

# Műanyagok gyorsított szárítása új magyar szabadalmaztatott technológiával

Szűcs András\*, Horváth Szabolcs\*\*

\* Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék

\*\*Cavity Eye Hungary Kft.

*A piacon kapható műanyag granulátumok legtöbbször lencse vagy henger alakúak, amelyeket a feldolgozás előtt a legtöbb esetben szárítani szükséges, mivel a környezetiükből nedvességet vesznek fel. A nem megfelelő szárítás hatni fog az anyag szerkezetére és jellemzőire, így a feldolgozhatóságra és a késztermék minőségére is.*

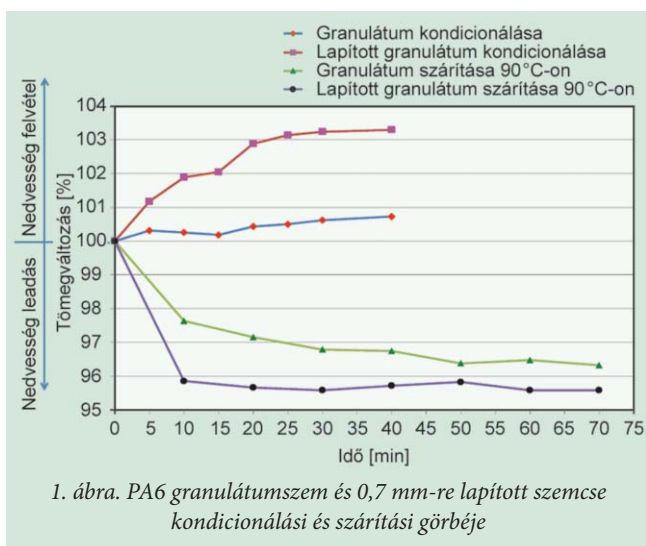
## 1. BEVEZETÉS

Az indokolatlanul hosszú idejű és magas hőmérsékleten történő szárítás (túlszárítás) a polimer láncok, illetve az adalékok degradációját okozhatja. A kis hőmérsékletű vagy rövid idejű szárítás (aluszárítás) esetén az anyagban maradó nedvesség szintén degradációt, termékminőség romlást és feldolgozási nehézségeket eredményezhet. Ezek a tényezők, valamint a szárítási hőmérséklet és a szárítási idő ingadozása komoly bizonytalanságot okoznak a gyártási folyamatban. A műanyag szárító berendezéseket gyártók folyamatosan fejlesztik termékeiket a gyorsabb, hatékonyabb és ellenőrizhetőbb szárítási folyamat érdekében [1]. Megállapítható, hogy a piacon jelenleg kapható szárítóberendezések csak a szárítás körülményeire hatnak (szárítási hőmérséklet, szárítási idő, szárító levegő nyomása és harampontja stb.) és a granulátum alakját állandónak tekintik.

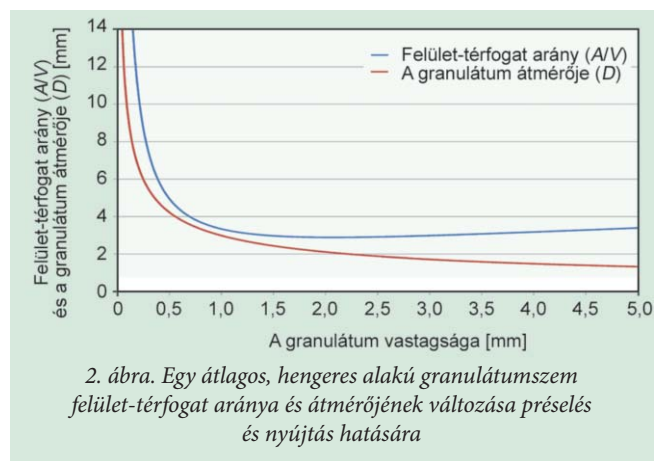
Egy kísérlet során azt vizsgáltuk, hogy a termék falvastagságának függvényében hogyan változik meg a kondicionálási idő. Azt tapasztaltuk, hogy a falvastagság csökkentésével a nedvesség felvételének sebessége nagyságrendekkel nőtt. Az

első mérések eredménye az 1. ábrán látható, amelyen PA6 granulátum és lapított granulátumszemek kondicionálási és szárítási görbéit szemléltetjük.

Azu 1. ábrán jól látható, hogy a korong alakúra lapított granulátumok sokkal gyorsabban adják le és veszik fel a nedvességet azonos körülmények között. Ennek az a magyarázata, hogy ha a préseléssel lecsökkentjük a diffúziós utat és megnöveljük a párologtató felületet, valamint a felület-térfogat arányát, akkor a nedvességet sokkal könnyebben tudja leadni vagy éppen felvenni az alapanyag. Az 1. ábrán látható, hogy kevesebb mint 10 perc elegendő a PA6 lapított minta teljes kiszárításához.



1. ábra. PA6 granulátumszem és 0,7 mm-re lapított szemcse kondicionálási és szárítási görbéje



2. ábra. Egy átlagos, hengeres alakú granulátumszem felület-térfogat aránya és átmérőjének változása préselés és nyújtás hatására

A 2. ábrán egy teljesen átlagos, 2 mm átmérőjű és 2 mm hosszúságú hengeres granulátumszem felület-térfogat arányát és átmérőjét szemléltetjük a hosszának (vastagságának) függvényében. Látható, hogy a legkisebb felület-térfogat arány pont az eredeti méretnél található. Csökkentve a granulátumszem hosszát (vastagságát), egy milliméter alatt a felület-térfogatarány intenzív növekedésnek indul. A görbéből az is kiderül, hogy ha a szemcsét megnyújtjuk és hosszú szálat képeznénk, akkor is nőne a felület-térfogat aránya.

\*szucs@pt.bme.hu

\*\*szabolcs.horvath@cavityeye.com

## 2. SZÁRÍTÁSI FOLYAMAT RÖVID ELEMZÉSE

A szárítási folyamat elemzése során érdekes egy granulátumszem szárítását, illetve a sok granulátumszem mozgását, mint anyagáramot külön vizsgálni.

*Egyedi granulátumszem száradási folyamata két fő fázisra bontható:*

- a) *Diffúzió:* A granulátumszem nedveségtartalma folyamatosan egyensúlyra törekszik a környezetével. Többek között, ha a környezet relatív pártartalma lecsökken, akkor a nedvesség a granulátum belsejéből annak felületére diffundál. Ez egy rendkívül időigényes anyagtranszport, amely, a környezet állapotán túl, elsősorban a diffúziós úttól, azaz a granulátumszem méretétől és alakjától függ. A legegyszerűbb szárító berendezések a szárítólevegőt melegítik fel, mások a szárítólevegőt ki is szárítják (annak nedveségtartamát a levegő harmatpontjával jellemzik), míg bizonyos berendezések vákuumot hoznak létre a szárító tartályában [2–4].
- b) *Elpárolgatás:* A granulátum felületére diffundált nedvességet el kell párolgatni, a nedvességet a szárításhoz használt levegő magával viszi. Az elpárolgatás függ a granulátumszem felületének nagyságától, a szárítólevegő állapotától (hőmérséklet, nyomás, páratartalom stb.) és térfogatáramától, valamint a granulátumszemek térkitöltésétől.

### *Anyagáramlás a szárító rendszerben*

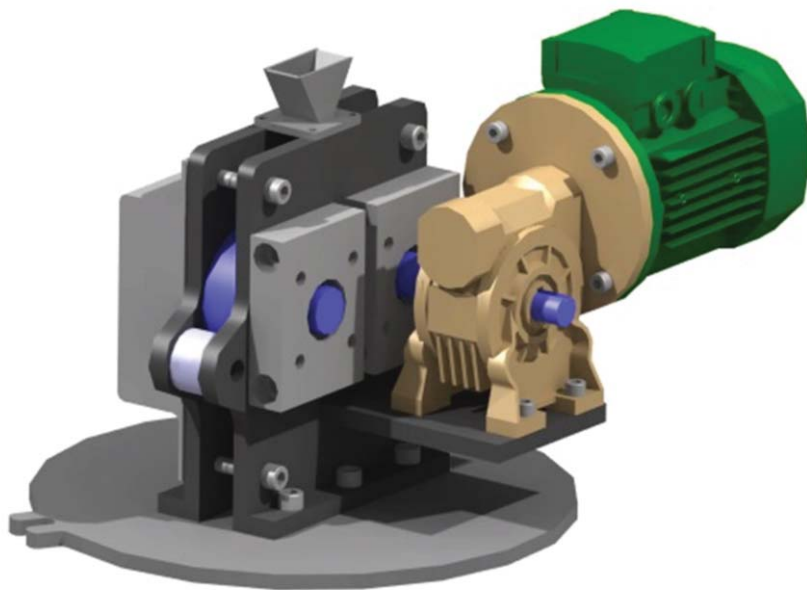
A granulátumszemek mozgása a szárító tartályában nem homogén, aminek egyenes következménye, hogy változik a tartózkodási idő attól függően, hogy a tartályon belül a granulátumszem milyen utat jár be. A MORETTO cég például olyan tartály kialakításokat hozott létre, mellyel az anyagáramlás és a tartózkodási idő egyenletesebbé tehető, így a szárítási idő is csökkenthető [5].

További problémát jelent, hogy a kiszárított anyag a környezeti levegővel érintkezve ismét felvesz nedvességet, így minél gyorsabban a feldolgozógépre kell azt eljuttatni.

Gazdasági szempontból azt sem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a legmodernebb szárítóberendezéseket használva ideális esetben is kb. 20–80 kWh/1000 kg energiafelhasználással kell számolni anyagtípustól függően [1]. Nem megfelelő beállítás mellett ez ennek többszöröse is szükséges lehet.

## 3. GRANULÁTUM SZEMEK ALAKJÁT MÓDOSÍTÓ, PRÉSELŐ BERENDEZÉS FELÉPÍTÉSE

Kezdeti kísérleteinkhez szükséges granulátumszemeket egyszerű karospréssel egyenként lapítottuk. A legfontosabb paraméter a granulátumszemek vastagsága volt, amit 0,2... 1,5 mm között változtattunk. Nagyobb mennyiségű szemcse



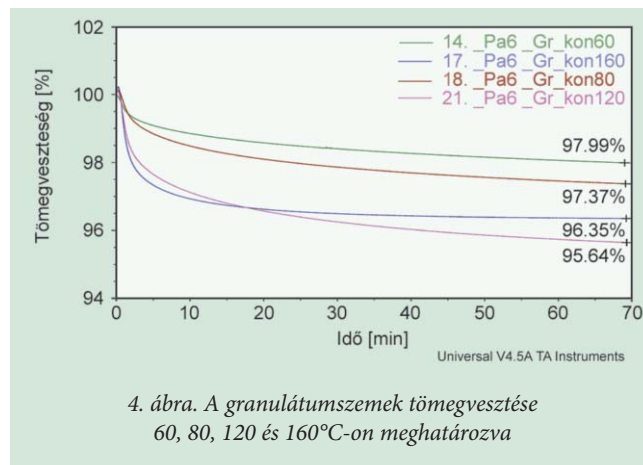
3. ábra. Granulátum préselő berendezés prototípusának modellje

előállításához és ipari próbákhoz egy hengeres présgépet terveztünk és gyártottunk, amelynek modellje a 3. ábrán látható.

## 4. A GYORSÍTOTT SZÁRÍTÁS EREDMÉNYEINEK ISMERTETÉSE

### 4.1. TGA VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI

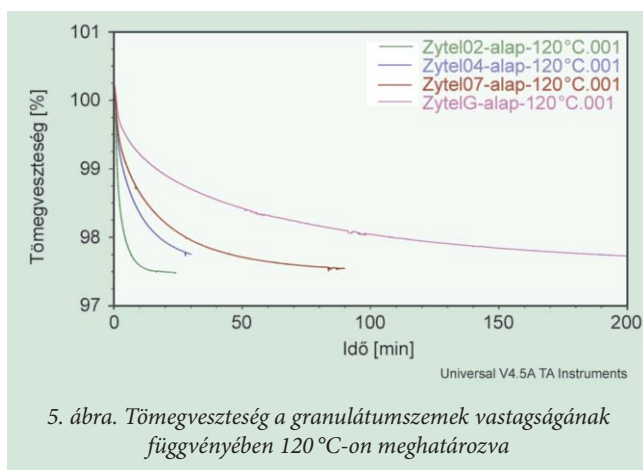
Kondicionált, 50 m%-os üvegszál tartalmú PA6 (Zytel 73G50HSLA) granulátum szintén kondicionált, az eredeti granulátumból lapított minták szárítását vizsgáltuk. A mérésekhez TAQ50 termomérleget használtunk. A mérés során a minták tömegváltozását, azaz tömegvesztését mértük izotermikus körülmények között. A tömegvesztést százalékosan, az idő függvényében ábrázoltuk. A 4. ábrán az eredeti granulátum TGA görbéi láthatók, amelyeket 60, 80, 120 és 160 °C-on határoztunk meg. Jól látható, hogy a hőmérséklet növelésével a tömegvesztés, azaz a nedvesség leadása egyre gyorsabban következik be. A nagyobb hőmérsékleten rövidebb szárítási idő is elegendő, ahogyan ez várható volt. A 120 és 160 °C-on meghatározott görbék metszik egymást. Ez nagy



4. ábra. A granulátumszemek tömegvesztése 60, 80, 120 és 160 °C-on meghatározva

valószínűséggel azzal magyarázható, hogy a kondicionált mintákat a vizsgálat előtt szárazra töröltük, azonban felületükön maradhatott némi nedvesség. Fontos azt is megjegyezni, hogy a nagy hőmérsékleten történő szárítás degradációt okozhat, így ezt az anyagot jellemzően 120 °C alatt szokták szárítani a gyakorlatban [6].

Az 5. ábrán a 120 °C-on meghatározott eredményeket mutatjuk be a minták vastagságának függvényében. A lapított minták vastagsága 0,2, 0,4 és 0,7 mm, míg a granulátumszem átmérője kb. 2 mm volt. A mérési eredmények egyértelműen alátámasztják, hogy a vastagság csökkenése nagymértékben gyorsítja a szárítási folyamatot, azaz e módszerrel a szárítási idő az eredeti töredékére csökkenthető.



5. ábra. Tömegvesztés a granulátumszemek vastagságának függvényében 120 °C-on meghatározva

#### 4.2. ÜVEGSZÁL HOSSZ MEGHATÁROZÁS

Felmerül a kérdés, hogy a granulátumszemek lapítása hatással van-e az alapanyag tulajdonságaira, okozunk-e vele minőségromlást. Megvizsgáltuk az eredeti granulátumszemekben, valamint a 100 °C-ra előmelegítve és hidegen lapított mintákban található üvegszálak hosszát. Az eredményeket az 1. táblázatban foglaltuk össze, melyek azt mutatják, hogy üvegszálak anyag esetén a granulátumot szükséges előmelegíteni, amely elkerülhető az üvegszálak tördelődése. A melegen történt alakítás során az eredetihez képest mindössze 10%-os méretcsökkenést tapasztaltunk.

1. táblázat.

Az üvegszálak hosszának átlaga és a méret szórása az egyes mintákban

	Üvegszálak hossza		
	az eredeti granulátumban	a hidegen lapított mintában	a melegen lapított mintában
Átlag	0,800 mm	0,335 mm	0,713 mm
Szórás	0,134 mm	0,076 mm	0,114 mm
Százalékos szórás	16,77%	22,55%	16,01%

#### 4.3. SZAKÍTÓ VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI

A granulátumból, a melegen és hidegen préselt mintákból is próbatestet fröccsöntöttünk és azokon szakítóvizsgálatot végeztünk, amelyek eredményeit a 2. táblázatban foglaltuk össze.

A 2. táblázat eredményei jól szemléltetik, hogy az 50 m% üvegszáltartalmú alapanyag és az előmelegítéssel lapított minták mechanikai tulajdonságai közel azonosak. A szakítószilárdságban mérhető kb. 7%-os eltérés. Kisebb üvegszáltartalomnál, illetve töltetlen polimereknél ez a tulajdonság csökkenés elhanyagolható.

2. táblázat.

A szakítóvizsgálatok eredményei

	Szakadási nyúlás [%]	Szakítószilárdság [MPa]	Modulusz [MPa]
Eredmények – eredeti granulátum	5,01	215	4871
Szórás – eredeti granulátum	0,22	3,33	90,02
Eredmények – lapított szemcse	5,19	200	4645
Szórás – lapított szemcse	0,24	4,30	91,35

#### 5. ÖSSZEFOGLALÁS

A granulátumszemek ellapításával a szárítási idő nagyságrendekkel csökkenthető. Méréssorozatunk eredményei a kezdeti tapasztalatokat teljesen alátámasztották, és sikerült egy olyan prototípust építenünk, amivel lehetségessé vált nagyobb mennyiségű minta előállítás a fröccsöntési próbákhoz. Célunk a közeljövőben egy olyan berendezés elkészítése, tesztelése és forgalmazása, amely ipari körülmények között képes a szárítási időt néhány 10 percre csökkenteni. A rendszer alkalmazásával tömegműanyagok (pl. PET) és nagy teljesítményű műszaki anyagok szárítási nehézségei kiküszöbölhetők.

A technológia szabadalmaztatása előrehaladott állapotban van.

A méréseket a Kecskeméti Főiskola Anyagtechnológia Tanszékén, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kar Polimertechnika Tanszékén, valamint a Cavity Eye Hungary Kft. és a HDH Mérnök Kft. támogatásával végeztük el.

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Csutorka, L.: A szárító berendezések összehasonlítása energiafelhasználásuk alapján, Műanyagipari Szemle, 2011/2. szám.
- [2] Maguire, S. B.: Low pressure dryer, US 6154980 A, 1998.
- [3] Moretto, R.: Method and plant for dehumidifying material in granular form, EP 2447655B1, 2011.
- [4] Baldan, F.: Vacuum dryer for granular plastic materials, EP 1650515 A1, 2004.
- [5] Moretto, R.: Hopper, US D671564 S1, 2012.
- [6] Keszthelyi, Zs.: Gyorsított műanyagszárítási technológia vizsgálata, Szakdolgozat, Kecskeméti Főiskola, GAMF Kar, 2016.