

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฉ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ต
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ปัญหาและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการศึกษา	4
1.5 ขอบเขตการวิจัยของโครงการ	5
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	6
2.1 ไบโอมันและน้ำมันพืช	6
2.2 กรดไขมัน (Fatty acid)	7
2.3 น้ำมันดีเซล	8
2.4 ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	8
2.5 การสันดาปเชื้อเพลิง	13
2.6 การออกแบบหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วย	15
2.7 พื้นฐานการออกแบบห้องเผาไหม้	19
2.8 การจุดติดไฟ (Ignition)	22
2.9 คุณสมบัติที่จุดสแตกเนชั่นตามขบวนการเอนโทรปีคงที่ (Local Isentropic Stagnation Properties)	23
2.10 จลนศาสตร์ของของไหล	26
2.11 สมการพลังงาน (Energy Equation)	28
2.12 การไหลแบบลามินาร์และเทอร์บีวเลนต์	28

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย	30
3.1 ขั้นตอนและวิธีวิจัย	30
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ทำการวิจัย	52
3.3 สถานที่ใช้ทำการวิจัย	54
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย	55
4.1 ผลการวิจัยคุณสมบัติน้ำมันพืชที่สามารถเป็นเชื้อเพลิงทดแทนดีเซล	55
4.2 ขั้นตอนและวิธีการวิจัยความเสถียรของห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่อง	60
4.3 ผลการวิจัยประสิทธิภาพห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่องเมื่อใช้น้ำมันดีเซล	62
4.4 ผลการวิจัยประสิทธิภาพห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่องเมื่อใช้น้ำมันปาล์มร่วมกับก๊าซหุงต้มช่วยเผาไหม้	71
บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ	81
5.1 การสรุปผลการทดสอบดูความเสถียรของการเผาไหม้	81
5.2 การสรุปผลการทดสอบหาสมรรถนะของห้องเผาไหม้	81
5.3 ข้อเสนอแนะ	83
5.4 ข้อควรระวัง	85
บรรณานุกรม	86
ภาคผนวก	89
ภาคผนวก ก ผลการวิจัยห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่อง	90
ภาคผนวก ข แบบโครงสร้างหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วยและห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่อง	98
ภาคผนวก ค ภาพแสดงการทดสอบหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วย	103
ภาคผนวก ง การนำเสนอผลงานทางวิชาการ	107
ประวัติผู้เขียน	135

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบกรดไขมันหลักของน้ำมันพืช	7
2.2 องค์ประกอบของอากาศแห้ง	14
4.1 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (LHV) ที่ใช้ทดสอบ เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 7 ครั้ง ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด	55
4.2 ค่าความหนืดของเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 7 ครั้ง	56
4.3 ค่าความถ่วงจำเพาะเชื้อเพลิงทดสอบเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 7 ครั้ง วัดที่อุณหภูมิห้อง 28° C	57
4.4 องค์ประกอบอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้กับเชื้อเพลิง	58
ก.1 ผลการวิจัยห้องเผาไหม้เมื่อใช้น้ำมันดีเซลที่ความสูงไซฟอน 0 เมตร	90
ก.2 ผลการวิจัยห้องเผาไหม้เมื่อใช้น้ำมันดีเซลที่ความสูงไซฟอน -0.15 เมตร	91
ก.3 ผลการวิจัยห้องเผาไหม้เมื่อใช้น้ำมันดีเซลที่ความสูงไซฟอน -0.30 เมตร	92
ก.4 ผลการวิจัยห้องเผาไหม้เมื่อใช้น้ำมันดีเซลที่ความสูงไซฟอน -0.45 เมตร	93
ก.5 ผลการวิจัยห้องเผาไหม้เมื่อใช้น้ำมันปาล์มที่ความสูงไซฟอน 0 เมตร	94
ก.6 ผลการวิจัยห้องเผาไหม้เมื่อใช้น้ำมันปาล์มที่ความสูงไซฟอน -0.45 เมตร	95
ก.7 ผลการวิจัยห้องเผาไหม้เมื่อใช้ก๊าซหุงต้มที่แรงดันใช้งาน 6.8 kPa	96
ก.8 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (LHV) ที่ใช้ทดสอบ	96
ก.9 ค่าความถ่วงจำเพาะเชื้อเพลิงทดสอบ	97
ก.10 ค่าความหนืดของเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ	97

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างเคมีของกลุ่มไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว (Saturated hydrocarbon)	9
2.2 โครงสร้างเคมีของกลุ่มไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว (Unsaturated hydrocarbon)	9
2.3 หลักการทำงานหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วย	17
2.4 โครงสร้างภายในของห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่อง	19
2.5 ส่วนกำเนิดไฟ	21
3.1 น้ำมันจากพืชที่ใช้ทดสอบ	30
3.2 Bomb calorimeter ที่ใช้ทดสอบ	31
3.3 Oxygen bomb ที่ใช้ทดสอบกับ Bomb calorimeter	31
3.4 Saybolt Viscometer ที่ใช้ทดสอบ	31
3.5 หัวฉีดแบบใช้อากาศช่วยที่สร้างขึ้นจากทองเหลือง	36
3.6 โครงสร้างภายในหัวฉีดลม	37
3.7 โครงสร้างภายนอกและภาพตัดของเรือนหัวฉีด	38
3.8 โครงสร้างภายนอกรูทางออกหัวฉีดนอก	39
3.9 ภาพตัดรูทางออกหัวฉีดนอก	39
3.10 ท่อส่งน้ำมันและลมเข้า	39
3.11 ขนาดภายนอกของท่อส่งน้ำมันและลมเข้า	40
3.12 ขนาดนัตล็อกท่อส่งน้ำมันและลมเข้า	40
3.13 โครงสร้างภายนอกหัวฉีด	40
3.14 ผังแสดงขั้นตอนที่ใช้ในการทดสอบและพัฒนาหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วย	41
3.15 ชุดทดสอบอัตราการไหลเชื้อเพลิงที่ระดับเฮด 0 เมตร, 1 เมตร และ 2 เมตร	42
3.16 ลักษณะฟอยละอองน้ำเมื่อใช้ความดันอากาศ 137.8 kPa ที่ระดับเฮด 1 เมตร	42
3.17 การพัฒนาของหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วย	43
3.18 ชิ้นส่วนภายในหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วยที่สร้างขึ้นจากทองเหลือง	43
3.19 ภาพตัดและโครงสร้างภายนอกหัวฉีด	44
3.20 ชิ้นส่วนภายในของห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่อง	45

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.21	โครงสร้างภายนอกของห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่อง	45
3.22	ขนาดท่อส่งอากาศเข้า	46
3.23	โครงสร้างภายนอกท่อส่งอากาศเข้า	47
3.24	ชุดหัวฉีด	47
3.25	ขนาดห้องเผาไหม้	48
3.26	การแก้ไขโดยการปิดวงแหวนของรูนห้องเผาไหม้	49
3.27	การติดตั้งฮีตเตอร์ที่ถังกักเก็บน้ำมันปาล์มและที่ห้องประจุน้ำมัน	50
3.28	ตัวเรือนห้องเผาไหม้ภายนอก	50
3.29	ชุดจุดระเบิดเริ่มต้น	51
3.30	ขนาดหัวจ่ายก๊าซ	51
3.31	เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดสอบ	52
3.32	เครื่องมือวัดค่ามลพิษก๊าซร้อน	53
3.33	ห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่องที่ใช้ทดสอบ	53
3.34	Bomb calorimeter ที่ใช้ทดสอบ	54
3.35	Say bolt Viscometer ที่ใช้ทดสอบ	54
4.1	ค่าความหนืดของไขมันปาล์มบริสุทธิ์ ณ อุณหภูมิต่างๆ	56
4.2	ผลการวิเคราะห์ค่าความถ่วงจำเพาะและจุดวาบไฟของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์	59
4.3	ระดับความสูงไซฟอนของหัวฉีดเชื้อเพลิง	61
4.4	ลักษณะการเผาไหม้เมื่อน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	63
4.5	ผลการทดสอบอุณหภูมิก๊าซร้อนกับปริมาณอากาศที่ไซฟอน 0 เมตร	63
4.6	การเปรียบเทียบของอัตราการไหลดีเซลกับอัตราการไหลอากาศไซฟอน 0 เมตร	64
4.7	ผลการทดสอบอุณหภูมิก๊าซความร้อนกับปริมาณอากาศที่ไซฟอน -0.15 เมตร	65
4.8	การเปรียบเทียบของอัตราการไหลดีเซลกับอัตราการไหลอากาศที่ไซฟอน -0.15 เมตร	66
4.9	ผลการทดสอบอุณหภูมิก๊าซร้อนกับปริมาณอากาศที่ไซฟอน -0.30 เมตร	67

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.10 การเปรียบเทียบของอัตราการไหลดีเซลกับอัตราการไหลอากาศที่ไซฟอน -0.30 เมตร	68
4.11 ผลการทดสอบอุณหภูมิก๊าซความร้อนกับปริมาณอากาศที่ไซฟอน -0.45 เมตร	69
4.12 การเปรียบเทียบของอัตราการไหลดีเซลกับอัตราการไหลอากาศที่ไซฟอน -0.45 เมตร	70
4.13 ลักษณะของการเผาไหม้เมื่อใช้น้ำมันปาล์มเป็นเชื้อเพลิง	72
4.14 ลักษณะน้ำมันปาล์มที่หยดออกมาจากปลายท่อห้องเผาไหม้	72
4.15 ผลการทดสอบอุณหภูมิก๊าซความร้อนกับปริมาณอากาศที่ไซฟอน 0 เมตร	73
4.16 การเปรียบเทียบของอัตราการไหลน้ำมันปาล์มกับอัตราการไหลอากาศที่ไซฟอน 0 เมตร	74
4.17 ผลการทดสอบอุณหภูมิก๊าซร้อนกับปริมาณอากาศที่ไซฟอน -0.45 เมตร	75
4.18 การเปรียบเทียบของอัตราการไหลน้ำมันปาล์มกับอัตราการไหลอากาศที่ไซฟอน -0.45 เมตร	76
4.19 กราฟผลการทดสอบอุณหภูมิก๊าซร้อนกับปริมาณอากาศที่ไซฟอน 0 เมตร	77
4.20 การควบคุมแรงดันก๊าซด้วยเรกูเลเตอร์	78
4.21 เปลวไฟเริ่มต้นจากการใช้ก๊าซหุงต้ม	78
4.22 กราฟผลการทดสอบอุณหภูมิก๊าซร้อนกับปริมาณอากาศเมื่อใช้ก๊าซหุงต้มช่วยการเผาไหม้	79
4.23 การเปรียบเทียบของอัตราการไหลน้ำมันปาล์มกับอัตราการไหลอากาศที่ไซฟอน -0.45 เมตร	80
5.1 การวัดขนาดของอนุภาคละอองเชื้อเพลิง	83
5.2 ภาพถ่ายฝอยละอองของเชื้อเพลิงที่เกิดการสันดาปของหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วย	84
5.3 การติดตั้งกรวยช่วยเผาไหม้	85
5.4 ผลของการปรับปริมาณเชื้อเพลิงมากเกินไป	85

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.1 ภาพตัดโครงสร้างหัวฉีดภายใน	98
ข.2 ภาพโครงสร้างหัวฉีดภายนอก	98
ข.3 ภาพโครงสร้างภายนอกห้องเผาไหม้ก่อนปรับแก้	99
ข.4 ภาพโครงสร้างห้องเผาไหม้ภายในก่อนปรับแก้	99
ข.5 ภาพโครงสร้างภายนอกห้องเผาไหม้หลังปรับแก้	100
ข.6 ภาพโครงสร้างห้องเผาไหม้ภายในหลังปรับแก้	100
ข.7 ภาพแยกส่วนโครงสร้างห้องเผาไหม้ภายในก่อนปรับแก้	101
ข.8 ภาพแยกส่วนโครงสร้างห้องเผาไหม้ภายในหลังปรับแก้	101
ข.9 ภาพแสดงการปิดรูอากาศของห้องเผาไหม้ภายในหลังปรับแก้	102
ข.10 ภาพแสดงการติดตั้งครีบบีบอากาศ	102
ค.1 ชุดทดสอบอัตราการไหลเชื้อเพลิงที่ระดับเฮด 0 เมตร, 1 เมตร และ 2 เมตร	103
ค.2 ลักษณะละอองน้ำมันพืชเมื่อใช้ความดันอากาศ 68.9 KPa ที่ระดับเฮด 1 เมตร	103
ค.3 ลักษณะละอองน้ำมันพืชเมื่อใช้ความดันอากาศ 137.8 KPa ที่ระดับเฮด 1 เมตร	104
ค.4 ลักษณะละอองน้ำมันพืชเมื่อใช้ความดันอากาศ 206.8 KPa ที่ระดับเฮด 1 เมตร	104
ค.5 ลักษณะละอองน้ำมันพืชเมื่อใช้ความดันอากาศ 275.7 KPa ที่ระดับเฮด 1 เมตร	104
ค.6 ลักษณะละอองน้ำมันพืชเมื่อใช้ความดันอากาศ 344.7 KPa ที่ระดับเฮด 1 เมตร	105
ค.7 ลักษณะละอองน้ำมันพืชเมื่อใช้ความดันอากาศ 413.6 KPa ที่ระดับเฮด 1 เมตร	105
ค.8 ลักษณะละอองน้ำมันพืชเมื่อใช้ความดันอากาศ 482.6 KPa ที่ระดับเฮด 1 เมตร	105
ค.9 ภาพจำลองการฟุ้งกระจายของหัวฉีดแบบใบอากาศช่วย	106
ค.10 ภาพจำลองลักษณะละอองน้ำมันดีเซลเมื่อใช้ความดันอากาศ 413.6 KPa ที่ระดับเฮด 0 เมตร	106

อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย (หน่วย)
A_s	พื้นที่ผิว (m^2)
C_p	ค่าจุความร้อนจำเพาะของอากาศ ($kJ/kg^\circ K$)
d	เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน (m)
f_{stoich}	ส่วนผสมเชื้อเพลิงกับอากาศที่พอดีกับการเผาไหม้
h	ค่าเอนทัลปี (kJ/kg)
m_a	อัตราการไหลของมวลอากาศ (kg/s)
m_f	อัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิง (kg/s)
P_1	ความดันอากาศขาเข้า (N/m^2)
P_2	ความดันอากาศขาออก (N/m^2)
T_a	อุณหภูมิอากาศรอบนอก ($^\circ K$)
T_w	อุณหภูมิผนัง ($^\circ K$)
T_1	อุณหภูมิของไหลขาเข้า ($^\circ K$)
T_2	อุณหภูมิของไหลขาออก ($^\circ K$)
u_m	ความเร็วเฉลี่ยของไหล (m/s)
V_a	ความเร็วอากาศ (m/s)
X_f	ความยาวเปลวไฟ (mm)
ρ_a	ความหนาแน่นอากาศ (kg/m^3)
ρ_f	ความหนาแน่นเชื้อเพลิง (kg/m^3)
k	ค่าคงที่ของอากาศ 1.4
P_1	ค่าความดันอากาศช่วยขาเข้าหัวฉีด (kPa)
P_2	ค่าความดันอากาศขาออกหัวฉีดหัวฉีด (kPa)
T	อุณหภูมิอากาศที่ทดสอบ ($^\circ K$)
V_a	ความเร็วขาออกของหัวฉีด (m/s)
N_H	อัตราการผลิตความร้อนของหัวฉีด (kJ/s)

ลิขสิทธิ์ © มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © Chiang Mai University
 All rights reserved

สัญลักษณ์ ความหมาย (หน่วย)

L.H.V.	ค่าความร้อนเชื้อเพลิงต่ำสุด (kJ/kg)
$\dot{m}_{fuel}$	อัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าหัวฉีด (kg/s)
$\dot{m}_a$	อัตราการไหลของอากาศเข้าหัวฉีด (kg/s)



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved