

# **TSF 32**

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25 19-21 ตุลาคม 2554 จังหวัดกระบี่

# ผลของอัตราส่วนออกซิเจนต่อเชื้อเพลิงที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่เจ็ทเปลว ไฟจากหัวตัดแก๊สพุ่งชน

#### Effect of Oxygen and Fuel Mixing Ratio to Heat Transfer on Surface Impinged by

#### Flame Jet from Cutting Torch

ณัฐภูมิ สุวรรณมาลา<sup>1</sup>, มักตาร์ แวหะยี<sup>1</sup>, สมชาย แซ่อึ้ง<sup>1</sup>และ ชยุต นันทดุสิต<sup>\*1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112 E-mail: <u>chayut@me.psu.ac.th</u>, เบอร์โทรศัพท์ 074-287035, แฟกซ์ 074-287035

<u>Nattapoom Suwanmala</u> Makatar Wae-hayee Somchai Sea-ung Chayut Nuntadusit\* Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkhla University, Hat Yai, Songkhla 90112 E-mail: chayut@me.psu.ac.th, Tel. 074-287035, Fax. 074-287035

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลอัตราส่วนออกซิเจนต่อเชื้อเพลิงแก๊ส LPG ที่มีต่ออัตราการถ่ายเท ความร้อนบนพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนสำหรับใช้ในการตัดแผ่นเหล็ก ในการทดลองได้ใช้หัวตัดแก๊ส LPG เบอร์ 2 ซึ่งเป็นหัวเผาแบบ Premixed โดยใช้แก๊ส LPG สำหรับใช้ในครัวเรือนเป็นเชื้อเพลิงและใช้ออกซิเจนเป็นตัวออกซิได เซอร์ ในการวัดอัตราการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวได้ใช้อุปกรณ์ Heat flux sensor ทำการเก็บข้อมูลที่สภาวะคง ตัวโดยใช้น้ำหล่อเย็นด้านหลังของพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน และใช้เทอร์โมคัปเปิ้ลวัดอุณหภูมิบนพื้นผิวที่เปลว ไฟพุ่งชน นอกจากนี้ได้ทำการถ่ายภาพการพุ่งชนของเปลวไฟที่อัตราส่วนออกซิเจนต่อเชื้อเพลิงแก๊ส LPG ต่าง ๆ จากผลการศึกษา พบว่ากรณีที่อัตราการไหลของเชื้อแก๊ส LPG เท่ากับ 1.0 LPM และอัตราส่วนผสมสมมูล เท่ากับ 1.00 ที่ระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนเท่ากับ 8 mm ให้อัตราการถ่ายเทความร้อนที่สูง ที่สุด

้*คำหลัก:* เจ็ทเปลวไฟ, หัวตัดแก๊ส LPG, การถ่ายเทความร้อน, อัตราส่วนออกซิเจนต่อเชื้อเพลิง

Abstract The objective of this research is to study the effect of mixing ratio between oxygen and LPG fuel gas on heat transfer rate on surface with flame jet impingement using for metal sheet cutting. In the experiment, the flame cutting torch size No.2 which was premixed burner type was applied with using LPG for household use as gas fuel and pure oxygen gas as oxidizer. The heat transfer rate was measured with steady method. The heat flux was evaluated from the increased temperature of water after passing behind the surface with flame jet impingement. The temperature on flame jet impingement surface was also measured with thermocouples. In addition, the free flame jet and flame jet impingement was recorded with digital camera. From the results, It was found that when the flow rate of LPG gas is 1.0 LPM, the equivalent ratio is 1.0 and the distance between from jet exit to impinged surface is 8 mm, the heat transfer rate become maximum.

Keywords: Flame Jet, Cutting Gas LPG, Heat Transfer, Oxygen to Fuel Ratio

#### 1. บทนำ

เทคโนโลยีการให้ความร้อนอย่างรวดเร็วโดย วิธีใช้เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนบนพื้นผิวโดยตรงเป็นวิธีการ ให้ความร้อนแก่พื้นผิวที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เช่นการ ผลิตโลหะ แก้ว และกระดาษ รวมถึงกระบวนการตัด เชื่อม หลอมเหลวโลหะ เป็นต้น การถ่ายเทความร้อน แบบเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนมีองค์ประกอบหลักในการ ถ่ายเทความร้อน คือ การพาความร้อน ซึ่งกว่า 80% ของการถ่ายเทความร้อนเป็นการพาความร้อนจากเจ็ท เปลวไฟไปยังพื้นผิวที่พุ่งชน ทำให้อัตราการถ่ายเท ความร้อนบนพื้นผิวสูงโดยเฉพาะบริเวณที่เปลวไฟพุ่ง ชน โดยวิธีดังกล่าวสามารถแลกเปลี่ยนพลังงานความ ร้อนได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้สามารถลดระยะเวลา ของกระบวนการให้ความร้อนและช่วยประหยัด พลังงานได้ดีเมื่อเทียบกับวิธีเดิมที่ใช้กลไกการแผ่รังสี ความร้อน

สำหรับอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้ เปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวโดยตรงจะขึ้นอยู่กับโครงสร้าง การไหลของเปลวไฟซึ่งมีอยู่ 2 ประเภทคือ เปลวไฟ แบบผสมมาก่อน (Premixed flame) และ เปลวไฟ แบบผสมภายหลัง (Non-Premixed flame or Diffusion flame) เป็นต้น เปลวไฟแบบผสมมาก่อน อากาศและเชื้อเพลิงจะมีการผสมกันก่อนที่จะมีการเผา ใหม้ ส่วนเปลวไฟแบบผสมภายหลังอากาศจะไหลเข้า ขนานกับการใหลของเชื้อเพลิงซึ่งอากาศจะกระจาย ผสมกับเชื้อเพลิงที่ปากทางออกของห้องเผาไหม้และ ้เกิดการเผาใหม้ขึ้นที่ปากทางออก ในการศึกษาการ ถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวมีตัว แปรที่สำคัญในการศึกษาได้แก่ ระยะห่างระหว่างหัว เผาและพื้นผิวให้ความร้อน ชนิดของเชื้อเพลิงและตัว ออกซิไดเซอร์ อัตราส่วนสมมูล (Equivalence ratio) และเรย์โนลด์นัมเบอร์(Reynolds number) ซึ่งตัวแปร ทั้งหมดมีผลต่อลักษณะและอัตราการถ่ายเทความร้อน บนพื้นผิว จากอดีตจนถึงป<sup>ั</sup>จจุบันได้มีการศึกษา ้เกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟที่พุ่งชน บนพื้นผิวเรียบเป็นจำนวนมาก มีการศึกษาเกี่ยวกับ โครงสร้างของเปลวไฟ [1-3] การถ่ายเทความร้อนของ เปลวไฟบนพื้นผิวทั้งแบบเฉพาะจุดและแบบเฉลี่ย [47] และการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ของเปลว ไฟ [8 และ 9]

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ ต้องการศึกษาผล อัตราส่วนออกซิเจนต่อเชื้อเพลิงแก๊ส LPG ที่มีต่อ อัตราการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่ง ชนสำหรับใช้ในการตัดแผ่นเหล็ก โดยพิจารณาผลของ ระยะห่างจากปากทางออกของเจ็ทเปลวไฟยังพื้นผิว แลกเปลี่ยนความร้อนที่อยู่ในช่วง h = 4 mm, 5 mm, 6 mm, 7 mm และ 8 mm โดยเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายในของหัวตัดแก๊สมีค่าเท่ากับ 6 mm ในการ ทดลองได้ใช้ระบบหัวเผาแบบ Premixed โดยใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิงและใช้ก๊าซออกซิเจนเป็นตัวออกซิ ไดเซอร์ โดยกำหนดให้อัตราการไหลของแก็ส LPG เท่ากับ 0.8 LPM, 0.9 LPM และ 1.0 LPM และ กำหนดอัตราการใหลของก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 4 LPM, 5 LPM และ 6 LPM นอกจากนี้ได้ใช้กล้อง ดิจิตอลทำการบันทึกภาพลักษณะการไหลของเจ็ท เปลวไฟอิสระ และศึกษาอัตราการถ่ายเทความร้อน ของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิว ซึ่งผลการศึกษาทำให้ได้ ข้อมูลอัตราส่วนผสมระหว่างออกซิเจนและเชื้อเพลิงที่ เหมาะสมโดยที่ผิวขอบรอยตัดไม่ละลายหรือเกิดขึ้ เชื่อม

#### 2. โมเดลและชุดทดลอง 2.1 โมเดลและตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง





รูปที่ 1 แสดงโมเดลและตัวแปรที่ใช้ในการ ทดลองจากโมเดลเจ็ทเปลวไฟจะไหลพุ่งชนในลักษณะ ที่ตั้งฉากกับพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน แล้วทำการ วัดอัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างเปลวไฟกับ



พื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน ในการทดลองจะทำการ เปลี่ยนระยะจากปากทางออกของเจ็ทเปลวไฟถึง พื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนที่อยู่ในช่วง 4 mm, 5 mm, 6 mm, 7 mm และ 8 mm โดยที่เส้นผ่าน ศูนย์กลางภายในของหัวตัดแก๊สมีค่าเท่ากับ 6 mm **2.2 ชุดทดลอง** 

รูปที่ 2 แสดงชุดทดลองที่ใช้ในการศึกษาการ ถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชน จาก รูปพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนทำมาจากท่อสเตนเลสมี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm มีความยาว 60 mm สำหรับด้านในของท่อสเตนเลส (ด้านตรงข้ามที่เจ็ทพุ่ง ชน) มีช่องว่างสำหรับให้น้ำไหลผ่าน ดังแสดงในรูปที่ 3 ในการควบคุมอัตราการไหลของน้ำได้ใช้โรตามิเตอร์ ติดตั้งก่อนเข้าสู่ Test section และมีการควบคุม อุณหภูมิของน้ำเข้าให้มีอุณหภูมิคงที่ที่ 36 องศา เซลเซียส สำหรับหัวตัดแก๊สที่ใช้ในการทดลองเป็น แบบท่อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 6 mm ยาว 90 mm ซึ่งเป็นหัวตัดแก๊ส LPG หัว Torch G03-2<sup>#</sup>ซึ่ง เป็นหัวตัดแบบ Premixed

สำหรับเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลองเป็น LPG และออกซิเจนเป็นตัวออกซิไดเซอร์ โดยเชื้อเพลิงและ ออกซิเจนจะถูกส่งมาจากถังบรรจุก๊าซผ่านวาล์ว ควบคุมความดันแล้วทำการวัดอัตราการไหลโดยใช้โร ตามิเตอร์ จากนั้นเชื้อเพลิงและออกซิเจนจะไหลเข้า เข้าสู่ห้องผสมก่อนที่จะไหลออกที่ปากทางออกหัวตัด แก๊ส ในการทดลองแต่ละครั้งได้กำหนดให้อัตราการ ไหลของเชื้อเพลิงเท่ากับ 0.8 LPM, 0.9 LPM และ 1.0 LPM และกำหนดอัตราการไหลของออกซิเจนเท่ากับ 4 LPM, 5 LPM และ 6 LPM และทำการบันทึกข้อมูล ลงในคอมพิวเตอร์ ในการบันทึกข้อมูลในแต่ละการ ทดลองจะทำการบันทึกข้อมูลเมื่อการทดลองเข้าสู่ สภาวะคงตัว







รูปที่ 3 แสดงอุปกรณ์ Heat Flux Sensor

#### 3 วิธีการทดลอง

#### 3.1 การศึกษาลักษณะการไหลของเจ็ทเปลวไฟ

ในการศึกษาลักษณะการไหลของเจ็ทเปลวไฟ ได้ใช้กล้องดิจิตอลทำการบันทึกภาพในกรณีที่เป็นเจ็ท เปลวไฟอิสระ ในการทดลองได้ทำการบันทึกภาพ สเกลเพื่อที่จะนำมาเทียบกับกรณีที่เป็นภาพเจ็ทเปลว ไฟ โดยทำการติดตั้งกล้องดิจิตอลที่ตำแหน่งเดิมของ ทุกๆตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

# 3.2 การศึกษาอัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ท เปลวไฟพุ่งชนพื้นผิว

ในการวัดอุณหภูมิบนพื้นผิวได้ใช้เทอร์ โมคัปเปิลดิดตั้งในแผ่นสเตนเลสจำนวณ 1 จุด จะทำ การติดตั้งไว้บริเวณกึ่งกลางของอุปกรณ์ Heat Flux Sensor ที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชน โดยระยะจากพื้นผิว แผ่นสเตนเลส (ด้านที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชน) ถึงหัววัด เทอร์โมคัปเปิลมีค่า 1 mm ในการทดลองได้ควบคุม อัตราการไหลของน้ำให้ไหลคงที่ผ่านชุด Heat Flux



Sensor ในการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิบนพื้นผิว อุณหภูมิน้ำเข้า และอุณหภูมิน้ำออก ได้ใช้ Data logger แล้วทำการบันทึกข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์ ซึ่ง จะทำการบันทึกข้อมูลหลังจากที่ระบบเข้าสู่สภาวะคง ตัว

สำหรับการวิเคราะห์อัตราส่วนสมมูลหาได้จาก สมการ

$$\phi = \frac{(F/A)}{(F/A)_{stoi}} \tag{1}$$

โดยที่ (F / A) คือ อัตราส่วนระหว่างเชื้อเพลิงต่อ อากาศที่ใช้จริง และ (F / A)<sub>stoi</sub> คือ อัตราส่วนระหว่าง เชื้อเพลิงต่ออากาศทางทฤษฎี

สำหรับการวัดอัตราการถ่ายเทความร้อนบน พื้นผิวหาได้จากสมการ

$$\dot{q} = \dot{m}c_{p}\Delta T \tag{2}$$

โดยที่ *c<sub>p</sub>* คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ, *m*่ และ Δ*T* คือ อัตราการไหลและผลต่างของอุณหภูมิ ของน้ำที่ไหลเข้าและไหลออก

### 4. ผลการทดลอง 4.1 โครงสร้างการไหลของเจ็ทเปลวไฟ 4.1.1 อัตราการไหลของเชื้อเพลิงคงที่ที่ 0.8 LPM



(a)  $\phi = 1.21$  (b)  $\phi = 0.97$  (c)  $\phi = 0.81$ รูปที่ 4 แสดงโครงสร้างการไหลของเจ็ทเปลวไฟอิสระ

จากรูปที่ 4 (a), 4 (b), และ 4 (c) พบว่าที่ ระยะ H=0-16.5 cm ลักษณะของเจ็ทเปลวไฟมีรูปทรง คงที่และมีลักษณะเป็นกรวยทรงกระบอก โดยขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางของเจ็ทเปลวไฟที่ปากทางออกหัว ดัดแก๊สมีขนาดเล็กกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวตัด แก๊สเล็กน้อย จากนั้นรูปทรงของเปลวไฟจะเกิดการ เปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมของก๊าซ ออกซิเจน ดังรูปที่ 4 (b) ที่ระยะ H>16.5 cm ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางของเปลวไฟจะลดลง บริเวณส่วน ปลายของเปลวไฟจะมีลักษณะเป็นสีสัมเนื่องจากเกิด การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ขึ้น

4.1.2 อัตราการไหลของเชื้อเพลิงคงที่ที่ 0.9 LPM



(a)  $\phi = 1.36$  (b)  $\phi = 1.09$  (c)  $\phi = 0.91$  รูปที่ 5 แสดงโครงสร้างการไหลของเจ็ทเปลวไฟอิสระ

จากรูปที่ 5 (a), 5 (b), และ 5 (c) พบว่า ที่ ระยะ H=0-16.5 cm รูปทรงของเปลวไฟจะมีลักษณะ คล้ายกับรูปทรงของเปลวไฟดังรูปที่ 4 ที่ระยะ H>16.5 cm. พบว่ารูปทรงของเปลวไฟทั้ง 3 กรณีเริ่มมีการ เปลี่ยนแปลง และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมของก๊าซ ออกซิเจน เปลวไฟจะมีความยาวเพิ่มขึ้นในแนวแกน ดังรูปที่ 5 (b) แต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเปลวไฟ จะลดลง

# 4.1.3 อัตราการไหลของเชื้อเพลิงคงที่ที่ 1.0 LPM



(a)  $\phi = 1.51$  (b)  $\phi = 1.21$  (c)  $\phi = 1.00$ รูปที่ 6 แสดงโครงสร้างการใหลของเจ็ทเปลวไฟอิสระ

จากรูปที่ 6 (a) ที่ระยะ H=0-16.5 cm เจ็ท เปลวไฟมีรูปทรงคงที่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ เจ็ทเปลวไฟบริเวณปากทางออกหัวตัดแก๊สจะมีขนาด เล็กกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวตัดแก๊ส เล็กน้อย และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมของก๊าซ



**TSF 32** 

จากรูปที่ 8 แสดงผลการทดลองการวัดอัตรา การถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิว โดยกำหนดให้อัตราการไหลของเชื้อเพลิงแก๊ส LPG ้คงที่ที่ 0.8 LPM โดยแต่ละการทดลองได้ทำการ เปลี่ยนแปลงระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ท พุ่งชน (h) อยู่ในช่วง 4 – 8 mm แล้วทำการบันทึก ข้อมูล จากผลการทดลองพบว่าเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนมี อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดเมื่อมีอัตราส่วน สมมูล ( $\phi$ ) เท่ากับ 0.81 ที่ระยะห่างจากปากทางออก ถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชน (h) เท่ากับ 8 mm เมื่อ พิจารณาผลการทดลองทั้ง 3 กรณี เมื่อกำหนดให้ ้อัตราการไหลของเชื้อเพลิง LPG เท่ากับ 0.8 LPM และอัตราส่วนผสมสมมูล (*ø*) เท่ากับ 1.21 พบว่าจะมี อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดเมื่อระยะห่างของปาก ทางออกเจ็ทถึงพื้นผิวที่พุ่งชนเท่ากับ 5 mm สำหรับ ระยะห่างที่ปากทางออก 6 mm, 7 mm และ 8 mm จะ ้มีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ใกล้เคียงกัน และที่ ระยะห่างปากทางออก 4 mm จะมีอัตราการถ่ายเท ความร้อนที่น้อยที่สุด การทดลองที่กำหนดให้อัตรา ส่วนผสมสมมูล (*ø*) เท่ากับ 0.97 พบว่ามีอัตราการ ถ่ายเทความร้อนสูงสุด เมื่อระยะห่างจากปากทางออก ถึงพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชนมีค่าเท่ากับ 5 mm และที่ระยะ 6 mm, 7 mm และ 8 mm อัตราการถ่ายเทความร้อนจะ ูลดลง สำหรับการทดลองที่กำหนดให้อัตราส่วนผสม พบว่าที่ระยะห่างจากปาก สมมูล ( $\phi$ ) เท่ากับ 0.81 ทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนเท่ากับ 8 mm มี ้ค่าอัตรากาถ่ายเทความร้อนที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบ กับระยะ h อื่นๆ

ออกซิเจนเปลวไฟจะมีลักษณะที่สั้นลง ดังแสดงในรูปที่ 6 (b) และ 6 (c) และที่ระยะ H>11.55 cm รูปทรงของ เปลวไฟจะมีลักษณะไม่คงที่



รูปที่ 7 แสดงลักษณะของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิว

จากรูปที่ 7 แสดงลักษณะของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชน พื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งลักษณะของของเปลว ไฟจะแบ่งได้เป็น 3 ส่วน (1) เจ็ทเปลวไฟที่ไหลออก บริเวณปากทางออกซึ่งมีลักษณะคล้ายกับเจ็ทเปลวไฟ อิสระ (2) บริเวณที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวซึ่งเป็น บริเวณที่เจ็ทเปลี่ยนแปลงทิศทางการจากแนวแกน เป็นแนววรัศมี (3) บริเวณที่เจ็ทเปลวไฟไหลตามบน พื้นผิวซึ่งจะมีลักษณะขยายออกตามแนวรัศมี ลักษณะ โครงสร้างของเปลวไฟยังขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของ เชื้อเพลิงแก๊ส LPG, อัตราการไหลของออกซิเจน, และ ระยะห่างระหว่างปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟ พุ่งชน

 4.2 อัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟพุ่ง ชนพื้นผิว



รูปที่ 8 แสดงผลการทดลองการวัดอัตราการถ่ายเท ความร้อนของเจ็ทเปลวไฟไปยังพื้นผิว ใช้เชื้อเพลิง LPG 0.8 LPM





รูปที่ 9 แสดงผลการทดลองการวัดอัตราการถ่ายเท ความร้อนของเจ็ทเปลวไฟไปยังพื้นผิว ใช้เชื้อเพลิง LPG 0.9 LPM

จากรูปที่ 9 แสดงผลการทดลองการวัดอัตรา การถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟไปยังพื้นผิว ใช้ เชื้อเพลิง LPG 0.9 LPM จากผลการทดลองพบว่า อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดจะเกิดขึ้นในกรณีที่มี ้อัตราการใหลของเชื้อเพลิงแก๊ส LPG เท่ากับ 0.9 LPM มีอัตราส่วนผสมสมมูล (*φ*) เท่ากับ 0.91 และ ระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่ง ชนเท่ากับ 8 mm เมื่อพิจารณาผลการทดลองทั้ง 3 กรณี ที่อัตราการไหลของเชื้อเพลิงแก๊ส LPG เท่ากับ 0.9 LPM และอัตราส่วนผสมสมมูล ( $\phi$ ) เท่ากับ 1.36 พบว่ามีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดเมื่อระยะห่าง จากปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนมีค่า เท่ากับ 5 mm เมื่อเทียบกับระยะห่างจากปากทางออก ถึงพื้นผิวที่เจ็ทพุงชนระยะอื่นๆ สำหรับกรณีที่อัตรา ส่วนผสมสมมูล ( $\phi$ ) เท่ากับ 1.09 ที่ระยะห่างปาก ทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนที่ระยะ 7 mm มี อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับ ระยะอื่น ๆ และกรณีที่อัตราส่วนผสมสมมูล ( $\phi$ ) เท่ากับ ที่ระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ท 0.91 เปลวไฟพุ่งชนเท่ากับ 8 mm มีอัตราการถ่ายเทความ ร้อนที่สูงที่สุด



รูปที่ 10 แสดงผลการทดลองการวัดอัตราการถ่ายเท ความร้อนของเจ็ทเปลวไฟไปยังพื้นผิว ใช้เชื้อเพลิง LPG 1.0 LPM

จากรูปที่ 10 แสดงผลการทดลองการวัดอัตรา การถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟไปยังพื้นผิวโดย ้กำหนดให้อัตราการไหลของเชื้อเพลิงแก๊ส LPG คงที่ที่ 1.0 LPM จากผลการทดลองพบว่า มีอัตราการถ่ายเท ความร้อนสูงสุดเมื่ออัตราการไหลของเชื้อเพลิงแก๊ส LPG เท่ากับ 1.0 LPM และอัตราส่วนผสมสมมูล (*φ*) เท่ากับ 1.00 ระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่ เจ็ทเปลวไฟพ่งชนเท่ากับ 8 mm เมื่อพิจารณาผลการ ทดลองทั้ง 3 กรณี ที่อัตราการไหลของเชื้อเพลิงแก๊ส LPG เท่ากับ 1.0 LPM และอัตราส่วนผสมสมมูล ( $\phi$ ) เท่ากับ 1.51 พบว่ามีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุด เมื่อระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟ พุ่งชนเท่ากับ 6 mm ในกรณีที่และอัตราส่วนผสม สมมูล (*φ*) เท่ากับ 1.21 พบว่าอัตราการถ่ายเทความ ร้อนสูงสุดเมื่อระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่ เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนมีค่าเท่ากับ 5 mm และอัตราส่วน ผสมสมมูล (*φ*) เท่ากับ 1.00 พบว่ามีอัตราการถ่ายเท ความร้อนสูงสุดเมื่อระยะห่างจากปากทางออกถึง ้พื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนมีค่าเท่ากับ 8 mm

จากผลการทดลองการวัดอัตราการถ่ายเทความ ร้อนบนพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชน พบว่าอัตรการไหล ของเชื้อเพลิงแก๊ส LPG, อัตราส่วนผสมของออกซิเจน, และระยะห่างจากปากทางออกถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟ พุ่งชน มีผลอย่างมากต่อการวัดอุณหภูมิบนพื้นผิว แลกเปลี่ยนความร้อน



#### **5**. สรุป

(1) เมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมของออกซิเจนต่อ เชื้อเพลิงจะส่งผลทำให้อัตราส่วนผสมสมมูล (\u03c6) ลดลง และทำให้ความยาวในแนวแกนและความกว้างในแนว รัศมีของเจ็ทเปลวไฟอิสระมีการเปลี่ยนแปลง

(2) ระยะห่างจากปากทางออกเจ็ทเปลวไฟถึง พื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชน (h) มีผลอย่างมากต่อการ กระจายตัวของอุณหภูมิบนพื้นผิว โดยบริเวณที่มี อุณหภูมิสูงจะตรงกับบริเวณที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชน พื้นผิวและบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงการไหลบน พื้นผิวจากแนวแกนเป็นแนวรัศมี

(3) การวัดอัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ท เปลวไฟพุ่งชนพื้นผิว กรณีที่อัตราการไหลของเชื้อ แก๊ส LPG เท่ากับ 1.0 LPM และอัตราส่วนผสม สมมูล (\$\phi\$) เท่ากับ 1.00 ที่ระยะห่างจากปากทางออก ถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชนเท่ากับ 8 mm ให้อัตรา การถ่ายเทความร้อนที่สูงที่สุด

#### 6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สำนักงาน คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

#### 7. เอกสารอ้างอิง

[1] Mohr, J. W., Seyed-Yagoobi, J. and Page, R.
H., (1997). Heat transfer characteristics of a radial jet reattachment flame, *J. Heat transfer*, Vol. 119, pp. 258-264.

[2] Zhang, Y. and Bray, K. N. C., (1999).
Characterization of impinging jet flame, *J. Combustion and flame*, Vol. 116, pp. 671-674.
[3] Foat, T., Yap, K. P. and Zhang, Y., (2001).
The visualization and mapping of turbulent premixed impinging flame, *J. Combustion and Flame*, Vol. 125, pp. 839-851.

[4] Baukal, C. E. and Gebhart, B., (1997). Surface condition effects on flame impingement heat transfer, *J. Exp. Thermal Fluid Sci.*, Vol. 15, pp. 323-335. [5] Baukal, C. E. and Gebhart, B., (1998). Heat transfer from oxygen-enhanced/natural gas flames impinging normal to a plane surface, Exp. *Thermal Fluid Sci*, Vol. 16, pp. 247-259.

[6] Mishra, D. P., (2002). Experimental Studies of LPG-air Premixed Flame Impingement Heat Transfer, *Proceedings of Internation Symposium on Recent Trends in Heat and Mass Transfer*, pp. 45-66.

[7] Tuttle, S. G., Webb, B. W., and McQuay, M. Q., (2005). Convective heat transfer from a partially premixed impinging flame jet. Part I: Time-averaged results, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 48, pp. 1236-1251.

[8] Mohr, J. W., Seyed-Yagoobi, J. and Page, R. H., (1996). Combustion measurement from an impinging radial reattachment flame, *J. Combust. Flame,* Vol. 106, pp. 69-80.

[9] Mishra, D. P., (2004). Emission Studies of Impinging Premixed Flames, *J. Fuel*, Vol. 83, pp. 1743-1748.