สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(ก)
Abstract	(ค)
กิตติกรรมประกาศ	(จ)
สารบัญ	(ฉ)
รายการตาราง	(ฌ)
รายการภาพประกอบ	(ญ)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ	(ต)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	4
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	5
2.1 โครงสร้างการไหลของเจ็ทอิสระ	5
2.2 โครงสร้างการไหลของเจ็ทพุ่งชน	7
2.3 เจ็ทเปลวไฟแบบผสมมาก่อน และแบบแพร่กระจาย	8
2.4 การถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟ	9
2.4.1 การพาความร้อน (Convection)	9
2.4.2 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)	10
2.4.3 ปฏิกิริยาการคายความร้อนทางเคมี (Thermo-chemical heat release, TCHR)	11
2.4.4 การควบแน่น (Condensation)	11
2.5 ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทบนพื้นผิว	11
2.5.1 ความยาวเปลวไฟ	11
2.5.2 ระยะห่างจากปากทางออกของเจ็ทถึงพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชน	12
2.5.3 อัตราส่วนผสมสมมูล	13
2.5.4 ลักษณะปากทางออกของเจ็ทเปลวไฟ	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6 งานวิจัยพื้นฐานเกี่ยวกับการศึกษาการไหลและการศึกษาการถ่ายเทความของร้อนของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิว	14
2.7 สิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	20
2.8 การเผาไหม้แบบเพิ่มออกซิเจน	22
2.9 การตัดโลหะด้วยเปลวไฟ	24
บทที่ 3 ชุดทดลองและขั้นตอนการทดลอง	29
3.1 การออกแบบวิธีดำเนินงานวิจัย	29
3.2 รายละเอียดของชุดทดลอง	30
3.3 การศึกษาลักษณะทางกายภาพเจ็ทเปลวไฟ	35
3.3.1 วิธีการทดลอง	35
3.3.2 การศึกษาลักษณะทางกายภาพเจ็ทเปลวไฟ	35
3.4 การศึกษาการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟบนพื้นผิว	37
3.4.1 ชุดทดลอง	37
3.4.2 ตัวแปรที่ใช้ศึกษาอัตราการถ่ายเทความร้อนเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิว	38
3.5 งานวิจัยการศึกษาคุณภาพของรอยตัดเหล็ก	39
3.5.1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของรอยตัดเหล็ก	39
3.5.2 การศึกษาความขรุขระบริเวณพื้นผิวของรอยตัดเหล็ก	40
3.5.3 การศึกษาความแข็งบริเวณรอยตัดเหล็ก	41
บทที่ 4 ผลการทดลอง	44
4.1 โครงสร้างของเจ็ทเปลวไฟอิสระและเจ็ทเปลวไฟพุ่งชน	44
4.1.1 โครงสร้างของเจ็ทเปลวไฟอิสระ	44
4.1.2 โครงสร้างของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิว	50
4.2 อัตราการถ่ายเทความร้อนเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิว	64
4.3 การศึกษาลักษณะรอยตัดเหล็ก	70

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.1 ภาพรอยตัดเหล็กและปริมาณขี้เชื่อมที่เกาะบริเวณรอยตัดของเจ็ทเปลวไฟแบบต่อเนื่อง	70
4.3.2 ภาพถ่ายรอยตัดเหล็กเพื่อศึกษาลักษณะรอยตัดเหล็กที่กำลังขยาย 5 เท่า ในกรณีที่เป็นเจ็ทเปลวไฟแบบต่อเนื่อง	80
4.3.3 ภาพรอยตัดเหล็กขนาด 10 mm 15 mm และปริมาณขี้เชื่อมที่เกาะบริเวณรอยตัดของเจ็ทเปลวไฟที่มีความถี่ 10 Hz, 15 Hz และ 20 Hz	84
4.3.4 ความขรุขระบริเวณพื้นผิวของรอยตัด	90
4.3.5 ปริมาณขี้เชื่อมที่เกาะบริเวณรอยตัด	91
4.3.6 ความแข็งบริเวณรอยตัด	93
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	97
5.1 สรุปผลการทดลอง	97
5.2 ข้อเสนอแนะ	99
บรรณานุกรม	100
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ผลการศึกษาผลการศึกษาการถ่ายเทความร้อนเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิว	102
ภาคผนวก ข. ผลการศึกษาลักษณะรอยตัดเหล็ก 12mm	105
ภาคผนวก ค. ผลการศึกษารอยตัดเหล็กเมื่อเจ็ทเปลวไฟมีความถี่ 10Hz, 15Hz และ 20Hz	108
ภาคผนวก ง. การนำเสนอผลงานทางวิชาการการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24, วันที่ 20-23 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี, หน้า 232	111
ภาคผนวก จ. การนำเสนอผลงานทางวิชาการการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25, วันที่ 19-21 ตุลาคม 2554 จังหวัดกระบี่, หน้า 281	118
ภาคผนวก ฉ. การนำเสนอผลงานทางวิชาการการประชุมการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ ครั้งที่ 11, วันที่ 8-9 มีนาคม 2555 จังหวัดจันทบุรี, หน้า 211-216	126

รายการตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 แสดงรายละเอียดของตัวแปรและเงื่อนไขที่ใช้ในการทดลองเจ็ทเปลวไฟอิสระ 36

3.2 แสดงรายละเอียดของตัวแปรและเงื่อนไขที่ใช้ในการทดลองเจ็ทเปลวไฟอิสระ 36

3.3 แสดงรายละเอียดของตัวแปรและเงื่อนไขที่ใช้ในการศึกษาอัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิว 38

รายการภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
1.1	แสดงลักษณะผลกระทบบริเวณรอยตัดที่เกิดจากการเลือกใช้เงื่อนไขที่ไม่เหมาะสม	2
2.1	โครงสร้างการไหลของเจ็ทอิสระ	6
2.2	โครงสร้างการไหลของเจ็ทที่พุ่งชนพื้นผิว	7
2.3	แสดงประเภทของเปลวไฟแบบผสมมาก่อน และแบบแพร่	8
2.4	แสดงการพุ่งชนของเจ็ทเปลวไฟไปยังพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน	10
2.5	แสดงโซนการเผาไหม้จากการพุ่งชนของเจ็ทเปลวไฟ	15
2.6	แสดงค่าฟลักซ์ความร้อนของเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวโลหะแบบเป็นจังหวะเปิดและปิด	20
2.7	แสดงลักษณะปากทางออกเจ็ทแบบไหลออกในแนวรัศมีพุ่งชนพื้นผิว 2 ตำแหน่ง ที่วางอยู่ในแนวเดียวกัน	21
2.8	แสดงค่าฟลักซ์ความร้อนเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างหัวเผาเจ็ท แบบไหลออกในแนวรัศมี	21
2.9	แสดงอุณหภูมิบนพื้นผิวเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างหัวเผาเจ็ท แบบไหลออกในแนวรัศมี	22
2.10	แสดงส่วนประกอบอุปกรณ์หัวตัดเปลวไฟ	25
2.11	แสดงภาพตัดขวางหัว Cutting Torch	26
2.12	แสดงลักษณะปากทางออกเจ็ทเปลวไฟ	27
3.1	แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	29
3.2	แสดงไดอะแกรมชุดทดลองและอุปกรณ์สร้างเปลวไฟแบบสั่น	31
3.3	แสดงเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติ ยี่ห้อ KOVET รุ่น KV-12 LIGER	32
3.4	แสดงลักษณะหัว Cutting Torch G03-2$^{\#}$	32
3.5	แสดงอุปกรณ์วัดค่าฟลักซ์ความร้อน	33
3.6	แสดงอุปกรณ์ DC Amplifier Model AMP-15	33
3.7	แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดค่าฟลักซ์ความร้อน	34
3.8	ถังควบคุมอุณหภูมิน้ำ	34
3.9	แสดงชุดควบคุมอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	35

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.10	แสดงชุดทดลองที่ใช้ในการศึกษาอัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟแบบต่อเนื่องพุ่งชนพื้นผิว	37
3.11	แสดงโมเดลและตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง	38
3.12	แสดงเครื่องมือ Surface Roughness Tester (MITUTOYO, Model SJ-400)	40
3.13	แสดงตำแหน่งในการวัดความขรุขระบนพื้นผิว	40
3.14	แสดงเครื่องมือ Manual Rotary Turret Digital Vickers Hardness Tester	41
3.15	แสดงลักษณะการกดวัดความแข็งบริเวณพื้นผิวของรอยตัดเหล็ก	41
3.16	แสดงลักษณะเส้นทแยงมุมของรอยกดรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส	42
3.17	แสดงตำแหน่งที่ใช้ในการวัดความแข็งบริเวณพื้นผิว	43
4.1	แสดงลักษณะโครงสร้างของเจ็ทเปลวไฟอิสระแบบต่อเนื่อง	45
4.2	แสดงภาพขยายบริเวณใกล้ปากทางออกของเจ็ทเปลวไฟอิสระแบบต่อเนื่อง	45
4.3	แสดงแสดงลักษณะโครงสร้างของเจ็ทเปลวไฟอิสระในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟสั่นที่ความถี่ 10 Hz	47
4.4	แสดงภาพขยายบริเวณใกล้ปากทางออกของเจ็ทเปลวไฟอิสระในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟสั่นที่ความถี่ 10 Hz	47
4.5	แสดงลักษณะโครงสร้างของเจ็ทเปลวไฟอิสระในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟสั่นที่ความถี่ 15 Hz	48
4.6	แสดงภาพขยายบริเวณใกล้ปากทางออกของเจ็ทเปลวไฟอิสระในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟสั่นที่ความถี่ 15 Hz	48
4.7	แสดงลักษณะโครงสร้างของเจ็ทเปลวไฟอิสระในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟสั่นที่ความถี่ 20 Hz	50
4.8	แสดงภาพขยายบริเวณใกล้ปากทางออกของเจ็ทเปลวไฟอิสระในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟสั่นที่ความถี่ 20 Hz	50
4.9	แสดงลักษณะโครงสร้างการไหลของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิว	51
4.10	แสดงลักษณะโครงสร้างของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวในกรณีที่เป็นเจ็ทเปลวไฟแบบต่อเนื่อง (กรณีถ่ายภาพจากด้านข้าง)	52

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.11	แสดงลักษณะโครงสร้างของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวในกรณีที่เป็นเจ็ทเปลวไฟแบบต่อเนื่อง (กรณีถ่ายภาพจากมุมบน)	53
4.12	แสดงลักษณะโครงสร้างของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟสั่นที่ความถี่ 10 Hz (กรณีถ่ายภาพจากด้านข้าง)	55
4.13	แสดงลักษณะโครงสร้างของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟสั่นที่ความถี่ 10 Hz (กรณีถ่ายภาพจากมุมบน)	56
4.14	แสดงลักษณะโครงสร้างของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟสั่นที่ความถี่ 15 Hz (กรณีถ่ายภาพจากด้ายข้าง)	58
4.15	แสดงลักษณะโครงสร้างของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟสั่นที่ความถี่ 15 Hz (กรณีถ่ายภาพจากมุมบน)	59
4.16	แสดงลักษณะโครงสร้างของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟสั่นที่ความถี่ 20 Hz (กรณีถ่ายภาพจากด้ายข้าง)	61
4.17	แสดงลักษณะโครงสร้างของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟสั่นที่ความถี่ 20 Hz (กรณีถ่ายภาพจากมุมบน)	62
4.18	แสดงอัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวกรณีที่เจ็ทเปลวไฟมีอัตราส่วนผสมสมมูล Ø = 0.78	64
4.19	แสดงอัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวกรณีที่เจ็ทเปลวไฟมีอัตราส่วนผสมสมมูล Ø = 0.93	64
4.20	แสดงอัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวกรณีที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนมีอัตราส่วนผสมสมมูล Ø = 1.16	65
4.21	แสดงการเพิ่มขึ้นของฟลักซ์ความร้อนเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวที่อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 0.78 เมื่อเปรียบเทียบกับเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวแบบต่อเนื่อง	67
4.22	แสดงการเพิ่มขึ้นของฟลักซ์ความร้อนเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวที่อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 0.93 เมื่อเปรียบเทียบกับเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวแบบต่อเนื่อง	67
4.23	แสดงการเพิ่มขึ้นของฟลักซ์ความร้อนเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวที่อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 1.16 เมื่อเปรียบเทียบกับเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวแบบต่อเนื่อง	68

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.24	แสดงลักษณะของรอยตัดขนาดเหล็กหนา 6 mm กรณีที่ใช้อัตราส่วนผสมสมมูล $\Phi = 1.16$ โดยเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติมีอัตราเร็ว 220 mm/min (สำหรับการทดลองตัดแผ่นเหล็กได้ทำการทดลองตัดชิ้นงาน 2 ชิ้นงาน)	71
4.25	แสดงลักษณะของรอยตัดขนาดเหล็กหนา 6 mm กรณีที่ใช้อัตราส่วนผสมสมมูล $\Phi = 1.16$ โดยเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติมีอัตราเร็ว 260 mm/min (สำหรับการทดลองตัดแผ่นเหล็กได้ทำการทดลองตัดชิ้นงาน 2 ชิ้นงาน)	72
4.26	แสดงลักษณะของรอยตัดขนาดเหล็กหนา 6 mm กรณีที่ใช้อัตราส่วนผสมสมมูล $\Phi = 1.16$ โดยเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติมีอัตราเร็ว 300 mm/min (สำหรับการทดลองตัดแผ่นเหล็กได้ทำการทดลองตัดชิ้นงาน 2 ชิ้นงาน)	73
4.27	แสดงลักษณะของรอยตัดเหล็กขนาด 6 mm กรณีที่ใช้อัตราส่วนผสมสมมูล $\Phi = 0.93$ โดยเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติมีอัตราเร็ว 220 mm/min (สำหรับการทดลองตัดแผ่นเหล็กได้ทำการทดลองตัดชิ้นงาน 2 ชิ้นงาน)	74
4.28	แสดงลักษณะของรอยตัดเหล็กขนาด 6 mm กรณีที่ใช้อัตราส่วนผสมสมมูล $\Phi = 0.93$ โดยเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติมีอัตราเร็ว 260 mm/min (สำหรับการทดลองตัดแผ่นเหล็กได้ทำการทดลองตัดชิ้นงาน 2 ชิ้นงาน)	75
4.29	แสดงลักษณะของรอยตัดเหล็กขนาด 6 mm กรณีที่ใช้อัตราส่วนผสมสมมูล $\Phi = 0.93$ โดยเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติมีอัตราเร็ว 300 mm/min (สำหรับการทดลองตัดแผ่นเหล็กได้ทำการทดลองตัดชิ้นงาน 2 ชิ้นงาน)	76
4.30	แสดงลักษณะของรอยตัดเหล็กขนาด 6 mm กรณีที่ใช้อัตราส่วนผสมสมมูล $\Phi = 0.78$ โดยเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติมีอัตราเร็ว 220 mm/min (สำหรับการทดลองตัดแผ่นเหล็กได้ทำการทดลองตัดชิ้นงาน 2 ชิ้นงาน)	77
4.31	แสดงลักษณะของรอยตัดเหล็กขนาด 6 mm กรณีที่ใช้ อัตราส่วนผสมสมมูล $\Phi = 0.78$ โดยเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติมีอัตราเร็ว 260 mm/min (สำหรับการทดลองตัดแผ่นเหล็กได้ทำการทดลองตัดชิ้นงาน 2 ชิ้นงาน)	78
4.32	แสดงลักษณะของรอยตัดเหล็หขนาด 6 mm กรณีที่ใช้อัตราส่วนผสมสมมูล $\Phi = 0.78$ โดยเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติมีอัตราเร็ว 300 mm/min (สำหรับการทดลองตัดแผ่นเหล็กได้ทำการทดลองตัดชิ้นงาน 2 ชิ้นงาน)	79

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.33	แสดงลักษณะของรอยตัดเหล็กหนา 6 mm กรณีที่ใช้อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 1.16 โดยกำหนดให้อัตราความเร็วของเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติเท่ากับ 260 mm/min	81
4.34	แสดงลักษณะของรอยตัดเหล็กหนา 6 mm กรณีที่ใช้อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 0.93 โดยกำหนดให้อัตราความเร็วของเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติเท่ากับ 260 mm/min	82
4.35	แสดงลักษณะของรอยตัดเหล็กหนา 6 mm กรณีที่ใช้ อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 0.78 โดยกำหนดให้อัตราความเร็วของเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติเท่ากับ 260 mm/min	83
4.36	แสดงลักษณะของรอยตัดของเหล็กหนา 10 mm โดยกำหนดให้อัตราความเร็ว ของเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติเท่ากับ 260 mm/min ที่ระยะ h = 5 mm (พิจารณาเฉพาะกรณีที่ให้รอยตัดที่ดีที่สุด)	85
4.37	แสดงลักษณะของรอยตัดของเหล็กหนา 10 mm โดยกำหนดให้อัตราความเร็ว ของเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติเท่ากับ 260 mm/min ที่ระยะ h = 6 mm (พิจารณาเฉพาะกรณีที่ให้รอยตัดที่ดีที่สุด)	87
4.38	แสดงลักษณะของรอยตัดของเหล็กหนา 15 mm โดยกำหนดให้อัตราความเร็ว ของเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติเท่ากับ 260 mm/min ที่ระยะ h = 5 mm (พิจารณาเฉพาะกรณีที่ให้รอยตัดที่ดีที่สุด)	88
4.39	แสดงลักษณะของรอยตัดของเหล็กหนา 15 mm โดยกำหนดให้อัตราความเร็ว ของเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติเท่ากับ 260 mm/min ที่ระยะ h = 6 mm (พิจารณาเฉพาะกรณีที่ให้รอยตัดที่ดีที่สุด)	89
4.40	แสดงค่าความขรุขระบริเวณรอยตัดเหล็ก	90
4.41	แสดงปริมาณน้ำหนักแสลกที่เกาะบริเวณรอยตัด	91
4.42	แสดงค่าความแข็งบริเวณรอยตัด ในกรณีที่อัตราส่วนสมมูล Φ = 1.16 ของเจ็ทเปลวไฟแบบต่อเนื่อง	93
4.43	แสดงค่าความแข็งบริเวณรอยตัด ในกรณีที่อัตราส่วนสมมูล Φ = 0.93 ของเจ็ทเปลวไฟแบบต่อเนื่อง	94
4.44	แสดงค่าความแข็งบริเวณรอยตัด ในกรณีที่อัตราส่วนสมมูล Φ = 0.78 ของเจ็ทเปลวไฟแบบต่อเนื่อง	94

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.45	แสดงค่าความแข็งบริเวณรอยตัดของเจ็ทเปลวไฟสั่นที่ความถี่ 10 Hz ที่อัตราส่วนสมมูล Φ = 0.78	95
4.46	แสดงค่าความแข็งบริเวณรอยตัดของเจ็ทเปลวไฟสั่นที่ความถี่ 15 Hz ที่อัตราส่วนสมมูล Φ = 0.78	95
4.47	แสดงค่าความแข็งบริเวณรอยตัดของเจ็ทเปลวไฟสั่นที่ความถี่ 20 Hz ที่อัตราส่วนสมมูล Φ = 0.78	96
ภก. 1	แสดงแสดงผลการทดลองการวัดอัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟไปยังพื้นผิว ใช้เชื้อเพลิง LPG 0.8 l/min	103
ภก. 2	แสดงแสดงผลการทดลองการวัดอัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟไปยังพื้นผิว ใช้เชื้อเพลิง LPG 0.9 l/min	103
ภก. 3	แสดงแสดงผลการทดลองการวัดอัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟไปยังพื้นผิว ใช้เชื้อเพลิง LPG 1.0 l/min	104
ภข. 1	แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 15mm กรณีอัตราส่วนผสมแก๊สเชื้อเพลิง LPG เท่ากับ 1.3 LPM และก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 4 LPM	106
ภข. 2	แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 15mm กรณีอัตราส่วนผสมแก๊สเชื้อเพลิง LPG เท่ากับ 1.3 LPM และก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 5 LPM	106
ภข. 3	แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 15mm กรณีอัตราส่วนผสมแก๊สเชื้อเพลิง LPG เท่ากับ 1.3 LPM และก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 6 LPM	106
ภค. 1	แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 10 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงแก๊ส LPG เท่ากับ 1.3 LPM และออกซิเจนเท่ากับ 5 LPM ที่ระยะ h= 5mm	108
ภค. 2	แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 10 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงแก๊ส LPG เท่ากับ 1.3 LPM และออกซิเจนเท่ากับ 6 LPM ที่ระยะ h= 5mm	108
ภค. 3	แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 15 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงแก๊ส LPG เท่ากับ 1.3 LPM และออกซิเจนเท่ากับ 5 LPM ที่ระยะ h= 5mm	108
ภค. 4	แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 15 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงแก๊ส LPG เท่ากับ 1.3 LPM และออกซิเจนเท่ากับ 6 LPM ที่ระยะ h= 5mm	109

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ภง. 1	แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 10 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 1.16 ในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟมีความถี่ 10 Hz	111
ภง. 2	แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 10 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 0.93 ในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟมีความถี่ 10 Hz	111
ภง. 3	แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 10 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 0.78 ในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟมีความถี่ 10 Hz	112
ภง. 4	แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 10 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 1.16 ในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟมีความถี่ 15 Hz	112
ภง. 5	แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 10 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 0.93 ในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟมีความถี่ 15 Hz	113
ภง. 6	แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 10 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 0.78 ในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟมีความถี่ 15 Hz	113
ภง. 7	แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 10 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 1.16 ในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟมีความถี่ 20 Hz	114
ภง. 8	แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 10 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 0.93 ในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟมีความถี่ 20 Hz	114
ภง. 9	แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 10 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 0.78 ในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟมีความถี่ 20 Hz	115
ภง. 10	แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 15 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 1.16 ในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟมีความถี่ 10 Hz	115
ภง. 11	แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 15 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 0.93 ในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟมีความถี่ 10 Hz	116

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ภง. 12 แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 15 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 0.78 ในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟมีความถี่ 10 Hz 116

ภง. 13 แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 15 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 1.16 ในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟมีความถี่ 15 Hz 117

ภง. 14 แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 15 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 0.93 ในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟมีความถี่ 15 Hz 117

ภง. 15 แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 15 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 0.78 ในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟมีความถี่ 15 Hz 118

ภง. 16 แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 15 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 1.16 ในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟมีความถี่ 20 Hz 118

ภง. 17 แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 15 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 0.93ในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟมีความถี่ 20 Hz 119

ภง. 18 แสดงลักษณะรอยตัดเหล็กขนาด 15 mm ในกรณีที่อัตราส่วนผสมสมมูล Φ = 0.78 ในกรณีที่เจ็ทเปลวไฟมีความถี่ 20 Hz 119

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

D	คือ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อเจ็ท (m)
D_t	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่ออกจากห้องเผาไหม้ (m)
d	คือ	ขนาดเส้นทแยงมุมของรอยกดรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส (m)
F	คือ	น้ำหนักที่ใช้กด (kg)
h	คือ	ระยะห่างจากปากทางออกเจ็ทเปลวไฟถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชน (m)
L_f	คือ	ความยาวของเปลวไฟ (m)
L_t	คือ	ความยาวท่อที่ออกจากห้องเผาไหม้ (m)
$\dot{m}_a$	คือ	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)
$\dot{m}_f$	คือ	อัตราการไหลเชิงมวลของเชื้อเพลิง (kg/s)
P_a	คือ	ความดันอากาศ
P_f	คือ	ความดันของเชื้อเพลิง
$\dot{q}$	คือ	ฟลักซ์ความร้อน (W/m^2)
r	คือ	พิกัดในแนวรัศมีของเจ็ท
X	คือ	ระยะทางออกจากเตาเผาถึงปากทางเข้าห้องเผาไหม้
Ω	คือ	ปริมาณของออกซิเจนในตัวออกซิไดเซอร์
ϕ	คือ	อัตราส่วนสมมูล