

MŰSZAKI MŰANYAG FÉLKÉSZ TERMÉKEK

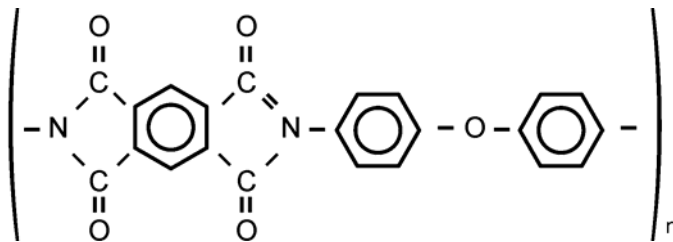
Ismertető sorozat 14. rész

Anyagcsoport: – Poliimid – PI

Dr. habil. Kalácska Gábor, egyetemi docens, Szent István Egyetem, Gödöllő

1. Szerkezet

A DuPont cég által gyártott PI (*Vespel SP*) féltermékek a legismertebbek a mérnöki gyakorlatban, bár létezik más gyártmány is. A poliimidtermékek szintén a nagy hőállóságú anyagcsoportba tartoznak. Az alapmolekula szerkezetét az 1. ábra mutatja.



1. ábra Poliimid (PI)

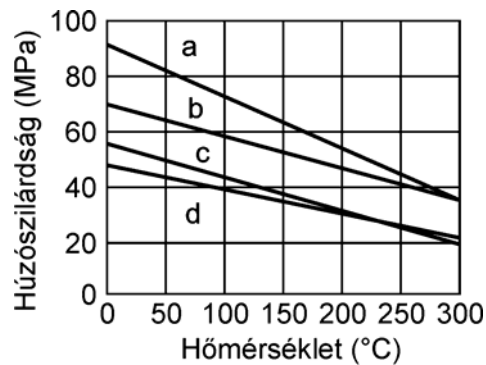
2. Általános jellemzők

Mivel a makromolekula láncában az aromás és heterociklikus részek közel vannak egymáshoz, az anyag fő jellemzői a következők:

- nagy szilárdság széles hőmérsékleti tartományban (-230°C –tól + 370°C-ig.),
- nagy merevség és keménység,
- jó elektromos szigetelés,
- jó tribológiai viselkedés a kompozitváltozatnál,
- jó ellenállás nagy energiájú sugárzással (gamma és röntgen) szemben,
- lángálló (nehezen ég),
- kiváló vegyszerállóság.

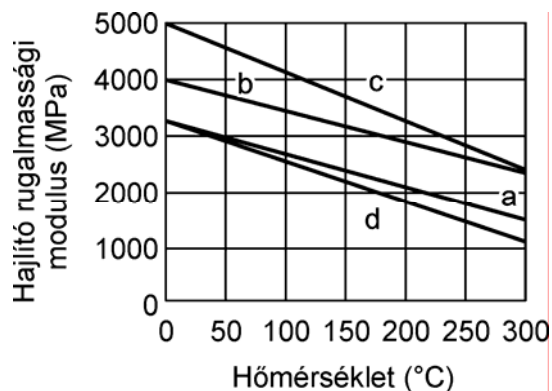
A gépészmérnökök által leginkább használt *Vespel* PI féltermékeknek különleges tulajdonsága, hogy nincs érzékelhető üvegesedési vagy olvadáspontja egészen a lebomlást okozó 400°C körüli hőmérsékletáig.

A szilárdság megközelítőleg lineárisan csökken a hőmérséklet emelkedésével. Példaként a 2. és 3. ábra a húzószilárdság és a hajlító rugalmassági modulus változását mutatja be a hőmérséklet függvényében különböző SP poliimideknél.



2. ábra *Vespel SP* típusok húzószilárdsága a hőmérséklet függvényében

a: SP-1; b: SP-21; c: SP-22; d: SP-211;



3. ábra *Vespel SP* típusok hajlító rugalmassági modulusa a hőmérséklet függvényében

a: SP-1; b: SP-21; c: SP-22; d: SP-211

Az alkalmazás felső hőmérsékletét az anyag bomlása határozza meg, és nem a lágyulás, ahol az anyag szilárdsága erősen lecsökken. Ezek a poliimidek tartósan üzemelhetnek 290°C-ig, rövidebb időszakokra akár 480°C-ig is. 400°C-ig a tulajdonságokban bekövetkező változások teljes mértékben az oxidáció hatásának köszönhetőek. 315°C-ig semleges környezetben (pl. nitrogénben vagy vákuumban) a tulajdonságok változása az idő függvényében (öregedés) elhanyagolhatóan kicsi.

Meg kell jegyezni, hogy az *SP* jelölés mellett létezik *ST* jelölésű poliimid is. Míg az *SP* jelölésű anyagok kristályossági foka jellemzően 25-50% közötti, addig az *ST* jelölésű anyagok csak 0-5 %-os kristályossággal rendelkeznek.

Az 1. táblázat bemutatja a PI féltermékek néhány jellemző tulajdonságát.

PI műszaki műanyag féltermékek és kompozitjaik tulajdonságai

Szakítószilárdság: 40–100 MPa	Poisson tényező 0,41
Szakadási nyúlás: 3–7,5%	Nyomó rugalmassági modulus (E): 2200–3200 MPa
Nyomószilárdság (1%-os deformációhoz) 24–35 MPa	Felületi ellenállás (Ω): 10^{15} – 10^{16}
Éghetőség (UL 94): V-0	Jó tribológiai viselkedés (kompozitváltozat)
Térfogati ellenállás (Ω): 10^{15} – 10^{17}	Hővezető képesség (w/m·K): 0,29–0,41
Széles alkalmazási hőmérséklet-tartomány: +400°C-ig	Lineáris hőtágulás 150°C alatt és felett 18 – $63 \cdot 10^{-6}$ m/(m·K)

3. Fő alkalmazási területek

A poliimidtermékek között is léteznek adalékolt, kompozitváltozatok annak megfelelően, hogy milyen tulajdonságot akarnak javítani. A natúr, töltetlen változat (*SP1*) rendelkezik a maximális szilárdsággal és alakváltozási képességgel (pl. szakadási nyúlás), a legkisebb rugalmassági modulussal és hővezető képességgel. Elektromos szigetelés szempontjából a legkedvezőbb változat. Ennek megfelelően használatos pl. szelepelemeknek, tömítésnek, szigetelőnek, egyéb mechanikai igénybevételnek kitett alkatrésznek magas hőmérsékleten.

Tribológiai szempontok alapján javított siklással és kopásállósággal rendelkezik az *SP21* és *SP22*. Az előbbi 15 tömeg% grafitot, míg az utóbbi 40 tömeg% grafitot tartalmaz. További tribológiai kompozitok és javított mérettartású változatok is léteznek, de Európában nem terjedtek el széles körben. Az *SP211*, *SP3*, *SP221*, *SP5* jelű *Vespe*l PI változatok jellemző adalékanyagai a grafit mellett a PTFE, MoS₂, szénszál, üvegszál.

4. Megmunkálási technológia





Ragasztás

A PI a ragasztható műanyagok közé sorolható. A ragasztóanyag-gyártók által forgalmazott „műanyag ragasztó” kategória termékei használhatók. Emelt hőmérsékletű üzemmódban a hőállóságokat egyeztetni kell. Minden esetben fontos a precíz felület-előkészítés és az adott ragasztóra érvényes gyártói technológiai leírás betartása.

Forgácsolás (esztergálás, marás, fúrás, fűrészelés)

A PI forgácsolása – főleg a kompozitanyagoké – a PAI-hoz hasonló körültekintést igényel. Javasolt a keményfémlapkás szerszámok használata, de éles kivitelben. A forgácsolási paraméterek hasonlítanak az erősített PEEK és PAI forgácsolásához. A javasolt forgácsolási paraméterek a 2. táblázatban találhatók.

A PI forgácsolási jellemzői

Eljárás	Technológiai jellemzők	Értékek	Általános megmunkálási pontosság
Fűrészelés 	α – hátszög [°] γ – homlokszög [°] v – vágósebesség [m/min] t – fogosztás [mm]	α : 15–30 γ : 0–5 v : 30–100 t : 3–5	IT 12–14
Esztergálás 	α – hátszög [°] γ – homlokszög [°] v – vágósebesség [m/min] s – előtolás [mm/ford.] χ – elhelyezési szög [°]	α : 6–8 γ : 0–5 v : 250–500 s : 0,1–0,5 χ : 45–60	IT 8–11
Fúrás (csigafúró, egyélű kés) 	α – hátszög [°] γ – homlokszög [°] v – vágósebesség [m/min] s – előtolás [mm/ford.] φ – csúcshézag [°]	α : 5–10 γ : 10–30 v : 50–200 s : 0,1–0,3 φ : 90	IT 9–11
Marás 	α – hátszög [°] γ – homlokszög [°] v – vágósebesség [m/min]	α : 5–15 γ : 6–10 v : 250–500	IT 8–11