

MŰANYAGOK FELDOLGOZÁSA, ADDITÍV TECHNOLÓGIÁK

Vezető műanyag kompozitok

Hivatkozás: C. Saunders: Sensing a bright future for conductive plastics
Compounding world, 2024. január, p. 37–44

Tárgyszavak: 1. Feldolgozás 2. Kompaundálás 3.
4. vezető adalék 5. korom 6. tárgyszó (szabad)

Annak ellenére, hogy a villamosan vezető adalékokat tartalmazó műanyagok gyártása és alkalmazása sok évtizedes múltra tekint vissza, az élet itt sem áll meg, folyamatos a fejlesztés. Az alapvető cél minél kevesebb és lehetőleg minél olcsóbb adalékkal elérni az adott alkalmazásban megkívánt vezetőképességi szintet. Az alkalmazásokat tekintve három (nem élesen elhatárolható) osztályt különböztetnek meg: az antisztatikus termékeket, amelyek csökkentik a por lerakódását a felszínen, a sztatikusan disszipatív termékeket, amelyek földelés útján belátható időn belül képesek levezetni a felgyűlt statikus töltést és a vezető termékeket, amelyek képesek az elektromágneses interferencia (EMI) árnyékolására.

A vezető kompaundok előállításánál a legtöbb problémát a granulátumok reprodukálható előállítása és feldolgozása jelenti. Ennek az az oka, hogy egy szigetelő mátrixból és vezető adalékból álló rendszer villamos vezetőképessége az adalék térfogattörtje függvényében logaritmikus skálán egy ún. logisztikus vagy szigmoid görbével írható le a két anyag saját vezetőképessége által meghatározott érték között. Azt a térfogattört értéket, ahol az anyag vezetőképessége észrevehetően elkezd növekedni a mátrixhoz képest, perkolációs küszöbnek hívják. Ez a perkolációs küszöb elnyúlt vagy lemezes töltőanyagok esetében kisebb, mint gömbhöz közeli töltőanyagok esetében. A perkolációs küszöb különféle technikákkal csökkenthető (pl. nanométeres, elnyúlt töltőanyagok kombinációja közel gömbalakú, mikrométeres töltőanyagokkal stb.), de általában elmondható, hogy a töltőanyagok aggregációja, az aggregátumok töredezése és orientációja miatt a perkolációs küszöb közelében nem könnyű reprodukálható vezetőképességet elérni, ami még a műnyagra ható mechanikai feszültségtől (megnyúlástól) és a hőmérséklettől is függ. Ugyanezek a hatások miatt a granulátumra megadott vezetőképesség nem mindig egyezik meg a terméken mérhető értékkel. További bonyodalmat jelent, hogy a fajlagos felületi ellenállás (amelynek egysége Ω) nagyságrendileg különbözhet a fajlagos térfogati ellenállástól (amelynek egysége $\Omega \cdot \text{cm}$). A perkolációs küszöb felett már könnyebb konzisztens vezetőképességet elérni, de egyrészt az adalékok ára miatt, másrészt a nagy térfogattörtknél fellépő gyengébb mechanikai jellemzők miatt igyekeznek az adalékmennyiséget a szükséges minimumon tartani. Ami az árat illeti, a korom olcsóbb, mint a manapság gyakran alkalmazott grafén vagy a szén nanocső (CNT), bár az ún. vezető kormok (amelyek erősen strukturált, nagy fajlagos felületű kormok) lényegesen drágábbak, mint akár a gépkocsi abroncsokban használt erősítő, akár a színező kormok. Az antisztatikus minőség eléréséhez sokszor nincs szükség szén vagy fém alapú adalékokra, szerves anyagok is elegendőek lehetnek, amelyek a felületre migrálva magukhoz vonzzák a légnedvességet, és megnövelik a fajlagos felületi vezetőképességet. Ez utóbbiak lehetővé teszik, hogy a műanyag tárgyat tetszőleges színűre színezhessük. Adott esetben ezek az adalékok égésgátolt kompaundokban is használhatók. Az elektromos üzemű autók (amelyek száma 2020 és 2030 között várhatóan körülbelül megtízszereződik) ugyancsak nagy piacot jelentenek a vezető műanyagok számára, különösen az EMI árnyékoló kategóriában.

A holland **Witcom** cég termékeiben a műszaki műanyag mátrixok (PBT, PA, PPS) előnyben vannak a tömegműanyagokkal szemben. Az EMI árnyékoló kompaundok esetében pontosan specifikálni kell, hogy milyen frekvenciatartományban milyen szintű árnyékolásra van szükség. A teljesítményelektronikában lehet, hogy a kHz tartomány is elég, de távközlési alkalmazásokban a GHz és az afölötti tartomány játssza a legfontosabb szerepet. Az árnyékolóképességet dB (decibel) egységben kell megadni az adott frekvencián, amely egy logaritmikus skála (az eredeti és az árnyékoló térerősség hányadosának logaritmus) 10-zel szorozva, tehát 10 dB különbség tízszeres árnyékolóképességet jelent). Az autóiparban az EMI árnyékoló anyagból öntött elektronika-házak olcsóbbak, mint a fémből öntött alkatrészek – nem is beszélve a kisebb tömegről. A fejlett

kompaundálási technológiák lehetővé teszik, hogy az égésgátlást vagy a megfelelő mechanikai erősítést (pl. szén- vagy üvegszálakkal) eleve betervezzék az anyagba.

A multinacionális **Polyplastics** cég *Duranex* márkanévű terméke milliméteres radarhullámok érzékelésére alkalmas, amelyeket a modern önvezető autók tájékozódásra használnak (radar-visszaverődés). A termékek kétkomponensű fröccsöntésben is használhatók. A török **Eurotec** cég ugyancsak szenzor komponensekhez kínál *Tecomid* márkanéven üvegszállal is erősített vezető kompaundokat. PP alapú *Tecolen* korommal töltött kompaundja sztatikusan disszipatív, megakadályozza a sztatikus töltések felhalmozódását. Vannak vezető és égésgátolt *Tecolen* típusok is. Egy másik *Tecomid* típus üvegszálat és szénszálat is tartalmaz, és PPA (poliftalamid) mátrixa miatt jó a hőállósága is. A japán **Adeka** cég, amelynek európai leányvállalata is van, olyan permanens antisztatikumot kínál, amelyet fóliákba lehet bekeverni és átlátszók maradnak. Az adalék mennyiségétől függően a termék lehet porleválást megelőzően antisztatikus, vagy sztatikusan disszipatív. Az **Avient** széles felületi vezetőképesség tartományban gyárt *Stat-Tech* néven hőre lágyuló elasztomereket, az antisztatikus disszipatívától az árnyékolóig. A TPE alapú kompaundok előnye a szilikon vagy a hőre keményedő megoldásokkal szemben, hogy ömledék állapotban feldolgozható és újrahasznosítható. A kompaundok 40–85 Shore A keménységi tartományban kaphatók. Az amerikai **Insight Polymers & Compounding** cég speciális, mikronnál rövidebb szénszálakkal töltött kompaundokat kínál az antisztatikustól a vezető osztályig.

A koromtöltésű anyagok nagyon fontos szerepet játszanak a redox akkumulátorokban is, ahol az ún. bipoláris lemez fajlagos térfogati ellenállásának $1 \Omega \cdot \text{cm}$ nagyságrendben kell mozogni. Az **Imerys** cég ilyen célra *Timrex KS44* szintetikus grafitját és *Ensaco 250G* vezető korom termékét ajánlja. A kettő kombinációjával könnyebb a feldolgozhatóság, mert a nagyobb szemcseméretű grafitot az elágazó vezető korom részecskék kötik össze. A tüzelőanyagcellák bipoláris lemezének még nagyobb vezetőképességűnek kell lenni, a térfogati ellenállás $0,05 \Omega \cdot \text{cm}$ alatt kell, hogy legyen, ami csak úgy érhető el, hogy 80–85% grafitot kompaundálunk hőre lágyuló vagy hőre keményedő mátrixba. A *Timrex KS5-75TT* olyan, optimalizált szemcseméret eloszlású, nagy tisztaságú szintetikus grafit, ami ezt az adalékolási szintet lehetővé teszi. Ha a grafit 7%-át *Ensaco 250G* korommal helyettesítjük, az ellenállás tovább csökkenthető, a negyedére. A finn **Premix** cég (amely 2025-ben az USA-ban is indít egy gyártó üzemet) anyagában vezető polimereket (pl. polianilint) gyárt, illetve olyan kompaundokat, amelyek ilyen adalékokkal érik ez az antisztatikus vagy jobb vezetőképességet. A vezető kompaund gyártás „hátaslova” továbbra is a vezető korom, amelyet felhasználva gyártja a **Cabot Corporation** *Cabelec* márkanéven vezető kompaundjait az autóipar, kábelgyártás és más iparágak céljaira. Vezetőképes koncentrátumokat (*Cabelec XS6778A*) és antisztatikus kompaundokat (*Cabelec XS6560C*) is kínálnak, az utóbbit elsősorban csomagolási célra. A vezetőképes koncentrátumot tipikusan 40–70% arányban lehet hígítani – attól függően, hogy milyen végső vezetőképességet akarnak elérni a 10^3 – $10^4 \Omega$ fajlagos felületi vezetőképesség tartományban. A sztatikusan disszipatív kompaund közvetlenül feldolgozható és 10^6 – $10^{10} \Omega$ felületi vezetőképességet biztosít. A grafit előnye a vezetőképes kompaundokban az, hogy a vezetőképesség mellett az ún. expandált grafit jelentősen csökkenti az éghetőséget is. A német **Georg Luh** cég *Graph-Cond* és *Graph-Therm* márkanéven kínál grafitokat erre a célra, amelyek a hővezető képességet is növelik a kompaundokban. Expandált grafitként pedig *GHL PX 95 HT 270* típusukat ajánlják. Ez az intumeszcens (hő hatására duzzadó,

1. táblázat. Vezetőképes kompozitokat gyártó cégek, elérhetőségük és termékeik

Kompaundáló cégek	Link	Termékek
Witcom	https://wittenburggroup.com/witcom/	PBT, PPS EMI árnyékoló kompaundok
Polyplastics	https://www.polyplasticsglobal.com/en/	műszaki műanyagok, kompaundok, Duranex
Eurotec	https://www.eurotec-ep.com/en/	műszaki műanyagok, kompaundok, Tecomid, Tecolen
Avient	https://www.avient.com/	Stat-Tech, TPE
Insight Polymers and Compounding	https://insightpolymers.com/	speciális szén alapú vezető kompaundok
Vezető adalék gyártók	Link	Termékek
Adeka	https://www.adeka.eu/	antisztatikum
Imerys	https://www.imerys.com/	szintetikus grafit, vezető korom
Premix	https://www.premixgroup.com/	vezető polimer és kompaundok
Cabot Corporation	https://www.cabotcorp.com/	vezető korom, kompaundok
Georg Luh	https://www.luh.de/en/home	grafit és csillám
Orion Engineered Carbons GmbH	https://orioncarbons.com/	korom

habosodó) adalék egészen 270 °C-ig feldolgozható anélkül, hogy a duzzadás beindulna. A cég grafén nanolemezkeket is kínál *GHL A 10* néven, amelyek kisebb mennyiségben is növelik a vezetőképességet, mint a hagyományos grafit, és segítenek javítani a kontaktust a vezető mikrorészecskék között. A német **Orion Engineered Carbons**, amely nemrég Kínában nyitott üzemet, *Printex* és *Arosperse* márkaneven kínál nagy vezetőképességű kormokat.

Az említett cégeket, elérhetőségüket és főbb termékcsoportjaikat az *1. táblázat* foglalja össze.

Cikk nyelve: angol

Készítette: dr. Bánhegyi György