

Speciális műszaki műanyag típusok extrém körülményekre

Nemcsak a mechanikai tulajdonságok határozzák meg a műanyagok alkalmasságát a fémek helyettesítésére. A kihívást jelentő extrém körülmények esetén – a tengeri offshore alkalmazásoktól a magas hőmérsékletű motortérig – a műanyagok korrózióállósága, barrier tulajdonságai és más anyagokkal, műanyagokkal előállítható kombinációik teszik lehetővé a fémek kiváltását.

Tárgyszavak: műszaki műanyagok; poliamid; PBT; PEEK; PAEK; kompozitok; légitözlekedés; olajipar; orvostechika.

Innovatív megoldások poliamidokkal

Autóipari felhasználásra – speciálisan az elektromos gépkocsikhoz – új PA66/PA610 kopolimereket fejlesztett ki a Solvay Performance Polyamides. A *Technyl Blue* típusok kitűnnek magas hőmérsékleten is jó vegyszerállóságukkal. Ennek alapján javasolják az extruderes *Technyl Blue* típusokat az elektromos autók akkumulátorainak és motorjának hűtőrendszeréhez. Az új Technyl Blue fröccsöntési típus, a *D 218CR V50* pedig a drágább PPA (poliflúorid) és PPS (polifenilénszulfid) alternatívája lehet.

Az Evonik cég legújabb *Vestamid PA612* típusát üzemanyagcsövek belső rétegeként használják. Korábban ezen a területen csak a drágább fluorpolimert vagy aromás poliamidot alkalmazták. Az alifás poliamidoknál az extrahálható anyagok mennyisége ugyanis a megengedettnél nagyobb volt. Az új típus kémiaiilag módosított és vezetőképes adalékot is tartalmaz. Utóbbinak köszönhetően az új Vestamidot tartalmazó *MLT 4840* jelű többrétegű cső hosszú távon megőrzi antistatikus tulajdonságát alkoholtartalmú üzemanyag esetén is. Az alifás poliamid másik előnye, hogy könnyebben extrudálható. Az új típust a K'2019 kiállításon mutatták be, a kereskedelmi felhasználást 2020-ra tervezték.

Ugyancsak a gépkocsikban található csőrendszerek céljaira fejleszti csőtípusait a német Schlemmer csoport. Új *Polyflex* korrugált csöveinek fejlesztésénél a termoplasztikus elasztomereket (TPE) gyártó, ugyancsak német Kraiburg cég új TPE típusait használta. A TPE és a vele koextrudált poliamidok közötti adhézió érdekében nagyon gondosan kell megválasztani a két összetevőt. Az erre irányuló kísérletsorozatban a *Thermolast K* termékcsoporthoz az *AD/PA/CS2* jelű TPE kompaund bizonyult a legjobbnak. A *Thermolast K* kompaundokat a Kraiburg cég a különböző poliamidokkal történő koextrudálás szempontjai szerint fejlesztette. Ezek a termékek 125 °C-ig tartósan használhatók, de bizonyos ideig (240 óra) 150 °C-t is bírnak. Nagy a nyúlásuk, a szilárdságuk és *UL94 HB* fokozatú az éghetőségük.

Extrudálható poli(butilén-tereftalát) (PBT)

A PBT-t eddig nem használták extruderes technológiában, mivel a PBT ömledékszilárdsága nem volt elegendő ehhez a technológiához. Megfelelő adalékanyagokkal a BASF növelte az ömledékszilárdságot. Az új *Ultradur B6551 LNI* jól használható csövek és profilok gyártására. A másik PBT újdonság az *Ultradur B4040 G11 HMG HP* típus, amely 55% üvegszálat tartalmaz, és így alkalmas PVC ablakprofilok merevítésére acélbetét helyett. Az anyag olvadáspontja közel van a vele együtt extrudálendő PVC-hez. A koextrudált profilok hegeszthetők és jól feldolgozhatók a szokásos gépeken. Az acélbetéttel készült ablakokhoz képest kisebb súly könnyebbé teszi az ablakok kezelését, és javul a szigetelőképességük is. Az új PBT profilt *ProStrato Tec* néven mutatták be a felhasználóknak.

A polimerpiramis csúcsán: a PEEK és a PAEK

A mindössze 40 éve, a brit ICI által kifejlesztett poli(éter-éter-keton) (PEEK) a tulajdonságai alapján a polimerpiramis felső háromszögében, a csúcs közelében helyezkedik el. Az 1978-ban először előállított PEEK-t három évvel később hozták piacra *Victrax* márkánéven. A PEEK legnagyobb gyártója a *Victrax plc*, amely mendzsment kivásárlással 1993-ban vált ki az ICI-ből a *Victrax* termékek gyártására. Kapacitása jelenleg 7000 t/év. A PEEK a poli(aril-éter-ketonok) (PAEK) csoportjához tartozik. A *Victrax* cég a PEEK termékeken kívül más PAEK termékeket is gyárt.

A PEEK alapú termékek és a feldolgozási technológiák folyamatos fejlesztésének köszönhetően a PEEK a legnagyobb követelményeket is képes kielégíteni a mobilitási, az elektronikai és az orvosi területen. A PEEK kiváló mechanikai tulajdonságai mellett kitűnik jó hőstabilitásával, alacsony sűrűlődséggel, kopásállóságával. Ellenáll agresszív kémiai hatásoknak, így az üzemanyagoknak is. Kiemelkedők a kifáradási tulajdonságai is, ami hosszú tartós használatot tesz lehetővé extrém körülmények között is.

A PAEK, és így a PEEK is magas hőmérsékleten ömlik meg. A PEEK-nál valamennyi hagyományos műanyag-feldolgozási technológia alkalmazható, de a feldolgozásához 350–400 °C közötti hőmérsékletre van szükség. Fontos, hogy a technológiai paramétereket úgy válasszák meg, hogy a kristályosodás végbemenjen.

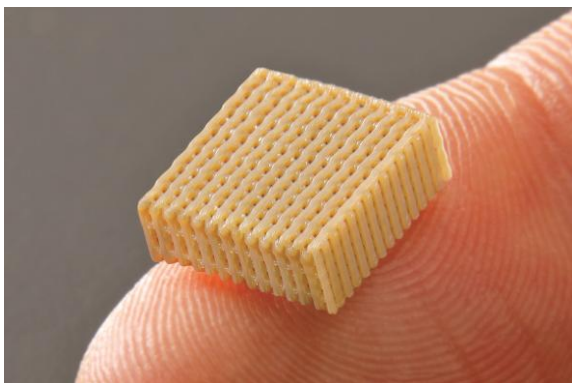
Sikerrel alkalmazták a PEEK-t az *off-shore olajkutaknál* a tengervíz alatt használatos csővezetékek gyártására. Legutóbb Brazília tengeri olajlelőhelyén alkalmazták a szénszállal erősített PEEK-ből készített csöveket, amelyeket a brit *Magma Global* fejlesztett ki és szállít *m-pipe* néven. Ezek súlya tizede a korábban használt acélcsöveknek. A PEEK az acélnál is jobban ellenáll a nagy mennyiségben előforduló CO₂ és H₂S-nek magasabb hőmérsékleten is. Nagyobb a korrózióállósága is, ami hosszabb élettartamot eredményez. További előnye a kisebb karbantartási igény az acélcsövekkel összehasonlítva.

A PEEK-re jellemző, hogy a többi nagyteljesítményű polimerrel összehasonlítva szélesebb hőmérséklet-tartományban használható. Egy aktuális fejlesztés eredményeképpen a *Victrax CT 200* PEEK extrém alacsony (–200 °C-ig) hőmérsékleten is megőrzi tulajdonságait. Az új típust az energiaiparban használandó tömítések céljára fejlesztették ki cseppfolyósított földgáz és nitrogén tárolásához és szállításához.

Nagy nyomások és magas hőmérséklet mellett történő energia- és adatátvitel céljaira – pl. az olajiparban – használható csatlakozókat gyárt egy amerikai cég PEEK alapú kompaundból. A csatlakozó 300 °C-on 1380 bar nyomáson is biztonságos kapcsolást ad. A laboratóriumi munkában a folyadékromatográfia támaszt egyre nagyobb követelményeket a nyomás tekintetében. A svájci Vici cég szénszállal erősített *Victréx HT*-ból készített tömítést, amely a hagyományos PEEK-val elérhető 350 bar helyett akár 1000 bar nyomáson is alkalmas tömítésre. Az élelmiszeriparban történő alkalmazásra a Victréx cég 2018-tól gyártja *Victréx FG* típusát.

Jelentős a PEEK szerepe az implantátumok alapanyagaként is. Az első implantátumokban használható PEEK-t 1999-ben mutatták be. Azóta már mintegy 9 millió különböző PEEK implantátumot készítettek és ültettek be fogaktól a csigolyapótlásig. A legújabb fejlesztésű implantátum típust, a *PEEK Optima HA*-t sikeresen használják, pl. csigolyák pótlására, kalapácsujjak korrigálására. Jó rugalmassági tulajdonságai, kisebb merevsége miatt egy brit futó a PEEK-t választotta sípcsonttörése után a csont rögzítésére a szokásos fémmel történő rögzítés helyett.

A Victréx cég az egyre terjedő additív gyártási eljárásokhoz új PAEK típusokat fejlesztett ki. Az egyik típus nagyszilárdságú lézerszinterezésre alkalmas alapanyag, a másik a fúziós 3D nyomtatáshoz alkalmas filamens. A holland Bond High Performance 3D Technology cég olyan 3D nyomtatót fejlesztett szoftverrel együtt, amely komplex funkciókat képes gyártani PEEK-ből minden irányban jó mechanikai tulajdonságokkal. A 3D lehetőségeit jól mutatja a fenti berendezésen gyártott finom porózus szerkezet, amelynek a képe az 1. ábrán látható. A 3D nyomtatással előállított alkatrészek mechanikai tulajdonságai megegyeznek a fröccsöntött, vagy mechanikai megmunkálással gyártottakéval.



1. ábra 3D nyomtatással gyártott finom porózusokat tartalmazó szerkezet PEEK-ből



2. ábra Csomagtartó konzol szénszállal erősítésű PEEK-ből

Nagy piaci lehetőségeket jelent a PAEK és a PEEK kompozitok számára a légi közlekedés. Itt óriási jelentősége van a súlycsökkentésnek, azaz a fémalkatrészek műanyagra való cseréjének. Ehhez azonban extrém magas mechanikai követelményeket kell kielégíteni, és követelmény a megfelelő feldolgozhatóság is. Nem véletlen, hogy ezen a területen nagy szerepet játszanak a termoplasztikus szálerősítésű PAEK vagy PEEK kompozitok, amelyekből egyre több komplex szerkezeti alkatrészt fejlesztenek. Előnyük a hőre keményedő mátrixanyagokkal szemben, hogy nincs szükség az idő- és költségigényes utólagos hőkezelésre.

Egy német és egy amerikai cég kifejlesztette a repülőgépek csomagtartójának konzolját a korábban használt alumínium helyett *Victrex AE 250* nevű PAEK szénszálas kompozitból. A 2. ábrán látható alkatrészt az amerikai TxV Aerocomposites cég hibrid fröccsöntési



3. ábra Hajtótengely fonatolt UD szalagból, ráfröccsöntött fogaskerékkel

eljárásával gyártották: a teherhordó elemet a kompozitból alakították ki, majd PEEK-nal körülfröccsöntötték.

Hatékony gyártási eljárás alakítható ki UD (unidirekcionális) prepregekből, illetve szalagokból kiindulva. A Victrex cég a francia Coriolis Composites céggel együtt fejlesztette ki a *Victrex AE 250* alapú szalagokat, amelyeket a hőre keményedő szalagokkal azonos módon lehet használni. Erősítésként végtelen szénszálat alkalmaztak. Ilyen UD szalagból kiindulva gyártott egy meghajtó tengely rendszert a német Herone GmbH cég. A 3. ábrán látható elem alapja egy fonatolt technológiával kialakított tengely, amelyre egy fogaskereket fröccsöntenek *PEEK 90HMF40*-ből. A két anyag között molekuláris kohézió jön létre, ami biztosítja a kívánt szilárdságot.

Termoplasztikus kompozitok a fröccsöntésben

A rövid erősítőszálat tartalmazó termoplasztok fröccsöntése mellett egyre nagyobb szerepet játszik a végtelen szálat tartalmazó formák alkalmazása erősítő szerkezetként. Az ilyen szerkezetek körülfröccsöntésével a korábbinál nagyobb szilárdságú alkatrészek állíthatók elő költséghatékonyan.

Az Engel cég *organomelt eljárásában* a szálerősítésű prepreg lemezt vagy szalagot melegen behelyezik a szerszámba. Ott formázzák, majd körülfröccsöntik egy termoplasztal. Ezt a technológiát már nagy volumenű gyártásban használják, de az eljárás jelenleg is folyamatosan fejlődik. Az eljárás térhódítását két tényező indokolja: a termoplaszt alapú prepregek használata kisebb költséggel teszi lehetővé a forma és a kívánt funkció megvalósítását, és könnyebbé teszi a reciklási technológiák kidolgozását. Különböző prepregek, esetleg azok kombinációja lehetővé teszi az elemek terhelésére optimalizált tervezést. Az Engel cég a K2019 kiállításon egy autóajtó-modult gyártó cellát mutatott be, amely az organomelt eljárásban infravörös sugárzást alkalmazott a prepreg lemezek felmelegítésére. A cella, illetve az eljárás, amelyet a Brose céggel fejlesztettek ki, három különböző vastagságú (0,6–2,5 mm) prepreget tud feldolgozni teljesen automatizált folyamatban.

Az új innovatív technológia fontosságát mutatja, hogy folyamatban van a német kormány támogatásával a *MoPaHyb* projekt, amely a nagyméretű és teljesítményű hibrid elemek moduláris gyártásának kifejlesztését tűzte ki célul. Részt vesz benne a Fraunhofer ICT és további kilenc partner. Az általuk kidolgozott eljárásban az Arburg cég *FDC (fibre direct compounding)* egységét és a Dieffenbacher cég 3600 tonnás függőleges prését kombinálják.

Egy másik projekt, a *FOREL FuPro* a zárt üreges profilok előállításával foglalkozik ugyancsak végtelen szálerősítéssel. Mindkét projekt teljesen automatizált, robotokkal dolgozó gyártócella kialakítását célozza.

A TPRC, a termoplasztikus kompozitokkal foglalkozó holland kutatóintézet olyan szoftver csomagokat fejlesztett ki, amelyekkel a hibrid szerkezeteket lehet elemezni figyelembe véve a különböző komponensek közötti kölcsönhatást, az erősítő szálak irány szerinti eloszlását és a fröccsöntési folyamatot. Az egyik, a *DoM* modul az adatok alapján képes megjósolni, hogy a fröccsöntés során az erősítőként használt kompozitból mennyi krisztallit bomlik meg. Ez azért fontos, mert a krisztallitok gyengítik a két anyag közötti tapadást. A szoftver által megjósolt adatok jól korreálnak a mechanikai tesztek eredményeivel. A TPRC által kidolgozott szoftverek alkalmazhatóságának bizonyítására a *COMPeTE II* demonstrációs projekt keretében előállítottak egy bonyolult formát. A szoftveres szimulációval és a valóságos mechanikai teszteléssel kapott adatok jó korrelációt mutattak.

Új termoplasztikus kompozitok

A német Ineos Styrolution *StyLight* néven a termoplasztikus kompozitok új generációját mutatta be. A módosított SAN mátrix alapú, üveg- vagy szénszállal erősített kompozit jó mechanikai és felületi tulajdonságokkal rendelkező termékek előállítását teszi lehetővé.

A Lanxess végtelen szállal erősített termoplasztikus kompozitját, a *Tepexet* használták nemrég egy projektben a Porsche számára fejlesztett A-oszlop gyártására. A cél a töréssel szembeni biztonság növelése volt. Az új oszlop magja nagyszilárdságú acél, amelyet egy PA6 alapú *Tepex Dynalite 102-RG600(6)/47%* kompozitból készült cső és egy *Durethan AKV30H2.0*-vel fröccsöntött hornyolt szerkezet vesz körül. Utóbbi rövid üvegszállal erősített PA66. Ezt a szerkezetet egy szerkezeti hab köti össze. Az új megoldás az elfordulással szemben az eredetileg használt acélcsővel azonos ellenállást képes kifejteni, de annál 5 kg-mal könnyebb.

A PolyOne kompozit tevékenysége azután futott fel, hogy négy évvel ezelőtt felvásárolta a Polystrand céget, amely erősített szalagokat és laminátumokat gyárt. Egyik legújabb fejlesztésük egy új prémium síkötés, rugalmas, tartós és könnyű. Több kísérlet után egy *polystrand 8* rétegű üvegszálerősítésű PET-G (glikolt tartalmazó kopoliszter) laminátból készült szerkezetet fröccsöntöttek körül PA66-tal.

Az elmúlt év augusztusában a Toray Advanced Composites és a BASF együttműködési szerződést kötött, amelynek alapján végtelen szénszállal erősített termoplasztikus szalagokat (CFRT) fognak gyártani műszaki célokra. A Toray Advanced Composites a BASF Ultramid PA6 típusait fogja használni üveg- vagy szénszállal erősítve.

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

Engineering a change = Pipe & Profile Extrusion, www.pipeandprofile.com

January/February 2020. p. 25–28

Sauer, B.: Zusätzliche Berichte erschlossen = Kunststoffe 109. k. 10. sz. 2019. p. 119–122.

Mapleston, P.: Thermoplastic composite moulding shows strength = Injection World, www.injectionworld.com January/February 2020 p. 25–31.