

A műanyagok versenyeznek a fémekkel

A poli(aril-éter-keton) a nagy teljesítményű műanyagok családjába tartozik. A drága alapanyag típusait és feldolgozási technikáit folyamatosan fejlesztik. Lézerszinterezéssel elsősorban prototípusok, kis szériás sorozatok gyárthatók belőle gazdaságosan.

Tárgyszavak: műszaki műanyagok; erősített hőre lágyuló műanyagok; műanyag-feldolgozás; prototípusgyártás; lézerszinterezés; autópár.

Poli(aril-éter-keton) (PAEK) fém helyett

Az utóbbi időben a sekély vizekben kiaknázható olajforrások kezdenek kifogyni, vagy legalábbis mennyiségük csökken, ezért egyre inkább szükség van arra, hogy a mélyebben fekvő készleteket derítsék fel és aknázzák ki. Ez azonban azt jelenti, hogy nagyobb hőmérsékleteket, nyomásokat kiálló szerkezeti anyagokat kell használni, és újabb segédanyagokat (pl. metanolt) kell bevetni. Az eddig használt szerkezeti anyagok, például a rozsdamentes acél vagy a PA11 erre a célra már nem bizonyult megfelelőnek. A mélytengeri csatlakozások gyártásához bevált a *Victrex ST*, amely magas hőmérsékleten is jó méretstabilitást és mechanikai jellemzőket mutatott – és emellett rendelkezett a poli(éter-keton) – PEEK polimerek egyéb kiváló tulajdonságaival (tisztaság, villamos szigetelőképeség, vegyszerállóság, permeabilitás). Ez a tulajdonság-együttes számos autópári, elektronikai, valamint olaj- és gázipari alkalmazást tesz lehetővé, ahol nagy hőállóságra van szükség. *A PA11 polimerrel szemben a PAEK mintegy 50-szer kisebb metanolpermeabilitást mutat*, ami egészségügyi és környezetvédelmi szempontból nagyon fontos. Az erősen korrozív környezetben a PAEK alkatrészek élettartama lényegesen nagyobb, mint a rozsdamentes acélból készülté. Az üvegszállal erősített *ST ST45GL30* típus terhelés alatti behajlási hőmérséklete 380 °C, ami nagyobb, mint a *450GL30* polimeré (328 °C) vagy a *PEEK-HT 22GL30*-é (360 °C).

Új feldolgozási technológiák

Az árcsökkentésre irányuló törekvések részeként nemcsak az anyagokat, de a feldolgozási technológiákat is folyamatosan fejleszteni kell. A poli(éter-keton) polimereket (PEEK) eddig főként fröccsöntéssel, extrúzióval, esetenként forgácsolással formázták. A **Victrex Europe** az **Eos** céggel közösen olyan polimertípust fejlesztett ki,

amely alkalmas a lézerszinterézéssel történő feldolgozásra. Ezt a feldolgozás-technológiát főként nagyméretű, egyedi vagy kis sorozatú termékek előállításánál használják (adott esetben prototípusok előállítására). Az *Eos PEEK HP3*, az együttműködés eredményeként kifejlesztett polimer az *Eosint P 8000* berendezésen dolgozható fel. A rétegenként történő felépítés nagy tervezési szabadságot biztosít – viszonylag alacsony költségek mellett, hiszen pl. elmaradnak a szerszámköltségek és a geometria is könnyen, szabadon változtatható a kipróbálás során nyert tapasztalatok felhasználásával. Minél bonyolultabb a termék alakja, amelyet adott esetben fröccsöntéssel nem lehet előállítani, annál olcsóbb az eljárás. Az első darab előállítása sem drágább, mint a többié. A repülésben, az űrtechnikában és a motorsportban egyre több olyan PAEK alkalmazás található, ahol a lézerszinterezés gazdaságos alternatívát kínál a hagyományos feldolgozási módszerekkel szemben. Ezzel a módszerrel szerelés nélkül mozgó alkatrészek, csuklós pántok és egyéb, korábban elképzelhetetlen szerkezeti egységeket tartalmazó termékek állíthatók elő egyetlen lépésben.

Poliftálamid (PPA) az autógyártásban

Egy versenyautóban az **Evonik** (korábban Degussa) cég *Vestamid HT Plus* poliftálamidjával cseréltek ki egy alumínium légvezetékét, amivel nemcsak a termék tömegét csökkentették 50%-kal, hanem simább lett a felszín (és kisebb az áramlási ellenállás) és jobban sikerült a funkciók integrációja is: a nyomás- és hőmérséklet-szenzorok elhelyezésére szolgáló alkatrészek belekerültek magába a légvezetékbe. A sikeres és gyors fejlesztés az alapanyaggyártó, egy prototípusgyártó és egy ultrahangos hegesztő cég együttműködését igényelte. Az előállításához az úgynevezett *Space Puzzle Molding* módszert használták, amely félhéjak felhasználásával dolgozik. A fejlesztés része volt a megfelelő üvegszáltartalom és a konstrukció (falvastagság, beömlési hely, hegesztési kontúr) optimalizálása is.

A poliftálamid a hőálló aromás poliamidok közé tartozik, amely nagy szilárdságot, merevséget, méretpontosságot és vegyszerállóságot kínál a felhasználóknak. Kaphatók töltőanyagmentes és üvegszálat tartalmazó típusok is (egészen 60% üvegszáltartalomig). Az 1. táblázat néhány *Vestamid* típus főbb tulajdonságait foglalja össze. Az üvegszál-erősítés jelentősen javítja a mechanikai és a hőállósági jellemzőket. Az alifás poliamidokhoz (pl. PA66-hoz) képest magas olvadási hőmérséklet (PPA esetében 300-315 °C) jelentősen megemeli a maximális terhelhetőség hőmérsékletét, kisebb a vízfelvétel és a hatására bekövetkező tulajdonságváltozás. A 120 °C-os üvegesedési hőmérséklet is magasnak számít (szemben a PA66 65 °C-os értékével), ezért széles hőmérséklet-tartományban állandó és magas szilárdságra és merevségre lehet számítani.

A termikus degradáció egyik lehetséges mérőszáma az, hogy a magas hőmérsékleten tárolt minták mechanikai jellemzői miként változnak a tárolási idő függvényében. Az *ISO 2578* például úgy definiálja a maximális alkalmazási hőmérsékletet, mint azt a hőmérsékletet, ahol 20000 óra tárolás után a tulajdonságromlás 50%-os. Ez a hőmérséklet PPA esetében, szakítószilárdsággal mérve 150 °C, de a mérési módszer és

a kritérium végleges megválasztása mindig a felhasználó felelőssége. A korábban említett légevezető esetében pl. a csúcshőmérsékletek 170 °C körül vannak. A 30, ill. 50% üvegszállal erősített *Vestamid HT plus* típusokat 180 °C-on öregítették. A próbatestek szakítószilárdsága 2000 óra után a kiindulási érték mindössze 80%-ára csökkent.

1. táblázat

Vestamid HT plus típusok jellemzői

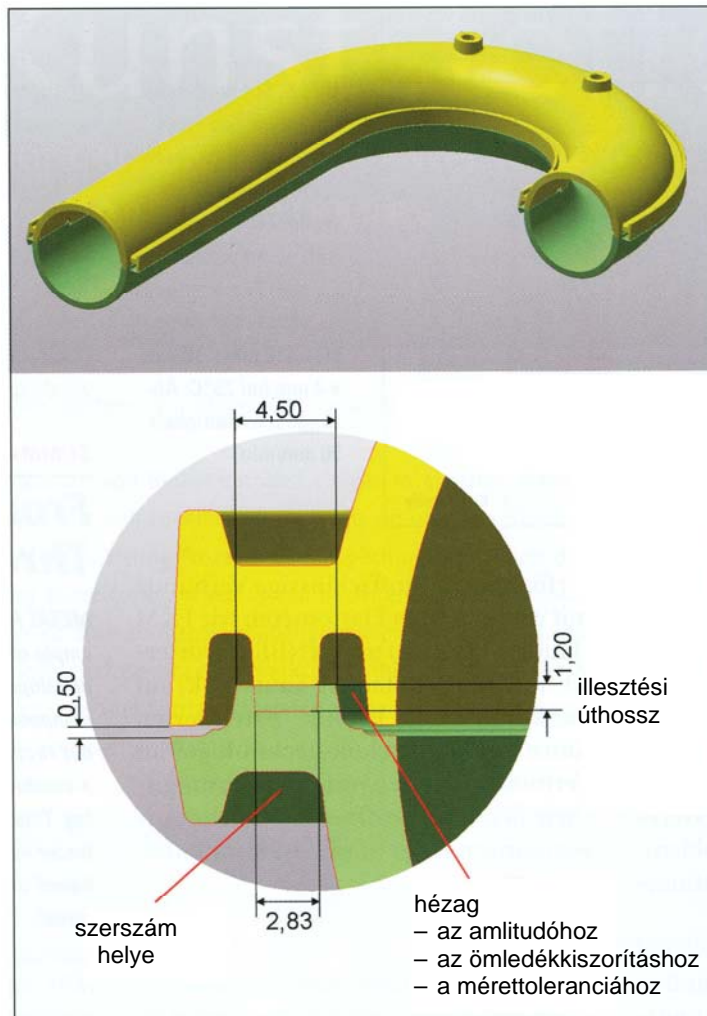
Jellemző	Körülmény	Egység	Vestamid HT plus		
			0	30	50
Üvegszáltartalom		%	0	30	50
Sűrűség	23 °C	g/cm ³	1,20	1,44	1,64
Szakítószilárdság	23 °C	MPa	90	180	250
Szakadási nyúlás	23 °C	%	3	2	2
Húzómodulus	23 °C	MPa	3500	11 000	19 000
Charpy ütésállóság	23 °C	kJ/m ²	50	45	65
	-40 °C	kJ/m ²	40	40	50
Vicat lágyulási hőmérséklet	A/ 10N	°C	302	313	313
	B/ 50 N	°C	245	284	289
Terhelés alatti behajlási hőmérséklet	A/ 1,8 MPa	°C	126	296	297
	B/ 0,45 MPa	°C	223	312	312
Olvadási tartomány	DSC	°C	300–315	300–315	300–315

A prototípus tervezése és előállítása

A légevezető tervezésekor kiterjedten alkalmazták a szimulációs szoftvereket (ebben az esetben a *Moldflow 3D* modellt), amelyekkel 30 és 50% üvegszálat tartalmazó anyagokra is elvégezték a számításokat különböző falvastagság mellett. Figyelembe kellett venni a vetemedést és a két félhéj változásait a hegesztési folyamat során, hogy minél kisebb legyen a hegesztés utáni befagyott feszültség. Különösen jellemző volt a szög menti vetemedés, egy enyhe ovalítás kialakulása és a két féldarab magasságának változása. A számítás a várakozással összhangban azt mutatja, hogy a *nagyobb üvegszáltartalom mellett kisebb a vetemedés*, és a mért értékek kvalitatíve jól megegyeznek a számítottakkal, de az abszolút értékek kisebbek. A két félhéj és a hegesztési felület geometriáját az *1. ábra* mutatja. Az előkísérletek után a 610 mm hosszú, 57 mm belső átmérőjű csőhöz 3,5 mm-s falvastagságot és 30% üvegszáltartalmat választottak. A számított belső nyomás értékei még valószínűleg további falvastagság-csökkentést is megengednek.

A prototípusgyártásnál használt *Space Puzzle Molding* módszer a gyors szerszámgyártás és a gyors prototípusgyártás kombinációja, amelyet a német **protoform** cég fejlesztett ki. A moduláris szerszámfelépítés leegyszerűsíti a kidobórendszert, valamint a szerszám hűtését. A hátrametszéseket leszerelhető és behelyezhető szerszám-

részletekkel oldják meg. Ezzel a megoldással a szerszámok igen gyorsan előállíthatók, egyszerűbbek a módosítások, beleértve a beömlőnyílások áthelyezését is. A gyártásnál a szerszámfal hőmérséklete 150 °C volt, ami könnyen elérhető, az ömledék-hőmérséklet pedig 345 °C volt. A kész darabok kivétele a prototípusgyártásnál kézi úton történik, ezért a ciklusidő 6 perc körül van.



1. ábra Légbevezető cső gyártásánál alkalmazott két fél héj geometriája (felül) és a hegesztési felület (alul)

Optimális hegesztési varrat

A hegesztési technológiát egy **Branson M 102-H** típusú ultrahangos hegesztőberendezéssel alakították ki, a paramétereket a véglegesnél egyszerűbb geometrián optimalizálták. A hegesztési paramétereket (amplitudó, illesztési hossz és nyomás) 30 és 50% üvegszálát tartalmazó PPA-n állították be úgy, hogy a varratszilárdság elérje a 60

MPa-t. A két különböző üvegszáltartalmú anyag beállítási paraméterei között nem volt lényeges különbség. *A hegesztési paramétereket ugyanis elsősorban a mátrix, és nem az erősítőanyag határozza meg.* A 170 °C-on végzett varratszakítási kísérletek azt mutatták, hogy az üvegszállal erősített típusoknál ezen a hőmérsékleten a szobahőmérsékletű szilárdsághoz képest mindössze kb. 30%-os csökkenés következik be. Az egyszerű geometriával kapott eredményeket adaptálták a végleges geometriára és egy Branson *M-624H* hegesztőgépre. A végleges technológiában a hegesztendő darabokat 130 °C-ra melegítették elő. A végleges technológia optimalizálásakor a kritérium az volt, hogy a hegesztett kész darabnak legalább 10 bar-os repesztési nyomást ki kell bírnia. A *Vestamid HT plus M1033* PPA-ból készült termék 1000 órás 170 °C-os öregítés után is bírta a 6 bar nyomást 150 °C-os vizsgálati hőmérsékleten. Hozzá kell tenni, hogy ezek a számok még csak a kis sorozatú prototípusokra vonatkoznak, amit majd a sorozatgyártott darabokon meg kell erősíteni. A jelzett repesztési nyomások mindenestre messze a megkívánt 1 bar fölött vannak.

A sikeres kísérlet azt mutatja, hogy a PPA még számos egyéb autóiipari alkalmazásban meg fogja állni a helyét.

Összeállította: Dr. Bánhegyi György
www.polygon-consulting.ini.hu

Fritz, C.: Potenzial der Kombination = Plastverarbeiter, 60. k. 9. sz. 2009. p. 84–85.

Kuhmann K.: In drei Sekunden von 0 auf 100 = Kunststoffe, 99. k. 7. sz. 2009. p. 58–62.

Röviden...

Biopolimer gyógyászati célokra

A gyógyászati termékek gyártásáról nevezetes finn **ConMed Linvatec Biomaterials Ltd.** (Tampere) biológiai úton lebomló polilaktid (PLA) kompaundokat állított elő a **KraussMaffei Berstoff GmbH** (Hannover) által gyártott laborextruderen. A kompaundokból olyan implantátumokat lehet előállítani, amelyek idővel felszívódnak az emberi szervezetben, és így a beteg gyógyulását követően, amikor az implantátumra már nincs szükség, nem kell újból sebészeti úton eltávolítani azt.

A kompaundáló extrudert a gyógyszeripari előírások figyelembevételével fejlesztették ki, hogy teljesítse *a jó gyártási gyakorlat (Good Automated Manufacturing Practice – GAMP)* előírásait. A berendezés gyors és kíméletes anyagfeldolgozást tesz lehetővé, amely a hőre érzékeny PLA-nál elsőrendű követelmény. A csigák nagy fordulatszáma (1200 U/min) lehetővé teszi a gyors anyagáramlást, a *Black-Box* elv szerint működő vezérléssel pedig a gyártás minden mozzanatát dokumentálják. Recep-túraváltásnál a gyors és alapos tisztítást segíti, hogy a csigát hátrafelé ki lehet tolni a gépből.

P. M.

Kunststoffe, 99. k. 9. sz. 2009. p. 87.