

Innovációk és újdonságok a műanyagok építőipari alkalmazásában

A műanyagok alkalmazási területei között az építőipar a csomagolótechnika után a második legnagyobb felhasználó. A műanyag csövek, ablakok már évtizedes múltra tekintenek vissza. Napjainkban az épületek hőszigetelése, klimatizálása, a természetes energiaforrások hasznosítása nyújt perspektívát a műanyagos megoldásoknak.

Tárgyszavak: építőipar; hőszigetelés; napkollektor; műanyaghabok; átlátszó szerkezetek; betonszerkezetek; fémhelyettesítés.

Beton- és téglaházak helyett műanyag házak?

Egy New Yorkban élő fiatal egyiptomi tervező azzal hívta fel magára a figyelmet, hogy a műanyagokat a 21. század anyagainak nevezte, és ezt az épületterveiben is érvényre juttatja. Az élénk fantáziájú építész talán túl fiatal, és nem tudja, hogy ötlete nem új. Németországban Lüdenscheidben a múlt század hetvenes éveiben kiállításon mutattak be terveket és prototípusokat, amelyek azt sugallták, hogy különféle műanyagtermékekből egész házakat lehet felépíteni. A házak teljes műanyagosítása akkor nem váltott ki különösebb érdeklődést, és most sem kecsegtet piaci sikerekkel, de az kétségtelen, hogy a műanyagok építőipari alkalmazása nagyon széles körű és a fejlesztésekkel hatékonyságuk is egyre nő. Németországban kimutatták, hogy ha Nyugat-Európában lemondanának a műanyagtermékek alkalmazásáról, akkor 26%-kal nőne meg az energiafelhasználás. Fordítva is igaz, hogy ti. a műanyagok alkalmazásával az EU teljes energiafogyasztásának mintegy ötödét lehet megtakarítani.

Épületek hőszigetelése

A mai energiaárak, a környezetvédelmi előírások megkövetelik, hogy az épületek minden elemét megfelelő mértékben szigeteljék, hogy azok télen a hőt ne engedjék ki a szabadba, nyáron pedig a külső meleg ellen nyújtsanak védelmet. *A hőszigetelő képesség annál jobb, minél kisebb az anyag hővezető képessége.* A poliuretán (PUR) és a poliizocianurát (PIR) kemény hablemezek hővezetése – vastagságuktól függően – 0,024–0,030 W/mK között van. Szerkezetük 90%-ban zárt cellákból épül fel, emiatt a habosításhoz használt gáz (pentán) az anyagban marad, és ez kiváló hőszigetelést biztosít akár 50 éven át. A **BASF Elastopir** márkanéven forgalmazza poliizocianurát lemezeit. Ezek további előnye, hogy nehezen éghetőek. Az *Elastopor H* jelű lemezek

zárt cellaszerkezetű PUR lemezek szintén viszonylag kis falvastagság mellett is kiváló hőszigetelők, jól bírják a hőterhelést, mechanikai tulajdonságaikat hosszú élettartamuk alatt is megőrzik.

A műanyag alapú hőszigetelő rendszerek között legrégebben a PS habokat alkalmazzák. A BASF *Styrodur C* extrudált PS (XPS) lemezei a tetőszigetelésben terjedtek el. De az előbb felsorolt PUR, ill. PIR lemezek is kiválóan alkalmasak erre a célra.

Gazdaságos megoldást nyújt a *Neopor*, amely grafittal töltött habosított polisztirol (PS). A grafitszemcsék növelik a hőszigetelő képességet, ezért ugyanazt a hőszigetelési értéket a hagyományos EPS-hez képest vékonyabb *Neoporr*al lehet elérni.

Az ajtók, ablakok, elválasztó falak és a fűtésnél, szellőztetésnél, klímaberendezéseknél alkalmazott *szendvicsszerkezetek tömítése* sem elhanyagolható az energiatakarékosság szempontjából. Ezekre a célokra többnyire egyik oldalán ragasztóréteggel ellátott PVC, PUR vagy PE habszalagokat alkalmaznak. A PVC habok legnagyobb hátránya, hogy az időjárás hatására a lágyító eltávozik belőlük és rideggé válnak. Ezért kültéren nem igen alkalmazhatók. Ezenkívül *a lágyító a ragasztóval is kölcsönhatásba léphet*, aminek következtében a tapadóerő az idő előrehaladtával csökken. Ezért csak olyan ragasztót szabad a tömítéshez alkalmazni, amely ellenáll a lágyítóknak.

A lágy PUR habok jó mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek, de bizonyos idő után megsárgulnak és megkeményednek. Nyílt pórusú habszerkezetük miatt itt is felléphet a ragasztóval való kölcsönhatás. Emiatt általában *ugyanakkora tapadóerő eléréséhez a PUR haboknál több ragasztóra van szükség, mint más haboknál*.

Az ajtók, ablakok jó hőszigeteléséhez a megfelelő tömítés kiválasztása is fontos. Az ablak kinyitásához és zárásához szükséges erő és a tömítés által átengedett levegő mennyisége a különböző anyagú és cellaszerkezetű anyagok esetében jelentősen eltér egymástól. A nyílt habok könnyebben összenyomhatók, tehát a nyílászáró nyitásához, csukásához viszonylag kis erő szükséges, ugyanakkor a zárt cellájú habok kevesebb levegőt engednek át, mint a nyílt habszerkezetűek, pl. a lágy PVC vagy a PUR hab. Az optimális megoldást *a részben nyílt cellájú poliolefinhabok* adják.

A poliolefinhabok zárt cellás vagy részben nyílt cellás szerkezete megakadályozza a nedvesség és a ragasztó behatolását a habba. A **Sekisui Alveo** (Luzern, Svájc) cég *Alveolit* és *Alveo-Soft* márkájú termékei -80 °C és $+100\text{ °C}$ között hőállóak, kémiai ellenálló képességük és időjárás-állóságuk nagyon jó. A ragasztó megfelelő tapadásának biztosításához a habfelület polaritását növelni kell, amit koronakisüléssel vagy fluoros kezeléssel érnek el.

A műanyag ablakok hőszigetelő képességét jelentősen sikerült növelni egy forradalmi újítással: a keretekbe épített fémmerevítéseket extrudált PBT (Ultradur High Speed) szalagokra cserélték. Ezzel az ablakprofil hőszigetelő képességét 20%-kal sikerült növelni (részleteket lásd a Műanyagipari Szemle 2009. 4. számában).

Műanyag ablakok fejlesztése

A műanyag ablakok eddig kizárólag *PVC kompaundokból* készültek, fejlesztésük a profilok szerkezetére, a tömítésekre, a technológiára irányult. A színes profilok iránt

megnövekedett igények kielégítésére a profilokat színes fóliával kasírozzák, ami a gyakori termékváltás miatt megnövelte az ablakok árát. Az új fóliára való átállást eddig kézi erővel végezték, ami kb. 4-5 órát vett igénybe. Egy mindössze 25 fős német gépgyártó vállalat, a **Piras Metalltechnik** (Weissenstadt) felismerte, hogy a kasírozógép automatizálásával a termékváltás idejét és költségeit csökkenteni lehet. 2500 tervezői munkaóra és 1100 óra szoftverfejlesztői befektetéssel kifejlesztettek egy *automata kasírozógépet*, amelybe a változatos felépítésű és formájú, akár íves kialakítású profilok is emberi kéz érintése nélkül bevezethetők és fóliázhatók. A termékváltások programozásával az átállások idejét sikerült néhány percre csökkenteni. A Piras több kasírozógépet szállított már megrendelőinek, ahol a gépek gazdaságosan, négy-műszakos munkarendben a hét minden napján üzemelnek.

Ablakokat próbáltak már PP-ből is készíteni, de ezek nem terjedtek el. Az egyeduralmú PVC-t azonban most a *műanyag-fá kompozitok (WPC)* fenyegetik. A fejlesztések arra irányulnak, hogy a WPC-ből előzetes szárítás és granulálás nélkül tudjanak az ablakprofil üreges szerkezetét alkotó vékony falú profilokat extrudálni. Az első sikereket az USA-ban az **Automated Extrusion Tooling and Design** cég érte el kétcsigás, párhuzamos, szembeforgó csigákkal rendelkező **KraussMaffei** extruderrel (*KMD 90-36*). A feldolgozás legnagyobb problémája az adagolás volt, a WPC alapanyagok eltérő sűrűsége miatt. A megoldás végül az előmelegítés volt. A szárítatlan farost-PVC keveréket, valamint 20% WPC hulladék darálékát egy rövid (8:1 L/D) kétcsigás extruderben 82 °C-on előmelegítették, aminek során a nedvesség nagy része eltávozott. A tényleges feldolgozást végző fő extruder extra hosszú csigával (36:1 L/D) volt felszerelve. Ebben vákuumozással távolították el a nedvesség maradékát és a zavaró gázokat. A szerszám kialakítását is beleértve a technológiát szabadalom védi.

Átlátszó szerkezetek

A *poli(metil-metakrilát) (PMMA, Plexiglas)* és a *polikarbonát (PC) lemezek* változatos kivitelben állnak a tervezők és felhasználók rendelkezésére. Ezeknek a lemezeknek az üveghez hasonló átlátszósága ma már nem különleges tulajdonság, de több-rétegű kivittel vagy bevonatolással további előnyöket tudnak nyújtani. Az **Evonik Röhm GmbH** (Darmstadt, Németország) átlátszó *Plexiglas Heatstop* lemezei mögött nyáron a belső terek nem melegszenek fel, a klimatizálás költsége és (áttételesen) a szén-dioxid kibocsájtás csökken. Új fejlesztés, hogy az infravörös sugarakat visszaverő *Plexiglas* lemezekből a szalagfüggönyökhöz hasonló árnyékoló elemeket készítenek, amelyek a fényt átengedik, de a hőt nem.

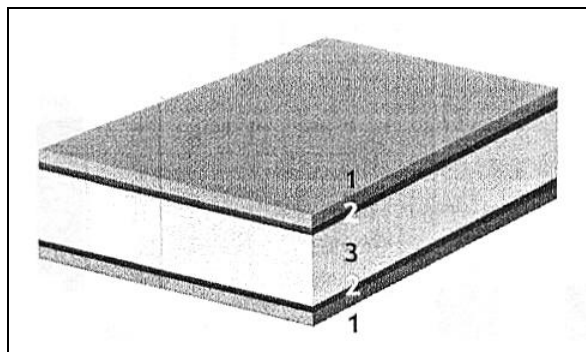
A légkamrás PC lemezeket is folyamatosan fejlesztik. A **Bayer Sheet Europe** (Darmstadt, Németország) által gyártott *i-Line Makrolon* lemezek funkciójuk maradéktalan teljesítése mellett hozzájárulnak a szén-dioxid kibocsájtás csökkentéséhez is. Az *i-Line* termékcsalád egyik legnépszerűbb tagja a *Makrolon multi UV* hatszoros légkamrás lemez, amellyel további 25%-kal lehet az energiafelhasználást csökkenteni az ugyanolyan vastag standard lemezekhez képest. Ezzel 5 l fűtőolajat vagy 5,5 m³ gázt

lehet megtakarítani négyzetméterenként és évenként. A többrétegű *Makrolon Ambient* lemez *Nanogél* adalékot tartalmaz, amellyel a lemez hővezető képességét $0,99 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ értékre sikerült csökkenteni. Az *i-Line* családban UV-védelemmel ellátott lemezek is találhatóak, pl. a *Makrolon UV ClimateControl* lemezt mindkét oldalán UV védelmet biztosító bevonattal látták el.

A **Sabic Innovation Plastics Lexan Thermoclear** PC lemezei átlátszóságukkal és nagy ütésállóságukkal tűnnek ki. A legújabb kilencrétegű lemezüket verandák, télikeretek és irodaépületek, bevásárlóközpontok „üvegezésére” ajánlják. A különleges szerkezet miatt a lemezek hővezető képessége nagyon kicsi, pl. 35–50 mm lemezvastagsággal $1,187\text{--}0,985 \text{ W/m}^2$ értéket lehet elérni, amely kisebb, mint az argontöltésű többrétegű üvegé ($1,4 \text{ W/m}^2$).

Újfajta zsaluzórendszerek

A nagyméretű betonelemek zsaluzásához fém vagy fenol-, ill. melamingyántával átitatott falemezeket használnak. Különösen az utóbbiaknak számos hátrányos tulajdonsága van (pl. gyenge az időjárás-állóságuk, a cementvíz behatolása miatt alaktartóságuk csökken), amelyek miatt élettartamuk meglehetősen korlátozott: 50–80 alkalommal használhatók a helyszíni betonozáshoz. A német **alkus GmbH & Co. műanyag szendvicsszerkezetű zsaluzólemezeket** fejlesztett ki, amelyek a betonozáson kívül alkalmasak a kész betonelemek burkolására is. A szendvicsszerkezet felépítése az 1. ábrán látható. A PP alkalmazása számos előnnyel jár, azonban funkcionális szempontból a szerkezetnek erősítőréteget is kell tartalmaznia. A kis fajtömeg miatt beépített PP habot speciális erősítőanyag veszi körül: alumíniumszalagokból álló hajlékony lemez vagy kisebb mechanikai igénybevétel esetén üvegpaplan. A szendvicselemezeket folyamatos technológiával és emiatt jó költséghatékonysággal gyártják. A gyártóberendezés alkalmas különböző habsűrűségű magok előállítására, az alkalmazási célhoz illeszkedve. A lemezeket *alkus Al* és *alkus GM* néven forgalmazzák.



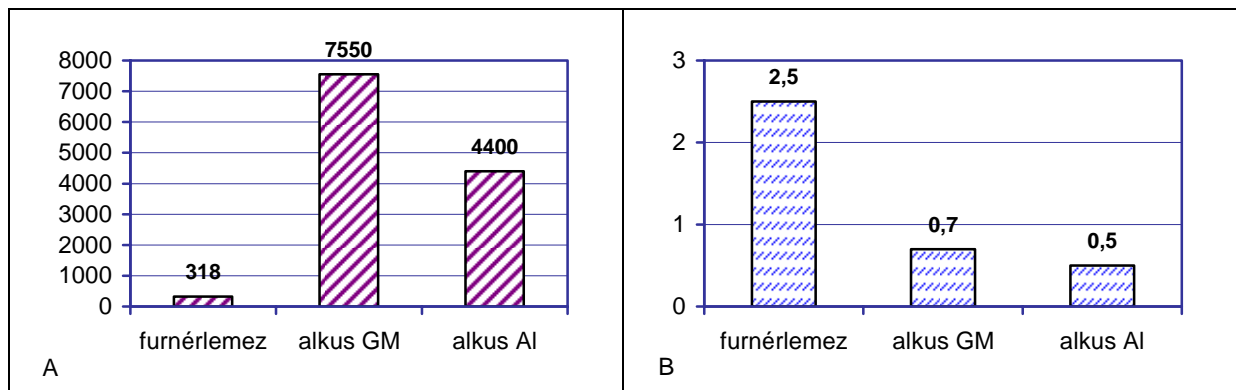
1. ábra Az *alkus* lemez felépítése

1 – PP borítólemez; 2 – erősítőanyag (Al vagy üvegpaplan); 3 – PP hab

Alkus szendvicslemezek tulajdonságai

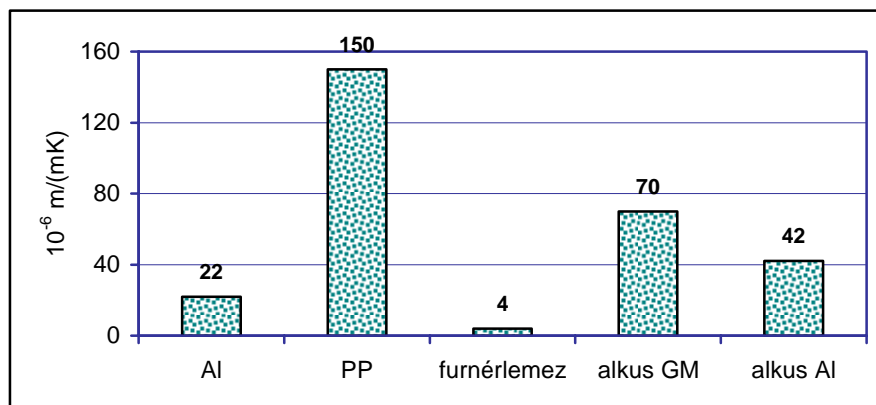
A zsaluzásnál az egyik legfontosabb tulajdonság, hogy az elemek közé öntött cement terhelésének hatására a zsaluzóelemek ne hajoljanak meg. Ennek vizsgálatához az elemeket különböző távolságra állították (ez a távolság egyben a kész beton vastagságát adja meg) és mérték a lemezek kihajlását. Megállapították, hogy 300-400 mm távolság között az *alkus Al* lemezek kihajlása az előírt értékhatár (2, ill. 3 mm) alatt maradt.

Az *alkus* lemezek karcállósága kisebb, de kopásállósága nagyobb, mint egy 0,3 mm vastag hőre keményedő gyantabevonattal ellátott farostlemeznek (2. ábra).



2. ábra Különböző zsaluzólemezek felületi tulajdonságai
A) kopásállóság; B) karcállóság

Kritikus lehet a hő hatására fellépő méretváltozás. A 3. ábra eredményei szerint a szendvicsbe épített erősítőlemezek (Al vagy üvegpaplan) e tekintetben is előnyösek. A PP lemez nagy megnyúlását ezek az anyagok jelentős mértékben, a már elfogadható szintre csökkentik.



3. ábra A zsaluzásban használt anyagok hőtágulási együtthatója (α_t)

A kültéri igénybevétel hatását részben vizsgálták, részben megbecsülték. A PP lemez időjárás-állósága megegyezik egy PVC ablakprofil élettartamával, amely meghaladja a 25 évet. Ezt a receptúra összeállításával garantálják, megfelelő UV-stabilizátor bekeverésével. A PP vegyszerállósága közismerten kiváló, hiszen hosszú idő óta alkalmazzák különböző vegyi anyagok, többek között beton elválasztó szerek tárolóedényeinek készítéséhez.

A szendvicselemek gyakorlati próbái pozitív eredményekkel zárultak: egyfelől a kész beton műtárgyak felülete sima és fényes volt, másfelől, mivel a PP a fával ellentétben nem szívja fel az elválasztó szert, kevesebb mennyiséget kellett használni belőle, és a szétszedés után a lemezeket könnyen letisztították.

Napjainkban fontos hogy a *termékek újrahasznosíthatók legyenek*. Ennél a felhasználásnál a hosszú élettartam miatt nem is az elhasznált termékek hasznosítása áll a középpontban, hanem a méretre szabás hulladékainak visszavezetését kell megoldani az anyagáramba. A szendvicsszerkezet PP részét a lemezgyártásban újra feldolgozzák, az alumíniumot az egyéb fémhulladékokhoz hasonlóan hasznosítják.

Napkollektorok

A napelemek piaca nagyon gyorsan fejlődik. 2007-ben a termelőkapacitások közel megduplázódtak, és pl. Németországban – ahonnan egyébként a világon beépített minden hatodik napelem származik – mintegy 55 ezer ember dolgozik a szolártechnikában. Ez a szám 2020-ra elérheti a 200 ezret. A német oktatási és kutatási minisztérium (**Bundesministerium für Bildung und Forschung**) évente 60 millió EUR-ral támogatja a kutatásokat, hogy a német vállalatok piaci pozíciója tovább erősödjön. Becslések szerint Németország jelentős haszonra tesz majd szert a napenergia hasznosításából, ill. az ehhez szükséges berendezések gyártásából: 2030-ig a szolárgazdaság több mint 40 Mrd EUR adót fog befizetni, az egészségügyi és környezetvédelmi megtakarítások 16 Mrd EUR-t, a napenergiával kiváltott fosszilis energiahordozók értéke várhatóan 28 Mrd EUR-t tesz majd ki. *A napelemek (és a működtetésükhöz szükséges berendezések) piaca 2006-ban 8 milliárd EUR nagyságú volt.*

A napelemek gyártásában a fejlesztők a nagyméretű elemek technológiájának hatékonyabbá tételén fáradoznak. A drezdai **Heliatek GmbH-t** a **BASF Venture Capital GmbH** és a **Robert Bosch GmbH** kifejezetten a napelemgyártás fejlesztésére alapította, egyenként 1,6 millió EUR alaptőkével. A BASF a nagy termikus és fotokémiai stabilitású félvezető szerves anyagokat kutatja, amelyek a manapság használatos szilícium funkcióját (a fény abszorbeálása és átalakítása elektromos árammá) veszik át.

A **Bayer MaterialScience AG** fényálló *Desmopan* TPU fóliával járult hozzá a napelemek gyártásának egyszerűsítéséhez, amivel a gyártási költségek csökkentek.

A **DuPont** feltételezése szerint a piac akár évi 50%-kal is növekedhet az elkövetkezendő években. Erre alapozva a cég bővíti a *Tedlar* márkájú poli(vinil-fluorid) (PVF) fólia gyártókapacitását. A PVF fóliák immár 25 éve jól beváltak a napelemek

hátsó borítására. Ezek a fóliák ellenállnak az időjárás okozta igénybevételeknek, a nedvességet egyáltalán nem eresztik át és hozzájárulnak a napelemek élettartamának növeléséhez.

Összeállította: Dr. Orbán Sylvia

Santhiram, S.: Jede Anwendung eine Herausforderung = Plastverarbeiter, 59. k. 9. sz. 2008. p. 122–124.

Schmidt, W.: Für jedes Profil gerüstet = Plastverarbeiter, 60. k. 4. sz. 2009. p. 40-41.

Schut, J. H.: First direct extrusion of complex WPC window profiles = Plastics Technology, 53. k. 5. sz. 2007. p. 49–51.

Steyer, C., Leitzbach, O.: Schalungsplatten aus Kunststoff = Kunststoffe, 97. k. 6. sz. 2007. p. 86–88.

Klein, G.: Energieeffizient bauen = Kunststoffe, 98. k. 12. sz. 2008. p. 80–84.