

## Új elvárás: a stabilizátorok fejlesztésének gyorsítása

A stabilizátorok fejlesztését egyfelől az új polimer típusok, pl. a biopolimerek, másfelől a reciklált polimerek minőségének javítása igényli. A stabilizátorgyártó cégek szorgalmasan dolgoznak azon, hogy termékeik megfeleljenek a felhasználók új követelményeinek. Most ezek közül ismertetünk néhányat.

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás, stabilizátorok, antioxidánsok, UV- abszorberek, fejlesztés, vizsgálatok, reciklálás, fenntarthatóság*

### Új kihívások

Az antioxidánsokat gyártó **Dover Chemical Corporation** két terület változását és fejlődését látja. A műanyag alapanyagokat és termékeket gyártó cégek érdeklődése a standard antioxidánsoktól új szabályozók miatt egyre inkább a hatékonyabbak felé fordulnak. Ez különösen igaz a nagy cégekre, amelyek a termékfejlesztés fontos részének tartják az adalékokat, hogy azok a jövőbeli igényeknek is megfeleljenek. Ma már nem csak akkor kerülnek szóba az antioxidánsok, amikor minőségi probléma lép fel. A fejlődést segíti, hogy a polimergyártók speciális adalékokkal látják el típusaikat.

Az egyik újabb kihívás, hogy a termékekben egyre növelni kell a reciklált anyaghányadot, a friss anyag minőségének elérése mellett. A másik, hogy megfelelően helyettesíteni kell a fluorpolimereket (PFAS).

### Túlkínálat a stabilizátorok piacán

A **Clariant Adsorbents and Additives** szerint az antioxidánsok és UV-abszorberek piaca túlkínálattal küszködik, alacsony igényekkel és árakkal. Ehhez hozzájárult, hogy a Covid alatt Kínában antioxidánsok, HALS és más közbenső termékek gyártását indították el. Az antioxidánsok és UV abszorberek fejlesztésének motorja a fenntarthatóság és a természetes stabilizátorok létrahozása. Az UV abszorberek fejlesztésének fő iránya a benzotriazolok helyettesítése, amelyek az EU SVHC (substance of very high concern – igen nagy odafigyelést igénylő anyagok) listáján szerepelnek. Ezek azok a kémiai anyagok, amelyek komoly hatással vannak az emberek egészségére és a környezetre. Egyedi formában vagy komplex termékekben vannak jelen.

Az antioxidánsok és UV-stabilizátorok iránti kisebb érdeklődést a BASF is érzékeli, azonban közép-távon bővülést várnak, elsősorban a fenntarthatóság előtérbe kerülése miatt. Ha a műanyagipar egyre jobban szabályozott lesz, egyre több biobázisú, megújuló alapanyagot fog használni, az antioxidánsok és UV-stabilizátorok szerepe is megnő. Ebbe az irányba illeszkedik, hogy a fogyasztók, a közvélemény egyre többet akar tudni a termékek összetételéről és biztonságos felhasználásáról.

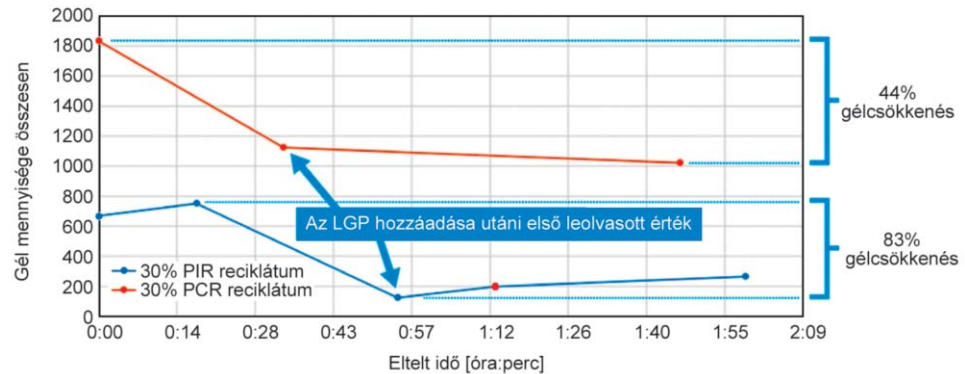
### Reciklálás, mint kihívás a stabilizátorgyártók számára

A reciklált anyaghányad növelése a polimergyártók, feldolgozók és a reciklátumokat gyártó cégek szoros együttműködését igényli.

A PFAS helyettesítésére már van egy tiltó ipari szabvány, életképes reális alternatíva nélkül. A meglévő megoldások időlegesen a legjobbak, és lehet is azokat használni. Az új megoldásokat pedig alaposan meg kell vizsgálni. Nincs olyan vállalat, amelyik piacra akarna dobni egy terméket hosszas és költséges vizsgálatokkal, amelyeket néhány év múlva meg kell ismételni.

Ezekre a problémákra a **Dover** a *Doverphos LGP-12* foszfit antioxidánst ajánlja. Ez az adalék nem tartalmaz alkilfenolt és alapanyaga biobázisú.

A használat utáni reciklátumok (PCR) és az ipari hulladékok (PIR) a fóliagyártásban gyakran okoznak minőségi romlást, gélképződés lép fel, ami káros a fólia húzószilárdságára és annak idő előtti szakadását okozza. Az 1. ábrán



1. ábra. Doverphos LGP-12 hatása a 30% PCR és 30% PIR reciklátumot tartalmazó PE fólia géltartalmára.

látható az *LGP-12* hatása a gélképződés csökkentésére. Az antioxidáns jól összefér a polimerekkel, nem migrál ki és nem mutatja a plate-out (kiválás) jelenséget.

Az *LGP-12* másik jó tulajdonsága a fémekhez való affinitása, polimer folyadékként gyorsan részt vesz a fóliaképződésben. A *Dover Clear* termékcsalád alkalmas az eddig használt fluoropolimerek helyettesítésére.

A fejlesztések során az egyik legnagyobb feladat, hogy a polimer többszöri feldolgozás után is megtartsa jó tulajdonságait. A gyártók többsége vagy megvásárolt egy recikláló céget, vagy saját maga kiépítette azt. Nagy kihívás a reciklált anyagok magas ára, minősége és hozzáférhetősége. Néhány stabilizálási megoldás a tradicionális antioxidánsokon alapszik, főleg az egyféle polimerből álló termékek esetében. De ez nem elegendő a cirkularitás biztosítására.

A **Clariant** legújabb fejlesztése az *AddWorks PKG 158*, amely az ESCR (environmental stress-cracking resistance) feszültségkorróziós ellenállás és az OIT (oxidative induction resistance) oxidációs indukciós periódus növelésére alkalmas fűvott HDPE termékekben. Többszöri extrúzió után megfelelő ömledék-indexet, mechanikai tulajdonságokat és színt garantál.

Az *Ecocircle* programban a **Clariant** több céggel, pl. a **Siegwerk**, **Borealis**, **Beiersdorf** működik együtt, hogy kozmetikai cikkek csomagolására tegye alkalmassá a 100% PCR (post consumer resin – használati hulladék) reciklátumot.

Az **SI Group** a speciális adalékok gyártója továbbra is bővíti a fenntarthatóságot szolgáló termékek kínálatát az *Evercycle* programban. A kihívást a reciklált anyaghányad növelése jelenti. Véleményük szerint ez a törekvés már nemcsak a nem-élelmiszer és a fogyasztói termékek csomagolását, hanem az autóipar, az ipar és az építőipar elvárásait is elérte. Az **SI Group** erre elsősorban bio alapanyagokkal válaszol, mint pl. a *Naugard Bio-XL*, amely széles körben alkalmazható a műanyagok reciklálásában. Ma már az antioxidánsok és UV-stabilizátorok fejlesztésében nemcsak a termék élettartamának hosszabítása a cél, hanem, hogy segítsék a reciklálást. Egy másik fontos szempont a reciklátumok alapanyagai minőségének javítása. Szennyezett alapanyagokat nem lehet stabilizálni a kívánalmaknak megfelelően. A vállalat célkitűzése, hogy a PET és poliolefin reciklátumok után speciális termékek, pl. a többrétegű fóliák, autóipari kompaundok reciklálásához is ajánljanak stabilizátorokat.

A reciklálás legnagyobb kihívása, hogy ezeknek az anyagoknak el kell érniük, vagy legalább megközelíteniük a friss anyagok minőségét. A felhasználás utáni reciklátumok problémája, hogy előzőleg a termék élettartama során szerzett károsodást milyen adalékcsomaggal lehet enyhíteni az újbóli feldolgozás során. A **BASF** véleménye szerint ezt csak új antioxidánsokkal és stabilizátorokkal lehet megoldani. Az *IrgaCycle* termékcsalád öt tagját a poliolefinnek mechanikai reciklálásához ajánlják. Gélképződés, feldolgozási instabilitások, UV-érzékenység és egyéb mechanikai károk elkerülésére ajánlják.

Pl. az *IrgaCycle PS 031 G* újra stabilizálja az rPE fóliát és megakadályozza a térhálósodást többszöri extrudáláskor ért hőhatás során.

A **BASF Plastic Additives** két speciális antioxidánst hoz forgalomba, amelyek Biomass Balanced (bioanyag egyensúly) minősítésnek felelnek meg. Ez azt jelenti, hogy a velük készült termékek kisebb szén-dioxid lábnyommal állíthatók elő, mint a hagyományos stabilizátorokkal. A felhasználók számára előnyös, hogy a helyettesítés az International Sustainability and Carbon Certification Plus (ISCC) (Nemzetközi Fenntarthatósági és Szén minősítés) keretei között történik, és terméküket nem kell újból bevizsgáltatni. Ezeket az adalékokat a cég Kaistenben (Svájc) és McIntoshban (USA, Alabama) gyártja.

### Új elképzelés a napelemek telepítésére

A **BASF** új UV-stabilizátora a *Tinuvin 2730 ED*, amely a poliolefinok élettartamát több mint 30 évre garantálja, erős besugárzási körülmények között is. Ennek szerepet szánunk a vízre telepített fotovoltaikus rendszereknél, amelyek az eddigi mezőkre telepített napelemes rendszerek alternatívájaként működhetnek. Alabamában a *2050 net zero CO<sub>2</sub>* emisszió programban már telepítettek egy ilyen rendszert (2. ábra).

A **Baerlocher Baeropol T-Blend** termékcsaládja tartalmazza a *Baeropol RST* stabilizátort, amelyet a poliolefin reciklátumok feldolgozásához ajánlanak. Az adalékok páramentes pasztillák formájában férhetők hozzá, ami kifejezetten előnyös a reciklátumok feldolgozásánál. Tisztítószerek, személyes ápolási termékek csomagolásához gyakran alkalmaznak reciklált HDPE-t.

A *Baeropol T-Blend* használata a fólia feldolgozásban is előnyös, mert az olcsó térfogati etetőekben juttathatók be a fóliafúvó extruderbe. Csökken a gélképződés és a hólyagosodás, a fólia mechanikai teljesítménye homogénebb lesz.

### Poliamidok és a PET stabilizátorai

A **Brüggemann** két legújabb hőstabilizátora a fém és halogénmentes *TP-H2062* és a *TP-2217* erősített és erősítés nélküli poliamidok számára. Ezeket az alapanyagokat az elektromos és az elektronikai ipar használja. Folyamatos üzemben 170 °C-ig teljesít, 200 °C csúcsokkal, ami teljesíti a legszigorúbb autóiipari követelményeket, és meghaladja a fenol- és rézbázisú stabilizátorok teljesítményét.

A *Brugolen TP-1804* stabilizátort az alifás poliamidok számára fejlesztették ki, 160–190 °C üzemi hőmérsékletre. A korábban bevezetett *Brugolen-H 1805* az erősített alifás poliamidok stabilizátora: a PA6-ot 200 °C-ig, a PA 66-ot 230 °C-ig.

A mesterkeverékeket gyártó **Ampacet PET UVA** néven kínál egy FDA által minősített mesterkeveréket, amely az átlátszó PET csomagolásokat védi az UVA sugárzástól. Fólia- és lemezextrúzióban és fűjt üreges testekben egyaránt alkalmazható, ráadásul az eddigieknél gazdaságosabban.

### TPO tetőfedő fóliák stabilizálása

A poliolefin bázisú tetőfedő fóliák Észak-Amerikában már vezető pozíciót értek el. Újabban Európában és Ázsiában is növekvő sikereket érnek el a PVC, a bitumen és más anyagok rovására.

A TPO fóliák fizikai tulajdonságai jók, átszűrési stabilitásuk, rugalmasságuk megfelelő,



2. ábra. Vízre helyezett napelemek.



3. ábra. TPO tetőfedő elemek.

könnyen hegeszthetőek és beépíthetőek. Előnyük, hogy fotovoltaiikus rendszerekkel is társíthatók (3. ábra).

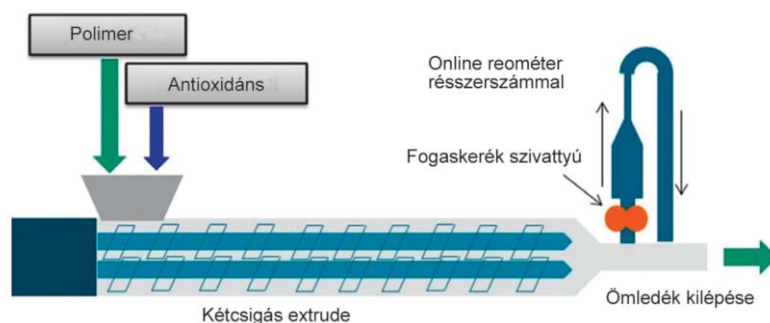
Az erős hő és UV sugárzásnak kitett TPO fóliákat hosszú élettartamra tervezik, ami megköveteli, hogy a legkorszerűbb stabilizátorokkal lássák el őket. A **Solvay Cyasorb Cynergy Solutions B Series** stabilizátorai mind UV fényvel szemben ( $60 \text{ kJ/m}^2$ ), mind hővel szemben (max.  $135^\circ\text{C}$ ) nagyon jó ellenállóképességet adnak a TPO fóliáknak. Nem színeződnek el és mikrorepedések sem lépnek fel.

Az így stabilizált tetőfedő fóliák megfelelnek az európai, Észak-amerikai és kínai szabványoknak.

### Új vizsgálati módszer a stabilizátorok hatásának előrejelzésére

A **Fraunhofer LBF** (Institute for Structural Durability and System Reliability) kutatói kidolgoztak egy online reológiai vizsgálati módszert, amellyel gyorsítani lehet az antioxidánsok fejlesztését. A műanyagok degradálódását, autooxidációját a magasabb hőmérséklet és a fény váltja ki. A polimer láncokat először az OH-gyökök támadják meg, és hidroperoxid képződik. Ezek reakciója kiváltja az OH-gyökök regenerációját, újraképződését. A kutatók szerint a polimerek optimális védelmére kétféle antioxidáns kell adagolni. A primer antioxidáns általában fenolos szerkezetű, elnyomja az OH-gyököt. A másodlagos antioxidánsok szterikusan gátolt alkil származékok, mint a foszfítok vagy tioéterek, amelyek reagálnak a hidroperoxidokkal, OH képződés nélkül. Mindkét típus szinergiában működik, a kereskedelemben kapható stabilizátor csomagokban egyenlő arányban megtalálhatók.

A stabilizátorok fejlesztése során különböző adalékokkal készült kompaundokat vizsgálnak ömledékképződés sebessége (DIN 1133-1) és oxidatív indukciós idő (ASTM D3895-19) alapján. Az első eredmények csak a kompaundálási lépés befejezése után állnak rendelkezésre. A kutatók újítása, hogy már a kompaundálás során informálódjanak a stabilizátorok hatásosságáról. Ehhez az ömledék viszkozitását használták, amelyet egy online reométer és egy kétcsigás extruder összeépítésével mértek (4. ábra).



4. ábra. Online reométer és kétcsigás extruder egybeépítése a stabilizátor hatásának előrejelzésére.

Az eljárást kipróbálták egy minimálisan stabilizált polipropiléne különböző mennyiségű stabilizátor és csigasebesség mellett. Egy bizonyos koncentráció elérése után nem nőtt tovább az ömledék viszkozitása, ami jelezte, hogy a stabilizátor további növelése nem emeli a stabilitást.

Összeállította: dr. Orbán Sylvia

New demands call for advanced stabilizers = September 2023, p. 53–60.

[www.compoundingworld.com](http://www.compoundingworld.com)

Stabilization key to TPO roofing success

[www.solvay.com](http://www.solvay.com)

International Sustainability and Carbon Certification Plus

[www.iscc-system.org](http://www.iscc-system.org)