

Vizsgálati módszer kidolgozása fröccsöntött termékek vetemedésének mérésére
Sikló B., Kovács J. G.

Accepted for publication in Műanyag és Gumi

Published in 2008

DOI:

Vizsgálati módszer kidolgozása fröccsöntött termékek vetemedésének mérésére*

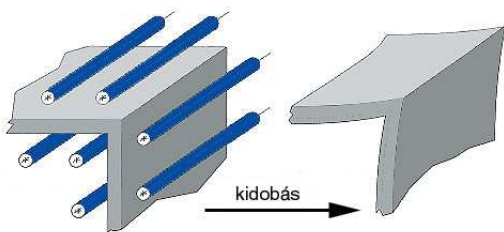
SIKLÓ BERNADETT**
okleveles gépészmérnök

DR. KOVÁCS JÓZSEF GÁBOR**
egyetemi adjunktus

1. Bevezetés

Napjainkban a polimer alapanyagú termékeket egyre szélesebb körben használják fel, amelyeknek egyik legjelentősebb és legelterjedtebb alakadási eljárása a fröccsöntés. A műszaki és precíziós fröccsöntött alkatrészeknek szigorú méretpontossággal és alakhűséggel kell rendelkezniük, amit számos gyártási paraméter együttesen határoz meg. A technológiai folyamat során fellépő zsugorodás nagymértékben befolyásolja a termék minőségét, mivel egyenletlenné válásával a darabban nem kívánt vetemedést hoz létre [1–3].

Vetemedés alatt azt a fröccsöntés során előforduló hibát értjük, amikor a termék felületei az egyenetlen zsugorodás és a belső feszültségek hatására eltorzulnak. A deformáció egyik okozója a darab belsejében fellépő, lokálisan eltérő zsugorodás, amit a heterogén kristályszerkezet és a térfogati zsugorodás okoz [3, 4]. A vetemedést okozhatja az orientáció is, vagyis az áramlás- és a keresztirányú zsugorodás aránya [3, 5]. A harmadik tényező a szerszám hűtése, amely jelentősen befolyásolja a darabban kialakult deformációt. A termékek összetett geometriája következtében a szerszám egyenletes temperálása a gyakorlatban sokszor nehezen oldható meg. A két szerszámfél egyenetlen hűtése következtében a darab oldalai eltérően hűlnek le, aminek eredményeképpen zsugorodás és vetemedés alakul ki a termékben, így az a „melegebb” szerszámfél felé hajlik meg [6]. Ha a csésze és a mag eltérő geometriájú, mint pl. sarkok esetén, a formamag hűtése nehezen oldható meg, így hőmérséklete magasabb lesz, mint a szerszám beömlő felőli oldala.



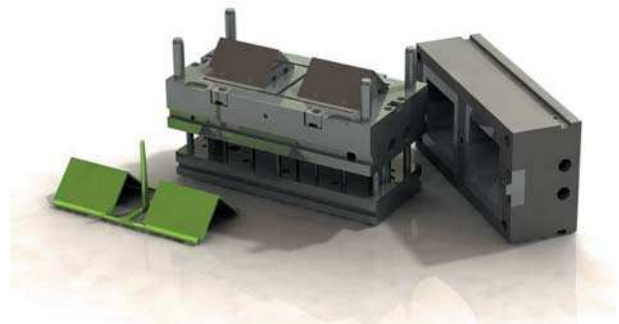
1. ábra. Sark kialakításból származó egyenetlen hűtés hatása a vetemedésre [1]

A termék belső falai ezért lassabban hűlnek le, nagyobb mértékben zsugorodnak, aminek hatására a sarok „befe-lé” vetemedik [1–3, 6] (1. ábra).

Sokan sokféleképpen próbálták a vetemedést vizsgálni, illetve leírni [3, 7, 8], de általánosítható mérési módszert a mai napig senkinek sem sikerült bevezetnie. Munkánk célja az alkatrészek sarkainál kialakuló vetemedési folyamatok vizsgálata és az egyes tényezők vetemedésre gyakorolt hatásának feltárása, amelyhez újfajta próbatestet és szerszámot terveztünk.

2. Vizsgálati módszer

Az elemzések elvégzéséhez egy olyan geometriájú terméket terveztünk, amelyen megfelelően elemezhető a vetemedés alakulása. Ezen túlmenően megterveztünk egy olyan szerszámot, amellyel a különböző technológiai paraméterek vetemedésre gyakorolt hatásának vizsgálata lehetséges (2. ábra). A sarokhatást, valamint a deformáció alakulását a szerszámfelek eltérő hőmérséklete közt fennálló különbség függvényében szimulációs programmal tanulmányoztuk.



2. ábra. A próbatest és a cserebetéteket tartalmazó szerszám

2.1. A próbatest

A műanyag termékek sarkainál kialakuló vetemedési folyamatok és az egyes tényezők vetemedésre gyakorolt hatásának feltárásához a 2. ábrán látható terméket alkalmaztuk. A próbatesttel szemben támasztott legfontosabb kritérium az oldalak által bezárt 90°-os szög kialakítása

*A közlemény a Strack Szerszámgyártó Kft., 2083 Solymár, Rönk utca 3627. anyagi támogatásával jelenik meg.

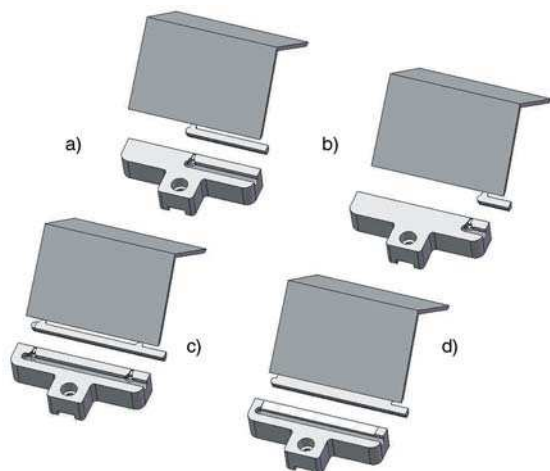
**BME Polimertechnika Tanszék

volt, amelyhez viszonyítva a későbbiekben a technológia okozta deformációk mérhetővé válnak. A próbatestnek két változata van, amelyek falvastagságukban (1, illetve 2 mm) különböznek egymástól, és az egyszerűbb gyártathatóság, valamint a szerszámkialakítás érdekében az oldalvégeken 45°-os letérés található.

2.2. A fröccsöntő szerszám

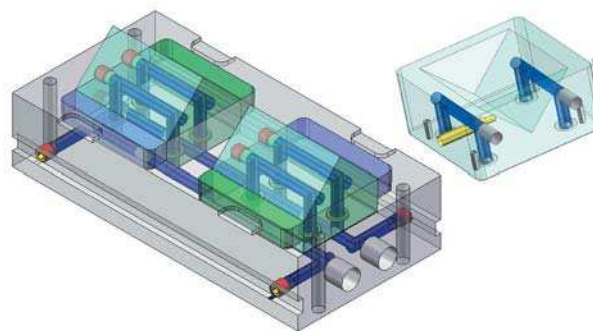
Olyan cserebetétes szerszámot (2. ábra) terveztünk, amellyel a vetemedés különböző temperálási és szerszámkialakítási elemzése lehetséges. A fészkek és a betétek megfelelő elrendezése mellett nagy hangsúlyt kellett fektetni a pontos illesztésre, amivel lehetővé vált a szerszámokban a gátkialakítások cseréje.

A különböző befroccsöntési módok vetemedésre gyakorolt hatásának vizsgálhatóvá tételéhez a próbatesten végzett kitöltési szimulációk alapján választottuk ki azokat a gáttípusokat, amelyeket a szerszám tervezése során alkalmaztunk. Ezeket a variációkat a 3. ábra szemlélteti. A különböző esetek használata a gátrészt tartalmazó, ún. elosztó betétek cseréjével lehetséges, aminek megkönnyítése érdekében a rögzítésük felülről történik, és a szerszámából való könnyebb kiemelésüket horony segíti. A próbatestek egyoldali, illetve kétoldali kitöltésének elemzésére az elosztócsatorna elágazásokban terelőbetétek találhatóak, amelyek forgatásával Z-, illetve H-elrendezésű csatornakialakítással is lehet fröccsönteni.



3. ábra. Próbatest kitöltési variációk és elosztóbetétek. Befroccsöntés: a – közepén; b – szélén; c – két ponton; d – film gáttal

A temperálás (4. ábra) nagymértékben befolyásolja a saroknál kialakuló vetemedést, ezért a megfelelően hatékony hűtés kialakítása elengedhetetlen. Ennek érdekében a formaüreget a lehetőség szerint legjobban megközelítő, párhuzamos hűtőfuratok haladnak keresztül a betéteken, így mind a belépő, mind a kilépő ág átvezet ezeken.



4. ábra. Mozgóoldali szerszámfél és álló oldali szerszámvetét temperálása

2.3. Szimuláció

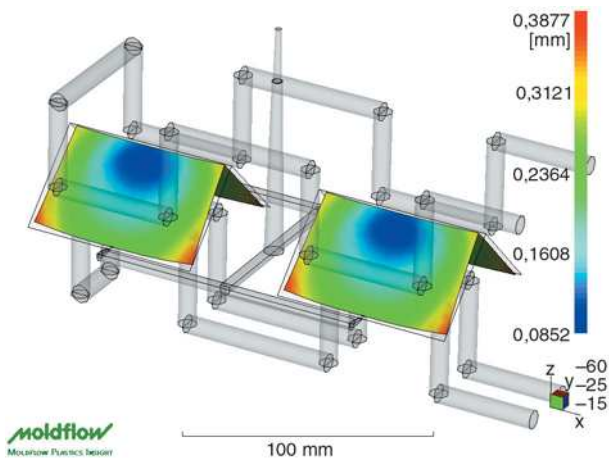
A 2 mm vastag virtuális próbatesten végzett szimuláció révén a sarokhatást, valamint a szerszámfelek hőmérsékletkülönbségének vetemedésre kifejtett hatását elemeztük *Moldflow Plastics Insight* (MPI) programmal. A zsugorodást és a vetemedést a modellen kétoldali befroccsöntés mellett, az élek közepénél elhelyezkedő standard gát (3b. ábra) alkalmazásával vizsgáltuk. Alapanyagként polipropilént választottunk, az ömledék hőmérsékletét 230°C-nak, a szerszám hőmérsékletét 40°C-nak vettük.

A második szimulációs analízissel az eltérő temperálás vetemedésre kifejtett hatását vizsgáltuk egyoldali, az élek közepénél elhelyezkedő standard gátkialakításával. Az álló oldal hőmérsékletét 40°C-ra állítottuk, míg a mozgó szerszámoldal hőmérsékletét 40 és 80°C között változtattuk 15°C-onként. A vetemedés alakulását, valamint a hűtés, a zsugorodás, az orientáció és a sarokhatás eredményeként létrejövő maximális deformációk változását vizsgáltuk a hőmérsékletkülönbség növekedése mellett.

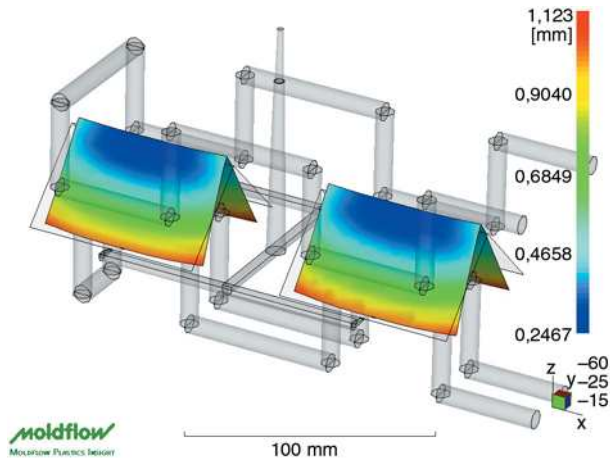
3. Eredmények és értékelés

A sarokhatás vizsgálata során, az azt figyelmen kívül hagyó szimulációs analízis esetében, a deformáció a sarokél közepétől kiindulva ötszörösére növekedett sugárirányban (5. ábra), a legnagyobb vetemedés a saroknál volt megfigyelhető (0,39 mm), és a darab csak kis mértékben zsugorodott rá a magra (6. ábra). Az egyes vetemedést befolyásoló tényezők tekintetében az eltérő hűtés hatása a lapélek mentén okozta a legerőteljesebb deformációt, ami 0,07 mm volt, és a sarokél irányába fokozatosan csökkent. A vetemedést leginkább az eltérő zsugorodás okozta, ami a sarok- és a lapcsúcsok területén volt a legszámottevőbb (0,35 mm). Az orientáció a deformációra csak csekély mértékben, a lapélek mentén volt hatással.

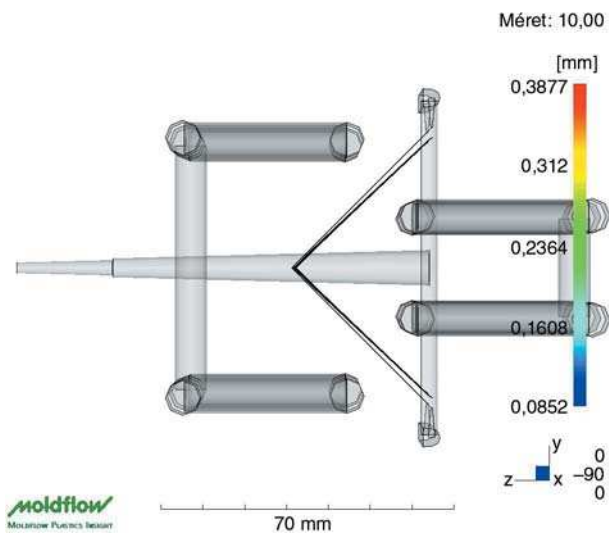
A sarokhatás figyelembevételével elvégzett szimulá-



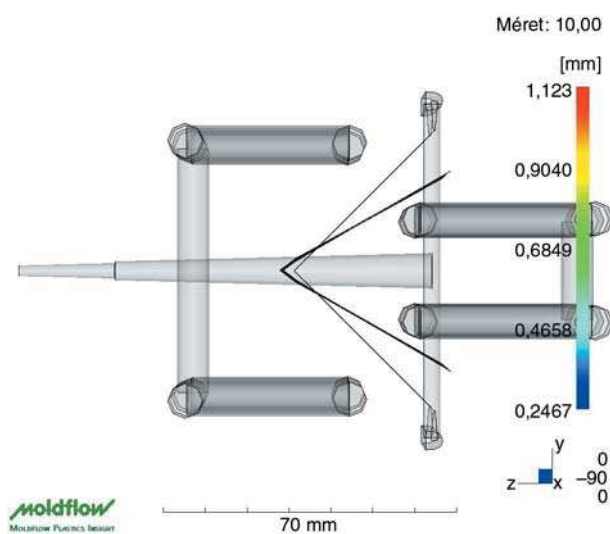
5. ábra. Deformáció tízszeres nagyítás mellett a sarokhatás figyelembevétele nélkül



7. ábra. Deformációk tízszeres nagyítás mellett a sarokhatás figyelembevételével



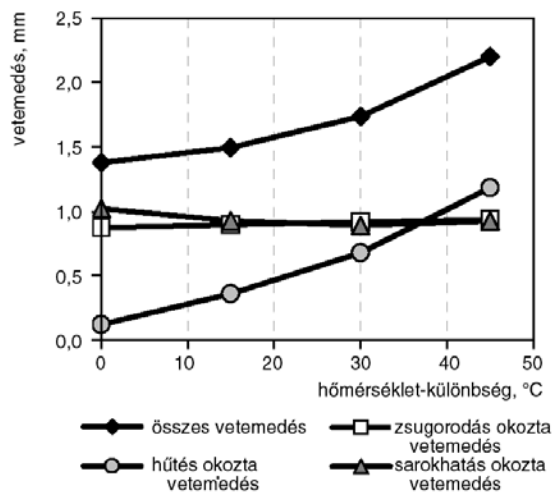
6. ábra. Sarok próbatest deformációja a sarokhatás figyelembevétele nélkül tízszeres nagyítás mellett – oldalnézet



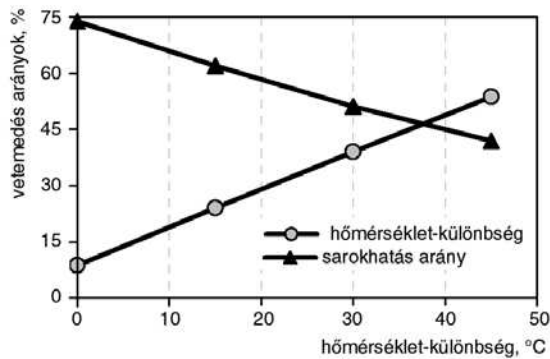
8. ábra. Sarok próbatest deformációja a sarokhatás figyelembevételével tízszeres nagyítás mellett – oldalnézet

ció eredményei szerint (7. ábra), a deformáció közel háromszorosára, 1,12 mm-re nőtt, amelynek 74%-át a sarokhatás okozta a próbatesten, és ezenkívül a magra is erőteljesebben zsugorodott rá (8. ábra).

Az eltérő hűtés hatásait vizsgáló szimuláció esetében megfigyelhető, hogy a vetemedés a hőmérsékletkülönbség emelkedésével növekedett (9. ábra), mértékét leginkább a hűtés okozta deformáció befolyásolta, amíg a zsugorodás és az orientáció hatására létrejövő vetemedés a vizsgálatok alkalmával csak elenyésző mértékben változott. A deformáció legnagyobb hányada a két szerszámfél azonos temperálása mellett a sarokhatásból származott, ami a hőmérsékletkülönbség növekedésével fordítottan arányosan csökkent (10. ábra). Ezzel ellentétben azonban, a szerszámfelek eltérő temperálása közti hőmérsékletkülönbség emelkedésével a hűtés okozta deformáció aránya, a szélsőséges eseteket is figyelembe véve, közel 9%-ról mintegy 54%-ra nőtt (10. ábra).



9. ábra. A vetemedés alakulása



10. ábra. Az egyes tényezők hatásából származó vetemedés mértéke a teljes vetemedéshez viszonyítva a hőmérsékletkülönbség változásával

Bár a teljes vetemedéshez viszonyítva a sarkokhatásból származó deformáció a hőmérsékletkülönbség növekedésével csökkent (10. ábra), értéke csak kis mértékben módosult az egyes szimulációs elemzések esetében, ami arra enged következtetni, hogy a kialakult deformáció nagyságát legerőteljesebben az eltérő temperálás hatása fokozta.

4. Összefoglalás

A fröccsöntött termékek sarkainál kialakuló vetemedést és az egyes tényezők deformációra való hatását vizsgáltuk az általunk tervezett termék- és szerszámgeometriával. Szimulációs vizsgálatokkal elemeztük a sarkokhatás vetemedésbeli szerepét, valamint az eltérő temperálás vetemedésre gyakorolt hatását, amelyről megál-

lapítottuk, hogy a szerszámfelek temperálása közti hőmérsékletkülönbség növelésével a vetemedés mértéke arányosan nőtt.

A szerzők köszönetüket fejezik ki Strack Mátyásnak, a Strack Szerszámgyártó Kft. tulajdonosának a szakmai segítségért és a cikkben szereplő szerszám elkészítéséért.

Irodalomjegyzék

- [1] Malloy, R. A.: Plastic Part Design for Injection Molding, Carl Hanser Verlag, Munich Vienna New York, 1994.
- [2] Shoemaker, J.: Moldflow Design guide, Hanser Publishers, Munich, 2006.
- [3] Fischer, J. M.: Handbook of molded part shrinkage and warpage, Plastics Design Library, 2003.
- [4] Belina, K.; Relling, M. T.: Fröccsöntött termékek méretváltozásának szerkezeti okai, Műanyag- és Gumiipari Évkönyv, 49–50 (2003).
- [5] Akay, M.; Ozden, S.; Tansey, T.: Prediction of process-induced warpage in injection molded thermoplastics, Polymer Engineering and Science, 36, 1839–1846 (1996).
- [6] Kovács, J. G.; Bercsey, T.: Mold properties influence on injection molded part quality, Periodica Polytechnica, Ser. Mech. Eng., 49/2, 115–122 (2006).
- [7] Kikuchi, H.; Koyama, K.: Generalized warpage parameter, Polymer Engineering and Science, 36, 1309–1316 (1996).
- [8] Kovács, J. G.; Renner, G.: Construction of pre-deformed shapes for injection molding tools, Proceeding of the 8th Polymers for Advanced Technologies International Symposium, Budapest, Hungary, 13–16. September 2005.