

## Műszaki alkatrészek fém helyett PEEK-ből

*Tárgyszavak: poli(éter-éter-keton); Victrex; csapágyelemek; tribológia; kopásállóság; áramlásmérő; rögzítőcsavar; CFM eljárás; hangszóró.*

A részlegesen kristályos poli(éter-éter-keton) (PEEK) kiemelkedően hőálló hőre lágyuló műszaki műanyag. Olvadáspontja 343 °C, üvegesedési hőmérséklete 143 °C, tartósan 260 °C-ig használható. Nagy mechanikai szilárdsága mellett kopásállósága is jobb az átlagosnál, és számos környezeti hatásnak ellenáll. A PEEK sokféle műanyagkeveréknek (kompaundnak) az alapanyaga. A műanyagmátrixhoz erősítőanyagokat (szénszál, üvegszál, kerámia-vagy akár fémalapú adalék) keverve a végső felhasználás követelményeinek megfelelő anyagtypust lehet kidolgozni. Az erősítőszál mellett néha szilárd „belső” kenőanyagot vagy csúsztatót – poli(tetrafluor-etilént) (PTFE) vagy grafitot – is adnak a keverékhez

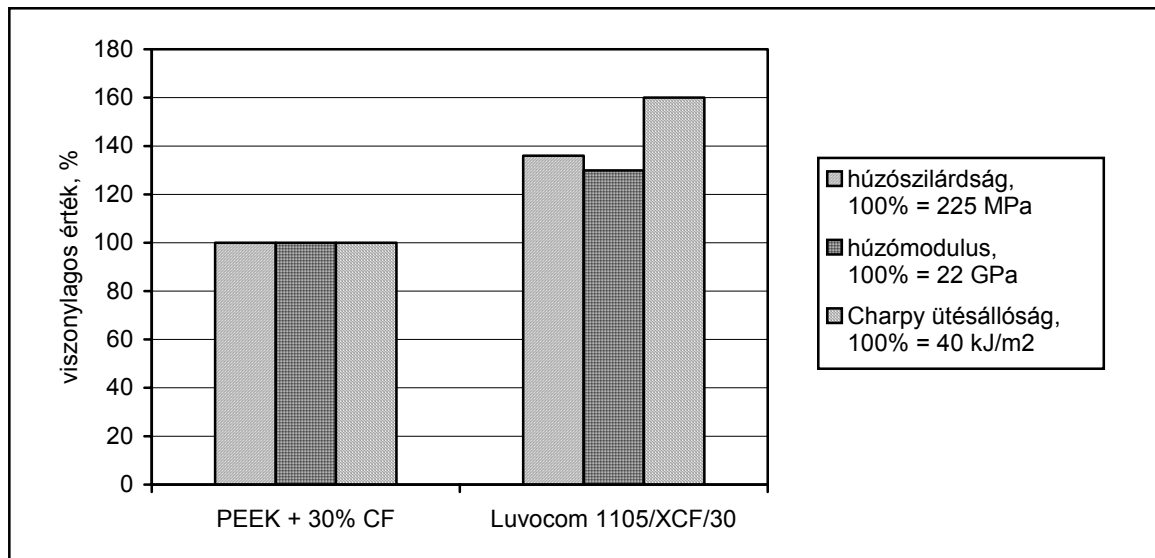
Európában a **Victrex Europa** cég (Hofheim, Németország) kínálja ezt a polimert *Victrex PEEK* márkanéven. A **Lehmann & Voss** cég pedig különféle PEEK alapú keverékeket állít elő. A cég a közelmúltban új eljárással fejlesztett ki egy szénszálal PEEK keveréket *Luvocom 1105/XCF/30* néven. Az új termék mechanikai tulajdonságai lényegesen jobbak a hagyományos eljárással előállított 30% szénszálal tartalmazó PEEK kompaundénál. Az 1. ábrán látható, hogy a *Luvocom húzószilárdsága 34%-kal, E-modulusa 30%-kal, Charpy ütőhajlító szilárdsága pedig 60%-kal haladja meg a 30% szénszálal tartalmazó „hagyományos” eljárással készült PEEK keverékét.*

A PEEK – különösen annak szállal erősített változata – alkalmas, sőt néha alkalmasabb arra, hogy korábban fémből gyártott műszaki alkatrészeket készítsenek belőle.

### Csapágyelemek PEEK-ből – nedves környezetben is

A PEEK-et egyre gyakrabban alkalmazzák nagy igénybevételnek kitett csapágyak, illetve csapágyalkatrészek (csapágykosár, csapágybetét) gyártásához. Ennek a nagy teljesítményű polimernek számos keveréke ismert, amelyek néhány alkalmazástechnikai tulajdonsága, mint például a kopásállóság, széles határok között különbözik egymástól. *A PEEK-hez adagolt különböző erősítőanyagok (leggyakrabban üvegszál és szénszál) és a belső csúsztató-*

ként adagolt PTFE vagy grafit különböző irányban és mértékben hatnak a kompaund súrlódási ellenállására és ezen keresztül a kopásállóságára.



1. ábra A Luvocom 1105/XCF/30 néhány mechanikai tulajdonsága a hagyományos 30% szénszálat tartalmazó PEEK-ével összehasonlítva

1. táblázat

A kopásállósági vizsgálatokban felhasznált PEEK keverékek összetétele,%

A keverék jele	Szénszál (CF)	Üvegszál (GF)	Poli(tetrafluor- etilén) (TF)	Grafit (GR)
PEEK	–	–	–	–
PEEK/CF	30	–	–	–
PEEK/GF	–	40	–	–
PEEK/TF	–	–	20	–
PEEK/GF/TF	–	30	15	–
PEEK/CF/TF/GR	10	–	10	10

A PEEK drága alapanyag, ezért csak akkor érdemes felhasználni, ha a hagyományos anyagok a környezeti viszonyok miatt csődöt mondanak, pl. az acélcsapágyak nedves környezetben könnyen megrozsdásodnak. A PEEK ellenáll a korróziónak, de keveset tudnak arról, hogy hogyan befolyásolja a nedvesség a PEEK kopásállóságát. A **Lübecki Műszaki Főiskola Gépészmérnöki Karán** vállalkoztak arra, hogy kereskedelmi forgalomban kapható PEEK keverékek (1. táblázat) tribológiai tulajdonságait vizsgálják különböző csapágyfémekből (X5CrNi18-10, más néven V2A, rozsdamentes ausztenites

acél, ill. 100Cr6 korrózióérzékeny martenzites acél) és kerámiákból ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) készített ellenpár jelenlétében. A koptatási próbákat száraz és nedves környezetben is elvégezték ún. *Tribodata* nevű koptatóberendezésen.

A berendezés lényegében egy alulról középen megtámasztott kar, amelynek egyik végét 30 N-nal terhelik, a másik végén derékszögű vályú alakú tartó aljára ragasztanak egy fröccsöntött próbatestből kivágott 10x10 mm-es PEEK próbatestet, amelyet a terhelőtömeg egy ellenanyagból készült, függőleges tengely körül forgó 12,7 mm átmérőjű golyóhoz nyom hozzá. A tartókar a próbatest kopásából eredően elfordul; az elfordulás nagyságát a terhelőtömeg közelében elmozdulásmérő jelzi ki. A kísérleti körülmények 28 mm/s sebességű egyirányú csúszási igénybevételnek felel meg.

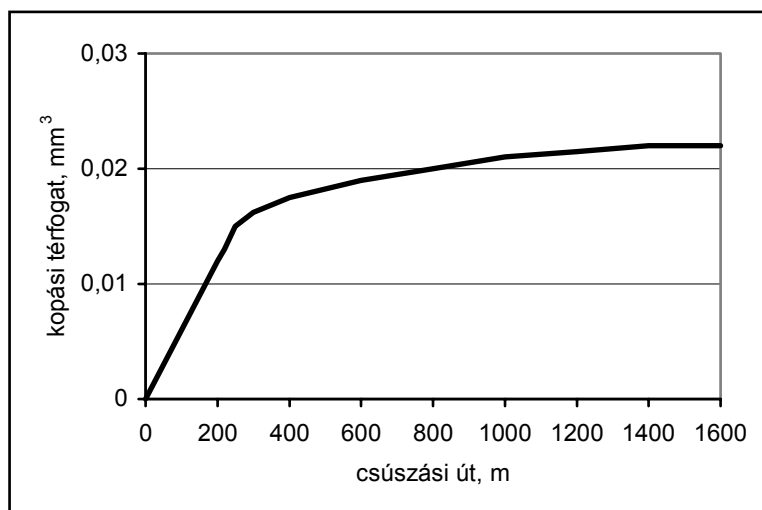
A berendezéssel mért adatokból a kopást térfogategységben ( $\text{mm}^3$ ), a vizsgálati időtartamot csúszási út egységben (m) lehet kiszámolni. A különböző anyagpárokat egyrészt a csúszási út függvényében ábrázolt kopási térfogat görbéjével, másrészt az adatokból számolt specifikus kopásállandóval lehet jellemezni. A kopási görbék elemzése alapján megállapították, hogy a görbék alakja függ a keverék összetételétől és az ellenanyag minőségétől is. A görbék alapvetően 3 különböző formát mutattak:

- lineárisan (állandó meredekséggel) emelkedő, (ilyen a töltetlen PEEK és a PEEK/GF a különböző ellenpárokkal és valamennyi nedvesen vizsgált anyapár),
- kezdetben gyorsan emelkedő, majd határértékhez tartó (2. ábra), (ilyen görbét adott a száraz csúsztatót – CF, PTFE, grafit – tartalmazó PEEK ausztenites acél ellenpárral),
- kezdetben lassan emelkedő, majd állandó, de a kezdetinél nagyobb meredekséggel emelkedő görbe (ilyen a PEEK/GF 100Cr6-tal).

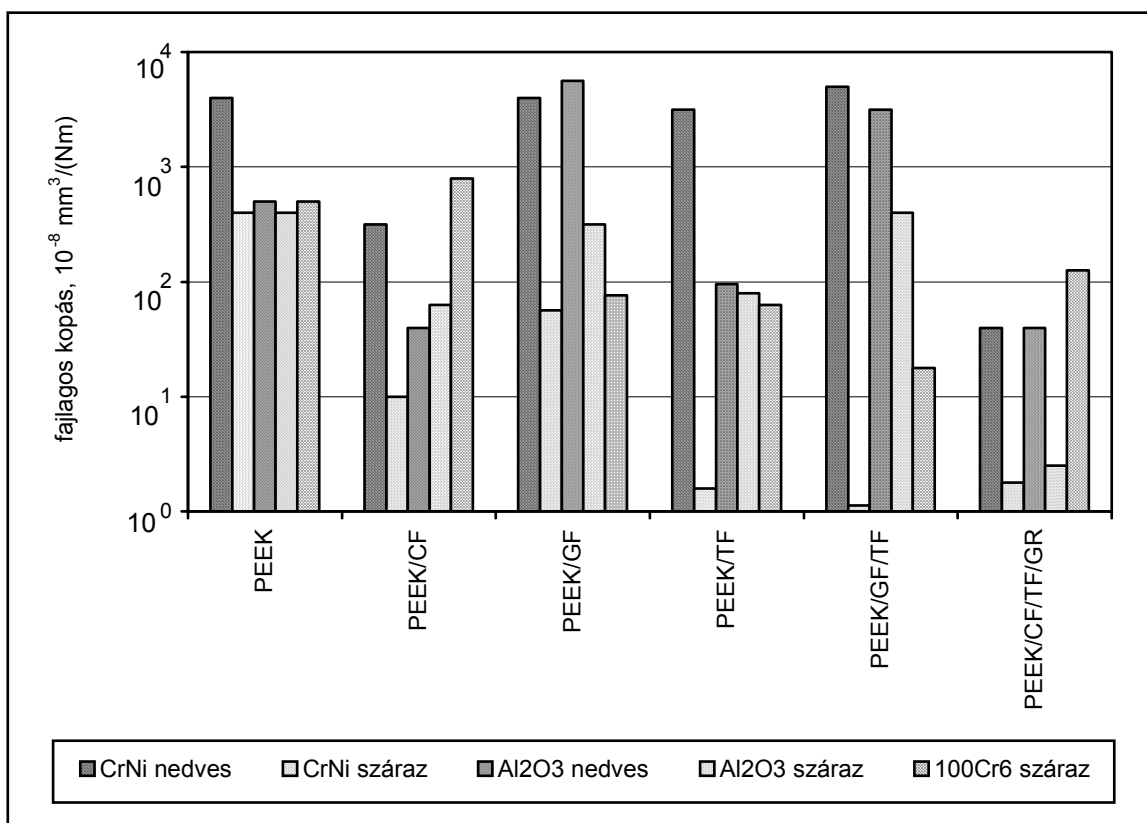
A 3. ábrán bemutatott eredmények szerint a fajlagos kopások ugyancsak nagymértékben térnek el egymástól az anyagpár és a közeg függvényében. A közeg hatása egyértelmű, ugyanis vízben mindegyik anyagpár kopása nagyobb, mint levegőben. A vizsgált összetételek között a legkisebb kopást a száraz csúsztatóként adagolt PTFE tartalmú PEEK és CrNi acél, valamint a PTFE és üvegszál PEEK és CrNi acél, valamint a grafitot, PTFE-t és szén-szálat tartalmazó PEEK és CrNi acél, illetve  $\text{Al}_2\text{O}_3$  anyagpárok mutatták száraz környezetben.

Megállapítható, hogy nincs „jó” vagy „rossz” összetételű PEEK keverék. A kopási tulajdonságok nagymértékben függnak az alkalmazás közegétől és a PEEK keverékkel érintkező felület anyagától. Néhány alapösszefüggést azonban sikerült megállapítani, amire a későbbiekben már támaszkodni lehet:

- levegőben és időszakos igénybevétel mellett az üvegszál keverék kopása kisebb, bármelyik acélfajtaival szemben,
- állandó igénybevételkor a szénszál erősítés az előnyösebb, különösen ausztenites acéllal vagy kemény bevonatú acélokkal szemben,



2. ábra A PEEK/CF és a CrNi-acél tribológiai görbéje



3. ábra Különböző PEEK keverékek fajlagos kopása

- nem kezelt acélok ezzel szemben a szén-szálak kompaundban tribo-kémiai reakciókat indukálnak, és ezért néhány száz méter csúszási út után erősödik a kopás,

- a PTFE csökkenti a kopást,
- vizes közegben az üvegszál nem alkalmazható, a szénszál erősítés önmagában elegendő, és sem PTFE, sem grafit adagolása nem növeli a kopással szembeni ellenállást.

A keverékek összetételének optimalizálását a várható igénybevétel és a súrlódó felület minőségének ismeretében kell elvégezni.

## Áramlásmérő PEEK elemekből

A svájci **Digma AG** új nagy pontosságú áramlásmérőt fejlesztett ki. A forgólapátok (bolygóelemek) alapanyagául megfelelő tulajdonságegyüttese alapján a PEEK-et választották. Az áramlásmérő nagy viszkozitású folyadékok, mint például szirupok, olajok és mosószerkoncentrátumok mennyiségének mérésére alkalmas. Olyan anyagot kerestek, amely a jó méretállandóságon túlmenően magas hőmérsékleten is vegyszerálló, és az FDA előírásokat teljesítve élelmiszeripari anyagokkal is érintkezhet. A különleges piskóta alakú forgólapátokat a **Victrex USA Inc.** PEEK alapanyagából fröccsöntéssel készítik.

Az új áramlásmérővel 5–8000 centistoke közötti viszkozitású folyadékok áramlását 0,06–16 l/min áramlási sebesség tartományban  $\pm 1\%$ -os pontossággal lehet mérni, minimális nyomásvesztés mellett. Ez azért lehetséges, mert az alkatrészeket igen kis mérettűréssel tudják gyártani.

## Csavarok üvegszál PEEK-ből

A svájci **Icotec AG** a **Victrex** cég  $1,6 \text{ g/cm}^3$  sűrűségű, 800-1000 MPa húzószilárdságú, 450 MPa szakítószilárdságú szállal erősített PEEK anyagából *folytatva sajtolással (composite flow molding, CFM)* gyártja a kis menetemelkedésű rögzítőcsavarokat. A CFM eljárásban a szállítási profilhúzással (pultrúzióval) gyártott félkész PEEK rudat zárt szerszámban előmelegítik, majd a felmelegített alakadó szerszámüregbe vezetik, ahol sajtolással alakítják ki végső formáját. Az ily módon előállított, spirális irányban erősített csavar kétféle módon kopásálló, amikor a furatba csavarják. A szállal orientált szerkezet a csavarra ható erőt a mag felé vezeti, ami miatt a csavar károsodás nélkül elviseli a nagy mechanikai terheléseket.

## PEEK „pille” egy hangszóróban

A **Victrex** PEEK egy másik érdekes felhasználását valósította meg a nagy teljesítményű hangszórókat előállító francia **Cabasse** cég. Az 1000 W teljesítményű hangfalakban tekintélyes mennyiségű hő keletkezik, ugyanis az erősítő által közvetített elektromos energia 97%-a hővesztéssé alakul át. A

maximális hangerőnél képződő hő esetenként 270 °C-ra melegíti fel az egyes részeket. A hangszóró csillapító részét (spider = pille) ez ideig fenolgyantával bevont pamutszálból készítették, amit most PEEK elemi szálból készült szövettel váltottak ki. A PEEK szövetnek a megfelelő hőállóság mellett kitűnő a mechanikai szilárdsága, és nagyon tartós a hanghullámok okozta dinamikus igénybevétel ellenére is.

**Dr. Orbán Sylvia**

PEEK-Compounds in wässriger Umgebung. = Kunststoffe, 93. k. 12. sz. 2003. p. 77–80.

Hochfestes PEEK Compaund.= Kunststoff Trends, 2003. 4. sz. nov. p. 18.

Flowmeter components use PEEK polymer. = Plastics Engineering, 60. k. 2. sz. 2004. p. 18.

Composite Flow Molding with PEEK. = Plastics Engineering, 59. k. 11. sz. 2003. p. 13.

PEEK Power. = Plastics Engineering Europe, 1. k. 2. sz. 2003. nov. p. 11.

## Röviden...

### **Nikkel védőréteg felvitele szerszámokra**

A **Novoplan** cég (Aalen, Németország) vállalja szerszámok nikkelezését kémiai vagy galvanikus eljárással. A nikkelréteg szolgálhat korrózióvédő bevonatként, kopás elleni védelemként, megkönnyítheti a feldolgozott anyag folyását, a kész formadarab kivételét a szerszámból; gátolhatja a lerakódást, de alkalmazható méretpontosításra és hibajavításra is. Egy kémiai eljárással felvitt 10 µm vastag kopásálló kemény nikkelréteg a fűtött csatornában segíti az ömledék homogén áramlását. Egy 30 µm vastag kémiai nikkelréteg megvédi az extruder behúzózonáját a korróziótól.

A cég gyors bevonatot egy napon belül is elkészít 1 g-tól 2,5 t-ig terjedő tömegű darabokon. A szerszámgyártásban használt bármilyen fémből készített forma részleges vagy teljes bevonására képes. A bevonat pontosan követi a forma alakját a furatokban is, és vastagsága révén meghatározza a szerszám végső méretét. A cég vállalkozik korábbi bevonatok eltávolítására és új bevonat felvitelére, eközben a szerszám megőrzi eredeti formáját és méreteit. A bevonatkészítés alatt a szerszámot nem éri 90 °C-nál magasabb hőmérséklet, ezért a vetemedés kizárható.

*(Plastverarbeiter, 54. k. 11. sz. 2003. p. 38.)*