

## Hővezető műanyagok

*Tárgyszavak: műanyagkeverékek; hővezető töltőanyagok; villamosan vezető műanyagok; gyártók; gyártmányok; feldolgozás.*

### Mi indokolja a hővezető műanyagok fejlesztését?

Számos villamos rendszerben (elektronikus erősítők, világítás, transzformátorok stb.) komoly kárt okozhat a felhalmozódó hő, és jelentősen csökkenti a rendszer élettartamát. A keletkezett hő elvezetésére és szétsugárzására (hőelnyelők, hőcserélők, radiátorok stb.) hagyományosan fémeket használtak, de ezek viszonylag nehezek, és nem olyan könnyen formázhatók, mint a műanyagok. Ezért egyre jobban terjednek a fröccsönthető és extrudálható hővezető műanyagok, amelyek nagyobb tervezési szabadságot, jobb korrózió- és vegyszerállóságot biztosítanak, és használatukkal elkerülhetők a másodlagos megmunkálási műveletek.

*A hővezető képesség növelésére legtöbbször hővezető töltőanyagokat alkalmaznak, pl. szénszálakat vagy kerámiaporokat. A hővezető képességet  $W/m \cdot K$  egységben fejezik ki. A töltetlen műanyagok hővezető képessége  $0,2 W/m \cdot K$  körül van, az adalékokkal „feljavított” kompaundok hővezető képessége esetenként ennek 500-szorosát ( $100 W/m \cdot K$ ) is elérheti. A hővezető adalék lehet villamosan vezető (ilyenek pl. a grafitcszálak, ahol a kompaund vezetőképesége szálirányban nagyobb, mint arra merőlegesen) vagy lehet szigetelő (bór-nitrid vagy alumínium-nitrid por, amely izotrop hővezető képességet eredményez). A hővezetővé tett műanyagokban sokkal egyenletesebb a hőmérséklet-eloszlás, mint a töltetlenekben. A töltőanyag mennyiségének növelése erősíti a hővezető képességet, de ronthatja a többi fizikai jellemzőt. Kompromisszumokat kell kötni a mechanikai jellemzők és az ár tekintetében is.*

### Hővezető töltőanyagokat gyártó cégek

A **GE Advanced Ceramics** a bór-nitrid (BN) por egyik legnagyobb gyártója. *PolarTherm* márkanevű termékeiből legalább 75 típust lehet kapni (agglomerátumok, egykristályos termékek stb.), amelyekkel nem csak a megfelelő

hővezető képesség, hanem a folyási és egyéb tulajdonságok is beállíthatók. A BN por hővezető képességét sok jellemző befolyásolja, pl. a kristály és a szemcse mérete, alakja, keménysége, fajlagos felülete, oxigéntartalma és tömöríthetősége. A szemcsék felületmódosításával el lehet érni, hogy nagyobb töltöttségi fok mellett is elfogadható maradjon a folyóképesség. A BN egykristály hővezető képessége elérheti a 3–400 W/m · K értéket is, kompozitokban pedig elérhető a 10 W/m · K érték. A fejlesztés folyamatos, a legújabban megjelent típusok (*PT130, PT131, PT132*) olcsóbb áron kínálják ugyanezeket az előnyöket. A BN jól használható alumínium-oxid, alumínium-nitrid vagy kvarc helyett.

A **Cytec Carbon Fibers** cég *ThermalGraph* nevű grafitszálai 500–700 W/m · K hővezető képességet mutatnak. A szabadon folyó porok könnyen keverhetők más töltőanyagokkal. A grafitszállal készült keverékek sűrűsége kisebb, hővezető képessége nagyobb, mint az alumíniumé. A *ThermalGraph DKD* tulajdonképpen finomra őrölt grafit. A *ThermalGraph CKD* vágott szál formában kapható, amelyet fél, egy, és két inches (12,7, 25,4, ill. 50,8 mm) hosszban kínálnak. A fémekkel szemben a grafitszálok korrózióállóak (agresszív környezetben is) és magas hőmérsékleten is stabilak. Erős savak, lúgok, oxidatív anyagok, tengervíz, nedvesség nem rontják a hővezető képességet. A minőségi ugrást egy olyan új technológia kidolgozása jelentette, amelynek segítségével a korábbinál sokkal olcsóbban (900 USD/kg helyett kb. 55 USD/kg áron) tudják előállítani a nem folytonos grafitszálat. Ezzel a szénszál elérhető hővezető képességet növelő adalékanyaggá vált. A hővezető műanyagkeverékek használata még újdonságnak számít, de alkalmazásuk terjed, és egyre több tervező számol velük az új termékek fejlesztésénél.

## Hővezető műanyagkeverékek és néhány alkalmazásuk

A **Cool Polymers** cég 1999 óta ajánl hővezető műanyagkeverékeket és azokból készülő fröccsöntött termékeket. Matrixpolimerként műszaki és tömegműanyagokat [PP, ABS, PA, folyadék-kristályos polimer, poli(fenilén-szulfid), poli(éter-éter keton) stb.] egyaránt használnak. A kompaundok nemfémes hővezető töltőanyagokat tartalmaznak, és hővezető képességük 2 W/m · K-től (ami az üvegekével vethető össze) egészen 100 W/m · K-ig terjed (ez már az öntött alumíniuméval vetekszik). A műanyagoknál megszokták, hogy rossz hővezetők, de megfelelő adalékokkal kerámiához vagy fémekhez hasonlóvá válhatnak hővezető képesség szempontjából. A cég eleinte hőelnyelőket gyártott fröccsöntéssel elektronikai célokra, amelyek alumíniumhoz hasonló hőtechnikai jellemzőket mutattak, de olyan formákat is lehetett belőlük készíteni, amelyeket alumíniumból túl drága lett volna legyártani. Egy konkrét esetben az alumínium alkatrészhez képest 50%-os megtakarítást lehetett elérni mind a tömegben, mind az árban. Az ilyen megoldások egyre elfogadottabbá

válnak a tervezőmérnökök körében. *A hővezető műanyagok 20–50%-kal csökkentik a fröccsöntési ciklusidőket is, mert gyorsabban hűlnek le.* A kisebb hőtágulási együttható kisebb zsugorodással jár, ami azt is jelenti, hogy kritikus optikai, mikroelektronikai és egyéb alkalmazásokban kerámiák kiváltására is alkalmasak. A hővezető kompaundok hajlító-, húzómodulusa és ütésállósága is nagyobb a hagyományos műanyagokénál.

A hőtermelő folyamatokban hagyományos műanyagokkal szinte elkerülhetetlen a „forró foltok” kialakulása, amit a hővezető műanyagok szinte teljesen kiküszöbölnek. A kérdés az, hogy sikerül-e műszakilag és gazdaságilag előnyös megoldást találni. Sokszor olcsóbb megoldás egy hővezető adalékkal töltött, kisebb hőállóságú tömegműanyagot használni, mint egy hőszigetelő de hőálló műszaki műanyagot. **A Cool Polymers nemrég fröccsönthető, hővezető elasztomertípusokat is bevezetett a piacra.** Ezek között vannak villamos árnyékolásra alkalmas, villamosan vezető (E-sorozat) és villamosan szigetelő típusok (D-sorozat). A hővezető képességi tartomány  $1\text{--}15\text{ W/m}\cdot\text{K}$ . Ilyen elasztomereket tömítésként, rezgéscsillapítóként, elválasztó és kiöntő anyagként lehet használni.

Az **LNP**, a nagy kompaundáló cég is arról számol be, hogy folyamatosan nő az igény *Konduit* márkanévű hővezető termékei iránt – különösen az információtechnológia, pl. a merevlemezzgyártók részéről. *A fő hajtóerő a miniatürizálás: minél kisebb egy termék, annál koncentráltabbak benne a hőforrások. Jó hővezetéssel megnyújtható a készülékek élettartama, és biztonságosabbá tehető működésük. Az igények emelkedésével folyamatosan csökkenni fognak a hővezető termékek árai is.* Az LNP jelenleg poliamidból, folyadék-kristályos polimerekből, PP-ből, poli(fenilén-szulfid)ból) és poliuretánokból kínál hővezető típusokat kerámia-, szén-szál- és grafit-töltéssel. A leggyakoribb alkalmazási területek az autópálya, a transzformátorgyártás, az egyéb tekercselt eszközök, a hőérzékelők stb. Az LNP is kínál villamosan vezető és szigetelő típusokat.

Nemrég vezették be a **GE** cég *Ultem* márkanévű hőre lágyuló *poliimidjének hővezető változatát*, amellyel fémek is helyettesíthetők viszonylag magas hőmérsékletig. *A hővezető képesség kb. hétszerese a töltetlen termékének.* A hővezető poliimid külön előnye a rendkívül alacsony hőtágulás. A hővezető típus természetesen megtartja az Ultem egyéb előnyös tulajdonságait (nagy szilárdság, hőállóság, vegyszerállóság stb.).

Az **RTP**, egy másik nagy kompaundáló cég *azt hangsúlyozza, hogy hővezető műanyagaik egyben csökkentett éghetőségűek is.* Az RTP közel 60-féle mátrixanyagot kínál korom, szén-szál, fémszál, fémborítású szén-szál és fémpor-töltéssel. Hővezető típusaikban leggyakrabban szénalapú vagy kerámiapor adalékot használnak, általában PPS, LCP, PC, PA, PP, PE, TPO mátrixszal. Vannak extrudálható és fröccsönthető típusok. Mivel a mért hővezető képesség függ az orientációtól és az alkalmazott mérőeszköztől, sok különböző típus van forgalomban még egyazon anyag esetében is. A gyártóknak széles körű mérési és alkalmazási tapasztalatai vannak, ezért sokat tudnak segí-

teni a vevőknek a legmegfelelőbb típusok kiválasztásában. Azt RTP (ec)2 néven kínál egy elektronikai eszközök tokozására alkalmas hőre lágyuló keveréket, amely alkalmas elektronikai alkatrészek és eszközök nedvességtől és más környezeti ártalmaktól való védelmére. Ilyen célra integrált áramkörök, ellenállások, kapacitások, optikai szálcsatlakozások esetében korábban többnyire hőre keményedő gyantákat vagy elasztomereket alkalmaztak. Az (ec)2 villamosan szigetel, és kisebb a hőtágulási együtthatója, mint a hőre keményedő műanyagoké, ezért hőciklusos terheléskor nagyobb védelmet nyújt.

A **PolyOne** cég *ThermTech* néven kínál hővezető műanyagokat, amelyekkel fémeket helyettesítettek hőelnyelők, viaszöntő szerszámok, hőcső-foglalatok és távközlési berendezések gyártásánál. *A töltetlen műanyagokhoz képest két nagyságrendű hővezető képesség növekedést sikerült elérni.* PA 66, PA 12, PPS és LCP mátrixszal villamosan vezető és szigetelő kompaundok is kaphatók. Az egyik PA 12 alapú keverék hővezető képessége  $37 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ .

Az **Epoxies Etc.** nevű cég különféle ragasztókat, öntőgyantákat és zsírokat kínál különféle töltőanyagok felhasználásával, epoxi-, poliuretán- és szilikonmátrixszal. Az öntőgyantákat elsősorban érzékeny elektronikai alkatrészek és részegységek (tápegységek, transzformátorok, tekercsek, szigetelők stb.) tokozására használják.

A **3M** cég műszaki ragasztókat gyártó részlege különféle elválasztó és határfelületi anyagokat (ragasztószalagokat, fóliákat, térkitöltő lemezeket) állít elő, amelyek a jó hőátadást szolgálják a hőforrás és a hődisszipáló egység között. A ragasztók  $1 \text{ W/m} \cdot \text{K}$  körüli hővezető képességű kétkomponensű epoxigyanták, a ragasztószalagok akrilátalapú polimerrel és kerámia töltőanyaggal készülnek, a határfelületi hőátadó lemezek pedig ragadós felületű, kerámiaporral töltött szilikongumik.

A japán **Zeon Chemicals** cég *Hydrin ECO* márkanevű epiklórhidrinalapú elasztomerjei lehetővé teszik, hogy különböző vezetőképességű termékeket lehessen készíteni belőlük. Az anyag előnye még a rendkívül alacsony levegőáteresztő képesség, ami különösen akkor hasznos, ha szigetelésekben, tömítésekben használják. A Hydrin ECO sztatikusan disszipatív akkor is, ha nem tartalmaz vezetőképes adalékot. A megfelelő típus kiválasztásával a legmegfelelőbb vibrációs, mechanikai és csillapítási tulajdonságú anyagot lehet alkalmazni. A Hydrin ECO elasztomerek számos műszaki (pl. autóiipari) célra használhatók pl. tömítésként, légvezető tömlők gyártásához, kábelszigetelés-ként stb.

## A hővezető műanyagok feldolgozása

A kerámiaporral töltött műanyagok feldolgozásakor *gondolni kell a fokozott kopásra* (csiga, ház, szerszám). Az **LNP** cég az alábbi tanácsokat adja *Konduit* márkanevű termékei feldolgozásához, amelyek feltehetőleg más hasonló termékek feldolgozásakor is hasznosak lehetnek:

- A szerszámok gyártásához célszerű kemény (Rockwell C 60–62 C) acélokat választani. A beömlést lezáró elemet cserélhetőre kell tervezni, mert a beömlés környéke kopik a leggyorsabban. A csigát ajánlatos 4140-es acélból készíteni, és volfram-karbiddal bevonni. A csiga házát lehetőleg kétféle fémből kell készíteni.
- A beömlést a termék legvastagabb részén kell elhelyezni. Jól beváltak az élbeömlések, amelyeket lehetőleg bő beömlőnyílással kell kialakítani.
- Az elosztócsatornákat teljesen kör keresztmetszetűre kell tervezni – amilyen nagyra csak lehet. Az irányváltásoknál nem csökkenhet a keresztmetszet. Kerülni kell a 90°-os irányváltásokat.
- A beömlőnyílás csúcshőmérséklete kritikus az anyag nagy hővezető képessége miatt. Az elosztócsatornákat előnyös fűteni. A szelepes beömlésű rendszereknél a szigeteléseket és a záró tűszelepet védeni kell a kopástól.
- Nagy kompressziójú csigák használata nem ajánlott. A 2:1–2,5:1 arányú általános célú csigák módosított (magnövelt) kompressziós zónával általában jól használhatók. A csigát akkor érdemes visszahúzni, amikor minden előtoló nyomás felemésződött, mert ez megnöveli a csiga élettartamát.
- A szerszámot gondosan kell temperálni, és egyenletes hőmérséklet-eloszlásról kell gondoskodni. Célszerű keringő olajat használni a szerszám temperálására.

**Dr. Bánhegyi György**

Stewart, R.: Thermally conductive polymers. = *Plastics Engineering*, 60. k. 1. sz. 2004. p. 20–27.

Blanco, A.: Conductivity gets flexible. = *Plastics Engineering*, 60. k. 1. sz. 2004. p. 6.

## Röviden...

### Nagy folyóképességű SBC

A Chevron Philips cég jelenleg piacon levő sztirol-butadién kopolimereinél (SBC) 20%-kal hosszabb a folyási útja a két új K-Resin márkanévű üvegtiszta, szívós, merev fröccsanyagának. A BK10 és BK15 jelű típusok közül az utóbbi különösen könnyen válik el a szerszám falától. A nagy, 15 g/10 min folyási szám teszi lehetővé, hogy nagy felületű, vékony falú darabokat fröccsöntsenek belőlük.

*(European Plastics News, 31. k. 1. sz. 2004. p. 38.)*

## Adalékanyagok

### PVC színezékkoncentrátumok

A **Teknor Color Co.** (Pawtucket, R.I., USA) 16 új színezékkoncentrátumot hoz forgalomba PVC kábelek gyártásához. Ezek megfelelnek a **NEMA** (National Electrical Manufacturers Association) és az **EIA** (Electronic Industries Alliance) 359-A szabványban előírt Munsell színskálának. A cég egyúttal megszünteti korábbi 31 termékének forgalmazását. A 16 új termékkel valamennyi eddigi színárnyalat előállítható, és a vásárlók költségei is csökkennek. További előny, hogy az új színezékek jobban diszpergálhatók, könnyebben feldolgozhatók és erősebb a színhatásuk. Az új színezékek közül 12 nehézfémmentes.

### Halogénmentes égésgátlók

Az olasz **Italmatch Chemicals S.p.A** (Genova) két USA-beli céget (**Azalea Color Co.**, Atlanta és **Durr Marketing Associates**, Pittsburgh) bízott meg új halogénmentes égésgátlóinak forgalmazásával. A *Masteret* márkanévű melamin-ciánkarbamid, melamin-borát és melamin-polifoszfát különböző hőre lágyuló műanyagokhoz használható. Másik terméküket, a *Safest* nevű vörös foszfort üvegszálal PA-hoz ajánlják. A két forgalmazó internetes címe: [www.azalea.com](http://www.azalea.com), ill. [www.durrmktg.com](http://www.durrmktg.com).

Poliészterfóliákhoz és -szálakhoz a **Techner PR** (Rancho Dominguez, Kalifornia, USA) a *Techsperser PBM 12635* jelű halogénmentes égésgátlót fejlesztette ki, amely kielégíti az UL 94V-0 előírást. Alkalmazható PET-hez és PBT-hez, 10%-nál alacsonyabb koncentrációban. Nem befolyásolja az anyag eredeti tulajdonságait és 285 °C-ig felhasználható. Cím: [www.techmerpm.com](http://www.techmerpm.com).

*(Plastics Technology, 50. k. 2. sz. 2004. p. 29.)*

## EGYÉB IRODALOM

Low temperature sealing. (Hidegálló tömítés fluorelasztomerből.) = European Plastics News, 30. k. 10. sz. 2003. p. 39.

Aromatic TPU has high clarity. (Átlátszó aromás hőre lágyuló poliuretán.) = European Plastics News, 30. k. 10. sz. 2003. p. 39.