

## Tervezni csak a megvalósíthatóság elemzésével érdemes

Egy bonyult felépítésű műanyagtermék gyártásának előkészítésében nagyon sokféle szakember közreműködésére van szükség. Már a tervezés korai szakaszában anyagspecialista segítségével kell kiválasztani a szóba jöhető anyagot, hozzáértő segítségével célszerű szimulációs kísérleteket végezni, és ugyancsak nem lehet elég korán konzultálni a szerszámgyártóval annak eldöntésére, hogy egyáltalán megvalósítható-e a tervező elképzelése. Többféle szakágazat know-how-jára volt szükség ahhoz is, hogy olyan kényes terméket, mint egy nagy felületű, rendkívül kis falvastagságú laptop fedelét sikerrel fröccsöntsék egy bemutató gyártáson.

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; tervezés; szimuláció; szerszámépítés; megvalósíthatóság; vékony falú termék.*

## Hogyan kell egy új fröccstermék gyártását tervezni?

Egy új fröccstermék gyártásának gazdaságossága jórészt már a tervezés időszakában eldőlt. A tervezőknek azonban legtöbbször nincsenek megfelelő szerszámépítési tapasztalatai ahhoz, hogy a tervezőirodában gyártásra érett tervek szülessenek, Ezért már a tervezés korai szakaszában célszerű külső segítséget, esetleg szimulációs programokat igénybe venni. Ez ugyan többletköltségekkel jár, esetleg megnöveli a tervezés időtartamát is, de az időráfordítás és a költségek is bőven megtérülnek, ha általuk elkerülhető a tervek vagy még inkább a szerszám módosítása.

### *Anyagkiválasztás*

Közhelynek számít, hogy egy új formadarab tervjavaslata és az első szerszámpróba közötti szakaszban a lehető legkorábban ki kell választani a darab majdani alapanyagát. Ennek meg kell előznie bármilyen szimulációt vagy szerszámelképzelést. Ez azért is fontos, mert *a jelenlegi gazdasági szemlélet szerint a darabnak a lehető legkönnyebbnek, legvékonyabb falúnak kell lennie.* A tapasztalatok szerint ugyanis a darab geometriájának már a legkisebb változtatása jelentősen befolyásolja a fröccsöntés paramétereit, és a gyártás beindításakor sok gondot okozhat, drága szerszám módosítással járhat; pl. utólag kell beépíteni a szerszámába egy fűtött ömledécsatornát. Nagyon kellemetlen meglepetés lehet az is, ha egy nagy és bonyult formadarabról a gyártási próba során derül ki, hogy feldolgozási zsugorodása egyenetlen. Ez a hanyagság akár az egész gyártás megghiúsulását vonhatja maga után.

A formadarab tervezése előtt általában már tudják, hogy milyen tulajdonságokkal rendelkező anyagból kell azt előállítani, de az alig áttekinthető széles alapanyagválasztékban nem könnyű megtalálni az optimálisat. A választáshoz ez esetben is hasznos a szakértő igénybevétele. A legtöbb anyagszállítónak van ilyen szakértője, de ajánlatos több szállítóval is tárgyalni.

### *A szimulációhoz is érteni kell*

Ma már szinte mindent lehet számítógépen szimulálni: a zsugorodást, a vetemédést, a szálrendeződést, a beömlés kiegyensúlyozottságát, a szerszámban fellépő feszültségeket, a záróerő-szükségletet stb. Ennek ellenére a bonyolultabb formadarabok szilárdságának átfogó számítása még nincs megoldva. A szerszámkitöltés szimulálása a szerszámgyártás előtt vagy után viszont már általánosan alkalmazott gyakorlattá vált. Legtöbbször a fejlesztés szakaszának végén, a beömlőnyílás helyének kiválasztására végzik el. A legjobb megoldás megtalálásához ez már túl késő. Itt is igaz, hogy minél előbb, annál jobb.

*Azonban a legjobb analízáló program is csak annyira jó, amennyire jó a kezelője.* Minden szimulációban be kell táplálni a paramétereket és a keretfeltételeket. Gyakran megtörténik, hogy a beömlőnyílás szimulációban optimálisnak bizonyuló helye a valódi szerszámon nem valósítható meg. A kiválasztott részen pl. nincs helye a szükséges fűtött csatornának vagy tolózárnak. Ilyen részletekre a szoftvert alkalmazó munkatárs nem figyel fel, ezért legkésőbb ebben a fázisban be kell vonni egy szerszámkészítőt.

### *Fontos a megfogható prototípus*

A számítógéppel segített 3D-s tervezés és a szimulációs programok ugyan egyre jobbak, mégsem szabad kizárólag az elméleti számításokra alapozni a tervezést. Néhány évvel ezelőtt a virtuális technológiába vetett bizalom nagyon erős volt, és a tervezők szívesen elhagyták a kisebb sorozatú prototípusok gyártását. Ez gyakran költséges javítgatáshoz vagy a termék, ill. esetleg egyes részeinek újratervezéséhez vezetett. A gyors prototípusgyártáshoz ma már többféle eljárás közül lehet választani a 3D-s nyomtatástól kezdve a lézerszinterezésig, és rövid idő alatt méltányos költséggel előállítható a kézbe vehető mintadarab. Ezekon laboratóriumi vagy funkciós vizsgálatok is elvégezhetők.

Ha a kiválasztott anyag kritikus összetevője a folyamatnak, vagy ha a fröccsöntés is a saját határait feszegeti, célszerű kísérleti szerszámban kísérleti gyártást végezni. A sarkalatos kérdésekre ennek a kétségtelenül legmunkaigényesebb és legdrágább eljárásnak a végtermékhez legközelebb álló termékének bevizsgálása ad elfogadható válaszokat, amelyek alapján bele lehet vágni a gyártásba vagy le kell mondani arról. A kísérleti szerszámok előállításához leggyakrabban alkalmazott módszereket és az ilyen szerszámok jellemzőit az *1. táblázat* foglalja össze. Alkalmazásuk esetén nem szabad az aktuális költségeket alapul venni, hanem azt kell megbecsülni, hogy milyen haszon származhat az előkísérletekből a későbbi sorozatgyártáskor. Minél közelebb áll a ki-

sérleti szerszám a végső szerszámhoz, annál eredményesebb a kísérlet, és annál nagyobb kísérleti sorozatot (akár több tízezer darabot) lehet vele legyártani.

1. táblázat

A prototípusgyártó kísérleti szerszámok előállítására leggyakrabban alkalmazott eljárások néhány jellemzője

Eljárás	Leírás	Hátrametszés megvalósítása	Lehetséges darabszám	Költségek egy egyszerű szériaszáméhoz hasonlítva
Vákuumöntés	prototípus(részek) kiöntése szilikon- vagy epoxiszerszámban	a darab kivétele megfeszítéssel	10	5–10%
Alumíniumforma betétechnikával	legegyszerűbb formakontúr előállítása	kézzel behelyezett és visszahelyezett betétekkel	50–100	10–30%
Kísérleti előszerszám	kis sorozatok költségtakarékos gyártása	mechanikusan működtetett csúszkával	1000–10 000	50–70%

#### *Ahol a szimuláció segített*

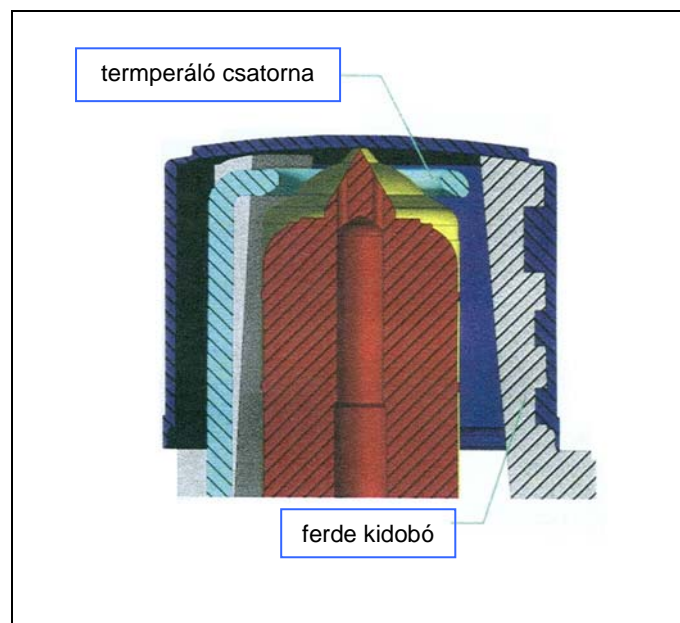
A beömlés optimális helyét is túl késő akkor keresni, amikor már a szerszámtervezés van soron. Egy kávéfőző házának szerszámkitöltési szimulációját a tervezés kezdeti szakaszában végezték el. Az optimális beömlés helye a ház egyik legjobban szembetűnő részére esett. Mivel a beömlés szinte mindig hagy látható nyomot, ide egy kis kiemelkedő elemet terveztek. A darab kiemelését megkönnyítő csúszka már előzőleg is megvolt.

Egy kéziszerszám fogantyúját kétkomponeszes fröccsöntéssel, kemény műanyag maggal és erre fröccsentett lágy bevonattal tervezték. Az első tervekben a fogantyú megmarkolható része bordás szerkezetű volt. A szerszámkitöltés szimulációja azt jelezte, hogy a bordás szerkezet helyett előnyösebb üreges fogantyút készíteni, és a bonyolultabb fröccsszerszám költségei egy év alatt megtérülnek.

#### *Példák a megvalósíthatóság elemzésére*

Egy termékfejlesztő arra szeretett volna választ kapni, hogy egy 28 mm átmérőjű kupak belső felületére lehetséges-e funkciós ütközőbütyköket ráfröccsönteni. (Ilyen ütközőbütyköket alkalmaznak gyerekektől védendő veszélyes háztartási vegyszerek csak megfelelő „trükkal” nyitható kupakjaiban.) A gyártó problémája az volt, hogy hogyan fogja a kész kupakokat kivenni a szerszámból, amelyben kontúrközeleli tempe-

rálás is szükséges a bütykök nagyon szűk mérettűrése miatt. Ezért egy lézeres fémszinterezésben és fűtött csatornák tervezésében járatos szerszámtervezőt kért fel megvalósíthatósági elemzés elkészítésére. Együttműködésük eredményre vezetett. A gyártószerszámban helytakarékosan elhelyezett ferde kidobó gondoskodik a kész kupak kiemeléséről a szerszámból, kiválasztották az aktuális műanyaghoz szükséges maximális méretű fűtött fúvókát és találtak helyet a lézerszinterezéssel elkészített kontúrt követő temperáló csatornáknak is (1. ábra). Emellett a további fejlesztés során megszüntették az anyagtorlódást. A kupakgyártó már az első minták gyártásakor meggyőződhetett arról, hogy a fröccsöntött darabok mérete tökéletes, és a fröccsciklus biztosítja a gazdaságos gyártást.



1. ábra A belső bütyköket tartalmazó kupak gyártószerszám-tervének elve a ferde kidobóval, a fűtött csatornás beömlővel és a lézerszinterezéssel elkészített temperálócsatornával

Egy háztartási gép víztartályának fogantyúját is belülről akarták formázni. Az előzetes modellt elkészítették ugyan, de a gyártó nem volt biztos abban, hogy a hozzá való fröccsszerszámban legyártható lesz-e. A fogantyú belsejében lévő hátrametszés miatt a formázáshoz szükséges magot két részből kellett kialakítani, és kivételkor a darabot el kellett fordítani, hogy ki lehessen emelni a szerszámból. A megvalósíthatóság elemzésével megbízott szerszámgyártó megoldotta ugyan a feladatot, de a gyártáshoz kiszemelt fröccsgép szerszámfelfogó lapjai közé nem fért volna el a tervezett szerszám. Mivel a gyártó nem akart új fröccsgépet venni, inkább lemondott a tervezett fogantyú gyártásáról. Így nem volt ugyan haszna az elemzésből, de megtakarított egy sokkal nagyobb felesleges kiadást.

## Ultravékony falú formadarabok fröccsöntése széles körű összefogással

Az **Engel** cég az ausztriai St. Valentinben 2012 júniusában rendezett szimpóziumán mutatta be elektromos hajtású két felfogólapos duo fröccsgépesaládjának 500 tonnás *e-duo 2440* típusjelzésű gépét, amelyen IMD technológiával (szerszámban díszítéssel) egy laptop <1 mm vastag fedőlapját fröccsöntötte 35 s ciklusidővel. A nagyméretű fröccsgép villamos hajtása teszi lehetővé a viszonylag nagy felületű és ultravékony formadarab előállításához szükséges precizitást és a rendkívül gyors, akár 1000 mm/s sebességű nyitást és zárást. A két szerszámfél párhuzamosságát a gépkezelő az álló és mozgó szerszámrészt összekötő négy rúdra ható, egyenként beállítható azonos nyomással biztosítja. A fröccsszerszámba helyezett, ugyancsak szupervékony, mindössze 20 µm-es karcolásálló polikarbonát fóliát a **Bayer MaterialScience** cég adta a bemutatóhoz. A cég díszítő fóliáival kíván hozzájárulni az elektronikus eszközök divatos, egyedi elképzelések szerinti kikészítéséhez.

Az Engel cég arra törekszik, hogy a laptopokra vagy a mobiltelefonok házára akár a tulajdonos arcképét fel tudja vinni. Ennek érdekében együttműködik az IMD technológiát fejlesztő **Zomazz** céggel (Monterey, USA), a szingapúri **Uniplas**-hoz tartozó **Inmould** céggel és a németországi **Max Petek** céggel (Radolfzell). Az utóbbi a tisztatéri gyártás szakértője. A demonstráción is az általa felállított tisztatérben dolgozott az Engel fröccsgépe. A tisztatér ellenére azonban a fólián megtapadhat valamilyen por- vagy füstszemcse. Az Engel ezért a fólia szerszámba helyezése előtt felületét egy robot segítségével kétszeresen átkefelte, (a második kefélet közvetlenül a szerszám előtt végezte). Ez a kiegészítő művelet csökkenti annak lehetőségét, hogy a fólián valamilyen szennyeződés maradjon.

A vékony falú termékek fröccsöntését a szimpóziumon a cég egy másik termék, az **Amazon** cég (Seattle, USA) *Kindle* elektronikus könyv olvasójának gyártásán mutatta be, amelynek legvékonyabb része mindössze 0,4 mm vastag. A 200 tonnás *e-motion 940* típusú gépen matt szürke PC/ABC keverékből *variaterm technika*val készítették a könyv olvasó keretét 29 s-os ciklusidővel. A szokásos könyv olvasók fényes zongorafekete kerettel készülnek; az Engel cég képviselője szerint a matt felület előállítása nehezebb. Ennek a terméknek a kifejlesztésében a franciaországi **RocTool** (Le Bourget du Lac) volt az Engel segítője, amely a szerszámot gyártotta. Az *induktív-variothermal hőmérséklet-szabályozás* következtében a kész darabokon nem jelentkeztek a nagyon vékony falú termékeken gyakran megjelenő beszívódások és folyási vonalak.

A szimpóziumon a rendező cég **MuCell** technológiával mikropórusos habszerkezetű dugaszolóházakat is fröccsöntött a **Lanxess** cég (Leverkusen) 30% üvegszálat tartalmazó *Durethan B4300* típusú PBT/ASA keverékéből. A jó méretállandóság mellett a habosítással 10% alapanyagot tudtak megtakarítani és a ciklusidő is 10%-kal csökkent. Ebben a fejlesztésben az Engel partnere az **FCI** (Mattinghofen, Ausztria) volt.

Összeállította: Pál Károlyné

Jell, Ge., Jell, Gr.: Mehrauswand bei der Entwicklung zahlt sich aus = Kunststoff, 102. k. 10. sz. 2012. p. 66–70.

Eldridge, D.: Extreme thin wall moulding = European Plastics News, 39. k. 9. sz. 2012. p. 16.