

## Szállal erősített hőre lágyuló műanyagok alkalmazása – akár fémek helyettesítésére is

*Tárgyszavak: üvegszál-as műanyagok; poliamid; autóalkatrészek; sporteszközök; fröccsöntő üzem; terméktervezés.*

Nagy szilárdságuk és merevségük miatt a rövid szállal erősített hőre lágyuló műanyagokat egyre többször alkalmazzák olyan termékek gyártásához, amelyeket korábban szinte kizárólag fémből készítettek (pl. autóalkatrészek, szivattyúk). A kisebb tömeg mellett a hatékony tömeggyártás és a funkciók integrációja szól az új alapanyagok mellett.

### Műanyag autóalkatrészek öntött alumínium helyett egy svájci fröccsöntő üzemben

A svájci **Kunststoff Schwanden AG** cég bonyolult formájú műszaki műanyagtermékeket gyárt, amelyektől elvárják, hogy ellenálljanak a hőmérséklet-ingadozásoknak, a vegyszereknek és az öregedésnek. Alkalmazási területük sokrétű – az autóipartól az elektronikai iparig. Az egyik esetben egy *ABS (antiblokkoló rendszerű) fék addig öntött alumíniumból készült kapcsolószelepet váltották fel üvegszál-erősítésű PA 66-ból készített alkatrészszel*. A helyettesítéskor az egyik elsődleges szempont a tömegcsökkentés volt. Az ABS szelepet a **Knorr** cég teherautókba épített fékrendszereiben használják fel. A speciális termékből évi 150 E darabot gyártanak, ami műanyagos szemmel nem túl nagy darabszám. A 170 g-os PA termékbe két-két fémperselyt és csavarmenetet építenek be. Az alkatrészt a **Netstal** cég *SynErgy 1750 kN*-os záróerejű fröccsgépén gyártják egyfészkes szerszámban, hidraulikus magmozgatással. A termék fejlesztését megnehezítette az a tény, hogy egy már létező fémgyműveletet kellett helyettesíteni, az érintkezési pontok és a beépítési méretek rögzítettek voltak. A helyettesítés így is sikeres volt, mert annak ellenére, hogy precíziós feldolgozóberendezést használnak, a termék ára alig fele a régi konstrukciónak. Az árcsökkentést az olcsóbb alapanyag, a kevesebb utómegmunkálás (csavarmenetek, tömítőfelületek, szelepülések) és a kisebb kopás tette lehetővé.

*Az igényes termékeket a gyártók igyekeznek mindig a legújabb berendezéseken legyártani – a 3–4 éves fröccsgépeket már leselejtezik és eladják.*

Erre azért van szükség, mert a termékek a műszaki lehetőségek határait ostromolják, ehhez igen precíz – ugyanakkor a széles gyártmányválaszték miatt minél rugalmasabban átalakítható – berendezésekre van szükség. Néha egy nap leforgása alatt többször kell más termékre átállni, és mindegyik (éppen speciális jellege miatt) viszonylag kis darabszámban készül. Ez alól kivételt jelent egy kopásérzékelő, amelyet ugyancsak a müncheni **Knorr Bremse** cég számára gyártanak. Mechanikája üvegszálás poliamidból készül, az elektronika pedig tartalmazza a forgási szög- és nedvességérzékelőt is. Ebből évente mintegy 1,2 M darab készül.

*Mivel a szerszámokat is gyakran cserélik, ügyelni kell arra is, hogy ne legyen mindig szükség a fröccsparaméterek átállítására – ezért igyekeznek viszonylag homogén gépparkot fenntartani* Gépeik zömét a **Netstal** cég **SynErgy** típusú 600–6000 kN záróerejű gépei teszik ki. *A feldolgozógépeknek olyan jellemzőkkel is rendelkezniük kell, amelyek nem föltétlenül szükségesek minden egyes termékhez. Azt is figyelembe kell venni, hogy egy-egy gép megvásárlásakor nem is tudják pontosan, mi mindent akarnak gyártani az elkövetkező évek során. Ezért az olcsóság helyett a vásárlásnál a sokoldalúság és a rugalmasság a legfőbb szempont.* A hidraulikus tárolóegységek miatt a legtöbb **SynErgy** gép párhuzamos funkciókra képes. A termelés klimatizált helyiségekben folyik, ami mind a berendezéseknek, mind az ott dolgozóknak előnyös. A termék kivételhez és a szerszám cseréhez robotokat alkalmaznak, amelyek nagy gyorsulásuk miatt erősen lerövidítik a ciklusidőket. A granulátumokat egy központi elhelyezésű, teljesen automatizált berendezés juttatja el a fröccsgépekhez. A granulátumokat csővezetékek szippantják fel az 50 egyedileg termosztálható, szárított silóból, és azok zárt rendszerben jutnak el a feldolgozógépig.

A **Kunststoff Schwanden** cégnek van néhány kétkomponensű fröccsgépe is, amelyekkel különleges optikai és tapintási hatású termékek állíthatók elő viszonylag egyszerűen, rövid ciklusidővel. Az egyik leggyakoribb alkalmazás a kemény/lágy elemek kombinációja készülékházaknál vagy vízzáró rendszerekben. A cég által gyártott autóiipari termékek egy része a motortérbe, más része a fékrendszerekbe kerül, és közös jellemzőjük a bizonyos mértékű komplexitás. Nagyon igényes elem a légszákot működtető gázgenerátor háza és a légszák fedele. Ez utóbbiból évi 500 E darabot készítenek – és mivel a jó optikai minőség miatt a lakkozás elhagyható, 25%-kal olcsóbban állítják elő, mint a versenytársak.

*A sokféle termék miatt egy évben átlagosan 140 új szerszám kerül a fröccsöntő üzembe. A legtöbbet külső cégektől vásárolják, de egy saját, 15 fős szakértői gárda segítségével saját igényeikhez igazítják és optimalizálják őket.* Ezek a munkatársak a CNC vezérlésű szerszámgépekkel ugyanolyan jól bántanak, mint a hagyományos kéziszerszámokkal, és mivel állandóan új feladatokat kapnak, meglehetősen sokoldalúak is – részt vállalnak a szerszámoptimalizálás mellett a berendezések karbantartásában és gondozásában is.

*Az olyan felületnemesítő eljárásokat, mint a lakkozás, a nyomtatás, a krómozás vagy a bevonás klinikai tisztaságú helyiségben végzik. A nyomtatásnál a színmélységet, a beégetés hőmérsékletét és egyéb paramétereit folyamatosan ellenőrzik. Egyes esetekben a fedőlakkban lézerrel maratják bele a betűket, de lehetőség van a meleg felületi dombornyomásra vagy a szerzámban történő díszítésre (in-mould-decoration) is. A galvanizált műanyagfelületek úgy csillognak, mintha nemesfémből lennének, ami sok esetben lehetővé teszi a fémek helyettesítését olcsóbb, könnyebb és jobban megmunkálható műanyagokkal.*

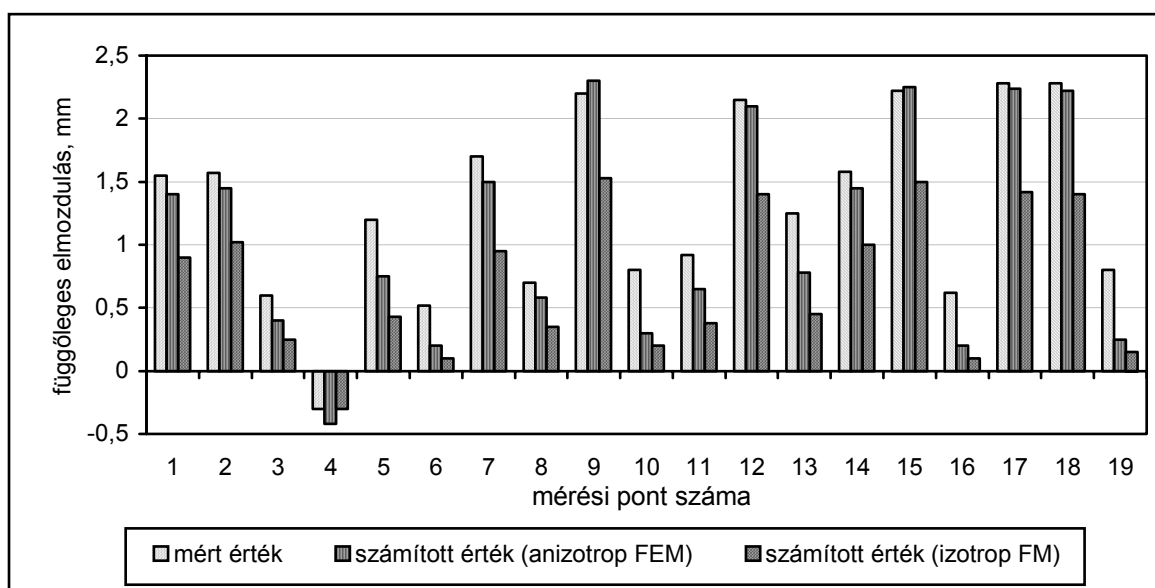
Számos bonyolult felépítésű egységet maguk szerelnek össze – a darabszámtól függően – kézi, félautomatikus vagy automatikus eszközökkel. A **Kunststoff Schwanden** cég csak úgy tudja megőrizni különleges piaci helyzetét, hogy állandóan befektet az újításokba, gyakran cseréli termelőeszközeit és továbbképzzi munkatársait.

## **Terméktervezés fémek rövid szálás műanyaggal való kiváltásakor**

A rövid szállal erősített műanyagokkal elérhető tulajdonságok nagymértékben függenek a szálak orientációjától. Rendezett szálakat tartalmazó termékekben ugyanis nagyon eltérőek a fizikai tulajdonságok szálirányban és arra merőlegesen. Az orientáció pedig elsősorban a szerszámkitöltés során fellépő bonyolult folyási viszonyok függvénye. Az áramlás mellett a falvastagság is befolyásolja a szálrendeződést. *A ma már rutinszerűen alkalmazható vége-selemes (FEM) programok segítségével a szerszámkitöltés folyamata és így a késztermék tulajdonságeloszlása számítható, és a beömlési geometria előzetesen optimalizálható.* Ma a *Cadmould* vagy *Moldflow* programok segítségével (ún. 2,5-dimenziós programok, azaz a felületre merőleges dimenziót csak bizonyos pontossággal kezelik) ilyen számítások viszonylag egyszerűen elvégezhetők. A szálorientáció eloszlásának kísérleti meghatározása jóval nehezebb feladat. A számítások és a valóság egybevetését ún. validálás során végzik el: összehasonlítják egy fröccsöntött tárgy számított és mért tulajdonságait (elsősorban azok anizotrópiáját).

A gyakorlatban – pl. egy szivattyúfedél számításait – két elkülönülő lépésben végezték. Elsőként kiszámították a szálorientációt a *Moldflow* program segítségével, majd ezt betáplálták egy mechanikai vége-selemes (pl. az *Abaqus*) programba, és kiszámították a várható modulusokat vagy szilárdságokat. A modulus számítása egyszerűbb feladat, a szilárdság modellezéséhez már külön felhasználói szubrutinokat kellett írni különféle tönkremeneteli kritériumok figyelembevételével. Az aktuális fröccsdarabon ezzel párhuzamosan roncsolásmentes deformálhatósági vizsgálatokat végeztek 5 bar nyomáson, szobahőmérsékleten és 80 °C-on. A fröccsdarab a **Bayer AG Durethan AKV 50 H2.0** típusú rövid üvegszálás poliamidjából készült, amelyet szinte fröccs-

száraz állapotban vizsgáltak, különösebb kondicionálás nélkül. Az 1. ábrán látható a 19 pontban mért és számított elmozdulások összehasonlítása. Mind szobahőmérsékleten, mind 80 °C-on elfogadható egyezéseket kaptak a számított és a mért értékek között. Összehasonlításuképpen elvégeztek egy olyan számítást is, amelyben izotróp mechanikai tulajdonságokat alkalmaztak (a szálorientáció elhanyagolásával, átlagolt jellemzőkkel), de ez csak nagyon durva képet adott a rendszer viselkedéséről – sokkal rosszabbat, mint a szálorientációt figyelembe vevő modell. Egy roncsolásos vizsgálatban 13,2 bar-os hasítási nyomást mértek, ami elég jól egyezett a modellben jóslott 13 bar-os értékkel, és a törés helyét is elég jól megjósolta a modell. Ez a kísérlet azt mutatta, hogy a modern szoftveres eszközök minimális továbbfejlesztéssel alkalmasak bonyolult alakú, rövid szállal erősített hőre lágyuló termékek tervezésére és optimalizálására.



1. ábra Egy rövid szállal erősített műanyag szivattyúfedél anizotrop merevségének elemzése 19 különböző pontban.

[Az ábra feltünteti a mért és két különböző modellel számított elmozdulásokat. Az egyik (pontosabb) számításban figyelembe vették a szálak orientációját a feldolgozás során, a másik (durvább) modellben izotrop (irányfüggetlen) átlagmerevséggel számoltak.]

## Nagy szilárdságú, poliamidalapú műanyagkeverékek sportszerekben

A sporteszközök gyártóinak egyszerre kell odafigyelniük arra, hogy lépést tartsanak a divat szeszélyeivel, ugyanakkor mechanikai szempontból minél tökéletesebb eszközöket állítsanak elő. A különböző poliamid típusok eddig is fon-

tos szerepet játszottak olyan sporteszközök gyártásában, mint a korábban fémből gyártott síkötések vagy a kerekes korcsolyák, de szóba jöttek olyan alkalmazások is, mint a hullámdeszkák vagy a kerékpáralkatrészek. Itt összetett követelményeknek kell eleget tenni. A kényelmi, a szilárdsági és a biztonsági szempontok gyakran ellentmondóak, és olcsón nem is lehet őket kielégíteni.

A francia **Rhodia Engineering Plastics** cég számos poliamidalapú keveréket fejlesztett ki sporteszközök gyártására, amelyek mérettartóságukkal, ütésállóságukkal, kitűnő felületi jellemzőikkel és könnyű lakkozhatóságukkal tűnnek ki. Különösen vonzó tulajdonságokat mutat a *Technyl Alloy KC 246A* és a *KC 246D*, amelyek PA/ABS ötvözetek, a PC/ABS ötvözetekhez hasonló ütésállósággal – de mintegy 10%-kal kisebb a sűrűségük.

Kitűnő merevség/szilárdság hányadot mutat széles hőmérséklet-tartományban a *Technyl C 256 V34*, amely ütésálló poliamid, hódeszka- és síalkatrészeket lehet belőle előállítani. A *Technyl C 216 V45* a maga 45%-os üvegszáltartalmával igen nagy modulusú és szilárd anyag, nagy az ütésállósága és kitűnőek a felületi tulajdonságai. A töltetlen, ütésálló *Technyl A 246M* poliamid különösen hódeszka- és sícipők gyártásánál használható. A fényes, tökéletes felületek előállítására a nagy folyóképességű *Technyl Star S246 V30* és a *Technyl Star S216 V30* alkalmas, amelyek eltérő ütésállósági szintet képviselnek.

A színvonalas sporteszközök előállításában azonban a jó alapanyag csak fél utat jelent a sikerhez. Hogy a gyártók az út másik felét is megtehessék, a **Rhodia Engineering Plastics** cég tanácsokat ad a termékfejlesztéshez is, pl. az integrált megoldások területén. Segítenek az optimális merevségű, folyási tulajdonságú, ütésállóságú típus vagy típuskombinációk kiválasztásában, a gyártási folyamat optimalizálásában.

Hogy egy konkrét példa is szerepeljen: a **Decathlon** cég *Geologic* márkanevű sportját teljesen poliamidból és poliamidalapú kompozitokból, ill. ötvözetekből fejlesztette ki, és a termék műszaki és esztétikai tulajdonságai vetekszenek a hagyományos, fából vagy fa/műanyag kompozitokból készített íjakéval.

**Dr. Bánhegyi György**

Götz, W.: Stillstand gleich Rückschritt. = *Plastverarbeiter*, 55. k. 8. sz. 2004. p. 30–33.

Schmachtenberg, E.: Wenn Kunststoffe Metall ersetzen. = *Plastverarbeiter*, 55. k. 8. sz. 2004. p. 52–53.

Zarate, A.: Robust und sicher, dennoch komfortabel. = *Plastverarbeiter*, 55. k. 8. sz. 2004. p. 66–67.