

POLIMER ÖMLEDÉK LEKÉPEZŐDÉSÉNEK VIZSGÁLATA FORMAÜREG FELÜLETI STRUKTÚRÁIN

INVESTIGATION OF POLIMER MELT'S SURFACE MAPPING ON A CAVITY SURFACE STRUCTURE

Kun Krisztián ¹, Boza Pál ¹, Weltsch Zoltán ²

¹ Járműtechnológia Tanszék, GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Neumann János Egyetem, Magyarország

² Anyagtechnológia Tanszék, GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Neumann János Egyetem, Magyarország

Kulcsszavak:

Formaadó betét
Struktúra
Leképeződés
Makro geometria
Fröccsöntés

Keywords:

Cavity
Structure
Surface mapping
Macro geometry
Moulding

Cikktörténet:

Beérkezett 2018. szeptember
26.
Átdolgozva 2019. február 25.
Elfogadva 2019. március 19.

Összefoglalás

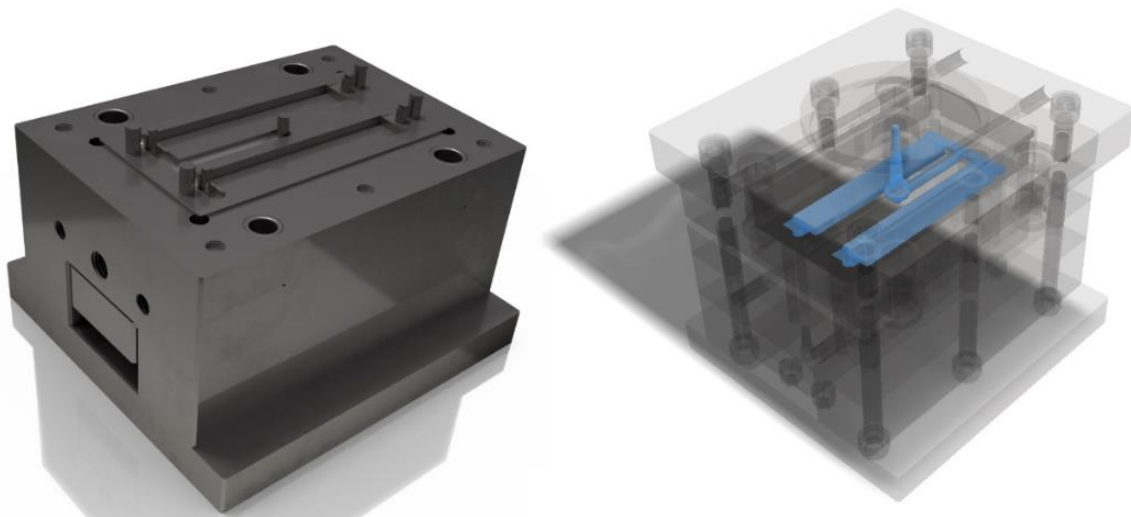
Napjainkban a fröccsöntött termékek felületi minősége egyre fontosabbá válik a felhasználók számára. Minőségi késztermék gyártásához a feldolgozási paraméterek mellett döntő fontosságú annak ismerete, hogy a termék geometriája hogyan befolyásolja a leképeződést. A kutatás fő célja formaadó betéten, forgácsolással létrehozott makro-geometriai struktúrák leképeződésének vizsgálata.

Abstract

Mould products surface quality is becoming increasingly important to users. In order to create quality parts, besides processing parameters, it is also crucial how to design the mould. Therefore, it is important to know how the processing parameters affect the mould surface mapping. The main objective of this research is to investigate the surface mapping on a cavity, effect of different macro-geometric structures created by cutting technology.

1. Bevezetés

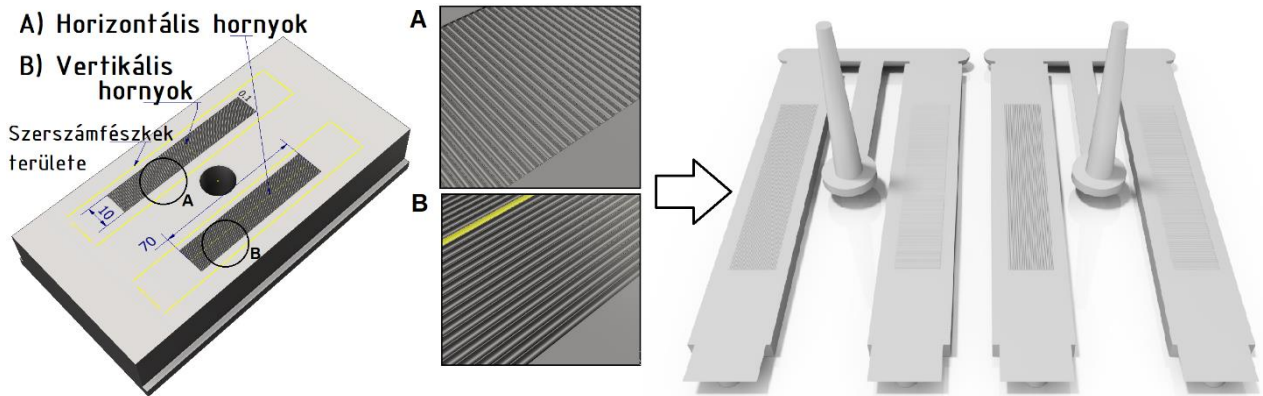
A minőségi késztermék előállítása megköveteli a kitöltési és a tömörítési fázis tökéletes ismeretét [1,2]. Ezen kutatás egyik fő célkitűzése a polimer ömledék viselkedése és a szerszámgyártási technológia közötti kapcsolat tanulmányozása. A kutatás gerincét egy speciális, kísérleti fröccsöntő szerszám adja, mely két, szimmetrikusan elhelyezett formaüreggel tartalmaz, terméke pedig két hajlító próbatest. (1. ábra.).



1. ábra. A kísérleti fröccsöntő szerszám

2. Kutatás leírása, kísérleti körülmények

A kutatás az aktív elem hatásának vizsgálatára irányult, ezért a szerszámban eredetileg helyet foglaló álló oldali formabetét helyzet- és mérettűréseit alapul véve történt a tervezés. A betéten két olyan geometria létrehozását céloztuk meg, amelyek jelentősen eltérő orientációt eredményeznek a fröccsöntés során. Folyásirányra merőleges és párhuzamos horony geometriák kerültek kialakításra, melyek mélysége 0,1mm (2. ábra).



2. ábra. A tervezett aktív elem (balra) és a szerszám fröccsterméke (jobbra).

A geometriák kialakítása előtt a lehetséges gyártástechnológia vizsgálata is megtörtént. Mivel forgácsolással előállított geometria kialakítása volt a cél, ehhez igazodóan történt a szerszámválasztás is. A választás egy keményfém, 30° csúcshögű gravírtúra esett, melynek éllekerekítése az adatlapja szerint 0,2 mm volt, illetve TiN bevonattal látták el (3. ábra). Típusa: SKU311611.



3. ábra. TiN bevonatú, keményfém gravírtúra

A geometriai peremfeltételek rögzítése után az anyagválasztás következett. A szakirodalmi áttekintés után kézenfekvő volt egy amorf és egy részben kristályos anyag alkalmazása. A részlegesen kristályos polimerekben a kristályos fázis oladásának melegítéskor többelthő-igénye, lehűtéskor pedig a kristályosodásnak többelthő-leadása van az amorf polimerekhez képest. A fázisátmenet során a sűrűség is változik: a kristályos fázis nagyobb sűrűségű, mint az amorf fázis vagy az ömledék, ezért a részlegesen kristályos polimerek zsugorodása nagyobb: [8]

- a kristályos polimerek zsugorodása 1,5-2,5%,
- az amorf polimerek zsugorodása: 0,4-0,8%.

A választás az alábbi két, a tanszéken is alkalmazott anyagra esett:

1. Lexan Resin 141R – Polikarbonát (amorf)
2. Dowlex 2027G – LLDPE (részben-kristályos)

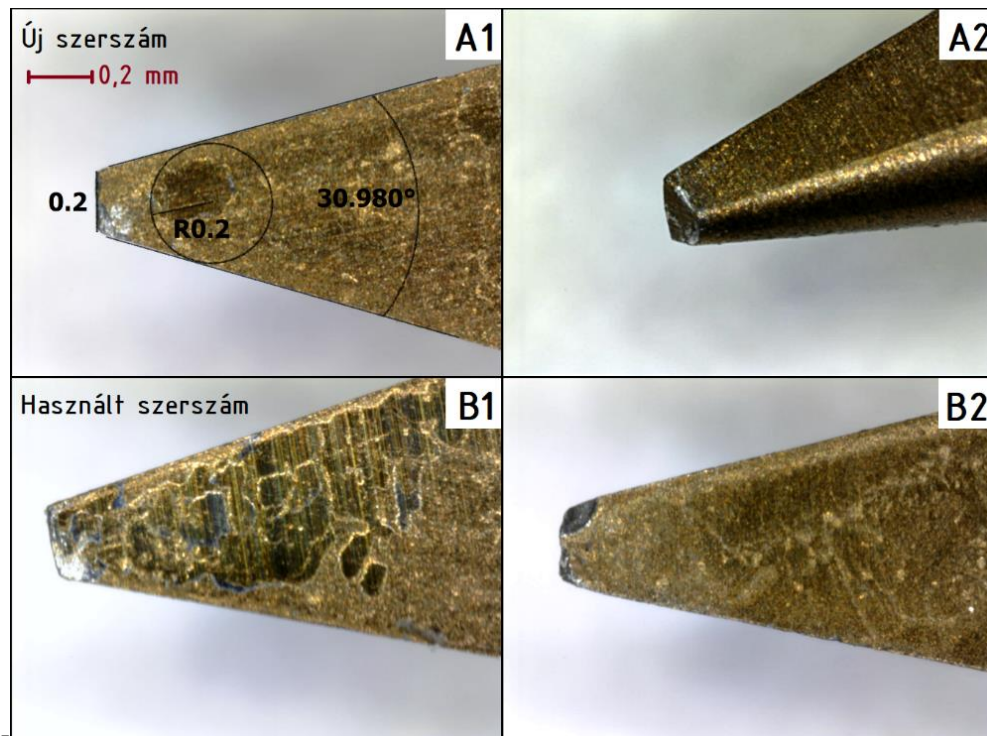
1. táblázat. Az alkalmazott polimerek és tulajdonságaik

Tulajdonságok	Lexan 141R	Dowlex 2027G	Mértékegység
Ajánlott feldolgozási hőmérsékletek			
Szerszámfelület hőmérséklete	100	16	°C
Olvadáshőmérséklet	320	230	°C
pvT tulajdonságok			
Sűrűség (ömladék)	1,0534	0,72883	g/cm ³
Sűrűség (szilárd)	1,1983	0,92819	g/cm ³
MFI	11	4	g/10 min

3. Vizsgálati eredmények

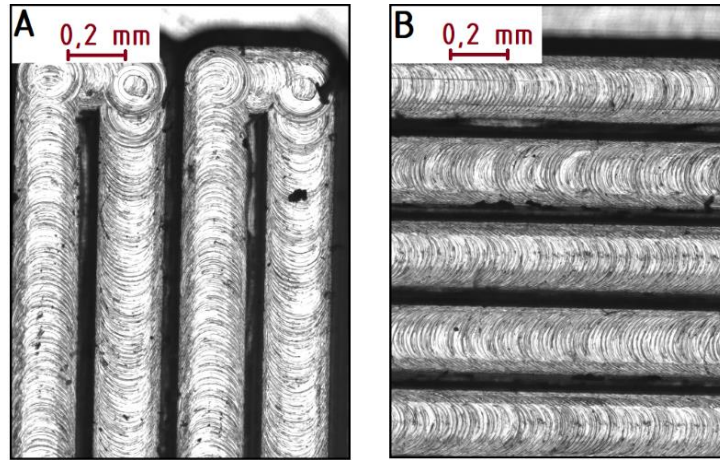
3.1. Mikroszkópi felvételek

A gravírtűkről egy Dino-Lite Pro HR AM7000 mikroszkóp segítségével készültek színes felvételek (4. ábra). Egy új szerszám felvételén látszik, hogy az ékszöge a leírásnak (közel) megfelelő, viszont az éllekerekítése nem 0,2 mm-es rádiusz volt, sokkal inkább a megmunkált felülettel párhuzamos, egyenes. A szerszámok az optimális értékektől némileg eltérő a forgácsolási paraméterek miatt fokozott kopásnak voltak kitéve. Mivel az aktív elemen létrehozott pályák két külön gravírtűvel készültek a hornyok minőségét a szerszámkopás azonos mértékben befolyásolta.



4. ábra. Mikroszkópi felvétel egy még használatlan gravírtűről (A1-A2) és egy használt szerszámról, a megmunkálás után (B1-B2).

A kialakított pályák minőségének ellenőrzésére egy Mitutoyo QuickVision Elf Pro mikroszkóp segítségével készültek felvételek (5. ábra). A felvételeken jól látszottak a hornyok makro- és mikrogeometriai jellemzői.



5. ábra. A Mitutoyo Quick Vision mikroszkóp segítségével készített vertikális (A) és a horizontális (B) hornyok felvételei

3.2. Vizsgálat kontúrmérő berendezés segítségével

A kitöltési minőség vizsgálata egy Mitutoyo Formtracer Sv-C3000 kontúrmérő gép segítségével történt. A kontúrmérés elsődleges céljai:

- A tervezett és a ténylegesen kialakított geometriák különbségének mérése a betéten
- A fröccstermékek kitöltöttségének vizsgálata
 - vizsgálat a Dowlex 2027G LLDPE esetében
 - *utónyomásos próbatesteknél (500 bar)*
 - *utónyomás nélküli próbatesteknél*
 - vizsgálat a Lexan 141R polikarbonát esetében
 - *utónyomásos próbatesteknél (500 bar)*
 - *utónyomás nélküli próbatesteknél*

3.2.1. A betéten kialakult struktúra elemzése [3,4]

Mind a horizont, mind pedig a vertikális pályákat 3-3 részre osztva, 3,5 mm hosszón történt a kontúrmérés (6. ábra). A szakaszok a pálya elején, közepén, illetve a végén lettek felvéve. Ezzel a szerszámkopásból adódó magasságkülönbséget is vizsgálni lehetett.

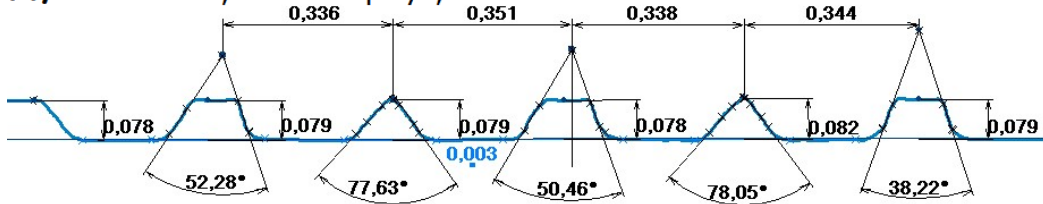


6. ábra. A kontúrmérés vizsgálati pontjai

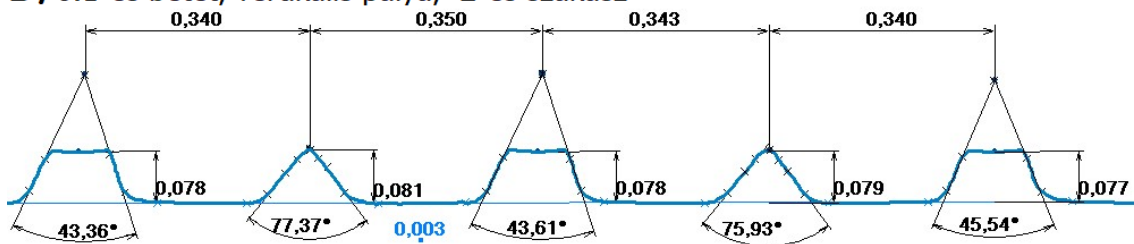
A gravírozott pályák már előzetesen, a mikroszkópi képeken is eltérő képet mutattak a tervezettől. A kontúrmérést követően az ott megállapított tények igazolódtak. A forgácsolt hornyok között azonban szabályos rendezettség alakult ki, azonban a horizontális és a vertikális pályák kontúrjai nem mutattak lényeges különbséget. (7. ábra).

A gravírtúk mikroszkópi képein látható szerszámgeometria és a jelentkező kopások szintén észrevehetőek a kialakított pályákon. A 3 vizsgálati szakasznál a hornyok mélysége közti különbség nem számottevő, így kijelenthető, hogy a szerszám a kopás jelentős részét fogásvételkor szenvedte el, nem a kontúrban haladva. A kopás nagyságrendileg 0,02 mm-t jelentett. Az ábrán az is megfigyelhető, hogy a szerszám pályák távolsága a programozott értéknek (0,346 mm) megfelelően történt.

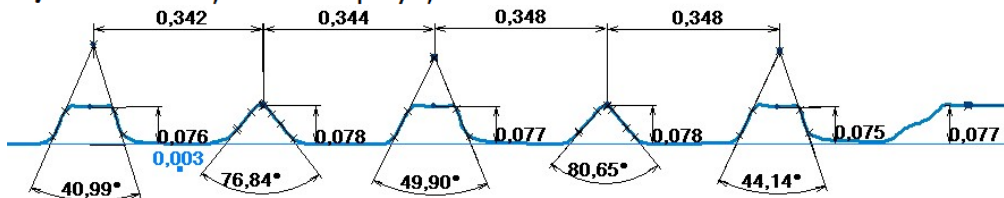
A) 0.1-es betét, vertikális pálya, 1-es szakasz:



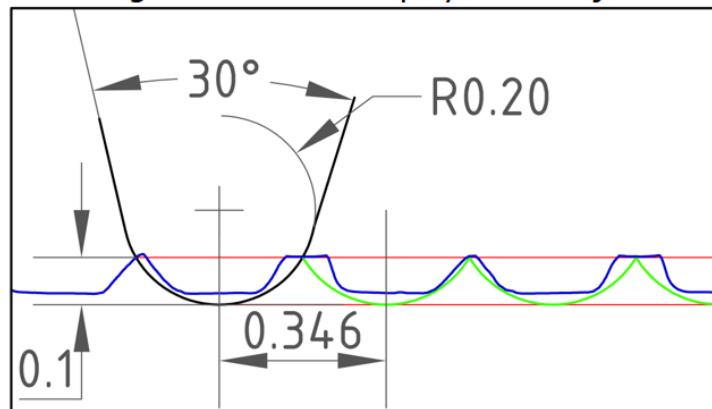
B) 0.1-es betét, vertikális pálya, 2-es szakasz:



C) 0.1-es betét, vertikális pálya, 3-as szakasz:



D) A tervezett és a megvalósult szerszám pályák kontúrjai a betéten:

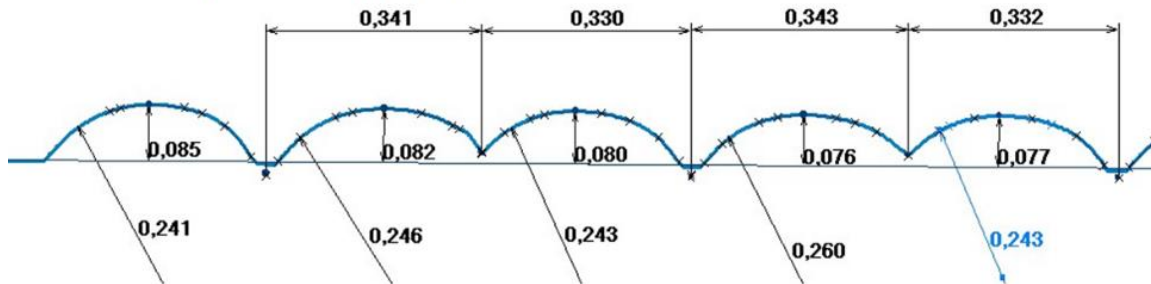


7. ábra. A betéten kialakított hornyok mélységeinek változása a vertikális pálya egyes szakaszain (A-C) és a tervezett és a megvalósult szerszám pályák kontúrjainak összevetése (D).

3.2.2. A fröccstermékek geometriájának összehasonlító vizsgálata [3,4]

A termékeken kialakult struktúrák összehasonlító vizsgálata a betét vizsgálatához hasonlóan történt. A termékeken rögzített kontúrvonalakat mindkét anyag esetében elemeztük, valamint összehasonlításra kerültek az utónyomás nélkül és utónyomással készült darabok. A betétek vizsgálati szakaszát az általuk kialakított termék azonos kontúrával vetettük össze. Cél a geometriai leképeződés elemzése. [6,7]

Lexan 141R, Vertikális pálya, 1-es szakasz:

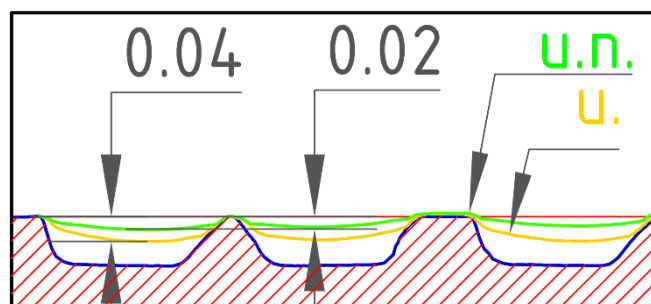


8. ábra. A vertikális pályák kitöltöttsége, zsugorodása (Lexan 141R)

A Lexan 141R esetében a horizontális és a vertikális pályák kontúrjai a termékeken nem mutattak lényeges különbséget (8. ábra). A Dowlex 2027G esetében is hasonló eredmények tapasztalhatók, így a kialakult struktúrákat ez alapján nem különböztettük meg. A továbbiakban olvasható, összehasonlított szakaszok vizsgálata a vertikális pályákon történt.

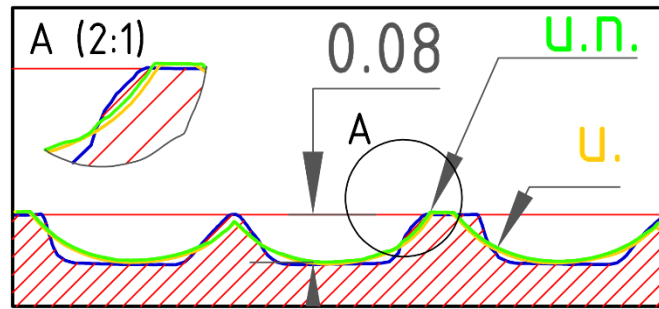
A kontúrmérő által rögzített pontok „.dxf” formátumban is kimenthetők. A szoftver képes ezeket a pontokat automatikusan polinomokkal közelíteni. Mivel a pontok egy nagyságrenddel nagyobb számban szerepelnek, mint kívánt mérési határ, ezért a közelítés elégséges. Az összehasonlítás ezután a „.dxf” fájlok segítségével elvégezhető volt, AutoCAD szoftverben. A pályaillesztéshez bázisként a megmunkálatlan, sík felületet vettünk alapul, míg hosszirányba az első horony szolgált referenciának. Ezek a felületek az ábrázolt szakaszokon <math><0,01\text{ mm}</math> pontossággal illeszthetőek voltak.

A vizsgálat a részben kristályos, Dowlex 2027G-vel kezdődött (9. ábra). A termékre a kristályos anyagoknál jellemző, nagyobb térfogatváltozás miatt az utónyomási fázisnak nagyobb hatása van. Ez az előzetes elvárás szerint alakult. Megfigyelhető, hogy a geometriai leképeződés korántsem tökéletes, illetve, hogy az éles sarkokban jelentősebb zsugorodás, anyaghiány tapasztalható. [4]



9. ábra. A betétben leképeződött utónyomás-(sárga), és utónyomás nélküli (zöld) termékkontúrok Dowlex 2027G alapanyag esetében

Ezt követően a Lexan 141R alapanyagból készült termékek vizsgálata következett (10. ábra). Amorf anyagról lévén szó a várt zsugorodás kisebb mértékű, de a termék és a betét között itt is jelentős különbség mutatkozott. Jelentős hosszirányú zsugorodás nem jelentkezett. A hornyok kitöltöttsége az LLDPE alapanyaghoz mérten jobban alakult: A hornyokat teljes mélységben lekövette az ömledék és az éles sarkok is jobban kivehetőek voltak. Az utónyomásnak azonban itt nem mutatkozott jelentős hatása.



10. ábra. A betétben leképeződött utónyomás-(sárga), és utónyomás nélküli (zöld) termékkontúrok Lexan 141R alapanyag esetében

4. Eredmények

A mérésekből összességében elmondható, hogy a pályák orientációja (horizontális-vertikális) a leképeződést kevésbé befolyásolják. A formalapon kialakított hornyok kitöltöttsége egyik esetben sem tökéletes. Mindkét anyagnál észrevehető az utónyomás kedvező hatása a zsugorodásra. Hosszirányú zsugorodás mindkét alapanyag termékénél jelentkezik. Bár a Lexan 141R-nél is tapasztalható zsugorodás, a kontúrt (jobb folyási tulajdonságának köszönhetően) jobban követi, a geometriai leképeződés az LLDPE-hez mérten pontosabb.

5. Összegzés

A geometriai leképeződés vizsgálata kontúrmérések segítségével szemléletes eredményekkel szolgált. Ahhoz, hogy a tervezett felületelemek (az alakadó gyártástechnológia és a kialakuló struktúra a betéteken) minél inkább egyezzenek gondos geometriai és technológiai előtervezés szükséges [5]. Geometriai szempontból a fröccsöntött termék vastagsága és a kialakított struktúra alakja és mélysége, míg technológiai szempontból a forgácsolási paraméterek és a feldolgozási technológiák jelentős befolyással bírnak. Ezek hatásának vizsgálata és törvényszerűségek keresése további kutatást igényel.

A termékeken kialakított struktúrák molekulaorientációra gyakorolt hatása az anyagok tulajdonságjellemezőit is befolyásolhatja [1]. Távlati cél lehet olyan felületegységek kialakítása, amelyek az ömledékfront áramlásán keresztül irányítottan, a különböző igények szerint alakíthatnák a kialakult morfológiát.

Irodalomkutatás

- [1] M Pósa, K Belina, P Boza, Műanyagszerszám felületek mikrogeometriájának hatása a fröccstermékre (Gépgyártás 46:(3) 2006.) pp 32-35.
- [2] M Pósa, K Belina, P Boza, A Szűcs Examination of the effect of machining technology on the surface of injection moulding parts, (Inter-Ing 2005, Targu Mures 2005.) pp 19-25.
- [3] Gy Bánhegyi., A mikrofröccsöntés jelene és lehetőségei, MŰANYAGOK FELDOLGOZÁSA (2007.)
- [4] Deligio, T.: Thinner thin-wall. Modern Plastics Worldwide, 83. k. 4. sz. 2006. p. 78–81. Yokoi, H.; Han, X.stb.: Effects of molding conditions on transcription molding of microscale prism patterns using ultra-highspeed injection molding. Polymer Engineering and Science, 46. k. 9. sz. 2006. p. 1140–1146.
- [5] K M B Jansen, D J van Dijk, M H Husselman Effect of processing conditions on shrinkage in injection molding, (Polymer Engineering and Science, 1998.) pp 838-846
- [6] C. Liu, L. T. Manzione Process studies in precision injection molding, (I: Process parameters and precision, Polymer Engineering and Science, 36, 1996.) pp 1-9.
- [7] Eladl, Abdelkhalik et al. Effect of Process Parameters on Flow Length and Flash Formation in Injection Moulding of High Aspect Ratio Polymeric Micro Features (Micromachines 2018; 9 (2):58.)
- [8] Bánhegyi. Gy. Kristályos és amorf polimerek termikus vizsgálata differenciális pásztázó kalorimetriával (DSC), In: Műanyagipari szemle 2014.