

## Szálerősítésű műanyagok technológiáinak fejlesztése

Üvegszálás erősítéssel mind a hőre lágyuló, mind a hőre keményedő műanyagok tulajdonságait előnyösen lehet változtatni. Az alábbiakban a hőre keményedő üvegszálás kompozitok új, rövidebb ciklusidőt eredményező technológiáját és a hőre lágyuló PP kompaund előállításánál a szálhosszúságra ható paraméterek elemzését ismertetjük.

*Tárgyszavak: hőre keményedő kompozitok; üvegszálás erősítés; kompaundálás; polipropilén; műanyag-feldolgozás.*

### Új eljárás végtelen szállal erősített kompozittermékek gyártására

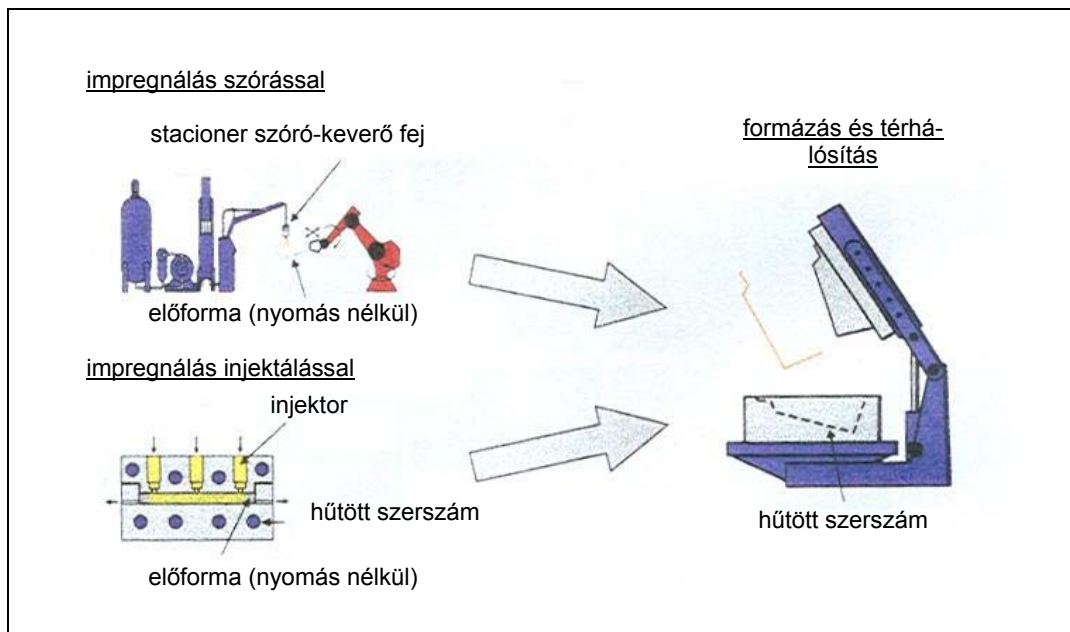
A szállal erősített műanyagokat azokon a területeken alkalmazzák, ahol nagy szilárdságra és merevségre van szükség, viszonylag kis tömeg mellett. A mechanikai tulajdonságok maximumát, a legjobb teljesítményt a végtelen szállal erősített hőre keményedő műanyagokkal lehet elérni. *A végtelen szálal erősítéssel ugyanis elérhető, hogy a szálirány a terheléshez igazodjon.* Ezeket a kompozitokat a repülésben, az űrtechnikában, a közlekedési és a sporteszközök gyártásában alkalmazzák. Mindazonáltal az ilyen kompozittermékek széles körű használatát egyelőre gátolja az, hogy nem áll rendelkezésre megfelelő sorozatgyártásra alkalmas technológia. A jelenleg kidolgozottak tekinthető technológiák – a prepregrétegezés, az RTM injektálási és az RI infúziós eljárások – a hosszú gyártási idők miatt csak kis darabszámoknál használhatók, és jelentős kézi munkát is igényelnek.

Az aacheni Műegyetemen (RWTH) a Műanyag-feldolgozási Intézet (IKV) és a Fraunhofer Intézet Gyártástechnológiai Intézete (IPT) közreműködésével – állami támogatással – *a végtelen szállal erősített nagy teljesítményű kompozittermékek gyártására új, automatizált, sorozatgyártásra is alkalmas eljárást dolgoztak ki.* Céljük az volt, hogy legalább 50 % (V/V) száltartalommal 10 perc alatti ciklusidőt érjenek el.

A szokásos RTM vagy RI eljárásban a szálakat a présszerszámba helyezik, majd alacsony hőmérsékleten telítik a gyantával. Ez után következik a szerszám felmelegítése a gyanta kikeményítése, térhálósítása érdekében. A folyamat végén a szerszámot le kell hűteni. *Ennek a technológiának a fűtés és a hűtés miatt hosszú a ciklusideje.*

A fejlesztés során más stratégiával közeledtek a probléma megoldásához. A szerszám felmelegítését és lehűtését elkerülendő, szétválasztották és párhuzamossá tették a két folyamatot, az impregnálást és a térhálósítást. Az új eljárásban a szálal anyagból először a végső formához igazodó előformát készítenek, és ezt nyomás nélkül, hidegen

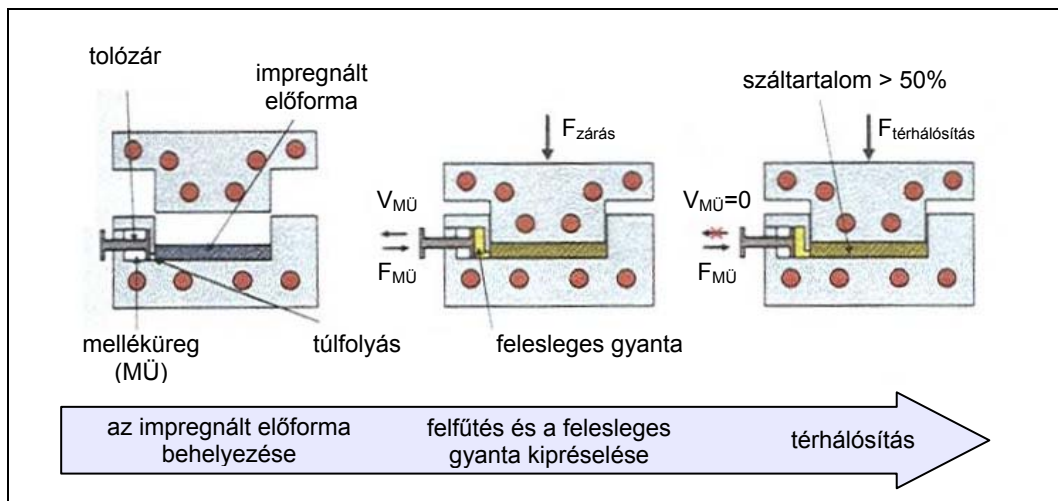
itatják át a gyantával. Ezután az impregnált előformát az újonnan kifejlesztett felfűtött présszerszámba teszik át, ahol nagy nyomással préselik és térhálósítják.



1. ábra Az impregnálás és a formázás-térhálósítás folyamatainak elválasztása

Az impregnálásra két új technológiát is kifejlesztettek: a szórásos (resin spray prepregging) és az injektálási (resin transfer prepregging) eljárást (1. ábra). A szórásos eljárásnál az előformát egy robot vezeti be a kamrában fixen elhelyezett PUR-keverő-szórófej alá. A kabinban erős elszívásra van szükség a szennyeződés elkerülésére. A mátrixanyagot az előforma egyik vagy mindkét oldalára felviszik. A másik eljárás szerint a zárt, de nyomás nélküli szerszámban új kialakítású injektorokkal impregnálják az előformát. Az injektorokat két ciklus között hűtik, hogy az idő előtti térhálósodást elkerüljék. Az impregnálás alatt viszont a hőmérsékletet emelik, hogy kisebb legyen a viszkozitás. Az impregnált előforma kivételéhez ismét hűteni kell a szerszámot.

Az impregnált előformát ezután melléküreggel rendelkező présszerszámba viszik át. A szerszámot a térhálósodás elősegítésére fűtik. A folyamat során a száltartalmat azáltal növelik, hogy a gyanta egy részét a melléküregbe préselik. A melléküreg egy túlfolyón keresztül kapcsolódik a szerszámhoz. A melléküreg térfogatát egy tolózár szabályozza a kívánt száltartalom, illetve sűrűség szerint. Az impregnált előforma behelyezése után a szerszám záródik. A vákuum hatására a légzárványok eltűnnek. Az előforma felmelegítése csökkenti a viszkozitást, és ezáltal az impregnálás még hatékonyabb. Végül az utónyomás hatására a melléküregben levő gyanta térhálósodik, a termék megszilárdul. Ezzel az eljárással a változó gyantamennyiség ellenére az egymás után gyártott termékek sűrűsége jól reprodukálható. Az eljárás a 2. ábrán látható.



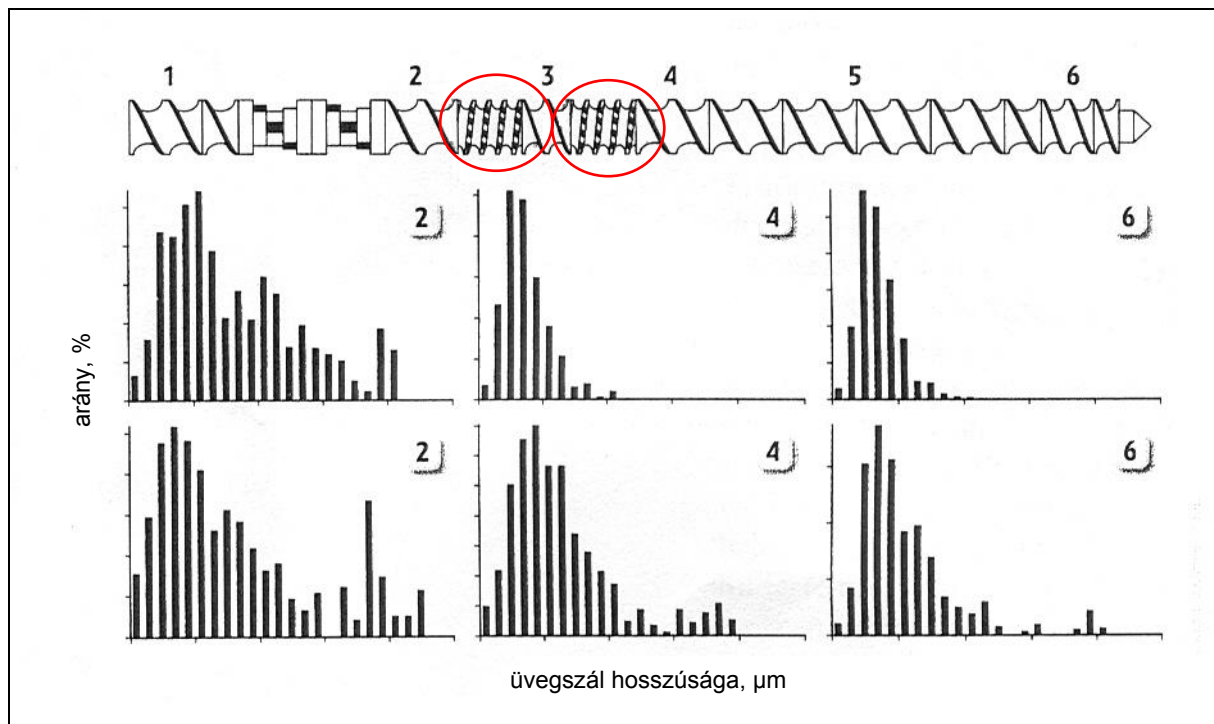
2. ábra A formaadás és a térhálósodás lefolyása a melléküreggel rendelkező présszerszámban

A folyamat analíziséhez egy olyan szerszámot készítettek, amelyben lépcsőzetesen változó vastagságú mintákat lehet előállítani. A szerszámot hőmérséklet-, nyomás- és ultrahangérzékelőkkel szerelték fel. A melléküreg határoló tolózárát hidraulikusan mozgatták számítógépes vezérléssel. A vizsgálatban különböző paraméterek mellett lemezeket állítottak elő. Változtatták az impregnálás idejét, a gyantaadagolás sebességét, a nyomást, a gyantafelesleg kipréselési idejét.

Az ultrahangtechnikával (C-scan) végzett optikai vizsgálatok szerint a minták minősége kifogástalan volt: belsejükben nem találtak impregnálatlan helyeket, légzárványokat. Ugyanígy az erősítő szárendszer teljes átítatását igazolták a különböző metszeti képek. A DIN EN 14130 szabvány szerint mért interlamináris nyírószilárdság értékei is megfeleltek a követelményeknek. Az epoxigyantával készített próbatestek nyírószilárdsága  $46 \text{ N/mm}^2$  volt.

## Üvegszálak kíméletes bekeverése hőre lágyuló műanyagokba

Az üvegszállal erősített kompaundok, illetve a belőlük előállítható termékek minőségét nagymértékben meghatározza az üvegszál hosszeloszlása a kompaundálás után. A kompaundálás során a cél az üvegszál törésének, rövidülésének minimalizálása. A Délnémet Műanyagipari Központ (SKZ) és a padderborni egyetem (KTP) műanyagtechnikai tanszékének kutatási projektjében a „kíméletes” kompaundálást vizsgálták. A kísérleteket a kompaundálásnál leggyakrabban használt egyirányban forgó kétcsigás extruderrel végezték, amelynél a csiga a szállítóelemeken kívül egy gyűrőblokkot és keverőelemeket is tartalmazott (3. ábra).



3. ábra Az üvegszál átlagos hosszúságának eloszlása a csiga különböző helyein. A felső sor 20%, az alsó 80% forgatónyomaték-terhelésnél mutatja az eloszlást

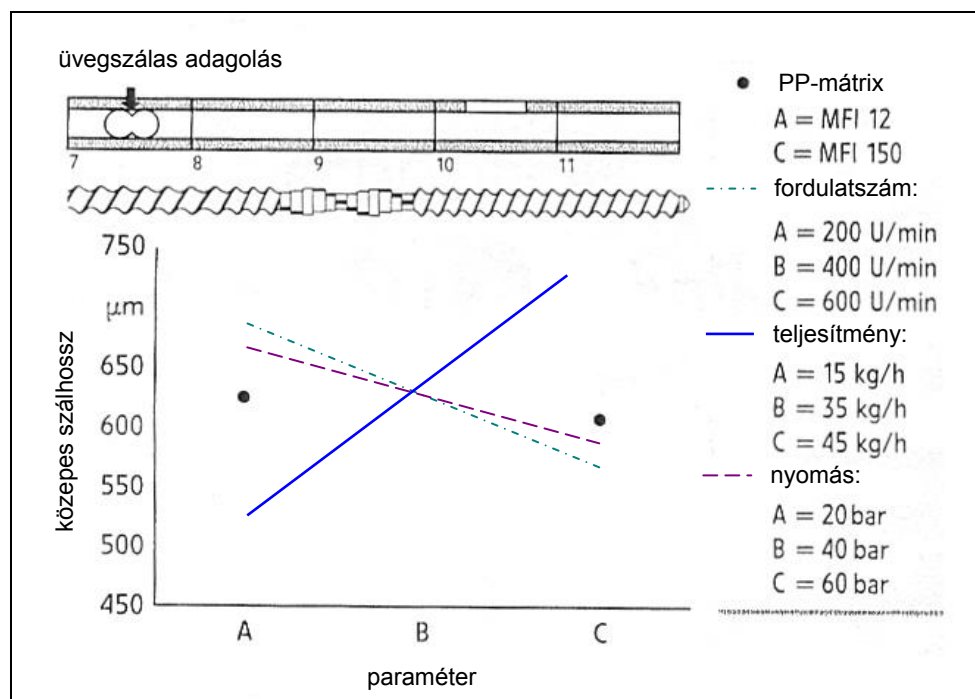
Az első ún. „screening” kísérletsorozatban egy adott összetétel mellett a forgatónyomatékot és a csiga fordulatszámát változtatták. Az értékeléshez a „dead stop” módszer szerint, azaz az extruder leállítása után a csiga különböző helyeiről vették a mintákat, amelyeknek a szálhosszúság-eloszlását vizsgálták. A 3. ábrán bemutatott eloszlási görbék szerint *a nagyobb forgatónyomaték nagyobb átlagos szálhosszú eredményez.* Ez arra vezethető vissza, hogy a nagyobb forgatónyomaték a nagyobb teljesítményre (mennyiség/időegység) vezethető vissza, ami rövidebb tartózkodási időt jelent. A fordulatszám növelése viszont több száltöréshez, és ezzel a közepes szálhosszcsökkenéséhez vezet.

Az első eredmények birtokában elméleti alapon kidolgoztak egy modellt az üvegszál törési folyamatára a kompaundálás során, majd részletes kísérletsorozatban vizsgálták ennek egyezését a gyakorlattal.

Az előkísérletekből kiindulva a szálhosszúság csökkenését exponenciális függvénnyel írták le, amely a kiindulási szálhossztól a folyamat által befolyásolt végső hosszúságértékhez tart. A modellalkotásnál abból indultak ki, hogy a szál a közepén törik. *A törést a hajlítóerő, a szálra merőleges erő és az áramlásból adódó erő eredője idézi elő.* A végleges szálhosszúság a folyamatba bevitt nyírási energiának megfelelően áll be. Az áramlási energia ugyanis a szál töréséhez szükséges energiával kerül egyensúlyba, amiből az következik, hogy a végső szálhosszt a nyíróerők, a tartózkodási idő, a szál E-modulusa és a szakadási nyúlás befolyásolja.

A folyamat részletes vizsgálatára és az elméleti modell igazolására végzett kísérletsorozatot a **Coperion GmbH ZSK 26 Mcc** és a **Leistritz Extrudertechnik GmbH ZSE 27 MAXX** extruderein végezték összesen ötféle csigageometriával. Két különböző viszkozitású *Moplen* polipropilént használtak: a 150 g/10 min. folyásindexű *HP 500V* és a 12 g/10 min. folyásindexű *HP 501N* típusokat (gyártó: **LyondellBasell**). Erősítőszálként az amerikai **Johns Manville** (Colorado, USA) 4000 µm hosszú vágott üvegszálát használták 25 %(m/m) arányban. A szálhosszúság változását az alábbi kompaundálási paraméterek függvényében vizsgálták: csiga fordulatszám, teljesítmény (időegységre eső mennyiség), hengerhőmérséklet és a csiga végén kialakuló nyomás.

A kísérletek azt mutatták, hogy a kompaundálás során a különböző felépítésű csigákkal nagyjából hasonló tartományban, 300–900 µm között mozgott a végső szálhossz. Ez azt is mutatja, hogy *a csiga geometriája alig van hatással a kialakuló szálhosszra, azt a folyamat egyéb paramétere határozzák meg*. A 4. ábra egy olyan kísérletsorozat eredményeit mutatja, amelyben egy kiválasztott (az ábrán bemutatott) csiga-elrendezésnél vizsgálták a száltöredezést. A csiga fordulatszáma és a nyomás növelésével csökken a közepes szálhossz a kompaundálás során. Látható az is, hogy a kisebb viszkozitású mátrix esetén nagyobb szálhosszt mérnek. Amennyiben az átfolyó mennyiség növelésével csökkentik a tartózkodási időt, a szálak törése visszaszorul. A henger hőmérsékletének emelése a kísérletben használt kis átmérőjű extrudereknél közvetlenül emeli az anyag hőmérsékletét, és ezáltal csökkenti a viszkozitást, vagyis csökken a száltörés.



4. ábra A kompaundálás paramétereinek hatása a közepes szálhosszra

A felállított modell alapján a számításokat a KTP által egy korábbi projektben kidolgozott szimulációs szoftver segítségével végezték el paraméterként felhasználva a tartózkodási időt, a nyírási sebességet és a viszkozitást. A számított és mért eredmények a sok egyszerűsítés ellenére is elég jó egyezést mutattak,  $\pm 20\%$ -on belül maradtak.

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

Michaeli, W.; Bastian, R.; Pöhler, M.; Wessels, J.; Winkelmann, L.: Kurze Zykluszeit – Hohe Qualität = Plastverarbeiter, 61. k. 12.sz. 2010. p. 22–23.

Kloke, P.; Rudloff, J.; Schöppner, V.; Potente, H.; Kretschmer, K.; Heidemeier, P.; Bastian, M.: Faserschonend compoundieren = Kunststoffe, 101. k. 2. sz. 2011. p. 66-69.

---

---

## Röviden...

### Fűtőpanelek PE csövekkel

Az **Uponor** fűtő-hűtőpaneleket fejlesztett ki, amelyek gipszbe ágyazott 9,9 mm átmérőjű térhálós PE-Xa csöveket tartalmaznak. A csöveket szorosan a panel felületéhez illesztik, amivel  $90\text{W}/\text{m}^2$  fűtési és  $60\text{W}/\text{m}^2$  hűtési teljesítményt érnek el. A paneleket szállal erősítik, égésgátló adalékot tartalmaznak, és 27 mm vastag habosított polisztirollal szigeteltek. A panelek háromféle méretben állnak a felhasználók rendelkezésére.

O. S.

European Plastics News, 38. k. 6. sz. p. 19.