

## Napelemek műanyag alkatrészei

Napjainkban a napelemek a megújuló energiaforrások felhasználásában egyre fontosabb szerepet kapnak, a beépített műanyagokat is intenzíven fejlesztik. A hosszan tartó klimatikus igénybevételnek csak speciális műszaki műanyagok felelnek meg.

*Tárgyszavak: napelemek; fluorpolimerek; poliamid; öregedésállóság; tokozóanyag; etilén/vinil-acetát kopolimer; műanyag-feldolgozás.*

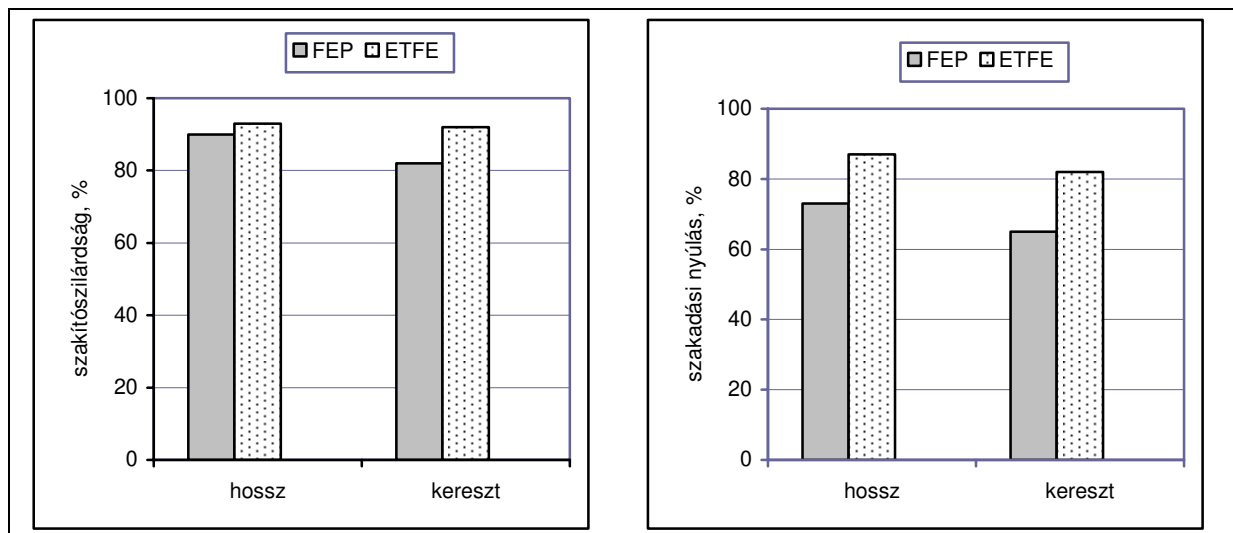
## Villamos csatlakozások napelemekben

A napelemek villamos berendezések, ezért csatlakozásaiknak magas követelményeket kell kielégíteniük. Ehhez kínálnak megoldást többek között a **BASF Ultramid** típusú poliamidjai, amelyek égésgátoltak, szilárdak, hidegben is szívósak. Ezek a jellemzők különösen fontosak a szél és az időjárás hatásának kitett eszközök esetében, de már évek óta felhasználják őket villamos ipari és autóiipari alkalmazásokban. A svájci **Huber+Suhner AG.** ilyen poliamidokat használ fel új napelem-csatlakozóinak gyártásához. Erre a célra a BASF elsősorban az *Ultramid A3X2G7* anyagot kínálja, amely különösen merev, és így meglehetősen filigrán szerkezetben is megfelelő szilárdságot biztosít. Az UL lángállósági szabvány szerint 0,8 mm falvastagságnál V0 fokozatot, 1,5 mm falvastagságnál 5VA fokozatot ér el. A csatlakozódobozok gyártásához ajánlott típus az *Ultramid A3XZG5*. Ez az anyag ugyanis még 4000 órás, 85 °C-os, 85%-os relatív páratartalom mellett végzett klimatikus öregítés után is kétszer akkora szakadási nyúlást biztosít, mint az eddig használt alapanyag. Mindemellett a nagy igénybevétel jelentő UL 1703 hidegállósági vizsgálaton is átmegy. Ez a vizsgálat előírja, hogy -35 °C-on egy 500 g-os golyót 1,3 m-ről ráejtve ne keletkezzen repedés a minta felszínén. Mindkét poliamid időjárás-állóságát a szigorú UL f1 vizsgálat szerint minősíteték, ami megköveteli, hogy az anyag éghetőségi osztálya 1000 órás Xenon UV kezelés és hét napos vizes öregítés után ne változzon meg. E minősítések birtokában a két *Ultramid* típus jó eséllyel indul versenybe a napelemek bővülő piacán.

## Napelemek fóliái

A napelemek piaca folyamatosan bővül, és az ott használt lemezek/fóliák kiváló lehetőséget kínálnak a speciális extrúziós terméket gyártó cégek számára. A napelemek tartalmaznak félvezető komponenseket, amelyek a feszültséget generálják, vezetőket, amelyek a töltéseket elvezetik a megfelelő helyre és olyan szigetelőket, amelyek

megóvják a napelem „lelkét” az időjárási és egyéb környezeti tényezőktől. A védő funkciót betöltő anyagok egy része lemez/fólia formájú, amelyet laminálással hordanak fel az aktív félvezető elemekre. Az itt alkalmazott speciális műszaki műanyagoknak ki kell bírniuk akár extrém időjárási körülményeket is (hó, UV-sugárzás, savas eső, hőmérséklet-ingadozás, hó, fagy, jégeső). Az anyagválasztáson túl a feldolgozás sem rutinszerű és a szerszámtervezésre is oda kell figyelni. A napelemek borítófóliája közvetlen kapcsolatban van a környezettel. A hagyományos napelemekben, amelyek kristályos szilíciumlapkákat használnak, általában üveg fedőréteget alkalmaztak. A tömegcsökkentés és a nagyobb rugalmasság miatt azonban az utóbbi időben egyre gyakrabban használnak polimert szervesetlen üveg helyett – különösen fluortartalmú műanyagokat, mint amilyen az etilén-tetrafluor-etilén kopolimer (ETFE), a fluorozott etilén-propilén kopolimer (FEP) és a poli(vinilidén-fluorid) (PVDF). Ezek átlátszóak és kitűnő az időjárás-állóságuk. Az ETFE-t már régóta használják üveg helyettesítésére az építészetben, így sok pozitív tapasztalat gyűlt össze az időjárás- és szennyezés-állóságával kapcsolatban (1. ábra). A fluoropolimerekből zömmel síkfólia technológiával készítenek fedőrétegeket.



1. ábra Fluorozott etilén-propilén kopolimer (FEP) és etilén-tetrafluor-etilén kopolimer (ETFE) fóliák mechanikai tulajdonságai (az öregítés előtti érték %-ában) 15 éves dél-floridai természetes öregítés után

A szerszámkészítéssel kapcsolatban azonban vannak speciális megfontolások. Az első az, hogy a fluoropolimerek feldolgozása során a részleges bomlás miatt erősen korrozív HF gáz szabadulhat fel. Ezért a nagy nikkeltartalmú ún. superötvözetek használata ajánlott a nagy vastartalmú acélok helyett. Az ilyen ötvözetek azonban viszonylag kis folyáshatárúak (az extrúzió hőmérsékletén 300 MPa körüli érték), és emiatt fennáll a szerszámjuk folyamatos deformációjának veszélye. Ezért figyelni kell arra, hogy idővel kikeményedő (age hardening) superötvözeteket használjanak a szer-

szám készítéséhez. A fluorpolimerek feldolgozásával járó másik probléma, hogy meglehetősen kis feszültség mellett is kialakul az ömledéktörés. Ömledéktörés alatt olyan folyási instabilitást értünk, amely a szerszámban indul meg, de folytatódik a szerszámokban és a kifolyás után is, és negatívan befolyásolja a fólia felületminőségét. Az alacsony kritikus feszültségérték korlátozza az elérhető fóliavastagságot (a tipikus védőfólia vastagsága 50  $\mu\text{m}$ ) és/vagy a kihozataalt. Az ömledéktörés jelensége ismert a poliolefinokhoz szerszámot tervező mérnökök számára, de itt alacsonyabb a határ. A legtöbb ömledéktörés elnyomására használt adalékot a poliolefinokhoz dogozták ki, de vannak ilyen adalékok fluorpolimerekhez is. Az áramlási profilt gondosan meg kell tervezni a rés egész szélességében és tekintettel arra, hogy a fluorpolimerek 20–30-szor drágábbak, mint a poliolefinok, gondosan kerülni kell a szél- és gyártási hulladékokat. Ugyanez indokolja az automatikus vastagságszabályzó berendezések alkalmazását, mert a vastagság-ingadozások lecsökkentése a manuális utánállításához képest igen jelentős anyagköltség-csökkenést tesz lehetővé. Az automatikus szabályozás abból a szempontból is kedvezőbb, hogy sokkal gyorsabban lehet beállni a kívánt vastagságértékre. Az egyenletesre kialakított folyási csatorna csökkenti az ömledéktörést eredményező erősen nyírt régiók kialakulásának valószínűségét. A fluorpolimerek feldolgozásának másik nehézsége az, hogy a feldolgozási hőmérséklet és a bomlási hőmérséklet elég közel esik egymáshoz, tehát nagyon ügyelni kell a jó hőmérséklet-szabályozásra, hogy ne lépjen fel elszíneződés és ne képződjenek korrozív gázok. A szerszámokban is úgy kell elhelyezni a fűtőtesteket és az érzékelőket, hogy elkerüljék a lokális túlmelegedést. Az elosztócsatorna mellett elhelyezett hőelemek pontos információt szolgáltatnak az extrúziós viszonyokról és az ömledék minőségéről.

## **Tokozóanyagok a napelemekben**

A tokozóanyagoknak különféle követelményeknek kell eleget tennie attól függően, hogy milyen fényelektromos technológiát alkalmaznak a modulban. *A tokozóanyag egyfajta ragasztószerepet játszik az előlap, ill. a hátlap és a napelemcella között.* Kitűnő tapadást kell biztosítani a laminálás során, ezen kívül átlátszónak, ütésállóknak és jó villamos szigetelőnek kell lennie – több éves UV-sugárzás és kültéri öregedés után is. *A tokozófóliákhoz leggyakrabban használt anyag az etilén/vinil-acetát kopolimer (EVA).* Ezekről az anyagokról 30 éve gyűlik az információ és ismertek a korlátok is. A tulajdonságjavítás egyik módja a peroxidos térhálósítás. Más ismert anyagok ugyanerre a célra a poli(vinil-butirál), ionomerek, hőre lágyuló poliuretán (TPU) és a szilikongumi.

Az EVA tokozóanyagot extrúzióval állítják elő egy vagy két lépésben. A kétlépéses módszerben a térhálósítót mesterkeverékbe viszik, majd azt a tiszta EVA-val keverve egycsigás extruderben szélesrészű szerszámmal dolgozzák fel. Az egylépéses eljárásban a térhálósítót magában a feldolgozó gépben (in-line) kompaundálják, ilyenkor egyirányban forgó kétcsigás extrudert használnak fogaskerék-szivattyúval és szélesrészű szerszámmal. Az EVA feldolgozásának is megvannak a maga nehézségei: el kell kerülni a túl korai térhálósodást (beégés) és kellően homogén eloszlást kell biz-

tosítani a térhálósító számára anélkül, hogy az anyag túlmelegedne. A szerszámban is szigorúan ellenőrizni kell az anyag hőmérsékletét és tartózkodási idejét. A nagy viszkozitású anyag használata miatt a hőmérsékletet nagymértékben befolyásolja a disszipált munka, ezért nagyon fontos szerepe van az áramlási csatorna megfelelő tervezésének. A térhálósodási hőmérséklet és időfüggő folyamat, ezért nagyon fontos a tartózkodási idő: nem egyszerű egyensúlyt találni a kis tartózkodási idő és a kis nyírási igénybevétel között, ezért célszerű szimulációs programokat használni.

Összeállította: Bánhegyi György

Damit Solartechnik funktioniert = Kunststoffe, 101. k. 6. sz. 2011. p. 85.

Catherine, O.: Looking into photovoltaic film? Here are material and die-design insights = [www.ptonline.com](http://www.ptonline.com), (Plastic Technology), 2012. február.