

## Mérési módszer fejlesztése a fröccsöntött, kompozit termékekben létrejövő szegregáció mérésére

### THE DEVELOPMENT OF MEASUREMENT SYSTEM TO EVALUATE THE FILLER SEGREGATION IN INJECTION MOLDED PARTS

TÖRÖK Dániel, SUPLICZ András, KOVÁCS József Gábor

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék, H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3. Tel: +36-1-463-1459, Fax: +36-1-463-1440 E-mail: kovacs@pt.bme.hu,

#### ABSTRACT

*In this work we developed a measurement system based on digital image processing to evaluate the filler segregation in injection molded parts. With our measurement method the calcination of molded specimens is not necessary hence the segregation can be investigated in non-destructive way. Our method is based on the digitization of the molded parts and the distribution of the filler can be determined with digital image processing technique. We tested the measurement method on filled polypropylene specimens, where the fillers were glass beads or polyamide powder.*

#### KIVONAT

*Munkánk során egy digitális képfeldolgozáson alapuló mérési módszer fejlesztésével foglalkoztunk, amivel vizsgálható a fröccsöntött, kompozit termékekben kialakuló szegregáció jelensége a próbatest kiégetése nélkül. A mérési eljárás során az átvilágított fröccsöntött próbatesteket digitalizálni kell (képalkotás), majd a digitális kép alapján meghatározható a próbatest egyes részein a töltőanyag-koncentráció. A mérési módszerünket poliamid porral, vagy üvegyönggyel adalékolt, polipropilén mátrixú fröccsöntött próbatesteken teszteltük.*

**Kulcsszavak:** fröccsöntés, szegregáció, töltőanyag, képfeldolgozás

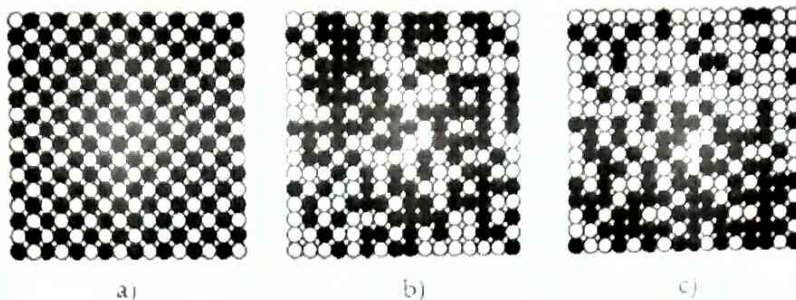
#### 1. BEVEZETÉS

A műanyagipar az egyik legjelentősebb és legdinamikusabban fejlődő ipari terület a világon. Az iparág körülbelül 60 ezer vállalata rengeteg embert foglalkoztat, emellett jelentős, évi 340 milliárd eurós pénzforgalmat bonyolít, ami indokoltá teszi a műanyag alapanyagok, feldolgozástechnológiák és a mérés-technikai oldal fejlesztését.

A mesterséges polimerek térnyerésével hamar megjelent az ipar és a végfelhasználók felől az igény, hogy az anyagok tulajdonságait minél nagyobb mértékben befolyásolni lehessen. Megjelentek az adalékanyagokkal társított mesterséges polimerek, amelyek létrehozása azért szükséges, hogy tovább javítsuk az előnyös és kiküszöböljük a hátrányos tulajdonságokat. Adalékanyag bármi lehet, amely társítás következtében befolyásolni tudja az alaprendszer tulajdonságait. Az adalékolás célja lehet például a mechanikai tulajdonságok javítása, feldolgozhatóság javítása, illetve súly- vagy költségcsökkentés is.

Az adalékanyaggal társított rendszerek esetében azonban problémát jelenthet a szegregáció jelensége, ami a szilárd és kvázi szilárd anyagoknál előforduló fizikai vagy egyéb tulajdonságok szerinti elkülönülés. Az 1. szemlélteti a különbséget a tökéletes keverék (a.), a véletlenszerű keverék (b.) és a szegregálódott keverék (c.) közt. A gyakorlatban tökéletes keverék létrehozására nincs lehetőség, a cél a véletlenszerű keverék előállítása. A szétválasztódás kiváltója lehet méretkülönbség, sűrűségkülönbség, vagy alakkülönbség is. Fröccsöntés során is megfigyelhető ez a jelenség: a szilárd részecskékkel adalékolt fröccsöntött polimer termékekben a részecskék eloszlása inhomogén a keresztmetszet és a folyási út mentén, ami az alapanyag és a feldolgozási technológia sajátosságából adódik.

A szegregáció mérése viszonylag bonyolult folyamat, kiégetéshez mintákat kell kivágni a folyási út mentén a fröccsöntött próbatestekből, majd a kiégetéssel meghatározható a töltőanyag koncentrációja a folyási út mentén. A polimer-polimer kompozitok esetében a hagyományos kiégetéses módszer nem alkalmazható, ugyanis magas hőmérsékleten (~600°C) nem csak a mátrixanyag, hanem a polimer alapú töltőanyag is elégne. Ennek következtében egy új mérési módszert fejlesztettünk ki, amelyben optikai úton mérjük a töltőanyagok eloszlását a fröccsöntött próbatestben. Ezt a mátrixanyag átvilágíthatósága, áttetszősége tette lehetővé.



1. ábra

*Keverékek minősítése (a.) tökéletes (b.) véletlenszerű (c.) szegregálódott keverék*

A digitális képek elemzésén alapuló kiértékelési módszer a képek szürkeárnyalatossá konvertálásával 0 és szegmentálásával (a mátrixanyag és a töltőanyag elkülönítése a szürkeségi fok alapján) kezdődik, majd a képek részekre bontásával meghatározható a próbatest egyes régióiban a töltőanyagtartalom 0.

## 2. ALKALMAZOTT ANYAGOK ÉS BERENDEZÉSEK

A kísérletekhez **mátrixanyagként** a MOL Nyrt. által gyártott Tipplen H145F típusú homopolipropilént választottuk. Az alkalmazott alapanyag kristályolvadási hőmérséklettartománya 165-171°C. A **töltőanyag** olvadási pontja jóval 171°C felett kell legyen, hogy megfelelő biztonsággal fel tudjuk dolgozni a kompozit anyagot, a töltőanyag megolvadása nélkül. A választásunk egy autóiparban is széleskörűen alkalmazott anyagcsaládra a poliamid 6-ra esett. Polimer töltőanyagként a Lanxess Durethan B30S típusú poliamid 6 anyagot alkalmaztuk, amely kristályolvadási hőmérséklettartománya 223°C közelében van. A mérési módszer validáláshoz mintákat készítettünk üvegyönggyel társított polipropilén anyagból is, melyeken a szegregáció kiégetéssel vizsgálható.

Az alapanyagok meghatározása után a töltőanyagokat (PA por és üvegyöngy) az összehasonlíthatóság érdekében azonos térfogatszázalékban (3,9; 8,3; 13,4; 26,7 v%) adalékoltuk a PP mátrixba. **Kompaundálás** után az így elkészített kompozit alapanyagokat Arburg Allrounder 370 S 700 290 típusú **fröccsöntőgéppel** dolgoztuk fel, amin 80x80x2 mm-es lapka próbatesteket gyártottunk.

## 3. MÉRÉSI MÓDSZER FEJLESZTÉSE

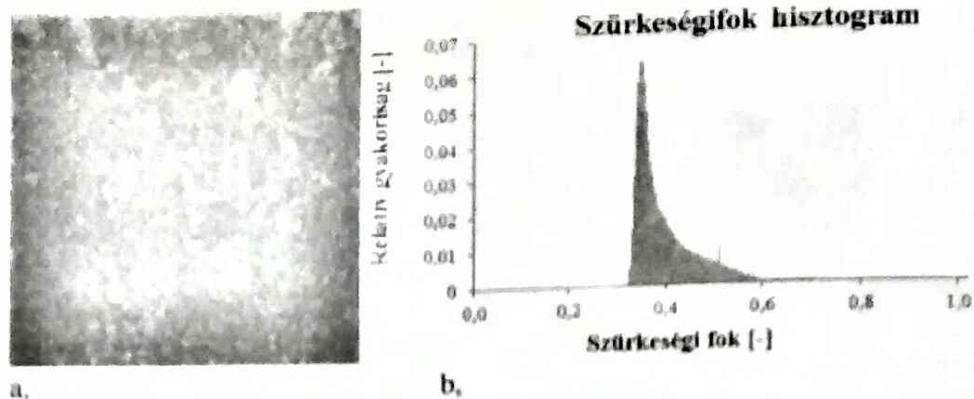
Az kiértékeléshez a próbatesteket Epson Perfection V600 síkágyas szkennel segítségével **digitalizáltuk**, majd a próbatestekről ily módon elkészített digitális képeket egy saját fejlesztésű **szoftverrel elemeztük**. A képek elemzéséhez egymástól független kétváltozós függvényeket ( $f_1(x,y)$ ;  $f_2(x,y)$ ; ...;  $f_N(x,y)$ ) használhatunk, amelyekben  $x$  és  $y$  a helyfüggő koordináták. Az egyes színterekben a képek ezeknek a kétváltozós függvényeknek a kombinációjával írhatóak le. A szkenneléssel kapott színes képeket első lépésben szürkeárnyaltos képpé alakítottuk át, ahol a kép leírása egyetlen kétváltozós függvénnyel történik, ami a teljesen fekete és fehér közti átmenetet jellemzi:

$$I_{gray} = f_{gray}(x, y); \quad (1)$$

ahol  $I_{gray}$  a kép adott pontjához tartozó szürkeségi fok,  $f_{gray}(x,y)$  pedig a kép szürkeségi fokának intenzitásfüggvénye,  $x$  és  $y$  pedig a helykoordináták.

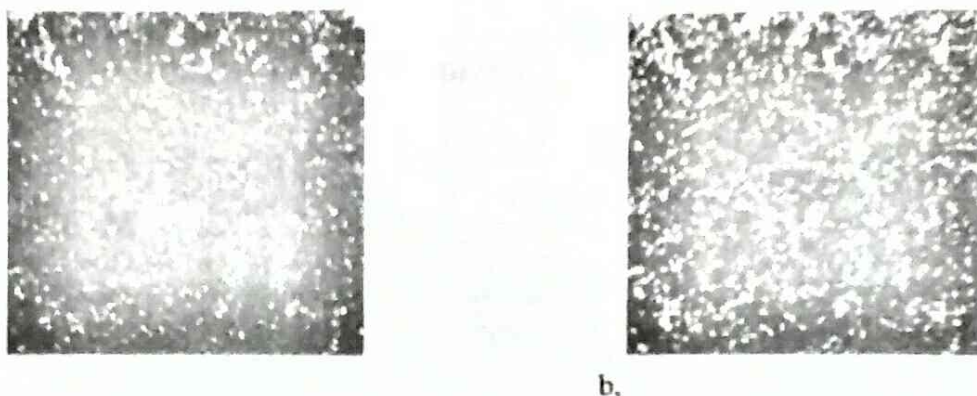
Ezt követően a képeken szegmentálással, a kép szürkeségi foka alapján, elkülönítettük a mátrixanyagot a töltőanyagtól. A szegmentálás a digitális képek elemzésének egy kezdő lépése lehet, hiszen szükséges ahhoz, hogy a képeken lévő különböző objektumokat megkülönböztessük egymástól. A digitális képelemzés annyiban különbözik a többi képfeldolgozási technikától (kódolás, restaurálás, minőségjavítás stb.), hogy a kéпкиértékelés kimenete az esetek többségében valamilyen mennyiség, számérték, míg a többi esetben módosított képek. A szegmentálás a kép részekre bontása úgy, hogy a hasonló tulajdonságokkal rendelkező részek egy kategóriába essenek a szegmentálás után. A legegyszerűbb esetben a szegmentálás a képek szürkeségi foka alapján történik. A próbatest képén a pixelek többsége sötétebb, ezekhez kisebb szürkeségifok tartoznak (2. ), míg a töltőanyag nagyobb szürkeségi fokkal jelenik meg a képeken. A mátrix- és a töltőanyag szürkeségi foka nem tér el jelentősen, azaz hisztogram nem rendelkezik 2 éles csúccsal (2. ), ezért a mátrixanyaghoz és a töltőanyaghoz tartozó pixelek nem választhatók szét egyértelműen.

A képek szegmentálását ezért úgy végeztük el, hogy egy szürkeségi fok küszöbértéket határoztunk meg minden képhez. A küszöbértéknél kisebb szürkeségi fokkal rendelkező pixeleket mátrixanyagként, míg a nagyobb szürkeségi fokkal rendelkező képeket töltőanyagként azonosítottuk (3. ).



2. ábra

Fröccsöntött próbatestről készült kép (a.) és annak szürkeségi-fok hisztogramja (b.)



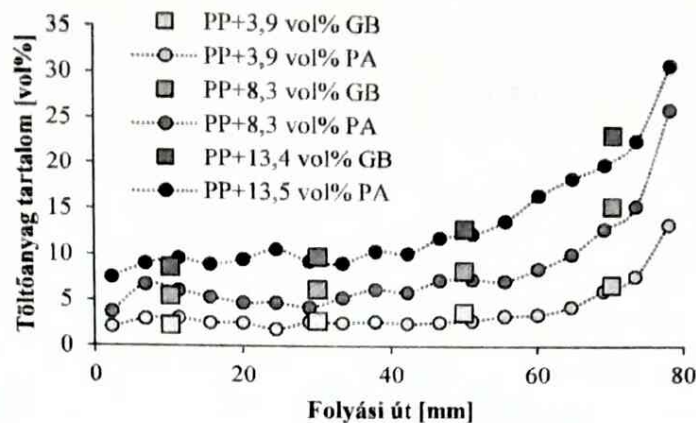
3. ábra

Fröccsöntött próbatestről készített kép szegmentálása nagyobb (a.) és kisebb (b.) küszöbértékkel

A küszöbértéket növelve minden szegmentált képen kiszámoltuk a mátrix- és a töltőanyag arányát. Az így kapott területarányokat összehasonlítottuk a próbatestek töltöttségi szintjével és ahol a területarány legjobban megközelítette a töltöttségi szintet, megkaptuk az adott kép szegmentálására alkalmas küszöbértéket. Ezt követően a megfelelő küszöbértékkel szegmentált képeket kiértékeltek úgy, hogy a 800x800 pixel méretű képeket kisebb, 50x50 pixel nagyságú részekre bontottuk, majd kiszámoltuk az egyes alképekben a mátrix- és töltőanyag területarányát. A vizsgáló ablak pozíciója és a töltőanyag tartalom alapján vizsgáltuk a szegregáció jelenségét.

#### 4. VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Az újonnan kidolgozott módszer felhasználásával készített szegregációs mérések eredményét poliamiddal töltött minták esetében a 4. mutatja. Az ábrán megfigyelhető, hogy már kis töltőanyag tartalom mellett is jelentős szegregáció alakult ki. Ennek mértéke a PA tartalom növelésével nőtt. A poliamid porral töltött polipropilén mintákhoz referenciaként üveggyöngy töltésű mintákat is készítettünk azonos térfogatszázalékkal. Az üveggyöngyöket tartalmazó minták pozíciófüggő töltőanyagtartalmát kiégetéssel vizsgáltuk meg. A PP és üveg töltésű kompozit lemezek szegregációs folyamatait hasonlítva össze. Az ábrákból látható, hogy a kétféle töltőanyag fröccsöntésekor kialakuló töltőanyag mennyiségi eloszlás jól megegyezik, így kijelenthetjük, hogy a szegregációs folyamatot a töltőanyag sűrűsége (súlya) nem befolyásolja.

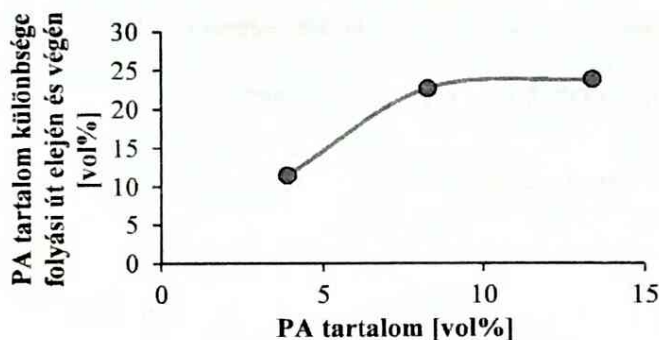


4. ábra

*Poliamid por és üvegyöngy tartalom PP mátrixban a folyási út függvényében*

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

A munkánk során mérési módszert fejlesztettünk a fröccsöntött, polimer-polimer kompozitokban fel lépő szegregáció mérésére. A digitális képfeldolgozáson alapuló mérési módszer alkalmas az áttetsző mátrixanyagú minták vizsgálatára. A mérési módszerünkkel vizsgáltuk a polipropilén mátrixú, poliamid porral töltött kompozitokban a szegregációt és kimutattuk, hogy a töltőanyag tartalom növelésével nőtt a töltőanyag szegregációja (5. ).



5. ábra

*Poliamid por szegregációja PP mátrixban a töltőanyag tartalom függvényében*

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Munkánkat a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatta az NKFIH Alapból, a „Fröccsönthető polipropilén alapú tapadásközvetítő kompozitok fejlesztése járműtechnológiai alkalmazásokhoz” (NVKP\_16-1-2016-0038) című projekt keretében. Köszönjük továbbá az Arburg Hungária Kft.-nek az Arburg Allrounder 370S 700-290 típusú fröccsöntőgépet, a Lenkes GmbH-nak a szerszámfelfogókat és a Tool-Temp Hungária Kft.-nek a szerszámtemperálókat.

## IRODALOM

- [1] Plastics - the facts 2016. PlasticsEurope, Brüsszel (2016).
- [2] M. Rhodes: Introduction to Particle Technology. John Wiley & Sons Ltd., London (2008).
- [3] MSZ EN ISO 3451-1: Műanyagok. A hamu meghatározása
- [4] C. Kanan, G. W. Cottrell: Color-to-Grayscale: Does the Method Matter in Image Recognition? Plos One, 7, 1, 133-139 (2012)
- [5] M. Zhao, Y. Yang, H. Yang: An adaptive thresholding method for binarization of blueprint images, Pattern Recognition, 21, 927-943 (2000)