รายงานโครงงานหมายเลข ME 2560-TS_02

การพัฒนาหัวเผาวัสดุพรุนขนาดเล็กในอุตสาหกรรมขึ้นรูปถังพลาสติก

นางสาวกนกอร หวังผล รหัสนักศึกษา 5713401779
นางสาวณัฐธิกา ซื่อสัตย์ รหัสนักศึกษา 5713402237
นายอาทิตย์ ศรีภูวงษ์ รหัสนักศึกษา 5713403827

รายงานนี้เป็นรายงานโครงการของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ซึ่งเสนอเป็นส่วนหนึ่ง
ในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Project Report No ME 2560-TS_02

Development of a small porous burner in the plastic Forming industry

Miss Ganokon Wangphon
Miss Nattika Suesat
Mr. Artit Sripuwong

This is the Report of the Fourth – Year Project Assignment
Submitted in Partial
Fulfillment of the Requirements for the Bachelor Degree of Engineering
Department of Mechanical Engineering the Faculty of Engineering
Ubon Ratchathani University

การพัฒนาหัวเผาวัสดุพรุนขนาดเล็กในอุตสาหกรรมขึ้นรูปถังพลาสติก

โดย นางสาวกนกอร หวังผล รหัสนักศึกษา 5713401779
นางสาวณัฐธิกา ซื่อสัตย์ รหัสนักศึกษา 5713402237
นายอาทิตย์ ศรีภูวงษ์ รหัสนักศึกษา 5713403827
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ธนรัฐ ศรีวีระกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร.อนิรุตต์ มัทธุจักร์
อาจารย์ผู้ร่วมประเมินโครงงาน

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธนรัฐ ศรีวีระกุล)
อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.อนิรุตต์ มัทธุจักร์)
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

Project Title: Development of a small porous burner in the plastic Forming industry

By Miss Ganokon Wangphon ID 5713401779
Miss Nattika Suesat ID 5713402237
Mr. Artit Sripuwong ID 5713403827
Department of Mechanical Engineering
Project Adviser : Associate Professor Thanarath Sriveerakul
Project Co-Adviser : Associate Professor Anirut Matthujak
Project Committee

.....
(Associate Professor Thanarath Sriveerakul)
Project Adviser

.....
(Associate Professor Anirut Matthujak)
Project Co-Adviser

การพัฒนาหัวเผาวัสดุพรุนขนาดเล็กในอุตสาหกรรมขึ้นรูปถังพลาสติก

โดย นางสาวกนกอร หวังผล
นางสาวณัฐธิกา ซื่อสัตย์
นายอาทิตย์ ศรีภูวงษ์

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการพัฒนาหัวเผาวัสดุพรุนขนาดเล็กในอุตสาหกรรมขึ้นรูปถังพลาสติก PE ในการศึกษาได้ทำการเปรียบเทียบหัวเผาขนาดเล็กแบบดั้งเดิม (Model A) ที่ใช้ในงานปกติกับหัวเผาที่ใส่เม็ดวัสดุพรุน ซึ่งมีการวางวัสดุพรุนที่ต่างกัน 5 รูปแบบคือ Model B, Model C, Model D, Model E, และ Model F โดยทำการวัดการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ความดันปล่อยแก๊สต่างกัน 6 ระดับ คือ 0.2, 0.6, 1.0, 1.4, 1.8 และ 2.2 bar ตามลำดับ จากการศึกษาเปรียบเทียบการกระจายตัวของอุณหภูมิกรณีเปลวไฟอิสระที่ทุกความดันพบว่าหัวเผาขนาดเล็กแบบดั้งเดิม (Model A) มีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 956.02 ℃ ส่วนหัวเผาวัสดุพรุนที่มีการวางวัสดุพรุนในรูปแบบต่างๆพบว่า Model F มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดประมาณ 914.97 ℃ ตามด้วย Model D, Model E, Model B และ Model C มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดประมาณ, 914.90 ℃, 903.28 ℃, 899.35 ℃ และ 897.83 ℃ ตามลำดับ และกรณีเปลวไฟปะทะแผ่นเหล็กแม่พิมพ์จากการศึกษาเปรียบเทียบการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ความดัน 0.6, 1.0 และ 1.4 bar ระหว่างหัวเผาขนาดเล็กแบบดั้งเดิม (Model A) กับหัวเผาที่ใส่เม็ดวัสดุพรุนที่มีการวางวัสดุพรุนแบบ Model F ในการทดลองที่ระยะ 7 เซนติเมตร จากปลายหัวเผาถึงแผ่นเหล็กแม่พิมพ์ (เป็นระยะที่ใช้งานปกติในโรงงาน) พบว่า ที่ความดัน 0.6, 1.0 และ 1.4 bar Model A มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่แผ่นเหล็กแม่พิมพ์สูงสุด 291.98 ℃, 314.96 ℃ และ 334.52 ℃ ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่อุณหภูมิจะสูงที่สุดบริเวณกึ่งกลางแผ่นเหล็กแม่พิมพ์ตามแนวรัศมีของหัวเผา ส่วน Model F ที่ความดัน 0.6, 1.0 และ 1.4 bar มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่แผ่นเหล็กแม่พิมพ์สูงสุด 249.42 ℃ 247.24 ℃ และ 246.04 ℃ ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่อุณหภูมิจะกระจายตัวบนแผ่นเหล็กแม่พิมพ์ค่อนข้างสม่ำเสมอกว่า Model A ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่แผ่นเหล็กแม่พิมพ์ของ Model A มากกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่แผ่นเหล็กแม่พิมพ์ของ Model F อย่างไรก็ตามอุณหภูมิเฉลี่ยที่แผ่นเหล็กแม่พิมพ์ของ Model F ก็เพียงพอต่อการใช้งานจริงได้ ซึ่งมีค่าประมาณ 200 ℃ และ Model F ยังสามารถให้อุณหภูมิที่มีการกระจายตัวได้คงที่ ทั้งในความดันต่ำ (0.6 bar) จนถึงความดันสูง (1.0 bar และ 1.4 bar) ดังนั้นเมื่อนำไปใช้ในงานจริงความดันเชื้อเพลิงต่ำกว่าก็สามารถช่วยประหยัดเชื้อเพลิงได้

Development of a small porous burner in the plastic Forming industry

By Miss Ganokon Wangphon
Miss Nattika Suesat
Mr. Artit Sripuwong

ABSTRACT

The main objective of this project is to develop a small porous burner for PE tank manufacturing industry. A comparative study was made for a conventional burner (Model A) being used in the process with 5 different constructed porous burners; Model B, Model C, Model D, Model E, and Model F. Temperature distributions of 6 various setting gas released pressures (0..2, 0.6, 1.0, 1.4, 1.8 and 2.2 bar) were measured. From the comparative study of temperature distributions along the free flame application, Model A burner provided a maximum average temperature at 956.02°C. Among the 5 experimental porous burners, Model F burner provided a maximum average temperature of 914.97°C. While maximum average temperature of Model D, Model E, Model B and Model C were found at 914.90°C, 903.28°C, 899.35°C and 897.83°C, respectively. In case of impinging flame on the mold steel surface at the distance from the burner head of 7 cm (conventional setting distance in the factory), it was found that Model A burner provided maximum average temperature on the steel surface of 291.98°C, 314.96°C and 334.52°C at various gas released pressures of 0.6, 1.0 and 1.4 bar, respectively. Obviously, the maximum surface temperatures for Model A burner were mostly found at the center of the impinging flame. Whereas the Model F-porous burner provided maximum average temperature on the steel surface of 249.42°C, 247.24°C and 246.04°C at various gas released pressures of 0.6, 1.0 and 1.4 bar, respectively. It is to be noticed that the temperature distributions along the steel surface were flatter and smoother than that found for the conventional burner. Although the maximum surface temperature of the Model A burner was found higher than Model F-porous burner, that surface temperature driven by Model F burner is enough to heat the mold steel surface (about 200°C for normal forming of PE). It was also found that the Model F burner provide more uniform temperature distribution on the mold surface for both low pressure gas (0.6 bar) and low pressure gas (1.0 to 1.4 bar). It is expected that the Model F burner can be operated at lower gas pressure, thus, the gas consumption can be saved.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ธนรัฐ ศรีวีระกุล และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร.อนิรุตต์ มัทธุจักร์ ที่ทำให้ปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยผู้เขียนได้รับความช่วยเหลือ คำแนะนำ ตรวจแก้ไขโครงงานนี้ ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินการ และให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ของการทำโครงการนี้ ตลอดจนอาจารย์คณะกรรมการสอบทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำ ทำให้โครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้จัดทำโครงการขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้และบิดา-มารดา เป็นอย่างสูงที่ช่วยสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการโครงงานและให้กำลังใจ ตลอดจนเพื่อนๆที่เป็นกำลังใจให้การดำเนินปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วย

ผู้จัดทำ

นางสาวกนกอร หวังผล

นางสาวณัฐธิกา ซื่อสัตย์

นายอาทิตย์ ศรีภูวงษ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ซ
สารบัญตาราง	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของโครงการ	3
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการ	3
1.5 ระยะเวลาในการดำเนินงาน/ศึกษา/ทดสอบ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยเกี่ยวกับหัวเผาวัสดุพรุน	**5**
2.1 วัสดุพรุน	5
2.2 หลักการของการเผาไหม้ที่ใช้วัสดุพรุนเป็นตัวหมุนเวียนความร้อน	12
2.3 หัวเผาวัสดุพรุน	13
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	**34**
3.1 ส่วนประกอบของหัวเผาวัสดุพรุน	35
3.2 อุปกรณ์การทดลอง	37
3.3 ขั้นตอนการทดลอง	42
บทที่ 4 ผลการทดลอง	**45**
4.1 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของหัวเผาดั้งเดิม	45
4.2 การทดสอบแบบ Free flame	47
4.3 การทดสอบแบบ Impinging flame	55

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	**62**
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	62
5.2 ข้อเสนอแนะ	62
บรรณานุกรม	**63**
ภาคผนวก	**65**

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 ส่วนประกอบโดยละเอียดของหัวเผาชนิดใช้เชื้อเพลิงแก๊ส	1
รูปที่ 1.2 การติดตั้งหัวเผาเพื่อใช้กับหม้อน้ำอุตสาหกรรม	1
รูปที่ 2.1 วัสดุพรุนตามธรรมชาติ ก) ไม้ ข) เนื้อเยื่อปอดมนุษย์ ค) หินทราย ง) รังผึ้ง	5
รูปที่ 2.2 วัสดุพรุนโครงสร้างแบบต่างๆที่ใช้ในหัวเผา	7
รูปที่ 2.3 แสดงหลักการเพิ่มเอนทาลปีในระบบการเผาไหม้ของ Weinberg (1971)	8
รูปที่ 2.4 เปรียบเทียบอุณหภูมิการเผาไหม้ของระบบที่มีและไม่มีการหมุนเวียนความร้อน (Jugjaiและ Pongsai, 2007)	8
รูปที่ 2.5 หลักการทำงานของวัสดุพรุนที่ทำหน้าที่เป็นตัวแผ่รังสี (Jugjai et al., 1998)	9
รูปที่ 2.6 หลักการทำงานของวัสดุพรุนที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับรังสี (Jugjai et al., 1998)	10
รูปที่ 2.7 การหมุนวนความร้อนจากไอเสียไปใช้ในการอุ่นไอดีโดยหัวเผาวัสดุพรุน (Wongwatcharaphon, 2011)	11
รูปที่ 2.8 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานหัวเผาวัสดุพรุนเชื้อเพลิงแก๊ส (Mobbauer, 1999)	12
รูปที่ 2.9 หัวเผาวัสดุพรุนชนิดน้ำมันที่จ่ายเชื้อเพลิงด้วยหัวฉีด (Vijaykant& Agrawal, 2007)	14
รูปที่ 2.10 งานวิจัยหัวเผาวัสดุพรุนชนิดน้ำมันที่จ่ายเชื้อเพลิงด้วยวิธีการหยด (Jugjai&Polmart, 2003)	15
รูปที่ 2.11 เปลวไฟที่เกิดขึ้น (ก) ที่ผิว (ข) ฝังอยู่ในหัวเผาวัสดุพรุน (Vafia, 2005)	17
รูปที่ 2.12 กลไกการถ่ายเทความร้อนภายในหัวเผาวัสดุพรุนแบบสองตอน (Durst and Trimis, 2002)	18
รูปที่ 2.13 อุณหภูมิของก๊าซและของแข็งในหัวเผาวัสดุพรุน (Barra &Ellzey, 2004)	19
รูปที่ 2.14 ชนิดของหัวเผาหรือหัวเผาวัสดุพรุนเชื้อเพลิงแก๊สที่พิจารณาด้วยตำแหน่งเสถียรของเปลวไฟ (Krittacom, 2009)	21
รูปที่ 2.15 แผนผังการทดลองของ Kaplan และ Hall (1995)	22
รูปที่ 2.16 แผนผังการศึกษาหัวเผาของ Khanna(1997)	24
รูปที่ 2.17 แผนผังการทดลองหัวเผาของMitalและคณะ (1997)	24
รูปที่ 2.18 แผนผังการทดลองของ Takami(1998)	26
รูปที่ 2.19 แผนผังการทดลองของ Jugjaiและคณะ(2002)	27

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.20 แผนผังการทดลองของ Amatachyaและ Krittacom (2009)	28
รูปที่ 2.21 แผนผังอุปกรณ์การทดลองหัวเผาของKrittacomและKamiuto (2009)	29
รูปที่ 2.22 แผนผังการทดลองของชุติเดช ผ่องใส (2547)	30
รูปที่ 2.23 แผนผังการทดลองของมกร ลักขณา(2548)	31
รูปที่ 2.24 แผนผังการทดลองของพีรยุทธ ทองเต็ม (2552)	31
รูปที่ 3.1 หัวเผาดั้งเดิม	40
รูปที่ 3.2 หัวเผาวัสดุพรุน	40
รูปที่ 3.3 หัวฉีด	40
รูปที่ 3.4 เทอร์โมคัปเปิล type n	41
รูปที่ 3.5 Data logger	41
รูปที่ 3.6 ถังแก๊ส LPG ขนาด 84 kg	41
รูปที่ 3.7 เม็ดเซรามิกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 mm, 10 mm	42
รูปที่ 3.8 ติดตั้ง data logger เข้ากับเทอร์โมคัปเปิลและนำเทอร์โมคัปเปิล ไปติดตั้งที่กล่องทดลอง	43
รูปที่ 3.9 ต่อท่อแก๊ส LPG เข้ากับหัดฉีดและติดตั้งหัวเผาแบบดั้งเดิมเข้ากับหัวฉีด	43
รูปที่ 3.10 ทำการทอลองหัวเผาดั้งเดิมและบันทึกอุณหภูมิ	44
รูปที่ 3.11 บรรจุวัสดุพรุนที่ความหนา 1 cm, 2 cm และ 3 cm ตามลำดับ	44
รูปที่ 3.12 หัวเผาวัสดุพรุนชนิดเม็ดเซรามิกกลมความหนา 1 cm, 2 cm และ3 cm ตามลำดับ	44
รูปที่ 3.13 ทำการทอลองหัวเผาวัสดุพรุนชนิดเม็ดเซรามิกและบันทึกอุณหภูมิ	45
รูปที่ 4.1 การเปรียบเทียบลักษณะของเปลวไฟและพฤติกรรมการกระจายตัวของอุณหภูมิ ที่ความดัน 0.2 bar	48
รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบลักษณะของเปลวไฟและพฤติกรรมการกระจายตัวของอุณหภูมิ ที่ความดัน 0.6 bar	48
รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบลักษณะของเปลวไฟและพฤติกรรมการกระจายตัวของอุณหภูมิ ที่ความดัน 1.0 bar	49
รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบลักษณะของเปลวไฟและพฤติกรรมการกระจายตัวของอุณหภูมิ ที่ความดัน 1.4 bar	49

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบลักษณะของเปลวไฟและพฤติกรรมการกระจายตัวของอุณหภูมิ ที่ความดัน 1.8 bar	50
รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบลักษณะของเปลวไฟและพฤติกรรมการกระจายตัวของอุณหภูมิ ที่ความดัน 2.2 bar	50
รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ที่ความดัน 0.2 bar	52
รูปที่ 4.8 กราฟเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ที่ความดัน 0.6 bar	52
รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ที่ความดัน 1.0 bar	53
รูปที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ที่ความดัน 1.4 bar	53
รูปที่ 4.11 กราฟเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ที่ความดัน 1.8 bar	54
รูปที่ 4.12 กราฟเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ที่ความดัน 2.2 bar	54
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงอุณหภูมิสูงสุดที่ความดันต่างๆของแต่ละModel	55
รูปที่ 4.14 การเปรียบเทียบลักษณะของเปลวไฟและพฤติกรรมการกระจายตัวของอุณหภูมิ แบบมี Load ที่ความดัน 0.6 bar	56
รูปที่ 4.15 การเปรียบเทียบลักษณะของเปลวไฟและพฤติกรรมการกระจายตัวของอุณหภูมิ แบบมี Load ที่ความดัน 1.0 bar	56
รูปที่ 4.16 การเปรียบเทียบลักษณะของเปลวไฟและพฤติกรรมการกระจายตัวของอุณหภูมิ แบบมี Load ที่ความดัน 1.4 bar	57
รูปที่ 4.17 การทดลองหัวเผาดั้งเดิม (With Load) ระยะ 7 cm จากปลายหัวเผา ที่ความดัน 0.6, 1.0 และ 1.4 bar ตามลำดับ	58
รูปที่ 4.18 การทดลองหัวเผาวัสดุพรุน Model F (With Load) ระยะ 7 cm จากปลายหัวเผา ที่ความดัน 0.6, 1.0 และ 1.4 bar ตามลำดับ	58
รูปที่ 4.19 การทดลองหัวเผาวัสดุพรุน Model F (With Load) ระยะ 14 cm จากปลายหัวเผา ที่ความดัน 0.6, 1.0 และ 1.4 bar ตามลำดับ	58

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินงาน/ศึกษา/ทดลอง 4
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของ ซิลิคอนคาร์ไบด์ (SiC) อะลูมินาออกไซด์ (Al2O3) และเซอร์โคเนียมออกไซด์ (ZrO2) 6
ตารางที่ 4.1 Calibrate pressure and kW หัวเผาแบบดั้งเดิม 46
ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบอุณหภูมิจากการเผาไหม้ของหัวเผาวัสดุพรุนตามความหนาของชั้นวัสดุพรุน และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดเซรามิก 51