

A fröccsnyomás hatása az ABS mechanikai tulajdonságaira
Dogossy G., Kovács J. G.

Accepted for publication in Műanyag és Gumi
Published in 2003

DOI:

A fröccsnyomás hatása az ABS mechanikai tulajdonságaira

DOGOSSY GÁBOR*

szigorló gépészmérnök

KOVÁCS JÓZSEF GÁBOR*

Ph.D hallgató

1. Bevezetés

Napjainkban a fröccsöntés a polimerek egyik legfontosabb alakadási eljárása [1]. A fröccsöntött termékek tervezésekor számos, a technológia során fellépő hatást figyelembe kell venni.

A fröccsöntés során minden esetben keletkeznek a termékben gyenge helyek [2], melyek kritikusak lehetnek az alkalmazás során. A gyenge hely lehet a beömlési pont, szennyeződés helye, a rossz konstrukció okozta beszívódás (lunker), vagy ömledékfront találkozás esetén összecsapási- vagy összefolyási vonal [3].

Az összecsapási hibahely sokféleképpen alakulhat ki (több gát esetén, változó falvastagság, illetve betét miatt). Sok esetben elkerülhető konstrukciós változtatással, de van olyan eset is, amikor a fröccsöntési paraméterek helyes megválasztásával kell a hegedés megfelelő szilárdságát elérni [4].

A fröccsnyomás növelésével nő az összecsapás „jósaági tényezője” (WL-factor [5]). Különböző műszaki műanyagok esetén (PA, PPS, PP, PPO, ABS) a szerszám- és ömledékhőmérséklet, valamint az utónyomás és a fröccsöntési sebesség külön-külön csak kis mértékben változtatja a hegedési hibahely jószágát [3]. Ha viszont együtt változtatjuk ezeket, nagy utónyomás, nagy ömledék- és alacsony szerszámhőmérséklet esetén kapjuk a legnagyobb jósaági fokot. A fröccsöntési sebesség anyagtól függően javíthatja, illetve ronthatja a hegedési hely minőségét. A PPO esetében a jósaági tényező lineárisan követi az ömledékhőmérséklet változását. Néhány anyag, illetve vizsgálat esetén előfordulhat 1-nél nagyobb érték is [3].

Munkánkban egyetlen paraméter, a fröccsnyomás hatását elemeztük a hegedési hely mechanikai tulajdonságaira.

2. Kísérletek

2.1. Vizsgált anyag

A BAYER cég által gyártott *Novadur P2H-AT* márkajelzésű ABS-t fröccsöntöttük virtuális [6] és valós módon (1. táblázat).

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Polemertechika és Textiltechnológiai Tanszék

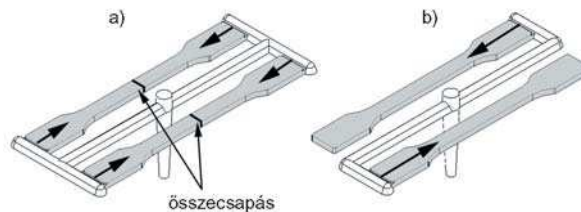
1. táblázat.

A feldolgozási paraméterek

Szárítás	80°C-on a szárítási módtól függően 1–6 h
Maximális víztartalom	0,2%
Ömledék hőmérséklet	220–260°C
Szerszám hőmérséklet	60–80°C
Fröccsnyomás	1000–1300 bar
Fröccssebesség	240 mm/s

2.2. Vizsgálati módszer

A fröccsöntés során létrejövő összecsapási hibahely vizsgálatát idealizált esetben szabványos próbatesteken lehet elvégezni. Az elemzést kétfajta próbatesten végeztük. Az egyik egy egyoldali beömlésű (hibahely nélküli), a másik egy kétoldali beömlésű (hibahellyel rendelkező) próbatest volt (1. ábra).



1. ábra. Összecsapási hibahely nélküli, illetve összecsapási hibahellyel terhelt próbatest

2.3. A vizsgálat kivitelezése

Meghatároztuk az ideális ciklushoz tartozó nyomás-, hőmérséklet- és sebesség értékeket, mind a gyakorlatban, mind pedig szimulációs program segítségével. Ezután a kiválasztott paramétert (a fröccsnyomást) változtattuk a fröccsöntő gépen beállítható legkisebb értéktől a legnagyobbig (100–1820 bar, 100 bar lépésközzel), és figyelemmel kísértük a hatását, főként a szerszámüreg kitöltésére, a beszívódásokra, illetve a próbatest szilárdsági jellemzőire. Az összecsapási vonal szilárdsági jellemzőit a jósaági tényezővel adjuk meg [3]:

$$A_{WL} = \frac{\sigma_{WL}}{\sigma} \quad (1)$$

ahol A_{WL} a jósági tényező, σ_{WL} a szilárdság az összecsapási helyvel rendelkező próbatest, és σ a szilárdság az összecsapási helyvel nem rendelkező próbatest esetén.

A fröccsöntés számítógépes szimulációjával kapott eredményeket összehasonlítottuk a mértekkel, elsősorban az ömledékfront szerszámüregben történő előrehaladását figyelve.

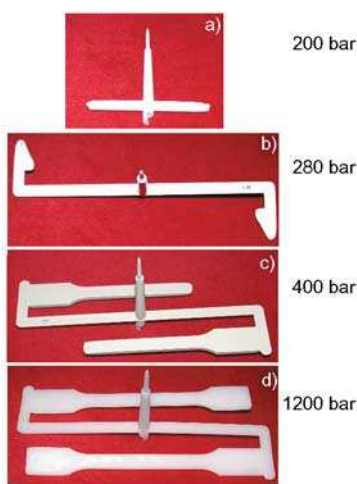
3. Eredmények

3.1. Hibahelyet nem tartalmazó próbatestek esetén

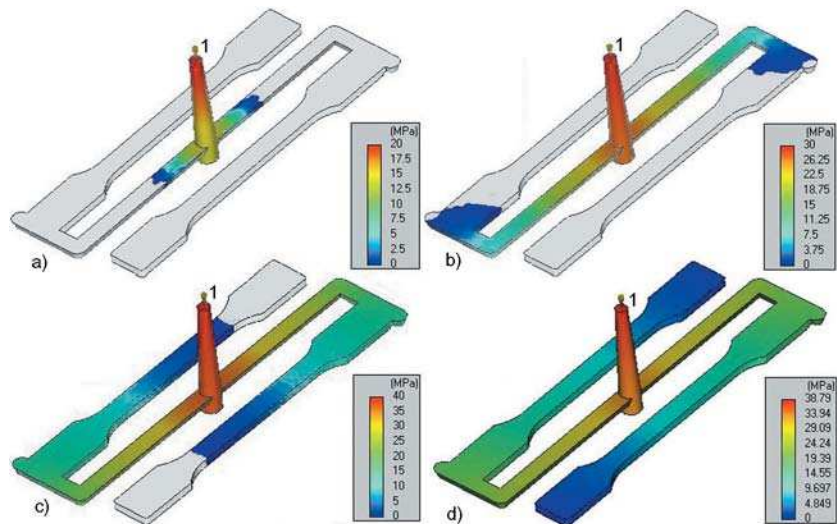
Kis fröccsnyomás esetén részlegesen töltődik ki a szerszámüreg, mert a kitöltéshez szükséges anyagmenyiség szerszámbejutása előtt a szerszám szűk beömlő-

nyílásban a polimer megszilárdul. Figyelemmel követtük a nyomás hatását a részleges kitöltésekre, mivel ezek jól összehasonlíthatók a fröccsszimulációs programmal. Meghatároztuk a kitöltési arányt, százalékosan a tömegek segítségével. A fröccsöntött próbatestek fotói, illetve a szimulációs program eredményei – amelyeket összevetve láthatjuk, hogy alig van eltérés a valóság és a szimuláció között – a 2. a–c és a 3. a–c ábrákon láthatók.

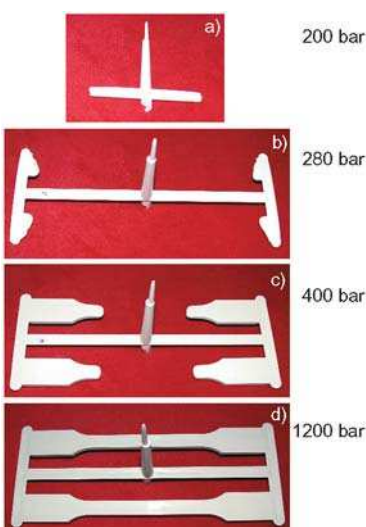
280 bar elérésekor a polimer ömledék már teljesen kitölti a beömlőcsatornát, de még nem folyik be a szerszámüregbe. A teljes termék ~40%-a alkotja a csatornamaradékot, ami újrahasznosítható. További nyomásnövelés hatására a termék szerszámürege is kezd kitöltődni, de csak részlegesen (2. b–c és 3. b–c ábra).



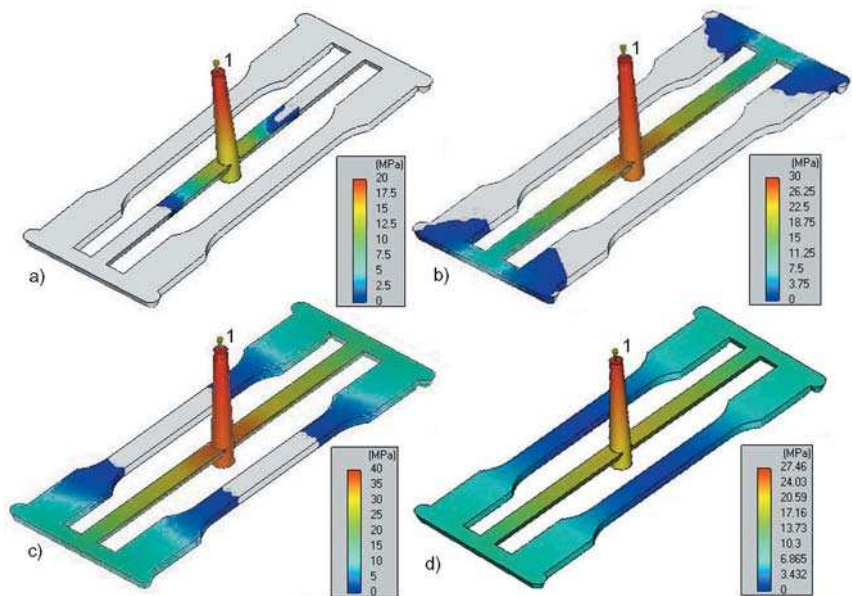
2. ábra. A hibahellyel nem rendelkező fröccsöntött próbatestek fotói



3. ábra. A szimulációs program eredményei a hibahellyel nem rendelkező próbatestekre: a – 200 bar; b – 280 bar; c – 400 bar; d – 1200 bar esetén



4. ábra. A hibahellyel rendelkező fröccsöntött próbatestek fotói



5. ábra. A szimulációs program eredményei a hibahellyel rendelkező próbatestekre. a – 200 bar; b – 300 bar; c – 400 bar; d – 1200 bar esetén

430 bar nyomásnál már teljes a kitöltés, de a fröccse sebesség még nem éri el a beállított értéket, mert hamarabb szilárdul meg az ömledék, ezért a fröccsöntési idő még elég nagy (5,825 s). A nyomást tovább növelve (2.d, 3.d ábra) elérhetjük a beállított fröccse sebességet, amely már lényegesen kisebb fröccsöntési időt eredményez (1000 bar-nál 0,86 s). E fölötti nyomásoknál nem tapasztalható változás, csak a szilárdsági adatokban van eltérés.

3.2. Hibahelyet tartalmazó próbatetek esetén

Kis fröccsnyomásokról, – 100, illetve 200 bar esetén – az egyoldali beömléshez hasonlóan, olyan kevés anyag jutott be a szerszámüregbe, hogy a beömlőcsatorna is csak részlegesen töltődött ki (4. a–c, 5. a–c ábra).

Elérve a 300 bar-t, az elosztócsatornákat már teljesen kitölti az ömledék és elkezdődik magának a termék üregének a kitöltése. A tömegarányokból itt is kiszámoltuk, hogy a befröccsöntött anyag hány százaléka a csatornamaradék. Ez az érték ~44% volt, mint ahogy vártuk, több mint az egyoldali beömlésnél. A további nyomásfokozás eredménye itt is részleges kitöltés lesz (4. b–c és 5. a–c ábra).

Egyoldali beömlés esetén a teljes kitöltés először 430 bar-on történik meg. A fröccsöntési idő ekkor még nagyon nagy (a megengedett maximális, 30 s-os érték), de tovább növelve a nyomást itt is elérhetjük a beállított legnagyobb fröccse sebességet. Ez 1000 bar körül következik be, ekkor csak 0,96 s-ra van szükség a teljes kitöltéshez (4.d és 5.d ábra).

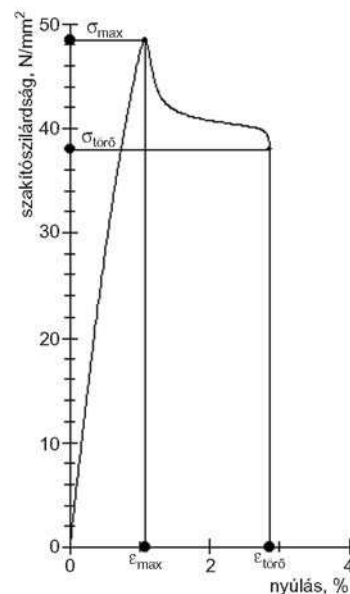
3.3. Mechanikai elemzés

Az összecsapási vonallal rendelkező és nem rendelkező termék mechanikai tulajdonságait négy jellemző alapján hasonlítunk össze: szakítószilárdság (σ_{\max}), törőszilárdság ($\sigma_{\text{törő}}$), illetve a szakítószilárdsághoz tartozó nyúlás (ϵ_{\max}) és a szakadási nyúlás ($\epsilon_{\text{törő}}$) (6. ábra).

Az 2. táblázat adataiból látható, hogy a hibahellyel nem rendelkező próbatest szakítószilárdsága nagyobb az összecsapásos hibahellyel terhelt próbatest szakítószilárdságánál. Míg a kétoldali beömlésű darab a nyomás változtatásától csak kis mértékben függ, addig a hegedési helyet nem tartalmazó darab esetében a nyomás növelése jelentősen csökkenti a szilárdságot.

A szakítószilárdsághoz tartozó nyúlás esetében hasonló tendenciát figyelhetünk meg. Az egyoldali beömlés nagyobb nyúlás értékeket eredményez, azonban a nyomás nem befolyásolja jelentős mértékben a nyúlást. A kétoldali beömlésű darabnak kisebb a nyúlása, és a nyomás hatására elhanyagolható mértékű nyúlásváltozás következik be.

Sokkal meglepőbb mérési eredményeket kaptunk a törőszilárdságnál, mint az előbbi esetekben, hiszen a két-



6. ábra. Szakítógörbe 1200 bar-on fröccsöntött kétoldali beömlésű próbatest esetén, a szakítási sebesség 50 mm/min

2. táblázat.

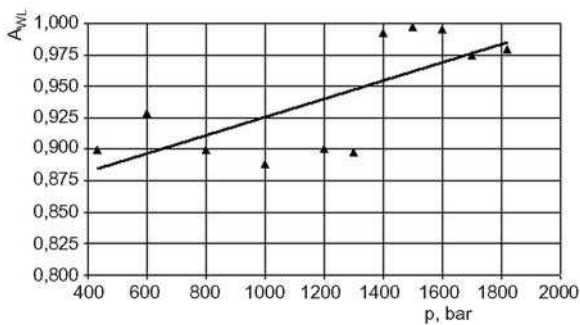
A szakítóvizsgálat eredményei

p, bar	Hibahely nélküli próbatest								Hibahellyel terhelt próbatest							
	σ_{\max} , MPa	s, mm	$\sigma_{\text{törő}}$, MPa	s, mm	$\epsilon_{\text{törő}}$, %	s, mm	ϵ_{\max} , %	s, mm	σ_{\max} , MPa	s, mm	$\sigma_{\text{törő}}$, MPa	s, mm	$\epsilon_{\text{törő}}$, %	s, mm	ϵ_{\max} , %	s, mm
430	49,9	1,32	38,52	1,81	4,54	0,99	1,13	0,02	44,9	1,19	39	3,39	1,69	0,81	1,01	0,03
600	47,97	1,94	37,58	2,31	4,21	1,50	1,1	0,05	44,54	0,84	35,96	2,06	2,69	1,03	0,99	0,02
800	49,03	0,84	38,44	0,64	3,42	0,62	1,09	0,01	44,09	1,55	37,61	2,89	1,86	0,7	0,99	0,04
1000	48,72	0,72	37,95	0,96	3,31	0,44	1,09	0,01	43,29	0,58	36,82	1,48	1,49	0,36	1,00	0,01
1200	48,43	0,74	37,39	1,30	2,91	0,51	1,09	0,02	43,62	0,92	38,29	2,21	1,44	0,46	1,00	0,01
1300	48,68	1,55	38,35	1,95	3,04	0,82	1,07	0	43,71	1,08	38,1	1,64	1,46	0,38	1,00	0,02
1400	46,61	2,46	36,05	2,19	3,13	1,26	1,04	0,03	46,28	1,95	38,74	2,05	1,76	0,43	1,00	0,03
1500	44,37	0,41	33,66	0,45	3,98	0,81	1,05	0,01	44,25	2,13	40,53	3,95	1,53	0,56	1,01	0,03
1600	43,82	0,25	33,59	0,90	3,36	1,39	1,03	0,02	43,6	0,4	38,05	2,26	1,38	0,27	1,00	0,02
1700	44,32	0,21	33,24	0,44	4,3	1,76	1,04	0,01	43,19	0,34	36,87	2,56	1,57	0,38	1,00	0,02
1820	44,41	0,17	34,38	0,64	3,39	0,73	1,04	0,01	43,51	0,55	38,92	2,32	1,3	0,26	1,01	0,02

oldali beömléses darab jobb eredményeket adott 1000 bar nyomás fölött, mint az egyoldali. Ahol két egymással szembe áramló front találkozik, ott hideg hegedési hely jön létre. Az általunk alkalmazott próbatesteknél a hegedés helye elég közel van a beömléshez, amely hatására melegebb anyag található a hegedési helynél, ez javítja a molekulák interdiffúzióját, és így a hegedési hely jóságát is. Itt is megfigyelhetjük a kétoldali beömlés kis mértékű nyomásfüggését, míg az egyoldali beömlésű esetben határozottan és nagymértékben függ attól.

A szakadási nyúlás adatsorainak értékei azonos mértékben csökkentek, így a kapott pontokra illesztett egyenesek közel párhuzamosak. A hibahellyel nem terhelt termék jobban nyúlik, azaz kevésbé rideg, mint a hibahellyel terhelt termék. A nyomásfüggés mindkét esetben alacsonynak mondható.

Az 7. ábrán látható, hogy a szakítószilárdságból számított jósági tényező (A_{WL}) értéke elég nagy (0,88–0,997), ami mutatja, hogy ABS esetén a hegedés nem rontja jelentősen a szakítószilárdságot. A fröccsnyomás növelésével javul ez az arány, ami alátámasztja eddigi feltevésünket, miszerint az összecsapási vonal szilárdsága jobb lesz a nagyobb nyomások esetén.



7. ábra. Jósági tényező a nyomás függvényében

4. Összefoglalás

A fröccsnyomás mechanikai tulajdonságokra gyakorolt hatását vizsgáltuk hibahelyet tartalmazó, illetve nem tartalmazó próbatesteken. A hibahely nélküli darab kis fröccsnyomások alkalmazása esetén jobb mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik, mint az összecsapási hibahellyel terhelt munkadarab. A nyomás növekedésével ez a különbség csökken, mert a hibahely nélküli próbatest szilárdsága csökken a belső feszültségek hatására. Az összecsapással rendelkező darab mérőszámainak nyomásfüggése kisebb, mivel azt a többletnyomást, amely az előbbi esetben belső feszültséget okozott, itt a hegedési hely minőségét javította. E jelenségnek azonban felső határa is van. A hegedési hibahellyel rendelkező próbatestnél is létezik egy optimális beállítás, de jóval nagyobb nyomásértéknél, mint hibahely nélküli próbatestek esetén.

Kimutattuk, hogy a nyomás változtatása nem befolyásolja számottevően a nyúlás nagyságát, sem a hegedési hibahellyel terhelt, sem pedig a hibahely nélküli próbatesteknél.

Megállapítottuk, hogy a fröccsszimulációs program elegendő pontossággal közelíti meg a valóságot.

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani az ARBURG HUNGÁRIA KFT-nek, hogy rendelkezésünkre bocsátotta az ARBURG Allrounder 270C típusú fröccsöntő gépet, valamint az ANTON KFT-nek a cserélhető betétes fröccsöntő szerszámot.

Irodalomjegyzék

- [1] Czиковszky, T.; Nagy, P.; Gaál, J.: A polimertechnika alapjai, Műegyetemi kiadó, Budapest, 2000.
- [2] Bencsik, M.: Összecsapási helyet tartalmazó fröccsöntött termékek törésmechanikai vizsgálata, Műanyag és Gumi, 35/3, 90–92 (1998).
- [3] Seldén, R.: Effect of Processing on Weld Line Strength in Five Thermoplastics, Polymer Engineering and Science, 37, 205–218 (1997).
- [4] Bencsik, M.: Összecsapási helyet tartalmazó fröccsöntött termékek vizsgálata, Műanyag és Gumi, 35/1, 28–31 (1998).
- [5] Brahimi, B.; Ait-Kadi, A.; Ajji, A.: Weld lines and Mechanical Properties of Injection Molded Polyethylene/Polystyrene/Copolymer Blends, Polymer Engineering and Science, 34, 1202–1210 (1994).
- [6] Campus adatbázis

Műanyagipari hírek

A Német-magyar Ipari és Kereskedelmi Kamara üzleti ajánlata

Egy vezető német cég, amely a műanyag-feldolgozó iparban használatos vákuumformázó gépeket, illetve CNC-megmunkáló gépeket gyárt, forgalmazó partnert keres Magyarországon.

Kooperációs partnerként olyan céget keresnek, amely importőrként vagy képviselőként már működik, és esetleg már jelenleg is műanyaggyártó gépeket forgalmaz. Az említett gépek a gépjárműiparban, a villamos iparban, a szaniter üzletágban stb. kerülnek alkalmazásra. Műanyagipari tapasztalat, illetve jó termék és piacismeretek előnyt jelentenek. Az országos értékesítési és szerviz-hálózat szintén előnyös lenne, de nem feltétel. Német vagy angol nyelvismeret előfeltétel. Kapcsolatfelvétel: Német-magyar Ipari és Kereskedelmi Kamara, Herr Jürgen Schwarz, 1024 Budapest, Lövház utca 30., telefon: 3457-647, fax: 3150-638, e-mail: schwarz@ahkungarn.hu.

MMSz – Buzási Lajosné