

PVC profilok: nagyobb ütésállóság, nagyobb töltőanyag-tartalom

Manapság az extrudált építőipari profilok ütésállóságát klórozott polietilénnel (CPE) vagy poli(metil-metakrilát)-alapú adalékokkal állítják be. Fontos még, hogy a kompaund nagy töltőanyag-tartalom mellett is jól feldolgozható legyen. A PVC gyártók igyekeznek az új követelményeknek (WPC, habosított termékek) megfelelő új alapanyag-típusokat a feldolgozók rendelkezésére bocsájtani.

Tárgyszavak: extrudálás; PVC profilok, adalékok; keverékek; mechanikai tulajdonságok; plazmatechnológia; habextrúzió; műszaki műanyagok; fémhelyettesítés.

Ütésálló PVC keverékek adalékai régen és most

Az építőiparban a PVC, illetve kompaundjaiból készült termékeket széleskörűen alkalmazzák, elég, ha csak az ablakprofilokra és a csövekre gondolunk. Már a múlt század hatvanas éveiben a kemény PVC kompaundok szívósságát etilén/vinil-acetát (EVA) kopolimer és klórozott polietilén (CPE) adagolásával növelték, majd akrilkaucsukokkal próbálkoztak. A kaucsukszerű akrilpolimereket a PVC-ben csak nehezen tudták eloszlatni, emellett csekély mértékben javították az ütésállóságot.

Előrelépést jelentett a butil-akriláttal ojtott poli(metil-metakrilát) (AIM), amely az EVA-t teljesen kiszorította erről a területről. A folyamatos fejlesztések eredményeképpen újabb CPE és AIM típusok jelentek meg, amelyek már kis mennyiségben is hatékonyan növelik az ütésállóságot.

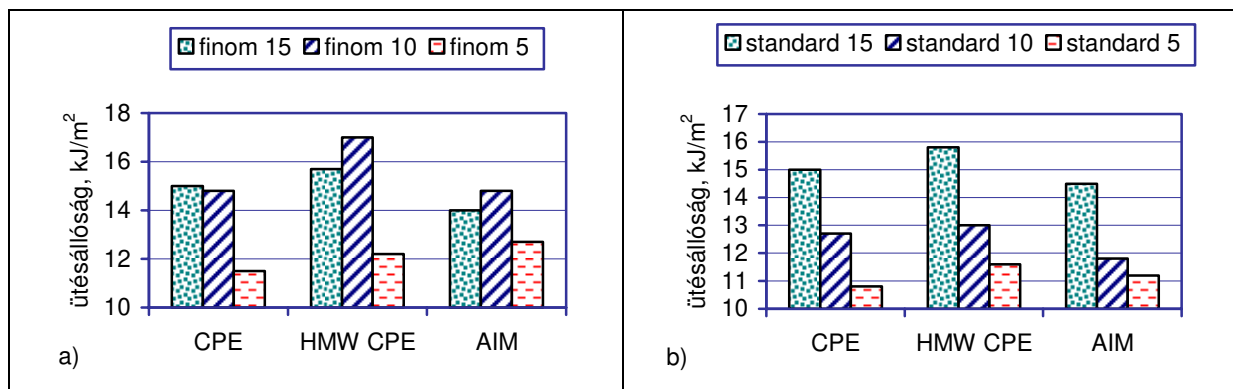
Mindkét adaléktípus hatásmechanizmusa a *PVC mátrixban eloszlatott rugalmas elasztomerfázis jelenlétén alapul*. A két fázisnak a határfelületen nagyon jól kell egymáshoz tapadnia, mert ezeken a helyeken különböző okokból eredő feszültségek terhelő hatásával kell számolni, és el kell kerülni a nagy sebességű molekulaütközésekből fellépő – a mátrix és az elasztomerfázis eltérő hőtágulási együtthatójából adódó – ridegtörést. *Az adalék a mátrixban keletkező plasztikus deformációt a kavitáció révén változtatja meg*. Ezért nagy jelentősége van a kavitáció előidézésére képes módosító anyag méretének és a mátrixban való megfelelő eloszlásának. Az AIM térhálós szerkezetű, gömb formájú részecske, a CPE pedig 200 µm méretű hőre lágyuló anyag, amely a fázisátalakulást követően 0,2–0,3 µm méretű részecskékre esik szét. A CPE körültekintő kiválasztásával ideális szemcseméret-tartomány biztosítható szételegyedés nélkül. Kielégítően kis szemcseméretű szerves töltőanyagok, mint pl. a kalcium-karbonát, ugyancsak alkalmasak kavitáció létrehozására. A CPE ütésállóság-

javításra való alkalmasságát bizonyítja továbbá, hogy az extrudálás folyamán megolvadva bevonja a szervesen töltőanyagot, ily módon is növeli a keverékben a rugalmas hányadot.

Extrudált PVC profilok vizsgálata

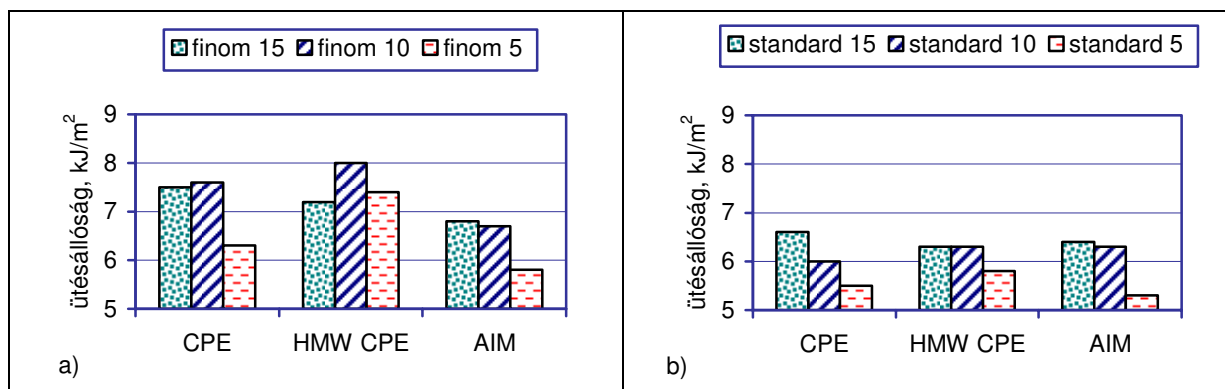
A **Dow Chemical Company Tyrin** márkanéven szabadalommal védett, nagy molekulatömegű CPE anyagokból új termékcsaládot hozott forgalomba. Ezeknek, valamint az AIM hatását vizsgálták extrudált PVC profilok ütésállóságára, fényességére és a szerszámfelületre való kiválásra (plate-out). A kísérletsorozatban 100 rész PVC-re (K=68) számítva 4,3 rész Ca/Zn stabilizátort adagoltak, a vizsgált ütésállóság-javító adalékok mennyiségét az iparban szokásosan alkalmazott 5,7 rész helyett 7,0 részre emelték, a finom és a standard minőségű CaCO₃ töltőanyagot pedig 5, 10 és 15 részben adagolták a kompaundba. Mindegyik receptúra 4 rész titán-dioxidot is tartalmazott. A szárazkeveréket a szokásos módon állították elő egy **Henschel FM 75D** keverőben, majd kétszágás kónikus extrúderben (*CM-45 32L/D*) extrudálták. A feldolgozás paramétereit az adott ütésállóság-javító adalékhoz igazították.

A BS 7413:2002 szabvány szerint V alakban hornyolt próbatesteken Charpy féle ütőműben, 23 °C-on és 0 °C-on mért ütő-hajlító szilárdság értékei az 1. és a 2. ábrán láthatók. Az ábrákon feltüntetett értékeket tíz párhuzamos mérés eredményeiből képezték. A hivatkozott szabvány 23 °C-on legalább 12 kJ/m² ütő-hajlító szilárdságot ír elő. Az 1. ábra eredményeiből látható, hogy az ütő-hajlító szilárdságot az ütésállóságot növelő adalék mellett a töltőanyag mennyisége és minősége is befolyásolja. A legjobb eredményeket a Tyrin márkanévű új adalékkal (*HMW CPE*) és 10 és 15 rész finom szemcse-szerkezetű krétával lehet elérni. A kevesebb krétát (5 rész) tartalmazó minták ütésállósága néhány esetben nem éri el a 12 kJ/m² minimális határértéket. A korábban használt standard CPE és az AIM hatásossága a vizsgált töltőanyagok jelenlétében közel van egymáshoz, a legjobbak a 15 és 10 rész finom szemcséjű krétát tartalmazó minták.



1. ábra Extrudált kemény PVC-profilok ütő-hajlító szilárdsága 23 °C-on, hornyolt próbatesteken, Charpy-módszerrel

- a) finom szemcséjű kalcium-karbonát: 5, 10, 15 rész 100 rész PVC-re
 b) standard szemcséjű kalcium-karbonát: 5, 10, 15 rész 100 rész PVC-re



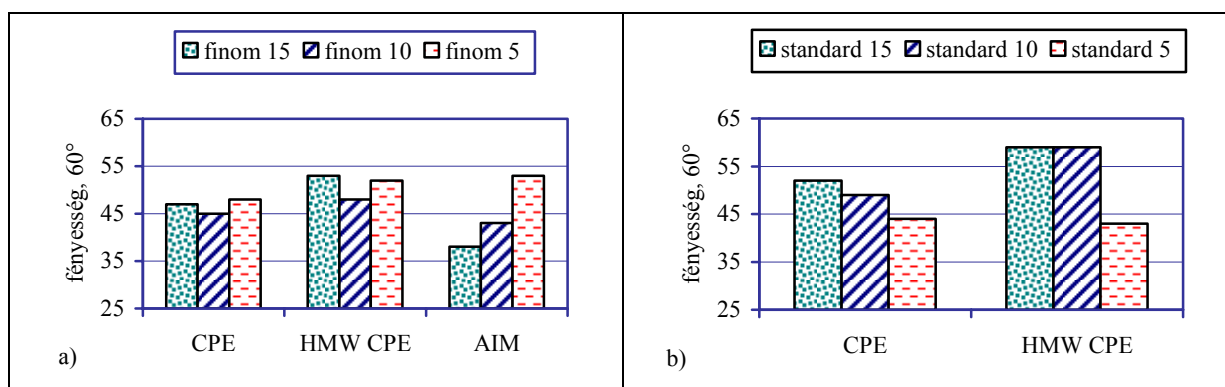
2. ábra Extrudált kemény PVC-profilok ütés-hajlító szilárdsága 0 °C-on, hornyolt próbatesteken, Charpy-módszerrel

a) finom szemcséjű kalcium-karbonát: 5, 10, 15 rész 100 rész PVC-re

b) standard szemcséjű kalcium-karbonát: 5, 10, 15 rész 100 rész PVC-re

A PVC profil törésérzékenysége, gyenge pontjai szempontjából fontos az ütés-hajlítószilárdság értékeket 0 °C-on is meghatározni. A 2. ábra eredményei szerint a HMW CPE-vel készült 10 rész finom szemcséjű krétát tartalmazó minta ütés-hajlító szilárdsága a legnagyobb, és még 5 rész standard töltőanyag jelenlétében is jobb szilárdsággal rendelkezik a másik két adaléktípushoz képest. Még szembetűnőbbé válik ez a különbség finom szemcseméretű töltőanyag alkalmazásakor. Ezt a kedvező eredményt a finom szemcsés töltőanyag és a nagy molekulatömegű CPE között fellépő szinergikus kölcsönhatásra vezetik vissza. A hagyományos CPE-vel készült próbatestek ütésállósága 0 °C-on meghaladta az AIM tartalmú mintákét.

A 3. ábrán a keverékekből extrudált PVC profilok fényessége látható 60°-os beeső fénynél. A várakozással ellentétben a töltőanyag-tartalom növelésével a CPE és a HMW CPE-vel készült kompaundoknál nem csökkent az extrudált profilok fényessége. A töltőanyagok fényességet csökkentő hatása csak az AIM tartalmú profiloknál jelentkezett.



3. ábra Extrudált kemény PVC-profilok 60°-os beeső fényvel mért fényességértékei

Vizsgálták még a keverékek kiválását (plate-out) feldolgozás közben. A vizsgálatokat egy átalakított **Göttfert** gyártású, laboratóriumi kétszigás, egyirányba forgó extruderben végezték: a kalibráló egységben az extrudált szalag felső és alsó oldalára vékony alumíniumlemez helyeztek. Extrudálás után a lemezek tömeggyarapodását mg-ban határozták meg, majd a lemezekon megtapadt bevonat összetételét analizálták. A lemezek tömege 20–30 mg-mal nőtt, legkisebb mértékben – 20 mg-mal – a *HMW CPE* esetében. A bevonatok analízise azt a meglepő eredményt hozta, hogy abban csak PVC maradékok voltak, sem az ütésálló adalékok, sem a stabilizátor nem vált ki a feldolgozás közben.

Az elvégzett vizsgálatok eredményei szerint az új, *Tyrin* márkanevű nagy molekulatömegű CPE a kemény PVC rendszerekben megfelelő mértékben növelte az ütésállóságot (0 °C-on is) nagy töltőanyag-tartalom mellett anélkül, hogy a fényesség számottevően romlott volna.

A gépgyártóknak lépést kell tartani a műanyagfejlesztéssel

A korábbi $K=67$ értékhez képest ma a Nyugat-Európában gyártott PVC típusok K -értéke gyakran 70 ± 2 , vagy ennél is magasabb. A hosszabb molekulalánc és a nagyobb K -érték megnehezíti a kompaundok feldolgozását:

- az extruderben a kompaund nehezebben plasztifikálható,
- nagyobb forgatónyomaték szükséges,
- kitolásnál nagyobb a tömegnyomás és ebből adódóan nagyobb a deformáció,
- a nagyobb memóriahatás (Memory-effect) hullámosodást okozhat.

A felsorolt technológiai jellemzők kihatnak a termék minőségére, a kitolási teljesítményre és a szerszámban mind az anyagáramlást, mind a készterméken is megmaradó hullámosodást befolyásolják.

A Cincinnati Extrusion GmbH szakemberei véleménye alapján a nagyobb K -értékű PVC problémamentes feldolgozásához a kétszigás extruder teljesítményét meg kellett növelni és új szerszámkonstrukcióra is szükség volt. Meg kellett változtatni továbbá az extrudercsiga geometriáját a hatékonyabb plasztifikálás és a később adagolt csúsztató megfelelő homogenizálása érdekében.

A töltőanyagok költségcsökkentő szerepe

A PVC csövek receptúrái korábban 100 rész PVC-re 15 rész töltőanyagot tartalmaztak, azonban manapság a 70 rész sem számít különlegességnek. Töltőanyagként – megfelelő tulajdonságai és olcsósága miatt – elsősorban *calcium-karbonátot* használnak.

A magas töltőanyag-tartalmú keverékek extrudálása során különösen figyelni kell:

- a betöltésre és a levegőztetésre,
- a szárazkeverék plasztifikálására,
- a csigák kopás elleni védelmére.

A nagy töltőanyag-tartalom miatt a keverékek szórhatósága lecsökken, ami nehezíti a betáplálást. Általában módosítani kell az adagolóegységet, mert a szokásos vákuumos betáplálással nem lehet egyenletesen adagolni a keveréket. Az extrudercsiga fordulatszámának függvényében szabályozni kell a bemérést az állandó anyagáramlás érdekében. Ha szükséges, záródugókat is alkalmaznak, amely az anyagot nem engedi visszaáramolni az etetőzónában.

Kétcsigás extruderek kopásvédelme

Az extruderben a kalcium-karbonát keménysége miatt nagyobb mértékű kopással kellett számolni. A szokásos PVC keverékek feldolgozásánál eddig is gyakran alkalmaztak nitridált vagy betétedzett cilindert és csigát. A Cincinnati – a cylinder nitridálása mellett – a csigák külső felületének molibdénrel való bevonását választotta az extruder élettartamának növelésére. Többféle változat közül a csigabordára 15 000 K hőmérsékleten *plazmatechnológiával* molibdénporból felvitt ~7–8 µm vastag bevonat volt a leghatásosabb a kopás ellen, rendkívül jó tapadása, valamint a csigafelületen 2–4% mennyiségben képződő molibdén-dioxid miatt. Ez utóbbinak a csúsztató hatása is fontos az extrudálás során.

A nagy töltőanyag-tartalmú, agresszív márvány vagy fa/PVC kompaundok feldolgozásához igen nagy ellenálló képességgel rendelkező anyagból készült henger, bélelt henger, sőt indokolt esetben wolfram-karbiddal kezelt csiga és henger szükséges. Ilyenkor a berendezés ára akár két-háromszorosa lehet az alapfelszereltségű gépének, viszont a beruházás a hosszabb élettartam miatt többszörösen megtérül.

Több évtizedes tapasztalatok igazolják, hogy megfelelően hosszú előmelegítési zónával, alacsony kompresszióval, speciálisan beállított anyagárammal, valamint a csigák és a henger kopás elleni védelmével sikeresen feldolgozhatók a nagy töltőanyag-tartalmú kompaundok. Ilyen feltételek mellett a megfelelően beállított technológiai paraméterek mellett jó mechanikai tulajdonságokkal rendelkező végtermék állítható elő.

A kémiai habosítás költségcsökkentő szerepe

A habextrúzióval gyártott PVC építőipari profilok és lemezek a piac mintegy 10%-át teszik ki. *Az eljárással akár 60%-ot is meghaladó fajlagos sűrűségcsökkentést lehet elérni.* Az utóbbi években egyre nagyobb vastagságú lapokat állítottak elő. Az USA-ban például *Trim-Boards* néven kerültek forgalomba a főleg *épületek külső burkolására használt habextrúzióval gyártott lemezek.* A PVC habextrúziós feldolgozásánál alapvető követelmény a hajtóanyag homogén bedolgozása és a pontos hőmérséklet-eloszlás betartása, hogy a nagyméretű és vastag lemezek teljes terjedelmükben azonos minőségűek legyenek. A Cincinnati a habosításra alkalmas kétcsigás extrudereit a kihazatali szakaszon keverőelemekkel látta el. Ez a cég gyártotta a világon az eddigi legnagyobb méretű, ellentétes irányba forgó csigákkal ellátott kétcsigás extrudert, amely *2000 kg/h teljesítményre* képes.

A habosítás a csőgyártásban is elterjedt, a PVC csövek több mint 10%-a tartalmaz habosított magot. 440 mm átmérőig a gyártás teljesen problémamentes, és egyre több gyártó kínál akár 630 mm átmérőjű csöveket. A habosított csövek gyártásához az egyirányban forgó csigákkal felszerelt, nagy L/D viszonyú kétszigás extruderek az előnyösek.

PVC ablakprofilok: még jobb hőszigetelés fém nélkül

Az ablakrendszereket gyártó **aluplast GmbH** és a műanyag alapanyag-gyártó **BASF** közösen fejlesztett ki egy új ablakprofil, amely nem tartalmaz fémet. Ezáltal az *ablakprofil hőszigetelő képességét 1,1 kW/m²-re (20%-kal) sikerült csökkenteni*. A szállítás és a beépítés során a *60%-ot is elérő tömegcsökkenés* is előnyös. A BASF külön erre a célra fejlesztette ki *üvegszállal erősített Ultradur High Speed PBT anyagát, amelyből a fémmerevítést kiváltó profilokat extrudálják*. Az eddig általánosan használt ablakprofilok a kamraszám növelésével egyre jobb hőszigetelő képességgel rendelkeznek, azonban a profilba épített fém hőhidat képez, amely a szigetelőképeséget minden esetben rontja.

Az *Ultradur High Speed* nagy E-modulusú, merev, kúszásra nem hajlamos anyag, amelyből széles hőmérséklet-tartományban kiváló mérettartósággal rendelkező, akár tartósan 80 °C-os használati hőmérsékletre szánt termékek gyárthatók. A PBT profilok jól extrudálhatók, a további műveleteknél, pl. a PVC ablakprofilok tükörhegesztéses összeillesztésénél a PVC-hez hasonlóan viselkednek, és a használat utáni újrahajlításkor sem okoznak problémát.

A fejlesztés során a legnagyobb feladat a többkamrás PVC ablakprofilban a PBT profilok pontos elhelyezése és időtálló beépítése volt. Ehhez know-how szintű technológia kidolgozására volt szükség.

Az ablak funkcionális tulajdonságai közül az egyik legfontosabb, hogy az állandóan változó hajlító igénybevételnek ellenálljon. A másik fontos tulajdonság, hogy a PVC-PBT összeépítés az ablak élettartama alatt végig tartós legyen. A BASF vizsgálólaboratóriumában több ezerszer vizsgálták a változó igénybevételekből álló ciklusok hatását a próbatestek és a profilok hajlítószilárdságára. Az új, PBT profilokkal ellátott ablakprofilok ebből a szempontból is jól vizsgáltak.

A 2009-ben a piacon is megjelent újfajta ablakok (amelyek külsőleg semmiben nem különböznek az eddigiektől) nem számítanak különleges termékeknek. A gyártó aluplast GmbH felkészült, hogy a növekvő igényeket kielégítse.

Összeállította: Dr. Pásztor Mária

Torres E.; Berard, M.; Schiller, M.: Schlagzäh modifizierte und hochgefüllte PVC-Profile. = Kunststoffe, 99. k. 2. sz. 2009. p. 69–72.

Häder W.: Maschinenbau folgt Werkstoffentwicklung. = Kunststoffe, 97. k. 4. sz. 2007. p. 82–85.

Heilig, A.; Brockmüller, K.; Hennenberger, F.: Wirtschaftlicher und wärmer ohne Metall. = Kunststoffe, 98. k. 12. sz. 2008. p. 85–88.