

PÁRIZS RICHÁRD DOMINIK<sup>1</sup>, TÖRÖK DÁNIEL<sup>1,2</sup>

# A GYÁRTÁSI PARAMÉTEREK HATÁSA A FRÖCCSÖNTÖTT TERMÉKEK SZÍNHOMOGENITÁSÁRA FŰTÖTT CSATORNÁS SZERSZÁMBAN

## INVESTIGATION OF THE COLOR HOMOGENEITY OF INJECTION MOLDED PARTS MADE WITH HOT RUNNER MOLD

Célunk a fűtött csatornás szerszámban gyártott termékek színhomogenitásának elemzése volt. Munkánk során elemeztük a főbb technológiai paraméterek és a meglövési pozíció hatását. Az általunk alkalmazott képfeldolgozó program segítségével az optimális technológiai beállításokat kerestük meg.

Our aim was to analyse the colour homogeneity of products manufactured in a hot runner injection mold. In our work we analysed the influence of the main technological parameters and the position of the nozzle. We used image processing and design of experiments to find the optimal process settings and nozzle position.

### 1. BEVEZETÉS

A fröccsöntéssel előállított műanyag termékekkel az ipar számos területén találkozhatunk, amelyek a nagyon egyszerű háztartási, csomagolási eszközöktől kezdve a magas műszaki követelményeknek megfelelő alkatrészekig szinte bármilyen szerepet betölthetnek. A termékkel szemben támasztott követelményeket a felhasználási terület és a termék által betöltött funkció határozza meg. A követelmények legtöbbször a termék mechanikai tulajdonságaira, hőállóságára, környezeti behatásokkal szembeni ellenállóságára, vegyszerállóságára vagy a méretpontosságára vonatkoznak.

A műszaki követelmények mellett azonban nagyon fontos szempont a termékek esztétikai megjelenése és az azzal kapcsolatos hibáknak a kiszűrése is. Ebbe a csoportba tartozhat például a termékek színe, a színhomogenitási problémák, a folyási vagy beégési nyomok, a fátyolosság stb. Ezek a hibák sok esetben a színezőanyagok nem megfelelő eloszlottságára vezethetők vissza, amit számos tényező befolyásol. Ezek négy nagy csoportba sorolhatók be az alapján, hogy a fröccsöntési folyamatban mivel áll leginkább kapcsolatban. Megkülönböztethetünk az alapanyaggal,

a fröccsöntő géppel, a fröccsöntési technológiával és a fröccsöntő szerszám kialakításával kapcsolatos tényezőket, amelyek együttesen határozzák meg a termékünk minőségét. Jian-Yu Chen és társai [1] a fröccsöntési technológiával kapcsolatos tényezőket további csoportokba sorolják aszerint, hogy melyik cikluselemhez tartoznak (adagolás, befröccsöntés, utónyomás stb.). A minőséget befolyásoló tényezők közül a legelterjedtebben kutattak a technológiára vezethetők vissza, ezekkel számos szerző foglalkozik [2-4]. A terméken megjelenő felületi hibák vizsgálata kevésbé terjedt el. Kuo-Ming Tsai és társai [5] a termékek felületén megjelenő hibákkal és a technológiai paraméterek kapcsolatával foglalkoznak. Esetükben a termék egy optikai felhasználású lencse, amin vizsgálják a lencse felületének hullámosságát, érdességét és a lencse áttetszőségét a technológiai paraméterek függvényében. Teixeira és társai [4], hasonlóan az előző szerzőkhöz, a technológiai paraméterek hatásával foglalkoztak a termék felületi érdességére, fényességére és a mechanikai tulajdonságokra.

Kifejezetten a színhibákkal kapcsolatos kutatások még kevésbé terjedtek el. Zsíros és társai [6] saját eljárást fejlesztettek a színhomogenitás vizsgálatára, aminek segítségével a technológiai paraméterek hatását vizsgálták hideg csatornás fröccsöntő szerszámban. Kutatásukban megállapították, hogy az ömledék hőmérséklete befolyásolja jelentősen a termékek színhomogenitását. A technológiai paraméterek mellett Zsíros és társai [7, 8] vizsgálták a különböző mesterkeverékek eloszthatóságát, a szerszámkialakítás [9] és a különböző keverőelemek [10] hatását is, azonban a fűtött csatornás szerszámokban lejátszódó folyamatokkal nem foglalkoztak.

A fűtött csatornával rendelkező szerszámok használata sok szempontból előnyös lehet. A hagyományos elosztócsatornához képest a gyártás során keletkező hulladék mennyisége kisebb, jobb a termékek felületi minősége és hosszabb folyási utak érhetőek el a kisebb nyomásesés miatt, valamint nem jelentkezik az elosztócsatorna kialakítására visszavezethető folyási egyenetlenségek. Ezek az előnyök a sokfészes szerszámokban még jobban érvényesülnek [11]. A fűtött csatornás szerszámok kialakítása azonban nagyban eltér a hagyományos elosztó csatornával

<sup>1</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék

<sup>2</sup> MTA-BME Lendület Könnyűszerkezetes Polimer Kompozitok Kutatócsoport

rendelkező szerszámokétól, ezért elengedhetetlen a fűtött csatorna hatásának a vizsgálata. Cikkünkben azzal foglalkozunk, hogy a fűtött csatornás szerszámmal gyártott termékek esztétikai minősége, a színhomogenitás milyen mértékben függ a fűtött csatorna kialakításától és az alkalmazott technológiai paramétereiktől. Az irodalomkutatás alapján 3 technológiai paramétert választottunk ki, amelyek az ömledék hőmérséklete, az adagolási sebesség és a befröccsöntés sebessége. Ezen felül vizsgáljuk a meglövési pozíciójának hatását kétféle szerszám kialakítás esetén.

## 2. FELHASZNÁLT ANYAGOK ÉS ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

### 2.1. ANYAGOK

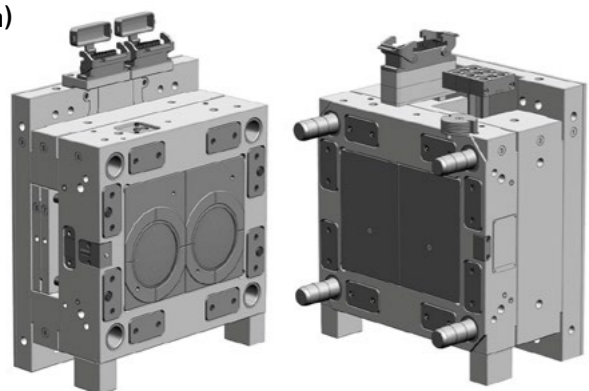
A fröccsöntéshez Terluran GP-35 színezetlen akrilnitril-butadién-sztirol (Ineos Styrolution, Frankfurt am Main, Németország) alapanyagot használtunk fel. Szerkezetét tekintve ez egy amorf, kiválóan fröccsönthető műszaki polimer, jó mechanikai tulajdonságokkal. A termékek színezéséhez Renol-pink ABS143479Q (Clariant AG., Muttensz, Svájc) ABS-hez való mesterkeveréket használtunk. A mesterkeverék ABS hordozóra épül, amit gyártáskor 4 m%-ban adalékoltunk a színezetlen ABS alapanyaghoz. Ez a rózsaszín mesterkeverék a többihez képest nagy mennyiségben tartalmaz titán-dioxidot, amit viszonylag nehéz egyenletesen eloszlatni, ezért a színhibák jobban láthatóvá válnak a terméken, ami megkönnyíti a vizsgálatokat.

### 2.2. FRÖCCSÖNTŐ GÉP, SZERSZÁM ÉS EGYÉB BERENDEZÉSEK

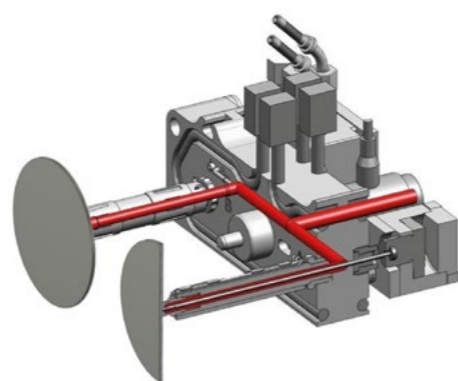
A próbatetek gyártásához egy Arburg (Lossburg, Németország) Allrounder 470 A 1000-290 típusú fröccsöntő gépet használtunk. A gép maximális záróereje 100 tonna, az alkalmazható maximális fröccsöntési nyomás pedig 2500 bar. A gépre egy kétfélszemes, fűtött csatornás fröccsöntő szerszámot szereltünk fel, amivel 100 mm átmérőjű, 2 mm vastag, korong alakú próbatetek gyárthatók. A szerszám és a fűtött csatorna kialakítása az 1. ábrán látható.

A fröccsöntő szerszám különlegessége, hogy a formaüreg kialakítása betétekkel van megoldva, amelyek kétféle pozícióban helyezhetők be a szerszámba. Az első elrendezés esetén a meglövési pont a korong alakú termék közepén van. Ha a betéteket 180°-kal elforgatva helyezzük be a szerszámba, akkor a meglövési pont helye nem a termék közepén, hanem a szélén helyezkedik el (2. ábra).

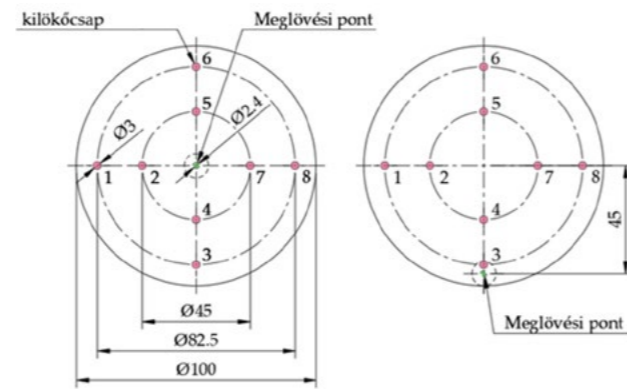
a)



b)



1. ábra: A gyártószerszám és a fűtött csatorna kialakítása



2. ábra: A meglövési pont pozíciója

### 2.3. PRÓBATESTEK GYÁRTÁSA ÉS MÉRÉSI MÓDSZEREK

A munkánk célja volt, hogy két szintes, három faktoros teljes faktoriális kísérlettel (DoE) meghatározzuk a technológiai paraméterek hatását a termék színhomogenitására. A plasztikálás és a befröccsöntés jelentős hatással lehetnek az ömledék, és így a termék színének homogenitására, hiszen ekkor éri a polimert a legnagyobb nyírás, ezért ilyenkor a legnagyobb a keverő hatás. Az általunk vizsgált technológiai paraméterek ezek alapján: a plasztikálásnál alkalmazott csigaforgási sebességet ( $v_{ker}$ ), a befröccsöntési sebességet ( $v_{befr}$ ), illetve az ömledék hőmérsékletét ( $T_o$ ) befolyásoló fröccshenger és fűtött csatorna hőmérséklete. A vizsgálataink során a többi technológiai paramétert fix értéken tartottuk (1. táblázat).

A kísérletünk során minden egyes beállítás kombináción 20 ciklusból vettünk mintákat, miután a technológia stabilizálódott. Két napig mértünk, mindegyik nap az utolsó gyártásként referencia ciklusokat vettünk fel a változtatott paraméterek középtékén (lásd 1. táblázat zárójeles értékei). A gyártás során az egyik fészek középről, a másik pedig a termék széle felől lett meglöve, így a kísérleti tervet gyakorlatilag a két meglövésre egyszerre végeztük el. A DoE segítségével az egyes vizsgált technológiai paraméterek fő hatása, illetve a paraméter kombinációk kereszt-hatása is kimutatható.

A színhomogenitás számításához a próbateteket első lépésben síkgyas lapszkennerrel digitalizáltuk. A szkennert típusa Epson Photo V600 volt. Ezután a digitális képeket Matlab R2022a (MathWorks, Natick, Egyesült Államok) szoftverrel elemeztük. A képelemzés a szkennelt színes kép szürkeárnyalatossá konvertálásával és a próbatest azonosításával kezdődött.

Ezután a próbatesthez tartozó pixelek színértékeit elemeztük és megállapítottuk, hogy mekkora a színváltozás mértéke a próbatetek felületén. A színváltozás meghatározásához minden

1. táblázat: Gyártási paraméterek

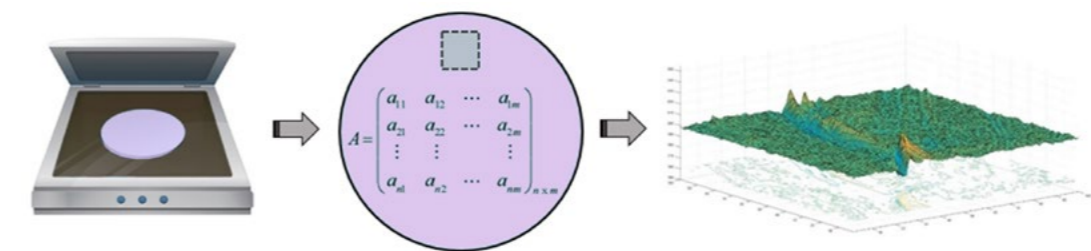
Állandó gyártási paraméterek	
Adagolási térfogat [cm <sup>3</sup> ]	41
Dekompresszió [cm <sup>3</sup> ]	5
Csigaforgási sebesség [m/perc]	25
Torlónyomás [bar]	40
Utónyomás nagysága [bar]	700
Utónyomási idő [s]	10
Átkapcsolási térfogat [cm <sup>3</sup> ]	6
Szerszámhőmérséklet (beömlő) [°C]	80
Szerszámhőmérséklet (blokk) [°C]	30
Maradék hűtési idő [s]	15
Ciklusidő [s]	35
Változtatott gyártási paraméterek	
Csigaforgási sebesség [m/perc]	10, (25), 40
Hengerhőmérséklet [°C]	200, (215), 230
Forrócsatorna hőmérséklete [°C]	200, (215), 230
Befröccsöntés sebessége [cm <sup>3</sup> /s]	10, (35), 60

próbatesthez tartozó képpontban kiszámítottuk a színérték gradiensét, majd ezeket összegeztük. A kapott összeg a színváltozás mértékével van összefüggésben. Nagyobb gradiens összeg több változást jelent, tehát a próbatest inhomogén. Kis gradiens összeg esetén a változás kismértékű, a próbatest homogén. Annak érdekében, hogy a kis kiterjedésű (ahol a színváltozás gyakori) és nagy kiterjedésű (kevesebb színváltozás) hibákat is figyelembe vegyünk, több lépésben homályosítottuk a képet. A homályosítás után újra kiszámoltuk a próbatesthez tartozó gradiens összeget. A homályosítás erősségének függvényében a gradiens összeg csökken, hiszen minden szűréssel tüntetünk el hibákat a képről. A nagyobb hibák viszont csak nagyon erős szűrő esetén tűnnek el. A kép homályosításához Gauss-szűrőt alkalmaztunk. A gradiens összeg változását a képszűrés (homályosítás) erősségének függvényében a 4. ábra mutatja. A képek inhomogenitásának a mérőszáma a 4. ábrán látható kék görbe alatti terület (piros görbe), ebben az esetben ~2,3. Ezt a hibaértéket minden egyes szkennelt képre meghatároztuk, mert ezzel jellemeztük a próbatetek színének inhomogenitását.

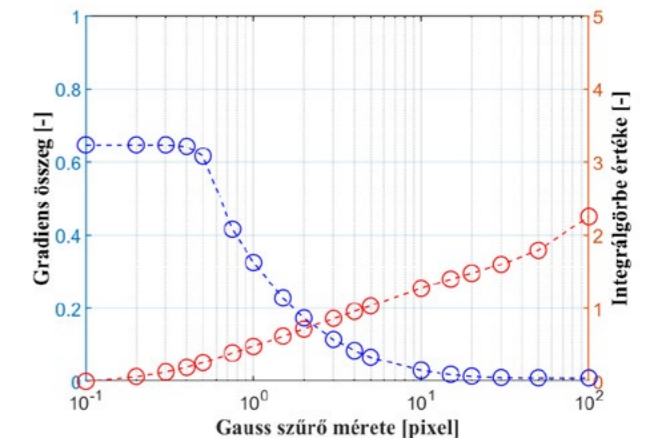
## 3. EREDMÉNYEK

### 3.2. FŐHATÁSOK ELEMZÉSE

A főhatások az egyes faktorok (vagy más néven a változtatott technológiai paraméterek) szintiszta hatása nélkül, hogy figyelembe vennénk azt, hogy a többi technológiai paraméter milyen hatást gyakorolt a termékek színhomogenitására. Az ömledék hőmérsékletének hatása látható az 5. ábrán. A főhatás elemzésénél



3. ábra: A képfeldolgozás lépései balról jobbra: próbatetek szkennelése, képek beolvasása és feldolgozása, szürkeségi fok felületként kezelése és gradiens számítás

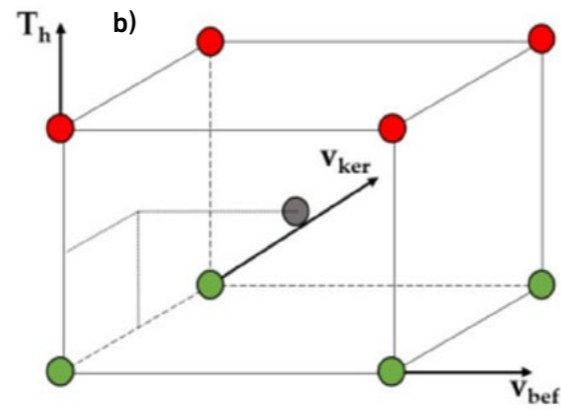
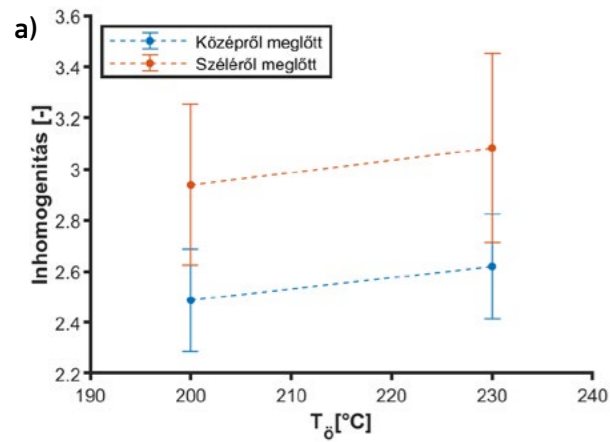


4. ábra: Próbatesten tapasztalható színváltozás a homályosítás függvényében (kék) és annak integrálja (piros)

az összes mérési pontot számításba vettük, csak az adatok két alcsoportra vannak bontva. Az egyik alcsoportban a vizsgált faktor alacsony szinten vett eredményei, míg a másik csoportban ugyanennek a faktornak a magasabb szinten vett értékei találhatók (lásd 5. b ábra). A két csoport átlagát és szórását összevetve elemezhető, hogy az adott faktornak milyen hatásnagysága van, illetve, hogy ez statisztikai szempontból jelentős-e vagy sem. A főhatás gyakorlatilag a két szint közti átlagos eltérést jelenti. Az 5. a ábrán látható, hogy az inhomogenitás változik a hőmérséklet változtatásával együtt. A két meglövési pozíció között szignifikáns különbség van az inhomogenitásban, de a változás mértéke független a meglövési helyétől. A mérési eredmények alapján kijelenthető, hogy a hőmérséklet növekedésével a terméken található színhibák mennyisége is növekszik. Ennek oka, hogy a nagyobb hőmérsékletű és kisebb viszkozitású ömledékre kisebb nyírás hat a plasztikálás és a befröccsöntés során, ami kevésbé hatékony keveredést eredményez. A mintákon független T próbát végeztünk ( $\alpha=0,05$ ) és igazoltuk, hogy mindkét meglövési esetben szignifikáns volt a hőmérséklet hatása.

A kerületi sebesség esetében szintén hasonló szignifikáns hatás volt kimutatható. Az eredményekből látható, hogy a kerületi sebesség növelésével jelentősen csökken a terméken található színhibák mennyisége (6. ábra). Ez abból következik, hogy kis kerületi sebesség esetén a mesterkeverék elkeveredése nem megfelelő a kismértékű nyírás miatt. Hasonlóan az ömledék hőmérsékletéhez, a meglövési pont pozíciója hatással van a színhomogenitásra, de ez a hatás összefügg a kerületi sebességgel.

A befröccsöntési sebesség növelése láthatólag szintén csökkenti a termék színének inhomogenitását, azonban ez a csökkenés a két meglövési esetben nem azonos mértékű (7. ábra). Ez azt jelenti, hogy a meglövési pozíció és a befröccsöntési sebesség kereszt-hatással vannak egymásra. A befröccsöntési sebesség feltehetőleg azért csökkenti az inhomogenitást, mert a nagy befröccsöntési sebesség nagy nyírást eredményez mind a



△ 5. ábra: Az ömledék hőmérsékletének hatása a színhomogenitásra (a), illetve a kísérleti kocka a vizsgált pontok szemléltetésére (b)

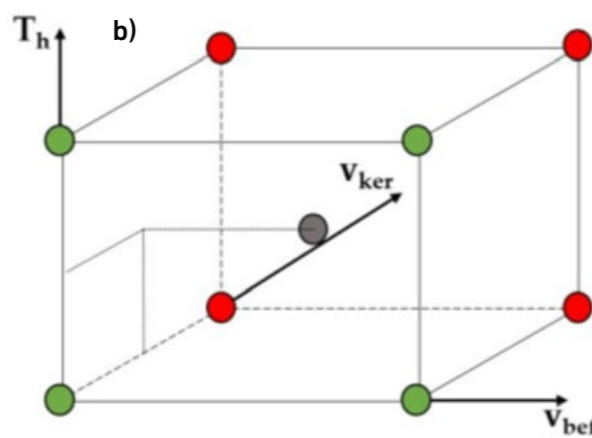
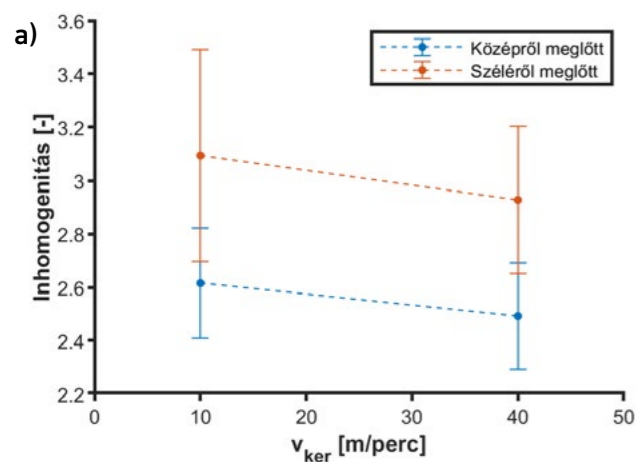
fröccsöntőgép, mindpedig a fűtött csatornás szerszám fúvókájánál. A befröccsöntési sebesség és meglövési pont keresztthatása magyarázható azzal, hogy a széléről meglőtt próbatestnél az ömledék folyási útja hosszabb volt, mint a középről meglőtt próbatestnek, így az ömledékben a folyásút növekedésével több ideje volt a színezéknek elkeverednie. Megfigyelhető az is, hogy nagyobb mértékű az inhomogenitás csökkenés a szélről meglőtt próbatesteknél, azonban ez még így sem éri el a középről meglőtt próbatestek homogenitását. Az eltérés mind a két beállítás és pozíció esetén szignifikáns volt a T próba alapján.

Az egyes főhatások a két fészék esetén a 8. ábrán láthatók. Az ábrák vízszintes tengelyén az alkalmazott technológiai paraméter alsó és felső szintjét jelöltük (-1) és (1) jelöléssel. Meglövési pozíciótól függetlenül a befröccsöntési sebességnek volt a legnagyobb hatása a termékek színhomogenitására, ami a szélről meglőtt próbatestek esetén nagyobb mértékű volt, mint a közepén meglőtt próbatesteknél.

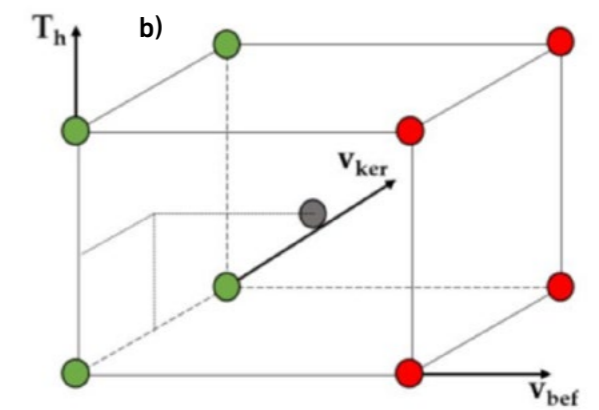
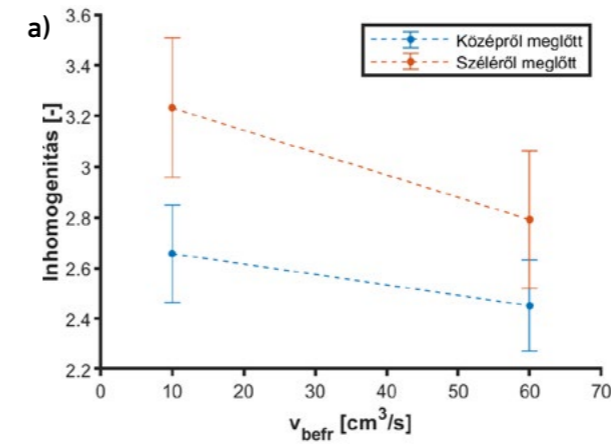
### 3.2. A KERESZTHATÁSOK ÉS TECHNOLÓGIAI STABILITÁSÁNAK ELEMZÉSE

Az ilyen teljes faktoriális kísérlettervezési módszerek egyik fő lényege, hogy a technológia optimumának keresését segítik elő úgy, hogy több paraméter párhuzamos vizsgálatát végzi. Ahhoz azonban, hogy az optimum pontokat megtaláljuk nem elegendő az egyes faktorok fő hatását megvizsgálni. A befröccsöntési sebesség vizsgálatánál már megfigyelhető volt, hogy a vizsgált paraméter

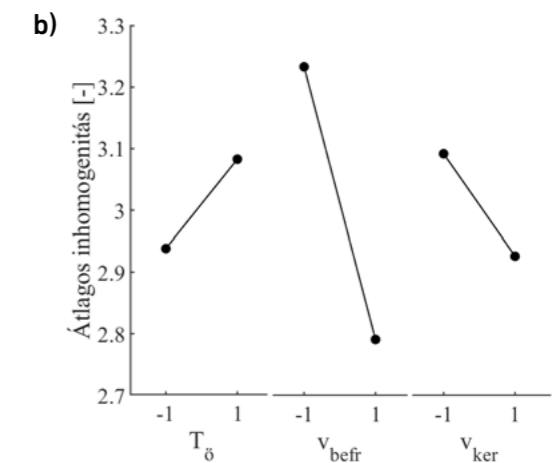
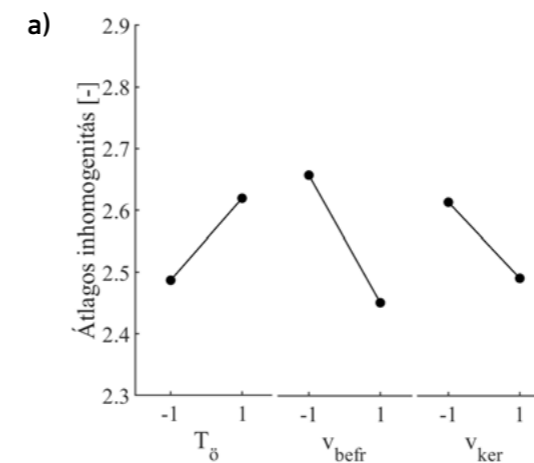
hatása esetleg más paraméterek változása miatt másképp alakulhat. Ezért különösen fontos, hogy a keresztthatásokat az elemzések során megkeressük, és azokat figyelembe vesszük az optimum keresése során. A 9. ábra szemlélteti, hogy milyen keresztthatások és főhatások lehetnek jelentősek a kísérletünk során. Az egyes alábrák az adott technológia faktor vagy éppen faktor kombinációk alsó és felső szintjét jelentik. A keresztthatásoknál az alsó és felső szintet az őket alkotó hatások szintjeinek szorzata adja meg két szint esetén. Ennélfogva, ha kerületi sebesség és befröccsöntési sebesség keresztthatását vizsgáljuk, akkor az alsó szint (-1) úgy állítható elő, ha az egyik paramétert a felső, míg a másik paramétert az alsó szintjére állítjuk és fordítva. Amennyiben a két szint között jelentős a hatás, azaz nagy a meredeksége a két szintet jellemző pontok közt húzható egyenesnek, akkor egy jelentős fő- és keresztthatásról beszélünk. Általában azokat a hatásokat kell a technológiai optimum keresésnél először figyelembe venni, amelyek hatása a legjelentősebb. A 9. ábrán látható eredményekből egyértelmű, hogy legnagyobb hatással a befröccsöntési sebesség volt. A keresztthatások közül a többség elhanyagolhatónak tűnik, azonban az ömledék hőmérséklet és csiga kerületi sebességének a kombinációjával jelentős változás érhető el az átlagos inhomogenitásban. Ez a jelenség azzal magyarázható, hogy amennyiben a kerületi sebességet és az ömledék hőmérsékletet kis értékre állítjuk, úgy a plasztikálás kéméletes. Ebből adódóan kicsi a nyírásból adódó hőfejlődés, így a plasztikálás végén kis hőmérsékletű és nagy viszkozitású ömledéket kapunk. A befröccsöntés során azonban a nagyobb viszkozitású ömledékre kifejezetten jelentős nyírás



△ 6. ábra: A csiga kerületi sebességének hatása a színhomogenitásra (a), illetve a kísérleti kocka a vizsgált pontok szemléltetésére (b)



△ 7. ábra: A betroccsöntési sebesség hatása a termék színének inhomogenitására (a), illetve a kísérleti kocka a kiértékelés szemléltetésére (b)



△ 8. ábra: A vizsgált technológiai paraméterek főhatása a termék színhomogenitására a középről meglőtt próbatestek esetén (a) és a széléről meglőtt próbatesteknél (b)

hat, ami jobb keveredést eredményez. Nagy kerületi sebesség és ömledék hőmérséklet esetén a plasztikálás kevésbé kéméletes, ezért keveredési folyamatok jobban érvényesülnek ebben a szakaszban. A plasztikálás eredményeképpen egy nagyobb hőmérsékletű és kisebb viszkozitású ömledéket kapunk, mint az előző esetben, ezért a fröccsöntési szakaszban a keveredés már kevésbé jelentős.

Önmagában az átlagos értékek megváltozásáról nem lehet érdemi következtetést levonni, hiszen fontos, hogy az adatok variációját is figyelembe vegyünk. Ez utóbbit a független T próbával tettük meg ( $\alpha=0,05$ ), amiből látható volt, hogy szignifikáns eltérést a főhatásokon kívül csupán az ömledék hőmérséklet és kerületi sebesség keresztthatása okozott.

A gyártás során a korábban alkalmazott technológiai paraméterek hatásának vizsgálatára referencia ciklusokat vettünk fel a két gyártási napon. A két referencia sorozat között a T próba nem mutatott ki szignifikáns eltérést ( $\alpha=0,05$ ), ami bizonyítja, hogy a gyártás során a korábbi beállítások nincsenek jelentős hatással a későbbi ciklusokban gyártott termékek minőségére.

A homogén színű termékek gyártása mellett azonban az is fontos, hogy a technológia stabilan működjön az adott beállítás kombinációk esetében. Jelen esetben a befröccsöntési sebesség főhatása, illetve a kerületi sebesség és ömledék hőmérséklet keresztthatása definiálja a lehetséges beállítás kombinációkat, amelyek optimálisak lehetnek (10. a ábra). Az egyes beállítás kombinációk esetében a szórás figyelembevétele a jel-zaj arány segítségével lehetséges (10. b ábra). A jel-zaj arány számítására több

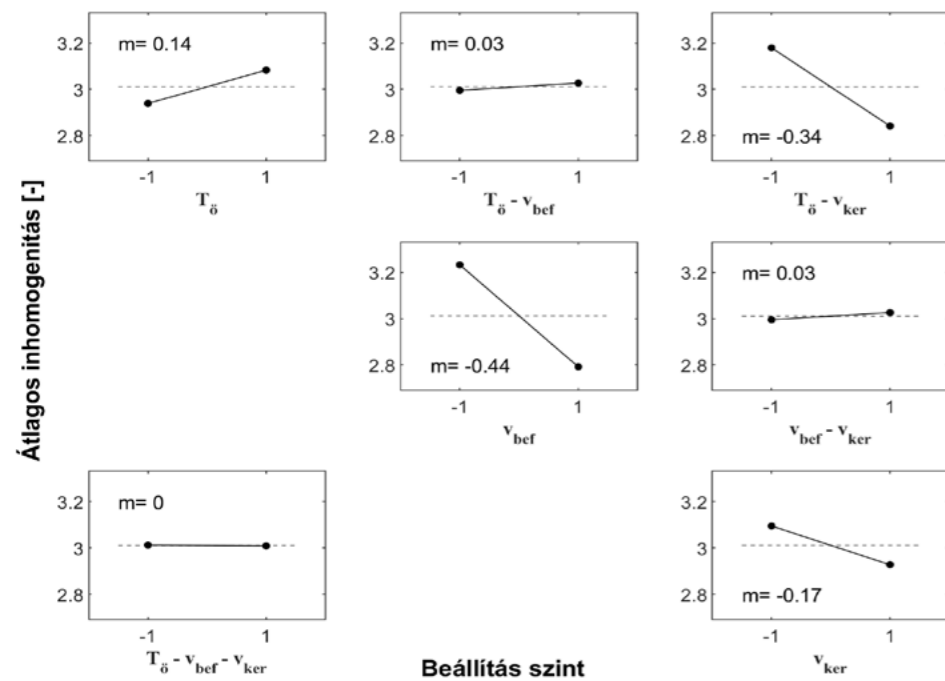
képlet is alkalmazható, jelen esetben nekünk célunk az volt, hogy a névleges értéket és a standard szórás is figyelembe vegyünk ennek számításánál, ehhez az (1) összefüggést alkalmaztuk.

$$S/N = 10 \cdot \log\left(\frac{\bar{Y}^2}{s^2}\right) \quad (1)$$

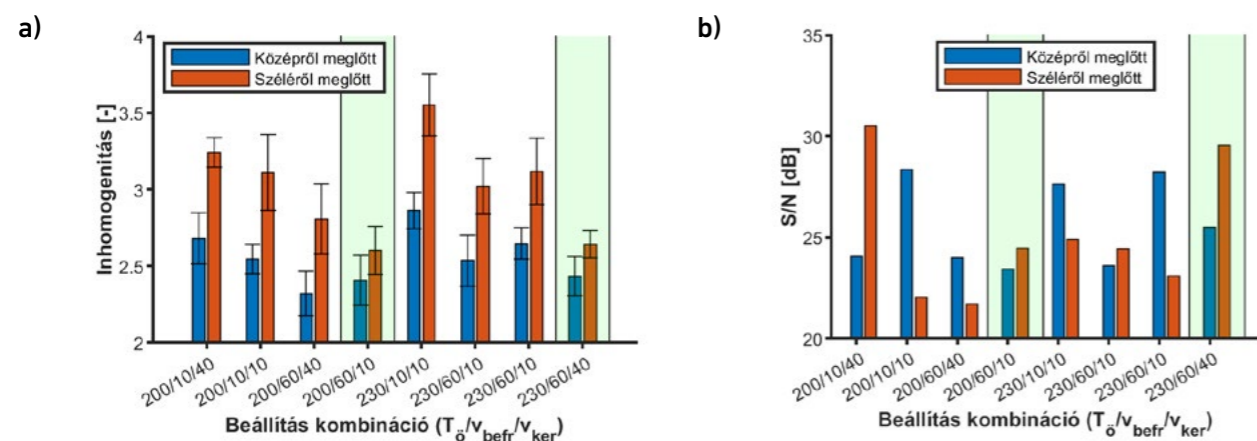
ahol  $S/N$  a jel-zaj arány,  $\bar{Y}$  az inhomogenitás átlagos értéke,  $s$  pedig az inhomogenitás szórása adott beállításon. A mérés szempontjából az a beállítás számít stabilabbnak, ahol nagyobb a jel-zaj arány, így látható, hogy a  $T_0=230$  °C,  $v_{bef}=60$  cm<sup>3</sup>/s,  $v_{ker}=40$  m/perc beállítás kombináció a jobb az adott két beállítás esetén.

## 4. ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatásunk során fűtött csatornás fröccsöntött termékek szín homogenitásával és az optimális technológiai beállítások megválasztásával foglalkoztunk. A vizsgálatainkhoz teljes faktoriális kísérlettervet alkalmaztunk, és a kiválasztott technológiai paraméterek mellett a termék meglövési pozíciójának hatását is elemeztük. A termékek színének inhomogenitását egy általunk fejlesztett képfeldolgozó és kiértékelő algoritmussal végeztük, amely a különböző színhibák mennyiségét számszerűsítette. A kísérlet alapján meghatároztuk a terméken keletkező színhibákra ható fő- és keresztthatásokat, valamint optimumkeresést hajthattunk végre, hogy a technológiával minél homogénebb színű terméket gyártsunk. Emellett a jel-zaj arány vizsgálatával az optimális működési paraméterek stabilitását is vizsgáltuk.



9. ábra: Az egyes paraméterek főhatása és azok között kialakuló keresztthatások az oldalról meglőtt próbatetek esetében átlagok közti meredekség szemléltetésével



10. ábra: Az egyes beállítás kombinációk inhomogenitása különböző meglövések esetén, az optimális beállítások kiemelve (a) és a jel-zaj arány az adott beállításokon, az összehasonlítható beállítások kiemelve (b)

Az eredményekből látható volt, hogy a meglövési pozíció megválasztása kritikus hatással van a termékek színezésére, a technológia paraméterek közül pedig a befröccsöntési sebességnek, valamint az ömledékhőmérséklet és kerületi sebesség keresztthatásának van jelentős mértékű befolyása a színhomogenitásra és a stabilitásra. Megállapítottuk, hogy nagy befröccsöntési sebesség választása a célszerű, míg az ömledékhőmérsékletet és kerületi sebességet is nagy értékre kell állítani.

#### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Kutatásunk a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) 2018-1.3.1-VKE-2018-00001 pályázatának a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával, valamint az RRF-2.3.1-21-2022-00009 azonosítószámú, Megújuló Energiák Nemzeti Laboratórium megnevezésű projekt a Széchenyi Terv Plusz program keretében, az Európai Unió Helyreállítási és Ellenállóképességi Eszközének támogatásával valósult meg.

Köszönjük továbbá az ARBURG Hungária Kft-nek az Arburg Allrounder 470 A 1000-290 típusú fröccsöntő gépet, valamint a TOOL-TEMP Hungária Kft-nek, a LENZKES GmbH-nak és a PIOVAN Hungary Kft-nek a kiegészítő berendezéseket.

#### IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Jian-Yu Chen; Jia-Xiang Zhuang; Ming-Shyan Huang: Monitoring, prediction and control of injection molding quality based on tie-bar elongation, Journal of Manufacturing Processes, 46, 159-169 (2019).
- [2] Yi Yang, Bo Yang; Shengqiang Zhu, Xi Chen: Online quality optimization of the injection molding process via digital image processing and model-free optimization, Journal of Materials Processing Technology, 226, 85-98 (2015).
- [3] Chi-Wei Su, Wei-Jie Su, Feng-Jung Cheng; Guan-Yan Liou; Sheng-Jye Hwang; Hsin-Shu Peng; Hsiao-Yeh Chu: Optimization process parameters and adaptive quality monitoring injection molding process for materials with different viscosity, Polymer Testing, 109, 107526 (2022).
- [4] Teixeira, D.; Giovanella, M.; Gonella, L. B.; Crespo, J.S.: Influence of injection molding on the flexural strength and surface quality of long glass fiber-reinforced polyamide 6.6 composites, Materials and Design, 85, 695-706 (2015).
- [5] Kuo-Ming Tsai; Chung-Yu Hsieh; Wei-Chun Lo: A study of the effects of process parameters for injection molding on surface quality of optical lenses, Journal of Materials Processing Technology, 209, 3469-3477 (2009).
- [6] Zsíros, L.; Suplicz, A.; Romhány, G.; Tábi, T.; Kovács, J. G.: Development of a novel color inhomogeneity test method for injection molded parts, Polymer Testing, 37, 112-116 (2014).
- [7] Zsíros, L.; Török, D.; Kovács, J. G.: Evaluation of the homogenization properties of masterbatches. Coloration Technology, 133, 431-438 (2017).
- [8] Zsíros, L.; Török, D.; Kovács, J. G.: The effect of masterbatch recipes on the homogenization properties of injection molded parts. International Journal of Polymer Science, 2017, 1-7 (2017).
- [9] Török, D.; Zsíros, L.; Kovács, J. G.: Különböző kialakítású gáttípusok és a szerszám felületterjedtségének hatása a fröccsöntött termékek színhomogenitására, OGÉT konferencia 2016, Déva, 455-459 (2016).
- [10] Török, D.; Kovács, J. G.: Effects of injection molding screw tips on polymer mixing, Periodica Polytechnica-Mechanical Engineering, 62, 241-246 (2018).
- [11] Demirer, A.; Soydan, Y.; Kaptı, A. O.: An experimental investigation of the effects of hot runner system on injection moulding process in comparison with conventional runner system, Materials and Design, 28, 1467-1476 (2007).

Aktuális hírfolyam

Műszaki-technológiai fejlesztési trendek

Nemzetközi kitekintés

Lektorált tudományos közlemények

Látványban és tartalmában megújult honlap

Hírlevél

Korszerű hirdetési lehetőségek



[www.polimerek.hu](http://www.polimerek.hu)