

5. ábra. Egyenértékű feszültség eloszlása a bal és jobb törőhengeren

## 6. KÖVETKEZTETÉSEK

A kutatásban elvégeztük a kukoricaszár fizikai és mechanikai paramétereinek mérését. A mért eredmények alapján elvégeztük a kukoricaszár diszkrét elemes modelljét, amelyen technológiai szimulációt végeztünk egy kukorica csőtörő adapter segítségével. A csőtörő adapter törőhengereit végeelemes módszerrel vizsgáltuk tovább. Az eredmények alapján a következő következtetések vonhatóak le:

- Az alkalmazott mérések megfelelő adatokat biztosítanak a diszkrét elemes modellalkotáshoz.
- A diszkrét elemes módszer alkalmas a kukoricánövény szárának modellezésére.
- A kapcsolt véges és diszkrét elemes szimulációk (VEM-DEM) alkalmasak a gépegyesek vizsgálatára.

A jövőben célszerű lehet a gépegyes többi részét is végeelemes módszerrel elemezni, illetve a technológiai szimuláció során célszerűbb lenne több növény egyidejű hatását vizsgálni.

## HIVATKOZÁSOK

- [1] Kemper S., T. Lang, L. Frerichs.: 2014, The overlaidcutin a discmower - resultsfromfieldtests and simulation.Landtechnik69(4), pp. 171-175, ISSN 0023-8082
- [2] Michael M., F. Vogel, B. Peters.: 2015, DEM-FEM coupling simulations of the interactions between a tire and granular terrain. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 289, pp. 227-248.
- [3] Tamás K., I. J. Jóri.: 2011, 2D DEM simulation of the soil-tool interaction in cohesive soil. Hungarian Agricultural Engineering, N° 23/2011, pp. 30-32, HU ISSN 0864-7410

## Fröccsöntött termékek töltőanyagának szegregációja

### SEGREGATION OF THE FILLERS IN INJECTION MOLDING

KOVÁCS József Gábor<sup>1</sup>, BOROS Róbert<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék, H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3. Tel: +36-1-463-1440, e-mail: kovacs@pt.bme.hu

#### ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the glass bead filled composites and their segregation effect. The segregation of the glass beads was analyzed in the flow direction of the injection molded part as a function of the filler contents and sizes. The glass bead breakage was also analyzed as the final filler size has an influence on the segregation effect.

#### KIVONAT

A munka célkitűzése az üvegyönggyel töltött polimer kompozitok vizsgálata, valamint a termékben kialakuló szegregációs jelenség feltárása. Vizsgáltuk a szegregációs jelenség folyási út menti kialakulását az alkalmazott töltőanyag méretének és az alapanyaghoz adott mennyiségének függvényében. Elemeztük az üvegyönggyök aprózódási jelenségét, ami befolyásolta a szegregációt.

**Kulcsszavak:** fröccsöntés, üvegyöngy, szegregáció, polisztirol

#### 1. BEVEZETÉS

A polimer ömledékek szerszámban történő áramlása során az ömledék a temperált szerszám falával érintkezve vékony rétegben megszilárdul kialakítva a mag-héj szerkezetet a termékben. A héj vastagsága függ a kitöltés sebességétől valamint a szerszám- és az ömledék hőmérsékletétől. A héjrétegben a polimerláncok orientációja a folyásiránnyal megegyezik, amíg a magban általában véletlenszerű vagy a folyásra merőleges irányú. Erősített rendszerek esetén a kialakuló mag-héj szerkezet az ömledékben található erősítőanyagot is a polimer láncokhoz hasonlóan orientálja, de az erősítőanyag miatt a zsugorodás a folyásirányra merőlegesen lesz nagyobb mértékű [1].

A részecskeszegregáció szemcsés anyagoknál előforduló, fizikai tulajdonságok szerinti elkülönülés. A szétválasztódás kiváltója lehet méretkülönbség, sűrűségkülönbség, alak különbség vagy egyéb tulajdonságban előforduló különbség. A szegregáció előfordulhat akkor, ha a keveréket mozgásra, áramlásra kényszerítjük [2].

Fröccsöntéskor, még ha homogén keverékből indulunk is ki, a töltőanyagként alkalmazott részecskék eloszlása nem lesz homogén a termékben. Ennek számos oka van, úgymint a polimer alapanyag, a termék geometriája, a gát típusa vagy a töltőanyag részecskék mennyisége és azok mérete. A fröccsöntött termékek-nél jelentkező szegregáció elsősorban a terméken belüli töltőanyag tartalom eloszlásának egyenetlenségét, és a különböző méretű töltőanyagok elkülönülését okozza. Ez a jelenség inhomogén zsugorodáshoz és a termék fizikai tulajdonságainak ingadozásához vezethet. A szerszám geometriája miatt kialakuló szegregációban nagy szerepet játszik a polimer ömledékek áramlására jellemző fal menti csúszás, így a folyási út mentén előforduló akadályok a töltőanyag tartalomban ingadozást okozhatnak. Megfigyelhető továbbá, hogy a töltőanyagok szegregációja nő az alkalmazott részecskék méretével és az alapanyagban lévő mennyiségükkel [3].

A fröccsöntött termékek gátjának közelében két különböző ömledékszóna figyelhető meg: egy részecskékben gazdag belső mag és egy részecskeszegény külső réteg. A gáttól távolabb 3 zóna alakul ki. A sűrű belső mag továbbra is megmarad, ezt követi egy közbelső, töltőanyagzegény réteg és végül a felületen egy vékony, részecskékben gazdagabb héj. Ezenfelül az ömledékfrontnál kialakul egy, az áramlásra merőleges töltőanyagban dús régió [4].

## 2. ALKALMAZOTT ANYAGOK ÉS BERENDEZÉSEK

A fröccsöntést Arburg Allrounder 370 S 700-290 berendezésen végeztük. A méréseinkhez Edistir® PS N 2380 (ENI Versalis) típusú polisztirolt alkalmaztunk (1. táblázat).

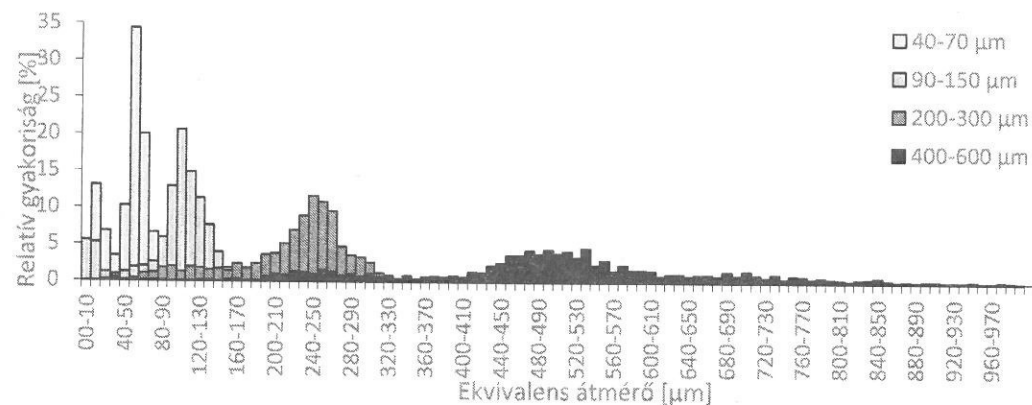
1. táblázat. Edistir® PS N 2380 tulajdonságai

Tulajdonság	Mértékegység	Érték
Sűrűség	g/cm <sup>3</sup>	1,05
Vízfelvétel (24 h – 23°C)	%	<0,1
MFR (200°C – 5 kg)	g/(10 min)	2
Húzó rugalmassági modulus	GPa	3,35
Szakítószilárdság	MPa	49
Szakadási nyúlás	%	2,5
Rockwell keménység (M/L skála)	-	M80
Vicat hőmérséklet (50 N – 50°C/h)	°C	101
Hővezetési tényező	W/(m·K)	0,17
Lineáris hőtágulási együttható	1/°C	7·10 <sup>-5</sup>
Éghetőségi besorolás (UL 94)	-	HB

A mérésekhez osztályozott, 40-70 µm (G220), 90-150 µm (G100), 200-300 µm (G50) és 400-600 µm (G30) átmérő tartományba (1. ábra) eső üvegyöngyöket (Cerablast GmbH & Co.KG) használtunk (2. táblázat), 10 és 40m%-ban kompaundálva a PS alapanyaghoz.

2. táblázat. Cerablast üvegyöngyök műszaki adatai

Mechanikai tulajdonság	Mértékegység	Érték
Specifikus súly	kg/l	2,5
Halmazsúly	kg/l	1,5
Mohs keménység	-	6,0
Rockwell C keménység	-	47
Vegyi összetétel		Mértékegység
SiO <sub>2</sub>	%	72
Na <sub>2</sub> O	%	14,5
CaO	%	8
MgO	%	2,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	2
Egyéb	%	0,5

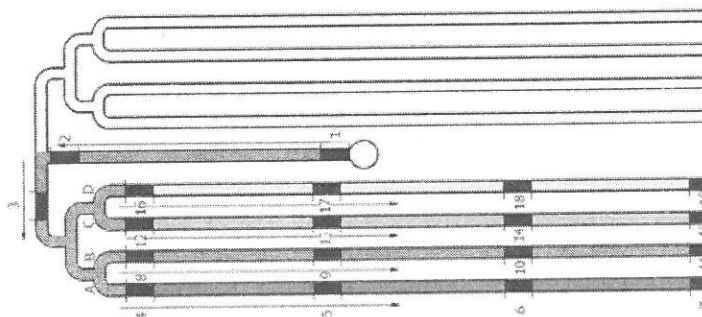


1. ábra. Üvegyöngy töltőanyagok méret szerinti eloszlása

## 3. VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

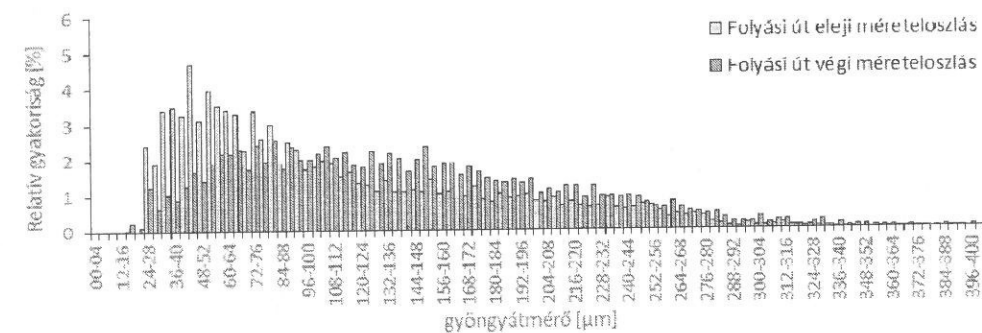
## 3.1. A töltőanyag-tartalom alakulása a folyási út mentén

A mérésekhez 4x4 mm-es négyzet keresztmetszetű, elágazásokkal rendelkező terméket fröccsöntöttünk (2. ábra).



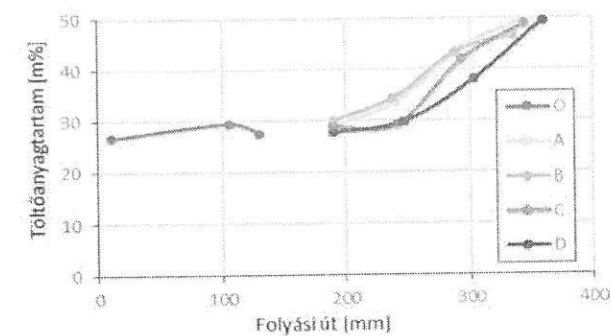
2. ábra. Vizsgálati termék a mintavételezési pontokkal (nyilak az áramlás irányát jelölik)

A 40m%-kal töltött mintánál a szegregáció jól megfigyelhető, ha összevetjük a folyási út elején, illetve a folyási út végén található gyöngyök méret szerinti eloszlását (3. ábra). Összhangban a várttal a folyási út elején a kisebb, amíg a folyási út végén nagyobb gyöngyök vannak jelen.



3. ábra. 40m% névleges töltőanyag-tartalmú, 200-300 µm névleges gyöngyméretű termékben található gyöngyök méreteloszlása a folyási út elején (kékkel); és a folyási út végén (pirossal)

Nem csak a gyöngyök méretében, de azok mennyiségében is jelentős eltérés van a folyási út eleje és vége között. A névleges (40m%) gyöngytartalomhoz képest a folyási út elején jelentős ritkulás (<30m%) a folyási út végén jelentős dúsulás (~50m%) tapasztalható a gyöngytartalomban (4. ábra).



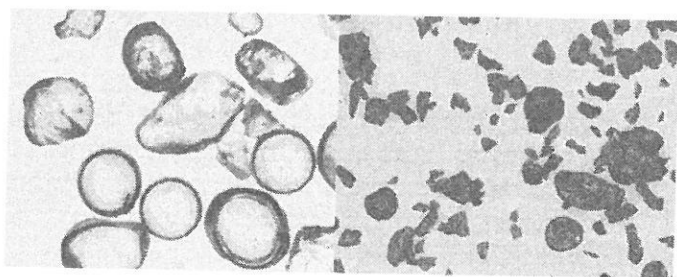
4. ábra. Üvegyöngytartalom folyási út menti eloszlása az egyes ömledék csatornáknál (O, A, B, C és D, színek összhangban a 2. ábra jelöléseivel), 40m% elméleti töltőanyag-tartalom esetén

## 3.2. A töltőanyag töredezése

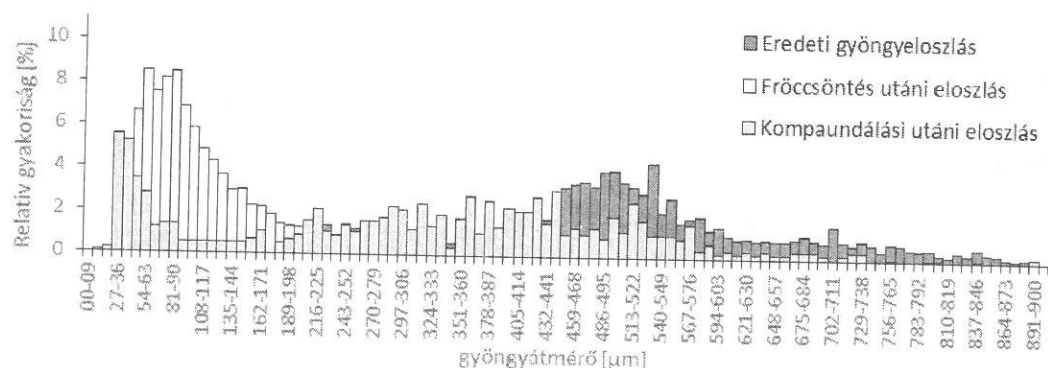
Az üvegyöngyök az egyes feldolgozási lépésekben – a megjelenő nyírás hatására – aprózódnak (5. ábra). Minél nagyobb a nyírás és minél nagyobb a gyöngy kiindulási átmérője, annál nagyobb mértékű a



töredezés mértéke (6. ábra). A szegregációnál természetesen a töredezés hatására bekövetkező méretváltozásokat is figyelembe kell venni.



5. ábra. 400-600 μm névleges átmérőjű gyöngyök kompaundálás után, de fröccsöntés előtt (balra); és fröccsöntés után (jobbra)



6. ábra. 00-600 μm névleges átmérőjű gyöngyök feldolgozás előtti méreteloszlása (sötétszürke); kompaundálás után (világosszürke); és fröccsöntés után (fehér)

#### 4. ÖSSZEFOGLALÁS

Méréseinkkel igazoltuk a szegregáció méret- és töltőanyagfüggő jelenségét. A kisebb töltőanyag tartalomnál és a kisebb méretű gyöngyöknél a szegregáció elhanyagolható, amíg a nagyobb töltőanyag tartalomnál és a nagyobb gyöngyök esetében a szegregáció szignifikáns volt. Méréseinkben rámutattunk, hogy az üvegyöngyök aprózódása a nagyobb méretű gyöngyöknél jelentősebb, ami befolyásolja a szegregációs viselkedést is.

#### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönjük a nemzeti versenyképességi és kiválósági program támogatást (NVKP 16-1-2016-0038). Köszönjük továbbá az Arburg Hungária Kft-nek az Arburg Allrounder 370S 700-290 Advance típusú fröccsöntőgépet, valamint a Lenzkes GmbH-nak a szerszámfelfogókat.

#### IRODALOM

- [1] Czvikovszky T., Gaál J., Nagy P.: A polimertechnika alapjai. Műegyetemi kiadó, Budapest (2000).
- [2] Rhodes M.: Mixing and Segregation in 'Introduction to Particle Technology'. John Wiley & Sons Ltd., West Sussex, London (2008).
- [3] Kovács J. G.: Shrinkage alteration induced by segregation of glass beads in injection molded PA6: Experimental analysis and modeling. Wiley Online Library (2011).
- [4] Papanthanasios T. D., Ogadho S. O.: Inhomogeneous phase distribution in injection moulded glass-filled polystyrene. Scripta Metallurgica et Materialia, 33(7), 1133-1138 (1995).

## Inzulinpumpa prototípus fejlesztése

### DEVELOPMENT OF AN INSULIN PUMP PROTOTYPE

Prof. Dr. habil KOVÁCS Levente<sup>1</sup>, EIGNER György<sup>1</sup>, Prof. Dr. habil RUDAS Imre<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Óbudai Egyetem, Egyetemi Kutató, Innovációs és Szolgáltató Központ, Élettani Szabályozások Kutatóközpont, Budapest, Kiscelli út 82, +361-666-5585, {kovacs.levente,eigner.gyorgy}@nik.uni-obuda.hu, <http://physcon.uni-obuda.hu>

<sup>2</sup> Óbudai Egyetem, Egyetemi Kutató, Innovációs és Szolgáltató Központ, Budapest, Kiscelli út 82, +361-666-5731, rudas@uni-obuda.hu, <http://ekik.uni-obuda.hu>

#### ABSTRACT

In this study we detailed the possible steps of the development of an insulin pump prototype. According to the predefined steps we give the elements selected to the prototype which are implemented onto the prototype. Based on the developed plans the manufacturing data were successfully generated, moreover, the prototype was successfully built. The test phase of the hardware was satisfying allowing the beginning of further development.

#### ÖSSZEFOGLALÓ

A tanulmányban részletesen taglaljuk egy inzulin pumpa prototípus kifejlesztésének lehetséges lépéseit. A megadott lépések alapján megadjuk a prototípushoz választott elemeket, amelyek az eszközre beépítésre kerülnek. Az elkészült tervek alapján a gyártási adatok legenerálásra kerültek, valamint a prototípus legyártása sikeresen megtörtént. A prototípus tesztelése sikeresen lezajlott, ami lehetővé teszi a jövőbeni fejlesztések elkezdését.

**Kulcsszavak:** Prototípus fejlesztés, CAD, Beágyazott rendszer, Inzulinpumpa, Szabályozás

#### 1. BEVEZETÉS

A szabályozás- és mérés-technika folyamatos fejlődésének köszönhetően az egészségügyi mérnöki tudományok és ezek alkalmazásának lehetőségei egyre bővültek az elmúlt években. A fiziológiai folyamatok szabályozásának – mint az egészségügyi mérnöki tudományok szerves része [1] – fő célja a fiziológiai rendszerek felmérése, modellezése, identifikációs- és szabályozási-stratégiák kidolgozása annak érdekében, hogy a különféle betegségekben szenvedő páciensek a lehető legjobb kezelésben részesüljenek.

A legtöbb élettani rendszer szabályozása esetén a szabályozás célja az, hogy egy kívülről bevitt szabályozó jellel – ami általában valamilyen biológiailag aktív hatóanyag, gyógyszer – kontrollálja azt a szabályozási folyamatot, ami a kóiban szenvedő pácienseknél nem kielégítően, vagy egyáltalán nem működik [1]. Ezekben az esetekben a páciens szervezete az adott hatóanyagot vagy nem képes előállítani, vagy nem kielégítő mennyiségben termeli, ezért kívülről adagolt bevitelre van szükség a normál fiziológiás állapot fenntartásához [2,3,4]. A külső szabályozás lehet részben, vagy teljesen automatizált, valamint szigorú követelményrendszerrel rendelkezik [4]. Ezek közül a két legfontosabb, hogy amellyel, hogy a páciens számára jó minőségű szabályozást biztosít (a fiziológiai paraméterek előírt értékeit jól tartja és ezeket a rendszer gyorsan éri el kibillent állapotból); egyúttal lehetővé teszi a szabályozójel optimális adagolását is, vagyis a lehető legkisebb beavatkozó jellel éri el a lehető legnagyobb hatást [4].

A cukorbetegség (Diabetes Mellitus – DM) a világ egyik legelterjedtebb metabolikus betegsége, 2015-ös becslések szerint 415 millió páciens érintett világszerte, azonban ez a szám az életvitelnek és egyéb hatásoknak köszönhetően a jövőben drasztikusan nőhet [3]. A DM fő ismérvei, hogy a szervezet nem képes előállítani (vagy nem kellő mennyiségben) az inzulin nevű regulátor hormont – egyes típusú cukorbetegség (Type 1 DM – T1DM) –; vagy a szervezet a hormon aktivitására rezisztensé válik és az nem tudja kifejteni a hatását – kettes típusú cukorbetegség (Type 2 DM – T2DM) –; esetleg a két hatás egyszerre jelentkezik; vagy egyéb tényezők miatt lép fel inzulin inszufficiencia és/vagy rezisztancia [2]. A T1DM és T2DM a cukorbetegség két fő típusa, így a legtöbb kutatás ezekre fókuszál [4]. A T1DM esetén a páciens élete is veszélybe kerülhet, mivel inzulin híján a metabolikus státusz felborul, a szervezet cukorfogyasztó sejtjei nem képesek a glukózt a vérből felvenni, így annak ellenére, hogy a vércukorszint magas, a szervezet éhez. Így