felületkezelésével lehetséges, hiszen a mátrix és a szálak tapadása eltérő polaritásuk miatt természetes állapotukban csekély mértékű [5]. A szál-mátrix határfelületi adhézió tapadásközvetítő adalékok segítségével javítható [6]. A nagyobb mértékű tapadás során érvényesül a mátrix és az erősítőanyag kölcsönös egymásra hatása, amely a mechanikai tulajdonságok javulásában mutatkozik meg.

A természetes szálakkal erősített polimer kompozitok nedvességfelvétele jelentős lehet a szálak abszorpciója miatt. Ennek kiküszöbölése felületkezelő adalékokkal csak részben oldható meg [7]. A nedvességfelvétel hatására a termékek méretei és mechanikai tulajdonságai megváltoznak, ami az illesztések szempontjából rendkívül kedvezőtlen jelenség. A rosttartalom növekedésével egyenes arányban növekszik a felvett nedvesség mértéke, aminek 60–70 m% erősítőanyag-tartalom esetén már figyelemre méltó hatása van az említett tulajdonságokra.

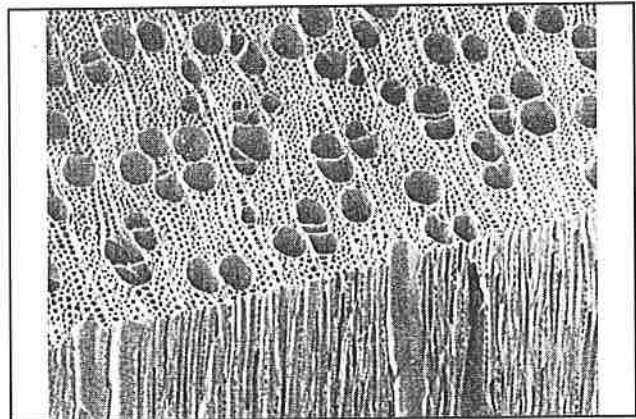
A rostok nedvességtartalma a feldolgozási folyamatok szempontjából szintén problémák forrása lehet. A fröccsöntés illetve extrudálás során a kapillárisok nedvességtartalma a feldolgozási hőmérsékleten gőzzé alakul, amely inhomogenitásokat okoz a kompozitok szerkezetében, és így csökkenti a mechanikai tulajdonságokat. A nem kívánt nedvességtartalmat feldolgozás előtt szárítással kell eltávolítani.

A cikk célja, hogy a különböző mértékű farost-tartalom mechanikai tulajdonságokra gyakorolt hatásait elemezze fröccsöntéssel előállított próbatesteken.

## Felhasznált anyagok

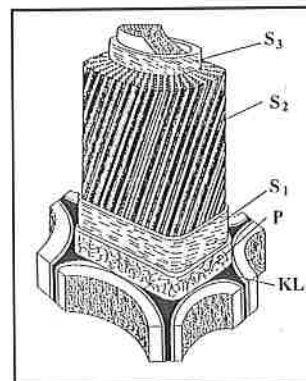
Mátrixanyagként polipropilén homopolimert (H-116, TVK) használnak, amely a kiváló folyási tulajdonságának köszönhetően (MFI = 25 g/10 perc) jól feldolgozható extrudálással és fröccsöntéssel.

A szálerősítésnek használt farostot bükkfából nyertük. A bükk hazánk jellemző lombosfa-fajtája. A lombosfák fatestének felépítése a sejtek típusát, méretét, előfordulási arányát tekintve jóval változatosabb, mint a másik nagy csoportot alkotó fenyőké. A lombosfákat alapvetően a vízszállításban szerepet játszó edények (trachea), valamint a szilárdítást végző farostok előfordulása különbözteti meg a fenyőktől. A fenyőkhöz képest több faparenchimat, azaz vékony falú raktározósejtet és kevesebb tracheidat, azaz szilárdítósejtet tartalmaznak. A lombosfák mikroszkopikus szerkezetét szemlélteti a 2. ábra [8].



2. ábra. Lombosfa mikroszkopikus szerkezete

Az ipari nyersanyagot adó fatest nem más, mint egy bonyolult sejtfalrendszer. A sejtfal vázát a szerveződés alapegységei, a kristályos karakterű cellulóz láncmolekulák vagy cellulóz makromolekulák adják. A sejtfal rétegződését a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra. A sejtfal rétegződése

A középlemez (KL) a sejtek közötti ragasztóréteg, amely pektinből és ligninből áll, vastagsága 0,2–2,0 μm. Az elsődleges (primer) sejtfal (P) a fejlődés első szakaszában kialakuló, vékony (0,1 μm), hemicellulóz és pektin tartalmú réteg. A másodlagos (szekunder) sejtfal (S) a sejtfal belső, megvastagodott része, amelynek további részei a külső (S<sub>1</sub>), a középső (S<sub>2</sub>) és a belső réteg (S<sub>3</sub>) [8].

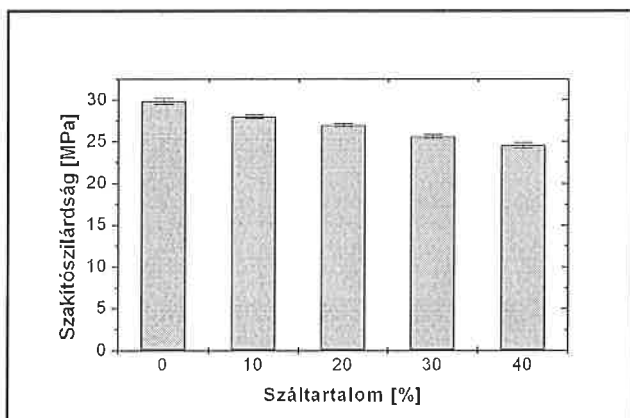
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Polimertechnika Tanszék; \* PhD hallgató; \*\*akadémiai doktor, tanszékvezető

A felhasznált fűrészüzemi ipari hulladék nagy mennyiségben tartalmazott falisztet, ezért a szálak különválasztásához 1 mm lyukméretű szitát használtunk. Az átlagos szálhosszúság ekkor 2-3 mm közötti értéket mutatott.

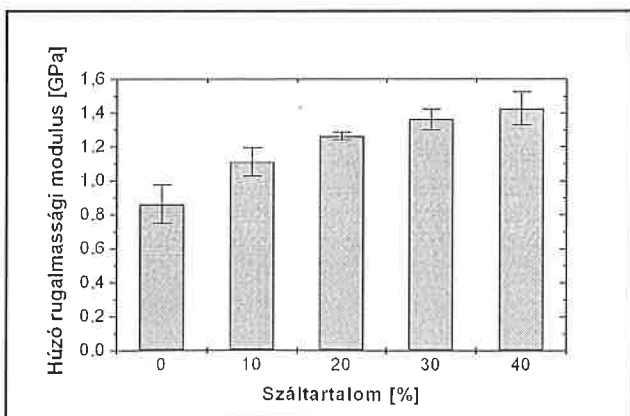
A szítálás után a szálakat 24 órán keresztül 105°C-on szárítottuk, hogy azok így megszabaduljanak a nem kívánatos nedvességtartalomtól. Az ilyen módon előkészített szálak felhasználásával a mátrixon kívül négyféle keveréket készítettünk 10-20-30-40 m% száltartalommal. A keverékeket Brabender Plasticorder PL2100 típusú ikercsigás extruderrel állítottuk elő 15 ford./perc sebességgel és 170-180-180-190°C zónahőmérsékletek mellett. A keverékek nem tartalmaztak felületkezelő adalékot. Az előállított keverékekből Arburg 420 C Advance 1000-250 típusú fröccsöntőgéppel készítettünk szabványos próbatesteket. A zónahőmérsékletek 170-180-185-190-195°C voltak, a fröccsnyomás küszöbértéke 1000 bar, az utónyomás 500 bar, a szerszám hőmérséklete 40°C volt. Az egyes anyagcsoportokból minden méréshez öt próbatestet használtunk. Szabványos szakító-, hárompontos hajlító- és Charpy-ütővizsgálatokat végeztünk.

### Szakítóvizsgálatok

A vizsgálatokat Zwick Z005 típusú szakítógépen végeztük szobahőmérsékleten. A szakítási sebesség 20 mm/perc volt. A mérések során erőt és elmozdulást regisztráltunk, amiből szakítószilárdságot és húzó rugalmassági moduluszt számoltunk. A mérések eredményeit a 4. és 5. ábra szemlélteti.

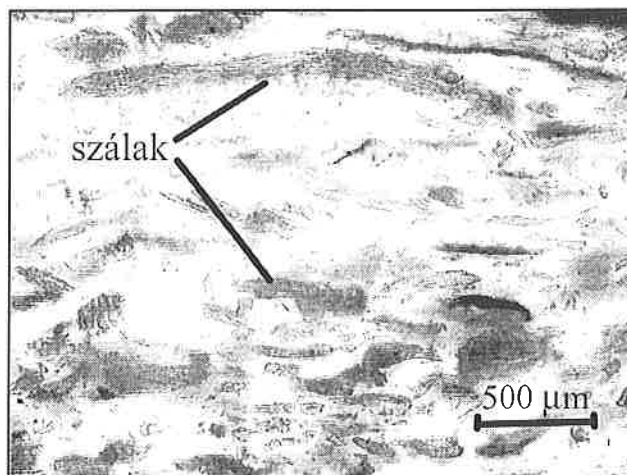


4. ábra. Szakítószilárdság a száltartalom függvényében



5. ábra. Húzó rugalmassági modulus a száltartalom függvényében

A vizsgálatok eredményeiből megállapítottuk, hogy a felületkezeletlen szálak hozzáadása gyengíti az anyag szakítószilárdságát, ami feltehetően a szálrövidülés és szál-mátrix határfelület nem megfelelő tapadásából következik [9]. A szálak rövidülése jól látható a fröccsöntött minta csiszolatáról készített mikroszkópos képen (6. ábra).

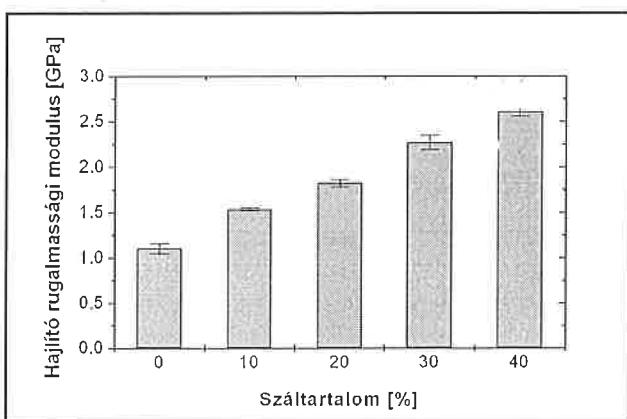


6. ábra. Szálhosszúság a próbatestben

A szakítószilárdság 15%-os csökkenésével szemben a húzó rugalmassági modulus értéke a mátrixhoz viszonyítva – az irodalmi adatokkal [10] összhangban – több mint 60%-os növekedést mutatott 40% száltartalom esetén.

### Hárompontos hajlítóvizsgálatok

A kompozitok hajlítási rugalmassági modulusát hárompontos hajlítóvizsgálatokkal elemeztük az ASTM D 790-90 számú szabvány szerint. A vizsgálati sebesség 10 mm/perc volt. A méréseket határléghajlásig folytattuk, ahol a lehajlás az alátámasztási távolság 10%-a, vagyis 6,4 mm volt. A 7. ábrán láthatók a rugalmassági modulus mért értékei.



7. ábra. Hajlító rugalmassági modulus a száltartalom függvényében

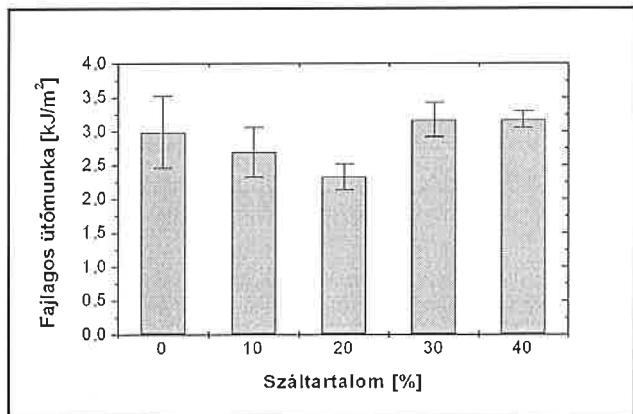
Megállapítható, hogy a fő tendencia hasonló a húzási rugalmassági modulus esetében mértekkel, azzal a kiegészítéssel, hogy a hajlítási rugalmassági modulus a tiszta mátrixhoz viszonyítva több mint 100%-os javulást mutat 40%-os száltartalom esetén. A szálak orientációja minden valószínűség szerint nagyban hozzájárul ehhez a tényhez.

### Charpy-ütővizsgálatok

A dinamikus anyagjellemzők közül a kompozitok fajlagos ütőmunka értékeit Charpy-féle ütővizsgálatokkal határoztuk meg az ISO 179 számú szabvány szerint. A mérések során 15 J energiájú kalapácsot, illetve hornyolt próbatesteket használtunk.

A 8. ábra alapján, amely a fajlagos ütőmunka értékeit szemlélteti a száltartalom függvényében, kimondható, hogy a száltartalomnak nincs szignifikáns tulajdonságcsökkentő hatása az anyag dinamikus tulajdonságaira, hiszen a 40%-os töltöttségű keverék tulajdonságai közel azonosak a mátrixéval. Megállapítható emellett, hogy a modulus értékeinek növekedésével az anyag szívóssága 40 m% rosttartalomnál nem csök-

kent, a mátrixéval közel azonos értéken maradt, ami jól mutatja a rosttartalom jótékony hatását.



8. ábra. Fajlagos ütőmunka a szálartalom függvényében

## Mikroszkópos vizsgálatok

A mechanikai vizsgálatok során keletkezett töretfelületeket pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokkal elemeztük. A mikroszkópos felvételek alapján néhány előzetes feltételezésünk igazolódott.

A 9.a.)-c.) ábrák jól szemléltetik a határfelületi adhézió hiányát a szálak és a mátrix között. Az adhézió hiányában a szál és mátrix nem képes jó hatásfokú együttműködésre, amely a szakítóvizsgálatok során megállapított szilárdsági tulajdonságok csökkenéséhez vezet. A 9.d.) ábrán megtalálható néhány, a kompozitokra jellemző tönkremeneteli forma, mint például a szálikihúzódság, szálszakadás illetve mátrixdeformáció. Az ábrák jól mutatják a szálátmérők jelentős szórását is.

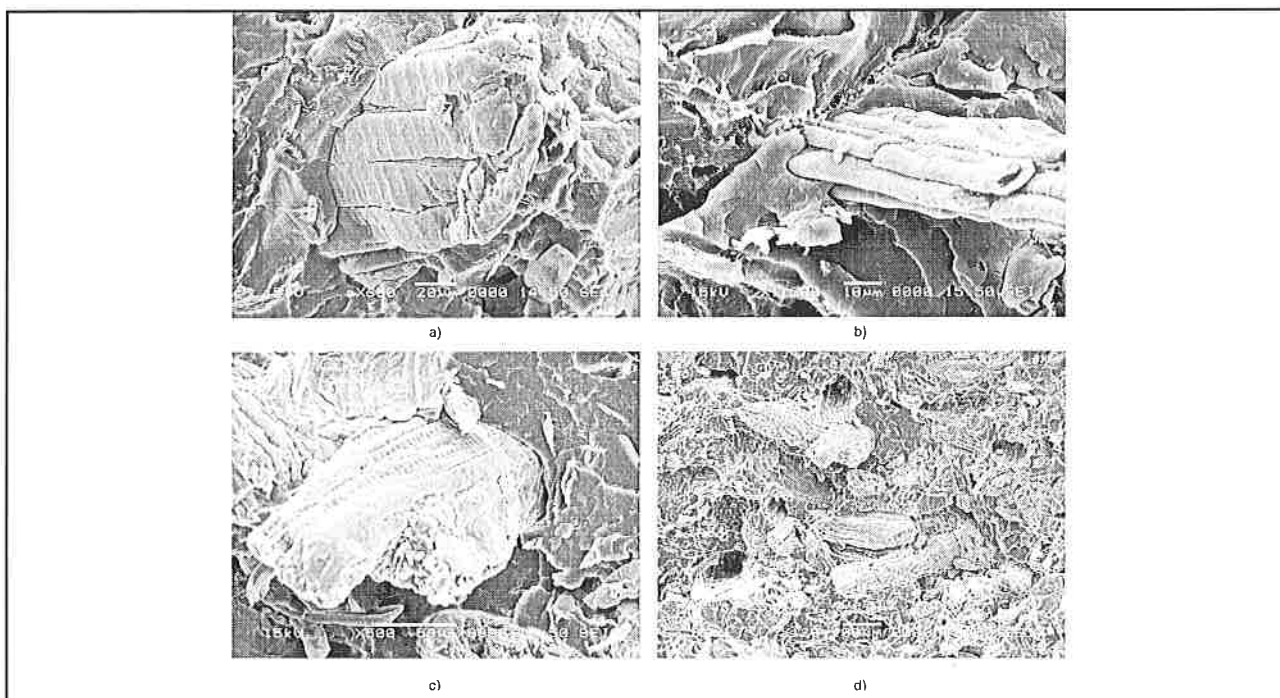
## Összefoglalás

Farost-erősítésű polipropilén mátrixú polimer kompozitokat vizsgáltunk. A szálartalom hatását elemeztük 10, 20, 30 és 40% töltöttség mellett szakító-, hajlító- és Charpy-féle ütővizsgálatokkal. Megállapítottuk,

hogy a húzási és hajlítási rugalmassági modulus jelentősen növekedett a szálartalommal, viszont a szakítószilárdság csökkent. Kimutattuk, hogy a szálartalom pozitívan befolyásolja a fajlagos ütőmunka értékeket. A határfelületi adhézió hiányát pásztázó elektronmikroszkópos felvételekkel szemléltettük. Felületkezelő, tapadásközvetítő adalékok alkalmazásával minden valószínűség szerint javítható a határfelületi adhézió.

## Irodalomjegyzék

- [1] *Peltola P.*: Green Composites, Polymer composites and the environment, Woodhead Publishing Limited, Cambridge England, 2004.
- [2] *Bledzki A. K., Letman M., Viksne A., Rence L.*: A comparison of compounding processes and wood type for wood fibre-PP composites. *Composites: Part A* (2004) 1-9
- [3] <http://www.fasalex.com> (2005. október 6.)
- [4] *Yuan X., Jayaraman K., Bhattacharyya D.*: Effects of plasma treatment in enhancing the performance of woodfibre-polypropylene composites. *Composites: Part A* 35 (2003) 1363-1374
- [5] *Czvikovszky T.*: A fa és a műanyagok társított (kompozit) rendszereinek kémiája és technológiája, MTA Doktori értekezés, 1987.
- [6] *Bledzki A. K., Faruk O.*: Creep and impact properties of wood fibre-polypropylene composites: influence of temperature and moisture content. *Composite Science and Technology* 64 (2004) 693-700
- [7] *Espert A., Vilaplana F., Karlsson S.*: Comparison of water absorption in natural cellulosic fibres from wood and one-year crops in polypropylene composites and its influence on their mechanical properties *Composites: Part A* 35 (2004), 1267-1276
- [8] *Molnár S.*: Faipari Kézikönyv, Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron, 2000.
- [9] *Lee S.Y., Yang H.S., Kim H.J., Jeong C.S., Lim B.S., Lee N.J.*: Creep behavior and manufacturing parameters of wood flour filled polypropylene composites, *Composite Structures* 65 (2004), 459-469
- [10] *Ichazo M.N., Albano C., González J., Perera R., Candal M.V.*: Polypropylene/wood flour composites: treatments and properties. *Composite Structures* 54 (2001) 207-214



9. ábra. SEM felvételek a farosttal töltött PP próbatestek töretfelületeiről, a.)-c.) határfelületi adhézió hiánya; d.) kompozitok tönkremeneteli formái