

3.3 | Kisülésgátló műanyagok

1.1

Tárgyszavak: elektrosztatikus feltöltődés; kisülésgátlás; vezető műanyagok; vezető töltőanyagok; ICP; IDP; IPN; grafit nanocsövek.

Az elektrosztatikus kisülés

A sztatikus elektromosság az anyagok felületén nemegyensúlyi elektronkoncentráció hatására kialakuló elektromos feltöltődés. Elektrosztatikus feltöltődés olyankor lép fel, amikor két különböző felületű anyagot egymásra helyeznek, vagy ha összedörzsölik azokat. A töltés más feltöltött tárgyak vagy a légtérben előforduló ionok által is kialakulhat.

Elektrosztatikus kisülés (electrostatic discharge, ESD) jön létre két különböző elektromos potenciállal rendelkező test között töltésáramlás útján. Az elektromos alkatrészekben és készülékekben könnyen jön létre kisülés és ennek következtében károsodás, még viszonylag kis feszültségek alatt is. A nem megfelelő védelem okozta károsodás lehet végzetes vagy látens. Az előbbi általában észrevehető, a látens meghibásodást azonban nehezebb felismerni. A nem szabályozott kisülés szikraképződéshez vezethet, aminek hatására berobbanhatnak a környezetben lévő éghető gázok vagy meggyulladhatnak a szennyeződések.

A sztatikus elektromosság gondot jelent az egyre jobban terjedő tisztatéri technológiában is. A feltöltődött felületek magukhoz vonzzák a szennyeződések, tisztításuk pedig nehéz. A feltapadt részecskék véletlenszerű hibahelyeket hozhatnak létre, és csökkentik a termék értékét.

A kisülés korlátozása

Az IEC 61340-5-1 szabvány (Protection of electronic device from electrostatic phenomena) elektrosztatikusan vezetőnek, ill. elektrosztatikusan kisülésgátlónak tekinti azokat az anyagokat, amelyek ellenállása a következő határértékek közé esik:

- az elektrosztatikusan vezető anyag felületi ellenállása 10^2 – 10^5 Ω ,
- az elektrosztatikus kisülésgátló anyagok felületi ellenállása 10^5 – 10^{11} Ω .

Az ANSI/ESD S20.20 szabvány határértékei némileg eltérőek. Ebben elektrosztatikusan vezetőnek tekintenek minden olyan anyagot, amelynek

felületi ellenállása $<10^4 \Omega$ -nál, és kisülésgátlónak, ha felületi ellenállása 10^4 – $10^{11} \Omega$ közé esik.

Elektrosztatikus feltöltődés elleni védelemhez általában a 10^5 – $10^9 \Omega$ közötti felületi ellenállású anyagokat tartják alkalmasnak. Természetes állapotukban a hagyományos műanyagok jó szigetelők (felületi ellenállásuk 10^{12} – $10^{16} \Omega$). Ilyen anyagokon az elektromos töltések lerakódnak, és ott megmaradnak, mert az elektronok nehezen mozognak a szigetelő felületen. Minél hosszabb időtartamú a feltöltődés, annál valószínűbb, hogy meghibásodást okoz abban az elektronikában, amely érintkezik a műanyaggal, vagy ahhoz közel helyezkedik el.

Többféle módon lehet a polimert vezetőképesé tenni. Legtöbbször vezetőképes töltőanyagokat kevernek bele. A legismertebb ilyen töltőanyag a korom. Vezetőképesek még a fémporok és -szálak, a fémmel bevont üvegrészecskék és a szénszálak. A keverék ellenállása természetesen függ a töltőanyag ellenállásától. A por alakú korom térfogati ellenállása kb. $0,1 \Omega\text{cm}$, a koromtartalmú keverékeké ezért a legjobb esetben is legfeljebb $1 \Omega\text{cm}$ közelében lehet. Ezüstporral (amelynek térfogati ellenállása $1,5 \cdot 10^{-6} \Omega\text{cm}$) $10^{-2} \Omega\text{cm}$ ellenállású keverékek is készíthetők. A kémiai felépítésükből adódóan önmagukban is vezetőképes polimerek (inherently conductive polymers, ICP) ugyancsak használhatók vezető adalékként.

Felületre kivándorló antisztatikumokkal a műanyagok kisülésgátlóvá válhatnak, de léteznek önmagukban kisülésgátló polimerek is (inherently dissipative polymers, IDP). Az utóbbiak az anyagok új csoportját képezik. A polimer kisülésgátló tulajdonságát a polimerlánc mentén mentén mozgó szabad ionok hozzák létre. Jellemző megoldás, hogy az IDP polimert olyan műanyaggal keverik, amely a szükséges mechanikai tulajdonságokat egymásba hatoló hálószerkezet (interpenetrating network, IPN) kialakításával biztosítja.

Az IDP anyagoknak – a hagyományos antisztatikus vagy a töltött vezetőképes műanyagokkal összehasonlítva – számos előnyös tulajdonsága van. PI. állandó kisülésgátlást szavatolnak anélkül, hogy a légtérben folyamatosan előírt nedvességtartalmat kellene tartani. Nem vándorolnak ki a felületre, mint az antisztatikumok vagy a töltőanyagok; emiatt tisztatérben is alkalmazhatók. Az IDP-k színtelenek vagy világos színűek, ezért a keverékek bármilyen színűre színezhetők.

Kisülésgátló keverékek IDP adalékkal

A Premix Oy cég különböző polimerek keverékét készítette el IDP-vel, amelyeknek a PRE-ELEC ESD márkanévet adta. A keverékek mechanikai tulajdonságai közel állnak az alappolimeréhez, de az adalék bizonyos tulajdonságokat (modulus, ütésállóság) kismértékben befolyásol. Néhány típus

me-
chanikai tulajdonságait az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

Néhány PRE-ELEC ESD keverék mechanikai tulajdonságai

Tulajdonság	Egység	1100 (PETG)	4100 (PE-LD)	5100 (PP)	7100 (ABS)
Forma		lemez	fólia	rúd	lemez
Szakítószilárdság	MPa	50	13	15	27
Feszültség a folyáshatáron	MPa	40	–	20	35
Szakadási nyúlás	%	350	330	800	28
Nyúlás a folyáshatáron	%	5	–	15	6
Rugalmassági modulus	MPa	1650		800	1800
Izod ütésállóság (hornyolatlan próbatest, 4 mm vastagság, 23 °C)	J/m	nem törik		nem törik	nem törik
Vicat lágyuláspont (A)	°C	82		140	100
Terhelés alatti behajlás hőmérséklete (0,45 MPa terhelés)	°C	67		75	88

A kisülésgátló keverékek jellemző felületi ellenállása 10^8 – $10^9 \Omega$, de értéke függ a feldolgozási paramétereiktől. Az egymásba hatoló hálószerkezet kialakítása nagyon fontos, ezért a keverékeket nem szabad túlhevíteni vagy túl hosszú tartózkodási idővel feldolgozni. Az ellenállás független a légnedvességtől, ezért akár 8% relatív páratartalmú légtérben is alkalmazhatók. Mivel hatásuk folytonos, a tisztítás nem befolyásolja az ellenállást.

A kisülésgátló anyagokra jellemző a töltések „kioltási” ideje. Ez tulajdonképpen a töltési feszültségcsúcs levezetési sebessége a mintadarab felületén, amely többféleképpen mérhető. A legszélesebb körben használt módszer annak az időtartamnak a mérése, amely alatt az 1000 V-os feszültség 100 V-ra csökken, mind pozitív, mind negatív töltés esetén. A szabványokban előírt követelmény <2 s. A PRE-ELEC ESD keverékek kioltási ideje 0,1–0,4 s.

A tisztateres gyártások során az egyik legnehezebb feladat a termékek tisztaságának (ionszennyeződés, gáztalanítás) szavatolása. A PRE-ELEC ESD keverékek vizsgálata során 85 °C-on a felületen $0,2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ gázmolekulát, $0,1 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ aniont és $<10 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ kationt tudtak kimutatni. A keverékek élelmiszerekkel közvetlenül érintkezhetnek.

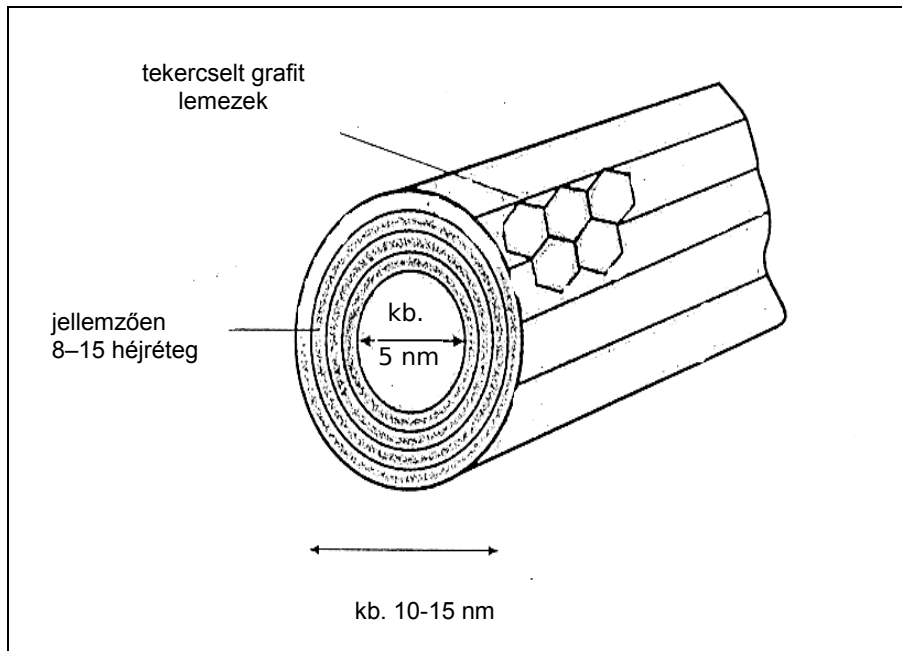
Ezek a kisülésgátló keverékek a hagyományos polimerfeldolgozási eljárásokkal formázhatók. Így pl. hőformázható lemezek extrudálhatók vagy koextrudálhatók belőlük, az alappolimerénél valamivel alacsonyabb hőmérsékleten. A koextrudálás gazdaságos módja a kisülésgátló alkatrészek gyártásának. A középső réteg lehet tiszta polimer vagy vezetőképes keverék. A csövek és profilok, a fújt üreges testek ugyancsak jó teljesítmény nyújtanak. A keverékek fröccsönthetők, a PE-alapú keverékből akár többrétegű fólia fújható.

Kisülésgátló keverékek grafit nanocsövecskékkel

A Hyperion Catalysis International cég által gyártott grafit nanocsövecskék kémiailag is nagyon tiszta alapanyagokból készülnek. Felépítésük az *1. ábrán* látható. A cég szerint már 1,5–4,5 %(m/m) bekeverése nagyon erősen csökkenti a polimerek ellenállását. A keverékből fröccsöntött alkatrészek felülete sima és esztétikus, a nanoméretük miatt teljesen olyan, mint az alappolimeré.

A nanocsövecskék a fizikai tulajdonságokat – főképpen az alacsony hőmérsékleten mért ütésállóságot és a hajlíthatóságot – csak kevésbé befolyásolják. A nanocsövek izotrópok, a termék vezetőképessége egyenletes, vetemedése elhanyagolható mértékű. A polimerbe könnyen bekeverhetők, az ömledékviszkozitást alig növelik.

Az elektronikai és a félvezetőiparban a polimerek vezetőképességét általában szénzálakkal állítják be a kívánt értékre. A megfelelő fizikai érintkezéshez drága és nagyon érzékeny komponenseket használnak. A viszonylag hosszú szénzálak rendeződése révén a fröccsöntött terméken vetemedések keletkezhetnek. Ez nanocsövek alkalmazásával elkerülhető. A nanorészecskék simább felületet is adnak, és mivel nem migrálnak, nem szennyezhetik a vezető alkatrészeket.



1. ábra A grafit nanocsövek szerkezete

A grafit nanocsövek gépjárműipari alkatrészekhez is alkalmazhatók. Az alkatrészeket elektrosztatikus festékszórással lakkozzák, ami gazdaságos módja a festékfelhasználásnak, csökkenti a károsanyag-kibocsátást, és bonyolult formájú alkatrészek is egyenletesen vonhatók be általa. Az eljárásához azonban az alkatrésznek elektromosan vezetőnek kell lennie, ami műanyagok esetében gondot okoz. A hagyományos vezető töltőanyagok ronthatják a polimerek fizikai tulajdonságait és felületi minőségét. A Hyperion Catalysis cég szerint a polimerek felületére festékszórásos technológiával kevés nanocsövet tartalmazó réteget lehet felvinni. A fizikai tulajdonságok nem változnak, a felület közvetlenül festhetővé válik, és nincs szükség utólagos felületkezelésre.

(Dr. Lehoczki László)

Varis, J.: Static dissipative compounds: solutions for static control. = *Plastics Additives & Compounding*, 3. k. 9. sz. 2001. p. 16–19.

Carbon nanotubes for static dissipation. = *Plastics Additives & Compounding*, 3. k. 9. sz. 2001. p. 20–22.