

# MŰANYAGFAJTÁK, KOMPOZITOK, BIOMŰANYAGOK

## Segítség a hőre lágyuló elasztomerek kiválasztásához

**Hivatkozás:** How to Select the Right Thermoplastic Elastomer Grade?

Omnexus, SpecialChem

<https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/thermoplastic-elastomer>

**Tárgyszavak:** 1. Anyagok 2. Polimer 3. Műszaki műanyag  
4. Hőre lágyuló elasztomer 5. Típusok 6.

A hőre lágyuló (termoplasztikus) elasztomerekre (TPE) a gumihoz hasonló flexibilitás ugyanakkor a hőre lágyuló műanyagokéhoz hasonló feldolgozhatóság jellemző.

Kedvező tulajdonságaik és nagy választékuk (az Omnexus adatbázisában 14 000 típusra hivatkoznak) miatt érdemes áttekinteni ezt az anyagcsoportot:

A TPE polimerek egyfelől mutatják a hőre keményedő vulkanizált gumik tulajdonságait (szobahőmérsékleten rugalmasak), másfelől viszont magas hőmérsékleten ömledékként jól feldolgozhatók, tehát termoplasztikus polimerként viselkednek. A két anyagcsoport a szerkezetükben fellelhető térhálóság jellege miatt különbözik egymástól. A térhálóság az a kritikus faktor, amely hozzájárul az elasztikus tulajdonságokhoz. A hagyományos gumikban a térhálópontokat stabil kémiai kötések alkotják (ezért ezek az anyagok vulkanizáció után hőre keményedő anyagokként viselkednek), míg a hőre lágyuló elasztomerekben fizikai térháló alakul ki olyan módon, hogy a térhálópontokat vagy magasabb üvegesedési hőmérsékletű amorf, vagy részben kristályos fázis alkotja. Ezek a fizikai térhálópontok az amorf fázis üvegesedési hőmérséklete vagy a kristályos fázis olvadási hőmérséklete fölött megolvadnak, és az egész anyag ömledékként viselkedik. Hűtés hatására azonban a térhálópontok újra kialakulnak, ezek biztosítják a gumyszerű tulajdonságokat, amelyek az alacsonyabb üvegesedési hőmérsékletű (rugalmas) polimerre jellemzőek. (Megjegyezzük, hogy manapság már vannak olyan termoreverzibilis elasztomerek és térhálós polimerek, amelyekben magasabb hőmérsékleten kinyíló, majd visszaalakuló kémiai kötések biztosítják mind a térhálóságot, mind az ömledék-feldolgozhatóságot, de ezekkel más cikkekben foglalkoztunk).

### A termoplasztikus elasztomerek jellemzői

- feszültség hatására mérsékelten nyúlnak, annak eltávolítása után közel eredeti alakjukat veszik fel,
- magasabb hőmérsékleten ömledékként dolgozhatók fel,
- nem mutatják a kúszás (hideg folyás) jelenségét.

A TPE polimerek előnyei és hátránya az 1. táblázatban láthatók.

**1. táblázat.** A TPE polimerek előnyei és hátrányai.

Előnyök	Hátrányok
Egyszerű feldolgozás, kis energiaköltség és kisebb termékköltség a rövidebb gyártási idő miatt	Magasabb hőmérsékleten megömlenek, ami bizonyos alkalmazásoknak korlátot szab
Közvetítő (tapadásfokozó) anyagok nélkül is egyszerűen összedolgozhatók olefinekkel, pl. PP-vel	A hőre keményedő gumiknál drágábbak
Nagyon jó elektromos szigetelő tulajdonságok	Nyíró igénybevételre érzékenyek
Korlátozott hő és olajállóság	Aromás olódszereknek csekély mértékben állnak ellen
Alacsony párolgás és színezhető	
Különböző keménységi fokkal előállítható	

A TPE előnyös tulajdonságai és különösen kisebb ára miatt alternatív anyagként (helyettesítőként) jön szóba:

- latexeknél,
- szilikonguminál és
- PVC kompaundoknál.

A gumihoz hasonló tulajdonságok lehetővé teszik, hogy a TPE számos alkalmazásban helyettesítse a gumit. Elsősorban azokban, ahol a rugalmasságra széles hőmérséklet-tartományban van szükség: orvosi berendezések, autóalkatrészek, háztartási termékek stb. (Meg kell jegyezni ugyanakkor, hogy a legmagasabb felhasználási hőmérsékletet hagyományos gumik esetében a kémiai kötés erőssége, TPE-k esetében a fizikai térhálopont üvegesedési hőmérséklete vagy olvadáspontja határozza meg).

### **TPE polimerek csoportosítása**

- Termoplasztikus sztirol blokk kopolimerek (SBC/TPE-S),
  - Termoplasztikus elasztomer poliolefinok (TPO/TPE-O),
  - Termoplasztikus vulkanizátumok (TPV/TPE-V) vagy elasztomer keverékek (EA),
  - Termoplasztikus poliuretán elasztomerek (TPU/TPE-U),
  - Termoplasztikus kopoliszter elasztomerek (COPE/TEEE/TPE-E),
  - Termoplasztikus poliamid elasztomerek (PEBA/COPA/TPE-A).
- Mindegyik csoport különböző szerkezetű, ennek megfelelően tulajdonságai is eltérőek.

### **Termoplasztikus sztirol blokk kopolimerek (SBC/TPE-S)**

Ez a csoport a legnagyobb a TPE anyagok között. A sztirol blokk kopolimerek amorf és opak (korlátozottan átlátszó) polimerek. Viszonylag rövid elasztomer szegmensük van. Előnyös tulajdonságaik:

- nagy szakítószilárdság,
- jó elektromos tulajdonságok,
- nagy modulus,
- átlátszóság,
- különböző keménység,
- nagy súrlódási együttható (csúszásgátló),
- jó kopásállóság,
- jól keverhető,
- színtelen.

### **Termoplasztikus elasztomer poliolefinok (TPO/TPE-O)**

Viszonylag új csoport a TPE családban. PP vagy PE, etilén-propilén-dién gumi és nitril gumi (NBR) keveréke, amelyben az NBR az elasztomer komponens.

A termoplasztikus poliolefinokat kétféle technológiával állítják elő: blendeléssel, amely adott esetben magában foglalja a dinamikus vulkanizációt (TPV) és a mechanikus blendelést (CTPO), vagy reaktoros eljárással.

A poliolefin blokk kopolimerek amorf és transzparens polimerek. A poliolefinok kémiaiilag inerteek, rendkívül rugalmasak, nem mérgezőek, nagyon könnyűek és sterilek. A cikkben 1500 kereskedelmi terméket ismertettek.

### **Termoplasztikus vulkanizátumok (TPV/TPE-V)**

A TPV mérföldkövet jelentett az elasztomer keverékek területén. Ez az ígéretes anyagcsoport sok alkalmazásban kiszorította a hagyományos, hőre keményedő vulkanizált gumikat. A TPV csoport magában foglal bizonyos szilikon gumikat (TPSiV), akrilát gumikat (ACM), az NR (természetes gumin) és ENR-en (epoxidált természetes gumin) alapuló TPV-t és a poliolefin elasztomer (EOC)/PP TPV-típusokat. (Az EOC az etilén-oktén kopolimerek rövidítése.)

Ez a csoport alapjaiban különbözik az eddig tárgyaltaktól, mert az elasztomer fázisban keverés során kialakítanak bizonyos mértékű térhálóságot, de az nem terjed ki az anyag egészére, tehát nem akadályozza meg az anyag ömlékké alakulását magas hőmérsékleten, viszont növeli a rugalmasságot.

Fizikai és mechanikai tulajdonságaik különböző termoplasztikus és hőre keményedő gumik tulajdonságaiából származnak, nem pedig a láncszegmensek szerkezetéből, amint az a blokk kopolimer TPE-nél fennáll.

A termoplasztikus vulkanizátumok tulajdonságai az alábbiak:

- jó vegyszerállóság,
- jó feldolgozhatóság,

- jó színezhetőség,
  - jó folyadék- és olajállóság,
  - fáradásállóság
  - kiváló barrier (diffúziózáró) tulajdonság,
  - kis maradé deformáció,
  - jó mechanikai tulajdonságok,
  - jó alacsony hőmérsékletű tulajdonságok.
- A cikkben 1000 kereskedelmi típust ismertetnek.

### **Termoplasztikus poliuretán elasztomerek (TPU/TPE-U)**

Ezek blokk kopolimerek, amelyekben van egy kemény szegmens, amelyben a diizocianáthoz egy lánchosszabítót adnak, rövid láncú diolokat, leggyakrabban 1,4-butándiolt, ritkábban 1,6-hexéndiolt és 1,4-dihidroxi-eto-xibenzolt, és egy lágy szegmens: hosszú láncú diolok, amelyek flexibilis poliéter vagy poliészter láncokat tartalmaznak, amelyek két kemény szegmenst kötnek össze.

A poliéteren vagy poliészteren alapuló TPU-k speciális előnyös tulajdonsága a kémiai ellenállóképesség. A poliészter-poliolok inkább hidrolitikus, a poliéter-poliolok inkább oxidatív behatásokra érzékenyek.

A TPU előnyei:

- jó kopásállóság,
- nagy szilárdság,
- nagy merevség (a keménység az összetétellel beállítható),
- kis súrlódási együttható (keménységtől függ),
- jó oxigén, ózon és időjárásállóság.

2000 kereskedelmi típusra hivatkozik a cikk.

### **Termoplasztikus kopoliészter elasztomerek (COPE/TEEE/TPE-E)**

A lineáris blokk kopolimerek egyik típusa. A következő szegmenseket tartalmazzák:

- kemény kristályos szegmens, pl. a polibutilén tereftalát (PBT) biztosítja a kiemelkedő szilárdságot, hőállóságot (165 °C), kúszásállóságot, folyadékokkal szembeni stabilitást és ütésállóságot,
- lágy amorf szegmens, pl. a politetrametilén oxid-glikol (PTMO). Ez a szegmens kiváló alacsony hőmérsékletű ellenállást biztosít, öregedésállóvá teszi az anyagot és kombinálja a hőre lágyuló anyagokat jellemző jó feldolgozhatóságot a gumi kiváló elaszticitásával.

A kopoliészter elasztomerek ezen kívül jó elektromos szigetelők, nem abszorbeálják a nedvességet és kiváló a méretstabilitásuk. A cikk 500 kereskedelmi típust sorol fel.

### **Termoplasztikus poliamid elasztomerek (PEBA/COPA/TPE-A)**

Ezt az anyagcsoportot nemrég fejlesztették ki. Lágy szegmense poliészter vagy poliéter, a kemény blokk pedig poliamid.

Példák a poliamidokra: poliészteramid (PEA), poliéterészteramid (PEEA), polikarbonát-észteramid (PCEA), vagy poliéter-blokk-amid (PE-b-A).

A TPE-A anyagok tulajdonságai:

- jó feldolgozhatóság,
- hőállóság 170 °C-ig
- vegyszerállóság,
- kúszásállóság, mérettartás,
- kopásállóság,
- jó alacsony hőmérsékletű rugalmasság,
- ütésállóság és elasztikus helyreállítás,
- kiváló tapadás a poliamid anyagokhoz.

A cikk ebben az anyagcsoportban 90 típust sorol fel.

A 2. táblázatban a különböző termoplasztikus elasztomerek tulajdonságai összehasonlításban láthatók.

**2. táblázat.** Különböző termoplasztikus elastomerek tulajdonságai.

Tulajdonság	SBCs	TPOs	TPVs	TPUs	COPEs	PEBAs
Sűrűség [g/cm <sup>3</sup> ]	0,9–1,1	0,89–1,0	0,9–1,0	1,1–1,3	1,1–1,3	1,0–1,2
Shore keménység	3A–60D	60A–75D	35A–50D	60A–85D	90A–72D	60A–75D
Alsó hőmérséklet határ [°C]	–70	–60	–60	–70	–65	–40
Felső hőmérséklet határ [°C]	120	120	135	120	125	170
Összenyomhatóság 100 °C-on	F	P	G	F/G	F	F/G
Folyadékokkal szembeni ellenállás (szénhidrogén)	F/G	P	G/E	F/E	G/E	G/E
Vizes oldatokkal szembeni ellenállás	G/E	G/E	G/E	F/G	P/G	F/G

P – gyenge, F – megfelelő, G – jó, E – kiváló

### Termoplasztikus elastomerek feldolgozása

Hőre lágyuló polimerekre jellemzően viselkednek, melegítéskor ömledékké alakulnak, gyorsan hűlnek és megszilárdulnak. Ebből következik, hogy a hőre lágyulókkal azonos technológiákkal feldolgozhatóak: fröccsöntéssel, extrúzióval, 3D nyomtatással. Nem igényelnek stabilizátorokat, erősítő anyagokat vagy térhálósító szereket. Tipikus PVC feldolgozó berendezést lehet használni feldolgozásukhoz. Feldolgozás előtt szárításuk ajánlott: 80 °C-on, 2 órát. 0,1% nedvesség a megengedett.

A cikkben a TPE feldolgozásával kapcsolatban is tanácsot ad.

### Fröccsöntés

A TPE feldolgozás legelterjedtebb technológiája.

- Ajánlott nyomásarány: 2:1-től 3:1,
- Fröccsöntés hőmérséklete: 160–200 °C, a keménységi tartománytól függően,
- Szerszámhőmérséklet: 25–50 °C.

### Extrúzió

Egycsigás extruder megfelelő. Hőmérséklet: 180–190 °C. Nyomásarány: 2,5:1-től 3,5:1.

### 3D nyomtatás

Újabban kidolgozott technológia, a termoplasztikus poliuretán szálakat használják leggyakrabban. A flexibilis szálak akkor előnyösek, ha a késztermék hajlékonyságot kíván meg.

A TPE feldolgozható további technológiákkal is, pl. kalanderezéssel, fóliaextrúzióval, hőformázással, extrúziós vagy fröccsfúvással.

### Biobázisú termoplasztikus elastomerek

A biomonomerek ebben az anyagcsoportban is megjelentek: 30–50% ricinusolajból és egyéb növényi olajokból nyert poliolo, szójabab olaj alapanyagokkal.

#### Kereskedelmi biobázisú termoplasztikus elastomerek:

- *Pebax Rnew*, gyártó: **Arkema**
- *Arnitel ECO L700*, gyártó: **Envalior**
- *Keltan Eco*, gyártó: **ARLANXEO**
- *Terraprene TPE* típusok, gyártó: **FKuR**, 90% biobázisú
- *Dryflex Green TPE*, gyártó: **HEXPOL** 90% feletti biobázis.
- *reSound OM grade*, gyártó: **Avient**, 35–50 % biobázisú

### A TPE reciklálása

A reciklátum hőre lágyuló polimerként fröccsönthető, extrudálható és újrahasznosítható, szemben a hőre keményedő hagyományos gumikkal.

### **A TPE-k biztonsági jellemzői**

A TPE-k nem mérgezők. Az FDA vizsgálatai szerint az általánosan biztonságosnak ítélt anyagok közé tartoznak (Generally Recognized as Safe, GRAS). Ez azt jelenti, hogy élelmiszerekkel való érintkezésük megengedett.

A speciális TPE típusok biokompatibilitása kiváló, alkalmasak orvosi eszközök gyártására. A cikkben 255 erre alkalmas TPE típust sorolnak fel.

**Cikk nyelve:** angol

**Készítette:** dr. Orbán Sylvia