

## Lángálló biobázisú műanyag kompaundok fejlesztése

A fenntarthatóság egyik fontos kritériuma a megújuló természetes, vagy biobázisú alapanyagok felhasználása. Ezt a célt kívánják elérni a biobázisú lángálló műanyagok előállítására irányuló fejlesztések. Ennek jegyében a cikk egyrészt a halogénmentes égésgátlókkal módosított biopolimerek előállításával, másrészt a biobázisú égésgátlók előállításának lehetőségével foglalkozik. Vizsgálják a sugárzással előidézett térhálósítás alkalmazhatóságát a biopolimereknél is.

*Tárgyszavak: műszaki műanyag, biopolimer, lángállóság, térhálósítás sugárzással, biomassza, biobázisú égésgátlók*

A műanyagok alkalmazásának egyik kulcskérdése az éghetőség kontrollálása. Míg a világ műanyagtermelése a 2019-es 368 millió tonnával tetőzött, addig 2020-ban ennél 1 millió tonnával kisebb értéket regisztráltak. A stagnálás oka részben a reciklátumok, mint szekunder nyersanyagok növekvő felhasználása, amelyet a statisztika egyelőre nem kezel. Az égésgátlók világtermelése 2,26 millió tonna, és ez évente 3%-kal növekszik, főleg az elektromobilitás terjedésével összefüggésben. Egy 2020-as tanulmány szerint a leggyakrabban használt égésgátló az alumínium-hidroxid 38%-kal. A halogéntartalmú égésgátlók 21%-ot tesznek ki (17% bróm-, 4% klórtartalmú). A szerves foszfor vegyületek részaránya 18%, az antimontrioxidok 9%-ot adnak. Ezen kívül használnak még 14% más összetételű égésgátlót is.

### Biopolimerek hagyományos halogénmentes égésgátlókkal

A fenntarthatósági szempontok szerint előtérbe kerül a bio-polimerek alkalmazása a műszaki területen is. A biobázisú polimereknél azonban legtöbbször nehézségekbe ütközik az E&E alkalmazások által támasztott lángállósági követelmények kielégítése. Ennek a kérdésnek a megoldására indított kutatási programot két **Fraunhofer Intézet**, az **IAP** (alkalmazott polimerkutatás) és a **WKI** (Wilhelm Klauditz Intézet a fa és a természetes szálakkal erősített műanyagok kutatására). A programban a kutatók feldolgozóipari szakemberekkel dolgoztak együtt, a munkát a német állam támogatta. A hároméves kutatási program célja új, az E&E alkalmazásokban használható bio-műanyagok fejlesztése volt. Céljuk volt, hogy a biopolimerekhez a követelményeket kielégítő halogénmentes lángmentesítő szereket találjanak. Fontos kritérium volt az alkalmazandó mennyiség minimumon tartása, hogy a költségeket alacsonyan tartsák. A hagyományos halogénmentes égésgátlók hatását több biobázisú polimerben, PLA-ban, a poli-butilén-szukcinátban (PBS), valamint bio-poliamidokban vizsgálták.

A kutatás egyik alprojektjében az égésgátlót tartalmazó biopolimerek elektronsugárral végzett térhálósítását is vizsgálták. Ezt az eljárást széleskörűen használják a műanyagiparban, de eddig kevés tapasztalat volt a biopolimerekkel. Ebben a projektben a sugárzással végzett térhálósítás fő célja az volt, hogy biztosítsák a lángállószer kapcsolódását a mátrixhoz, és ezáltal a homogén eloszlás érjenek el.

Megállapították, hogy a kiválasztott égésgátlók alkalmasak a fenti polimerekhez, de természetesen minden esetben optimalizálni kell a feldolgozás paramétereit. Ipari partnerekkel közösen végzett kísérletekben kimutatták, hogy a PLA esetén fűthető szerszámmal lehet elérni a megfelelő kristályosságot, és ezzel együtt a kívánt hőstabilitást. Az ipari partnerek az új kompaundokat különböző alkatrészeket gyártásánál próbálták ki. Az elért termelékenységet megfelelőnek találták. A PBS-nél elért ciklusidők a hagyományos kőolajalapú műanyagokkal vannak egy szinten. A fenntarthatóság jegyében erősítésre farostokat használtak. A kutatók azt találták, hogy a fával erősített kompaundok jobb égésállóságot és

hőstabilitást adnak, mint az erősítetlen kompaundok. A fával erősített égésgátolt kristályos PLA hőállósága 140–160 °C.

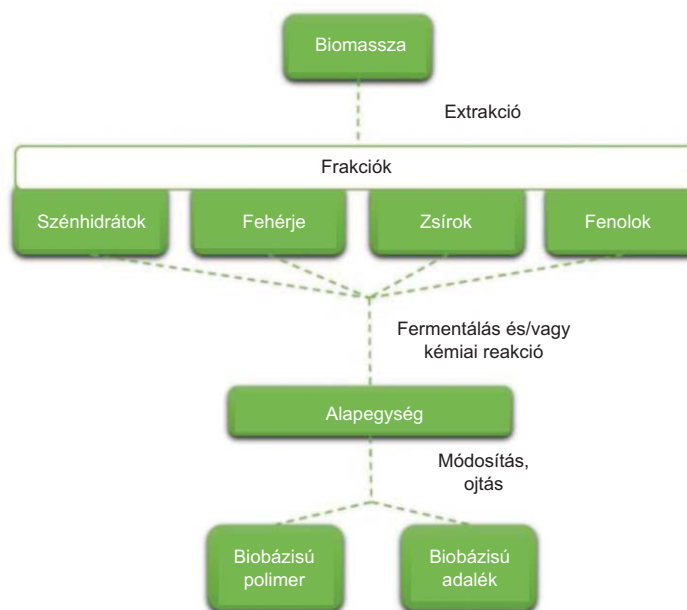
Külön kísérletsorozatban vizsgálták az égésgátlók alkalmazhatóságát és hatását különböző bio-poliamidokban. Ennek során vizsgálták a térhálósíthatóságukat is. Azt találták, hogy legkönnyebben a PA 6.10 térhálósodik, és a PA 11 a legkevésbé. A besugárzás majdnem minden PA-nál növeli a szilárdságot és a rugalmassági modulust, viszont csökkenti a hornyolt ütésállóságot. Azt is kimutatták, hogy a többi biopolimerhez hasonlóan a fával történő erősítés ez esetben is pozitívan befolyásolja a hőállóságot és javítja a lángállóságot is. A bio-poliamidokkal a kísérleteket csak laboratóriumban végezték, a továbbiakban két-csigás extruderen történő kompaundálásra és az ipari fröccsöntésre fognak kísérleteket folytatni.

### Biobázisú égésgátlók fejlesztése

A 100%-ban biobázisú lángálló kompaundok előállítása természetesen igényli a biobázisú égésgátlók kifejlesztését is. Ennek aktualitását az is alátámasztja, hogy a különböző égésgátlók általában egészségügyi kockázatot jelentenek. A halogéntartalmú égésgátlókat sok országban, illetve sok alkalmazási területen be is tiltották. Emiatt és a fenntarthatósági szempontok – a megújuló nyersanyag és a lebomlás használat után – előtérbe kerülésével az utóbbi időben felgyorsultak a biobázisú égésgátlók fejlesztésére irányuló kutatások. Ezek részletes összefoglaló leírása található meg a [4] és a [5] cikkekben.

A különböző szerves anyagok égésgátló hatása azon alapul, hogy ezek égéskor dehidratálódnak, és sztereotípusosan keresztül térhálósodva szénréteggé alakulnak és a polimerfelületen így egy védő szénréteget képeznek. Ez amelltt, hogy blokkolja a hő terjedését elzárja az oxigén útját is. Vannak olyan természetes vegyületek is, amelyek a szabad gyökök befogása, vagy más mechanizmuson keresztül járulnak hozzá az égés elfojtásához. Az égésgátlók

alapanyagaként szóba jövő szerves anyagok származhatnak növényekből, állatokból és mikroorganizmusokból. Kémiai összetételüket tekintve az alábbi négy csoportba sorolhatók: szénhidrátok (mono- és poliszaharidok, utóbbiak között a keményítő, a ciklodextrin és a kitozán), fenolos vegyületek (lignocellulózok), olajok és zsírok, valamint a fehérjék. Ezen biobázisú nyersanyagok forrása az ún. biomassa, amely részben a természetben, részben bizonyos mezőgazdasági vagy feldolgozóipari (élelmiszeripar, papír- és cellulózgártás) technológiák melléktermékeként nagy mennyiségben megtalálható anyagok összességét jelenti. A biomasszából az alábbi folyamatokon keresztül jutnak a biobázisú polimerekhez és adalékokhoz (1. ábra):



1. ábra. Biobázisú polimerek és adalékok előállításai folyamata biomasszából.

Az eddigi kísérletek igazolták, hogy a biobázisú anyagok felhasználhatók a műanyagok éghetőségének csökkentésére. Azonban mivel az egyes biobázisú anyagok égésgátló hatása általában a kívántnál alacsonyabb, ezeket az anyagokat módosítani kell. Jelenleg a módosítások fő iránya az égésgátló hatást fokozó elemek, pl. nitrogén, foszfor és szilícium bevitel a biobázisú anyagba.

Az eddigi eredmények szerint a biobázisú égésgátlók ígéretes fenntartható alternatívát jelentenek, de széleskörű használatukhoz még több kérdés megoldása szükséges:

- A viszonylag alacsony hatás miatt a biobázisú égésgátlókat viszonylag magas koncentrációban kell alkalmazni, ami a mechanikai tulajdonságok romlását okozza.
- A biobázisú égésgátlók hőstabilitása viszonylag alacsony
- A gyártási folyamat egyelőre bonyolult és drága.

A Fraunhofer intézetek kutatási projektjében sikerült biobázisú égésgátlót és ennek alkalmazásával 100%-ban biobázisú lángálló műanyagot előállítani. Az alappolimer a 100%-ban természetes anyagokból gyártott PLA volt. Ebben a projektben a PLA biopolimerhez olyan hatásos biobázisú égésgátlót fejlesztettek ki, amely kis mennyiségben képes a követelményeket kielégíteni. A legjobb eredményt mutató égésgátló alapja egy biobázisú alkohol volt, amelynek a hatását foszfor vegyülettel – egy teljesen észterezett foszfáttal – fokozták. Ez esetben is alkalmazták az elektronsugaras térhálósítást a mátrix és az adalék közötti kapcsolódás erősítése érdekében.

Az optimalizálási kísérletek után előállított új – 100%-ban biobázisú PLA kompaund az UL 94 szerint 1,6 mm vastagságnál V0 fokozatot ért el.

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

- [1] Bio-based flame retardants for bioplastics in electrical engineering and electronics – Press release Fraunhofer / January 12, 2023  
[https://www.wki.fraunhofer.de/en/press-media/2023/PI\\_2023-01](https://www.wki.fraunhofer.de/en/press-media/2023/PI_2023-01)
- [2] Bio-Based Flame Retardants For Bioplastics In Electrical Engineering And Electronics  
<https://injectionmouldingworld.com/bio-based-flame-retardants>, <https://mag.k-online.com/>
- [3] Flame Retardants for Biopolymers – Kunststoffe international 4/2023 p. 58–59.
- [4] Adriana Dowbysz és mások: Recent Advances in Bio-Based Additive Flame Retardants for Thermosetting Resins – International Journal of Environmental Research and Public health 2022, 19, 4828 p.1–26.  
<https://www.mdpi.com/journal/ijerph>
- [5] Meiting Wang és mások: Bio-based flame retardants to polymers: A review – Advanced Industrial and Engineering Polymer Research 6 (2023) p.132–155  
<http://www.keaipublishing.com/aiepr>