การทดลองหัวเผาวัสดุพรุนแบบให้ความร้อนในแนวนอน

โดย นางสาวจารีวัฒน์ ประทุมเดช
นางสาวน้ำฝน พงษ์ปลื้ม
นางสาวสุทธิดา ทิพย์นาง

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตั้งและปรับปรุงหัวเผาวัสดุพรุนในแนวนอนและชุดจ่ายเชื้อเพลิงวัสดุพรุนที่ใช้คือวัสดุพรุนชนิดเม็ดเซรามิคกลมขนาด 5 มิลลิเมตร, 10 มิลลิเมตร, 15 มิลลิเมตร และ 20 มิลลิเมตร มีค่าความพรุน 0.33, 0.34, 0.37 และ 0.413 ตามลำดับ จะได้ความหนาเชิงแสงต่อความสูงของชั้นวัสดุพรุน 1 เมตรเท่ากับ 4.70 เซนติเมตร, 2.30 เซนติเมตร, 1.44 เซนติเมตร, 0.98เซนติเมตร ตามลำดับจะเห็นได้ว่าความหนาเชิงแสงนั้นแปรผกผันตามเส้นผ่านศูนย์กลางกลางของเม็ดเซรามิกยิ่งเม็ดเซรามิกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยยิ่งได้ค่าความหนาเชิงแสงมากและได้ทดสอบการทำงานของหัวเผาวัสดุพรุนโดยการปรับเปลี่ยนปริมาณการไหลของอากาศพบว่าปริมาณอากาศมีผลต่ออุณหภูมิของการเผาไหม้โดยพบว่าที่อัตราการไหล 6 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ให้ค่าอุณหภูมิการเผาไหม้สูงสุดและมีการปลดปล่อย CO ปริมาณต่ำ และการปลดปล่อย NO_x เพียงเล็กน้อยส่งผลให้มีประสิทธิภาพของการเผาไหม้สูงที่อัตราการไหลดังกล่าว

คำสำคัญ : หัวเผาวัสดุพรุนในแนวนอน, เม็ดเซรามิก, ความหนาเชิงแสงของวัสดุพรุนชนิดเม็ดกลมอัดแน่น, อัตราการจ่ายอากาศหมุนวนสี่ทาง, อัตราการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง

Experimental investigation of a horizontal heat generated porous burner

By Miss. Jareewat Prathumdet
Miss. Numphon Pongpruem
Miss. Sutida Tipnang

ABSTRACT

The aims of this project are to install and modify a horizontal porous burner and its fuel distribution kit. Porous materials are granular ceramics with 5, 10, 15 and 20 mm. in diameter. These granular ceramics have their porosity of 0.33, 0.34, 0.37 and 0.413 and optical thickness per 1 meter depth of 4.7, 2.3, 1.44 and 0.98 cm, respectively. It can be seen that the optical thickness is inverse to the granular ceramic's diameter. From experimental investigation, variations of air flow affect the combustion temperature. At 6 m^3/hr of air flow, the maximum combustion temperature and lowest emissions of CO and NO_x were produced. This resulted in high combustion efficiency.

Keywords: Porous burner, Ceramic, Optical Thickness, Four swirling air flow rate, Fuel Consumption rate

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำเร็จลงได้ โดยได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายฝ่าย รวมทั้งเอกสาร ตำรา และบทความที่ใช้ในการประกอบการทำโครงงานและอ้างอิง ผู้ทำโครงงานขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ธนรัฐ ศรีวีระกุล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน รองศาสตราจารย์ ดร. อนิรุตต์ มัทธุจักร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน รวมถึงคณะอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านที่ให้ความรู้ และคำแนะนำต่างๆ อันเกิดประโยชน์แก่โครงงานนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณผู้มีพระคุณ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำโครงงานในครั้งนี้ และขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ที่คอยให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการทำโครงงานนี้ จนสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นางสาวจารีวัฒน์ ประทุมเดช
นางสาวน้ำฝน พงษ์ปลื้ม
นางสาวสุทธิดา ทิพย์นาง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญรูปภาพ	ฌ
สารบัญตาราง	ฐ
รายการสัญลักษณ์	ฑ
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการ	2
1.5 ระยะเวลาในการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**4**
2.1 หลักการ และทฤษฎี	4
2.2 หัวเผาวัสดุพรุน	7
2.3 การพัฒนาประสิทธิภาพหัวเผาวัสดุพรุน	10
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
บทที่ 3 ระเบียบวิธีการทดลอง	**31**
3.1 การหาค่าความพรุน	31
3.2 ความหนาเชิงแสงและสัมประสิทธิ์การสิ้นสูญ	32
3.3 ลักษณะการจ่ายอากาศหมุนวนแบบ 4 ทิศทางและการจ่ายน้ำมัน	33
3.4 อุปกรณ์การทดลอง	37
3.5 วิธีการทดลอง	42
3.6 ประสิทธิภาพการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุพรุนตัวแผ่รังสี	43
3.7 การทดลอง	43

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	**47**
4.1 การหาค่าความพรุน	47
4.2 การทดสอบการหยดน้ำมัน	49
4.3 การทดสอบการจุดเตาเผาแบบหยดน้ำมันในหัวเผา	51
4.4 การทดลองวัดอุณหภูมิโดยปรับอัตราการจ่ายอากาศ	53
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	**57**
5.1 สรุปผลการทดลอง	57
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	57
5.3 ข้อเสนอแนะ	58
บรรณานุกรม	**59**
ภาคผนวก	**63**
ภาคผนวก ก คำนวณ และผลการทดสอบหยดหัวน้ำมัน	64
ภาคผนวก ข แบบใช้สร้างชุดทดลอง	70
ภาคผนวก ค ภาพถ่ายอุปกรณ์การทดลอง	80

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 วัสดุพรุนตามธรรมชาติ ก) ไม้ ข) เนื้อเยื่อปอดมนุษย์ ค) หินทราย ง) รังผึ้ง (Wongwatcharaphon, 2011) 5

รูปที่ 2.2 วัสดุพรุนโครงสร้างแบบต่างๆ ที่ใช้ในหัวเผา 7

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานหัวเผาวัสดุพรุนเชื้อเพลิงแก๊ส (Mobbauer, 1999) 7

รูปที่ 2.4 หัวเผาวัสดุพรุนชนิดน้ำมันที่จ่ายเชื้อเพลิงด้วยหัวฉีด (Vijaykant & Agrawal, 2007) 9

รูปที่ 2.5 งานวิจัยหัวเผาวัสดุพรุนชนิดน้ำมันที่จ่ายเชื้อเพลิงด้วยวิธีการหยด (Jugjai & Polmart, 2003) 10

รูปที่ 2.6 แสดงหลักการเพิ่มเอนทาลปีในระบบการเผาไหม้ของ Weinberg (1971) 11

รูปที่ 2.7 เปรียบเทียบอุณหภูมิการเผาไหม้ของระบบที่มีและไม่มีการหมุนเวียนความร้อน (Jugjai และ Pongsai, 2007) 11

รูปที่ 2.8 หลักการทำงานของวัสดุพรุนที่ทำหน้าที่เป็นตัวแผ่รังสี (Jugjai et al., 1998) 12

รูปที่ 2.9 หลักการทำงานของวัสดุพรุนที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับรังสี (Jugjai et al., 1998) 13

รูปที่ 2.10 การหมุนวนความร้อนจากไอเสียไปใช้ในการอุ่นไอดีโดยหัวเผาวัสดุพรุน (Wongwatcharaphon, 2011) 14

รูปที่ 2.11 เปลวไฟที่เกิดขึ้น (ก) ที่ผิว (ข) ฝังอยู่ในหัวเผาวัสดุพรุน (Vafia, 2005) 15

รูปที่ 2.12 ชนิดของหัวเผาหรือหัวเผาวัสดุพรุนเชื้อเพลิงแก๊สที่พิจารณาด้วยตำแหน่งเสถียรของเปลวไฟ (Krittacom, 2009) 16

รูปที่ 2.13 แผนผังการทดลองของ Kaplan และ Hall (1995) 17

รูปที่ 2.14 แผนผังการศึกษาหัวเผาของ Khanna (1997) 19

รูปที่ 2.15 แผนผังการทดลองของ Jugjai และคณะ (2002) 20

รูปที่ 2.16 แผนผังการทดลองของ Jugjai และ Polmart (2003) 21

รูปที่ 2.17 แผนผังการทดลองของ Jugjai และ Phothiya (2006) 21

รูปที่ 2.18 แผนผังการทดลองของ Amatachya และ Krittacom (2009) 22

รูปที่ 2.19 แผนผังอุปกรณ์การทดลองหัวเผาของ Krittacom และ Kamiuto (2009) 23

รูปที่ 2.20 แผนผังการทดลองของ ชุติเดช ผ่องใส (2547) 24

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.21 แผนผังการทดลองของ มกร ลักขณา (2548) 25
รูปที่ 2.22 แผนผังการทดลองของ พีรยุทธ ทองเต็ม (2552) 25
รูปที่ 2.23 ชุดทดลองหัวเผาวัสดุพรุนแบบแนวนอนที่ประยุกต์ใช้งานกับหม้อไอน้ำ 27
รูปที่ 2.24 แนวคิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวแบบไม่อาศัยการสเปรย์โดยวัสดุพรุน 27
รูปที่ 2.25 ไดอะแกรมแสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างสถานะและปรากฏการณ์ของ
การเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวโดยวัสดุพรุน 29
รูปที่ 3.1 ปรากฏการณ์ของแสง (รังสีความร้อน) ที่เกิดขึ้นเมื่อกระทบวัตถุทรงกลมใดๆ 33
รูปที่ 3.2 ไดอะแกรมแสดงมุมการจ่ายอากาศที่จ่ายเข้าสู่ห้องเผาไหม้ (อรรณพ, 2552) 34
รูปที่ 3.3 ขนาดของปั๊มลม 34
รูปที่ 3.4 แผนผังอุปกรณ์การทดลอง 37
รูปที่ 3.5 การประกอบหัวเผาวัสดุพรุนในแนวนอน 38
รูปที่ 3.6 การประกอบหัวเผาวัสดุพรุนในแนวตั้ง 38
รูปที่ 3.7 ท่อที่กักน้ำมันไอน้ำมัน และทำหน้าที่อุ่นวัสดุพรุน 39
รูปที่ 3.8 ท่อชั้นวางวัสดุพรุนด้านบน 39
รูปที่ 3.9 ห้องเผาไหม้ระหว่างชั้นวัสดุพรุน 40
รูปที่ 3.10 ชั้นวัสดุพรุนที่เป็นท่อข้องอ 40
รูปที่ 3.11 ชั้นวัสดุพรุนที่เป็นท่อตรง 41
รูปที่ 3.12 ตะแกรงรองวัสดุพรุน 41
รูปที่ 3.13 โต๊ะตั้งหัวเผาและติดตั้งอุปกรณ์ 42
รูปที่ 3.14 รูปแสดงชุดการทดลองทดสอบหัวเผาวัสดุพรุน 44
รูปที่ 3.15 รูปแสดงการจุดติดของเปลวไฟในขณะที่ไม่มีการใส่วัสดุพรุน 44
รูปที่ 3.16 เม็ดวัสดุพรุนที่ใช้ในการทดลอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลิเมตร 44
รูปที่ 3.17 เม็ดวัสดุพรุนที่ใช้ในการทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร
และ 20 มิลลิเมตร 45
รูปที่ 3.18 รูปแสดงการใส่วัสดุพรุนในช่วงแรกเพื่อทดสอบการเผาไหม้ของเปลวไฟ
ทดสอบโดยการใช้แก๊ส LPG และอากาศ 45

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.19 รูปภาพแสดงลักษณะของสีเปลวไฟที่ใส่เม็ดวัสดุพรุนลงไปแล้ว เปลวไฟมีสีเข้ม และมีเขม่าค่อนข้างมาก 46
รูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างการหาค่าความพรุนโดยใส่ภาชนะรูปทรงกระบอกจนเต็ม 47
รูปที่ 4.2 รูปแสดงการ Calibrate น้ำมันจากหัวหยดเพื่อทดสอบการไหลของน้ำมัน 49
รูปที่ 4.3 การปรับค่าวาล์วหยดน้ำมันกับอัตราการไหลของน้ำมัน 5 ครั้ง 51
รูปที่ 4.4 รูปของลักษณะเปลวไฟช่วงที่หยดน้ำมันในปริมาณที่เหมาะสม 52
รูปที่ 4.5 รูปลักษณะของเปลวไฟของช่วงที่หยดน้ำมันในปริมาณมาก ทำให้เกินการระเหยไม่ทัน 52
รูปที่ 4.6 รูปแสดงจุดที่ใส่เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) 53
รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและอัตราการจ่ายอากาศ 54
รูปที่ 4.8 แสดงการเผาไหม้โดยการปรับอัตราการจ่ายอากาศส่วนอัตราการจ่ายน้ำมันคงที่ 55
รูปที่ 4.9 แสดงค่าไอเสีย CO และค่าก๊าซไอเสีย NOx ต่อการปรับอัตรา การจ่ายอากาศที่ได้จากหัวเผาวัสดุพรุน 56
รูปที่ ข.1 แบบประกอบชุดหัวเผาในแนวนอน 71
รูปที่ ข.2 แบบประกอบชุดหัวเผาในแนวตั้ง 71
รูปที่ ข.3 แบบสร้างชุดอุ่นวัสดุพรุนและกักเก็บไอ 72
รูปที่ ข.4 แบบสร้างห้องชั้นวางวัสดุพรุนชั้นที่ 1 73
รูปที่ ข.5 แบบสร้างท่อห้องเผาไหม้แบบหมุนวน 74
รูปที่ ข.6 ภาพตัดแบบสร้างท่อห้องเผาไหม้แบบหมุนวน 75
รูปที่ ข.7 แบบสร้างชั้นวัสดุพรุนในตรงชั้นที่ 2 76
รูปที่ ข.8 แบบสร้างชั้นวัสดุพรุนในข้องอชั้นที่ 2 77
รูปที่ ข.9 โครงสร้างหน้าปัดที่เชื่อมต่อกับวาล์ว 78
รูปที่ ข.10 แบบสร้างชุดหยอดน้ำมัน 78
รูปที่ ข.11 ชุดหัวหยดที่ประกอบ 79
รูปที่ ค.1 ชุดอุปกรณ์การทดลอง 81
รูปที่ ค.2 ชุดจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง 81
รูปที่ ค.3 ชุดทดลองหัวพ่นไฟ 82
รูปที่ ค.4 ชุดทดลองอากาศหมุนวนและห้องเผาไหม้ 82

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ ค.5 เครื่องเก็บข้อมูล (Data Logger) 83
รูปที่ ค.6 เครื่องวัดแก๊สไอเสีย 83
รูปที่ ค.7 ชุดวาล์วควบคุมอัตราการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง 84
รูปที่ ค.8 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ (Flow meter) 84
รูปที่ ค.9 วาล์วควบคุมอัตราการจ่ายอากาศ 85
รูปที่ ค.10 พัดลมเป่า (Blower) ที่ใช้ในการจ่ายอากาศ 85
รูปที่ ค.11 เทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K (Type K Thermocouples) 86
รูปที่ ค.12 ถังแก๊ส LPG 86

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ขั้นตอน และระยะเวลาในการดำเนินงาน/ศึกษา/ทดสอบ	3
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของ ซิลิคอนคาร์ไบด์ (SiC) อะลูมินาออกไซด์ (Al2O3) และเซอร์โคเนียมออกไซด์ (ZrO2) (Wongwatcharaphon, 2011)	5
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงการหาค่าความหนาเชิงแสงของวัสดุพรุนแต่ละขนาด	48
ตารางที่ 4.2 การทดลองวัดค่า Calibrate น้ำมันเชื้อเพลิง	50
ตารางที่ 4.3 แสดงอุณหภูมิของชั้น Porous Burner ที่ยังไม่ใส่วัสดุพรุน ชั้น Porous Emitter มีขนาดวัสดุพรุนเส้นผ่านศูนย์กลางชั้น Porous Burner = 10 mm มีขนาดความหนาของชั้น Porous Burner = 7 cm ใช้อัตราการเชื้อเพลิงคงที่โดยใช้ที่ 0.0465 g/s	53
ตารางที่ 4.4 การทดลองหาอุณหภูมิโดยปรับอัตราการจ่ายอากาศปริมาณน้ำมันคงที่ และค่าไอเสียของหัวเผาวัสดุพรุนที่มีขนาดวัสดุพรุนเส้นผ่านศูนย์กลาง ชั้น Porous Burner = 10 mm มีขนาดความหนาของชั้น Porous Burner = 10 cm	55
ตารางที่ ก.1 แสดงค่าการคำนวณการออกแบบขนาดท่อลมแบบหมุนควง	65
ตารางที่ ก.2 คำนวณหาความหนาเชิงแสง	68
ตารางที่ ก.3 ผลที่ได้จากการเก็บข้อมูลการหยดน้ำมันดีเซล	69

รายการสัญลักษณ์

A	=	พื้นที่หน้าตัดที่ของไหลไหลผ่าน	[m^2]
CO	=	คาร์บอนมอนอกไซด์	[ppm]
CO_2	=	คาร์บอนไดออกไซด์	[%]
d	=	เส้นผ่าศูนย์กลางของภาชนะตวงหาค่าความพรุน	[cm]
dp	=	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดกลมอัดแน่น	[cm]
k	=	ค่าคงที่ของการนำความร้อน	[W/m. °C]
L	=	ความสูงของภาชนะตวงหาค่าความพรุน	[cm]
np	=	ความหนาแน่นของจำนวนเม็ดกลมอัดแน่น	-
NOx	=	ออกไซด์ของไนโตรเจน	[ppm]
O_2	=	ออกซิเจน	[%]
q	=	อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่	[W/m^2]
QA	=	อัตราการไหลของอากาศ	[l/min]
QF	=	อัตราการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง	[cc/min]
t	=	เวลา	[s]
T	=	อุณหภูมิ	[°C]
X_0	=	ความหนาของชั้นวัสดุพรุน	[cm]
β	=	สัมประสิทธิ์การสูญสิ้น	[m^{-1}]
ε	=	ค่าความพรุน	-
γ	=	ค่าคงที่ที่ได้จากการทดลองและคำนวณทางคณิตศาสตร์	-
τ	=	ความหนาเชิงแสง	$\frac{\tau}{cm}$