

Fröccsöntés és kompaundálás egy lépésben

Napjainkban a fejlesztések egyik divatos iránya a technológiai lépések összevonása a termékek minőségének javítása, költségcsökkentés vagy más előnyök elérése céljából. Az alábbiakban két kutatócsoport eredményeit ismertetjük, akik a fröccsöntést és a kompaundálást valósították meg egy technológiai fázisban.

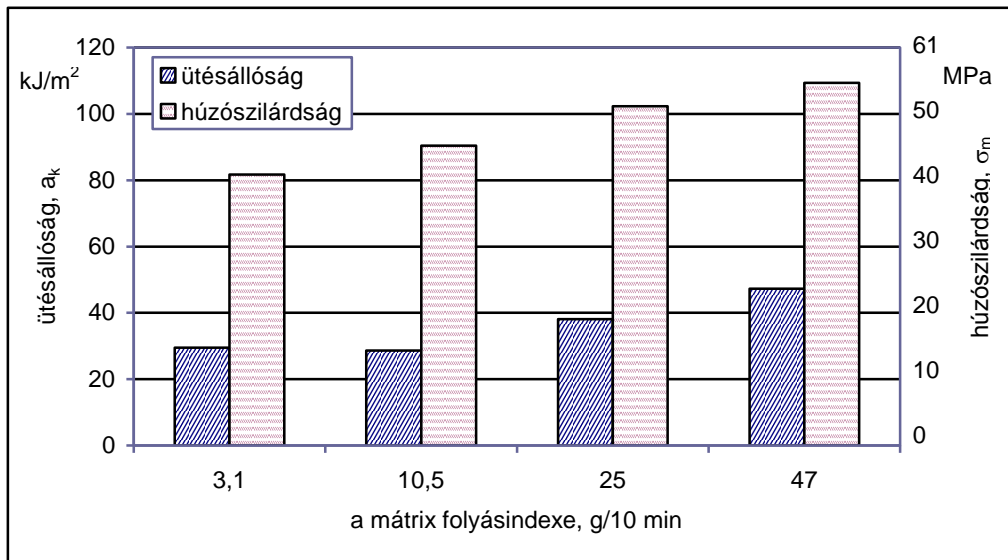
Tárgyszavak: fröccsöntés; kompaundálás; fröccsöntés; fröccskompaundálás; polipropilén; jutaszál; egylépcsős technológia; fejlesztés.

Üvegszálás hőre lágyuló műanyagkompozitok előállítása fröccskompaundálással

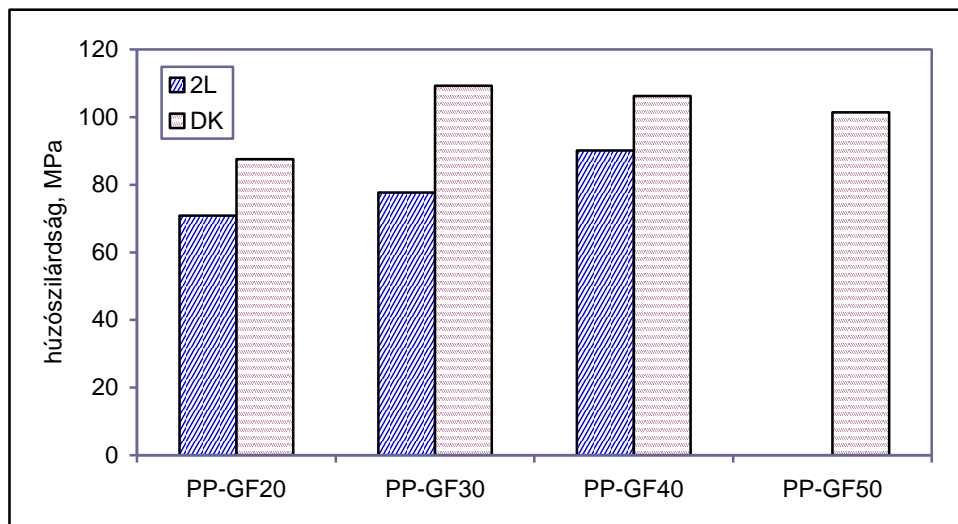
A műanyagtermékek fejlesztésénél, az adott felhasználáshoz igazodó termék kiválasztásánál mind a geometriai és a funkcionális, mind az anyagválasztási szempontokat figyelembe kell venni. Az adott célra irányuló anyagfejlesztés egyik módja, amikor a kompaundálást integrálják a fröccsöntés folyamatába. Ezzel a céllal a paderborni egyetem műanyagtechnika (Kunststofftechnik Paderborn) és a K-Lab műanyaglaboratórium (Labor für Kunststoffe in Ostwestfalen-Lippe) Fröccsönthető termékspecifikus alapanyag-fejlesztés címmel indított projektet. A kísérleteket üvegszálás hőre lágyuló műanyagokkal, főleg PP-vel és PA 6/66-tal végezték. Az osztrák Engel cég *e-motion 200/100* típusú teljesen elektromosan hajtott, oszlop nélküli záróegységű fröccsöntő gépén dolgozták fel, amelyre az ömledék homogenizálása érdekében sztatikus keverőt szereltek (*SMK-X12/6* a Sulzer cégtől). A tulajdonságokat a *DIN ISO 527* szabvány szerinti univerzális próbatesteken mérték. A fröccsöntő gépbe az anyagokat négy differenciál mérleggel (*DDW-MD2-DDSR20/28-5* a Brabender cégtől) adagolták. A viszonylag gyenge hosszirányú keveredés fokozása érdekében a kiindulási anyagokból egy előkeverő egységben homogén keveréket állítottak elő az ömledékképzés előtt.

Az egylépcsős integrált technológiával előállított terméket összehasonlították egy azonos receptúrával külön lépésben előállított kompaundból fröccsöntött termékkel. Az összehasonlítást először különböző mennyiségű üvegszálal és különböző adalékokat tartalmazó polipropilénnel végezték. A PP-hez kétféle adalékot keverték. A fröccsöntéssel összekapcsolt direkt kompaundálás során az egyik segédanyag az üvegszálkötegek felbomlását, a szálak diszpergálását segíti. A másik segédanyaggal a szálaknak a mátrix anyagához, a PP-hez való kapcsolódását javítják. Ez a tapadást erősítő adalék poláros csoportot tartalmazó monomerrel ojtott polipropilén. A két adalék-

anyag 3–3%-ával a direkt kompaundálásnál is elérhetővé vált az üvegszálak megfelelő eloszlása és beágyazása a mátrixba. Az előkísérletek során azt is megállapították, hogy a kisebb viszkozitású, nagyobb folyóképességű mátrix alkalmazásával javul a szálak diszpergálása, és ezzel együtt a mechanikai tulajdonságok is jobbak lesznek, amint ez az 1. ábrából egyértelműen kitűnik. A kisebb viszkozitású polimer ugyanis jobban nedvesíti az erősítőszálat, ami megkönnyíti az erőátvitelt. Ezért a továbbiakban a 47 g/10 min folyásindexű (MFI) PP-t használták mátrixként.



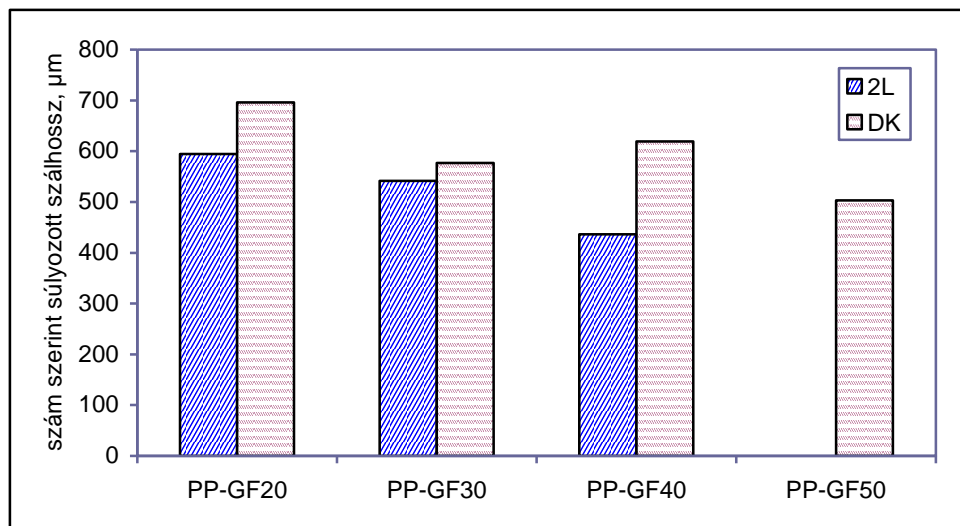
1. ábra Különböző folyásindexű PP mátrixanyagok mechanikai tulajdonságai



2. ábra Két lépésös (2L) és direkt fröccskompaundálással (DK) előállított üvegszállal (GF) erősített PP kompaundok húzószilárdsága (a GF jelölés utáni szám az üvegszáltartalmat jelenti %-ban)

Az integrált eljárással kapott termék jobb mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik, mint a külön folyamatban kompaundált alapanyagból fröccsöntött termékek, ahogy ez a 20, 30, 40, 50% üvegszállal készült minták eredményeiből láthatók (2. ábra). 50%-nál hiányzik az összehasonlító minta, mivel a kísérletben használt 25 mm-es kétcsigás kompaundáló extruderen ilyen nagy mennyiségű üvegszálat nem tudtak bekeverni.

Három helyen vizsgálták a szálhossz alakulását a két különböző eljárással kapott próbatestben és a kompaundált granulátumban is. A szálhossz-ingadozás 30 μm -nél kisebb volt, a száltartalom ingadozása pedig nem haladta meg a 0,5 % (m/m)-ot, ami megfelel a kompaundálással szemben támasztott követelményeknek. A szálhosszra vonatkozó eredmények azt is mutatják, hogy az egy lépéses eljárásban a szálak hosszúsága minden esetben felülmúlja a hagyományos módon kapott próbatestben, sőt a csak kompaundáláson átment fröccsgranulátumból előállított próbatestben mért értékeket is, ahogy ezt a 3. ábra mutatja. Ez egyúttal bizonyítja azt is, hogy a fröccsöntő gépen végzett kompaundálás kifejezetten előnyös a minőség szempontjából.



3. ábra Kétlépcsős (2L) és direkt fröccskompaundálással (DK) előállított üvegszállal (GF) erősített PP kompaundok szálhossza (a GF jelölés utáni szám az üvegszál tartalmat jelenti %-ban)

Ígéretes eredményeket kaptak más mátrixanyagokkal is, elsősorban poliamidokkal. Mindez azt mutatja, hogy a kompaundálás integrálása a fröccsöntés folyamatába jelentős előnyöket hozhat. Az erősítőszálak kevésbé rövidülnek, kisebb a hőterhelés, ami javítja a minőséget, másfelől a rövidebb technológia miatt kisebb költséggel állítható elő a késztermék.

Jutaszálás PP kompozitok előállítása fröccskompaundálással

Egy másik fejlesztésben a stuttgarti egyetem műanyagtechnológiáján (IKT Stuttgart) jutaszállal erősített kompozitokat állítottak elő egy lépéses technológiával, amelyhez a

KraussMaffei *IMC 200* típusú fröccsöntő-kompaundáló berendezését használták. Ez olyan fröccsöntő gép, amelyben a hagyományos csigadugattyús plasztifikáló egységet egy irányban forgó csigákkal felszerelt kétcsigás extruder helyettesíti. Az extruder olvadéktároló és injektáló egységen keresztül csatlakozik a fröccsöntő egységhez, amelyben a formaadás szakaszosan megy végbe. Az ömledék adagolását úgy alakították ki, hogy megvalósuljon a „*First in, first out (FIFO)*” elv. Ez főleg a nagyméretű berendezéseknél fontos, mert gyorsítja a szín- és anyagváltást. A köztes tárolóval összekapcsolt nyomásmérő biztosítja, hogy a folyamatos üzemmódban működő kétcsigás extruder állandó szerszámellenállással szemben dolgozzon. Csak így érhető el az ömledék homogenitása, azaz az időben állandó összetétel és hőmérséklet. A plasztifikáló és a fröccsöntő egység teljes elválasztását egy nagynyomású szelep biztosítja a befröccsentés és az utónyomás fázisában. Az anyagminőség ellenőrzését egy inline és egy online kapillárisreométer végzi.

Mátrixként egy olyan PP blokk-kopolimert (típus: Sabic 412MN40) választottak, amely viszkozitása és felületi feszültsége alapján jól nedvesíti a szálakat, és ezáltal lehetővé teszi a szálkötegek megfelelő felbontását. Erősítő anyagként jutaszálát (típus: *Tossa 100*) alkalmaztak, mégpedig kis sodratú 1000 tex finomságú (1g/m lineáris sűrűségű) cérna formájában, amely a rovinghoz hasonló módon kezelhető, adagolható. A jutaszálakat a szokásos rosteljárásban nyerik ki a juta növényből. Ennek az eljárásnak a végén elemi jutaszálakból álló kötegeket kapnak, amelyekben az elemi szálakat pektin és lignin ragasztja össze. Ezek az anyagok hőérzékenyek, ezért 190 °C feletti hőmérséklet a száltulajdonságok romlását okozza.

A jutaszálak és a PP-mátrix közötti kölcsönhatás erősítésére itt is szükség van tapadásfokozó adalékanyagra, amely ebben az esetben a DuPont terméke volt (típus: *Fusabond P MD-353D*). A kölcsönhatás a PP-re ojtott maleinsavanhidrid OH-csoportjai és a szál OH-csoportjai között jön létre vízmolekulák lehasadásával.

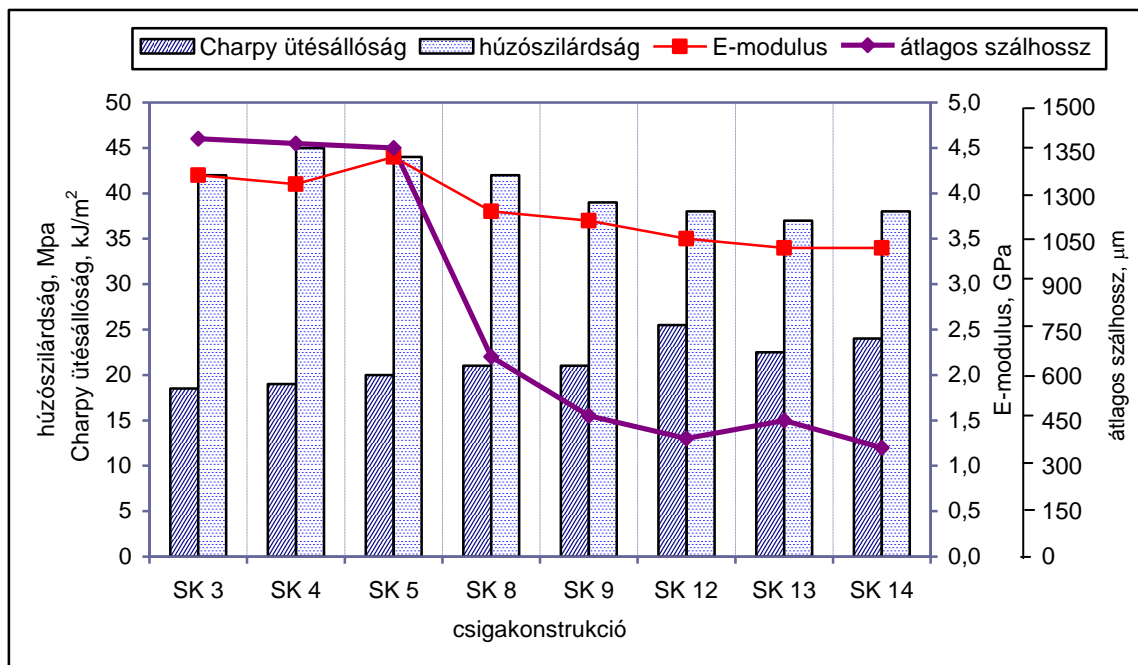
A jutaszállal erősített kompozitot kétcsigás extruderrel (típus: *ZE 25*; L/D: 56) állították elő. Az extruderhengeren három nyitott elem volt a szál bevezetésére, illetve a gőz- és gáz elvezetésére. Az extruder első egységeiben történik a mátrix és az adalékanyag megömlesztése és homogenizálása. A következő zónák felelősek a szál homogén elosztatásáért. A szálkötegek felbontása érdekében ezekbe a blokkokba excentrikus fésűs elemeket építettek be, amelyek viszonylag kíméletesen választják el egymástól a szálakat. A zónák szálfelbontó és homogenizáló szerepét mutatja, hogy ezeknek az elemeknek a további intenzifikálásával a szálhossz bizonyos rövidülése ellenére jobb szilárdság és ütészállóság érhető el. Az utolsó zónákban alakul ki a végső nyomás.

Az optimális tulajdonságok elérése céljából többféle, összesen 12-féle csigaösszeállítással végeztek kísérletet. Az értékeléshez a kompozitokból 0,5 mm vastagságú metszetet állítottak elő, amelyeken átmenő fényben a szálkötegek jelenléte felismerhető. A kompozit tulajdonságainak méréséhez a fröccsöntő egységben szabványos próbatestet készítettek egy nyolcfészkes szerszámban.

A természetes szálakkal erősített kompozitok optimalizálásához az alábbi három követelménynek kell teljesülnie:

- homogén száeloszlás,
- elegendően hosszú szálhossz,
- a szálkötegek teljes felbontása elemi szálakká.

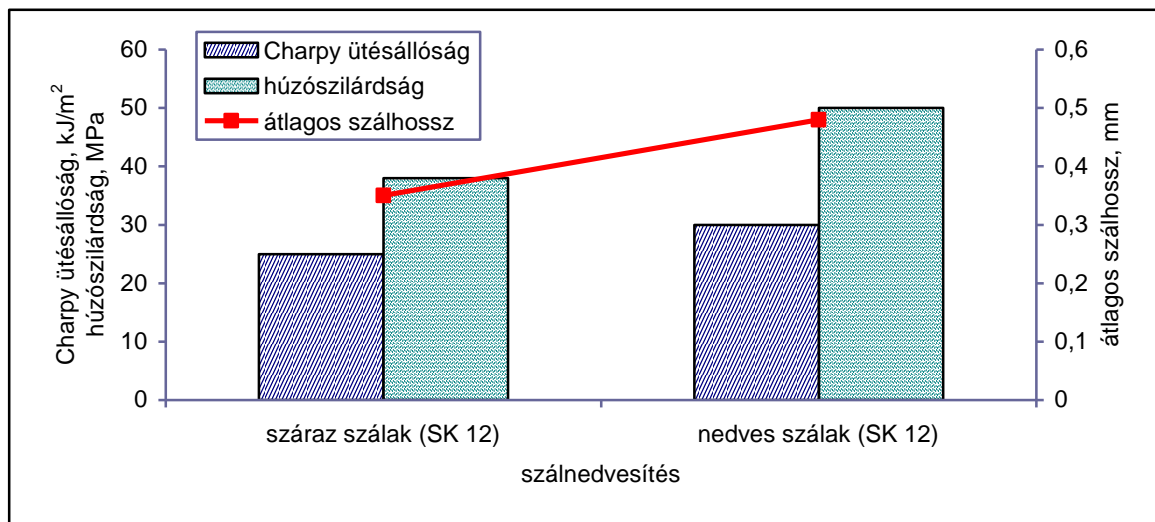
Amennyiben nem sikerül a szálkötegeket teljesen felnyitni, akkor ezek gyenge helyekként jelennek meg, mivel a szálak közötti összetartó erő gyengébb a szál-mátrix tapadásnál, ha van tapadásfokozó a kompozitban. A szálkötegek felbontását két módon lehet segíteni: egyrészt az extruder felépítésének optimalizálásával, másrészt a szálkötegek megfelelő előkezelésével. A különböző csigakonstrukcióval végzett kísérletek eredményeit a 4. ábra mutatja. A kísérletek első sorozatában a keverő-homogenizáló elemeket optimalizálták, a másodikban az SK5 jelű variációból kiindulva a bevitt mechanikai energia növelésével kívánták növelni a szálakra ható erőt, és ezáltal a szálkötegek felbontását. Az ábrán látható, hogy a nagyobb energiánál kismértékben nő az ütésállóság, de csökken a húzószilárdság és a húzómodulus a szálhosszúság csökkenése következtében. Az optimumot az SK12 jelű beállítás adta.



4. ábra Jutaszál tartalmú PP kompozitok tulajdonságai különböző csigakonstrukciókkal

A szálkötegek felbontását a szálak előkezelésével is segítették. Legeredményesebbnek a vízzel való kezelést találták. Az extruderbe behúzott fonalat vízköddel vetették körül (vízáram: 2–40 l/óra). Ilyenkor szükség van egy további gáztalanító zónára a felesleges víz eltávolítására. A szálak nedvesítése többféle módon is pozitívan befolyásolja a folyamatot. A szálak bevezetésekor a nyomásnak megfelelő vízmennyiség benne marad a szálban. Nyomáscsökkenéskor a víz hirtelen felforr, a szálkötegek

ilyenkor szabályosan „felrobbannak”. A víz ezenkívül behatol a szál belsejébe is és a száltengelyre merőlegesen duzzadást, ezzel a szálkötegen belüli erők csökkenését idézi elő. Végül a víz védi a szálát a termikus károsodástól is. Mindezen hatások eredményeképpen a jutaroving növekvő nedvesítésével kismértékben növekedett a minták húzószilárdsága és Charpy módszerrel mért ütésállósága. A nedves szálakkal előállított kompozitok metszetei a szálak nagyon homogén eloszlására és a szálkötegek csaknem teljes felbomlására utalnak.



5. ábra Száraz és nedves jutaszálakkal készített PP kompozitok tulajdonságainak összehasonlítása

Az 5. ábra a teljesen száraz és a maximálisan nedvesített szálak alkalmazásával, de egyébként azonos technológiai paraméterekkel előállított kompozitok egymás mellé állításával egyértelműen szemlélteti a nedvesítés hatását. Az ütésállóság több mint 20%-kal 25,1-ről 30,2 kJ/m²-re, a húzószilárdság 34%-kal 51 MPa-ra, a modulus 3400-ról 3760 MPa-ra nő. Figyelemre méltó, hogy ez esetben a két vizsgált tulajdonság egyszerre nő, míg a csigafelépítés optimalizálásakor az ütésállóság és a húzószilárdság ellentétesen változik. Ez arra vezethető vissza, hogy a nedvesítés az elemi százzá bontás mellett a maradó százhosszértéket is kedvezően befolyásolja.

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

Albring, E., Moritzer, E., Kleeschulte, R.: Compaundieren – einfach und direkt = Kunststoffe, 102. k. 11. sz. 2012. p. 54–57.

Widmayer, S. A., Fritz, H-G., Bonten, C.: Feuchte vereinzelt Naturfasern = Kunststoffe, 102. k. 12. sz. 2012. p. 71–74.