

Újszerű fröccsöntőszerszám alkalmazása a műanyag fröccsöntésben  
Kovács N. K., Kovács J. G.

Accepted for publication in Gép

Published in 2009

DOI:

# ÚJSZERŰ FRÖCCSÖNTŐSZERSZÁM ALKALMAZÁSA A MŰANYAG FRÖCCSÖNTÉSSEN

## NEW MOLD APPLICATION FOR POLYMER INJECTION MOLDING

Kovács Norbert Krisztián\*, Dr. Kovács József Gábor\*\*

### ABSTRACT

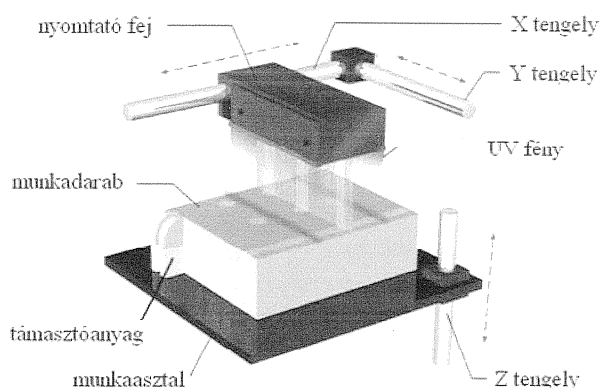
During our work, we examined the life-span of an injection mould made by Polyjet technology. We experienced that the weight of the manufactured product was decreased as an effect of the mould expansion. Furthermore we diagnosed that the temperature of the mould influenced its strength. We can improve the mould performanc with an optimised technology based and the temperature dependent material properties proper cooling.

### 1. BEVEZETÉS

Napjainkra az egyre növekvő piaci igényeknek, és a rohamosan fejlődő technológiának köszönhetően nagymértékben lecsökkent a különböző termékek fejlesztési ideje. A hagyományos, egymást követő tervezési és gyártási folyamatok helyét átvette az egyidejű szimultán gyártástervezés [1, 2]. Ebben a folyamatban igen nagy szerepe van a közbeni ellenőrzéseknek, illetve a tervezési folyamatban részt vevők közötti hatékony kommunikációnak. A gyors prototípusgyártás (RPT) mindezt jól ötvözi. A tervezés egyes fázisaiban az RPT eszközeivel készített prototípusok nagymértékben segítenek a műszaki, ergonómiai és design célok kompromisszumának megtalálásában, a termékkel szemben felmerülő követelmények pontos megfogalmazásában [3, 4]. Az utóbbi években azonban egyre nagyobb igény mutatkozik arra, hogy a készülő termékek funkcióinak érdemi teszteléséhez ne csak anyagában, hanem gyártástechnológiájában is megegyező prototípusokat (production intent material) lehessen előállítani, a hagyományos technológiák nyújtotta időtartam töredéke alatt. Ebben a törekvésben nyújt nagy segítséget a gyors prototípusgyártásból kifejlődő gyors szerszámozás (RT). Napjainkban a legfontosabb RT fejlesztési irány az olyan szerszámok gyors előállíthatóságának kidolgozása, amelyek funkcionalitásukban hasonlítanak a hagyományosan alkalmazott, forgácsolt, szikraforgácsolt, hőkezelt és köszörült acélszerszámokéhoz, de anyagukban és gyártási technológiájukban eltérőek [5-8]. Cikkünkben az Objet-PolyJet technológiával előállított szerszámbetét alkalmazhatóságát vizsgáltuk fröccsöntő szerszámbetétként. Elemeztük az elérhető maximális ciklusszámot, illetve a fellépő hőterhelés betétre gyakorolt hatását a fröccsöntési folyamat során.

### 2. OBJET POLYJET TECHNOLÓGIA

A gyors prototípusgyártási (RPT) eljárások definíciószerűen az eddig ismert anyageltávolítási módok helyett anyaghozzáadás útján rétegről-rétegre hozzák létre a kívánt modellt. Az Objet-PolyJet eljárás egy olyan technológia, amely ötvözi az eddig ismert RPT technológiákat, kiküszöbölve a kedvezőtlen tulajdonságaikat, ugyanakkor lényegesen gyorsabb, mint a többi RPT eljárás (1. ábra).



1. ábra Objet berendezés felépítése és működése [9]

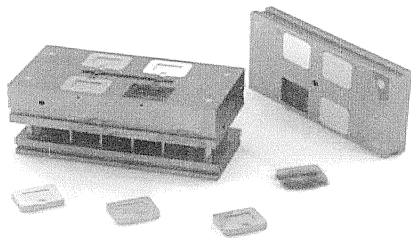
A nyomtatási folyamat során a nyomatófej a modell anyagát – amennyiben szükséges támaszanyagát – a modell keresztmetszetének megfelelően rétegenként ( $16 \mu\text{m}$ ) helyezi el a modell térben. A folyadék cseppek térhálósítását a nyomatófej előtt és mögött elhelyezkedő UV lámpa végzi. Egy réteg kinyomtatása után a munkaasztal egy rétegnyi süllyed és a nyomatófejek újabb réteget helyeznek el a modell térben. Ez a folyamat modell elkészültéig ismétlődik. Összességében elmondható, hogy a Objet berendezéssel nagy pontosságú, és jó szilárdsági tulajdonságokkal rendelkező modellek hozhatók létre rövid idő alatt [9, 10].

### 3. FRÖCCSÖNTŐ SZERSZÁMBETÉT

Ahhoz, hogy fröccsöntési kísérleteket tudjunk végrehajtani, meg kellett terveznünk, és le kellett gyártanunk a cserélhető szerszámbetéteket és az ezeket magába foglaló szerszámblokkot (2. ábra).

\*tanszéki mérnök, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Polimertechnika Tanszék,

\*\*laborvezető, egyetemi adjunktus, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Polimertechnika Tanszék



2. ábra Fröccsöntő szerszám 3D-s modellje

A betétek megtervezésénél nagyon körültekintően kellett eljárunk. Ügyelni kellett arra, hogy a termék ne legyen túl bonyolult geometriájú, továbbá, hogy alkalmas legyen további vizsgálatok – úgy mint zsugorodás és vetemedés vizsgálatok – elvégzésre is. Ezért esett végül a választásunk 20x30x2 mm méretű lapka próbatestre.

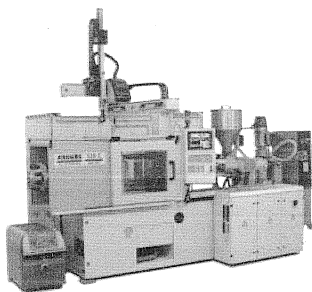
#### 4. ALKALMAZOTT ANYAGOK ÉS BERENDEZÉSEK

A szerszámbetétekbe a TVK H116F jelű PP-t fröccsöntöttünk, amelynek a tulajdonságait az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat TVK H116F -PP tulajdonságai [6]

Polipropilén (PP)	
sűrűség [g/cm <sup>3</sup> ]	0,905
olvadási/üvegesedési hőmérséklet [°C]	165
Vicat lágyulási hőmérséklet [°C]	72
viszkozitás 1000 s <sub>1</sub> -nél, 230°C-on [Pa.s]	35
hővezetési tényező [mm <sup>2</sup> /s]	0,067
zsugorodás [%]	1,2 - 2,5
nedvességfelvétel [%]	<0,1
előszárítás	nem szükséges
anyagbeömlő garat hőmérséklete [°C]	30-50
plasztikáló henger hőmérséklete [°C]	160-300 (zónától függően)
szerszámhőmérséklet [°C]	20-70
fröccsnyomás [bar]	800-1400
utónyomás	a fröccsnyomás 30-60%-a
csiga maximális kerületi sebessége [m/s]	0,9

A fröccsöntéseket a BME Polimertechnika Tanszék laboratóriumában található Arburg Allrounder 320C 600-250 típusú fröccsöntő gépen végeztük (3. ábra).



3. ábra Arburg Allrounder 320C fröccsöntő gép

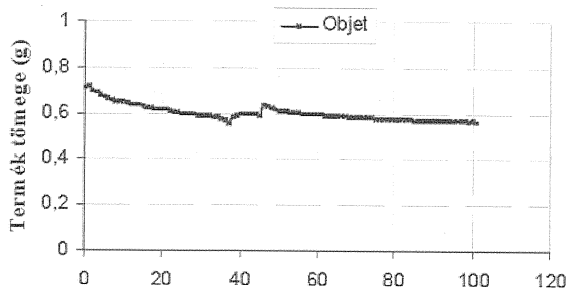
## 5. EREDMÉNYEK

Ebben a fejezetben az általunk elvégzett vizsgálatokat és azok eredményeit mutatjuk be.

### 5.1. Próbafröccsöntés

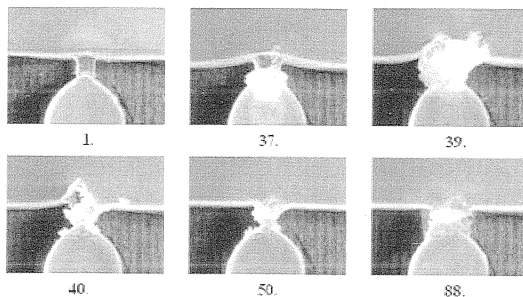
Első lépésként próbafröccsöntéseket végeztünk, amely során vizsgáltuk a szerszámbetétek kopását, illetve az elérhető maximális ciklusszámot a betétek tönkremenetele nélkül.

A vizsgálatok során 102 terméket állítottunk elő folyamatos üzemmódban. Mértük az egyes betétekbe fröccsöntött termékek tömegeit minden ciklusban, a kapott eredményeket az 4. ábra mutatja.



4. ábra Próbatestek tömegének változása a ciklusok során

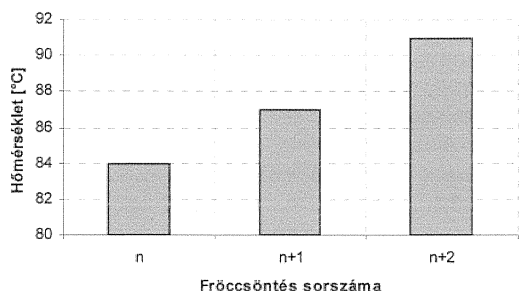
Továbbiakban, hogy vizsgálni tudjuk a gátnál bekövetkezett változásokat a ciklusok során, fényképeket készítettünk minden egyes termék gátjáról, amelyből néhány a 5. ábrán látható.



5. ábra Obj-et-es betét gátjának tönkremenetele a ciklusok folyamán

A fröccsöntött termékek tömegei, amint azt az 4. ábra is mutatja folyamatosan csökkentek, aminek az oka, hogy a ciklusok folyamán a betétek felmelegedtek, az acél szerszámok miatt a külső mérete nem növekedhetett, így a viszonylag nagymértékű hőtágulás következtében csökkent a formaüreg mérete, és kisebb mennyiségű ömledéket tudott befogadni. A görbén a 37. ciklus környékén látható egy kisebb ugrást követő hirtelen tömegnövekedés. Ez azzal magyarázható, hogy az Obj-et-es betét itt kezdett tönkremenni (5. ábra), egyre több ömledéket tudott a szerszámbetét magába fogadni. A következő hirtelen tömegnövekedés (46-47. ciklus környékén) egy a termék beszorulásából adódó ciklus leállásnak köszönhető, amely során a betétek kismértékben visszahűltek, térfogatuk megnőtt, így több ömledéket tudtak befogadni.

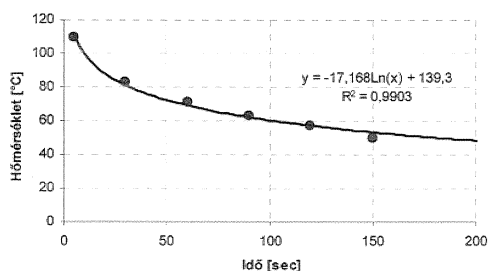
Második lépésként a betét hőterhelését vizsgáltuk, amely során a betétek felmelegedését, lehülését és a termék zsugorodásának hatásait elemeztük. Mivel nem alkalmaztunk szerszámhűtést, a fröccsöntési folyamat során a szerszámüregbe beáramló magas hőmérsékletű polimerömledék folyamatosan melegítette a szerszámot. A fröccsöntő betétek felületének három ciklus alatti felmelegedését a 6. ábra oszlopdiagramjai mutatják.



6. ábra Az Objet betét felmelegedése

A betét gyors felületi felmelegedése valószínűsíthetően az anyag rossz hővezetőképesség miatt következett be. Köz tudott, hogy magasabb hőmérsékleten rosszabbak az anyagok mechanikai tulajdonságai (szilárdsági értékei), ez alól a polimerek sem kivételek. Így ha a betéteket nem tudjuk a megadott hőmérsékleten tartani (temperálni), vagy a ciklusok között visszahűteni, akkor rövid időn belül tönkremennek. Ahhoz, hogy a szerszám megengedett maximális hőmérsékletét meghatározzuk, további méréseket kell végeznünk a szerszámot saját anyagából készült próbatesteken, több különböző hőmérsékleten.

Méréseket végeztünk még a holtidő számítására, amely során érintésmentes hőmérsékletmérővel 30 másodpercenként mértük a befroccsöntések során felmelegedett, szabad levegőn hűlő szerszámot hőmérsékletét. Ezt az időbeli változást a 7. ábra mutatja.



7. ábra Szerszámotétek lehülése

Megállapítható, hogy a rossz hővezetőképességű betétek igen lassan hűlnek csak vissza arra a hőmérsékletre, ahol már alakadásra alkalmasak, illetve megfelelő mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek. Szabad levegőn hűlve ez akár 2-3 percet is igénybe vehet. Ez alapján kijelenthető, hogy a ciklusok közötti holt idő (a betét szabad levegőn történő hűlése) nagymértékben befolyásolja a betétek élettartamát, valamint a gyártási folyamat gyorsaságát. Az RT szerszám alapanyagának hőmérsékletfüggő mechanikai tulajdonságainak és a lehülési folyamatnak (7. ábra) az ismeretében maximálható a betétek élettartama.

Próbafröccsöntések során a Objet-PolyJet eljárással készült betétek élettartamát vizsgáltuk. Példánkban az első 37 ciklus során sikerült hibátlan terméket gyártani, de azt tapasztaltuk, hogy a termék tömege és egyben mérete folyamatosan csökkent a befroccsöntések számának emelkedésével. Ennek magyarázata a szerszámotétek felmelegedése során fellépő hőtágulás, és ebből adódó szerszámüreg méret csökkenése. Ezt a méretváltozást azonban ki lehet küszöbölni a szerszámok egyenletes hőmérsékleten tarásával. Mind a felmelegedési, mind a lehülési vizsgálatokból jól látható, hogy a betétek termikus állapota jelentősen befolyásolja azok teherbíró képességét, illetve alkalmazhatóságát a fröccsöntésben. Éppen ezért a későbbiekben vizsgálni kell az Objet termék alapanyagának mechanikai tulajdonságait a hőmérséklet függvényében. A fröccsöntő betétek élettartamának növelésére megoldást jelenthet a termékek ciklusonkénti visszahűtése, például a szerszám nyitott állapotában történő hőelvonással, vagy a betétekben történő speciális hűtés kialakításával.

A próbafröccsöntéseink alapján belátható, hogy ezekből az anyagokból készült betétekkel is lehet több, hibátlan terméket előállítani, ami a gyártási eljárás vizsgálatához és kis számú prototípusdarabok előállításához elegendő lehet.

## 7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk a Bolyai János Kutatási ösztöndíj támogatásával készült. Ezúton fejezzük ki köszönetünket a Varinex Zrt.-nek folyamatos támogatásáért, az Arburg Hungária Kft.-nek a fröccsöntő gépért, valamint a Lenzkes GmbH-nak a szerszámfeldfoglalásért.

## 8. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] CZVIKOVSKY T., NAGY P., GAÁL J.: A polimertechnika alapjai, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2006
- [2] DUNAI A., MACSKÁSI L.: Műanyagok fröccsöntése, Lexica Kft, Budapest, 2003
- [3] S. UPCRAFT, R. FLETCHER: The rapid prototyping technologies, Assembly Automation, 23, 2003, 318-330
- [4] KOVÁCS J. G.: Gyors prototípus eljárások I. Az elmélet és annak felülvizsgálata, Műanyag és Gumi, 39/2, 2002, 46-50
- [5] K. DALGARNO, T. STEWART: Production tooling for polymer moulding using the RapidSteel, Rapid Prototyping Journal, 7, 2001, 173-179
- [6] C. M. CHEAH, C. K. CHUA, C.W. LEE, C. FENG, K. TOTONG: Rapid prototyping and tooling techniques: a review of applications for rapid investment casting, Advanced Manufacturing Technologies, Vol. 25, 2005, 308-320
- [7] FALK GY., BARTHA L., KOVÁCS J. G.: Rapid Prototyping -Rapid Tooling a gyakorlatban, Műanyag és Gumi, 42/3, 2005, 84-87
- [8] FALK GY., LÁSZLÓ GY., KOVÁCS J. G., TÓTH K.: Fejlesztési eredmények a Rapid Tooling területén, Műanyag és Gumi, 41/9, 2004, 365367
- [9] FALK GY.: PolyJet a Rapid Prototyping új dimenziója, Műanyag és Gumi, 43/11., 2006
- [10] Z. G. BAKI-HARI, C. G. BACILA: Objet Poly-Jet – New rapid prototyping technology, Fascicle of Management and Technological Engineering, Vol. 7, 2008, 1211-1214