

## Az etilén-tetrafluoretilén kopolimer bemutatása

Az etilén-tetrafluoretilén kopolimer (ETFE) nagy korrózióállósággal és szilárdsággal, illetve kitűnő villamos jellemzőkkel rendelkezik széles hőmérséklet-tartományban. Jól feldolgozható a hőre lágyuló műanyagoknál használatos eljárásokkal, de speciális, korrózióálló anyagból készült gépeket igényel.

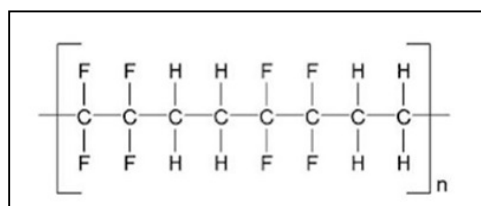
*Tárgyszavak: műanyag-alkalmazás; fluorpolimerek; etilén-tetrafluoretilén; műanyag-feldolgozás.*

Az etilén-tetrafluoretilén kopolimer (ETFE) nagy korrózióállósággal és szilárdsággal, illetve kitűnő villamos jellemzőkkel rendelkezik széles hőmérséklet-tartományban. E jellemzőire támaszkodva alkalmazzák a vegyiparban, a villamos és elektronikai iparban, az építészetben és az autóiparban.

Az ETFE a fluorpolimerek családjába tartozik, amelyek fő láncán fluor atomok helyezkednek el. Két fő kategóriájukat különböztetjük meg:

- perfluor polimerek: ezeknél a főlánc hidrogénjeit teljes mértékben fluor atomokra cserélték,
- részben fluorozott polimerek: ezeknél a főlánc hidrogénjeit csak részben cserélték le fluor atomokra.

Miután korábban már számos fluorpolimert (pl. PTFE, PCTFE, FEP, PVDF, ECTFE) sikeresen kifejlesztettek és értékesítettek, a DuPont cég 1973-ban dobta piacra az ETFE kopolimert. A polimer láncok túlnyomó hányadában a monomerek váltakozó módon fej-fej és láb-láb kapcsolódással helyezkednek el (1. ábra), vagyis az ETFE a poli(vinilidén-fluorid) (PVDF) izomerje.



1. ábra Az ETFE kémiai szerkezete

Az ETFE részben kristályos polimer, kristályos hányada 40–60%, olvadáspontja – a komonomerek arányától és a gyártási folyamattól függően – 225–300 °C. A komonomer arány változtatásával különböző tulajdonságokkal rendelkező típusokat készítenek, a megcélzott alkalmazások szerint optimális tulajdonságprofillal.

Az ETFE mechanikai tulajdonságai jobbak, mint a PTFE (teflon), és a FEP hasonló jellemzői. A módosított ETFE kopolimerek felülműlják a PVDF tulajdonságait is, kivéve annak piezoelektromos és piroelektromos jellegét.

## Gyártók és márkanevek

Gyártó	Márkanév
Daikin	NEOFLON™
DowDuPont	Tefzel®
Asahi Glass	Fluon®
Solvay	Halar®
3M-Dyneon	3M™ Dyneon

Az ETFE gyártóit és termékneveit az *1. táblázat* tartalmazza:

### Az ETFE tulajdonságai

A különböző gyártók típusainak részletes tulajdonságai megtalálhatók az Omnexus Plastics *Database* adatbázisban.

Az ETFE rendelkezik a fluoropolimerek között a legjobb kopásállósággal, ütésállósággal és ionizáló sugárzással szembeni ellenállóképességgel. A mechanikai jellemzői hasonlóak, mint a teljesen fluorozott polimereké.

- Az ETFE jól ellenáll a magas hőmérsékleteknek,
- kitűnő a vegyszerállósága,
- jó a mechanikai szilárdsága, amelyet kiváló szakítószilárdság és szakadási nyúlás jellemez, mechanikai jellemzői felülmúlják a legtöbb fluoropolimerét,
- alacsony füst- és lángképződéssel az ETFE eléri az UL szerinti V-0 fokozatot,
- szagtalan és nem mérgező,
- kiválóan ellenáll az időjárás hatásainak és az öregítésnek, UV áteresztő képessége kivételesen nagy,
- kitűnő dielektromos jellemzőkkel rendelkezik,
- jól ellenáll az ionizációs sugárzásoknak, hatásukra térhálósodik; a térhálósodott ETFE huzalszigetelések 200 °C-ig tartósan használhatók.

Az ETFE kevésbé rugalmas, mint a PTFE, de jobb az ütésállósága, kopásállósága és átvágással szembeni ellenállása. Egy harmadik monomer beépítése kémiaiilag módosított ETFE-t eredményez. Az üvegszállal erősített ETFE szívósabb, merevebb és nagyobb húzószilárdságú, mint a PTFE, PFA, vagy a FEP. Az ETFE jól használható –200 °C-tól +150 °C-ig.

Az ETFE tulajdonságait összehasonlítva más fluoropolimerekkel a *2. táblázat* tartalmazza.

Ugyanakkor az ETFE alkalmazását korlátozza, hogy

- drága,
- hőállósága alacsonyabb, mint néhány más fluoropolimeré,
- oxidáló savak, aminok és szulfonsavak megtámadják,

- nagy a sűrűsége,
- égéskor toxikus füstöt bocsát ki,
- csak kevés típusa kapható a kereskedelmi forgalomban.

2. táblázat

ETFE tulajdonságai összehasonlítva más polimerekkel

Fluor-polimer	Első előállítás éve	Olvadáspont °C	Húzómodulus MPa	Szakadási nyúlás %	Átütési szilárdság kV/mm	Alkalmazási hőmérséklet °C
PTFE	1947	317–337	550	300–550	19,7	260
PCTFE	1953	210–215	60–100	60–100	19,7	200
FEP	1960	260–282	345	~300	19,7	200
PVF	1961	190–200	2000	90–250	12–14	110
PVDF	1961	155–192	1040–2070	50–250	63–67	150
ECTFE	1970	235–245	240	250–300	80	150
EFTE	1973	254–279	827	150–300	14,6	150
THV	1996	145–155	82–207	500–600	48–62	93

### Az ETFE alkalmazási területei

Az ETFE csak az olyan nagy igénybevételnek kitett alkalmazásoknál használatos, mint a magas vagy nagyon alacsony hőmérsékletek, agresszív kemikáliák és nagy villamos igénybevételek.

Mivel az *ETFE félig átlátszó anyag*, használható üveg vagy más átlátszó műanyagok helyettesítésére is. Előnye az üveggel szemben, hogy jóval könnyebb és 25%-kal több fényt bocsát át, miközben felszerelése olcsóbb. Ezért nagyon jól alkalmazható építészeti szerkezetekhez. Mivel jól átereszi az UV és a nagyobb hullámhosszú sugárzást, jól megfelel szabadtéri építményekhez. ETFE-t alkalmaztak például a müncheni Allianz Stadion és a pekingi olimpiai úszóstadion tetőszerkezetében.

További alkalmazásai:

- az autóiparban ETFE-t használnak O-gyűrűk, szelepülés-tömítések, tengelytömítések és üzemanyag-vezetékek béléséhez, továbbá szervomotoros kormányzószervek alkatrészeinél; az ETFE jól ellenáll olajoknak és üzemanyagoknak, ezért alkalmazása rohamosan terjed az üzemanyag-vezetékeknél.
- a villamos és elektronikai iparban különféle kábel- és huzalszigetelések, akkumulátor-alkatrészek, tekercsek, konnektorok, kapcsolók és más elektromechanikai eszközök alkatrészeiként hasznosítják,
- a gépgyártásnál bölcsök, dugaszok, csapágyak, csúszófelületek, csőbevonatok, fittingek, fogaskerekek, fröccsöntött és fűjt szivattyúházak, kompresszorbélések és alkatrészek stb. formájában alkalmazzák; az ETFE alkalmas szivattyú forgólapátok és más, agresszív közegben mozgó alkatrészek gyártására,

- csövek formájában az ETFE sokkal hajlékonyabb, mint a FEP, vagy a PFA; egy ETFE cső nem törik meg, mint a FEP vagy PFA változatok,
- gyógyászat alkalmazásai: oxigénrespirátor-alkatrészek, vérképelemző szelepek, inhalációs edények, centrifugacsövek,
- fóliaként élelmiszeripari és gyógyszeripari csomagolásokként, hőre zsugorodó fóliákként és elektro-lumineszcenciás kijelzőkként alkalmazzák.

## **Az ETFE előállítása**

Az ETFE részlegesen fluorozott, lineáris, nagyon nagy móltömegű polimer, amelyet szabadgyökös polimerizációs mechanizmussal állítanak elő oldószeres vagy hibrid (oldószer/víz keverék) közegben, szerves peroxid iniciátor használatával. A két monomer kopolimerizációja alacsony nyomáson, addíciós reakcióval történik, gyakran egy termonomer használatával, ami növeli az anyag hajlékonyságát.

## **Az ETFE feldolgozása**

Az ETFE jól feldolgozható a hőre lágyuló műanyagoknál használatos eljárásokkal, mint a fröccsöntés, sajtolás, fúvás, rotációs öntés, extrúzió és a huzalbevonás.

A fluoropolimerek és így az ETFE feldolgozásánál használt gépek és szerszámok korrózióálló ötvözetekből kell, hogy készüljenek a műanyagömladék okozta korrózió elkerülése érdekében. Feldolgozási körülmények:

- feldolgozási hőmérséklet 290-340 °C,
- az előszárítás ajánlott, de nem szükséges,
- fröccsöntésnél a szerszám hőmérsékletét 65-150 °C-ra ajánlott beállítani,
- extrúziónál nagy L/D viszonyú csigahengert használjanak, hogy az anyagnak legye ideje 345 °C-ra felmelegedni.

Összeállította: Dr. Füzes László

A complete guide on ethylene tetrafluoroethylene (ETFE) = Omnexus Plastics & Elastomers Product Newslwetter, 2018. ápr. 11.

## **Megjegyzés**

A cikkben rövidítve említett fluoropolimerek neve:

PCTFE – poli(klórtrifluor-etilén); FEP – fluorozott etilén-propilén; PVDF – poli(vinilidén-fluorid); PTFE – poli(tetrafluor-etilén), teflon; ECTFE – etilén-klórtrifluor-etilén; PFA – perfluoralkoxi; THV – tetrafluor-etilén, hexafluor-propilén és vinilidén-fluorid tartalmú polimer.