

MŰANYAGOK TULAJDONSÁGAI, VIZSGÁLATOK

Valódi újdonságok az égésgátlásban

Úgy tűnik, a műanyagok égésgátlása új lehetőségeket kapott. A kis molekulatömegű égésgátló vegyületek helyett polimer égésgátlókat kínálnak; növekszik a halogénmentes készítmények választéka; az ATH-nak már van foszfort tartalmazó szerves anyaggal módosított változata, és az ATO helyett nehézfémmentes szinergetikus adalék is forgalomba került. Bármilyen hihetetlen, van ahol a papírgyártás hulladékából, a ligninből készítenek égésgátlót.

Tárgyszavak: műanyagok égésgátlása; járműipar, villamosipar; elektronika; halogénmentes, foszfortartalmú; szerves; bromos; égésgátló.

A műanyagokban alkalmazható égésgátlók alkalmazása világszerte folyamatosan, évente 3–4%-kal növekszik; a gépkocsigyártásban az átlagosnál nagyobb ütemben, de az elektromos- és elektronikai (E&E) iparban is egyre nagyobb az igény irántuk. Vannak ugyan ellenzőik, San Franciscoban pl. 2016 novemberében megtiltották használatukat a kárpitozott és újrakárpitozott bútorokban, továbbá a fiatalok számára kínált termékekben.

A közlekedési eszközök gyártása sok év óta fontos felvevője az égésgátlóknak. A vasúti kocsik, a repülőgépek és a hajók az elmúlt időszakban megelőzték a személygépkocsikat, az utóbbiakban egyre fokozottabban alkalmazott elektronika azonban megváltoztathatja a sorrendet.

A nagy molekulatömegű vagy polimerjellegű újabb égésgátlók fokozatosan kiszorítják a migrálásra hajlamos kis molekulatömegű vegyületeket, és sikerre számíthatnak a halogénmentes égésgátlók is. (Az angol nyelvű szakirodalomban ezeket HFFR, halogenfree flame retardantként is jelölik.) A foszfort, szerves anyagot vagy nitrogént tartalmazó égésgátlókat gyártók szövetsége (PINFA, Phosphorous, Inorganic and Nitrogen Retardants Association) szerint az általuk képviselt égésgátlók iránt is az átlagosnál gyorsabb növekedés várható.

PIN típusú égésgátlók

A foszfort, nitrogént vagy szerves anyagot tartalmazó PIN típusú égésgátlót gyártók egyik fontos képviselője a **Clariant** cég, amely a villamos- és elektronikai cégek számára hőállóbb és jobb villamos tulajdonságú műanyagok, a közlekedési eszközök számára kevesebb füstöt és toxikus égésgázt fejlesztő csökkentett éghetőségű

műanyagok előállítását próbálja segíteni termékeivel. *Halogénmentes Exolit OP 1400 jelzésű égésgátlóját poliamidokhoz ajánlja.* A poliamidok ezzel széles feldolgozási ablakot nyerne, akár 4 mm vastag falú termékeket is lehet belőlük készíteni, növekszik a hőmérsékletindexük (RTI értékük), csökken a sűrűségük, kúszóáramszilárdságuk (CTI értékük) eléri vagy meghaladja a 600 °C-t, és kielégítik az európai vasúti szabvány legszigorúbb, *HL-3* osztályának követelményeit is.

Poliésztergyanták éghetőségének csökkentésére a Clariant legújabb ajánlata az *Exolit OP 1248*, amelynek hatóanyaga egy szerves alumínium-foszfinát, és amellyel biztonsággal érhető el az *UL 94* szerinti V-0 éghetőségi fokozat. Miniaturizált termékek, a világítás, a villamos hajtású járművek és a napelemek alkatrészeinek gyártásához ajánlják.

Ugyancsak poliamidokhoz ajánlja a **Budenheim** cég *Budit* márkanevű gyártmányait. A *Budit 610* és *611* a PA6 és 66 éghetőségét gátolhatja anélkül, hogy korrózióval veszélyeztesse a feldolgozógépet extrudálás vagy fröccsöntés közben. Hatóanyaguk *melamin-polifoszfát*, egy új szinergetikus hatású anyag, amely 800 °C feletti izzóhuzalos gyulladáspontot kölcsönöz a PA-nak.

A Kasseli Egyetem Anyagtechnikai Intézetében (Institut für Werkstoffe an der Universität Kassel) regenerált cellulózsálakkal erősített poli(butilén-tereftalát) (PBT) éghetőségének csökkentésére használták fel a Clariant és a Budenheim cég égésgátlóit. A PBT-t hőalaktartósága, vegyszerállósága és jó szigetelőképesége miatt szívesen alkalmazzák a villamos- és elektronikai iparban és az autógyártásban is, de mindkét iparágban ki kell elégítenie az ottani éghetőségi követelményeket. A természetes szállakkal erősített műanyagokat az autógyártásban már megkedvelték, az ott szokásos kender-, juta- vagy szizálszálak helyett azért választottak *regenerált cellulózsálakat*, mert azok magasabb hőmérsékleten is feldolgozhatók, emellett szakadási nyúlásuk kb. 12%-kal magasabb versenytársakénál.

Égésgátlóként a Clariant *Exolit OP 1230* jelű szerves alumíniumvegyületét (Al-dietil-foszfinát, AIPi) és a Budenheim *Budit 341* jelű melamin-polifoszfátját (MPP) alkalmazták. Az AIPi halogénmentes foszfortartalmú készítmény. Vízben nem oldódik, nedvességet nem vesz fel, ezért feldolgozás előtt nem kell szárítani. Használható önmagában vagy szinergetikus hatású adalékkal, pl. MPP-vel együtt. A kiválasztott MPP ugyancsak halogénmentes kiegészítő égésgátló, 44% nitrogént és 12% foszfort tartalmaz. Hatására az égő műanyagfelület felhabosodik, elzárja a mélyebb rétegeket az oxigéntől, ezért lángoltó hatása van, egyúttal mérsékli a füst- és gázképződést is. Az *Exolit OP 1230 20-40*, a *Budit 8-20* µm méretű szemcsékből áll; a két por 1:1 arányú keverékét kompaundáláskor közvetlenül a PET granulátumhoz adják. Elektronmikroszkópos felvételek igazolják, hogy a kompaundban ezek egyenletesen oszlanak el. A kompaundokból a *DIN EN ISO 527* szabvány szerinti szakítópálcákat és *IEC 60695-44-10* szabvány szerinti 1,6 mm vastag próbapálcákat fröccsöntöttek.

Az éghetőség vizsgálatához készített kompaundok összetétele %(m/m)-ben és *UL 94* szabvány szerinti minősítése a függőleges pálca két egymás utáni gyújtását követő összesített idő (s) és a csepegés alapján a következő volt:

- PBT+AlPi 20% 0 s, V-0, a lehulló cseppek nem égtek
- PBT+MPP 20% 87 s nem minősíthető
- PBT+(AlPi+MPP) 18% 22 s V-0
- PBT+20% CRF+(AlPi+MPP) 18% 11 s V-0
- PBT+20% GF + AlPi+MPP) 18% 14 s V-0

CRF = regenerált cellulózsál, GF = üvegsál

Látható, hogy önmagában az AlPi gátolta ugyan az égést, de az ömledékcseppek lehullását nem akadályozta. Az MPP önmagában nem hatásos. A két égésgátló együttesen azonban már 18%-ban hozzákeverve a PBT-hez biztonsággal szavatolja a V-0 éghetőségi fokozatot, a szállal erősített keverékekét is.

Az égésgátlók közismerten gyengítik a polimerek mechanikai tulajdonságait. Az ennek a jelenségnek a vizsgálatára készített próbatestek összetételét és a pálcákon mért értékeket az 1. táblázat tartalmazza. Az erősítő szál minden esetben 20 % (m/m) volt, az AlPi+MPP keverék 18%. Látható, hogy a húzómodulus az égésgátló hatására kicsit növekedett. Az ütésállóság is, de a cellulózsálalás változatát 38%-kal kevesebbel, mint az üvegszálas. Az üvegszálas PBT húzószilárdság égésgátlóval 53%-kal, cellulózsállal csak 28%-kal lett kisebb. A szakadási nyúlás csökkenése mindkét esetben 50%-nál nagyobb volt.

1. táblázat

A tiszta PBT és a különböző szálakkal erősített polimer mechanikai tulajdonságai égésgátló nélkül és 18% AlPi+MPP égésgátló keverékével

Összetétel	Húzómodulus MPa	Charpy ütés- állóság*, kJ/cm ³	Húzószilárdság MPa	Szakadási nyúlás, %
PBT	2505	4,3	52,7	50,7
PBT+AlPi+MPP	3217	2,6	43,7	4,6
PBT+20% CRF	4347	12,6	77,0	4,5
PBT+20% CRF+ AlPi+MPP	5259	9,1	59,2	2,0
PBT+20% GF	6081	8,6	99,6	4,2
PBT+20% GF+ AlPi+MPP	7818	4,5	64,8	1,9

* Hornyolt próbatesten mérve.

Az FRX Polymers kínálata az E&E ipar számára

A belgiumi **FRX Polymers** is azok közé a vállalatok közé tartozik, amelyek egyre kevesebb halogéntartalmú és kis molekulatömegű égésgátlót gyártanak, és ezzel párhuzamosan törekszenek a halogénmentes (HFFR) és polimer típusú égésgátló típusok választékának növelésére.

A cég egyik újdonsága a nagy molekulatömegű és reaktív foszfonát, a *Nofia*, amely poliészterek, polikarbonátok, hőre lágyuló és hőre keményedő poliuretánok, epoxigyanták, telítetlen poliészterek és polikarbamidok éghetőségének csökkentésére

www.quattroplast.hu

alkalmas. A *Nofia* égésgátlók lényegében oligomerek, amelyek fenol végcsoportjaikkal kémiai kötést tudnak képezni a hőre keményedő gyantákkal. Ehhez a *Nofia OL1001* és a *Nofia OL3001* típust ajánlják. Az égésgátlók átlátszóak és könnyen oldódnak a hőre keményedő gyanták feldolgozásakor használt oldószerekben. Tulajdonságaik a molekulatömeggel befolyásolhatók. Alkalmazási területeik: dekoratív panelek, falburkoló lemezek; nyomtatott áramkörök, védőrétegek stb.

A *Nofia* legújabb változatát textilek, elsősorban PET szálak éghetőségének csökkentésére ajánlják, de fröccsöntött PET és PBT termékekben, pl. konnektorokban is alkalmazzák. Az átlátszó polimerek, pl. a polikarbonát átlátszóságát nem csökkenti.

Az FRX céggel szoros kapcsolatban lévő kompaundáló cég, a **PolyVisions** kifejlesztett egy grafittal módosított PET alapanyagot, amelybe *Nofia* égésgátlót kevernek és amelyet *DuraPET FR* márkanéven forgalmazznak. Ennek az anyagnak rendkívül nagy az ütés- és kopásállósága, -40 °C és 180 °C között megőrzi jó tulajdonságait; éghetőségi fokozata pedig UL 94 szabvány szerinti vizsgálat alapján 1,5 és 3,0 mm vastagságban V-0. Van fröccsönthető, extrudálható és fóliafúvásra alkalmas változata is. *DuraPET PCR* jelzéssel a kompaund visszaforgatott polimert is tartalmazó változata is kapható. A PolyVision cég meggyőződése szerint a piacon nincsen olyan hasonló árú kompaund, amelyben az ütésállóság, a vegyszerállóság és a csökkentett éghetőség hasonlóan kedvező együttese előfordulna, mint a *DuraPET FR*-ben.

A halogénmentes égésgátlót tartalmazó polikarbonátok legtöbbször csak akkor érik el kis (0,8 mm) vastagságban a V-0 éghetőségi fokozatot, ha hőaktaritásuk (HDT értékük) is nagyon alacsony (110 °C), különösen, ha a polimer sok – 40-50 % (m/m) – üvegszálat tartalmaz. Az ilyen PC-k folyóképesége is kicsi, ami korlátozza fröccsönthetőségüket. Az FRX Polymers szerint polifoszfónátokkal és poli(foszfónát-karbonátok)-kal 0,8 mm vastagságban is megbízhatóan elérhető a V-0 fokozat, és a kompaund folyóképesége is csökken, a termékek mechanikai tulajdonságai pedig nagyon jók.

A világon még ma is nagy mennyiségben felhasznált brómos égésgátlók csak akkor igazán jó hatásfokúak, ha szinergetikus hatású antimon-trioxiddal (ATO) együtt keverik be őket. Az FRX poliamid 6 és 66, ill. poliészterek égésgátlására ATO helyett ugyancsak *Nofia* alkalmazását ajánlja szinergetikus hatóanyagként. Ennek több előnye lehet. Egyrészt sűrűsége mindössze $1,2\text{ g/cm}^3$ az ATO $5,2\text{ g/cm}^3$ -es sűrűségével szemben; másrészt antimon-trioxidból csökkent a kínálat, mert a világtermelés 80%-át adó Kínában több ATO gyárt bezártak, emiatt nőnek az árak. Emellett az antimont a kerülendő nehézfémek közé sorolják, továbbá kis molekulatömege miatt könnyen kivándorol a felületre.

Az FRX-nél számításokat végeztek arra, hogy hogyan alakulhatnak egy vállalat költségei, ha antimon-trioxid helyett *Nofia HM 1100* márkanévű polimeradalékot használ. Ezek szerint, ha az ATO ára 5,50 USD/kg fölé emelkedik, a *Nofia* alkalmazása megtakarítással jár. 2017-ben az ATO ára 7,50–9,00 USD/kg sávban mozgott. Azok a vállalatok, amelyek áttértek a *Nofia* használatára, termékdarabonként 2,0-3,5 dollárcentet takarítottak meg.

A főképpen brómos égésgátlókat gyártó izraeli **ICL** cég is kínál olyan brómozott polimer égésgátlókat, amelyekhez nem kell ATO-t használni V-0 fokozat eléréséhez. *FR-1025* márkajelű brómozott poliakrilátjával és nagy molekulatömegű *F-2100* és *F-2400* jelű brómozott epoxidjaival nagy átütési szilárdságú és magas kúszóáram-szilárdságú, könnyen feldolgozható poliamidokat és hőre lágyuló poliésztereket lehet előállítani, amelyek sűrűsége ATO hiányában csökken, és gyártási költségeik is mérséklődnek.

További foszfortartalmú égésgátlók

Miután a kölni központú **Lanxess** magába olvasztotta a **Chemtura** céget, égésgátlóinak választéka több foszforsavészter típusú és brómos égésgátlóval egészült ki. A *Disflamoll* és a *Reofos* márkanevű foszfátokat égésgátlóként, lágyítóként PVC-hez, PUR-hoz, TPU-hoz, cellulózészterekhez ajánlják; szintetikus gumikhoz feldolgozást könnyítő adalékként is. A Lanxess kínálatában számos brómtartalmú égésgátló (BFR) is szerepel a legkülönbözőbb polimerekhez (poliolefinok, PS-HI, ABS, PC, PA, PBT, EPS, XPS stb.). A Lanxess a **Solvay** céggel is tárgyal foszfortartalmú égésgátló üzletágának átvételéről, annak észak-amerikai gyártását is megvásárolná. Az üzletnek 2018-ban kell lebonyolódnia.

A japán **Adeka** cég foszfortartalmú égésgátlói *láng hatására felhabosítják a műanyag felületét*, ennek köszönhetően az ilyen adalékot tartalmazó polimerek sokkal kevesebb füstöt képeznek égés közben, mint a brómtartalmú égésgátlót tartalmazók. A 2. táblázatban egy polipropilén ISO 5659-2 szabvány szerint vizsgált füstképzése látható égésgátló nélkül, az Adeka cég *ADK Stab FP-2500S* típusú égésgátlójával és egy hagyományos brómos égésgátlóval [BPBPE, bisz(pentabrom-fenil)etán + antimontrioxid]. A Japánban 2019-ben sorra kerülő Rugby Világbajnokságon a nézők ADK-val égésgátolt PP ülésekről figyelhetik majd a játékokat.

A svédországi **Paxymmer** égésgátlóiban a foszfor mellett a nitrogén is megjelenik, és szabadalmaztatott égésgátló rendszereikben ásványi anyagok is vannak szinergetikus adalékként. Termékeikben a sokoldalúságra törekuszenek, ami által a műanyagok mechanikai tulajdonságaira és éghetőségére vonatkozó előírásokat is ki akarják elégíteni. Égésgátlóik többnyire többféle hatóanyag keverékei, célkitűzésük, hogy a szokásos 30% körüli részarány helyett P/N rendszereikkel már 1–7% bekeverésével elérjék a kívánt égéscsökkentő hatást, és ezzel kb. 20%-kal csökkentse a felhasználók költségeit. Égésgátlóik egyik alapvegyülete az ammónium-polifoszfát (APP), ásványi adalékként pedig 2018-tól alumínium-hidroxid/magnézium-hidroxidot (ATH/MDH-t, a betűszó az ásványi anyagok másik megnevezésére, az alumínium-trihidrátra és a magnézium-dihidrátra utal) alkalmaznak. Ez a kombináció jobban megőrzi a műanyagok eredeti mechanikai tulajdonságait, csökkenti a sűrűséget, könnyebben feldolgozható, jó hatásfokkal csökkenti az éghetőséget és a füstképződést. A Paxymmer ilyen égésgátló rendszert tartalmazó mesterkeverék előállításán dolgozik, amelyet PP és PE-csővekhez fog kínálni.

Egy PP kompaund füstképzése ISO 5659-2 szabvány szerint égésgátló nélkül, az Adeka cég ADK Stab FP-2500S égésgátlójával és hagyományos brómos (BPBPE/Sb₂O₃) égésgátló rendszerrel

Vizsgált kompaund	Füst optikai sűrűsége		Toxikus gázok 8 perces égés után					
	DS	VOF4	CIT	CO ₂	CO	HBr	NO ₂	SO ₂
	max	min		mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³
PP, FR nélkül	727	1121	0,07	34843	601	n.k.	n.k.	n.k.
PP+ADG Stab FP-2500S	99	55	0,03	5336	373	n.k.	n.k.	n.k.
PP+BPBPE/-Sb ₂ O ₃	792	2783	0,37	14821	5114	26	10	30

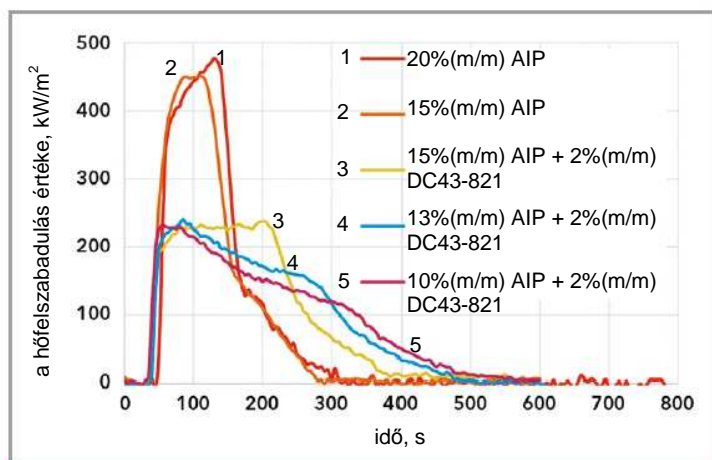
n.k. nem kimutatható; CIT conventional index of toxicity, a gáz mérgező hatását jellemző index; VOF4 kumulált fajlagos optikai sűrűség.

Más szinergetikus adalékok

A **Dow Corning** a korábban bemutatott alumínium-foszfinát alapú égésgátlók (AlPi) mellé kínál foszformentes szinergetikus hatású adalékot *DC 43-821* márkanéven. Erről az adalékról csak annyit árul el, hogy fehér színű „szilikonpor”, amely gyújtóforrás jelenlétében *fokozza a polimer felületének kokszosodását*, gátolja az ömledék csepegését és mérsékli a hőfelszabadulást. AlPi-val együtt már 1–2%-ban hozzáadva nagyon jó hatásfokkal gátolja a halogénmentes és szállal erősített poliamidok éghetőségét. Az 1. ábrán egy 30% üvegszálat tartalmazó PA6 ISO 5660 szabvány szerinti kónuszos kaloriméterben mért hőfelszabadulását mutatja különböző égésgátló-kombinációkkal. A *DC 43-821* adalék elődje a *DC 41-01* volt, amelyet polikarbonáthoz ajánlottak, és amellyel 1 mm vastag próbapálcákon elérték a V-0 éghetőségi fokozatot az átlátszóság csökkenése nélkül. A cégnél jelenleg a poliészterekben hatásos adalék fejlesztésén dolgoznak.

A **Rio Tinto** egy ausztráliai-brit fémgyártó és bányavállalati csoport, amelynek leányvállalata, az **US Borate** a börtartalmú égésgátlók specialistája. Ez a cég látja el a világot multifunkcionális *Firebrake* márkanévű cink-borátokkal. Ezek a vegyületek gátolják az égést, mérséklék a füstképzést, a lángolás utáni parázslást. Sokféle polimerben (PVC, PA-k, epoxigyanták, poliolefinok, poliuretánok, különböző gumik) alkalmazhatók. A cég szerint a bőrvegyületek (cink-borát, ammónium-pentaborát, bór-foszfát, melamin-borát, bórsav, nátrium-borát stb.) sok halogénmentes égésgátló rendszer komponensei között előfordulnak. A gyártó szerint gyártási technológiájuk hullá-

dékmentes, ellentétben a cink-borítot gyártó két kínai gyártóéval, amelyeket erős környezetkárosításuk miatt le akarnak állítani.



1. ábra Egy 30% üvegszálattartalmú PA6 egységnyi felületre vetített fajlagos hőfejlésztése ISO 5660 szabvány szerint kónuszos kaloriméterben mérve, különféle égésgátló-kombinációk bekeverése mellett

Ásványi égésgátlók

A japán **Kyowa Chemical Industry** magnéziumvegyületeket gyárt, nagy tisztaságú magnézium-hidroxid [$Mg(OH)_2$] égésgátlóinak márkanéve *Kisuma5*. Ez a vegyület $340\text{ }^\circ\text{C}$ -nál endoterm bomlásnak indul, égéstermékei magnézium-oxid (MgO) és víz. A képződő víznek hűtő hatása van, ami csökkenti a polimer degradálódását, a vízgőz emellett hígítja az égésgázok oxigénkoncentrációját, a MgO pedig védőréteget képez a műanyag felületén és gátolja a füstképzést. A *Kisuma5* $Mg(OH)_2$ -t tartják a legjobb hatásfokú halogénmentes égésgátlónak magas hőmérsékleten alkalmazott műanyagok számára. A terméket különböző felületbevonatokkal kínálják. A *Kisuma5A* a standard változat; a *Kisuma5B* alacsony hőmérsékleten is rugalmas, jó mechanikai tulajdonságokat szavatol; a *Kisuma5B-1G* a feldolgozást könnyíti és ugyancsak a mechanikai tulajdonságokat őrzi meg; a *Kisuma5J*-vel rendkívül jó víz- és savállóság, továbbá nedves környezetben is jó villamos tulajdonságok érhetők el; a *Kisuma5L* a jó ütésállóság és magas hőállóság biztosítója; a *Kisuma5C* felületkezelés nélküli magnézium-hidroxid.

A németországi **Huber Martinswerk** elsősorban alumínium-hidroxidjairól vált ismertté, és ma is nagyon komoly szerepe van abban, hogy az európai építőipart el tudják látni az Európai Unió építőipari termékeire vonatkozó szabályokat (Construction Products Regulation, CPR) kielégítő építőipari anyagokkal. Hőre lágyuló műanyagokhoz és térhálósítható huzal- és kábelanyagokhoz széles választékban kínálja ásványi termékeit, amelyekkel kielégíthetők az CPR szerinti B2, C, D vagy E éghetőségi osztályok követelményei. Kábelmasszában nagyon jól bevált a nagy arányban kompaundokba keverhető, finom szemcséjű, $4\text{ m}^2/\text{g}$ fajlagos felületű *Martinal OL-104 LEO* ATH, de kínálatukban van nagyobb, $7\text{ m}^2/\text{g}$ fajlagos felületű (*OL-107 LEO*) és $11\text{ m}^2/\text{g}$ fajlagos felületű (*OL-111 LEO*) ATH is.

Az ugyancsak németországi központú **Nabaltec AG**, amely ugyancsak alumínium-oxidokat és más ásványi anyagokat gyárt, a közelmúltban forgalomba hozott egy ásványi anyagokat tartalmazó mesterkeveréket, *Apyral AOH EXL 500-17-C* márkánévvel, amelyről azt állítják, hogy jelentős mértékben fokozza az ATH égésgátló hatását. A termék por alakú, könnyen összekeverhető más töltőanyagokkal, és számos polimerrel jól összefér.

Ha egy PE-LLD/EVA kompaundhoz 61 % (m/m) *Apyral 40CD* típusú ATH mellett 4 % (m/m) *Apyral AOH EXL 500-17-C* mesterkeveréket adtak, az 1,6 mm vastag próbatestek V-0 éghetőségi fokozatúak voltak; önmagában az ATH-val 65%-kal sem kaptak minősíthető próbatesteket. A kiegészítő adalék a mechanikai tulajdonságokra és a hőrepedésre is jótékony hatást fejtett ki (3. táblázat). A táblázatban az is látható, hogy nanoagyaggal is elérték a V-0 fokozatot, de az agyag erősen csökkentette a folyóképességet, ami nehezíti a feldolgozást. A szinergetikus mesterkeverék ebben is jobbnak bizonyult.

3. táblázat

Egy PE-LLD/EVA kompaund tulajdonságai tiszta ATH-val, továbbá plusz szinergetikus ásványi mesterkeverékekkel, ill. nanoagyaggal

Mért tulajdonságok	65% Apyral 40 CD	61% Apyral 40 CD + 4% Apyral AOH EXL	62% Apyral 40 CD + 3% nanoagyag
Húzószilárdság, MPa, hőregítés előtt	14,7	13,1	17,1
Húzószil., MPa, 100°C/168 h hőregítés után	14,8	14,0	18,6
Szakadási nyúlás, %, hőregítés előtt	141	171	150
Szakadási nyúlás, %, hőregítés után	117	155	132
MVR, cm ³ /10 min (190 °C, 21,6 kg)	3,6	2,8	0,9
LOI % O ₂	42	42	41
Shore D keménység	58	55	59
UL 94 1,6 mm	n.m.	V-0	V-0

Apyral 40 CD = ATH; ApyralAOH EXL szinergetikus mesterkeverék; MVR = térfogati folyási szám; LOI = oxigénindex; n.m. = nem minősíthető.

A svédországi központú **LKAB Minerals** saját ásványbányájából származó égésgátlókat kínál *Ultracarb* márkánévvel. Legújabb változata az *Ultracarb LH3*, amelynek alapanyaga hidromagnezit és huntit. [A hidromagnezit víztartalmú bázikus magnézium-karbonát, kémiai összetétele: $2 \text{MgCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{Mg}_2\text{CO}_5 + 3 \text{H}_2\text{O}$; a huntit kalcium-magnézium-karbonát, kémiai képlete $\text{CaMg}_3(\text{CO}_3)_4$]. Az ásványi égésgátlók gyakori hátránya, hogy nem mindig azonos színárnyalatúak, és szemcseméret-eloszlásuk sem teljesen állandó. Az LKAB új termékével ezeket a hátrányokat akarja kiküszöbölni. A cég ISO 14040-14044 szabvány szerint azt is vizsgálta, hogy mekkora az *Ultracarb LH3* környezetterhelése más ásványi égésgátlókéval összehasonlítva. Megállapították, hogy CO₂-emissziója és energiaigénye 40–45%-kal kisebb az alumínium-hidroxidénál. Az új égésgátlót 2016-ban kezdték forgalmazni, és évről-évre na-

gyobb az igény iránta. Elsősorban csökkentett éghetőségű halogénmentes kábelbevonatok gyártására alkalmazzák.

Van, ami nem megy brómos égésgátló nélkül

A polisztirolhabok (EPS, XPS) halogénmentes égésgátlóját még nem találták fel. Az erre a célra nagyon jól bevált hexabrom-ciklododekán alkalmazását egészségügyi és környezetvédelmi okok miatt erősen korlátozzák, ezért a gyártók újabb égésgátlókat kínálnak helyette, de ezek is tartalmaznak brómot. Ilyen az izraeli **ICL FR-122P** jelű brómozott sztirol-butadién kopolimerje, amelyet mesterkeverék formájában forgalmaznak a homogén eloszlás és a stabilitás érdekében. A mesterkeverékben hőstabilizátor védi az *FR-122P-t* a degradálódástól.

Az ICL kínálatában szerepelnek az *F-2000* jelzésű brómozott epoxigyanták, amelyeket műszaki műanyagokhoz (PBT, PET, PA), sztirolpolimerekhez (ABS, PS), hőre keményedő gyantákhoz (epoxi-, poliészter-, fenolgyanták) kínál. Jellemző rájuk a nagy hőstabilitás, a könnyű feldolgozhatóság, az UV-stabilitás, a korróziómentesség, emellett nem vándorolnak ki a felületre. Ezek egyike az *F-2200*, amely savas gyökök befogására képes, stabilizáló hatása van. Az *FR-122P* mesterkeverékben is ezt alkalmazzák.

Égésgátló fából?

Elég különös ötletnek tűnik fából égésgátlót készíteni, pedig a németországi **Fraunhofer LBF** kutatóintézet munkatársai éppen ezzel foglalatostkodnak. Pontosabban nem fából, hanem *ligninből indulnak ki*, amely a papírgyártás hulladékaként, a fa melléktermékeként képződik nagy mennyiségben, és 98%-át hőtermelés céljából elégetik. Az intézetben az EU által szponzorált *Phoenix program* keretében égésgátló hatású nanoszerkezetű anyagokat tanulmányoznak, és úgy gondolják, a lignin hasznosítása gazdaságosabb volna, ha égésgátlót gyártanának belőle foszfor felvitelével.

Tapasztalataik szerint a lignin mindenféle módosítás nélkül is csökkenti a műanyagok éghetőségét, de hatása viszonylag gyenge. Összeférhetősége sem kielégítő, ezért a lignintartalmú keverékek mechanikai tulajdonságai nem kielégítőek. Első kísérleteikben foszforvegyületeket keverték a ligninhez, de az ilyen keverékekből készített kompaundokban szétválást észleltek. Sikerült megoldaniuk a foszfor és a lignin közötti kémiai kötődést. Ilyen lignint különböző polimerekbe keverték, amelyek hőtermelését kónuszos kaloriméterben Franciaországban, a Lillei Egyetemen mérték. Az égésgátlót nem tartalmazó ABS hőtermelésének maximális értéke (HRR, heat release rate) 500 kW/m², a foszfor nélküli lignint tartalmazóé 43%-kal kisebb, 285 kW/m², a foszforral kezelt lignint tartalmazóé 58%-kal kisebb, 210 kW/m² volt. A foszfortartalmú lignin kémiai módosításával a készítményt hidrofóbbá tették, és PP-ben is jó hatásokkal homogenizálták, amit a finomabb szerkezet és a jobb mechanikai tulajdonságok is igazoltak.

Összeállította: Pál Károlyné

Mapleston, P.: Growing FR market trends to sustainable solutions = Compounding World, 2017. december, p. 31, 32, 34, 36, 38, 42, 44. www.compoundingworld.com

Heim, H.-P., Feldmann, M., Gemmeke, N.: Natürlich nicht brennbar. Gegen Flammentwicklung modifizierte PBT-Compounds mit Naturfaserverstärkung = Kunststoffe, 108. k. 1. sz. 2018. p. 77–80.

FRX Polymers: Nofia® OL1001 and Nofia OL3001 Oligomers =

<https://www.frxpolymers.com/-reactive-oligomers/>

FRX Polymers' Nofia® flame retardants obtain accreditation from Oeko-Tex Association = Textile World, 2016. aug. 30. <http://www.textileworld.com/textile-world/2016/08/frx-polymers-nofia-flame-retardants-obtain-accreditation-from-oeko-tex-association/>

DuraPET plastic resin. High impact PET resins. = <http://www.polyvisions.com/plastic-resins-pellets/durapet-specialty-plastic-compounding/>

Fighting fire...but with wood? Compounding World | December 2017 p. 38._

www.lbf.fraunhofer.de/en

További információk: www.pinfa.org, _ www.clariant.com, www.budenheim.com, www.frxpolymers.com, www.icl-group.com, _ www.lanxess.com, _ www.adeka.co.jp/en, _ www.paxymer.se www.dowcorning.com, _ www.borax.com ,_ www.kyowa-chem.jp/en ,_ www.martinswerk.com www.nabaltec.de, _ www.lkabminerals.com._ www.lbf.fraunhofer.de/en

Angliában bevált a fizetős magyar szatyor

Az Egyesült Királyságban utolsóként Angliában tették fizetőssé a műanyag zacskókat három éve, öt pennyt kell adni értük. A Tesco, a Sainsbury's, az Asda, a Morrisons, a Marks&Spencer, a Co-op és a Waitrose üzleteiben 1,04 milliárd darabot adtak el belőlük az áprilissal zárult egy évben. Az egy átlagos vevő által évente felhasznált zacskók száma a korábbi 140-ről 2016–2017-ben 24-re, 2017–2018-ra pedig 19-re esett vissza.

A Tesco tavaly augusztusban úgy döntött, megszünteti az egyszer használatos zacskók árusítását. Helyettük 10 pennys, tartós zacskókat kínál. A hét legnagyobb láncon kívül a többi is számításba véve kikderült: 2016–2017-ben 2,12 milliárd darab műanyag zacskót adtak el, 2017–2018-ban azonban már jóval kevesebbet, 1,75 milliárdot.

A hálózatok a zacskók értékesítéséből befolyó pénzből 58,5 millió fontot (21,2 milliárd forintot) fordítottak jótékonyági célokra. Az állam elvárja a láncoktól, hogy az 5 penny – az „észszerű költségeket” leszámítva – jótékony célokra fordítsák.

A zacskók fizetőssé tétele vélhetően hozzájárult a szigetország körüli tengerek szennyezettségének csökkenéséhez: tavasszal végzett kutatások szerint kevesebb mint feleannyi hánykolódik belőlük a vízben, mint 2010-ben.

J. P.

nepszava.hu, 2018. 07. 30.

www.quattroplast.hu