

HORVÁTH SZABOLCS<sup>1</sup>, KOVÁCS JÓZSEF GÁBOR<sup>1</sup>

# A NYOMÁSMÉRÉSI ELRENDEZÉS HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA A MÉRHETŐ BELSŐ NYOMÁSRA

## INVESTIGATION OF THE CAVITY PRESSURE DEPENDENCE ON THE MEASUREMENT LAYOUT

A tanulmány a nyomásmérési elrendezés hatását vizsgálja a belső nyomás mérésére különböző szerszámkonfigurációkban a fröccsöntési folyamat alatt. A nyomásmérés helyének és a szerszámhőmérséklet függvényében vizsgáltam a formaüregben mérhető nyomást. Az eredmények azt mutatják, hogy a mérhető nyomásértékek jelentősen változhatnak a lokális hőmérséklet, illetve a gát pozíciójának függvényében. Ez jelentős hatással van a fröccsöntési folyamat felügyeletére és optimalizálására, továbbá a megfelelő mérési pont kiválasztására. A tanulmány célja, hogy betekintést nyújtson ezen paraméterek hatásának jobb megértésébe és segítsen a gyártási folyamatok javításában.

This study investigates the effects of pressure measurement layout on the measurable internal pressure in various mold configurations during the injection molding process. The placement of pressure sensors and mould temperature effect were analyzed to determine their impact on measurement results. The findings show that pressure values can significantly vary with changes with local mould temperature and gate position, influencing the monitoring and optimization of the injection molding process. The aim of this study is to provide insights into the influence of these parameters, aiding in the refinement of manufacturing processes.

### 1. BEVEZETÉS

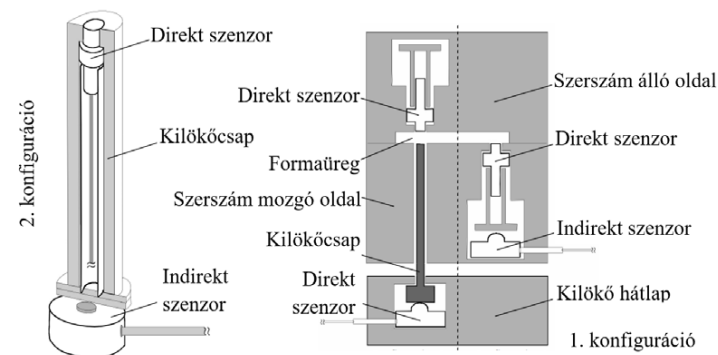
A fröccsöntés az egyik legelterjedtebb gyártási technológia, amelyet műanyag alkatrészek előállítására használnak. A folyamat során a nyomás és a hőmérséklet változásainak pontos mérése kulcsfontosságú a termék minőségének biztosítása és a gyártási folyamat optimalizálása érdekében [1-5]. Az ipari gyakorlatban egyre elterjedtebben alkalmaznak szenzorokat a fröccsöntő szerszámokban, amelyek segítségével pontosabb képet kaphatunk a formaüregben zajló folyamatokról. A nyomásmérési pontok elhelyezése a fröccsöntő szerszámban jelentős hatással van a mérhető belső nyomásra. A különböző mérési elrendezések és szenzorok konfigurációi közötti különbségek megértése elengedhetetlen a pontos mérési adatok biztosításához [6-9].

A nyomásmérő szenzorok beépítési elrendezést tekintve lehetnek direkt, illetve indirekt elven működők, attól függően, hogy a szenzor közvetlen kapcsolatban van a termékkel vagy egy közvetítő

elem segítségével mérjük a nyomást [6, 10]. A direkt szenzorok a formalapba vagy a formaadó részzel kapcsolatban lévő elembe kerülnek beépítésre. Indirekt mérés során a szenzorok a szerszám bármely lapjába beépíthetők, ahol elegendő hely áll rendelkezésre a mechanikus kapcsolat megvalósításához. Groleau és társai [11] különféle mérési módok, szenzor típusok és beépítési lehetőségek összehasonlító vizsgálatát végezték el (1. ábra).

A kísérletekhez piezo típusú érzékelőt építettek a formalapba (direkt mérési mód), valamint két nyúlásmérő bélyeggel ellátott szenzort a szerszám kilökö és formalapjába (indirekt mód). A szenzorok közel azonos pozícióban helyezkedtek el, a szenzorok mért csúcnyomásértékei között 1-5 bar eltérés volt tapasztalható,

<sup>1</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.



1. ábra: Nyomásmérő szenzorok beépítési lehetőségei [11]

amelyet a szerszám fröccsöntés közbeni deformációjával magyaráztak.

A különböző elven működő formaüregbe épített nyomásmérő szenzorok esetén az irodalom jelenlegi állása szerint a direkt és az indirekt elven működő megoldások is kellően pontos eredményeket szolgáltatnak és nincs különbség a mért értékek között. A szenzorok elhelyezése és a fészken belüli pozíciója alapvetően meghatározza a mérhető értékeket [12]. A gáthoz közel elhelyezett belső nyomásmérési pont a technológia felügyeletére és a folyamat változásainak követésére használható. A folyási út végéhez közel elhelyezett mérési pont pedig a termék kitöltöttségét jellemzi.

Léteznek még egyéb megoldások is a formaüregben mérhető nyomás közvetett mérésére, például a vezetőslop deformációját mérő megoldások [13, 14], illetve a szerszámok osztósjámba épített megnyílást mérő szenzorok [6]. Ezen alkalmazások azonban nem képesek a fészkenkénti jellemzők mérésére [3, 15-17]. Továbbá léteznek még olyan speciális szenzorok, amelyek a hőmérséklet és a nyomás kombinációjával képesek például a gáz-elvezető furatok állapotát is felügyelni [18].

A szerszámbe épített nyomásmérő szenzorok alkalmazásával az a cél, hogy minél pontosabb információt nyerjünk a formaüregben

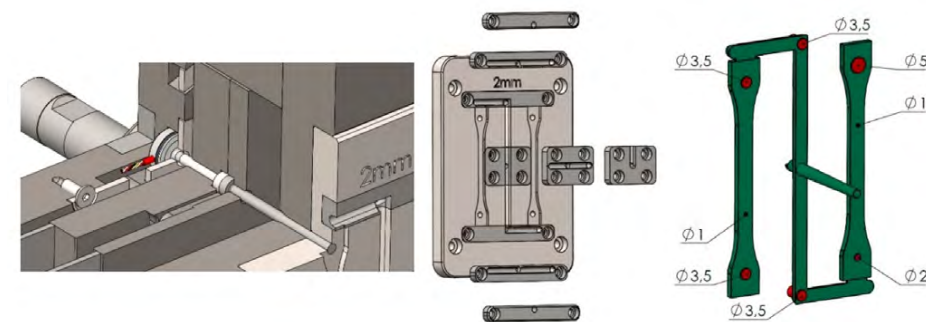
leajló folyamatokról. Jelen kutatásomban arra fókuszálunk, hogy a formaüregben mérhető nyomás hogyan függ a nyomásmérés helyétől és a szerszámfelek hőmérsékletétől.

## 2. FELHASZNÁLT ALAPANYAGOK, MÓDSZEREK ÉS ESZKÖZÖK

A méréseket egy Engel TL160 típusú elektromos fröccsöntő géppel végeztem el, amelyben a csiga átmérője 25 mm. A fröccsöntő gép pneumatikus zárófűvőkával van felszerelve. A fröccsöntési próbákat ABS (Terluran® GP-35 ABS INEOS) anyaggal végeztem el. Az alapanyag nedvességének eltávolításához egy megfelelő szárítót használtam, az anyagok adatlapja alapján szükséges szárítási időket alkalmazva.

### 2.1. MÉRÉSHEZ HASZNÁLT SZERSZÁM

A felhasznált fröccsöntő szerszám két fészkes és 1BA szabványos próbatest geometriájú (ISO 527-1:2019). A falvastagság 1, 1,5 és 2 mm között állítható a mozgó oldali betétek cseréjével (2. ábra).



2. ábra: A 1BA próbatest szerszám mozgó oldali szenzorbeépítési elrendezése (bal), a cserélhető betét a rendelkezésre álló gáttal (közép) és az álló oldali mérőcsap méretei a próbatesten jelölve (jobb)

A szerszámba 4 szenzor került beépítésre a mozgó oldalra, illetve 6 szenzor az álló oldalra. A szenzorok RC15-1 típusúak, a mérést és a kiértékelést a Cavity Eye MOULDI rendszerrel végeztem el. Az egyes nyomásmérési pontok egymással szemben helyezkednek el, a gátnál, illetve a folyási út végéhez közel.

## 2.2. A FRÖCCSÖNTÉS PARAMÉTEREI

A mérésekhez 3 falvastagságot, 3 fröccsöntési sebességet és 4 különböző szerszámtemperálási beállítást használtam (1. táblázat). A fröccsöntés egyéb paramétereit nem változtattam a vizsgálatok során. A hengerhőfok profilát a kívánt alapanyag (ABS, PP) feldolgozási hőmérsékletnek megfelelően állítottam be és egy J típusú köpenyhőtemmel ellenőriztem.

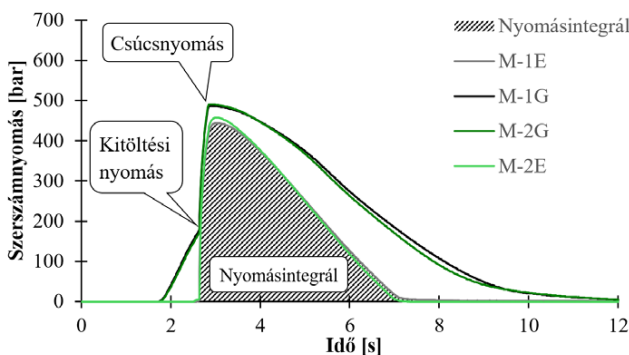
1. táblázat: Mérési beállítások

Paraméter	Érték
Falvastagság [mm]	1; 1,5; 2;
Fröccsöntési sebesség [cm <sup>3</sup> /s]	2,5; 5; 20;
Szerszámhőmérséklet (álló-mozgó oldal) [°C]	30-30; 90-30; 30-90; 90-90;
Hengerhőmérséklet [°C]	ABS: 245; 240; 235; 230; 220; PP: 210; 210; 200; 200; 190;
Utónyomási idő [s]	10
Utónyomás [bar]	500
Adagolási sebesség [1/perc]	80
Torlónyomás [bar]	50

## 3. EREDMÉNYEK

Az eredmények kiértékeléséhez három jellemzőt azonosítottam, amelyeket a gáthoz közeli szenzorok által mért nyomásgörbéből származtattam (3. ábra):

- Kitöltési nyomás – a kitöltétség pillanatában mérhető belső nyomás, a hirtelen belső nyomásnövekedés (dp/dt > 1000 bar/s) előtti időpillanatban leolvasható, általam meghatározott érték [bar]



3. ábra: Normál betéthezely esetén mért nyomás a mozgó oldalon (1. és 2. fészék) – 5 cm<sup>3</sup>/s fröccsöntési sebesség

- Csúcsnyomás – a ciklus során mérhető maximális belső nyomás [bar]
- Nyomásintegrál – a belső nyomásgörbe alatti terület a meghatározott adatgyűjtési idő alatt [bar\*s]

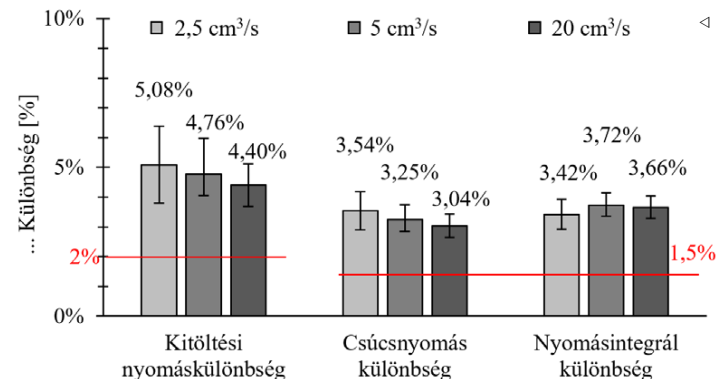
### 3.1. SZERSZÁMOLDALAK KÖZÖTT MÉRHETŐ NYOMÁSELTÉRÉSEK VIZSGÁLATA

Az álló és a mozgó oldalon mérhető nyomáskülönbségek meghatározásához ABS GP35 alapanyagot használtam. A továbbiakban az egyértelmű különbségek kimutatásához a szenzorok legnagyobb lehetséges mérési hibájának a duplájával számoltam és az ellenőrzéshez használt eszköz hibáját is figyelembe vettem. Tehát, ha a kitöltési nyomásvizsgálatnál 2%, míg a csúcsnyomás és nyomásintegrál esetén 1,5% értékénél nagyobb az eltérés, akkor az szignifikáns különbséget jelent, és nem a méréstechnika eredménye. A szenzorok kalibráltak és a fröccsöntési próbák előtt ellenőrzésre kerültek a kilókó terhelésével. A hibahatár függ a mért nyomás nagyságától, amely pedig a terhelő erő és a kilókó felületének a függvénye. A mért különbségek ábrázolásánál a diagramokon a pozitív irány jelenti azt, hogy az álló oldalon mérhető nagyobb érték, míg a negatív a mozgó oldali többletet jelenti.

Első lépésként meghatároztam, az 1. fészékben mérhető eredmények alapján, az álló és a mozgó oldal között mérhető nyomáskülönbségeket a fröccsöntési sebesség függvényében, 2 mm falvastagság és mindkét oldalon azonos szerszámhőmérséklet (30 °C) mellett (4. ábra). A mérés alapján kijelenthető, hogy az álló oldalon nagyobb kitöltési- és csúcsnyomás mérhető, mint az álló oldalon, illetve a nyomásintegrál értékében is ugyanez a jelenség figyelhető meg.

A kiértékeléseknél a továbbiakban csak a gáthoz közeli szenzorok eredményeit mutatom be részletesen, mivel a folyási út végén mérhető különbségek az álló és a mozgó oldal között kiegyenlítődnek. Az azonos méretű mérőcsapok használatával az álló és a mozgó oldali gáthoz közeli szenzorok eredményeit összehasonlítva kijelenthető, hogy az álló oldalon nagyobb nyomásértékek mérhetők (2. táblázat). A mért különbségek a fröccsöntési sebesség növelésével egyértelműen nem változnak.

A kitöltési nyomáskülönbségek feltételezett oka a lokális viszkozitás különbség, melyet az eltérő hőmérsékletű ömledék okoz.



4. ábra: 2 mm falvastagság mellett mért különbségek – álló oldal (D3,5 mm), mozgó oldal (D3,5 mm), 30 °C szerszámhőmérséklet

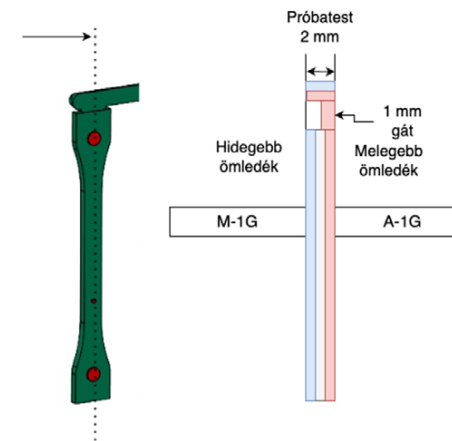
2. táblázat: 2 mm falvastagság mellett mért különbségek – álló oldal (D3,5 mm), mozgó oldal (D3,5 mm), zárójelben a mozgó oldal eredményei

1. Azonos fészék A1-M1	Gát szenzor – D3,5 – D3,5 mm		
	Kitöltési nyomás különbség [bar]	Csúcsnyomás különbség [bar]	Nyomásintegrál különbség [bar*s]
2,5 cm <sup>3</sup> /s	3,0 (59)	16 (452)	139 (4062)
5 cm <sup>3</sup> /s	3,1 (63)	15 (462)	162 (4350)
20 cm <sup>3</sup> /s	3,5 (79,5)	15 (494)	172 (4700)

A szerszámban a filmgát vastagsága 1 mm, és a gát egy síkban található az álló oldallal. Amint az ömledék belép a szerszámba (2 mm falvastagság), az álló és a mozgó oldalon egyszerre figyelhető meg a nyomásnövekedés elindulása. Az üregtöltés közben, mivel a gát az álló oldalhoz van közelebb, a meleg ömledék mindig az álló oldalhoz közelebb áramlik be a szerszámba (5. ábra). A melegebb ömledék viszkozitása kisebb, mint a hidegebb ömledéké, ezért az álló oldalon mérhető nagyobb nyomás feltételezett oka a hőmérséklet okozta viszkozitás különbség. A lehetséges magyarázatot alátámasztja, hogy a folyási út végén a különbségek alig mérhetőek, mivel az áramlás során a hőmérséklet okozta különbség kiegyenlítődik.

A vizsgálatokat elvégeztem 1 mm falvastagsággal is a fröccsöntési sebesség függvényében. A falvastagság csökkentésével a mozgó és az álló oldal között a gát közelében mérhető nyomáskülönbségek lecsökkentek a korábban megállapított 2%-os hibahatáron belülre, tehát nem mérhető nyomáskülönbség az álló és a mozgó oldal között. Az 1 mm falvastagságnál a gát és a formaüreg mérete azonos, így nem alakult ki a gát közelében eltérő hőmérséklet a fröccsöntött termék keresztmetszetében, amely viszkozitásváltozást okozhat. Tehát az álló és mozgó oldal között mérhető nyomáskülönbség elsődleges oka a kialakult ömledék hőmérsékleti különbség, amely a gát pozíciójából adódik. Kijelenthető, hogy a gát pozíciója alapvetően meghatározza a kialakult hőfeljődést, ezáltal a lokális viszkozitást.

A méréshez használt mérőcsapok átmérőjének hatását két konfigurációban vizsgáltam. Az álló oldalon lévő 5, illetve 2 mm átmérőjű mérőcsapokkal mért eredményeket hasonlítottam össze



5. ábra: Ömledék hőmérsékleti különbségek a próbatest falvastagsága mentén, 2 mm falvastagság

a mozgó oldali 3,5 mm átmérőjű csappal mért értékekkel. Kijelenthető, hogy a mérőcsap átmérőjének a változtatásával érdemi mérhető különbség a kitélési és csúcshőmérsékletben nem tapasztalható a jelen vizsgálati körülmények között.

### 3.2. HŐMÉRSÉKLET HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

A hőmérséklet hatását az álló és a mozgó oldal között mérhető különbségekre 4 lépcsőben vizsgáltam azonos hőmérsékletű oldalakkal (mindkét oldal 30 °C vagy 90 °C), illetve két különböző hőmérsékleten (30 °C álló, 90 °C mozgó, illetve fordítva). Az azonos beállításoknál, ahol a két oldal hőmérséklete megegyezett, nem jelentkezett eltérő eredmény a korábban bemutatott mérésektől (30-30 °C, 90-90 °C). Ha az egyik oldalon jelentősen nagyobb volt a hőmérséklet, akkor a melegebb oldalon nagyobb nyomás volt mérhető (6. ábra). Elsőként az álló oldal hőmérsékletét emeltem meg a mozgó oldalhoz képest és hasonlítottam össze a nyomásgörbéket a mozgó oldalon mérhető kisebb hőmérsékleten készített eredményekkel.

A kitélési- és csúcshőmérsékletben is látható, hogy az álló oldalon többet mér, amennyiben a hőmérséklet 60 °C-kal melegebb a mozgóhoz képest. Az álló és a mozgó oldal közötti hőmérséklet különbség növelésével a kialakult belső nyomáskülönbségek is növekedtek. Ha egy adott szerszámmoldalon nagyobb a hőmérséklet, akkor a lokális hűtési sebesség kisebb. Ez azt jelenti, hogy az ömledék átlaghőmérséklete nagyobb a kitélési szakaszban, tehát az átlagos lokális viszkozitás kisebb. Mivel az átlagos lokális viszkozitás kisebb, ezért a mérhető nyomás nagyobb, illetve tovább mérhető a csökkent lokális hűtési sebesség miatt.

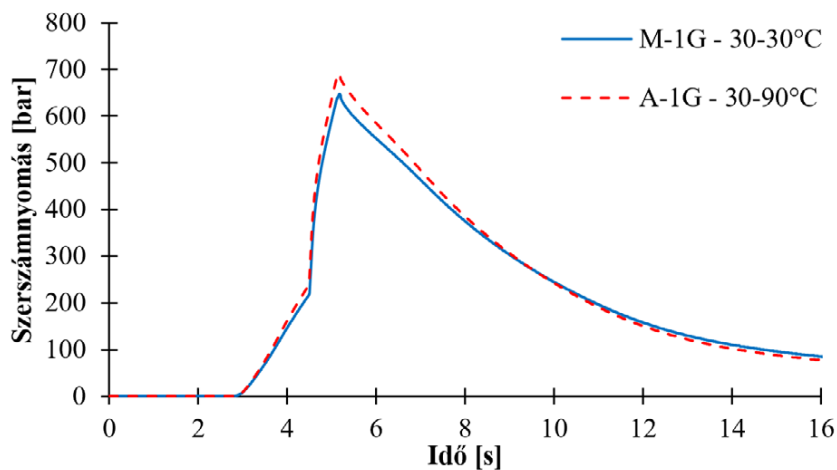
A szerszámhőmérséklet növelése 30-ról 90 °C értékre mindkét oldalon a csúcshőmérséklet 70-75 bar-ra növelte meg, a kitélési nyomás pedig kis mértékben csökkent (néhány bar). A mérhető nyomásintegrál jelentősen megnőtt a hidegebb szerszámmoldalként.

képeket, mivel a termék zsugorodása (tehát a nyomáscsökkenése) ugyanannyi idő alatt kisebb, mint a 30 °C-os szerszámhőmérsékletnél, illetve tovább volt fenntartható az utónyomás, ami nagyobb termékföldet is jelent.

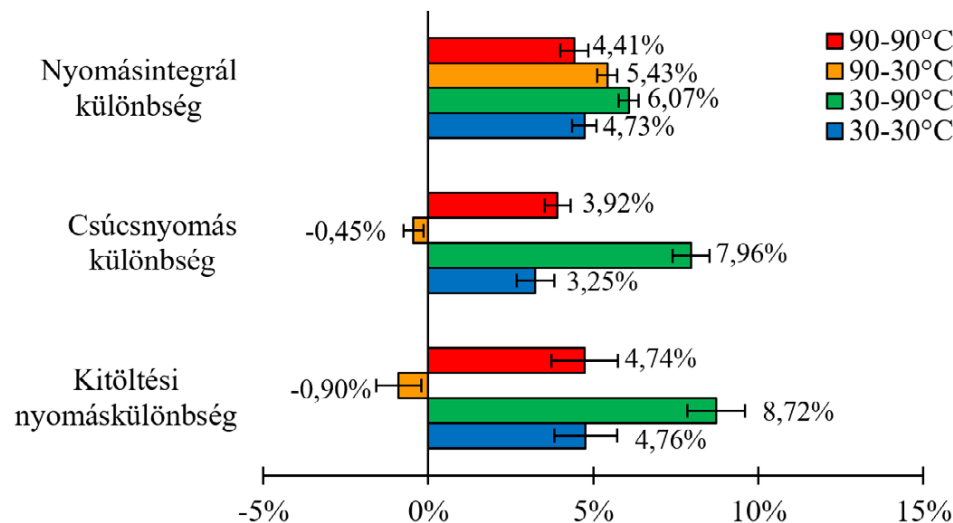
Az álló oldali szerszámföld hőmérséklet növelése átlagosan 8%-os mérhető különbséget eredményezett a mozgó oldalhoz képest a kitélési- és csúcshőmérséklet különbségeiben, az álló oldalon a nagyobb mértékű (7. ábra). A nyomásintegrál különbségek nem mutatnak egyértelmű korrelációt az adott oldalon mérhető hőmérséklettel, mivel a tömörítés és a folyás két külön fizikai jelenség. A szerszám hőmérsékletének mindkét oldalon azonos értéken tartása a hőmérséklettel függetlenül, 90 °C-on is hasonló eredményeket mutatott, mint 30 °C-on. A minimális eltérés oka a beállított temperálási hőmérséklet és a valós szerszámhőmérséklet különbsége. A mozgó oldal felfűtése 90 °C hőmérsékletre azt eredményezte, hogy a mozgó oldalon mértem nagyobb értékeket a vizsgált paraméterekben (negatív eredmények). Ez a jelenség is azt igazolja, hogy az oldalanként mérhető nyomás függ a szerszám felületi hőmérsékletétől.

Az oldalanként eltérő szerszámhőmérséklet kialakulásának igazolására a termék vetemedését mértem az álló és mozgó oldali szerszámhőmérséklet függvényében (8. ábra). A próbatestet a meglövési ponthoz közeli végén 10 mm hosszan síkban befogtam, majd a próbatestet másik végének a síkhoz képesti pozícióját mértem. A 90-90 °C beállítás eredményeit nem jelöltem külön az ábrán. A 90-90 °C beállításnál a mért deformáció iránya azonos, mint a 30-30 °C hőmérsékletű temperálásnál, de az átlaga 0,25 mm, melynek oka a beállított és a valós szerszámmoldalak közötti hőmérséklet eltérés.

A termékek vetemedésének iránya megegyezik a mérhető oldalankénti nyomás- és hőmérséklet különbségek értékeivel, tehát a melegebb oldal felé deformálódik a próbatest. A méréseket a fröccsöntést követően egy órával végeztem minden próbatestnél.



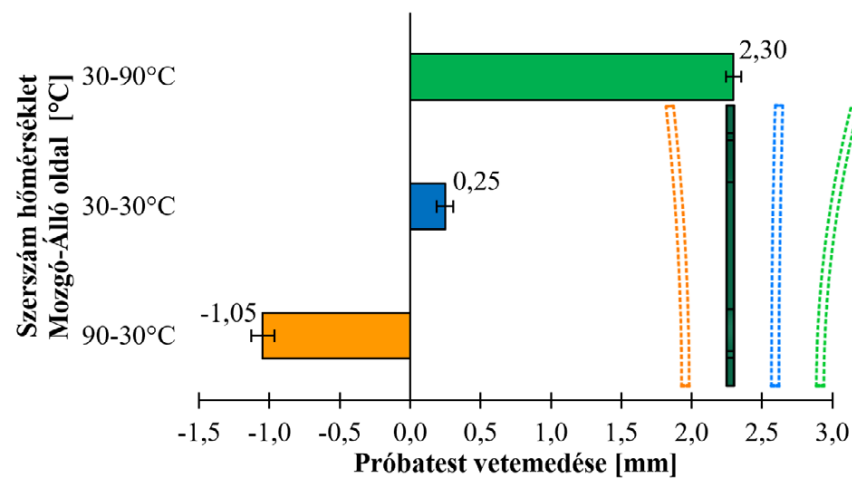
△ 6. ábra: 2 mm falvastagság és 2,5 cm<sup>3</sup>/s fröccsöntési sebesség mellett mért belső nyomás az 1. fészekben, gáthoz közeli szenzor



△ 7. ábra: 2 mm falvastagság mellett mért különbségek, 5 cm<sup>3</sup>/s sebesség, különböző szerszámmoldali hőmérsékletek – álló oldal (D3,5 mm), mozgó oldal (D3,5 mm)

Az 1 mm falvastagság esetén a szabad áramlási keresztmetszet annyira kicsi, hogy a hűtés sebessége (szerszámhőmérséklet) nem befolyásolja a gátnál mérhető kitélési- és nyomáscsúc

különbségeket az álló és a mozgó oldal között. Az eltérő temperálás hatása nem kimutatható 1 mm falvastagságnál azonos vizsgálati körülmények esetén.



△ 8. ábra: 2 mm-es próbatestek vetemedése a szerszám oldalak hőmérsékletének függvényében

## 4. ÖSSZEFOGLALÁS

A fröccsöntött termékek minőségfelügyelete egyre pontosabb megoldásokat igényel a megfelelő termékminőség biztosítása érdekében. A fröccsöntő szerszám formaüregében a nyomás mérése jó visszacsatolást ad a lezajló változásokról. A szenzorok és a méréshez használt csapok pozíciója és a lokális hőmérséklet alapvetően meghatározza a formaüregben mérhető nyomást. A kutatásom során a szerszámhőmérséklet, mérési pozíció és a falvastagság függvényében vizsgáltam a formaüregben mérhető nyomást. A kísérletek alapján megállapítottam:

- A gáthoz közelebbi szerszámoldalon nagyobb nyomás mérhető a formaüregben, a gát közelében, mint a gáttól távolabbi szerszámoldalon, de azonos pozícióban.
- A lokális szerszámhőmérséklet növelése csökkenti a viszkozitást, tehát, ha a szerszám egyik fele jelentősen melegebb, mint a másik, akkor a melegebb oldalon nagyobb nyomás mérhető, amit a vetemedés mérésével igazoltam.
- A formaüregben mérhető kitélési- és csúcsnyomás független a használt mérőcsap átmérőjétől a vizsgált falvastagság és mérőcsap átmérő tartományokban, azonban a fröccsöntési sebesség hatással van rá.

A kutatásaim alapján a nyomásmérő szenzorok alkalmazásánál a megfelelő mérési pozíció megválasztásához nem csak a folyási út mentén történő elhelyezés fontos, de a megfelelő szerszámoldal kiválasztása is.

### IRODALOMJEGYZÉK

- [ 1 ] Asadizanjani N., Gao R. X., Fan Z., Kazmer D. O.: Viscosity Measurement in Injection Molding Using a Multivariate Sensor. 231-237 (2012).
- [ 2 ] Gao R. X., Tang X., Gordon G., Kazmer D. O.: Online product quality monitoring through in-process measurement. CIRP Annals, 63, 493-496 (2014).
- [ 3 ] Gordon G., Kazmer D., Tang X., Fan Z. Y., Gao R.: Validation of an In-Mold Multivariate Sensor for Measurement of Melt Temperature, Pressure, Velocity, and Viscosity. International Polymer Processing, 32-40 (2017).
- [ 4 ] Kazmer D. O., Velusamy S., Westerdale S., Johnston S., Gao R. X.: A comparison of seven filling to packing switchover methods for injection molding. Polymer Engineering & Science, 50, 2031-2043 (2010).
- [ 5 ] Panchal R. R., Kazmer D. O.: In-Situ Shrinkage Sensor for Injection Molding. Journal of Manufacturing Science and Engineering, 132, 064503-064503-6 (2010).
- [ 6 ] Ageyeva T., Horváth S., Kovacs J.: In-Mold Sensors for Injection Molding: On the Way to Industry 4.0. Sensors, 19, 3551 (2019).
- [ 7 ] Gordon G., Kazmer D., Tang X., Fan Z., Gao R.: Quality control using a multivariate injection molding sensor.

The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 78, 1381-1391 (2015).

- [ 8 ] Pacher G. A., Berger G. R., Friesenbichler W., Gruber D. P., Macher J.: In-mold sensor concept to calculate process-specific rheological properties. AIP Conference Proceedings, 1593, 179-182 (2014).
- [ 9 ] Párizs R. D., Török D., Ageyeva T., Kovács J. G.: Multiple In-Mold Sensors for Quality and Process Control in Injection Molding. Sensors, 23, 1735 (2023).
- [ 10 ] Mendibil X., Llanos I., Urreta H., Quintana I.: In process quality control on micro-injection moulding: the role of sensor location. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 89, 3429-3438 (2016).
- [ 11 ] Groleau M. R., Groleau R. J.: Comparing Cavity Pressure Sensor Technologies Using In-Mold Data. in 'Antec. (2002).
- [ 12 ] Garcia D., Goff R., Gasse M., Aussem A.: Optimal Sensor Locations for Polymer Injection Molding Process. Key Engineering Materials, 611-612, 1724-1733 (2014).
- [ 13 ] Jian-Yu C., Liu C.-Y., Huang M.-S.: Tie-Bar Elongation Based Filling-To-Packing Switchover Control and Prediction of Injection Molding Quality. Polymers, 11, 1168 (2019).
- [ 14 ] Zhang J., Zhao P., Zhao Y., Huang J., Xia N., Fu J.: On-line measurement of cavity pressure during injection molding via ultrasonic investigation of tie bar. Sensors and Actuators A: Physical, 285, 118-126 (2019).
- [ 15 ] Araújo C., Pereira D., Dias D., Marques R., Cruz S.: In-cavity pressure measurements for failure diagnosis in the injection moulding process and correlation with numerical simulation. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 126, 291-300 (2023).
- [ 16 ] Gomes T. E. P., Cadete M. S., Ferreira J. A. F., Febra R., Silva J., Noversa T., Pontes A. J., Neto V.: Development of an Open-Source Injection Mold Monitoring System. Sensors (Basel), 23, (2023).
- [ 17 ] Landgrebe D., Weise D., Scholz P., Biehl S., Rumposch C., Cosemans P., Truijen I., Emmerechts C.: Sensorized Future - Sensing of temperature and pressure in harsh environments: Common report of the Cornet project "SensoFut". (2015).
- [ 18 ] Kim B., Gim J., Han E., Rhee B.: Development of the vent clogging monitoring methods for injection molding. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 32, 277-286 (2021).



### Géptértékesítés

- Raktárkészletről azonnal elérhető gépek
- Elektromos, hidraulikus, hibrid fröccsöntő gépek
- ENGEL szabadalom: oszlop nélküli gépek
- Alkalmazástechnológiai szolgáltatás
- Elérhetőség: [sales.hu@engel.at](mailto:sales.hu@engel.at)



### Alkatrész

- Eredeti alkatrészek a gyártótól
- Rövid szállítási határidők
- 24 hónap garancia az ENGEL által végzett csere esetén
- Elérhetőség: [spareparts.hu@engel.at](mailto:spareparts.hu@engel.at)



### Szerviz

- Országos szervizhálózat
- Szakképzett szervizmunkatársak
- Hotline
- ENGEL care - Állapotfelmérés
- Elérhetőség: [service.hu@engel.at](mailto:service.hu@engel.at)

**Mindent egy kézből**  
Az ENGEL teljes körű szolgáltatást biztosít ügyfelei számára



### Oktatócentrum, bemutató terem

- Moduláris tantermi képzés
- Gyakorlati feladatok
- ENGEL fröccsöntőgépek, viper lineáris robotok kezelése/vezérlése
- Működő hidraulikus, hibrid és elektromos gépek
- Elérhetőség: [training.hu@engel.at](mailto:training.hu@engel.at)



### Nyíltnapok

- Szakmai napok: Energiahatékonysági nap, WINTEC day
- Egyetemi napok
- Partnertalálkozók
- Elérhetőség: [sales.hu@engel.at](mailto:sales.hu@engel.at)

**ENGEL**  
be the first

Vegye fel velünk a kapcsolatot  
+36 1 453 30 70

ENGEL-Hungária Kft.  
Kunigunda útja 70/b.  
1037 Budapest, Magyarország

