Special Research Project Title	Feasibility Study of Numerical Simulation of Biodegradable Plastic Flow Behavior in Injection Molding
Special Research Project Credits	6
Candidate	Mr. Jetsada Intarachote
Special Research Project Advisor	Dr.-Ing. Panit Kitsubun
Program	Master of Engineering
Field of Study	Chemical Engineering
Department	Chemical Engineering
Faculty	Engineering
Academic Year	2013

Abstract

Previous studies by the sponsor of this study showed critical injection molding problems during the plastic product testing with the customers, which lead to few days delay for each testing. The most prominent problem was the so-called unfilled-sections defect, where parts of the mold were not completely filled by PLA. This problem is associated with the flowing of molten plastic from injection part to fill in the desired shape of mold. Hence, in order to enhance the sponsor's capability in plastic product testing with the customers and to better understand the melt temperature effect on PLA flow behavior in mold filling stage, the feasibility study of numerical simulation of biodegradable plastic (PLA) flow behavior in injection molding was demonstrated by using the finite volume method which is provided in the computational fluid dynamics (CFD) package, ANSYS CFX. The different melt temperatures, 175, 190 and 230°C, were used in the simulation to verify their effects on viscosity, shear rate and flow characteristic of PLA in mold filling stage as well. The numerical simulation showed that viscosity of plastic decreases with increasing in melt temperature while viscosity decreases with increasing shear rate. Furthermore, the flow front at temperature of 230 °C was distinctly faster than 190 °C and 175 °C which were in agreement with the filled up time. The filled up time at 230 °C was less than 190 °C and 175 °C which were 1.7, 2.6 and 3.0 seconds, respectively. Moreover, the cooling effect of mold wall tends to be effective on plastic temperature that the coldest plastic layer is formed near the mold wall and the plastic was hottest at center of mold cavity. Additionally, all cases showed the same pattern of pressure distribution along the flow front during filling stage which pressure decreases along the flow length toward the polymer melt front. However, the pressure from simulation results was not realistically precise, due to the lack of some important parameters of PLA. Furthermore, each simulation employed approximately 3 weeks for calculation time which may be unacceptable. As a result, it can be concluded that this numerical simulation of PLA flow behavior on filling stage of injection molding might be used only as the preliminary numerical simulation but it was not adequate to apply it as the prediction model in routine applications.

Keywords: Computational Fluid Dynamics (CFD)/ Injection molding/ Polylactic acid/ Flow behavior

หัวข้อโครงการศึกษาวิจัย	การศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการไหลในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ
หน่วยกิต	6
ผู้เขียน	นายเจษฎา อินทรโชติ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.พนิต กิจสุบรรณ
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ภาควิชา	วิศวกรรมเคมี
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2556

บทคัดย่อ

เนื่องด้วยผู้สนับสนุนวิทยานิพนธ์นี้มักพบกับปัญหาในการทดสอบฉีดขึ้นรูปโพลีแลกติกแอซิด ซึ่งเป็นพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพต่อลูกค้า ซึ่งเสียเวลา 2-3 วันต่อการทดสอบแต่ละครั้ง โดยปัญหาหลักคือ ไม่สามารถฉีดพลาสติกให้เต็มแม่พิมพ์ได้ ซึ่งปัญหานี้เกี่ยวข้องโดยตรงกับการไหลของพลาสติกในกระบวนการเติมพลาสติกอันเนื่องมาจากอุณหภูมิการฉีดเป็นหลัก ดังนั้นเพื่อที่จะลดเวลาและค่าใช้จ่ายที่เสียไปในการทดสอบฉีดขึ้นรูปพลาสติก และเพื่อที่จะสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับผลของอุณหภูมิในการฉีดต่อพฤติกรรมการไหลของพลาสติกชนิดดังกล่าว วิทยานิพนธ์นี้ได้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการไหลในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ทั้งนี้แบบจำลองการไหลถูกสร้างโดยอาศัยซอฟแวร์แอนซิสซีเอฟเอ็กซ์และเทคนิคซีเอฟดี โดยใช้อุณหภูมิในการฉีดที่ 175, 190 และ 230 องศาเซลซียส ผลจากการจำลองทำให้ทราบว่า การเพิ่มอุณหภูมิการฉีดจะทำให้ความหนืดลดลง แต่อัตราการเฉือนเพิ่มสูงขึ้น โดยที่อัตราการเฉือนต่ำ อุณหภูมิการฉีดจะมีผลต่อความหนืดของพลาสติกมากกว่าที่อัตราการเฉือนสูง ซึ่งทำให้พฤติกรรมการไหลของพลาสติกที่อุณหภูมิการฉีดสูง มีลักษณะการไหลที่เร็วกว่าที่อุณหภูมิการฉีดต่ำ โดยที่อุณหภูมิการหลอมเหลวที่ 230, 190 และ175 องศาเซลซียส พลาสติกใช้เวลาเติมเต็มแม่พิมพ์ ประมาณ1.7, 2.6 และ 3.0 วินาที ตามลำดับ นอกจากนี้ผลของอุณหภูมิที่ต่ำกว่าของแม่พิมพ์ยังส่งผลให้พลาสติกบริเวณที่ใกล้กับผนังแม่พิมพ์มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าบริเวณตรงกลาง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงที่สุด และยังพบอีกว่าขณะฉีดพลาสติกเข้าสู่แม่พิมพ์ ระบบมีการสูญเสียความดันเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณทางเข้าและทางออก ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการไหลอีกด้วย อย่างไรก็ตามค่าของความดันที่ได้จากแบบจำลองยังไม่ถูกต้องมากนัก โดยแต่ละแบบจำลองใช้เวลาในการคำนวณนานถึงประมาณ 3 สัปดาห์ จากผลของแบบจำลองและเหตุผลดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่ามี

ความเป็นได้ที่จะสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการไหลในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยใช้เทคนิคซีเอฟดี แต่อย่างไรก็ตามแบบจำลองนี้สามารถใช้เป็นเพียงแบบจำลองเบื้องต้นเท่านั้น แต่ยังไม่สามารถใช้เป็นแบบจำลองที่สมบูรณ์ได้

คำสำคัญ : โปรแกรมซีเอฟดี/ การฉีดขึ้นรูปพลาสติก/ โพลีแลกติกแอซิด/ พฤติกรรมการไหล