

2.2 | Vízrel segített fröccsöntés

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés;
gázzal segített fröccsöntés;
vízzel segített fröccsöntés;
eljárások; gépgyártók; alapanyagok.*

A vízzel segített fröccsöntés az üreges vagy részben üreges tárgyak gyártásának legújabb útja. Az eljárás annyiban hasonlít a gázzal segített fröccsöntéshez, hogy a szerszámüregnek csak egy részét töltik ki műanyaggal, majd az ömledéket vízzel (gázzal segített eljárásnál nagynyomású inert gázzal) nyomják tovább a szerszámüregbe, ezáltal lesz üreges a termék. A vízzel segített technológia (WIT) nagy előnye, hogy az anyagot belülről közvetlenül hűti. A víz hővezető képessége 40-szer, hőkapacitása 4-szer nagyobb a gázénál. A hűtési ciklusidő így negyedannyi, mint a gázoknál. Az új eljárással vékonyabb és egyenletesebb falvastagságú termékek gyárthatók, ami anyagmegtakarítást jelent. A termékek belső felülete simább. Jólal hosszabb üreges termékek (akár 3 m hosszú!) állíthatók elő, mint gáz segítségével, ezáltal a fröccsöntés versenyképesebbé válik a fúvással szemben.

Ezzel a technológiával számos európai fröccsgépgyártó foglalkozik. A WIT kutatásnak az első nagy lökést a német Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) 1998-as tanulmánya adta. Az intézet ma is aktív ezen a területen. Németországban a WIT kereskedelmi használata még korlátozott, de a fejlesztés igen intenzív. Mivel új technológiáról van szó, számos kérdést kell még tisztázni (pl. megfelelő vízhőmérséklet, nyomás, folyási sebesség alkalmazása, a belső vízhűtés hatásai, a polimerek kristályosodása és a termékek tulajdonságai). A fröccsnyomás és a feldolgozási paraméterek nem változhatnak, mialatt a vizet bevezetik. Ezért fontos kérdés, hogyan és hol vezessék be és el a vizet, milyen szerszámot és szabályozórendszert alkalmazzanak. Ezeket a tényezőket is figyelembe véve még nem kell számítani arra, hogy a WIT kiszorítja a gázos technológiát.

Több gépgyártó gázos fröccsöntő gépét alakítja át vízzel való működésre. Jelenleg 7 cég kínál WIT technológiát, ezek közül a Battenfeld Aquamold, az Engel Watermelt, a Ferromatik Milacron Europe Aqua-Press néven. További gyártók az Alliance Gas Systems, a Cinpres Gas Injection, a Maximator és a Project Management Engineering (PME). A Rhodia Engineering Plastics alapanyaggyártó saját, kereskedelmi forgalomba nem hozott WIT rendszert fej

lesztett ki, amellyel anyagvizsgálatokat végez. A gépgyártók a ciklusidő csökkentésével próbálják vonzóvá tenni gépeiket Észak-Amerikában.

A víz és a gáz között a legnagyobb különbség az, hogy a gáz összenyomható, míg a víz nem. Amikor a vizet az ömledékbe injektálják, szilárd határfelület vagy nagy viszkozitású hártya alakul ki a víz/ömledék érintkezésénél. Ez a hártya nyomja előre a megömlött anyagot, és a polimer nem tudja kiszorítani a vizet. Ez a víznek a gáznál nagyobb viszkozitásának és összenyomhatatlanságának köszönhető. A viszkózus front „faltörő kos”-ként halad előre az ömledékben, és hűti azt, miközben a víznyomás hatására a polimer kitölti a szerszámüreget. Gázzal segített fröccsöntésnél 20–170 bar, vízzel segítetténel 300 bar nyomást hoznak létre.

A gáz áthatolhat a polimerrétegen, és eltávozásakor érdes belső felületet hagyhat hátra, amit a túl nagy gáznyomás, a túl hosszú tartózkodási idő vagy mindkettő eredménye. A gáz tulajdonképpen habosítószerként működik. A gáz, ellentétben a vízzel, a terméken belül kisebb folyási áramokra ágazhat szét, és nemkívánatos hatásokat okoz. A gáz előre nem látható viselkedése nagyon nehézé teszi a falvastagság szabályozását, míg a vízzel a falvastagság egységes és reprodukálható. A gáz nem hűti le az anyagot. (Létezik egy gázzal segített technológia, amelyet a Warwick Manufacturing Group fejlesztett ki KoolGas néven. Ennél a technológiánál úgy növelték a hűtés hatásfokát, hogy a gázt $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra hűtötték le és/vagy nagy, max. 75 l/min sebességgel cirkuláltatták az anyagon át.)

A zsugorodás és a beszívódás csökkentésére az ömledék befroccsentes előtt a szerszámot a gázzal nyomás alá kell helyezni, vagy a gázt a termék nem látható része és a szerszám között kell bevezetni. A víz valószínűleg felsértené a termék felületét, ezért erre a célra nem használható. A szerszámgyártók óva intenek attól, hogy a WIT technológiát nagyméretű, többfeszkes szerszámokban használják. A szerszámok általában 4–6 üregesek, 12–16 üregnél a folyamatszabályozás nehezebbé válik.

Üreges alkatrészek, üzemanyag-vezetékek és -rendszerek, fogantyúk, tetőcsomagtartók, műszerfalak, lökhárítók, ajtókilincsek, kuplungok és kormányrúd-támasztók gyártása lehet az a terület, ahol a WIT technológia először teret nyerhet. További lehetőségek: gyerekhordozó eszközök, konyhai tárgyak fogantyúi, irodai bútorok, lapátok, polcok és általános célú szerelvények.

A vízzel segített fröccsöntés első kereskedelmi terméke a Sulo GmbH műanyag bevásárló kocsija volt 1998-ban. A felhasznált PP alapanyag az A. Schulman-tól, a WIT technológia a PME-től származott. A fröccsöntött termékek átmérője 20–60 mm, hossza 800–1500 mm volt. A PP kocsi gázzal segítve 280 másodperc, vízzel segítve 68 másodperc alatt fröccsöntötték. Az Engel cég szerint egy 30% üvegszálat tartalmazó poliamid láncfűrész fogantyúja 30 másodperc alatt fröccsönthető vízzel, míg gázzal ez 68 másodpercig tart. A Ferromatik cég egy PP alkatrészt, amelyet hagyományosan 60 másodperc

ciklusidővel fröccsönt egyfészes szerszámban, gázzal segítve 40 másodperc, WIT-tel 30 másodperc alatt gyárt.

Az IKV két anyagból fröccsöntött sportütőket a Battenfeld Aquamold eljárásával. Az eljárás három lépésből áll, két anyaggal és a vízzel. Az első lépésben az ütőnyelet és a keretet alakították ki 20% üvegszállal töltött PP-ből. A második lépésben az ütő hálórészét készítették el töltetlen PP-ből. A harmadikban a vizet injektálták az ütőkeretbe. Az utóbbi két lépés egy időben megy végbe.

A PME 6-8 mm átmérőjű üvegszálal poliamidcsöveket készített gázzal és vízzel fröccsöntve. Gázzal segített fröccsöntéssel a termék falvastagsága 2-3-szor nagyobb. WIT technológiával a falvastagság 2 mm-re csökkenthető, rövidebb ciklusidő alatt. A WIT alkatrész kevesebb anyagfelhasználással is jobb mechanikai tulajdonságokat mutatott.

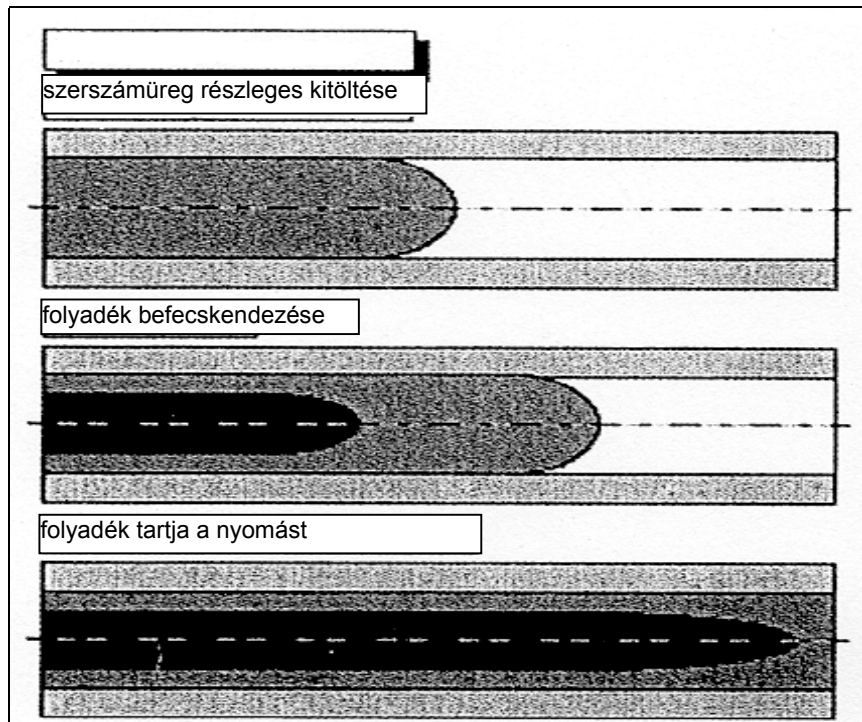
A WIT technológia területén a PME játssza a vezető szerepet. 2001-ben 12 működő rendszere volt, amelyekkel kereskedelmi és kutatási célokra gyártottak termékeket (pl. nagy darabszámban különböző fogantyúkat, ill. a BMW számára vizsgáltak gépjármű-csővezetéseket). Az Alliance cégnél 2–3 olyan terméket választanak ki, amelyeket WIT technológiával gyártanak, a megmaradtakat pedig gázzal fröccsöntenek. A WIT-tel szeretnék csökkenteni a falvastagságot és a ciklusidőt. A Battenfeldnél és az Engelnél 8–10 kísérleti munka folyik egy időben, a Cinpresnél 5 termék kereskedelmi bevezetését tervezik az autóipar számára. Mindegyik esetben a gázos és a vizes technológia összehasonlítását végzik.

A jelenlegi WIT eljárások

A vízzel segített fröccsöntés négy eljárással valósítható meg jelenleg, az egyes lépések hasonlítanak a gázos fröccsöntési technológiához. Ami változik, az az ömledékkel való szerszámkitöltés, a víz bevezetési és eltávolítási módjai.

Gyors belövéses eljárás (short shot, 1. ábra)

Nevezik felfúvó vagy buborékeljárásnak is. A szerszámüreget az ömledékkel csak részben töltik ki. A vizet az ömledék befröccsöntése előtt vezetik a szerszámba, ami előrenyomja az anyagot az üreg végéig. A fröccsegységéből jövő ömledék és a víz útját szelepekkel zárják le. Egy kioldó szelep megnyitásával a víz eltávozik a termékből, amit sűrített levegővel is elősegítenek.



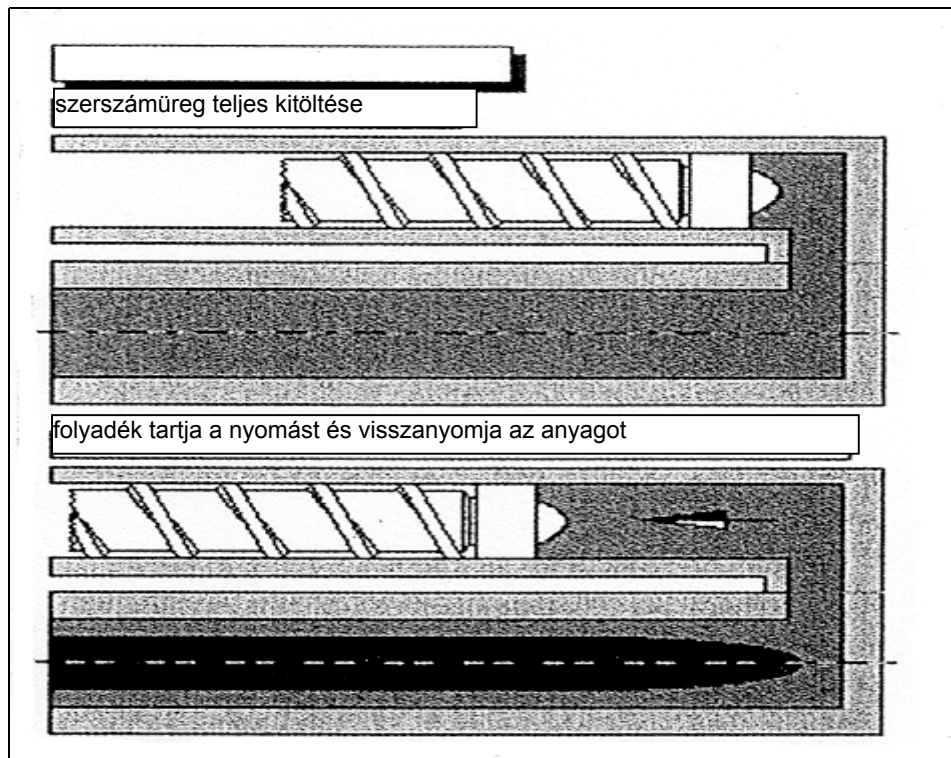
1. ábra Gyors belövéses (short shot) eljárás

Ez a módszer jól használható nagyon vastag alkatrészek előállítására. Nem képződik hulladékanyag, nincs szükség regranulálásra. A víz (és levegő) bevezetése és kilépése azonos vagy közel azonos ponton történik. A hátrányok közé tartozik a szűk szabályozási lehetőség. Túl kevés anyag alkalmazásával a víz „szétrobbanthatja” az ömledéket a szerszámiban. A víz nyomásának nagyobbnak kell lenni az ömledékénél, hogy azt előre tudja nyomni a teljes szerszámkitöltésig. Az ömledék és a víz befecskendezése közötti átkapcsolási pont bizonytalansága a termék felületén meglátszódhat, ezért A osztályú felületi minőség nem érhető el.

Visszatolósos eljárás (pushback, 2. ábra)

Első lépésben az ömledék teljesen kitölti a szerszámüregét. Az ömledék végénél elhelyezett befecskendező tűskét megnyitva a beáramló víz az ömledékfelesleget visszanyomja a fröccsegység üres fejrészébe. Az eljárás előnye, hogy nincs hulladékanyag, és a felület minősége A osztályú. Hátránya, hogy speciális tűskére és biztosítógyűrűre van szükség az anyag fröccsegységbe való visszajuttatásához. Biztosítani kell azt is, hogy víz ne hatoljon be a fröccsegység fejrészébe, mivel ez higroszkópos anyagoknál (pl. poliamid) problémát okozhat. A művelet minden részében szabályozni kell a nyomást, hogy egyenletes, ismert mennyiségű anyag kerüljön vissza fröccsrészbe. A

visszakerült anyag hőmérséklete és nyomása eltérő lehet a hengerben levőtől, ami kihat a következő ciklusra. A levegő és vízszállító rendszereket külön kell választani.

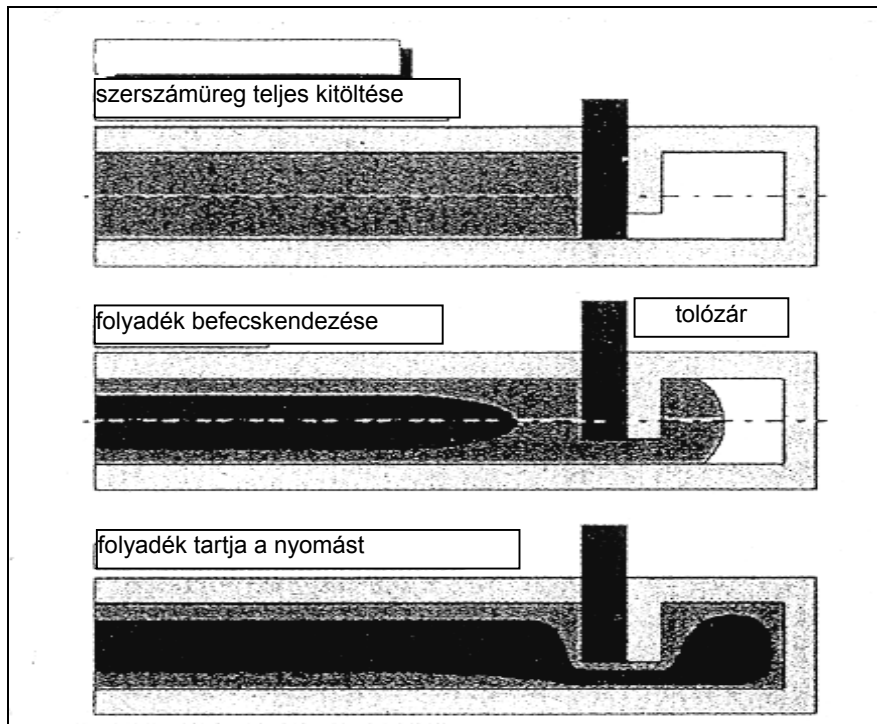


2. ábra Visszatolósos (pushback) eljárás

Túlfolyásos eljárás (overflow, 3. ábra)

A szerszámüregtet az ömledék teljesen kitölti, majd tolózárrel lezárják. A víz egy különálló tuskén keresztül áramlik be, mialatt a tolózár megnyitja a fő üregből a másodlagos vagy túlfolyó üregbe vezető utat. A bejövő víz szorítja ki az ömledéket ebbe az üregbe, amit egy másik tolózárrel zárnak le, hogy a szerszámban tartani tudják a nyomást a hűtés alatt. A vizet gravitációs úton vagy párologtatással távolítják el.

Ezzel az eljárással A osztályú felületi minőség érhető el. Ez a módszer közelít legjobban a hagyományos eljáráshoz. Kisebb víznyomásra van szükség, mint az első eljárásnál. Hátrány, hogy az ömledék magjából kikerülő anyag újrafeldolgozással hasznosítható.

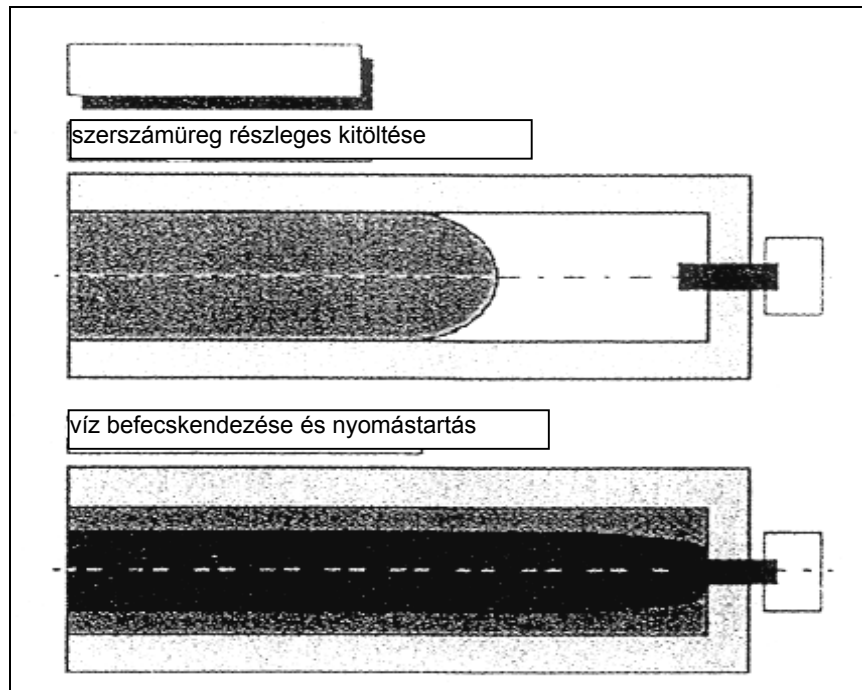


3. ábra Túlfolyásos (overflow) eljárás

Átfolyásos eljárás (flow process, 4. ábra)

Az első és a harmadik eljárás kombinációjának tekinthető, a víz teljesen átaramlik az ömledéken, növelve a hűtési hatásfokot. A szerszámüreg az ömledék kezdetben csak részben tölti ki, ezután vezetik be a vizet, ami előre-nyomja az anyagot a teljes kitöltésig. A szerszámfalnál egy speciális szelepet helyeztek el, ami nyitás után a vizet a recirkulációs körbe vezeti. Előnynek számít az anyagmegtakarítás és az erőteljes hűtés. Hátrány, hogy a termék felülete nem szép, és a kis nyomás miatt a víz a szerszám felülete és az anyag közé szivároghat.

A WIT eljárások egyik fontos tényezője, hogy a vizet el kell távolítani. Ez sokszor gravitációs úton történik, de támogatják a gázzal való tisztítást is. Az Alliance Gas Systems nagy nyomású gázt alkalmaz a víz kiszorítására. A felhasználók szerint a víz bevezetésének és eltávolításának teljes folyamata csak néhány másodpercet vesz igénybe. A kereskedelemben kapható WIT gépek különálló vízellátó rendszerét nyomás-, hőmérséklet- és áramlásszabályozóval látják el. Ezek számos esetben vízszűrőt is tartalmaznak. Mindegyik gyártónak saját, speciális vízbefecskendező megoldása van. A maximális víznyomás és az áramlási sebesség a különböző rendszerektől függ. Legtöbbször a fröccsegységből érkező jel ad utasítást a ciklus megindításához.



4. ábra Átfolyásos eljárás (flow process)

A Battenfeld Aquamold rendszere az Airmould gázos berendezésből származik. A mozgó egység szabályozása érintő képernyős. A szabályozás a fröccsnyomáson keresztül Unilog B4 rendszerrel is megoldható. A víznyomás legfeljebb 300 bar, a víz áramlási sebessége 60 l/min. A víznyomást legfeljebb 9 lépésig lehet előre beállítani. A kompakt nyomásszabályozó egységet a szerszámhoz közel építették be. A víz befecskendezése és eltávolítása azonos helyen történik. Egy másik egységen keresztül a víz gázzal is eltávolítható. A nyomásgenerátor más fröccsöntő géphez is csatlakoztatható.

A Cinpres Gas Injection a témában a Factor Maschinen & Anlagentechnik GmbH-val fejlesztett közösen. Berendezésükben a víznyomás több mint 200 bar, míg a folyási sebesség 1 l/min. Az Engel cég Watermelt eljárásában a nyomás maximuma 200 bar, míg a Ferromatik Milacron Aquapress technológiájában 300 bar. Az utóbbiak nem tartják kizártnak az 1000 bar elérését sem.

A Maximator WID-Technik rendszere a gázzal segített GID technológián alapul. Az áramlás sebessége percenként 23 l, a víznyomás legfeljebb 500 bar. A nyomás 10 lépéses profilban állítható be. A cég most próbálja ki a Bayer AG-val közösen fejlesztett új, teljesen hidraulikus fúvókáját.

A PME újítása az érintő képernyős szabályozás és a vízcirkulációs szerszámhőmérséklet- és forrócsatorna-szabályozás. A cég 18 féle fúvókát kínál a vizes fröccsöntéshez. A standard megoldásban a folyási sebesség 27 l/min, a nyomás 240 bar, míg egy másik modellnél 130 l/min és 340 bar.

Feldolgozható anyagok

A WIT technológiához alkalmazható alapanyagok fejlesztésében Európában a BASF, a Bayer, a DuPont, a Rhodia és az A. Schulman vesz részt. Kereskedelmi alkalmazásra eddig a poliamid 66-ot és a PP-t ajánlják, de vizsgálják a polikarbonátot, az ABS-t, a PC/ABS-t, az ütésálló PS-t, a PBT-t, az acetálokat és a kopoliészter TPE-eket is.

A DuPont cég Zytel EFE73-92 jelű, 30% üvegszálat tartalmazó poliamid 66 polimere alkalmas 25 mm átmérőjű autóiipari hűtővezeték gyártására. Gázzal segítve 60 másodperc, vízzel segítve 35 másodperc alatt készül el egy ilyen termék. Más hőre lágyuló műanyagokat is vizsgálnak, pl. a Hytrel poliészter TPE-t, acetálokat és PBT-t. A fejlesztések több mint másfél éve tartanak, az anyagok kereskedelmi bevezetését autóiipari célokra 2003-ra tervezik.

Sokan felteszik azt a kérdést, vajon a WIT esetében a kristályos polimerek gyors lehűtése okozhat-e változást a kristályos szerkezetben, így a termékek tulajdonságaiban. Az eddigi információk azt mutatják, hogy ez nincs észrevehető hatással az anyag mikroszerkezetére. Ugyanakkor makroszkopikus hatások előfordulnak. Kristályos anyagok gyors hűtésekor felületi héjrteg alakul ki. A felületi hibák elkerülésére ezért célszerű lenne a lassúbb kristályosodási sebesség megvalósítása. A gyors hűtés a kristályos poliamidból gyártott termék falában zsugorodásból származó lyukakat okozott. A DuPont és az Engel úgy próbálja ezt kiküszöbölni, hogy melegebb vizet injektál be. A 60 °C-os víz a poliamidra nem volt hatással.

(Dr. Lehoczki László)

Knights, M.: Water injection molding makes hollow parts faster, lighter. = *Plastics Technology*, 48. k. 4. sz. 2002. p. 42–47, 62–63.

Birnbaum, G.: IKV für WIT ausgezeichnet. = *Kunststoffberater*, 47. k. 5. sz. 2002. p. 5–6.