ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250188

รายงานการวิจัย

เครื่องทดสอบอัตราการไหลของพลาสติก

PLASTIC MELT FLOW RATE TESTER

ชื่อผู้วิจัย นายวิภู ศรีสืบสาย

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

b00256470

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250188

รายงานการวิจัย

เครื่องทดสอบอัตราการไหลของพลาสติก

PLASTIC MELT FLOW RATE TESTER

ชื่อผู้วิจัย นายวิภู ศรีสืบสาย

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) เครื่องทดสอบอัตราการไหลของพลาสติก

ชื่อโครงการ(ภาษาอังกฤษ) Plastic Melt Flow Rate Tester

แหล่งเงิน เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์

ประจำปีงบประมาณ 2554 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 68,400 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ปี ตั้งแต่ 20 ต.ค. 53 ถึง 19 ต.ค. 54

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัดและ อีเมล์

นายวิภู ศรีสืบสาย สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

e-mail : kswipoo@kmitl.ac.th

คำสำคัญ (Keywords) Melt Flow Rate, Melt Index,

250188

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการออกแบบและจัดสร้างเครื่องทดสอบอัตราการไหลของพลาสติก เพื่อทำการหาอัตราการไหลของเทอร์โมพลาสติกภายใต้แรงดัน อุณหภูมิและน้ำหนักกดตามมาตรฐานASTM D 1238-04C กระบอกหลอมพลาสติกทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ภายในหุ้มด้วยอุปกรณ์ให้ความร้อนพร้อมกับเทอร์โมคัปเปิล ชุดโครงสร้างภายนอกประกอบด้วยอิฐทนไฟและฉนวนกันความร้อน การทดสอบจะใช้ตุ้มน้ำหนักกดลูกสูบ ให้พลาสติกที่หลอมเหลวจากความร้อนไหลผ่านหัวฉีดมาตรฐานตามแนวดิ่ง พลาสติกที่ไหลออกมาถูกนำไปชั่งน้ำหนักเทียบกับเวลา 10 นาที ซึ่งผลการทดสอบค่าอัตราการไหลที่ได้ใกล้เคียงกับค่าอัตราการไหลที่ได้จากเครื่องทดสอบมาตรฐาน

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) เครื่องทดสอบอัตราการไหลของพลาสติก

ชื่อโครงการ(ภาษาอังกฤษ) Plastic Melt Flow Rate Tester

แหล่งเงิน เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์

ประจำปีงบประมาณ 2554 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 68,400 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ปี ตั้งแต่ 20 ต.ค. 53 ถึง 19 ต.ค. 54

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัดและ อีเมล์

นายวิภู ศรีสืบสาย สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

e-mail : kswipoo@kmitl.ac.th

คำสำคัญ (Keywords) Melt Flow Rate, Melt Index,

250188

Abstract

The objective of this research was to design melt flow rate tester for testing the melt flow rate of thermoplastic under pressure, temperature and weight that are followed the ASTM D 1238-04C. The plastic was melt in the barrel that was made from cylindrical stainless steel. The outside wall was covered with heater band and thermocouple was installed. Firebrick and insulation sheet were installed inside the main structure. The experiments were performed by using standard weights to press the melted plastic flowing through the standard nozzle in vertical direction. The sample had to be weighted on grams per 10 minutes. The results showed that melt flow rate from the tester were almost the same as the data technical from the company.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบุคคลตามรายชื่อต่อไปนี้ที่ทำให้โครงการวิจัยสำเร็จไปได้ด้วยดีทั้งการให้คำแนะนำและการให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ

1. ดร. สกนธ์ คล่องบุญจิต
2. ดร. อุดม จันทร์จรัสสุข
3. นาย นิวัฒน์ มูเก็ม
4. นาย กุลชลิต วิสารทกุล
5. นาย ปฐมพงศ์ สุกใส
6. นาย อภิชิต มณีงาม

วิภู ศรีสืบสาย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติความเป็นมาของพลาสติก 3

2.2 ชนิดของพลาสติกและคุณสมบัติของพลาสติก 3

2.2.1 เทอร์โมเซตติ้ง 4

2.2.2 เทอร์โมพลาสติก 4

2.3 ทฤษฎีพฤติกรรมการไหลของพลาสติก 5

2.3.1 ความหนืดและสมบัติการไหล 5

2.3.2 การแบ่งชนิดของของไหล 6

2.3.2.1 ของไหลนิวทอเนียน 6

2.3.2.2 ของไหลนอนนิวทอเนียน 8

2.3.3 กลุ่มของไหลที่สมบัติการไหลไม่ขึ้นกับเวลา 8

2.3.3.1 การไหลของของไหลบิงแฮม 8

2.3.3.2 ของไหลซูโดพลาสติก 9

2.3.3.3 ของไหลไดแลทแท้น 11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.4 กลุ่มของไหลที่สมบัติการไหลขึ้นกับเวลา 11

2.3.4.1 ของไหลทริกโซทรอปิค 11

2.3.4.1 ของไหลรีโอเปคติค 12

2.3.4.3 ของไหลวีสโคอีลาสติก 13

2.3.5 พฤติกรรมการไหลของพอร์ลิเมอร์หลอม 13

2.4 การถ่ายเทความร้อน 15

2.4.1 การถ่ายเทความร้อนในแนวรัศมี 16

2.4.2 ทรงกระบอก 16

2.4.3 ระบบการนำความร้อนที่มีแหล่งผลิตความร้อนภายใน 18

2.4.3.1 ผนังเรียบมีแหล่งผลิตความร้อน 18

2.4.3.2 ระบบนำความร้อนในแนวรัศมี 19

2.5 ระบบวัดและการควบคุม 20

2.5.1 ระบบควบคุม 21

2.5.1.1 ระบบควบคุมวงจรแบบเปิด 21

2.5.1.2 ระบบควบคุมวงจรแบบปิด 22

2.6 ฮีตเตอร์ (Heater) 23

2.6.1 หลักการทำงานของฮีตเตอร์ 23

2.6.2 ฮีตเตอร์ถูกแบ่งตามลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้ 23

2.6.3 ฮีตเตอร์รัดท่อ 23

2.7 เทอร์โมคัปเปิล 24

2.8 ทฤษฎีเครื่องมือวัดทางรีโอโลยี 25

2.8.1 คาปิลารีวีสโคมิเตอร์ 25

2.8.1.1 กรณีของของไหลนิวทอเนียน 26

2.8.1.2 พิจารณากรณีของของไหลวีสโคอิลาสติก 27

2.9 ทฤษฎีการทดสอบอัตราการไหลของพลาสติก 29

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบและการดำเนินงาน

3.1 การวางแผนการดำเนินงาน 33

3.2 การออกแบบ 33

3.2.1 แบบของชุดกระบอกหลอม 33

3.2.2 ออกแบบหัวปิดด้านล่างใหม่ 34

3.2.3 แบบของโครงเครื่อง 34

3.2.4 การออกแบบวงจรไฟฟ้า 35

3.3 ออกแบบชุดกระบอกหลอมใหม่ เนื่องจากเกิดปัญหาเครื่องทดสอบมีอัตราการไหลที่ช้ากว่าปกติ 35

3.3.1 หาสาเหตุของปัญหา 35

3.3.1 สรุปสาเหตุของปัญหา 36

3.3.3 ทำการแก้ไขปัญหา 37

3.4 การคำนวณ 38

3.4.1 การคำนวณหาความร้อนสูญเสีย 38

3.4.2 คำนวณการกระจายความร้อนภายในกระบอกหลอม 38

3.4.3 คำนวณค่าไฟฟ้าที่เครื่องทดสอบต้องใช้ 40

3.5 การจัดสร้างเครื่องทดสอบอัตราการไหลของพลาสติก 40

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการจัดสร้างเครื่องทดสอบอัตราการไหลของพลาสติก 41

4.2 ส่วนประกอบของเครื่องทดสอบอัตราการไหลของพลาสติก 42

4.2.1 กระบอกหลอมจากเหล็กกล้าไร้สนิม 42

4.2.2 ลูกสูบจากเหล็กกล้าไร้สนิม 42

4.2.3 ไม้กระทุ้ง 42

4.2.4 โครงสร้างของเครื่องทดสอบ 43

4.2.5 กล่องควบคุม 43

4.2.6 ภายในกล่องควบคุม 44

4.2.7 การติดตั้งฉนวน 44

4.2.8 ชุดประกอบกระบอกเข้ากับเครื่องทดสอบ 44

4.3 การทดลองเพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องด้านความร้อน 45

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.1 ชื่อการทดลองที่1 45
4.3.2 วัตถุประสงค์การทดลองที่1 45
4.3.3 วิธีการทดลองที่1 45
4.3.4 ผลการทดลองที่1 45
4.3.5 สรุปผลการทดลองที่1 46
4.3.6 ชื่อการทดลองที่2 46
4.3.7 วัตถุประสงค์การทดลองที่2 46
4.3.8 วิธีการทดลองที่2 46
4.3.9 ผลการทดลองที่2 47
4.4 การทดสอบการทำงานของเครื่องทดสอบ 49
4.4.1 ชื่อการทดลอง 49
4.4.2 วัตถุประสงค์การทดลอง 49
4.4.3 วิธีการทดลอง 49
4.4.4 ผลการทดลอง 50
4.4.5 สรุปผลการทดลอง 51

บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินการ 52
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข 52
5.2.1 ปัญหาที่พบ 52
5.2.2 แนวทางแก้ไข 52

เอกสารอ้างอิง 53

ภาคผนวก ก ..... ผก

ภาคผนวก ข ..... ผข

ภาคผนวก ค ..... ผค

ภาคผนวก ง ..... ผง

ภาคผนวก จ ..... ผจ

ภาคผนวก ฉ ..... ผฉ

ภาคผนวก ช ..... ผช

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ความหนืดของวัสดุต่างๆ 5

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติเปรียบเทียบเทอร์โมคัปเปิล 24

ตารางที่ 2.3 ค่ากำหนดสำหรับการทดสอบหาค่าอัตราการไหลของพลาสติก 30

ตารางที่ 3.1 การคำนวณหาการกระจายความร้อนภายในกระบอกหลอม 39

ตารางที่ 4.1 ค่าอัตราการไหลของพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) 50

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลของพลาสติก 50

ตาราง ผข. 1 ราคาวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ ผข1

ตาราง ผค. 1 ข้อมูลทางเทคนิคของเทอร์โมคัปเปิล ผค1

ตาราง ผค.2 ข้อมูลทางเทคนิคของอิฐทนไฟที่เลือกใช้ ผค2

ตาราง ผค.3 ข้อมูลเทคนิคของประเก็นฉนวนที่เลือกใช้ ผค3

ตาราง ผค.4 ข้อมูลเกลียวแบบมาตรฐานระหว่างประเทศ เกลียวธรรมดา ผค4

ตาราง ผค.5 คุณสมบัติเทอร์โมไดนามิกส์ของเหล็กกล้าไร้สนิม ผค5

ตาราง ผจ.1 ข้อมูลคุณสมบัติของพลาสติกชนิด Polypropylene(PP) ผจ1

ตาราง ผฉ.1 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นต่อเวลาภายนอกที่อุณหภูมิที่ 300°C ผฉ1

ตาราง ผฉ.2 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นต่อเวลาภายในที่อุณหภูมิที่ 300°C ผฉ4

ตาราง ผฉ.3 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นต่อเวลาเมื่อตั้งค่าอุณหภูมิที่100°C ผฉ6

ตาราง ผฉ.4 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นต่อเวลาเมื่อตั้งค่าอุณหภูมิที่150°C ผฉ7

ตาราง ผฉ.5 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นต่อเวลาเมื่อตั้งค่าอุณหภูมิที่200°C ผฉ8

ตาราง ผฉ.6 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นต่อเวลาเมื่อตั้งค่าอุณหภูมิที่250°C ผฉ9

ตาราง ผฉ.7 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นต่อเวลาเมื่อตั้งค่าอุณหภูมิที่300°C ผฉ10

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 การไหลและการผิดรูปของ ของไหลนิวทอเนียนระหว่างแผ่นกระจำสองแผ่น 6
รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเฉือนและอัตราการเฉือน 7
รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอัตราการเฉือนของของไหลนิวทอเนียน 2 ชนิด 7
รูปที่ 2.4 เส้นกราฟของการไหลและเส้นกราฟของความหนืดของของไหลชนิดต่างๆ 9
รูปที่ 2.5 เส้นกราฟการไหลของของไหล ชนิดต่างๆ 11
รูปที่ 2.6 สมบัติของของไหลทริคโซโทรปิค 12
รูปที่ 2.7 Hysteresis loop ของ ของไหลทริกโซทรอปิค 2 ชนิด 12
รูปที่ 2.8 สมบัติการไหลของของไหลรีโอเปคติค 13
รูปที่ 2.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอัตราเฉือน 14
รูปที่ 2.10 การกระจายความร้อนสำหรับผนังทรงกระบอกหลายชั้น 17
รูปที่ 2.11 ระบบการวัดปริมาณต่างๆ ของเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม 20
รูปที่ 2.12 ระบบการควบคุมวงจรเปิด 21
รูปที่ 2.13 ระบบการควบคุมแบบปิด 22
รูปที่ 2.14 แสดงผลของซีแบ็ค 24
รูปที่ 2.15 ภาพตัดขวางของคาปิลารีวิสโคมิเตอร์ 25
รูปที่ 2.16 ภาพตัดการไหลของของไหลนิวทอเนียนในท่อคาปิลารี 27
รูปที่ 2.17 ความสัมพันธ์ระหว่าง In Q กับ In PR/2ℓ 28
รูปที่ 2.18 เครื่องทดสอบอัตราการไหลของพลาสติก 29
รูปที่ 2.19 กราฟแสดงค่าความหนืดที่ขึ้นอยู่กับความเร็วเฉือน LDPE ที่อุณหภูมิ 150 C° 32
รูปที่ 3.1 กระบอกหลอม 33
รูปที่ 3.2 การประกอบหัวปิด 34
รูปที่ 3.3 แรงที่กระทำต่อโครงสร้างเครื่อง 34
รูปที่ 3.4 การเสียรูปและส่วนที่รับความเค้น 34
รูปที่ 3.5 วงจรควบคุมการทำงานของเครื่อง 35
รูปที่ 3.6 ภาพประกอบการคำนวณอุณหภูมิระหว่างแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมกับเหล็กหัวปิด 36
รูปที่ 3.7 อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆขณะให้ความร้อนที่ 230 องศาเซลเซียส 36

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.8 การประกอบประเก็นฉนวนเข้ากับเครื่อง 37

รูปที่ 3.9 ภาพตัดขวางของชุดกระบอกหลอมที่ได้ออกแบบใหม่ 37

รูปที่ 3.10 อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆขณะให้ความร้อนที่ 230 องศาเซลเซียส 37

รูปที่ 3.11 การกระจายความร้อนภายในกระบอกหลอม 39

รูปที่ 4.1 เครื่องทดสอบอัตราการไหลของพลาสติกที่เสร็จสมบูรณ์ 41

รูปที่ 4.2 กระบอกหลอม 42

รูปที่ 4.3 ลูกสูบ 42

รูปที่ 4.4 ไม้กระทุ้ง 42

รูปที่ 4.5 โครงสร้างของเครื่องทดสอบ 43

รูปที่ 4.6 กล่องควบคุม 43

รูปที่ 4.7 การติดตั้งสายไฟฟ้าเข้ากับชุดควบคุม 44

รูปที่ 4.8 การติดตั้งฉนวน 44

รูปที่ 4.9 การประกอบกระบอกเข้ากับเครื่องทดสอบ 44

รูปที่ 4.10 การทดสอบเครื่องทางความร้อนที่อุณหภูมิ 300c° 45

รูปที่ 4.11 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผนังภายในกับอุณหภูมิผนังภายนอกกระบอกหลอม 46

รูปที่ 4.12 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นต่อเวลาเมื่อตั้งค่าอุณหภูมิที่ 100 c° 47

รูปที่ 4.13 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นต่อเวลาเมื่อตั้งค่าอุณหภูมิที่ 150 c° 47

รูปที่ 4.14 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นต่อเวลาเมื่อตั้งค่าอุณหภูมิที่ 200 c° 48

รูปที่ 4.15 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นต่อเวลาเมื่อตั้งค่าอุณหภูมิที่ 250 c° 48

รูปที่ 4.16 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นต่อเวลาเมื่อตั้งค่าอุณหภูมิที่ 300 c° 49

รูปที่ 4..17 การไหลของพลาสติก 50

รูปที่ 4..18 พลาสติกที่ได้จากการทดสอบอัตราการไหล 50