

## Hőálló poliamidok a motortérben

Az üvegszállal és ásványi töltőanyagokkal erősített poliamidokból és nagy teljesítményű műanyagokból egyre több részegységet gyártanak, amelyek a gépkocsi motorterében, magas hőmérsékleten üzemelnek. Napjainkban a motorfejlesztést a tömegcsökkentés, a reprodukálható minőség, az utómegmunkálási műveletek lefaragása és az alkatrészek gyors és megbízható elérhetősége vezérli. Mindezekhez a műszaki műanyagok új lehetőségeket kínálnak a motortervezőknek.

*Tárgyszavak: poliamid; autóipar; motortér; fröccsöntés; hőállóság; nagy teljesítményű műanyagok.*

## Moduláris koncepciók a motortervezésben

A műszaki műanyagok számos előnyt kínálnak az autóipar számára is. A műanyagok még az alumíniumalapú könnyűfémötvözeteknél is kisebb sűrűségűek, tehát lehetővé teszik, hogy a fémek helyettesítésével még az eddigieknél is könnyebb gépkocsikat alkossanak. A műanyagból előállítható komplex modulok azzal is hozzájárulnak a tömeg- és árcsökkentéshez, hogy *egyetlen modulba számos funkciót és alkatrészt integrálnak*. Ennek oka a műanyagok egyik gyakran említett előnye: *a tervezés nagyfokú szabadsága*, ami bonyolult alkatrészek nagy sorozatú, hatékony gyártását teszi lehetővé. Ehhez jön még a műszaki műanyagok hőállósága, hosszú élettartama és a dekoratív felületek kialakításának lehetősége. Mindezek lehetővé teszik, hogy a vevői elvárások teljesítése mellett csökkentsék a gyártási költségeket.

## Konkrét alkatrészek a motortérben a Bosch cég gyakorlatában

### *Hengerfejek*

Korszerű megoldásnak számít a *hengerfejek gyártása üvegszállal erősített vagy ásványi anyaggal töltött poliamidból (rendszerint PA 66-ból)*. A **Bosch** cég több ilyen megoldást is kínál vevőinek, különböző integrációs fokkal. A **BMW** részére hathengeres motorhoz erősen integrált hengerfejet állítanak elő, amelyet 25% üvegszállal és 15% ásványi anyaggal erősített PA 66-ból készítenek. Az eddig használt fémkonstrukciókhoz képest az újabb alapanyag nagyobb tervezési szabadságot, nagyobb integrációt és gazdaságosabb gyártást tesz lehetővé. A 4660 g tömegű integrált alkatrész magában foglalja az olajbetöltő egységet, a légáramlásmérőt, a tömítést és a hővédő pajzsot. Az anyag ellenáll minden, a motortérben előforduló vegyszernek, a képződő konden-

zátumoktól a fékfolyadékön keresztül a hűtőfolyadékig és az ablaktisztító folyadékig. *Az alkalmazhatósági hőmérséklet-tartomány  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  -tól  $+140\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig terjed, és a PA 66 rövid ideig a  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os motorolajat is elviseli.* Az előszerelt egységet a Bosch készen szállítja vevőinek. A modul nem csak mechanikai funkciókat integrál (pl. a tömitést, az akusztikus lecsatolást, a spirálvezetékeket és a légszűrő házat), hanem elektronikai egységeket is (áramlásmérő, szenzorok a nyomásszabályozó szelepekhez). Az integráció nem csak kisebb tömeget jelent, hanem javítja a megbízhatóságot és a működés biztonságát is.

### *Olajleválasztó*

A Bosch a hengerfej részeként is, és önállóan is kínál olajleválasztó egységet. A hengerfejbe történő beépítés helymegtakarítást jelent, és nem lépnek fel lefagyási problémák. A műanyagok felhasználása előnyt jelent a tervezésnél, a tömegnél, a környezetvédelmi előírások betartása terén és a szerelésnél. Mindkét megoldásnál *precíziós fröccsöntést* kell alkalmazni, ami azt jelenti, hogy a méretpontosság  $\pm 0,05\text{ mm}$ . Az olajleválasztó egyrészt kímél további motoralkatrészeket (az injektort, a részecskeszűrőt és a katalizátort), másrészt csökkenti a káros anyagok képződését az égés során. Hatására csökken az olajfelhasználás és javul a kipufogógázok minősége.

### *Beszívó cső*

A Bosch szívócsőmodult is gyárt műanyagból. A vevői igényektől függően ez is lehet egyszerű alkatrész vagy nagymértékben integrált komplex modul, amely a motorvezérlő rendszer számos elemét is tartalmazza. Mindenekelőtt szenzorokról van szó, egy pillangószelepről, egy égésgázokat visszavezető egységről, a spirálvezeték szabályozásáról és a motorvezérlő elektronikáról. A beszívó cső fő feladata az, hogy a levegőt eljuttassa a hengerfejbe, a beáramló levegő áramlását csillapítsa és szabályozza. *A műanyag beszívó csövek sima belső felületük és áramlási szempontból kedvező geometriájuk miatt javítják a motor teljesítményét és nyomatékát.* A megfelelő paramétereket speciális szimulációs programok segítségével választják meg. Az egyéb alegységek integrációja itt is tömegcsökkenést és biztonságosabb működést eredményez. A gépkocsigyártóknak is előnyük származik az integrált modulokból, hiszen funkcionális szempontból kipróbált egységeket kapnak, és csökkennek a logisztikai költségek is.

### *Szabályzó és vezérlőszelepek*

Annak ellenére, hogy a motortérbeli alkalmazásoknál terjednek a hőálló hőre lágyuló műanyagok, eddig a szelepeket (pillangószelepeket, spirálszelepeket a szívómotorban) főként fémből készítették. Manapság azonban már olyan fontos elemek is készülnek műanyagból, mint a turbódiesel motorok égésgáz-visszavezetői, amelyeket a Bosch speciális műanyagokból, pl. poliftalamidból (PPA) és poli(fenilén-szulfid)-ból (PPS) készít. Azokat a műanyag alkatrészeket, amelyek nem érintkeznek közvetlenül

az égésgázokkal, üvegszállal erősített poliamid 66-ból készítik. Az anyag kiválasztásánál és a konstrukció kialakításánál széles körben használtak fel szimulációs programokat. *Az alumíniummal szemben a hőálló műanyagok egy sor előnnyel rendelkeznek:*

- a geometria szabadabban választható meg, és nincs szükség forgácsolásra,
- a funkciók integrációjára több lehetőség van (végrehajtó szervek, szabályzó-szelepek beépítése) akár ráfröccsöntéssel, akár gazdaságos bepattanó kötésekkel,
- kisebb sűrűség (az alumínium sűrűsége  $2,70 \text{ g/cm}^3$ , a PPA-é  $1,56 \text{ g/cm}^3$ ),
- kisebb áramlási ellenállás a simább felszín miatt,
- jobb hőszigetelés,
- kedvezőbb akusztikus jellemzők,
- a fröccsszerszám hosszabb élettartama.

Az égésgázok visszavezetésének hatásfoka csak úgy növelhető, ha további szabályzó-szelepeket használnak. Ehhez azonban arra van szükség, hogy a nyitott szelepek áramlási ellenállása kicsi legyen, és ezt a sima felület biztosítja is. A korábban említett hőálló műanyagokból ilyen szelepek nagy számban és kiváló minőségben készíthetők, amelyekkel *az alumíniumhoz képest 60%-os tömeg- és költségmegtakarítás érhető el.* A pneumatikus rendszerek mellett egyre inkább villamos vezérlésű szelepek terjednek el. *A mai konstrukciókban mind a szelepház, mind a szelepet magát hőálló termoplasztikus műanyagból készítik, amelyek nem vetemednek.*

### *Csatlakozók*

Az utóbbi 10 évben az oldható villamos kapcsolatok száma egy közepes személyautóban 200-ról 1500-ra nőtt, ami részben azzal is magyarázható, hogy a „fedélzeti számítógép” egyre több villamos jelet igényel és dolgoz fel. A jelek minősége és a jelátvitel megbízhatósága alapvetően befolyásolja a közlekedés biztonságát. A kapcsolatot biztosító egységeknek rendkívül szélsőséges körülmények között is megbízhatóan kell működniük, pl. a motortérben is, ahol szélsőséges hőmérsékleti viszonyok uralkodnak, különféle agresszív közegek fordulnak elő, ezenkívül az időjárás-állóság is fontos követelmény, nem is beszélve az esetleges kőfelverődés mechanikai hatásáról, az utakról felesapódó sós víz hatásáról, valamint a vibrációról. Villamos szempontból sem túl barátságos a környezet, sokféle zavaró jel teszi próbára a konstrukciót. Az új dízelmotor-konstrukciók ugyancsak növelik a rezgés- és kopásállósággal szembeni követelményeket, mindezt max.  $160 \text{ °C}$  hőmérsékletig. A feldolgozás során nagy folyóképességre van szükség, hogy a vékony falú termékeket nagy pontossággal lehessen előállítani – ez utóbbira azért van szükség, hogy az összedugott kontaktusok ilyen szélsőséges környezetben is együtt maradjanak. *Ma már nem ritkák a 150 kontaktust tartalmazó konnektorok, amelyek mindegyikének pontosan kell érintkeznie.* Az ilyen konnektorok műanyag komponenseit rendszerint üvegszál-erősítésű PA 66-ból vagy PBT-ből készítik, amelyek biztosítják a szükséges méretpontosságot, stabilitást, hőállóságot és villamos szigetelést. A konnektorokat precíziós fröccsöntéssel állítják elő 16

fészkes szerszámokban. Az így készült konnektorok nem csak pontosak és megbízhatóak, hanem a szerelés során könnyen kezelhetők is.

Tekintettel arra, hogy egyre kevesebb a szabad hely a gépkocsikban, a motortérben elhelyezett alkatrészek sokszor közelebb kerülnek a kipufogóvezetékhez, és ez növeli a műanyag alkatrészeknél a hőállósággal szembeni követelményeket. A PPS vagy a PPA 160–220 °C között is tartósan felhasználható.

Várható, hogy a gépkocsitervezésben az erősödő integráció is tartós irányzat lesz. Most jelentek meg arra vonatkozó elképzelések, hogy a hengerfejet integrálják a beszívórendszerrel a költségcsökkentés érdekében. Ugyancsak várhatóan folytatódik a szenzorok integrációja is. Ennek eredményeként *a konnektorokban az érintkező tűk számának további növekedése várható.*

## **Műanyagok uralják a motorfejlesztést**

A motorfejlesztés visszatérő témái a tömegcsökkentés, a reprodukálható minőség, az utómegmunkálási műveletek lefaragása és az alkatrészek gyors és könnyű elérhetősége. Amikor azonban fém alkatrészeket műanyaggal akarnak helyettesíteni, arra is gondolni kell, hogy ezekre ugyanazok a mechanikai és egyéb terhelési követelmények vonatkoznak, amelyeket a modern műanyagok már versenyképesen elviselnek, sőt a műanyag alkatrészek sokszor tartósabbnak bizonyulnak fém versenytársaiknál. Mindez azt eredményezi, hogy ma már a motorfejlesztésben nemcsak a tömegcsökkentés motiválja a fém alkatrészek kiváltását műanyaggal.

## **A kétkomponensű fröccsöntés előnyei**

Az osztrák **Camo Formen- und Werkzeugbau GmbH** pl. egy kis kétütemű motor víztartályának fedelét tömítéssel együtt, kétkomponensű fröccsöntéssel állítja elő, egy másik esetben pedig két különböző átmérőjű fogaskereket fröccsöntenek egyetlen szerszámban. A kétkomponensű fröccsöntés előnye a fedélnél az, hogy nem kell külön műveletben behelyezni a tömítést és ellenőrizni annak méretpontos illeszkedését. Tekintettel arra, hogy itt viszonylag kis darabszámról van szó, egyfészkes szerszámot terveztek, amelyben egy hidraulikusan mozgatott mag húzza hátra az először fröccsöntött részt, hogy helyet készítsen a második komponens számára. A ráfröccsöntés során nagy pontosságú forrócsatornás beömlést alkalmaznak, ami után nem marad beömlőcsónk. Az 546x446x455 mm méretű szerszám hűtésére négy hűtőkört használnak, amelyek közül kettő a felfogólapokat, kettő magát a szerszámot hűti.

A tömítés ráfröccsöntése jelentős egyszerűsítést jelent a tömítőzsinórhoz képest. Először a fedél készül el fröccsöntéssel, majd a már elkészült előöntvényt egy hidraulikus mag lejjebb süllyeszti, és ekkor kerül sor a tömítés fröccsöntésére. Mindez gyorsan, teljesen automatikusan történik, ami sokkal kevesebb hibalehetőséggel jár, mint a manuális behelyezés. A hőstabilizált, 30% üvegszállal erősített PA 66-ból készült fedél tömege 350 g, a TPE (hőre lágyuló elasztomer) tömítésé pedig 9 g.

## Több fogaskerék egy szerszámban

A Camo cég egy motorgyártóval együttműködve már az elvi tervezés fázisában kidolgozott egy megoldást *30% üvegszállal erősített PA 66-ból készülő két fogaskerék gyártására*. A két darabot egy 1+1 fészkes szerszámban gyártják – tekintettel arra, hogy itt is viszonylag kis darabszámról van szó. *Többszörös beömlést* alkalmaztak a fogak irányából, amivel nem csak a darabok eltérő tömegét tudták figyelembe venni, hanem azt is el lehetett érni, hogy a gyártott fogaskerék a beépítés után a teljes körbefordulás során egyformán viselkedjen. A különböző fogméreteket cserélhető betétekkel tudják gyártani. Az alkalmazás során ezek a fogaskerek olajkádiban működnek 117 °C-on, ami bizonyos fokú duzzadást eredményez. Ilyen esetekben hasznos, ha a méretigazítást csak a betéten kell elvégezni, nem az egész szerszámon.

## Műanyag csövek a motortérben

Több technológia is létezik, amellyel motortérben felhasznált csőrendszereket lehet készíteni PA 6-ból és PA 66-ból: ezek egyike a fröccsöntés (főként a gázzal és vízzel segített fröccsöntés), a másik a fűvás. Ide tartoznak a légellátó, az olajrendszer és a hűtőkör csőelemei, valamint az üzemanyag-vezetékek. Ezek a területeken egyre nagyobb követelmények lépnek fel a műanyag alkatrészekkel szemben, hiszen a környezetbarát technológiák terjedése révén megjelentek a bioüzemanyagok, ill. alkohol tartalmú üzemanyag-keverékek, amelyek másfajta vegyszerállóságot követelnek a velük érintkező anyagoktól, mint a hagyományos, szénhidrogén-alapú üzemanyagok. Ezen felül a motorok egyre kompaktabbak, és a kiélezett működés nagyobb hűtési feladatokat jelent, ami jobban megterheli a lég- és hűtőanyag-vezetékeket. A specifikáció határáig történő terhelés azt is jelenti, hogy egyre nő a hűtőközegek hőmérséklete, ezért egyre hőállóbb és alaktartóság szempontjából is megbízható poliamid alkatrészekre van szükség. Mindezt úgy kell elérni, hogy közben a vezeték mérete és a falvastagsága egyre kisebb legyen, egyre több funkciót lehessen integrálni annak érdekében, hogy mind kisebb legyen az üzemanyag-felhasználás. Érthető módon mindez a poliamidok mechanikai és reológiai tulajdonságait szélsőséges módon veszi igénybe. A **Lanxess** cég azonban megpróbál megfelelni mindezen kihívásoknak és *új PA 6, valamint PA 66 típusokat dobott a piacra*. Két területre koncentráltak a fejlesztés során: a feldolgozás igényeire és a minél jobb vegyszerállóságra a későbbi felhasználás során.

### *Műanyag légvezetékek*

Az *1. táblázat* foglalja össze a Lanxess cég néhány töltött és erősített PA 6 és PA 66 típusának adatait, amelyek ömledékviszkozitása lehetővé teszi az extrúziós fűvással, szekvenciális extrúziós fűvással valamint vákuumfűvással történő feldolgozást. Ezek az anyagok különösen jól használhatók légvezetékek gyártására olyan területeken is, ahol eddig a drágább műszaki műanyagok (PPS, speciális poliamidok) voltak a piacvezető típusok. *A poliamidok hőállósága széles tartományt fed le, különösen a*

200 °C felett is használható PA 66 típusok kelendők. A poliamidok nem csak a terhelés alatti behajlás (HDT) szempontjából minősülnek hőállóknak, hanem a magas hőmérsékletű öregedés szempontjából is. Két *Durethan* típust az AKV 325 H2.0-át és a BKV 315-öt 150 és 170 °C-on öregítették 3000 órán át. A minták húzómodulusa gyakorlatilag nem változott.

1. táblázat

A Lanxess cég fűvással feldolgozható poliamid típusainak néhány jellemzője

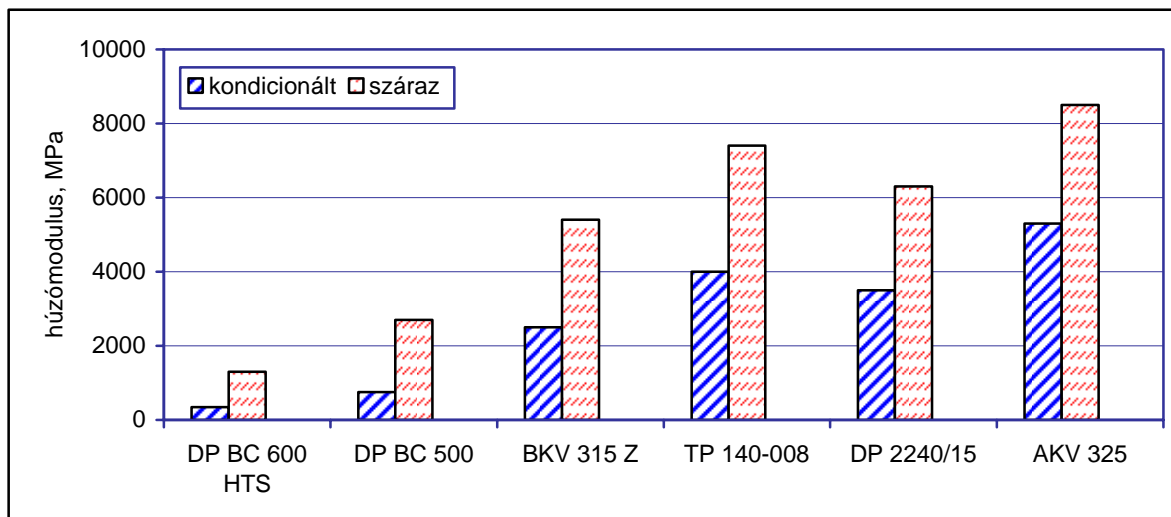
Durethan típus	Összetétel	HDT A °C	MFI g/10 min	Charpy ütésállóság (kJ/m <sup>2</sup> ) <sup>1</sup>
DP BC 600 TS	PA 6, nem erősített, ütésálló	55	3 <sup>2a</sup>	nem törik
DP BC 500 H2.0	PA 6, nem erősített	58	5 <sup>2a</sup>	nem törik
TP 140-008	PA 6, 25% üvegszál	170	3 <sup>2a</sup>	90
BKV 315 Z H2.0	PA 6, 15% üvegszál, ütésálló	170	3 <sup>2a</sup>	105
DP2-2240/15 H2.0	PA 66, 15% üvegszál	230	5 <sup>2b</sup>	90
AKB 325 H2.0	PA 66, 25% üvegszál	230	7 <sup>2b</sup>	90

<sup>1)</sup> ISO 179-1eU, az ISO 1110 szerint kondicionálva.

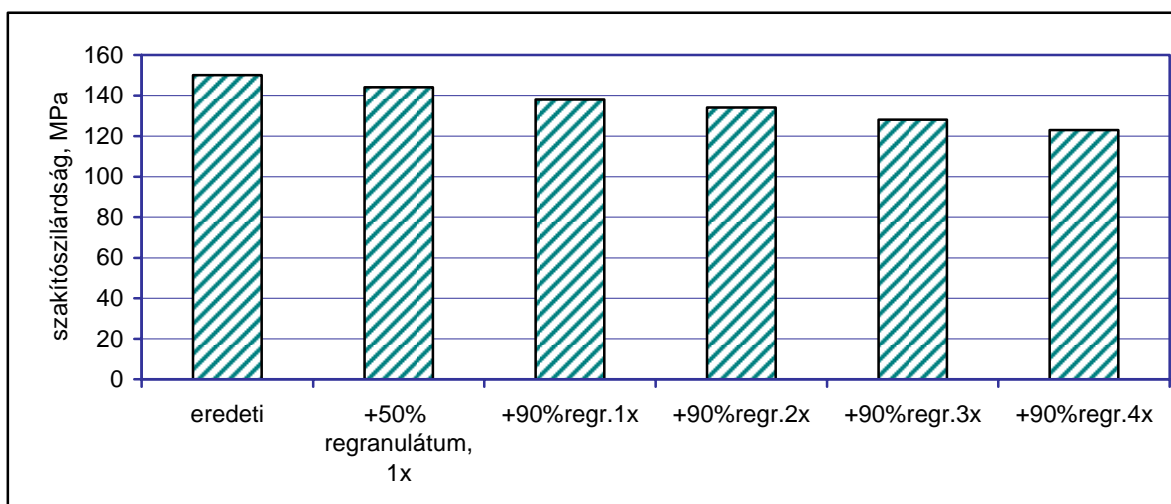
<sup>2)</sup> Ömledékindex-mérés hőmérséklete.

<sup>a</sup> 270 °C, (5 kg); <sup>b</sup> 290 °C (5 kg).

A különböző módosított poliamidok húzómodulusának értéke 350 és 5300 MPa között változik kondicionált (légnedvességet tartalmazó) állapotban – szemben az 1300–855 MPa-s nem kondicionált értékekkel (*1. ábra*). A kis modulusú változatot olyan alkatrészek gyártására használják, ahol a gyalogosok védelme megköveteli a lágyabb anyagokat. A fűvással történő feldolgozáshoz szükséges szerkezeti viszkozitást (vagy ömledékszilárdságot) a hosszú láncú elágazottság növelésével érték el. Az ömledékszilárdság lényegében azt jelenti, hogy kis nyírósebesség mellett az anyag viszkozitása olyan nagy, hogy nem szakad el saját tömege alatt, sőt bizonyos mértékig manipulálható is. Erre pedig szükség van a (hagyományos) fűvás során, hiszen az előformát lényegében ömledékállapotban extrudálják, „lóg a levegőben” és csak utána kerül sor a második lépésre, a felfűvásra. A 25% üvegszálat tartalmazó *Durethan AKV 325 H.2.0* típusból akár 7 kg tömegű előformákat is lehet kezelni. Ugyancsak szükség van a nagy szerkezeti viszkozításra olyankor, amikor a fűvott termékeket hegesztik (pl. vibrációs vagy termikus hegesztéssel), különösen vele azonos összetételű anyagokkal, ami nagy nyomás alatti represztési szilárdságot biztosít a készterméknek. Ha viszont ugyanezeket az anyagokat nagy sebességű nyírás hatásának teszik ki, a viszkozitás lecsökken – majdnem ugyanarra a szintre, amely a fröccstípusoknál szokásos. Ennek eredményeként ugyanaz a típus alkalmazható mind fűvásra, mind fröccsöntésre.



1. ábra Fúvással feldolgozható poliamidtípusok húzómodulusa kondicionált és száraz állapotban



2. ábra A Durethan AKV 325 H2.0 (PA 66) szakítószilárdságának függése a hozzáadott regranulátum mennyiségétől és az ismételt extrúziós ciklusok számától

A leglágyabb, nem erősített *Durethan DP BC 600 HTS PA 6* típust, amelynek modulusa kondicionálva mindössze 350 MPa, turbómotorok levegőellátó rendszereinek gyártásához használják, ahol sok beépített hajlat van, és ahol a szerelési illesztések, valamint a motor vibrációja miatt nem célszerű túl merev alkatrészeket alkalmazni. Ugyanakkor a hőállóság a termikus terhelés miatt továbbra is fontos követelmény. A vizsgálatok során kiderült, hogy ebből az anyagból vákuumfúvással egy lépésben is elő lehet állítani a kívánt terméket, sokkal gazdaságosabban, mint ha hagyományos extrúzióval kombinált fúvást használtak volna koextrudált (merevebb és lá-

gyabb poliamidot is tartalmazó) előformából. A koextrúzió során ugyanis a két különböző merevségű anyag viszkozitását és duzzadását igen pontosan egymáshoz kell igazítani. A Lanxess új poliamid típusai ütésállóság-javító adalékokat is tartalmaznak, és regranulátumként újra feldolgozhatók, ami javítja a gazdaságosságot, hiszen a fűvésznél a levágott „hulladék” mennyisége az 50%-ot is elérhet. Tekintettel arra, hogy a szakítószilárdság lassan csökken a regranulátum hozzáadásával (2. ábra) és az ismételt extrúziós ciklusok számával, és hasonlóan jó eredmények adódnak a modulusra és a hőállóságra is, bátran fel lehet használni a keletkezett hulladékot.

### *Hűtőközeggel és olajjal érintkező vezetékek*

Ezekben az alkalmazásokban a fémek és elasztomerek kiváltása poliamiddal tartósan bizonyult. Ennek okai között említhető a kisebb tömeg, a nagyobb fokú integráció és a gázzal, majd újabban a vízzel támogatott fröccsöntési technológiák megjelenése, majd megbízhatóvá válása. *Különösen a vizes fröccsöntés vált népszerűvé, mert a jó hűtőhatás miatt a ciklusidők a gázzal támogatott fröccsöntéshez képest akár 70%-kal is csökkenthetők.* A nagyobb termelékenység mellett a vizes fröccsöntés további előnye, hogy nagyobb üregátmérőt tesz lehetővé vékonyabb és egyenletesebb falvastagság mellett. Különösen a hűtővízcsövek gyártásában terjed el ez a technológia, ahol a kis ellenállás miatt a lehető legsimább felszínre van szükség. Tekintettel arra, hogy a hűtőközegek hőmérséklete is folyamatosan emelkedik, *igen jó hosszú távú vegyszerállóságra van szükség a hűtőközeggel szemben.* A Durethan DP AKV 30 X HR EF, amely egy nagy folyóképességű, hidrolízisálló PA 66 típus speciális üvegszál-erősítéssel (30%), megfelel ezeknek a követelményeknek. Jelenleg a Lanxess az egyetlen olyan poliamidgyártó, amelynek saját üvegszáltermelése is van, ezért kihasználhatják a mindkét területen rendelkezésre álló ismereteket az egymással együttműködő szakemberek a speciális típusok kifejlesztésére. Az anyagot szélsőséges hatásoknak tették ki: hosszas, közeggel történő érintkezés után 5 bar-os nyomásnak, és  $-40$ -tól  $135$  °C-ig terjedő ciklusoknak. Sikerrel gyártottak belőle vízinjektáló csöveket négyhengeres dízelmotorokba, ahol a vizsgálatok során a cső tartósan  $125$  °C-os hűtőközeg hatásának volt kitéve, amelyet  $143$  °C-os hőmérsékletcsúcsok tarkítottak. A belőle gyártott alkatrészek megfeleltek a felületi simaság és a közeggel szembeni szigetelőképeség követelményeinek is.

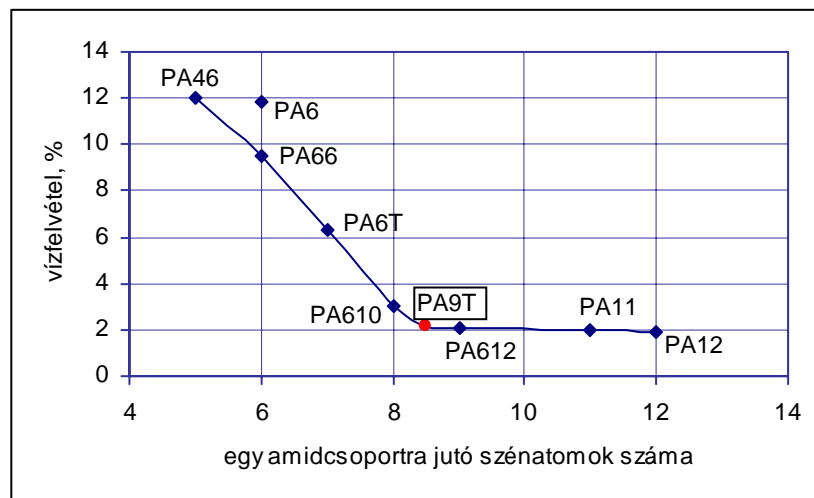
### *Üzemanyag-ellátó rendszer*

A közvetlen befecskendezéses motorok elterjedése azzal jár, hogy az üzemanyag nagyobb nyomáson, nagyobb sebességgel jut a motorba. Ennek hatására viszont az üzemanyag-ellátó rendszer elemei elektrosztatikusan feltöltődhetnek, ez viszont robbanást vagy tüzet eredményezhet. Ezt kívánják megelőzni a nagy felületi vezetőképességű, sztatikusan disszipatív Durethan DP BCF 30X H.20 típus alkalmazásával, amelyből már most is készítenek üzemanyagszűrő-házakat. A fejlesztés során az volt a szempont, hogy a vezetőképességet javító adalékok ne rontsák le az ütésállóságot és a

hegeszthetőséget. Az anyag folyóképessége összemérhető a 30% üvegszálat tartalmazó típusokéval.

## Hőálló poliamidok az autóiparban és az elektronikában

A hőálló anyagok iránti igény nem csak az autóiparban, hanem pl. az elektronikában is jelentkezik, ahol környezetvédelmi okokból az ólomtartalmú forrasztóanyagok kiszorulóban vannak, az ólommentes anyagok viszont magasabb hőmérsékleten olvadnak. A felületi szerelési technológia (SMT = surface mount technology) és az ún. reflow forrasztás folyamatosan terjed, amelyeknél az ólommentes forrasztóanyagok használatakor mintegy 30 °C-kal emelni kell a hőmérsékletet. A hagyományos PA 66 és PBT alapú anyagok nem bírják az ekkor fellépő 260 °C körüli hőterhelést. A termikus bomlás felületi hólyagosodást, „pörsenéseket” okoz. Ezek a termikus igénybevételek sok tekintetben emlékeztetnek a motortérbeli alkalmazásokra, hiszen itt is egyre kisebb térbe egyre több alkatrészt próbálnak meg beépíteni, és folyamatosan nő a motortér és a hűtőközegek hőmérséklete is. Sok esetben megoldást jelent a 300 °C körüli olvadáspontot mutató poliamid és egyéb műanyag típusok – poliftálamid (PPA), PA 6T, PA 4,6 és a poli(fenilén-szulfid) – bevezetése, de ezek drágábbak, nehezebben dolgozhatók fel, olajjal temperált szerszámokat igényelnek, és mérettartóságuk, vegyszer- és hidrolízisállóságuk sem mindig felel meg a kívánalmaknak.



3. ábra Különböző poliamidok vízfelvétele 23 °C-os vízben az amidcsoportra jutó szénatomok számának függvényében

A japán **Kuraray** cég, amelyet Európában a hamburgi **Nordmann, Rassmann** cég képvisel, *poliamid 9T* néven fejlesztett ki új, hőálló poliamidot, amely nonándiamin és tereftálsav kondenzációs reakciójával képződik. Kémiai jellemzői miatt a részben aromás poliamidokhoz hasonlóan viselkedik. Az aminkomponensben

jelenlévő viszonylag hosszú alifás lánc miatt a vízfelvétel csekély, ezért a mérettartó-  
ság jó (3. ábra). Ugyanilyen összefüggés mutatkozik az összetétel és a vegyszer-, va-  
lamint a hidrolízisállóság között. Ehhez járul még egy előny: a jó folyóképesség,  
amely különösen fröccsöntésnél fontos. Ilyen technológiával gyártanak különböző  
konnektorokat, nyomtatott áramkörök tartóit. Tekintettel a jó vegyszerállóságra és a  
kis szénhidrogén-áteresztő képességre a *poliamid 9T* alkalmas üzemanyag-ellátó rend-  
szer komponenseinek gyártására mind benzin-, mind dízelüzemű gépkocsik esetében.  
Kísérleteznek olyan egységekkel is, amelyekben mind poliamid 12-t, mind poliamid  
9T-t felhasználnak.

A felsorolt példákban látható, hogy a hagyományos és újonnan fejlesztett polia-  
midtípusok hatékonyan járulnak hozzá a gépjárműgyártás fejlesztéséhez és a mind szi-  
gorúbb környezetvédelmi szabványok teljesítéséhez.

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

Römer, M.: Modulare Konzepte für leichte Motoren. = Kunststoffe, 97. k. 3. sz. 2007.  
p. 102–105.

Becker, U.: Kunststoffe erobern Motorenbau. = Kunststoff Berater, 51. k. 10. sz. 2006.  
p. 57–58.

Joachimi, D.; Zimmol, R.; Meinerding, L.: Rohrsysteme im Motorraum. = Kunststoffe, 97. k.  
11. sz. p. 126–128.

Vossers, N. R.: Cool bleiben, wenn es heiss wird. = Plastverarbeiter, 58. k. 10. sz. p. 182–184.