

หัวข้อวิทยานิพนธ์	คุณลักษณะการออกแบบเครื่องรีโอมิเตอร์ที่มีผลต่อปริมาณการบวมตัวและสมบัติการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลว
หน่วยกิตของวิทยานิพนธ์	15 หน่วย
ชื่อผู้แต่ง	นาย ระพีพันธ์ แดงตันกี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ดร. ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีวัสดุ
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาลักษณะการออกแบบเครื่องคาปีลารีรีโอมิเตอร์ที่มีผลต่อปริมาณการบวมตัวและสมบัติการไหลของสารประกอบยางธรรมชาติที่มุ่งให้ความสนใจขนาดและลักษณะของบาร์เรลและ Die ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของเครื่องรีโอมิเตอร์แบบควบคุมอัตราเลื่อนที่ออกแบบขึ้น ในงานวิจัยส่วนแรกเป็นการศึกษารูปแบบการไหลซึ่งเป็นการใช้เทคนิคแถบสีและการศึกษาอัตราการบวมตัวโดยใช้ Die สองตัวอยู่ในบาร์เรลของเครื่องรีโอมิเตอร์ซึ่งมีลักษณะเป็น Die สองตอน พบว่ารูปแบบการไหลที่เกิดขึ้นในบาร์เรลด้านบนขึ้นอยู่กับระยะการเคลื่อนที่อัดของแท่งอัด ส่วนรูปแบบการไหลซับซ้อนที่เกิดขึ้นในบาร์เรลด้านล่างนอกจากขึ้นอยู่กับระยะการอัดรีดของแท่งอัดแล้วยังขึ้นอยู่กับลักษณะ Die ที่อยู่ด้านบน รูปแบบการไหลที่เกิดขึ้นในบาร์เรลล่างขึ้นอยู่กับลักษณะ Die ที่ไหลผ่านมา ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าการบวมตัวจึงขึ้นอยู่กับรูปแบบการไหลที่เกิดขึ้นในบาร์เรล เวลาที่พอลิเมอร์อยู่ในระบบ สมบัติความเป็นอีลาสติก และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นขณะเกิดการไหล ในการทดลองส่วนนี้จึงสรุปได้ว่ารูปแบบการไหลของสารประกอบยางธรรมชาติขึ้นอยู่กับลักษณะ Die ที่ไหลผ่านมา

การวิจัยในส่วนที่สองเป็นการศึกษาอิทธิพลของขนาดบาร์เรลและอัตราส่วนของขนาดบาร์เรล/Die ที่มีผลต่ออัตราการบวมตัวและค่าความดันตกที่ปาก Die ของสารประกอบยางธรรมชาติในเครื่องคาปีลารีรีโอมิเตอร์โดยใช้อัตราส่วนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบาร์เรล/Die เท่ากัน ซึ่งเมื่อทำการปรับเปลี่ยนขนาดบาร์เรลและ Die พร้อมกัน พบว่าค่าการบวมตัวและค่าความดันตกที่ปาก Die นอกจากขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบาร์เรล/Die แล้วยังขึ้นอยู่กับขนาดที่แท้จริงของเส้นผ่านศูนย์กลางบาร์เรลและ Die ด้วย เมื่อใช้อัตราส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบาร์เรล/Die คงที่ปริมาณการบวมตัวที่ขนาดจริงของบาร์เรลและ Die ที่มีขนาดเล็ก (20/4 ถึง 30/6 มม./มม.) มีค่าเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามค่าความดันที่ปาก Die แต่ถ้าใช้ขนาดจริงของบาร์เรล

และ Die ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (35/7 ถึง 40/8) ปริมาณการบวมตัวขึ้นอยู่กับขนาดรูปแบบการไหล บริเวณทางเข้า Die (อัตราส่วนความสูง/รัศมี ของรูปแบบการไหล) เมื่อใช้ขนาด Die คงที่และปรับเปลี่ยนขนาดบาร์เรลความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมตัวและค่าความดันตกที่ปาก Die มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง โดยที่ค่าการบวมตัวมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าความดันตกที่ปาก Die ที่บาร์เรลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 30 มม.ขึ้นไป ในขณะที่บาร์เรลที่มีขนาดโตกว่า 30 มม.ปริมาณการบวมตัวของสารประกอบยางมีความสัมพันธ์กับค่าความดันตกที่ปาก Die ไม่เป็นเส้นตรง ทั้งนี้เนื่องจากค่าความเค้นเฉือนที่ทำให้เกิดรูปแบบการไหลเป็นรูปพาราโบลา ขนาดของรูปร่างการไหลบริเวณทางเข้า Die และเวลาที่พอลิเมอร์อยู่ในระบบ เมื่อใช้ขนาดบาร์เรลคงที่และปรับเปลี่ยนขนาด Die รูปแบบการไหลของสารประกอบยางไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงและใน Die ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กมีปริมาณการบวมตัวที่สูงเนื่องจากเกิดการยืดตัวของสายโซ่โมเลกุลใน Die และอัตราเฉือนที่เพิ่มขึ้นอีกทั้งเวลาที่พอลิเมอร์อยู่ในระบบลดลง

ในส่วนสุดท้ายเป็นการศึกษาอิทธิพลของวัสดุที่ใช้ทำ Die โดยใช้ Die ทองแดง ทองเหลือง และเหล็กกล้า ทำการทดสอบสมบัติการไหลและการบวมตัวของพอลิเมอร์ PS PVC HDPE และ LDPE ผลการทดลองที่ได้ยังไม่สามารถหาข้อสรุปที่ชัดเจนได้ ซึ่งต้องมีการศึกษาวิจัยต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ (Keywords) : พอลิเมอร์หลอมเหลว/ คาปิลารี่โอมิเตอร์/ รูปแบบการไหลของพอลิเมอร์/ ปริมาณการบวมตัวของพอลิเมอร์/ การออกแบบเครื่องมือวัดสมบัติการไหล

Thesis Title	Rheometer Design Characteristics on Extrudate Swell and Flow Properties of Polymer Melts
Thesis Credits	15
Candidate	Mr. Rapeephun Dangtungee
Supervisor	Assoc. Prof. Dr. Narongrit Sombatsompop
Degree of Study	Master of Engineering
Department	Materials Technology
Academic Year	2001

Abstract

This research investigated the effect of rheometer design on the flow properties and extrudate swell behaviour of natural rubber, the sizes of die and barrel as well as their assembly being of main interest. A special rate-constant capillary rheometer was designed. The first part of work involved the use of two dies located along the barrel and the flow patterns and extrudate swell of natural rubber were studied through a colored tracer as the visualization technique. The results suggested that the flow of the rubber in the upper barrel was dependent on the piston/barrel action and changed with piston displacement, whereas the complexity of the flow in the lower barrel was dependent not only on the piston displacement, but also on the geometry of the upper die design. The flow patterns that developed in the whole barrel were dependent of the die located at the bottom of the barrel. In addition, the change in extrudate swell was associated with the flow occurring in the barrel, residence time, elastic characteristic, and the temperature rise during the flow. It was concluded that the general style of the flow patterns of the natural rubber was greatly dependent on the die geometry that the material had previously moved past.

The second part investigated the effects of the actual diameters and diameter ratios of the barrels and dies on the elastic swell (B) and entrance pressure drop (ΔP) of natural rubber compound in the capillary rheometer. In this case, either the barrel or the die diameter was altered so that different D_B/D_D ratios were obtained, both barrel and die diameters being also varied simultaneously. It was found that the extrudate swell and entrance pressure drop were dependent not only on the ratio of the barrel/die diameter, but also on the actual diameter of the

barrels and dies used. For fixed D_B/D_D ratio, the change in the extrudate swell was linearly influenced by the entrance pressure drop at low actual barrel/die diameters (D_B/D_D from 20/4 to 30/7 mm/mm), but was associated with the size of vortex flow (height/radius ratio of the flow) at the die entrance when using high barrel/die diameters (D_B/D_D from 35/7 to 40/8 mm/mm). When the die diameter was fixed, the relationship between the entrance pressure drop and the extrudate swell was linear up to a certain value of the barrel diameter of greater than 30mm. Beyond this critical barrel value, the relationship became non-linear, and associated with the shearing stress generated due to a formation of the semi-pluglike flow patterns, the size of vortex flow, and the residence time of the material. For a constant barrel diameter, the flow patterns were not found to change with die diameter. The smaller the die diameter the greater the extrudate swell due to the increases in the extensional deformation and wall shear rate coupled with a reduction in the material residence time.

The final part studied the effect of die materials (mild steel, bronze and copper dies) on the flow properties and extrudate swell of various types of thermoplastic melts including PS, PVC, LDPE and HDPE melt. The obtained results were still inconclusive and further work in this area are to be carried out.

Keywords: Polymer melt/ Capillary rheometer/ Flow pattern/ Die swell/ Rheometer design.