XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

NYOMÁSESÉS MÉRÉS SPIRÁLCSATORNÁS FRÖCCSÖNTŐ SZERSZÁMBAN

Szűcs András

Abstract

Injection moulding is one of the most widely used techniques producing complex final product in one manufacturing step. Maintaining and improving of the quality of the plastic product requires detailed knowledge of the cavity filling process. Polymer melts are non Newtonian fluids therefore their viscosities, addition to temperature, pressure and molecular weight, depend on the deformation rate. The main object of this research is to develop a special injection mould that is suitable for the determination of the viscosity of the polymer melts. The injection speed and the measured pressure difference between two flow lengths are used in the calculation. The flow curves were also determined by MFI instrument. It was found that the spiral mould is a suitable method for determination of the viscosity of the polymer melts. The rheological characterisation of the materials was successful by this method in the shear rate range between 100 s^{-1} and 20.000 s^{-1} .

Összefoglalás

A fröccsöntés az egyik legelterjedtebb műanyagfeldolgozó eljárás, amellyel összetett termékeket egy lépésben tudunk gyártani. A műanyag gyártmányok minőségének fenntartásához szükséges tudni az üreg kitöltésének folyamatát. A műanyag ömledékek nem newtoni folyadékok, azaz viszkozitásuk a hőmérsékleten, nyomáson és a molekulatömegén kívül a deformációsebességtől is függ. A kutatásnak a célja egy olyan speciális fröccsöntő szerszám fejlesztése volt, amely alkalmas műanyagok viszkozitásának meghatározására. A fröccssebességet és a mért nyomáskülönbségeket használtuk fel a számításhoz. A folyásgörbét MFI mérőberendezéssel is meghatároztuk. A vizsgálatok során azt találtuk, hogy a spirálszerszám alkalmas műanyagok viszkozitásának meghatározására. Az anyagok reológiai jellemzését 100 s^{-1} és 20000 s^{-1} között végeztük el.

1. Bevezetés

A műanyagok áramlásának modellezése igen összetett feladat, ugyanis folyóképességük függ a hőmérséklettől, nyomástól, molekula tömegtől, molekulatömeg eloszlástól és nem utolsósorban a deformációsebességtől. Az igen összetett áramlási folyamat nehézkessé teszi a polimerek feldolgozását. Gyakorlatban a folyóképesség jellemzésére a viszkozitás görbéket és a folyásgörbéket használjuk. Fröccsöntés során az üreg kitöltése néhány másodperces nagyságrendbe esik, így az áramlás során gyakran több mint 10.000 s^{-1} deformáció sebesség ébred. Számos CAE rendszer képes arra, hogy a fröccsöntő szerszám kitöltésének folyamatát szimulálja. Ez lehetőséget ad arra, hogy a szerszám elkészülte előtt az esetleges tervezési hibákat észrevegyék és kijavítsák. A szimulációs programoknak adatbázisának egyik legfontosabb része az alapanyagok viszkozitás görbéje. A szimuláció pontossága múlik alapvetően ezektől a folyási jellemzőket tartalmazó görbektől. A feldolgozás során számos problémát okozhat az alapanyag folyási jellemzőinek megváltozása [1, 2]. A fröccsöntéshez használt műanyagok folyási jellemzőit leggyakrabban kapilláris viszkoziméterrel

határozzák meg. Ehhez a méréshez az alapanyagot egy hengerben, palást fűtőtestekkel melegítjük fel. Ez a megömlesztési folyamat nagyban eltér a fröccsöntés plasztikálásától. A hagyományos mérőrendszerek megközelítőleg 2.000 s^{-1} nyírósebességig tudják meghatározni a folyásgörbét. A nagyobb deformációsebességekhez tartozó nyírófeszültséget extrapolációval tudjuk közelíteni, ami viszonylag nagy hibát tartalmazhat [3]. A műanyagok folyóképességének meghatározására az ipari gyakorlatban leggyakrabban használt eljárás a folyási mutatószám (MFI) mérése. Ez egy nagyon egyszerű eljárás és nem ad részletes információt az anyag folyási jellemzőiről, és a folyásgörbe nem határozható meg ezzel az eljárással. A vizsgálat során a terhelő erő változtatásával néhány pont meghatározható a folyásgörbén, de ezek a Bagley korrekció nélkül nem pontosak. Az elérhető maximális nyírósebesség tipikusan kisebb, mint 100 s^{-1} [4]. Célunk egy olyan mérőrendszer kifejlesztése volt, ami ipari körülmények között működik. Szabványos MFI mérőberendezéssel, különböző terhelésekkel és spirál szerszámmal határoztuk meg polietilén alapanyag viszkozitását. Közleményünkben ezzel a két eljárással meghatározott viszkozitás mérési eredményeket mutatjuk be.

2. Kísérleti rész

A mérésekhez Tipelin FA-381 (TVK ZRT) polietilén (PE) alapanyagot használtunk. A folyási mutatószámot CEAST 6542/000 MFI mérőműszerrel, hat terhelő súllyal (10 kg - 18 kg) határoztuk meg. A vizsgálati hőmérséklet: 210°C és 230°C volt. A kapilláris átmérője 2,095 mm hossza 8 mm. A nyírósebességet és a nyírófeszültséget a következő összefüggésekből határoztuk meg:

$$\dot{\gamma} = \frac{4 \cdot Q}{R^3 \cdot \pi} \quad (1)$$

$$\tau = \frac{\Delta p}{2 \cdot l} \cdot R \quad (2)$$

Az egyenletekben $\dot{\gamma}$ a nyíró sebességet, τ a nyírófeszültséget, R a kapilláris sugarát, L a kapilláris hosszát, Q az anyag térfogatáramát, Δp a nyomáscsökkenést jelenti [5].

A számítások során a viszkozitást a nyírófeszültség és a nyírósebesség hányadosaként határoztuk meg [6]. Ezzel a módszerrel a látszólagos viszkozitást határoztuk meg az adott pontban:

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad (3)$$

A berendezés egy mérés során 10 mintát vesz. Az eredmények szórása minden esetben kisebb volt 5%-nál. A méréseket egy fúvóka hosszal végeztük, ezért nem tudtunk Bagley korrekciót alkalmazni.

A kísérletekhez egy nyitott spirálszatórnás fröccsöntő szerszámmal készítettünk. A spirál alakú üreg a mozgóoldali formalapban volt kimunkálva. A rés szélessége (b) 5mm a mélysége (h) 3 mm. Az álló oldali formalap sík. Ebbe építettünk be a két nagyérzékenységű nyomásérzékelő szenzort. A formalapokban 4 hűtőcsatorna található, a temperáló közeg hőmérséklete 90°C volt. A szerszám

formaadó felületének átlagos hőmérséklete 76°C volt. A beömlőpersely hossza 30mm. A fröccsöntést Arburg Allrounder 270U 350-70 típusú fröccsöntő géppel végeztük.

Az adagnagyság 1 cm³, 2 cm³ és 3 cm³ volt, így a kitöltött spirálhossz 66,7 mm, 138,4mm és 200 mm volt. A fröccssebességet 1 cm³/s és 100 cm³/s között 7 lépcsőben változtattuk. A felépülő fröccsnyomást minden beállításnál regisztráltuk. A paraméterváltások után az első három darabot figyelmen kívül hagytuk, majd a következő öt darabot mértük. A próbatestek tömegének a szórása kevesebb volt, mint 1%. A nyírófeszültség és a nyírósebesség kapcsolatban van a feldolgozás paramétereivel, úgymint a fröccssebességgel, térfogatárammal és a szerszám geometriájával. Négyszögletes keresztmetszetben a következő összefüggésekkel lehet meghatározni a nyírófeszültséget (4) és a nyírósebességet (5):

$$\tau = h \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}, \quad (4)$$

ahol ΔP a nyomáscsökkenés a ΔL réshosszon.

$$\dot{\gamma} = \frac{12 \cdot Q}{h^2 \cdot b}, \quad (5)$$

ahol Q a fröccsöntés térfogatárama (m³/s); h = 0,003 m a csatorna mélysége; b = 0,005 m a csatorna szélessége [6].

Az anyag viszkozitása a (4) és (5) egyenletekből:

$$\eta = \frac{\Delta P \cdot h^3 \cdot b}{12 \cdot Q \cdot \Delta L} \quad (6)$$

A (6) összefüggés határozza meg a kapcsolatot a szerszámgeometria és a feldolgozási paraméterek között [4].

3. Eredmények és kiértékelés

A viszkozitás görbék az 1. ábrán láthatók. Az anyag hőmérséklet és a deformációsebesség növelésével az anyag viszkozitása csökken. Ez pszeudoplasztikus viselkedést jelent. A deformációsebesség mérési tartománya 10s⁻¹-70s⁻¹ volt az MFI mérő berendezésben, míg a spirálszerszámban a mérési tartomány 266 s⁻¹ és 26.666 s⁻¹ közé esett.

Az ábrából egyértelműen látszik, hogy a mért értékek jó közelítéssel egy görbén fekszenek. Nagy valószínűséggel a mért értékek nem a valós viszkozitását mutatják az anyagnak, de az eredmények alapján azt mondhatjuk, hogy kísérlet elrendezésünk alkalmas reológiai vizsgálatokra.

4. Összefoglalás

Kutatásunk során polietilén alapanyag folyási jellemzőit határoztuk meg MFI berendezéssel és spirálszűrő fröccsöntő szerszámmal. Több mint 300-szor nagyobb deformációsebességet értünk el a spirál szerszámban.

1. ábra. A különböző hőmérsékleten mért látszólagos viszkozitásgörbék

Kimutattuk, hogy a vizsgált polimer pszeudoplasztikus viselkedést mutat. A berendezés nagy deformáció sebesség tartományban alkalmasnak mutatkozik reológiai vizsgálatokra.

Irodalom

1. Szűcs András, Belina Károly: *Polimerek folyásának tanulmányozása spirál szerszámban*, **38.** Műszaki szemle 364-367. 2007.
2. Jehuda Green, Reinhold Wimberger-Fried: *Precision Injection Moulding*, Hanser Gardner Publications Inc., Munich, 2006
3. P.F. Bariani, M. Salvador, G. Lucchetta: *Development of a test method for the rheological characterization of polymers under the injection molding process conditions*, Journal of Materials Processing Technology 191. (2007) 119–122
4. I. Clavería, C. Javierre, L. Ponz: *Method for generation of rheological model to characterize non-conventional injection molding by means of spiral mold*, Journal of Materials Processing Technology 162–163. (2005) 477–483
5. S.C Chen, R.I. Tsai, R.D. Chein, T.K. Lin: *Preliminary study of polymer melt rheology behaviour flowing through micro-channels*, International Communications in Heat and Mass Transfer 32 (2005) 501-510

A kutatást a Kutatás és Technológiai Innovációs Alap forrásából a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal (NKTH) Baross Gábor pályázata, valamint a KF GAMF Kar normatív kutatástámogatási pályázata támogatta.

Szűcs András

Kecskeméti Főiskola GAMF Kar FMTI, Műanyag- és Gumitechnológiai Szakcsoport

Cím: H-6000 Magyarország, Kecskemét, Izsáki út

Telefon / Fax: +36-30-313-86-75

E-mail: szucs.andras@gmail.com