

Fa-műanyag kompozitok (WPC) fröccsöntése, színezése

Az utóbbi években felgyorsultak a fejlesztések a megújuló nyersanyagokból előállítható műanyagok előállítására. Ehhez az irányhoz tartoznak a fa-műanyag kompozitok (WPC), amelyek feldolgozástechnikája egyre korszerűbbé válik. Színezésükkel esztétikus termékekhez juthatunk.

Tárgyszavak: fa-műanyag kompozitok; fenntartható fejlődés; fröccsöntés; időjárás-állóság; színváltozás.

WPC piac

2005-ben Észak-Amerikában 700 ezer tonna, Európában 170 ezer tonna WPC terméket gyártottak. Európa vezető gyártói Németországban működnek, 35 vállalat állít elő WPC termékeket évente kb. 100 ezer tonna mennyiségben.

A legnagyobb alkalmazási terület a padló- és teraszburkolat, a teljes piac 58%-át, évente 68 ezer tonnát használnak erre a célra. Az autóipar igényei is fokozatosan növekednek: Európában mintegy 50 ezer tonna az éves felhasználás. A bútoripar is egyre több WPC-t alkalmaz.

A WPC-k 66%-a polietilénalapú, annak köszönhetően, hogy az USA-ban döntően ezt a mátrixot, mégpedig reciklált változatát használják. Ezzel szemben Európában a polipropilént részesítik előnyben a gyártók, a termékek mintegy 80%-a PP alapú.

WPC és a fenntartható fejlődés

Manapság a vállalatok fejlesztési terveiben fontos szempont, hogy *a termékek, ill. technológiák minél kevésbé terheljék a környezetet.* Ez a törekvés Földünkön a fenntartható fejlődést, és ezzel a jövő nemzedékei egészséges életterének biztosítását szolgálja.

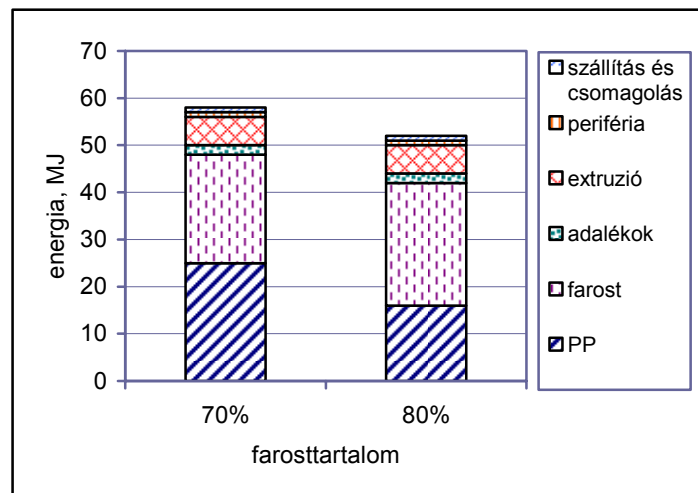
A Délnémet Műanyagipari Centrumban (**Süddeutsches Kunststoff-Zentrum, SKZ**) a fa-műanyag kompozitokat (WPC) vizsgálták a fenntartható fejlődés szempontjából. Erre a termékcsoporthoz azért esett a választás, mert a WPC termékekben a foszszilis alapanyagokból előállított műanyagmátrix ma már akár 80% megújuló nyersanyagforrást tartalmazhat. Ez az összetétel reményt nyújt arra, hogy az ilyen termékek „ökológiai lábnyoma” kisebb legyen, mint a hagyományos műanyagoknak.

A WPC termékek analízisét az életciklus-elemzés (németül: *Lebenszyklusmanagement*; angolul: *Life Cycle Management, LCM*) elve alapján végezték el. Ezzel

a módszerrel a termék előállításától a használat utáni megsemmisítésig (vagy újrahasznosításig) terjedő időszakban értékelik a termék által okozott gazdasági, ökológiai és társadalmi hatásokat. A gazdasági hatásokat az életciklus során jelentkező költségek, az ökológiai szempontokat a *DIN EN ISO 14040* szabvány alapján lehet figyelembe venni. A társadalmi-szociális hatások megközelítésére ma még nincs elfogadott módszer.

WPC összetételének hatása az energiafelhasználásra

Nagy mennyiségű farostot tartalmazó két, polipropilénmátrix előállításához szükséges energia értékét hasonlították össze. Az ún. kumulált energiafelhasználás (KEF) nemcsak az előállításakor felhasznált energiát, hanem a termékben tárolt energia értékét is tartalmazza. Az *1. ábrán* látható egy 1 m hosszú, 70 és 80% farosttartalmú WPC profil előállításához szükséges kumulált energia. Látható, hogy a farost mennyiségének növelésével a kompozit gyártásának energiaigénye csökken, mivel a farost előállításához fajlagosan kevesebb energia kell, mint a PP gyártásához.



1. ábra 1 m hosszú WPC profil előállításához szükséges energia mennyisége

Ugyanakkor a nagyobb farosttartalmú PP feldolgozása egy ellentétes irányba forgó kétcsigás extruderrel 0,3 kWh/kg, a kisebbé 0,27 kWh/kg energiát igényelt. Mivel azonban az extrudálás energiafelhasználása viszonylag kis arányt képvisel a felhasznált energián belül, a farost kedvező hatását nem fordítja meg.

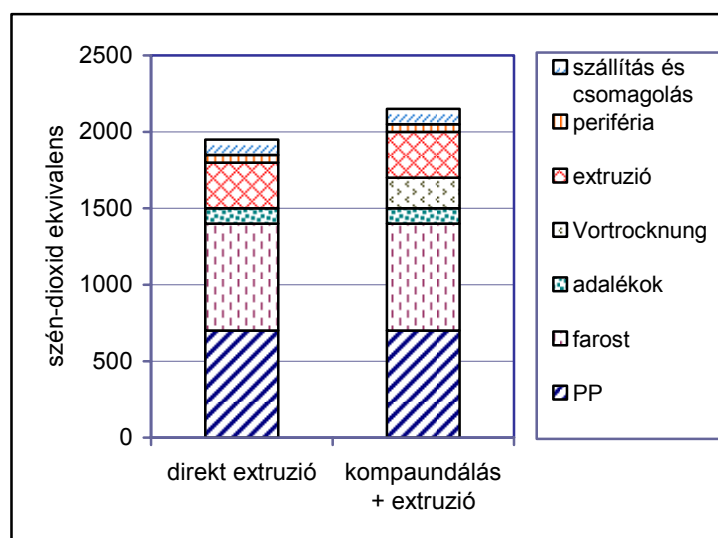
WPC előállítási technológiájának hatása az energiafelhasználásra

A WPC feldolgozás különböző lépéseinek hatását egy irányban forgó kétcsigás extruderrel vizsgálták. A kompaundálás és granulálás energiaigénye 0,44–0,52 kWh/kg volt. Direkt extrúzióval profilekat gyártva 0,40–0,45 kWh/kg energiafelhasználást mér-

tek, amiből 0,15 kWh-t a kalibráló, a lehúzó és a vágóegység fogyasztott. Ezek az eredmények ökológiai szempontból a *direkt extrúzió előnyeit támasztják alá.*

WPC előállítási technológiájának hatása az üvegházhatású gázok képződésére

Ökológiai szempontból fontos, hogy az ipari folyamatok közben minél kevesebb klímakárosító anyag jusson a környezetbe. Egy 70% farostot, 27% PP-t és 3% adalékot tartalmazó keveréket direkt extrúzióval és a két lépésből (kompaundálás+extrúzió) álló technológiával is feldolgoztak, és minden egyes fázisban mérték a szén-dioxid ekvivalenst. Az eredményeket a 2. ábra szemlélteti. Látható, hogy a direkt extrúzió során összességében kevesebb üvegházhatású, klímakárosító anyag szabadul fel, mint a kétlépcsős technológiában.



2. ábra 1 m hosszú, 70% farostot tartalmazó WPC profil előállítása során felszabaduló klímakárosító anyag mennyisége (szén-dioxid ekvivalens)

WPC fröccsöntése

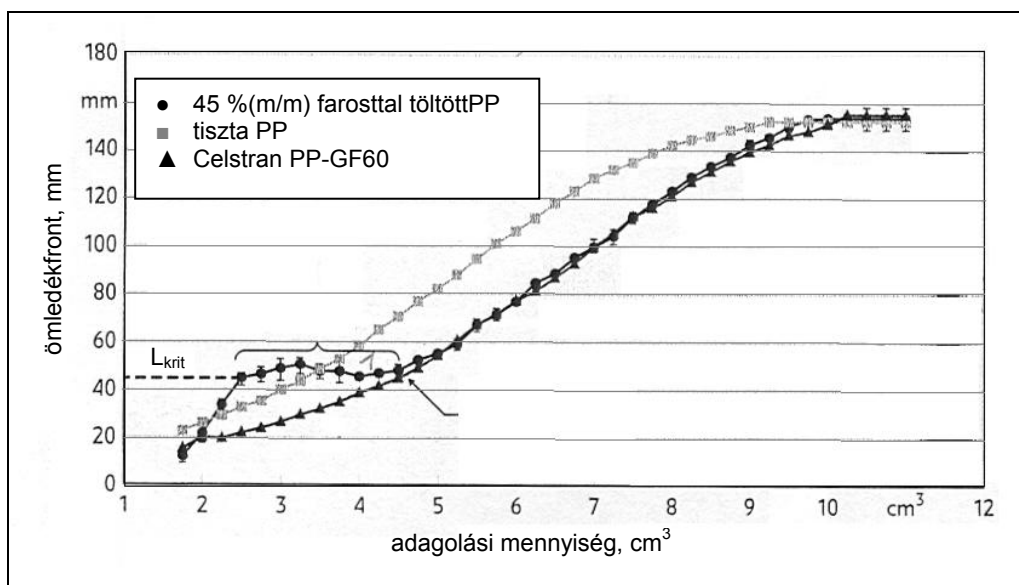
Az erősen töltött WPC ömledékek nagy viszkozitása lecsökkenti az ömledék rugalmasságát, és ezért a szerszámkitöltésnél nem alakulnak ki az áramlási frontok, mint a tiszta polimereknél. *A WPC áramlását alapvetően a falnál fellépő csúsztató hatás és a nyírás áramlás befolyásolja.* Kimutatták, hogy a WPC viselkedése inkább a hőre keményedő anyagokhoz vagy az erősen töltött fém/műanyag hibrid anyagokhoz hasonlít. A bizonytalanságok miatt a WPC ömledék szimulációja nehézségekbe ütközik.

Vizsgálták 30, 45 és 60% farostot tartalmazó PP mátrixban (MFI > 100) az anyag- és technológiai paraméterek hatását az ömledék mozgására, a szerszámkitöltésre. *A kísérletekhez átlátszó szerszámot alkalmaztak,* amelyben a hengerhőmérséklet, a szerszámhőmérséklet és a fröccsöntési sebesség hatását tanulmányozták a térkitöltésre.

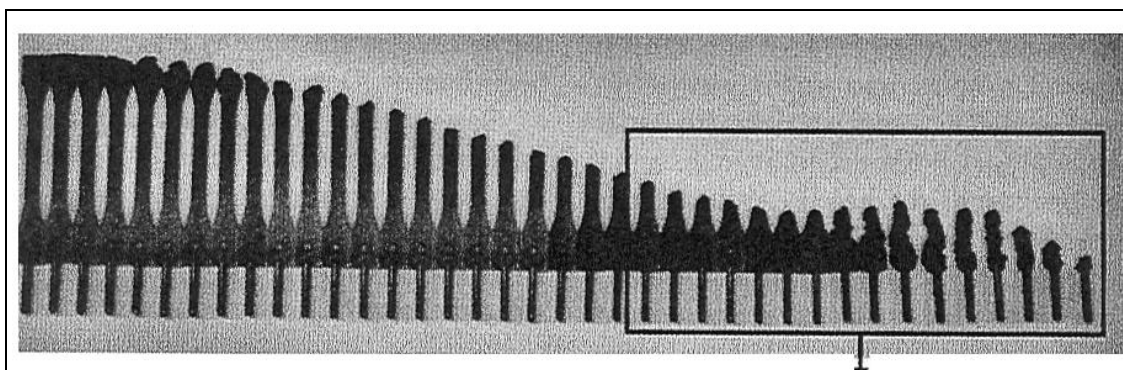
Kétféle próbatestet fröccsöntöttek: a húzóvizsgálatnál alkalmazott piskóta alakú próbatestet és egy 3 és 5 mm vastag lapot (méretét nem közölték, a fordító megjegyzése).

Térkitöltés húzóvizsgálathoz használt próbatest esetében

A térkitöltés megfigyelése érdekében 40 lépésben növelték a beadagolt kompaund mennyiségét. Ennek függvényében mérték az ömledékfront előrehaladását (3. ábra). Az ábrán látható a tiszta PP ömledék és egy 60% üvegszál tartalmozó PP ömledékfrontjának előrehaladása is. A WPC ömledék kezdetben beömlik a szerszám-üregbe, egészen a falra való feltapadás eléréséig, amikor is előrehaladása megáll (az ábrán L_{krit}). Ekkor alakul ki a próbatest vállrésze és a falra tapadt ömledék összenyomódik. A vállrész kitöltése után az ömledékfront továbbhalad a szerszámokban. A 4. ábra mutatja az ömledékfront előrehaladását, ill. stagnálását.



3. ábra WPC ömledék ömledékfrontjának előrehaladása a szerszámokban a tiszta PP-hez és üvegszál PP-hez képest



4. ábra A WPC ömledékfront előrehaladása, ill. stagnálása a szerszámokban piskóta próbatest fröccsöntésekor (átlátszó szerszámokban készült felvételek)

Ha növelik a befroccsöntés sebességét, akkor az ömledék előrehaladása gyorsabb és rövidül a stagnálás ideje. Az anyaghőmérséklet növelésekor az ömledék megállása rövidebb idő alatt bekövetkezik. Ennek oka az ömledék alacsonyabb viszkozitása és a szerszámfalnál nagyobb csúszása. Kisebb szerszámhőmérséklet hosszabb ömledékstagnálási időt okoz. Ilyenkor az ömledéktartomány nem olyan egybefüggő, és az összenyomódás csak később következik be.

A farost mennyiségének ugyancsak jelentős hatása van a folyási tulajdonságokra. 30% farosttartalomnál az ömledék a tiszta PP-hez hasonlóan viselkedik, stagnálás nem jelentkezik. Ezzel ellentétben 60% farostnál a vállképződéskor kifejezetten stagnálás következik be.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a farosttartalom növelésével a szerszámki-töltés fázisokra oszlik: az ömledék kezdetben tömörödés nélkül folyik, majd stagnál és összenyomódik, mielőtt továbbfolyik.

Térkitöltés lap alakú próbatest esetében

A szerszám kitöltése 45% farostmennyiségnél kezd megváltozni: egyes helyeken megtörik az ömledékfront, amelyet később az ömledék körülvesz. Az így kialakuló határfelületek gyenge pontokat jelentenek a mechanikai tulajdonságok szempontjából. Előidézhetik a termék vetemedését is, ami ráadásul szimulációval nem jelezhető előre. A befroccsöntés sebességének növelése, kisebb anyaghőmérséklet, nagyobb szerszámhőmérséklet ezt a jelenséget erősíti, a lemezvastagság viszont nem befolyásolja. Megfelelő szerszámkialakítással (ömledékgát, ill. ömledékterelő) az ömledéktörés veszélyét csökkenteni lehet.

WPC színezése

A WPC termékek iránt mutatkozó növekvő igények a színezék-, és mesterkeverékgyártók érdeklődését is felkeltették, és erre a célra új színezékeket fejlesztettek ki. Többek között két német cég, a **Deifel** (színezék márkaneve: *Deiwood*) és a **Gargiulo** jelentkezett a *WPC természetes szál szerkezetét megtartó színezőanyagokkal*. A mesterkeverék és por alakú pigment formájában egyaránt elérhető anyagok nem csak a WPC, hanem más természetes szálakat tartalmazó műanyagok színezésére is alkalmasak. A színezéket nem tartalmazó WPC színe több tényezőtől függ: a felhasznált fa fajtájától, a farost mennyiségétől és méretétől, az eloszlásuk egyenletességétől és a feldolgozás után a termékben maradt nedvességtől. *A külön hozzáadott színezék alapvetően a műanyagmátrixot színezi és nem a farostot, ezért a fa természetes szerkezete látható továbbra is.* Leggyakrabban teraszokat, járdákat, sétányokat burkoló profilokat, padlóléceket színeznek ilyen módon.

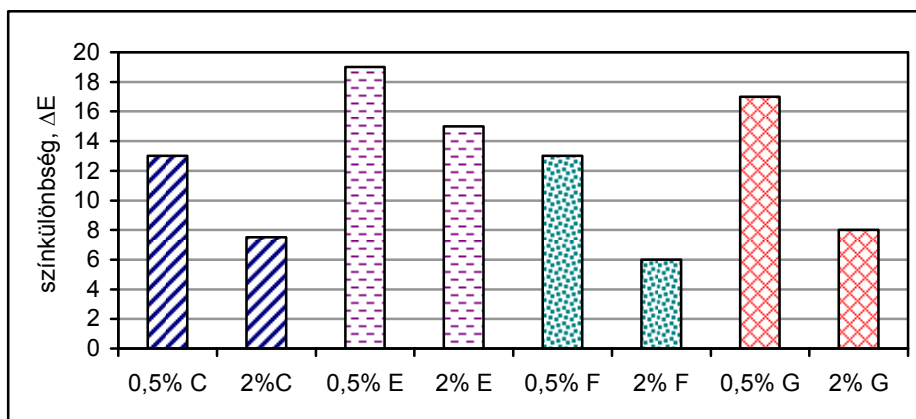
Néhány jó tanács a WPC termékek színezéséhez:

- minél nagyobb a műanyaghányad, annál kevesebb színezék kell a kívánt szín-mélység eléréséhez,
- finomabb farostok szintén kevesebb színezéket igényelnek,

- a keverék jó folyása elősegíti a színezék megfelelő eloszlását,
- minél nagyobb a színezékkoncentráció, annál gyengébben marad meg a fa szerkezete.

WPC időjárás-állósága

A **BASF Color Solutions** részlegén vizsgálták színezékek és fénystabilizátorok hatását a WPC időjárás-állóságára, 30/70 PP/farost arányú kompozitoknál. Mivel szinte valamennyi, WPC-hez használt receptúra sárga, barna és/vagy vörös színezéket tartalmazó pigmentkeverékből áll, kísérleteikhez is ezeket a színeket alkalmazták. A gyorsított öregítési vizsgálatokat QUV típusú berendezésben végezték, amelyben a napfény sugárzásához hasonló spektrumú fényforrás található. A vizsgálati ciklus 4 óra UV-besugárzásból (60 °C) és 4 óra sötét periódusból (50 °C) tevődött össze. A minták színváltozását spektrálfotométerrel követték, mérték a *DIN 6174* szerint a *CIE rendszerben* (amelyben a színt az energiaeloszlása alapján jellemzik) felvett $L^*a^*b^*$ koordinátákat. A színmélységet háromdimenziós rendszerben határozzák meg: az a^* értékkel (piros-zöld) és a b^* értékkel (sárga-kék), a harmadik koordinátatengelyen a világossági fokot (L^*) tüntetik fel. A CIE színskála szerint az emberi szemmel érzékelhető színekülönbségeket (ΔE) numerikusan lehet meghatározni.



5. ábra Különböző pigmentekkel színezett WPC színváltozása 400 óras öregítés után

Összesen négyféle pigment hatását vizsgálták 400 óras öregítés során. Megállapították, hogy mind a pigment fajtája, mind a koncentrációja jelentősen befolyásolja az időjárás-állóságot (5. ábra). A pigmentkoncentráció növelése minden esetben a színtkülönbség csökkenéséhez vezet az öregítés során, azaz a termék színállósága javul. A vizsgált pigmentek közül a színállóság szempontjából az F pigment bizonyult a legkedvezőbbnek. (A szerkesztő megjegyzése: sajnálatos, hogy a szerzők nem közöltek közelebbi adatot a pigmentekről, feltételezhető, hogy BASF gyártmányok).

A színezett WPC időjárás-állóságát HALS fénystabilizátorok és UV abszorberek jelenlétében is vizsgálni kívánják.

Összeállította: Dr. Orbán Sylvia

Seibert, K.; Stübs, O.; Bastian, M.: Nachhaltigkeit nachweisen = Kunststoffe, 100. k. 2. sz. 2010. p. 56–58.

Funke, C.; Albring, E.; Moritzer, E.: WPC füllt anders = Kunststoffe, 100. k. 8. sz. 2010. p. 71–74.

Schäfer, B.; Ebinger, A.: Für natürliches Feeling = Plastverarbeiter, 61. k. 2. sz. 2010. p. 38–39.

Fink, J.: Nicht auf dem Holzweg = Kunststoffe, 100. k. 6. sz. 2010. p. 58–62.