

Természetes szállal erősített polipropilén fröccsanyag – a jövő szerkezeti anyaga

Mintegy 10 éves kutató-fejlesztő munka után a természetes szálakkal erősített és fröccsönthető PP kompozitok elindulhatnak hódító útjukra. A ma már kereskedelmi forgalomban kapható típusok jó alternatívát kínálnak elsősorban az ABS és a PC/ABS kompozitok kiváltására, mechanikai tulajdonságaik, olcsóságuk és könnyű újrahasznosításuk miatt. Az új típusok alkalmazása bizonyára nem fog az autóiparra korlátozódni.

Tárgyszavak: PP; természetes szálak; erősítés; fröccsöntés; mechanikai tulajdonságok; kompaundálás; tulajdonságok előrejelzése.

Bevezetés

Évek óta használják a természetes szállal erősített anyagokat az autóiparban. Mostanáig azonban a termékeket döntően nem fröccsöntéssel, hanem hőformázással állították elő. Míg korábban a farosttal és a tépett pamutszállal erősített duroplasztok voltak előtérben, az utóbbi időben ezeket egyre inkább kiszorították a különböző rostszálakkal – lennel, kenderrel, kenaffal vagy szizállal – erősített hőre keményedő vagy hőre lágyuló présanyagok.

A nyomással történő formázásnak azonban vannak technikai korlátai, mind a termékek nagyságát, mind az alakját illetően. Ezért kezdett el a kilencvenes évek közepén több cég és intézet is a természetes szálakkal erősített fröccsanyagokkal foglalkozni, döntően polipropilénmátrix alapon.

Tulajdonságprofil, mérési adatok

A jelenleg kínált *természetes szálakat tartalmazó polipropilénnel (PP-NF)* mindenekelőtt *a polikarbonát/ABS blendeket, ill. az ABS-t kívánják helyettesíteni.* A PP-NF ugyanis olcsóbb, feldolgozása gyorsabb, és még a fajsúlya is kisebb. A fentiekén kívül a PP-NF a 20% üvegszállal erősített fröccsanyagoknak is konkurense lehet. A fő előnyök mellett még a következő érvek szólnak a PP-NF alkalmazása mellett:

- kisebb a vetemedés és a zsugorodás,
- a polipropilénhez képest 50 °C-kal nagyobb a hőállóság,
- az üvegszál-erősítéssel összehasonlítva kisebb a szerszámkopás,
- a hulladék könnyű hasznosítása elégetéssel (nincs salak),
- egyszerűen végezhető az utóműveletek: hegesztés, ragasztás, hőszegecseles.

2002 és 2004 között a *nova Intézet (nova Institut)* és a *brémai Szálkutató Intézet, (Faserinstitut Bremen, FIBRE)* együttműködésében több körvizsgálatot is végeztek különböző rostsálakkal erősített polipropilénmintákkal. A vizsgálatba bevont termékek gyártóit az *1. táblázat*, az eredményeket a *2. táblázat* tartalmazza. A kapott értékeket a legfontosabb konkurens anyagokkal hasonlították össze: PC/ABS-GF20%, ABS-GF17%, PP-GF20%, PP-talkum 40%, valamint erősítetlen PC/ABS és ABS.

1. táblázat

A körvizsgálatba bevont PP-NF granulátumok gyártói

Cégnév, rövid név	Ország
AFT Plasturgie (AFT)	Franciaország
Agrotechnology & Food Innovations B.V. (A&F)	Hollandia
Dr. Pohl Textil- und Themoplast GmbH (PTT)	Németország
Eco Works (EcoWorks)	USA
FibreGran Beyer GmbH & Co. KG (FibreGran)	Németország
Svoboda Umformtechnik GmbH (SUT) (A Thüringer Inst. Textil- und Kunststoff-Forschung szabadalmával)	Németország

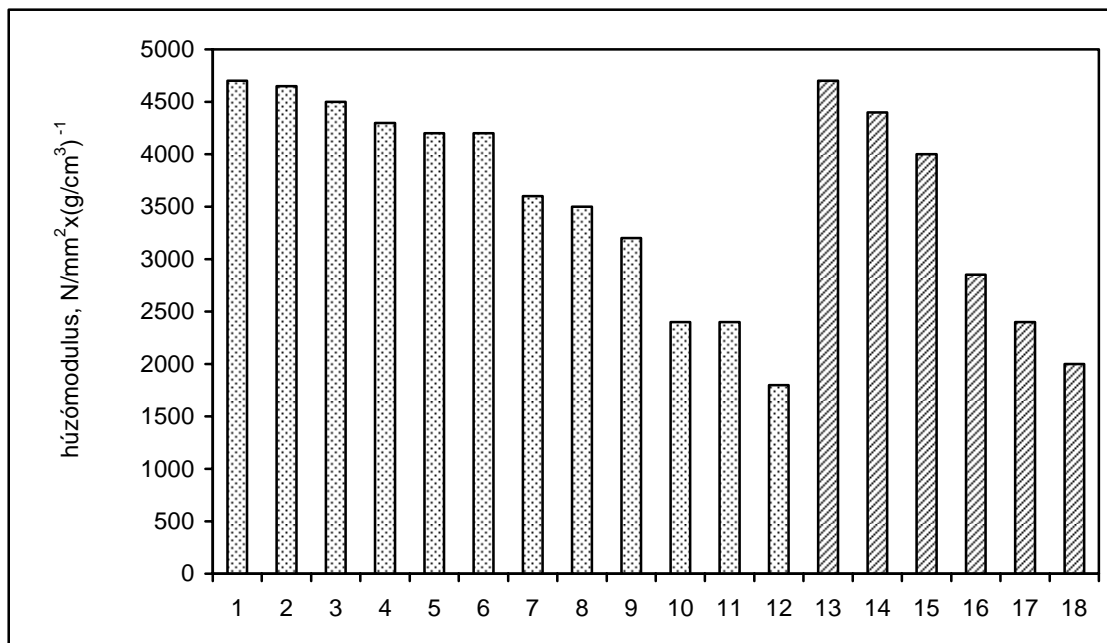
2. táblázat

Különböző PP-NF kompozitok mechanikai tulajdonságai

Gyártó/Szál	Sűrűség, g/cm ³	Húzó- modulus, N/mm ²	Húzó- szilárdság, N/mm ²	Hajlító- szilárdság, N/mm ²	Hajlító- modulus, N/mm ²	Ütés- állóság, kJ/m ²
Szabvány	ISO1183	ISO 527	ISO 527	ISO 178	ISO 178	179-1 EU
A&F: 45% kender	1,12	5037	53	76	5109	13
A&F: 45 %juta	1,08	5065	54	84	5639	19
A&F: 27 % juta	0,57	2281	42	64	3638	17
AFT: 30% kender	1,01	3717	43	68	4022	13
AFT: 30% kenaf	1,00	4200	30	44	3900	12
AFT: 30% szizál	0,98	3150	24	39	3150	12
EcoWorks: 40% len	1,01	4255	38	65	4554	14
FibreGran: 30% len	1,04	2490	26	42	3328	25
PTT: 25 % kender	0,92	1670	26	42	2070	21
SUT/TITK: 30% len	0,99	4249	52	76	4604	17
SUT/TITK: 30% kender	0,99	4507	49	74	4632	13
SUT/TITK: 30% len +10 % PAN	0,98	3389	40	63	3726	38

A kapott értékekből kitűnik, hogy a természetes szállal erősített PP jó húzószilárdsággal és modulussal rendelkezik, és hajlítási merevsége is összemérhető a 20% üvegszálat tartalmazó termékekével. Leggyengébb a vizsgált anyagok ütésállósága, különösen a magas száltartalmaknál.

A várakozásnak megfelelően a növekvő száltartalommal nő a merevség, de természetesen a sűrűség is. Mindazonáltal a sűrűségekre vonatkoztatott húzómodulus értékeiből megállapítható, hogy mind a négy rostszállal – lennel, kenderrel, jutával és kenaffal – elérhetőek olyan értékek, amelyeket 20% üvegszállal lehet elérni. Ehhez a száltartalomnak 30–40%-nak kell lenni. Az 1. ábrából – amely a konkurens termékeket is tartalmazza – az is kitűnik, hogy ezek a viszonylagosan magas értékek nem érhetőek el erősítetlen PC/ABS blenddel, vagy ABS-sel, illetve 40 % talkummal töltött PP-vel sem. Hasonló eredményt mutatnak az ütésállósági értékek is. Megállapították, hogy a természetes szállal erősített PP termékek tulajdonságai a 20 % üvegszálat tartalmazó műszaki műanyagok közelében helyezkednek el.



1. ábra Különböző PP-NF minták (1–12) és konkurens anyagok (13–18) sűrűsége számolt húzómodulusa.
Minták jelölése:

1. 45% juta (A&F); 2. 30% kender (SUT/TITK); 3. 45% kender (A&F);
4. 30% len (SUT/TITK); 5. 40% len (EcoWorks); 6. 30% kenaf (AFT);
7. 30% kender (AFT); 8. 20% len + 10% PAN (SUT/TITK); 9. 30% szizál (AFT);
10. 30% len (FibreGran); 11. 27% juta (A&F); 12. 25% kender (PTT);
13. PC/ABS-20% GF; 14. ABS-17% GF; 15. PP-20% GF; 16. PP-40% talkum;
17. ABS; 18. PC/ABS

Kompaundálás, segédanyagok, módosítási lehetőségek

A polipropilént a szálakkal speciális kétszigás extruderben keverik össze, de használhatók a különböző alternatív granulálási eljárások, mint a pultrúzió, keverés fűtő-hűtő keverőben, ill. egy speciális, relatíve hideg granulálási eljárás is. A **Krauss-Maffei** cég direkt kompaundálással kihagyja a granulátumelőállítást.

A természetes szálakkal történő erősítésnél tapadást elősegítő anyagot is alkalmaznak (pl. MAPP, HC5, Polybond 3200, és MHA.).

Az ütésállóság növelése érdekében más szálakat is keverhetnek a kompaundhoz. Főleg akrilszál jön szóba, amellyel megduplázható az ütésállóság, de ez a húzó és a hajlító igénybevétellel szembeni ellenállás rovására történik. Hasonlóan adalékolással javítható a lángállóság is. Így pl. a **FibreGran Beyer GmbH & Co. KG** 30% természetes száltartalomnál elérte, hogy a granulátum kielégíti az amerikai szabvány szerinti UL 94 V1 fokozatot. Említésre érdemes, hogy a polipropilén mellett más mátrixanyagokkal is próbálkoznak, így ligninnel, PE-HD-vel és ABS-sel.

Az új termékcsoporthoz megjelenése a piacon

A PP-NF piacán jelenleg a szereplők három csoportba sorolhatók:

- az eljárás licencével rendelkező és azt eladásra kínáló intézetek, (pl. **A&F**, Hollandia),
- az eljárás licencével rendelkező és ennek alapján gépeket és technológiát ajánló cégek, (pl. **SUT**, Ausztria),
- cégek, amelyek kifejlesztették a PP-NF-t elsősorban saját felhasználásra, de a granulátumot kereskedelmi célokra is kínálják (pl. **Möllertech**, **FibreGran Beyer GmbH & Co. KG**, **Pohl**, Németország).

A szereplők névsorából feltűnő, hogy az új anyaggal egyelőre olyan cégek foglalkoznak, amelyeknek szervezeti kapcsolatuk is van a szálgyártással vagy a szálkereskedelemmel. Az ilyen kapcsolat, ill. tapasztalat megkönnyíti a szálak megfelelő minőségének kézben tartását.

Mivel a szálakat a mezőgazdaságban termesztik, sokakban felmerül a beszerzési biztonság kérdése, ismerte a mezőgazdasági politikák gyakori változását. Szerencsére azonban a különböző rostszálak a világ különböző területein is jól termesztethetők, ráadásul ezek tulajdonságai annyira hasonlóak, hogy egymást helyettesíteni képesek. A PP-NF bevezetése egy bizonyos alkatrész vagy termék gyártására nem jelent különösebb műszaki kockázatot, legfeljebb más rizikótényezőkkel lehet számolni, mint a szál ára, minősége és beszerezhetősége.

A világon a rost- és az ún. levélszálak összes évi termelése 5,5 millió tonna. A len, a kender, a juta és a kenaf ára 500–650 EUR/t tartományban mozog. Ez az ár 2003 óta, amióta a PP-NF kutatások megindultak, stabil, inkább csökken.

A PP-NF jelenlegi gyártókapacitására pontos adatok nem ismertek, mivel a piaci bevezetés a kezdeti stádiumban van. *A három granulátumgyártóként megadott cég kb. 500 t PP-NF-t termelt 2003-ban. Ez volt az első év, amikor az anyagot szériagyártásra*

is használták már. Az árak egyelőre a bevezető periódus inkább becsült árai. A 3. táblázat a PP-NF árát a versenytársaiéval összehasonlítva mutatja be. Az adatokból kitűnik, hogy valamennyi konkurens anyag drágább, kivételt csak a talkumos PP képez, ennek azonban egyértelműen gyengébbek a tulajdonságai.

3. táblázat

PP-NF és a konkurens alapanyagok árai (maximum-minimum)

Alapanyag	Ár, EUR/kg
ABS-GF	3,30–1,85
PC/ABS-GF	3,00–n.a.
ABS	2,80–1,45
PC/ABS	2,60–n.a.
PP-GF-20	2,00–1,45
PP-NF	1,70–1,2
PP-talkum	1,50–0,90

A piaci elterjedést kezdetben különösen, de részben még ma is hátráltatja, hogy a természetes szálak használatakor kellemetlen szagok képződhetnek. Ma már egyre inkább tudjuk, hogy ezt nem maguk a szálak, hanem a kísérő lignin bomlása okozza. Ezenkívül a szagképződés csak 180 °C felett jelentkezik. Mivel a szálak PP kompaundokat általában 200 °C alatt dolgozzák fel, a probléma súlya nem túl nagy. Gondot jelenthet még a fröccsöntött darabok felületének minősége. Ez nagymértékben változik a technológia függvényében, és a szériagyártásban színezékek alkalmazásával és a beállítások optimalizálásával homogén felület érhető el. Viszonylag kis mennyiségű rövid szál és sötét szín esetén olyan felület érhető el, amelyen egyáltalán nem észlelhető a szálerősítés. Ennek ellentétéként a szálak néha jól látszanak a felületen. Ez nem okoz gondot a kifejezetten funkcionális alkatrészeknél, ill. a felületen megjelenő szálakra esetleg speciális megjelenést alapozhatnak.

A PP-NF fröccsanyag alkalmazása szélesebb, mint a sajtolással feldolgozhatóé. A préseléssel nyert darabokat, pl. csak kasírozás után lehet használni, míg fröccsöntéssel nem csak bonyolultabb alakok állíthatók elő, hanem további felületi kezelést nem igénylő elemek is. Az első években az alábbi termékcsoportokban alkalmazták a természetes szálak kompozitokat: autók beltéri elemei, szállítótartályok, CD-tokok, szerzőszámok fogói, ventilátorlapátok, ablakkeretek, játékok.

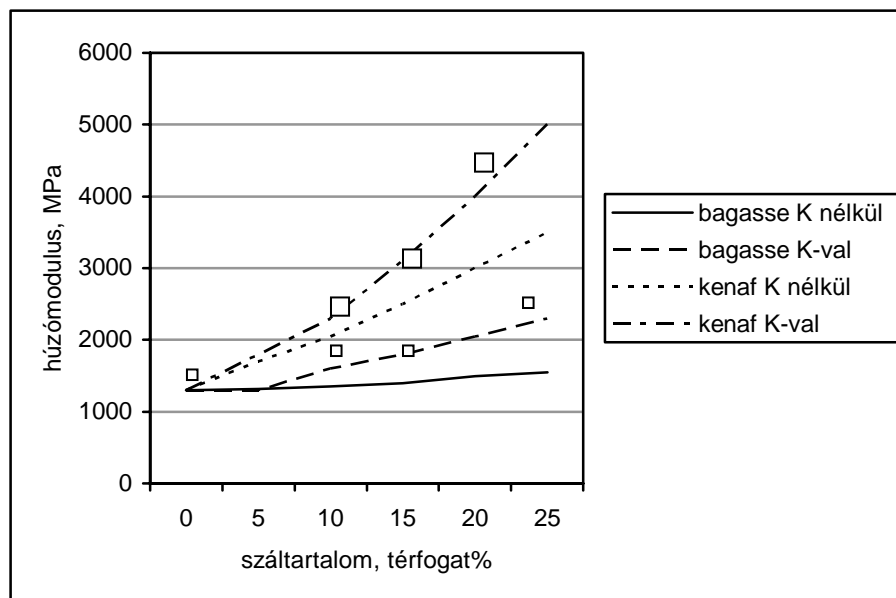
A természetes szálakkal erősített hőre lágyuló anyagok további előnye, hogy szálképződés nélkül újrahasznosíthatók, elégethetők, ellentétben az üvegszálat vagy talkumot tartalmazó termékekkel szemben. Ez különösen fontos az EU roncsautókra elfogadott újrahasznosítási irányelvnek fényében. Az újrafeldolgozással történő hasznosítás is előnyösebb a természetes szálaknál, mert az üvegszálnál kevésbé törnek.

A mechanikai tulajdonságok előrejelzése a PP-NF anyagoknál

Az alkatrészek, tárgyak tervezéséhez szükség van a mechanikai tulajdonságok, különösen a hajlítómodulus előrejelzésére. A tradicionálisan használt üveg- és egyéb mesterséges szálak esetén ismert az összefüggés a kompozit modulusa valamint az erősítőszál és a mátrix modulusa között. Nyilvánvalóan az összefüggésben szerepel a szálorientáció is. Természetes szálaknál azt találták, hogy *a modulus a szálak kompressziója is befolyásolja, mivel a természetes szálak szerkezete általában többékevésbé porózus*. A kompresszió a keverés, adagolás műveletében mindig előfordul. A kompresszió hatására a szálak modulusa nő, mivel a szálszerkezet tömörebb lesz, amit a sűrűség növekedése is jelez. A kompressziót tehát figyelembe kell venni a hajlítómodulus előrejelzésénél, mégpedig annál inkább, minél porózusabb a szál, amelyet alkalmaznak.

A kompressziós tényező a K az eredeti száltérfogat (V_{f-or}) és a kompozitban a szálak által elfoglalt térfogat (V_{f-komp}) hányadosa:

$$K = V_{f-or} / V_{f-komp}$$



2. ábra A hajlítómodulus függése a száltartalomtól – a számított és a mért értékek összehasonlítása (K – kompressziós tényezővel és anélkül)

Mivel ez a faktor természetes szálaknál nagyobb 1-nél, a kompresszió figyelembevételével számított modulus is nagyobb, mintha ezt a tényezőt elhanyagolták volna. Mindezt jól mutatja a 2. ábra, amelyen a kenaf és a bagasse (cukorrépából nyerhető, nálunk nem ismert szál) esetén a kiszámolt és a mért értékeket hasonlítja össze. Mind-

két szállal polipropilénmátrixot erősítettek, és az így kapott fröccsanyagból készítettek próbatesteket a mérés céljára. A kompozit sűrűségértéke segítségével megállapították a szálak kompressziós tényezőjét. A kenaf esetén ez 1,2–1,4, a lényegesen porózusabb bagasse esetén 2,7–3,6 tartományba esett. Az ábrán jól látható, hogy a *mért modulusértékek mindkét esetben jól egyeznek a K tényező, tehát a kompresszió figyelembevételével kiszámolt értékekkel*. Ez megerősíti azt a feltevést, hogy a természetes szálakat tartalmazó műanyagoknál a modulus előrejelzésére használt összefüggésben figyelembe kell venni a szálak összenyomhatóságát.

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

Karus, M.; Müssig, J.; stb.: Naturfaser-Polypropylen-Spritzguss – Die kommende Werkstoffgruppe. = Gummi, Fasern, Kunststoffe, 59. k. 2006. 4. sz. p. 233–236.

Shinichi Shibata, Yong Cao, Isao Fukumoto: Study of the flexural modulus of natural fiber/polypropylen composites by injection molding. = Journal of Applied Polymer Science, 100. k. 2006. jan. p. 911–917.

További irodalom: Tapadásnövelő adalékok alkalmazása természetes szállal erősített hőre lágyuló műanyagokban. = Műanyagipari Szemle, 2005. 4. sz. p. 35–45.